

ISSN: 0392-6613

# CEBALIA

**International Journal of  
Marine Biology and Oceanography**

**Published by:  
Istituto Sperimentale Talassografico  
"A. Cerruti"**

**CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE**

ATTI DEL XIX CONGRESSO  
DELLA  
SOCIETÀ ITALIANA DI BIOLOGIA MARINA  
(Napoli, 24-28 Settembre 1987)



**Taranto (Italy)**

**Vol. XV-1, N. 1, 1989**

# OEBALIA

## International Journal of Marine Biology and Oceanography Istituto Sperimentale Talassografico "A. Cerruti" - C.N.R. Taranto (Italy)

**Direttore:** S. GERACI

### **Comitato di Redazione**

M. SARÀ (Genova) - G. RELINI (Genova) - L. SCALERA LIACI (Bari) - P. TONGIORGI (Modena) - B. BATTAGLIA (Padova) - M. TORCHIO (Pavia) - V. GALLUCCI (Seattle - U.S.A.) - A. MATARRESE (Bari) - T. SIMPSON (Hartford - U.S.A.) - J. VACELET (Marseille - Francia).

*Oebalia pubblica lavori originali nei seguenti campi di ricerca:* biologia marina, biochimica degli organismi marini, biologia applicata alla pesca, ecologia, oceanografia fisico-chimica, inquinamento.

*La corrispondenza va inviata alla:* Redazione di Oebalia - S. GERACI - Istituto Sperimentale Talassografico C.N.R. "A. Cerruti" - Via Roma, 3 - 74100 Taranto (Italy) - tel. 099/25434.

*Segreteria di Redazione:* Sig.na M. FILIPPI.

### **Norme per gli Autori**

I lavori dovranno essere scritti in inglese.

Il testo non dovrà superare le 25 pagine dattiloscritte a doppia spaziatura, comprensive di figure e tabelle, e dovrà essere spedito alla Redazione in triplice copia (1 originale più 2 fotocopie). Ogni eventuale eccedenza sarà a carico degli Autori.

L'organizzazione del testo dovrà essere la seguente:

*Autore(i):* indicare cognome e iniziale/i del nome di ciascun Autore/i.

*Ente di appartenenza:* di ciascun Autore/i con relativo indirizzo, città e stato.

*Titolo:* il più conciso possibile.

*Titolo contratto:* sintesi del titolo in 5 parole al massimo, in inglese.

*Abstract:* un breve abstract di non più di 5 righe.

**Key-words:** al massimo 5, in inglese. Scegliere le Key-words preferibilmente tra quelle riportate dai Biological Abstracts.

*Il testo deve includere quanto segue:* Introduzione, Materiali e Metodi, Risultati, Discussione e/o Conclusioni, Ringraziamenti, Summary in inglese di almeno 30 righe, Riassunto in italiano.

*Bibliografia:* ciascuna citazione bibliografica dovrà essere come la seguente: SABBADIN A. (1955) - Il ciclo biologico di *Botryllus schlosseri* (Pallas) (Ascidacea) nella laguna di Venezia. *Arch. Ocean. Limnol.* X, 3: 217-230 (sottolineare una volta il nome della Rivista, 2 volte il numero del volume). Le citazioni bibliografiche nel testo vanno scritte in parentesi con il nome degli Autori in maiuscolo, seguito dall'anno di pubblicazione. Es.: (VACELET, 1969; RYLAND J.S. & STEBBING A.R.D., 1971) o VACELET (1969); RYLAND J.S. & STEBBING A.R.D. (1971), a seconda dei casi. Qualora gli Autori siano più di 2, si indicherà il primo Autore seguito da *et al.* Es.: (BOARDMAN *et al.*, 1979) o BOARDMAN *et al.* (1970), a seconda dei casi.

*Tabelle:* le tabelle dovranno essere scritte su fogli separati e numerate in arabo (es. Tab. 1, Tab. 2...).

*Figure:* i disegni dovranno essere quanto mai chiari e marcati in inchiostro nero. Si accettano anche delle chiare riproduzioni fotografiche dei disegni. Tutte le altre fotografie dovranno essere ben nitide. Porre attenzione alla giustezza della Rivista: 20 x 13 cm. Indicare i rapporti di riduzione desiderati. Tutte le figure saranno numerate in numeri arabi (Fig. 1, Fig. 2...).

Nomi scientifici di specie animali o vegetali dovranno essere sottolineati per essere stampati in corsivo.

ISSN: 0392-6613

# **International Journal of Marine Biology and Oceanography**

**Published by:**  
**Istituto Sperimentale Talassografico**  
**"A. Cerruti"**  
**CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE**

ATTI DEL XIX CONGRESSO  
DELLA  
SOCIETÀ ITALIANA DI BIOLOGIA MARINA  
(Napoli, 24-28 Settembre 1987)



Taranto (Italy)

Vol. XV-1, N.S., 1989

*Il Congresso si è svolto con il patrocinio di:*

Ministero della Pubblica Istruzione  
Ministero per il Coordinamento della Ricerca Scientifica e Tecnologica  
Ministero dell'Ambiente  
Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Università degli Studi di Napoli

*Hanno Contribuito all'organizzazione ed al finanziamento:*

Regione Campania: Assessorato alla Cultura  
Regione Campania: Assessorato alla Sanità  
Regione Campania: Assessorato al Turismo  
Comune di Napoli  
Azienda Autonoma di Cura Soggiorno e Turismo di Napoli  
Banco di Napoli

*Comitato di Redazione:*

Lucio Cariello  
Gian Carlo Carrada  
Donato Marino  
Lucia Mazzella  
Antonio Miralto  
Bruno Scotto di Carlo

*Segreteria di Redazione:*

Paola Di Girolamo  
Jean Gilder  
Gisella Princivalli



## **PREFAZIONE**

*I lavori contenuti nel presente volume sono i contributi presentati al XIX Congresso della Società Italiana di Biologia Marina tenutosi a Napoli dal 24 al 28 settembre 1987 ed organizzato dalla Stazione Zoologica «A. Dohrn».*

*L'organizzazione di questo Congresso e la pubblicazione del presente volume sono una testimonianza dell'impegno che questa istituzione pone nell'ambito della ricerca marina ed il contributo che essa è lieta di offrire alla fattiva e benemerita attività del SIBM in questo campo.*

*In tal senso, il Comitato Organizzatore ringrazia cordialmente tutti coloro che, dall'interno e dall'esterno dell'Istituto, hanno offerto la loro qualificata collaborazione per la buona riuscita del Congresso e per la pubblicazione degli Atti. Fra queste persone, c'erano dei cari amici e colleghi che ci hanno tragicamente lasciati. Il Comitato di Redazione e la Direzione di **OEBALIA** sono certi di interpretare i sentimenti di tutti i colleghi della SIBM nel dedicare questo volume alla memoria di Bruno Scotto di Carlo, Patrizia Mascellaro e Vincenzo Tramontano come affettuosa testimonianza di stima per le loro doti professionali ed umane.*

*La Stazione Zoologica ringrazia la Direzione di **OEBALIA** per la fattiva e pronta collaborazione offerta alla Redazione e gli Autori per la cordiale disponibilità che ha significativamente contribuito alla buona riuscita di questo volume.*

**Il Comitato di Redazione**

**La Redazione di OEBALIA**

## PREFACE

*This volume contains the presentations made at the XIX Congress of the «Società Italiana di Biologia Marina» that was organized by the Stazione Zoologica «A. Dohrn» in Naples from 24 to 28 September 1987.*

*With the organization of the XIX Congress and the publication of this volume, the Stazione Zoologica is pleased to stress its efforts in the field of marine research and to contribute to the activities of SIBM.*

*The Organizing Committee of the XIX Congress extends thanks to all those, both staff members of the Stazione Zoologica and external collaborators, who cooperated to the success of the meeting and to the publication of the Proceedings. Among these collaborators were dear friends and colleagues who lost their lives while on a research cruise in December 1988. The Editorial Board of these Proceedings and the Director of **OEBALIA** are certain that they express the feelings of all SIBM members in dedicating this volume to Bruno Scotto di Carlo, Patrizia Mascellaro and Vincenzo Tramontano in memory of their high professional and personal qualities.*

*The Stazione Zoologica is grateful to the Director of **OEBALIA** for his collaboration and to the Authors for their kind cooperation that contributed greatly to the quality of the volume.*

**Editorial Board of the Proceedings**

**Editorial Board of OEBALIA**

# INDICE

## VOLUME I

G. MONTALENTI - <i>Relazione introduttiva al XIX Congresso della Società Italiana di Biologia Marina</i>	1
B. FANTINI - <i>La formazione disciplinare della Biologia marina e la sua influenza sulla Biologia del Novecento</i>	5

### Benthos e fascia costiera

#### Relazione:

B. VELIMIROV - <i>Il ruolo dei batteri nei flussi di energia: un approccio ecosistemico</i>	25
---	----

#### Comunicazioni:

R. AMBROGI - D. BEDULLI - A. OCCHIPINTI AMBROGI - <i>Variazioni nella ripartizione tra gruppi trofici di organismi di fondo mobile nell'area marina del delta Padano</i>	47
M. ARCULEO - C. FROGLIA - S. RIGGIO - <i>Considerazioni sull'alimentazione di alcune specie ittiche dei fondali infralitorali del Golfo di Palermo</i>	57
M. ARCULEO - C. PIPITONE - S. RIGGIO - <i>Aspetti del regime alimentare di <i>Mullus surmuletus</i> L. (Pisces, Mullidae) nel Golfo di Palermo</i>	67
F. BADALAMENTI - S. RIGGIO - <i>I Policheti dei contenuti stomacali di <i>Mullus surmuletus</i> (L.) (Pisces, Mullidae) nel Golfo di Palermo</i>	79
E. CASOLA - M. SCARDI - <i>Variabilità della comunità epifita sulle due facce delle lamine fogliari di <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile</i>	89
L.A. CHESSA - G. BIONDA - M.C. BUIA - M.C. GAMBI - M. LORENTI - R. MAJ - R. MANCONI - M. MARTINELLI - M.G. PINTUS - G.F. Russo - M.B. SCIPIONE - E. TARAMELLI - <i>Indagini su <i>Posidonia oceanica</i> nella rada di Porto Conte (Sardegna Nord-Occidentale): caratteristiche della prateria e fauna vagile</i>	99
L.A. CHESSA - M. SCARDI - S. SABA - E. FRESI - <i>Consumatori nelle praterie di <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile: 4. <i>Liocarcinus arcuatus</i> (Leach, 1814), (Decapoda Brachyura)</i>	109
C. CORAZZA - M. MISTRI - V.U. CECCHERELLI - <i>Osservazioni preliminari sulla dinamica spazio-temporale delle comunità macrobentoniche della Sacca di Goro (Delta del Po)</i>	119
V. CUOMO - F. VANZANELLA - S. D'ANTONIO - L. MAZZELLA - M.C. BUIA - <i>Micoflora della fanerogama marina <i>Zostera noltii</i> Hornem dell'isola d'Ischia</i>	129
C. FRADÀ ORESTANO - S. CALVO - P. ABBADESSA - S. ARICÒ - <i>Fioritura e fruttificazione di <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile nella baia di S. Nicola (Palermo)</i>	137
M.C. GAMBI - <i>Osservazioni su morfologia funzionale e comportamento trofico di <i>Owenia fusiformis</i> Delle Chiaje (Polychaeta, Oweniidae) in rapporto ai fattori ambientali</i>	145
A. GIANGRANDE - <i>Cicli vitali dei Policheti e relazioni con l'ambiente</i>	157
G. MARANO - A.M. PASTORELLI - V. DE ZIO - L. ROSITANI - R. VACCARELLA - <i>Comunità a <i>Chamelea gallina</i> (L.) nell'Adriatico pugliese</i>	169

B.E. MASERTI - R. FERRARA - P. PATERNO - <i>Contributo della comunità epifita alla mobilitazione del mercurio nelle praterie di Posidonia oceanica (L.) Delile</i>	183
S. NOJIMA - G.F. Russo - <i>Struttura di popolazione del bivalve Chamelea gallina (L.) in un fondo sabbioso dell'isola d'Ischia (Golfo di Napoli)</i>	189
R. PERDICARO - <i>Studio del bioaccumulo di alcuni metalli pesanti nelle ostriche (Ostrea edulis e Crassostrea gigas) della laguna di Marano-Grado</i>	203
G.F. Russo - <i>La scelta dei descrittori morfo-funzionali nell'analisi dei sistemi bentonici: un approccio con la componente malacologica di una prateria a Posidonia oceanica</i>	213
R. SANDULLI - <i>Ruolo dei Copepodi meiobentonici come risorsa alimentare per forme giovanili di pesci piatti</i>	229
M. SCARDI - <i>Effetti della casualità del campionamento nell'analisi strutturale delle comunità bentoniche</i>	239
M.B. SCIPIONE - <i>Comportamento trofico dei Crostacei Anfipodi in alcuni sistemi bentonici costieri</i>	249
M. SERIANI - <i>Osservazioni fitocenotiche sui primi stadi di colonizzazione nel fouling marino</i>	261
M.P. SPARLA - <i>Gli Anfipodi (Crustacea, Peracarida) nei contenuti stomacali di Mullus surmuletus L. (Pisces) del Golfo di Palermo (Sicilia N/W)</i>	269
M. TOCCACELI - S. RIGGIO - <i>Note bibliografiche sulle fanerogame marine delle coste siciliane</i>	279

*Poster:*

L. ARGENTI - E. TARAMELLI - R. MATTEUCCI - R. ARGANO - <i>Notizie preliminari sui popolamenti vagili di formazioni coralligene infralitorali al largo di S. Severa (Roma)</i>	287
D. BEDULLI - A. PIVA - <i>Il popolamento intertidale di una laguna del Delta del Po</i>	289
M.C. BUIA - <i>Macroflora epifita delle lamine fogliari di Posidonia oceanica: Corallinaceae incrostanti</i>	293
I. LAZZARETTO - B. SALVATO - A. LIBERTINI - <i>Effetto combinato della salinità e della densità di popolazione sul Copepode Arpacticoide Tigriopus fulvus</i>	297
R. MANCONI - S. SABA - L.A. CHESSA - <i>Morfologia delle appendici boccali di Liocarcinus arcuatus (Leach) (Crustacea, Decapoda, Brachyura)</i>	301
S. PIRAINO - C. MORRI - <i>Zonazione di Idroidi epifiti in una laguna costiera della Sicilia nord-occidentale</i>	307
P. PORCILE - N. REPETTO - M. WURTZ - <i>Comportamento alimentare di giovani sparidi in una prateria di Posidonia oceanica del Mar Ligure</i>	311
G. PROCACCINI - M.B. SCIPIONE - <i>Il popolamento ad Anfipodi del lago Fusaro</i>	315
V. ROMAIRONE - C. FASCIANA - S. GERACI - <i>Alcuni parametri colturali nell'allevamento e sviluppo degli embrioni in Balanus amphitrite Darwin</i>	319
G. SANTANGELO - M. ABBIATI - <i>Il popolamento di Corallium rubrum (L.) di Calafuria: nota preliminare</i>	323
A. SOMASCHINI - M.F. GRAVINA - <i>Anellidi Policheti di una prateria di Posidonia oceanica (L.) Delile del Lazio settentrionale (Civitavecchia)</i>	327
A. SOMASCHINI - M.F. GRAVINA - <i>Anellidi Policheti dei fondi duri dell'infralitorale fotofilo nel Lazio settentrionale (Civitavecchia)</i>	333
P. SORDINO - M.C. GAMBI - <i>Il popolamento a Policheti del Lago Fusaro</i>	337

- M. TOCCACELI - M.C. ALESSI - *Cartografia biocenotica delle praterie a fanerogame marine della baia di Carini (Sicilia nord-occidentale)* 341
- M. VETERE -D. PESSANI - GRUPPO BIOLOGIA MARINA S.S.P. - *La prateria di Posidonia oceanica di Diano Marina (Liguria): la struttura «a cordoni»* 345
- M. VETERE - D. PESSANI - GRUPPO BIOLOGIA MARINA S.S.P. - *Morfologia e fruttificazione della prateria di Posidonia oceanica di Bergeggi (Liguria)* 351

## Plancton

### Relazione:

- M. INNAMORATI - *Proprietà statistiche e processi di rinnovo dei nutrienti e del fitoplancton in mare* 357

### Comunicazioni:

- L. BONI - M. RETI - B. M. MANUZZI - D. TACCONI - *Ricerche sul potenziale trofico delle acque costiere dell'Emilia-Romagna mediante saggi algali* 375
- M. CABRINI - L. MILANI - S. FONDA UMANI - G. HONSELL - *Relazioni trofiche tra fitoplancton e microzooplancton nel Golfo di Trieste* 383
- S. CALVO - G. GENCHI - *Carico organico ed effetti eutrofici nel Golfo di Castellammare (Sicilia nord-occidentale)* 397
- L. DE MARTINO - G. MARANO - N. CASAVOLA - *Distribuzione quantitativa stagionale dei batteri eterotrofi nell'area di mare antistante la città di Bari* 409
- S. GERACI - V. ROMAIRONE - *Prime osservazioni sulle larve dei Cirripedi del Delta del Po* 417
- M. INNAMORATI - G. MORI - L. LAZZARA - G. CECCATELLI - M. DE POL - S. BUZZICHELLI - S. CAVALIERI - *Il fitoplancton nel mare inquinato dal fiume Arno (San Rossore 1983-1986)* 427
- G. IZZO - *Il ruolo dell'attività microbica dei sedimenti nelle distrofie degli ambienti acquatici* 441
- L. LAZZARA - M. INNAMORATI - C. Nuccio - A.R. MAZZOLI - G. CECCATELLI - *Popolamenti fitoplanctonici dell'Arcipelago Toscano in periodo estivo* 453
- G. MAGAZZÙ - V. BRUNI - F. DECEMBRINI - S. PANELLA - *La produzione primaria del picoplancton fotosintetico nei mari italiani* 463
- M.G. MAZZOCCHI - P. MASCELLARO - M. SCARDI - *Lo zooplancton nei Golfi di Napoli e di Salerno: primi dati per uno studio di distribuzione spaziale* 479
- M. RIBERA D'ALCALÀ - M. MODIGH - M. MORETTI - V. SAGGIOMO - M. SCARDI - G. SPEZIE - A. ZINCONE - *Una storia infinita. Eutrofizzazione nella Baia di Napoli* 491
- E. TOSTI - L. VOLTERRA - G. FORLANI - *Interazioni di crescita tra due diatomee, *Cylindrotheca fusiformis* var. *fusiformis* Reimann & Lewin e *Thalassiosira allenii* Takano, e batteri indicatori di inquinamento fecale* 503
- A. VALBONESI - L. GUGLIELMO - *Osservazioni preliminari su una comunità zooplanctonica di un ambiente lagunare infestata dal peritrico *Zoothamnium intermedium** 511

### Poster:

- G. BELMONTE - G. BENASSI -I. FERRARI - *L'associazione di quattro specie di *Acartia* nel lago di Acquatina (Basso Adriatico)* 519

## VOLUME II

**Acquicoltura, Necton e Pesca***Relazione:*

G.B. PALMEGIANO - <i>Il ruolo della nutrizione in acquacoltura</i>	527
--	-----

*Comunicazioni:*

G. ALESSIO - N.E. BALDACCINI - G.N. BALDACCINI - P. BIANUCCI - A. DUCHI - <i>Rimonta del pesce novello e possibilità di utilizzazione ai fini dell'allevamento nell'area Viareggina</i>	547
R. BAINO - B. REALE - <i>Confronto tra curve di crescita individuali valutate con procedure indipendenti</i>	559
R. BAINO - F. SERENA - R. AUTERI - <i>Un agevole procedimento per la definizione dell'areale delle specie demersali</i>	569
R. BAINO - R. SERENA - R. AUTERI - <i>Valutazioni di biomassa: alcuni metodi applicativi e loro affidabilità</i>	587
G.C. CARRADA - L.A. CHESSA - N. PLASTINA - M. SCARDI - <i>Un metodo di descrizione sintetica della dinamica della rimonta del novellarne</i>	601
A. CARRIERI - M. CAGGIANO - R. MACCAGNANI - R. ROSSI - <i>Prime osservazioni sull'influenza di mangimi a differente composizione sull'accrescimento e la sopravvivenza dell'Orata (Sparus aurata L.) allevata a due diversi regimi termici</i>	609
M. CERVELLI - <i>Variabilità genetica in Orata. Effetti dell'introduzione in valle su di uno stock di riproduzione artificiale</i>	619
L. CORBARI - F. BARBATO - A. LAZZARI - <i>Introduzione e allevamento dell'orata giapponese o Madai (Chrysophrys major) in Italia</i>	629
S. GRECO - A. CAVALIERE - G. LO PARO - A. MANGANARO - G. STURNIOLO - <i>Effetti di diete bilanciate nell'allevamento intensivo di Pagellus bogaraveo (rovello)</i>	637
A. LAZZARI - G. BARBERA - <i>Prime osservazioni sulla pesca di riproduttori di Ricciola, Seriola dumerilii, nelle isole Pelagie</i>	645
D. LEVI - M.G. ANDREOLI - <i>Valutazione approssimata delle risorse demersali nei mari italiani</i>	653
D. LEVI - M.G. ANDREOLI - P. JEREB - L. FIORENTINI - G. COSIMI - G. GABBIANELLI - <i>Prime misure di distanza tra i divergenti di una rete italiana di tipo «Mazarese» da banco come contributo alla stima delle biomasse assolute nei Trawling-surveys nel Canale di Sicilia</i>	675
F. LUMARE - P. VILLANI - <i>Pesca ed indirizzi di gestione produttiva nel lago di Lesina (costa sud-est italiana)</i>	683
P. MANNINI - C. VOLPI - <i>Nota sulla presenza e distribuzione di alcuni cefalopodi del Tirreno settentrionale</i>	693
G. MATRICARDI - M. TUFANO - M. WURTZ - <i>Considerazioni sulle tecniche di analisi delle distribuzioni lunghezza/frequenza</i>	703
L. ORSI RELINI - B. FIDA - G. PALANDRI - <i>Osservazioni preliminari sulla riproduzione di Lepidopus caudatus (Euphrasen 1788) Osteichthyes, Trichiuridae, del Mar Ligure</i>	715

- S. PACI - A. CAU - A.M. DEIANA - S. SALVADORI - *Osservazioni sulla biologia di Solea vulgaris Quensel della classe d'età 0+ in un'area costiera della Sardegna* 725
- M. PELLIZZATO - N. MATTEI - A. RENZONI - *Allevamento su scala commerciale di Tapes philippinarum (Adams & Reeve, 1850) in alcune valli venete* 735
- A. PONTICELLI - L. CORBARI - M. CAGGIANO - A. ALIBERTI - *Allevamento di Penaeus monodon Fabricius in un modulo produttivo semintensivo* 745
- S. RAGONESE - *L'applicazione dell'equazione di Von Bertalanffy generale: il caso di Helicolenus dactylopterus (Delar.) (Pisces: Scorpaenidae) del Tirreno settentrionale* 753
- P. RIGHINI - R. AUTERI - *Distribuzione batimetrica dei crostacei decapodi raccolti durante le campagne di pesca nel Tirreno settentrionale* 763
- S. SALVADORI - A. CAU - A.M. DEIANA - S. PACI - R. MEZZANOTTE - *Dati preliminari sull'utilizzazione degli enzimi di restrizione per lo studio dei cromosomi mitotici di M. helena L.* 769
- M. SAROGLIA - E. INGLE - *Stato di avanzamento delle ricerche sullo svezzamento larvale di Spigola (D. labrax) con alimento inerte* 779
- L. TosI - C. SOLA - A. SPAMPANATO - P. TONGIORGI - *Discriminazione e preferenze saline nelle ceche di Anguilla anguilla in migrazione verso le acque interne* 787
- P. VILLANI - M. LENZI - L. STRONATI - L. POLIDORI - *Un'esperienza di gestione di uno stagno per la produzione di zooplankton da utilizzare in acquacoltura* 791

*Poster:*

- B. S. DEZFULI - P. FRANZOI - G. SBRENNI - R. Rossi - *Prime osservazioni sugli acantocefali parassiti di Atherina boyeri (Risso, 1810) (Osteichthyes, Atherinidae) in una sacca del delta del Po* 799
- M. IANNIBELLI - D. LEVI - G. SPEZIE - *Osservazioni preliminari sulla rimonta del novellarne nel Lago Fusaro (Napoli)* 803
- P. JEREB - S. RAGONESE - R. MULONE - *Su due esemplari anomali di Scaevargus uniccirrhus (Mollusca Cephalopoda)* 807
- M. MURA - A. CAU - *Sul dimorfismo sessuale e sex-ratio in Aristeus antennatus (Risso, 1816)* 811
- M. PELLIZZATO - N. MATTEI - *Aspetti economici dell'allevamento della vongola Tapes philippinarum nelle lagune venete* 815
- G. RELINI - A. PEIRANO - L. TUNESI - L. ORSI RELINI - *L'incidenza delle frazioni non commerciali nella pesca a strascico nel Mar Ligure centro-orientale* 819
- L. ROSITANI - E. RIZZI - *Note sul reperimento di Salmo trutta L. (Osteichthyes, Salmonidae) nelle acque marine del basso Adriatico* 823
- R. VITTORI - E. CATALANO - M. MACALUSO - *Polimorfismo cromosomico legato a fusione robertsoniana in Helicolenus dactylopterus (Delar.) e in Triglya lucerna L. (Pisces, Scorpaeniformes)* 827
- M. WURTZ - E. GIUFFRA - *Riproduzione e accrescimento di Loligo vulgaris (Cephalopoda, Myopsida) in Mar Ligure* 831

## Fisiologia

### Relazione:

- F. GHIRETTI - *Meccanismi fisiologici dell'adattamento* 837

### Comunicazioni:

- C. AGNISOLA - L. FOTI - I. TRARA GENOINO - *Il cuore sistemico isolato di Octopus vulgaris: aspetti emodinamici* 855
- A. CAPASSO - P. DE PRISCO - B. DE PETROCELLIS - E. PARISI - *Regolazione del livello di cAMP e dell'attività dell'adenilato ciclasi nell'uovo di riccio di mare Paracentrotus lividus* 863
- P. DE PRISCO - A. CAPASSO - V. CARGINALE - B. DE PETROCELLIS - E. PARISI - E. GARGIULO - *Sintesi di metallotioneine negli embrioni di riccio di mare* 871
- G. FIORITO - A. SPAGNOLO - *Comportamento e peptidi modulatori negli invertebrati* 877
- C. FOSSI - C. LEONZIO - S. FOCARDI - *Meccanismi di detossificazione e fenomeni di adattamento in organismi marini* 885
- M. PELLEGRINI - M. CORDA - A. BELLELLI - A. CAU - S.G. CONDÒ - B. GIARDINA - *Proprietà strutturali e funzionali dell'emocianina di due aragoste del Mediterraneo* 893
- C. STORELLI - S. VILELLA - M.P. ROMANO - M. MAFFIA - G. CASSANO - *Meccanismi di assorbimento intestinale: studi con membrane plasmatiche isolate di Anguilla anguilla* 899

### Poster:

- F. BENTIVEGNA - F. BENEDETTO - A. BISAZZA - A. MARCONATO - *Aspetti istologici e comportamentali della riproduzione di Symphodus ocellatus* 909
- G. CASAZZA - R. DE SANTIS - M.R. PINTO - *Interazione spermatozoo-uovo nell'ascidia Ciona intestinalis: caratterizzazione biochimica e funzionale* 913
- A.G. COGNETTI - M. MAURI - E. ORLANDO - *Concrezioni contenenti metalli in bivalvi di aree marine inquinate* 919
- E. FRANCO - K.J. WITTMANN - A.P. ARIANI - G. VOICU - *Nuovi dati sulla composizione minerale degli statoliti dei misidacei* 923
- M. LEIS - V.U. CECCHERELLI - D. CAMPIONI - G. SBRENNNA - *Spermatogenesi in Scapharca inaequivalvis (Mollusca, Bivalvia)* 927
- A. PICA - M.C. GRIMALDI - *Confronto tra i granulociti di alcuni Elasmobranchi: galeomorfì, squalomorfì e batoidei* 931
- S. SCIPPA - G. IAZZETTI - *Studio ultrastrutturale sulle cellule del sangue dell'ascidiaceo Phallusia mammillata* 935
- M. SCISCIOLI - L. SCALERA LIACI - E. LEPORE - M. GHERARDI - *Indagine ultrastrutturale sugli ovociti di Erylus discophorus (Schmidt) (Porifera, Tetractinellida)* 939



**G. MONTALENTI**

## RELAZIONE INTRODUTTIVA AL XIX CONGRESSO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI BIOLOGIA MARINA

Ho il piacere di portare il saluto augurale dell'Accademia Nazionale dei Lincei e della Società Italiana di Ecologia al XIX Congresso della Società Italiana di Biologia Marina, Società che ho tenuto a battesimo quando si è costituita, nel 1962 a Livorno, e della quale sono stato il primo Presidente.

Questo Congresso è stato organizzato dalla Stazione Zoologica di Napoli, alla quale, negli anni Trenta e Quaranta, ho dedicato tanta parte della mia attività. Sono lieto di rappresentare, in questa occasione, la vecchia guardia della Stazione Zoologica, di cui sono uno dei pochi superstiti, pronto comunque a rispondere all'appello, dopo tanti anni di lontananza.

Mi sia consentito, in questa sede, di esprimere alcuni miei pensieri relativi alla Stazione Zoologica e alla Biologia marina in Italia.

La Stazione Zoologica non è nata, nella mente del suo fondatore Anton Dohrn, come un Istituto avente lo scopo precipuo di promuovere le ricerche di biologia marina, bensì come un centro di ricerca adatto a studiare alcuni grandi problemi della biologia utilizzando materiali fino ad allora poco sfruttati: gli animali e i vegetali che vivono nel mare.

Questo Istituto è stato una delle prime e più importanti realizzazioni, nel campo della ricerca biologica, dovuto all'entusiasmo che la nuova, rivoluzionaria teoria, la teoria dell'evoluzione aveva acceso nella mente di molti giovani biologi.

Alcune affermazioni di Anton Dohrn sono altamente significative a questo riguardo. Mi limiterò, per brevità, a ricordare il famoso articolo programmatico pubblicato nel 1872 in Germania, e in traduzione italiana nella prestigiosa rivista *La Nuova Antologia*, con il titolo: *Delle presenti condizioni della Zoologia e della fondazione di Stazioni Zoologiche*. È chiaro che il motivo fondamentale è quello di dare impulso alla Zoologia come scienza interpretativa, anziché meramente descrittiva e classificatoria, com'era stata finora «accordandole così - cito le parole di Dohrn - una parte significativa nello ingrandimento dello scibile in generale e nello sviluppo dell'umanità intera, che ne consegue ».

Il programma specifico è di ricerche evoluzionistiche su base morfologica (la sola disponibile a quei tempi) non soltanto anatomo-comparativa, ma anche e soprattutto embriologica, in quanto questa può dare - secondo la cosiddetta legge biogenetica di Haeckel - informazioni sulla «ricapitolazione dell'evoluzione della stirpe nella storia evolutiva dell'individuo», e ricerche, che oggi definiremmo evoluzionistico-ecologiche, per determinare le condizioni in cui si svolge la lotta per l'esistenza e la risultante selezione naturale.

«Ecco - dice Anton Dohm - i due concetti che probabilmente caratterizzeranno il programma della ricerca zoologica durante i prossimi cento anni».

Egli fu un buon profeta, perché oggi il fervore delle ricerche destato dal risveglio dell'evoluzionismo darwiniano (dopo un periodo durato parecchi decenni, che fu da Julian Huxley definito eclissale) sulla base della genetica (1940) e più recentemente della biologia molecolare (1960) mira sostanzialmente agli obiettivi indicati dal Dohm, obiettivi che ai suoi tempi non fu dato raggiungere, ma soltanto sfiorare.

Per riassumere il mio pensiero a questo riguardo, dirò:

— *primo*, che il programma iniziale delineato da Dohm è ancora valido oggi grazie allo sviluppo delle conoscenze della Genetica, della Biologia molecolare, dell'Ecologia e delle tecniche relative, è molto più facile che non cent'anni fa, aggredire alcuni problemi fondamentali della biologia evoluzionistica sulla fauna e sulla flora marina;

— *secondo*, che anche se lo scopo primario della Stazione Zoologica non era lo studio della biologia marina in sé e per sé, dalle ricerche condotte in questo Istituto sono emersi molti importantissimi risultati, che ben si inquadrano nell'ambito della biologia marina.

Quindi il mio auspicio è che la Stazione Zoologica, che ora ha ricostituito la sua organizzazione e ha rinsaldato le sue forze, persegue con rinnovata energia i compiti fondamentali di ricerca di base, che hanno caratterizzato la sua attività per più di un secolo, pur aprendosi, anche più che per il passato, ad argomenti diversi e a problemi teorici e pratici di biologia marina, secondo le esigenze che si sono venute manifestando nei tempi recenti.

Veniamo ora a considerare lo stato delle ricerche in biologia marina in Italia e le conseguenti applicazioni pratiche, di grande importanza.

Un paese come il nostro, immerso, può ben dirsi, nel mare, con ottomila chilometri di costa, che con il mare ha avuto nei secoli tanta dimestichezza, e ne ha tratto e ne trae risorse essenziali, dovrebbe essere estremamente sensibile ai problemi della biologia marina. Ne erano ben coscienti i nostri padri - e nonni - che nel 1909 avevano fondato il Regio Comitato Talassografico Italiano, che ha svolto intensa attività scientifica, tramite gli istituti di Messina, di Taranto e di Trieste, di cui aveva promosso la fondazione e sollecitato lo sviluppo.

Sul Comitato Talassografico si costituì nel 1929 il Consiglio Nazionale delle Ricerche, in cui il Talassografico fu incorporato come uno dei Comitati di consulenza. Malauguratamente, nella ricostituzione del C.N.R. dopo la guerra, il Comitato Talassografico fu soppresso. Non valse a scongiurare questo evento la

ferma opposizione mia (ero stato chiamato ad assumerne la Presidenza) e di alcuni biologi che fu possibile interpellare in quel tempo in cui l'Italia era ancora divisa dalla 'linea gotica'.

Fu un passo falso, a cui successivamente altri Presidenti del C.N.R. cercarono di porre rimedio con alcune iniziative importanti, quali l'istituzione nel 1947 del Centro Nazionale di Studi Talassografici a Venezia, poi divenuto Istituto di Biologia Marina, l'acquisto della nave Bannock destinata a ricerche oceanografiche, e altre che per brevità mi esimo dal ricordare, tanto più che sono a tutti voi ben note. Tutte iniziative intese a promuovere la ricerca in biologia marina e nelle numerose sue applicazioni (pesca, acquacoltura, problema della eutrofizzazione, dell'inquinamento e via dicendo). Molti di questi argomenti sono di vitale importanza economica per il nostro paese, e perciò ben vengano le iniziative per studiarli e svilupparli; ma sembra a me che, con la soppressione del Comitato Talassografico, sia venuto a mancare il necessario coordinamento delle attività in questo campo.

Non mi dilungherò su questi argomenti, alcuni dei quali saranno trattati in questo Convegno. Vorrei concludere queste mie considerazioni raccomandando alla Direzione e a tutti i Soci della Società di fare quanto è possibile, nelle sedi adeguate per stimolare, innanzitutto l'interesse dei giovani su questi argomenti, per promuovere lo studio e la ricerca nei vari campi della biologia marina e, possibilmente, per organizzare e coordinare i vari programmi di ricerche ai cui risultati il nostro paese è vivamente interessato; ricerche per le quali sussistono in Italia molti - se non tutti - presupposti necessari.

Con questo augurio, e con l'apprezzamento per l'opera svolta finora dalla Società Italiana di Biologia Marina, mi è gradito porgere il saluto agli organizzatori del Convegno e a tutti i partecipanti.

B. FANTINI

Dipartimento di Genetica e Biologia Molecolare  
dell'Università «La Sapienza», Via Lancisi 29, 00161 Roma (Italia)  
Stazione Zoologica, Villa Comunale, 80121 Napoli (Italia)

## LA FORMAZIONE DISCIPLINARE DELLA BIOLOGIA MARINA E LA SUA INFLUENZA SULLA BIOLOGIA DEL NOVECENTO

L'attenzione crescente alla storia della scienza all'interno delle comunità scientifiche, particolarmente importante per le discipline che, come la biologia marina, sono ancora in un processo di costruzione teorica della propria matrice disciplinare e possono trovare nella riflessione storica e filosofica fonte di riflessione e di spunti critici, costituisce una delle novità culturali più interessanti degli ultimi anni. La riflessione storica fornisce infatti strumenti importanti per la comprensione della struttura dinamica di una disciplina scientifica, con le sue trasformazioni lente o rivoluzionarie.

Non si può tentare in questa sede una descrizione analitica del lungo cammino che ha condotto dalle prime osservazioni della vita marina, antiche quanto l'uomo stesso, alla costruzione di una articolata struttura disciplinare. Vorrei invece porre una domanda più specifica e limitata: come storicamente la biologia marina si è costituita come disciplina?

I dizionari, come spesso accade, non sono di molto aiuto nel rispondere a questo tipo di domanda: il lemma «biologia marina» spesso semplicemente non esiste. Non c'è nei vari dizionari dei termini scientifici né nel *Dictionary of the history of science*, dove compaiono invece ecologia, etologia, biogeografia. L'unica eccezione, per quanto ho potuto vedere, è il *McGraw-Hill Dictionary of the Life Sciences* [ed. 1976] che afferma, alla maniera di Mr. de la Palisse, che la biologia marina è quella parte della biologia che ha a che fare con gli organismi viventi che abitano il mare. Questa definizione è seguita da quella di «microbiologia marina», cioè «lo studio dei microrganismi che vivono nel mare». Dopodiché si potrebbe aggiungere la virologia marina, l'endocrinologia marina, l'embriologia marina oppure in un'altra direzione la «biologia forestale», definita come quella parte della biologia che studia gli organismi viventi che abitano le foreste. In questo stesso contesto si collocano le ormai classiche obiezioni che se esiste la biologia marina dovrebbe esistere anche la biologia terrestre o quella aerea.

Non abbiamo molte più indicazioni dalla lettura del *Foreword* al primo numero di *Marine Biology* nel 1967: si tratta di una «rivista internazionale che copre tutti gli aspetti della biologia marina» e i biologi marini sono definiti

come i ricercatori che «condividono un interesse comune: lo studio della vita negli oceani e nelle acque costiere». Quindi il terreno comune sarebbe costituito *dall'oggetto*, delimitato geograficamente, dell'impresa scientifica, non da un metodo o da una struttura teorica condivisa. È conseguente la definizione della rivista come «interdisciplinare», ma in questo modo la biologia marina come disciplina non esisterebbe.

Accettando questa definizione si solleva però un paradosso, di cui noi storici e filosofi della scienza siamo particolarmente ghiotti: il fatto di richiamarsi ad uno stesso oggetto, le forme di vita nel mare, non giustifica l'interdisciplinarietà, dato che non è sufficiente invocare una moltitudine di metodi e di procedure sperimentali, per affermare l'assenza di una disciplina. Ad esempio lo studio della «biologia molecolare del gene» ha richiesto l'apporto di discipline estremamente varie, dalla genetica, alla microbiologia, alla chimica organica e quantitativa, alla fisica, alla immunologia, ma sarebbe molto difficile sostenere che la biologia molecolare non sia una disciplina autonoma e che i biologi molecolari non costituiscano una comunità scientifica distinta.

Esiste d'altro canto una contraddizione fra questa vaga interdisciplinarietà e l'esistenza di società scientifiche, di congressi specializzati, di istituzioni finalizzate, di cattedre universitarie, tutti caratteri tipici di una struttura disciplinare. Inoltre, tutti i biologi marini si sentono certamente parte di una «impresa intellettuale comune», che condivide almeno in parte obiettivi e mezzi, teorici e pratici per raggiungerli: quindi parte di una comunità scientifica.

Un oggetto scientifico, per essere tale, presuppone definizioni e teorie e quindi l'esistenza di una più o meno vasta comunità scientifica che condivide tali definizioni e teorie. Se tale comunità non esiste, non esiste nemmeno l'oggetto naturale di cui essa si occupa. Non esiste scienza su un argomento sino a quando non c'è, una tradizione condivisa, un «pensiero convergente», come è stato chiamato da Thomas Kuhn, un sapere codificato e codificabile, trasmesso all'interno di una comunità scientifica, di una disciplina e continuamente sottoposto alla «tensione essenziale» provocata dalla ricerca di nuovi fatti e teorie. Le discipline, come istituzioni «politiche» in senso lato che delimitano l'organizzazione dell'impresa scientifica, guidano le trasformazioni intellettuali ed istituzionali, definiscono i problemi da affrontare, condividono una data «immagine della scienza», un dato «stile scientifico».

La storia delle discipline scientifiche permette di uscire da una storia della scienza puramente intellettuale, aprendosi agli aspetti sociali, ideologici, politici ed economici ma senza perdere di vista la specificità che distingue la storia della scienza dalla storia generale e uscendo dalle secche della tradizionale dicotomia fra storia interna e storia esterna.

### **L'interesse per la vita marina**

La vita del mare ha sempre attratto l'interesse dei naturalisti e dei filosofi. Questa curiosità ha prodotto, mescolando descrizione scientifica e racconti tra-

mandati, le grandi opere naturalistiche, dall'Antichità classica sino al XVIII secolo, dettate da un costante interesse per le forme viventi che abitano il mare, fonte inesauribile di vita, libri pieni di descrizioni e illustrazioni, spesso di grande bellezza, di animali marini e anche di mostri improbabili, frutto più degli abissi dell'inconscio collettivo che della profondità dei mari. La grande stagione di queste produzioni si ha nella prima metà del Cinquecento, con Guillaume Rondelet, Ippolito Salviani, Conrad Gesner, Pierre Belon e soprattutto Ulisse Aldrovandi.

Il primo momento di sviluppo di uno studio organizzato del mare vengono considerate le *Directions for Seamen*, pubblicate nel 1666 dalla Royal Society di Londra, e scritte da Lawrence Rooke (1622-1662), con lo scopo di incoraggiare gli stessi marinai a fare osservazioni naturalistiche, date le difficoltà degli scienziati di «imbarcarsi», non solo metaforicamente, in spedizioni scientifiche. Queste istruzioni tuttavia riguardano esclusivamente l'astronomia e la geografia, il magnetismo e la meteorologia, le correnti marine, le maree, la profondità delle coste e dei porti, la densità dei campioni di acqua a differenti latitudini e a differenti profondità. In nessuna parte si parla di studi biologici. Detto tra parentesi è in questo testo che è contenuto il consiglio, «to study Nature rather than Books», studiate la Natura invece dei Libri, reso poi celebre da Louis Agassiz e che, con qualche evidente contraddizione, è affisso nei locali della biblioteca del Marine Biological Laboratory a Woods Hole.

Importanti considerazioni biologiche si trovano invece in due opere di L. F. Marsigli, il primo sulle correnti nel Bosforo, il secondo su uno studio del golfo del Leone. In queste opere, lo studioso marsigliese criticava il metodo proposto dalla Royal Society nelle *Instructions for the seamen* di cercava di studiare tutto l'Oceano insieme, dato che lui stesso si sentiva incapace di studiare da solo anche un'area piccola come il golfo del Leone a cui egli si era dedicato, concludendo che la ricerca marina si sarebbe sviluppata solo con il supporto degli stati.

## L'origine della biologia

Nonostante il valore, scientifico ed anche estetico, di molte osservazioni naturalistiche che si sviluppano nel XVIII secolo, tra le quali quelle di studiosi italiani analizzate dal Professor Montalenti, sino all'inizio dell'Ottocento non esiste la biologia marina come disciplina, perché non esiste ancora nemmeno la biologia. Il termine «biologia» fa la sua comparsa all'inizio del XIX secolo e trova una formulazione chiara nelle pagine di G. R. Treviranus (1779-1864) e di J. B. de Lamarck (1744-1829). Treviranus nel libro *Biologie oder Philosophie der lebenden Natur für Naturforscher und Ärzte* (Biologia, ossia filosofia della natura vivente per i naturalisti ed i medici) pubblicato nel 1802 (in francese nel 1822) delimita con precisione il campo di interesse della disciplina: «Gli oggetti delle nostre ricerche saranno costituiti dalle differenti forme e manifestazioni della vita, dalle condizioni e dalle leggi secondo cui questi fenomeni hanno luogo e

dalle cause per cui esse sono determinate. La scienza che si occupa di questi oggetti sarà da noi designata con il nome di biologia, ossia scienza della vita».

In un manoscritto del 1801, in cui si progetta un piano per la stesura del volume *Recherches sur l'organisation des corps vivants*, Lamarck introduce il termine «Biologia ossia considerazioni sulla natura, le facoltà, gli sviluppi e l'origine dei corpi viventi». Nel volume, pubblicato l'anno successivo, la definizione è più formale, e merlo immediata: «Biologia (la): è una delle tre parti della fisica terrestre; essa comprende tutto ciò che si riferisce ai corpi viventi e particolarmente alla loro organizzazione, ai suoi sviluppi, alla sua composizione crescente con l'esercizio prolungato delle pratiche della vita, alla sua tendenza a creare degli organi speciali, a isolarli, a centralizzarne l'azione in un nucleo, ecc.».

Al di là delle diversità di impostazione, emerge con chiarezza l'individuazione di un campo disciplinare che intende studiare la vita in quanto tale nelle sue manifestazioni specifiche. Fino al Settecento lo studio dei fenomeni vitali era stato legato a due diverse tradizioni scientifiche: da una parte la medicina, con la sua attenzione esclusiva all'uomo, alla sua anatomia e alle sue funzioni, dall'altra la storia naturale, in cui piante ed animali, insieme ai minerali, venivano raccolti, identificati e classificati. Si passa ora dallo studio particolare dell'uomo e dalla raccolta a fini descrittivi ed enumerativi degli oggetti naturali, ad una scienza generale del vivente. La vita in generale, nelle sue varie manifestazioni, e non i singoli oggetti viventi, viene posta al centro della nuova disciplina. La domanda di fondo che percorre le riflessioni teoriche diviene la classica «che cos'è la vita?».

Come sempre accade l'introduzione di un nome rappresenta la codificazione, la istituzionalizzazione di una problematica già presente, è il riconoscimento dell'esistenza di parti del sapere che possono essere riassunte nel suo ambito di definizione. Tale introduzione è però al tempo stesso un nuovo programma di ricerca, che indica un oggetto specifico ed un quadro teorico articolato per spiegarlo scientificamente.

Anche se la storia naturale continuerà ad essere parte integrante e rilevante delle discipline biologiche per tutto il XIX secolo e sino ad oggi, costituendo l'osservazione e la descrizione degli innumerevoli e vari oggetti viventi una condizione *sine qua non* dell'indagine scientifica in biologia, a partire dall'inizio dell'Ottocento essa perde il carattere dominante che aveva sino ad allora avuto, viene subordinata a teorie biologiche generali, divenendo strumento per la comprensione degli aspetti comuni di tutte le forme di vita. La ricchezza delle descrizioni raccolte dagli 'storici naturali' diviene la base per la comprensione dei processi biologici fondamentali, della struttura dei viventi, della loro trasformazione nel tempo. La multiformità degli oggetti viventi non viene accettata come tale, limitandosi a descriverla e ad ordinarla, ma diviene l'espressione di diverse e molteplici realizzazioni individuali di uno stesso piano generale. Si viene così a stabilire una dialettica fra uniformità e individualità, fra ricerca di dati comuni a tutti i sistemi viventi e la molteplicità delle concrete manifestazioni di tali dati comuni, legata alla enorme variabilità degli oggetti biologici. La

biologia inizia ad operare un continuo sforzo di sintesi fra questi due aspetti, fra isolamento degli invarianti e ricerca della variabilità. Alcune discipline biologiche hanno come scopo principale l'individuazione degli invarianti biologici fondamentali, altre basano la propria struttura esplicativa sulla ricerca della variabilità. L'ideale scientifico della nuova biologia che nasce all'inizio dell'Ottocento consiste nello spiegare la variabilità come manifestazione di invarianti fondamentali. Tali sono ad esempio, in fasi storiche diverse, il piano di organizzazione dei viventi, l'uniformità chimica della vita, il principio della selezione naturale fra le variazioni come motore fondamentale dell'evoluzione organica, le leggi dell'eredità.

La costituzione della biologia come scienza autonoma deriva quindi da un doppio processo di definizione disciplinare nei confronti delle tradizioni della storia naturale e della medicina settecentesche. Le definizioni di Treviranus e di Lamarck sopra riportate sono esplicite riguardo ai problemi da studiare, esse indicano con chiarezza inclusioni ed esclusioni. Si tratta di studiare «le condizioni e le leggi» che determinano i fenomeni vitali ed in particolare «la natura, le facoltà, gli sviluppi e l'origine» dei sistemi viventi. La biologia si costituisce intorno a questo nuovo concetto di vita, come un insieme di fenomeni e leggi universali che si tratta di scoprire e formalizzare. Gli oggetti viventi sono parte di una struttura coerente, di un piano generale, che trova le sue manifestazioni nella morfologia («la natura»), nella fisiologia («le facoltà»), nello sviluppo ontogenetico e nella storia evolutiva («gli sviluppi e l'origine»). Queste tematiche delineano tre insiemi disciplinari che saranno tipici di tutto l'Ottocento: a) la comprensione dei processi fondamentali della vita; b) lo studio della forma organica, a livello macroscopico e microscopico, l'analisi delle strutture costitutive e la loro comparazione descrittiva, frutto della sintesi che si realizza fra storia naturale, tassonomia e anatomia; c) la ricerca dei rapporti fra forme attuali e forme estinte, lo studio delle interazioni degli organismi fra di loro e con il loro ambiente. È all'interno di questo nuovo quadro concettuale che si realizzeranno le grandi rivoluzioni conoscitive legate alla teoria darwiniana dell'evoluzione, alla fisiologia generale, alla teoria cellulare, alla definizione delle basi chimiche della vita e alla scoperta delle leggi dell'eredità.

### **L'allargamento della base empirica**

In questo processo di ridefinizione disciplinare lo studio degli organismi marini svolse un ruolo centrale, per l'ampliamento delle conoscenze che esso rese possibile e che possiamo schematicamente suddividere in un ampliamento «orizzontale» ed uno «verticale», nel senso di estensione geografica delle conoscenze e di studio delle profondità marine all'epoca ancora ignote. Questo portò ad un tale allargamento della base empirica che si può parlare, parafrasando un celebre titolo di A. Koyré, di un passaggio da un mondo chiuso ad un mondo infinito e infinitamente vario.



Il ruolo e la portata conoscitiva della storia naturale mutano negli anni fra il 1750 ed il 1840 per effetto non solamente della creazione della biologia come scienza autonoma e la conseguente ridefinizione dei compiti istituzionali delle attività naturalistiche, ma anche a causa di una trasformazione profonda all'interno stesso di tali attività, che ne trasforma contenuti e metodi.

La prima modificazione è di ordine puramente quantitativo. A partire dalla seconda metà del XVIII secolo cresce in misura esponenziale il numero delle varietà e delle specie conosciute. Se per un naturalista del Settecento, come per Buffon ad esempio, era del tutto valido porsi l'obiettivo di comporre una storia naturale completa, che comprendesse una teoria del mondo, e si occupasse degli animali, delle piante e dei minerali, nei primi decenni dell'Ottocento un obiettivo di questo genere cominciò ad essere considerato privo di senso, e già la descrizione completa di un ordine o della flora e della fauna di una sola area geografica era da considerarsi un compito scientifico arduo. Le radici di questa crescita sono molteplici e legate ad aspetti sia scientifici che ideologici, politici e commerciali.

L'interesse per la storia naturale, motivato da curiosità e da sentimenti estetici ed anche morali, legati alla scoperta della natura, tipica dell'età romantica, spinse molti alla descrizione e alla raccolta delle faune e delle flore locali, e produsse un grande fiorire di letteratura naturalistica, anche di tipo amatoriale e popolare. Questi nuovi interessi trovano riscontro nell'accrescersi e modificarsi del ruolo dei Musei naturalistici.

La crescita quantitativa e qualitativa delle collezioni e il formarsi di una relativamente vasta comunità di naturalisti professionisti portò ad una notevole specializzazione della storia naturale, producendo prima il differenziarsi di ambiti disciplinari più ristretti e poi dando origine a discipline largamente autonome, che si dotano di società e di riviste specializzate, come avviene ad esempio già nella prima metà dell'Ottocento per la ornitologia e l'entomologia. La specializzazione dei campi disciplinari porta ad un innalzamento degli standards qualitativi delle discipline naturalistiche, che affrontano problematiche ben precisate e spesso esclusive.

A questo processo partecipano anche l'oceanografia, in questi anni principalmente fisica, con una piccola parte dedicata agli aspetti biologici e legata in particolare alla vita a grandi profondità, e più tardi la biologia marina.

### **La teoria della «zona azoica»**

L'inizio ufficiale di queste discipline viene formalmente considerato il viaggio del *HMS Challenger*. Non che prima non vi fossero state spedizioni importanti, ma solo dagli anni 1880 e '90, con questa e altre spedizioni simili, si cominciò a parlare in termini di « scienza del mare » o oceanografia. I molti tentativi precedenti di costituire la disciplina devono piuttosto essere considerati dei tentativi parziali e non riusciti di una professionalizzazione, risultato di diffi-

coltà pratiche per una scienza non ancora istituzionalizzata: occorreva stare lunghi periodi in mare ed era necessaria una strumentazione costosa soprattutto per il recupero dei campioni.

Come le molte spedizioni scientifiche in tutti i mari apportarono un ampliamento diciamo «orizzontale» del numero di specie note, allo stesso modo si ebbe un allargamento «verticale», la conquista delle profondità marine, sino alla metà del secolo XIX considerate un mondo immobile e privo di vita. Per raggiungere questo risultato si dovette superare un «ostacolo epistemologico», per usare la bella metafora bachelardiana, l'idea di una zona «azoica» nelle profondità marine al di là dei 500-600 metri di profondità, legata alla supposta immobilità delle acque profonde ed alla osservazione che il numero di specie presenti andava via via diminuendo passando dalla superficie a profondità crescenti. Questa teoria era stata proposta principalmente da Edward Forbes (1815-1854). Dato che Forbes non trovò piante ad una profondità superiore ai 200 metri, egli ne concluse che «come c'è uno zero di vita vegetale allo stesso modo ce n'è uno di vita animale», calcolando tale zero intorno ai 530 metri di profondità. L'idea di una zona «azoica», alla luce della definizione di vita allora dominante, basata sul metabolismo, sembrava così logica, dato il buio, il freddo e la pressione intensa a grandi profondità, che la grande maggioranza degli scienziati la accettò, nonostante l'esistenza di molte osservazioni che la contraddicevano. Si trattava quindi di uno stratagemma psicologico ed epistemologico, analogo alle colonne d'Ercole dei Greci e all'*Hic sunt leones* dei primi cartografi: in mancanza di concrete possibilità di studiare un problema o un settore della realtà naturale è conveniente considerarlo omogeneo e ininteressante. Con lo sviluppo della trazione a vapore sulle navi negli anni 1850 e '60, le osservazioni nelle profondità degli oceani divennero più realizzabili, anche perché esigenze tecnologiche legate alla posa dei cavi telegrafici sottomarini permisero lo sviluppo di studi intensi (il primo cavo transatlantico fu collocato nel 1866). L'ingegnere telegrafico Fleeming Jenkin trovò animali marini attaccati ad un cavo recuperato per riparazioni da una profondità di 1200 *fathoms* (2200 metri) e questi animali furono studiati da George Allman (1812-1898) a Edinburgh e da Alphonse Milne-Edwards (1835-1900) a Parigi. Le indagini del norvegese Michael Sars (1805-1869) e di suo figlio George Ossian, insieme alle ricerche condotte da un apposito comitato costituito in Inghilterra e costituito da William B. Carpenter (1813-1885), da Charles Wyville Thomson (1830-1882) e da Gwyin Jeffreys sulla nave *Lightning* nel 1868 e l'anno successivo sul *Porcupine*, una nave appositamente attrezzata dal governo per questo comitato, mostrarono che il limite della zona azoica era immaginario.

Un costituente comune dei campioni raccolti durante gli studi batimetrici erano le conchiglie calcaree di foraminiferi e una lunga discussione si sviluppò all'inizio degli anni '60 sulla possibilità che questi protozoi potessero effettivamente vivere sul fondo del mare, oppure le conchiglie fossero dei semplici detriti provenienti da strati superiori del mare.

Indice della definitiva acquisizione di questo allargamento verticale può essere considerato l'articolo dal significativo titolo «The Depths of the Sea», pubblicato su *Nature* il 25 Novembre 1869 da David Forbes, fratello di Edwards, che si chiudeva con la frase: «la questione dell'esistenza di una zona oceanica azoica a *qualsiasi* profondità deve essere ora considerata definitivamente risolta con una risposta negativa» (p. 101).

## Le spedizioni oceanografiche

Fu soprattutto Carpenter, autore del celebre *Principles of General and Comparative Physiology*, spinto allo studio della fauna marina dal suo interesse per la teoria cellulare, a convincere il governo inglese a finanziare la spedizione su larga scala del *Challenger*, che si svolse dalla fine del 1872 al maggio del 1876. Su questa nave si imbarcò un valido gruppo di scienziati, comprendente tre biologi - H. N. Mosely, R. von Willemoes-Suhn e John Murray - ed il chimico J. Y. Buchanan.

Sul modello del *Challenger* navi di varia nazionalità realizzarono spedizioni oceanografiche, tra le quali la americana *Enterprise*, l'italiana *Vittor Pisani*, la russa *Vitiaz*. Lo scopo di tutte queste spedizioni era quello di raccogliere ed identificare nuove specie, salvo la spedizione tedesca *National* del 1889 dedicata esclusivamente allo studio del plancton.

Ben lungi dall'essere un mondo omogeneo e privo di vita, le profondità oceaniche si mostrarono agli occhi di questi ricercatori ricche di una varietà di organismi meravigliosamente adattati al loro ambiente, un mondo vivo e continuamente in moto.

## Le forme marine come modello del vivente

Per tutto l'Ottocento gli organismi marini fornirono modelli e oggetti sperimentali per le grandi questioni biologiche: il piano di organizzazione del vivente, lo sviluppo embrionale, la fisiologia generale, l'evoluzione.

La definizione di vita data da Lamarck, soggiacente alla definizione di biologia sopra vista, è centrata sul concetto di «organizzazione». La vita non è «un principio qualsiasi, un essere reale ...qualcosa di particolare», essa scaturisce unicamente da un particolare stato naturale, «un modo, un ordine di cose relative in cui ogni cambiamento che distrugge quest'ordine, costituisce ciò che si chiama la morte». La vita diviene sinonimo di «organizzazione» spaziale e materiale e la marcia della natura consiste in una gradazione nella complicazione dell'organizzazione animale. Le più semplici forme di organizzazione, gli *animalcules*, sono dei *points animés*, corpuscoli gelatinosi di forma semplicissima, contrattili in ogni loro parte *molécules animées*, la cui organizzazione, per quanto semplice essa sia, è sufficiente alla loro esistenza».

**Nelle *Recherches sur l'organisation des corps vivans*, riprendendo l'antica tradizione**, risalente ad Anassimandro, che voleva la vita nata nel mare, Lamarck afferma che «una delle condizioni essenziali alla formazione dei primi elementi di organizzazione è la presenza dell'umidità, e soprattutto quella dell'acqua in massa liquida... di modo che si può considerare come una verità di fatto che solamente nell'acqua il regno animale può aver preso origine».

«La scienza - ne conclude Lamarck - può compiere enormi progressi dalla conoscenza di questi singolari animaletti », in quanto sono le forme di vita nella loro essenzialità, senza le complicazioni degli organismi superiori. Compito dello zoologo è innanzitutto «la détermination de l'organisation» ed è quindi nel mare che occorre andare a trovare le organizzazioni più semplici.

È poi con l'opera di Cuvier che lo studio degli organismi marini acquista uno status centrale in biologia. Cuvier passò gli anni dal 1791 al 1794, gli anni del Terrore della Francia rivoluzionaria, come precettore della famiglia d'Herici nei pressi di Fécamp, un pò per interesse scientifico, un po' per evitare rischi, preparando un saggio famoso sui coralli e sui molluschi, che gli spianò la strada al successo scientifico e accademico.

Lo sviluppo dell'anatomia comparata, considerata da Cuvier, che può essere considerato il suo fondatore, come «regolatrice di tutte le altre scienze», della zoologia e della fisiologia, trasse un grande vantaggio dallo studio della grande diversità funzionale e morfologica della vita. Per questo occorre una conoscenza non solo vasta, ma anche approfondita di ogni forma, di ogni organizzazione diversa, dall'uomo sino alle forme più semplici di organizzazione. E in questo ambito le coste e la loro ricchezza di forme, largamente inaspettata, forniscono uno strumento molto potente.

In una lettera al suo corrispondente tedesco C. H. Pfaff del 1789, parlando di una sua passeggiata sulla sabbia abbandonata dal mare dopo un'alta marea, Cuvier affermava di «non essere capace di descrivere la bellezza dello spettacolo che ho avuto davanti agli occhi. Sono cose che bisogna vedere per averne un'idea». Alle ricerche sugli invertebrati marini e sui pesci Cuvier era spinto non da scopi puramente descrittivi e sistematici, ma dalla speranza di trovare in questi animali dei modelli semplici per lo studio delle funzioni fisiologiche fondamentali, in quanto nelle forme marine per la loro diversità, si potevano ritrovare non offuscate da funzioni secondarie i fatti fondamentali dell'organizzazione vivente.

Per Cuvier, producendo la grande diversità degli organismi, la natura ha essa stessa fatto degli esperimenti fisiologici e all'anatomista non resta da fare che occuparsi dello studio comparativo di tutti gli organismi per scoprire le leggi fisiologiche. Gli invertebrati, soprattutto quelli marini, acquisiscono così un rango scientifico uguale a quello dei vertebrati.

Ces corps divers sont des espèces d'expériences toutes préparées par la nature, qui ajoute ou retranche à chacun d'eux différentes parties, comme nous pourrions désirer de le faire dans nos laboratoires, et nous montre elle-même les résultats de ces additions ou de ces retranchements. On parvient ainsi à établir de certaines lois qui règlent ces rapports.

Lo scopo della scienza e del metodo comparativo è ottenere leggi biologiche comparabili in necessità ed assolutezza a quelle della fisica. Ci si rivolge agli animali marini allo scopo, come scrive Cuvier, di «considerare ciascun organo a parte e percorrere tutte le classi al fine di scoprire le diverse modificazioni che questo organo vi riceve».

Gli organismi marini divennero poi centro di interesse per filosofi e i naturalisti della *Naturphilosophie* e di quanti, dopo l'origine della prima teoria cellulare, si fecero sostenitori della «teoria protoplasmatica della vita» e cercavano nel mare la «materia elementare», l'*Urschleim*, la monade elementare dotata di vita. Lorenz Oken (1779-1851) fu il sostenitore più convinto della teoria che la vita avesse avuto, e continuasse ad avere, origine a partire da sedimenti inorganici sul fondo del mare. Versioni più recenti di queste posizioni sono d'altronde le più recenti teorie sull'origine della vita in un «brodo primordiale».

Ad accrescere in maniera drammatica l'interesse per la biologia marina giunse poi il formidabile impatto della teoria darwiniana dell'evoluzione, che ridisegnando le relazioni fra i sistemi viventi, collocò gli organismi marini in una posizione privilegiata, come sede di un grande numero di diverse forme elementari di vita, e quindi come oggetto ideale di studio per la filogenesi e per la definizione delle caratteristiche fondamentali della vita.

### Lo strano caso del *Bathybius haeckelii*

A illustrare quanto fosse forte nella seconda metà dell'Ottocento l'attesa di trovare nel mare le forme più elementari di vita, la vita allo «stato puro», e come esempio di quanto immagini e metafisica possano essere influenti nella ricerca scientifica, si può ricostruire la breve esistenza di uno strano oggetto biologico, risultato, come ha scritto Loren Eiseley (*The Immense Journey*, 1959) «di un materialismo troppo sicuro di sé, dell'assunto orgoglioso che i segreti della vita stavano per essere scoperti».

Nel 1866 E. H. Haeckel nel libro *Generelle Morphologie der Organismen* aveva ipotizzato l'esistenza di un gruppo molto primitivo di microrganismi, che egli chiamò *Monera*. Un *moneron* era definito come una forma primitiva di vita consistente di protoplasma non differenziato e privo di nucleo: «una sostanza interamente omogenea e priva di struttura, una particella vivente di albume, capace di nutrizione e di riproduzione» (*Monographie der Moneren*, 1868). Il più elementare di questi organismi *Protoamoeba primitiva* venne descritto da Haeckel nel 1868. Si trattava di un organismo interamente omogeneo, che si riproduceva per fissione binaria.

Negli stessi anni in Inghilterra T. H. Huxley sosteneva posizioni analoghe, sulla base della teoria protoplasmatica della vita. Nelle conferenze Hunter del 1868 egli scriveva, ribaltando le posizioni espresse dalla scienza francese della metà del primo secolo, che l'esistenza di parti di materia vivente prive di nucleo «prova l'assenza di qualsiasi misterioso potere nei "nuclei" e mostra che la vita è

una proprietà delle molecole della materia vivente, e l'organizzazione è il risultato della vita, non la vita dell'organizzazione».

Huxley esaminò un certo numero di campioni di melma raccolti durante una spedizione nel 1857 e conservati in alcool, secondo la tecnica già allora standard, messa a punto da von Baer. Huxley osservò in questi campioni una sostanza gelatinosa con una struttura granulare, che egli interpretò come protoplasma in uno stato primitivo di organizzazione e lo identificò con le *Monera* di Haeckel. In un articolo dal titolo «On some organisms living at great depth in the North Atlantic Ocean» (1868) Huxley propose di assegnare a queste particelle vitali del fondo oceanico il nome generico *Bathybius* (che significa vivente a grandi profondità) e chiamarlo in onore di Haeckel *Bathybius haeckelii*. Haeckel naturalmente accolse con entusiasmo queste proposte e giunse ad affermare che «il fondo dei mari è coperto con enormi masse di protoplasma che vive liberamente» (*Beiträge zur Plastidentheorie*, 1879). Interpretando le osservazioni di Huxley come una conferma della ipotesi avanzata dalla *Naturphilosophie*, in particolare da Oken, di una sostanza colloidale primitiva (*Urschleim*), il materiale di base di tutti gli organismi, Haeckel affermò che probabilmente il *Bathybius* si originava per abiogenesi, anche perché in questo modo veniva risolto il problema di come questi animali viventi sul fondo del mare potessero nutrirsi.

Huxley a sua volta, commentando questo lavoro di Haeckel, ne aumentò ancora la portata, affermando che questi organismi formano «una schiuma continua di materia vivente che circonda l'intera superficie della terra» (1871).

La scoperta di *Bathybius haeckelii* generò un entusiasmo notevole e giunsero anche molte conferme, sino a che la questione fu risolta nel 1876 con la pubblicazione da parte di J. Murray (1841-1914) del «Preliminary Report» della spedizione del *Challenger*, che sin dall'inizio aveva cercato le prove dell'esistenza di *Bathybius*. Murray aveva notato che quando si aggiungeva alcool a campioni di limo, *Bathybius* compariva. Nei primi mesi del 1875 il chimico della spedizione, John Y. Buchanan (1844-1925), ne aveva fatta l'analisi chimica, senza tuttavia riuscire ad individuare sostanze organiche, dato che non c'era traccia di carbonizzazione nei residui bruciati, ma mostrando invece che si trattava di solfato di calcio. Egli ne concluse che *Bathybius* non era altro che solfato di calcio in uno stato colloidale amorfo formatosi per l'addizione dell'alcool al limo.

Anche se Haeckel resistette più a lungo, Huxley ammise immediatamente il suo errore, pubblicando su *Nature* la lettera avuta da Wyville Thomson, direttore scientifico della spedizione del *Challenger*, aggiungendovi un commento ancora più secco sulle proprie responsabilità per aver introdotto «questa singolare sostanza nella lista degli oggetti viventi».

La velocità con cui fu accolta la «scoperta» di *Bathybius* può essere spiegata solo con un atteggiamento filosofico estremamente favorevole, ma anche come risultato della particolare situazione in cui si trovava la biologia in quegli anni. Da una parte vi era la ricerca delle forme più elementari di protozoi, dell'unità cellulare più elementare, dall'altra proprio le scoperte della vita nelle profondità

marine, che aveva mostrato così tante meraviglie, richiedeva la presenza di sedimenti vitali, per assicurare il cibo agli organismi marini.

### **La fondazione dei laboratori marini**

Al crescere dell'interesse per le forme di vita nel mare e per le possibilità che esse davano di studiare nelle migliori condizioni le funzioni fisiologiche fondamentali si accompagnò una spinta istituzionale in diversi paesi che portò alla fondazione di laboratori sulla riva del mare, in forma prima temporanea, poi stabile. La crescita delle stazioni marine e della biologia marina fu anche molto favorita dalle preoccupazioni dei governi per il calo preoccupante della pesca, che divenne un problema acuto a partire dall'ultimo ventennio del XIX secolo.

Il primo laboratorio marino in ordine di tempo fu fondato nel 1843 a Ostenda da P. M. van Beneden, zoologo e parassitologo, docente a Loviano, padre del più celebre Edouard, lo scopritore della meiosi. In Francia il primo laboratorio sulle rive del mare fu fondato durante gli anni '50 a Concarneau, sulla costa meridionale della Bretagna, da J.-J. Coste, professore al Collège de France, e questo laboratorio fu sede di ricerche importanti, soprattutto di fisiologia.

Modello di un laboratorio di biologia marina, divenne rapidamente la Stazione Zoologica di Napoli, fondata da Anton Dohrn nel 1872, modello per la sua organizzazione, per la sua biblioteca, per la libertà di ricerca, per la facilità con cui ci si poteva procurare i materiali di ricerca, grazie alla ricchezza del Golfo di Napoli, e soprattutto per aver ospitato ricerche di punta nei diversi settori biologici, dalla morfologia all'ecologia, alla chimica fisiologica, alla neurofisiologia, per molti decenni.

In Francia soprattutto i laboratori di biologia marina svolsero un ruolo fondamentale nella formazione di una intera generazione di biologi e questo permise finalmente alla biologia in generale di divenire realmente parte delle facoltà scientifiche. Un laboratorio francese fu fondato da A. Giard nel 1873 a Wimereux e questo divenne nel 1875 parte dell' *Ecole Pratique des Hautes Etudes*. Il laboratorio di biologia marina di Roscoff, fondato nel 1876 e il suo fondatore, Henri de Lacaze-Duthiers, svolsero un ruolo preminente nel processo di istituzionalizzazione della biologia marina nella seconda metà dell'Ottocento, anche per l'opera di diffusione delle ricerche che si svolgevano in questo laboratorio grazie alla pubblicazione degli *Archives de zoologie expérimentale*. Un altro laboratorio fu fondato da Lacaze-Duthiers nel 1881 a Banyuls-sur-mer sulle coste del Mediterraneo.

Negli Stati Uniti le tappe furono sostanzialmente analoghe, a indicazione dell'esistenza di un bisogno diffuso per questo tipo di istituzioni. Nel 1873 Louis Agassiz fonda la Anderson School of Science, a Pekinese Island, nel 1878 la Johns Hopkins University fonda il Chesapeake Zoological Laboratory, affidandone la direzione a W. H. Brooks. Finalmente nel 1888 viene fondato a

Woods Hole il Marine Biological Laboratory e nel 1892 viene fondato il primo laboratorio della costa ovest, la Hopkins Marine Station in California.

Questo insieme di laboratori di biologia marina era di due tipi principali. La Stazione Zoologica di Napoli, come i laboratori di Trieste e di Sebastopoli, aveva esclusivamente finalità di ricerca, mentre i laboratori francesi come quelli americani erano dedicati principalmente all'insegnamento, anche se in essi si svolsero importanti attività di ricerca, soprattutto di fisiologia e neurofisiologia. In ogni caso il risultato fu un aumento considerevole dell'interesse per gli organismi marini ed un innalzamento dello statuto scientifico della biologia marina.

### **Gli organismi marini e l'ambiente interno**

Fra i molti importanti risultati ottenuti da ricerche condotte su organismi marini si possono ricordare gli studi condotti da Richard Hertwig sulla fecondazione del riccio di mare, che divenne l'oggetto privilegiato delle ricerche di embriologia sperimentale, le ricerche di Alexander Kowalewsky sui tunicati e su *Amphioxus*, gli importanti lavori sistematici sui pesci cartilaginei di Francis Balfour, l'osservazione di E. Metchnikoff nelle larve di echinoderma del fenomeno delle cellule mobili capaci di fagocitare oggetti estranei, da cui derivò il principio della fagocitosi, o immunologia cellulare, opposta alla teoria dell'immunologia umorale. Un insieme di contributi fondamentali, quindi, alla formazione della struttura teorica della biologia del '900.

Un esempio altrettanto rilevante e molto meno noto di risultati di validità generale ottenuti dalle conoscenze sugli animali marini si ebbe con le ricerche sull'ambiente interno, che riprendevano il concetto di *milieu interieur*, proposto da Claude Bernard a partire dal 1857.

Per Bernard gli animali sono composti di «organismi elementari», semi-autonomi, integrati per mezzo di un *milieu interieur*. Questo ambiente interno è sempre più autonomo ed indipendente dalle condizioni esterne man mano che si passa agli animali superiori, in modo tale che gli animali sono capaci di sopravvivere in un gran numero di ambienti diversi. Questa ipotesi di base, utilizzata da Bernard soprattutto come principio esplicativo, come metafora, venne sottoposta a una verifica su larga scala mediante lo studio della fisiologia degli organismi marini, grazie ai diversi livelli di indipendenza dell'ambiente interno che possono essere trovati in essi.

Il concetto di ambiente interno divenne così alla fine dell'Ottocento il centro di un vasto programma di ricerca. Il punto di partenza di questo programma può essere considerata l'osservazione di Léon Frédéricq nel 1882 che i fluidi presenti negli animali marini, come granchi, aragoste e polipi, risultavano avere una concentrazione totale salina approssimativamente uguale a quella del mare in cui vivevano. Frédéricq ne concluse che l'ambiente interno di questi animali non ha lo stesso grado di indipendenza presente negli animali superiori. In una serie di esperimenti sul granchio *Carcinus moenas* egli mostrò che



ponendo gli animali in soluzioni saline a differenti concentrazioni si riusciva a variare conseguentemente la concentrazioni salina del sangue. La conclusione era, riprendendo Claude Bernard, che:

Chez tous les êtres vivants, le milieu intérieur, qui est un produit de l'organisme, conserve des rapports nécessaires d'échange et d'équilibre avec le milieu cosmique extérieur, mais à mesure que l'organisme devient plus parfait, le milieu organique se spécifie et s'isole en quelque sorte de plus en plus du milieu ambiant». ("Influence du milieu ambiant sur la composition du sang des animaux aquatiques", *Archives de zoologie expérimentale*, 1885, 4, p. 34-36).

L'introduzione del concetto di «pressione osmotica» e la sua spiegazione mediante la semipermeabilità di membrane fornì, insieme alle tecniche crioscopiche di determinazione della concentrazione delle soluzioni, un nuovo strumento tecnico per lo studio di questo argomento. Fra i primi ad avvalersene fu il fisiologo Filippo Bottazzi, sostenitore di un'ampia applicazione dei metodi chimico-fisici allo studio dei problemi fisiologici. Egli svolse una vasta ricerca per determinare l'influenza della costituzione chimica e fisica dell'ambiente esterno su quello interno e vedere se alcuni animali possono sottrarsi ed in che modo a questa influenza. Nel corso di questa ricerca egli confermò l'ipotesi emessa da Frédéricq e all'inizio del nuovo secolo quest'ultimo classificò gli organismi marini in tre gruppi in base alla loro dipendenza dall'ambiente circostante: gli invertebrati, liberamente permeabili all'acqua ed ai sali, che hanno la stessa concentrazione totale di soluti ed approssimativamente la stessa composizione salina dell'ambiente in cui vivono: i pesci cartilaginei che hanno la stessa concentrazione totale nel mare, ma dato che sono impermeabili solo all'acqua e non ai sali, essi mantengono bassa la concentrazione salina bilanciando la differenza con urea. Infine i pesci ossei e gli animali superiori, indipendenti sia nella composizione che nella concentrazione totale dei loro ambienti interni.

Lo studio dei fluidi corporei negli organismi marini diede una nuova dimensione al concetto di ambiente interno, utilizzandolo come un esempio di evoluzione. Con un rovesciamento epistemologico di grande interesse, questi studi portarono all'ipotesi, da sempre presente, ma più nella mitologia che come ipotesi scientifica, che la vita aveva avuto origine nel mare e per questo i fluidi del corpo hanno una composizione simile a quella dell'acqua di mare. Secondo questa ipotesi, proposta indipendentemente da René Quinton e da Archibald B. Macallum, i fluidi organici risulterebbero dall'inclusione nell'organismo dell'acqua di mare, con il successivo loro isolamento dalle variazioni dell'ambiente. Questa ipotesi fu rapidamente accettata da Frédéricq e da Bottazzi, e quest'ultimo ne trasse anche la conclusione che gli animali devono aver acquisito la capacità di regolare autonomamente l'ambiente interno prima di poter invadere la terra ferma, una ipotesi questa proposta anche da Ernest Sterling nel 1909. Gli animali quindi invasero la terra ferma portandosi dietro il loro ambiente e la metafora bernardiana di ambiente interno si trasformò così in un dato di fatto

scientifico: l'ambiente interno è semplicemente l'ambiente originario reso interno, racchiuso nell'organizzazione biologica.

### **L'emergenza della biologia marina come disciplina**

Questi contributi scientifici, per quanto fondamentali, non definirono la biologia marina come una tradizione di ricerca autonoma. Nessuno classificherebbe E. B. Wilson, Hans Driesch, Richard Hertwig, Léon Frédéricq, Filippo Bottazzi come «biologi marini» allo stesso modo in cui nessuno definirebbe T. H. Morgan un entomologo, per il fatto di aver dedicato una grande parte della sua attività di ricerca allo studio del moscerino *Drosophila melanogaster*. I ricercatori citati erano interessati ad aspetti generali della vita che potevano essere meglio studiati su organismi marini, non alla biologia marina o agli organismi marini in quanto tali.

Quando allora emerge la biologia marina come disciplina, come comunità scientifica autonoma? La risposta che si può dare è: tra il 1890 ed il 1940, sulla base di due processi confluenti, pratico ed istituzionale da una parte, teorico e intellettuale dall'altra.

La nuova generazione di biologi che comincia a operare negli anni 1880 si pone in maniera estremamente critica nei confronti della tradizione morfologica, portando avanti un nuovo ideale sperimentale da diffondere all'insieme delle discipline biologiche. Molti problemi che erano stati abbandonati a favore degli studi filogenetici e morfologici, vengono ripresi e affrontati con la nuova metodologia sperimentale. Si inizia dallo studio dello sviluppo embrionale, le diverse fasi di sviluppo non sono importanti per le deduzioni filogenetiche che ci permettono di fare, non sono un mezzo di spiegazione ma dei processi da spiegare, attraverso l'individuazione delle cause attuali. Nasce così la embriologia sperimentale o causale e, analogamente, indirizzi sperimentali si fanno strada in altre discipline morfologiche, come lo studio della cellula, la teoria dell'eredità, la stessa teoria dell'evoluzione. Si assiste ad un rifiuto del «vecchio metodo speculativo e di trattare l'evoluzione come un problema storico», metodo che dava origine ad una teoria dell'evoluzione «che era più una larga generalizzazione che una teoria scientifica basata su dati sperimentali controllati» (Morgan, 1932). La funzione sostituisce la forma come obiettivo dell'indagine scientifica e come principio esplicativo. L'enfasi viene posta sulla riduzione del numero delle variabili osservate, sulle condizioni controllate in laboratorio, sulla base del principio metodologico che la funzione di una parte isolata è la stessa della parte integrata nell'organismo, sull'uso di tecniche chimiche e fisiche. Fra il 1880 ed il 1930 la tradizione morfologica e la nuova tradizione sperimentale si fronteggiano, senza comprendere l'una i metodi ed i principi teorici dell'altra.

Si pongono così nuovi problemi istituzionali e le istanze di professionalizzazione divengono intense. Per la biologia marina, dato il costo elevato delle

ricerche richieste e le difficoltà tecniche ed organizzative, si poteva con maggiore forza applicare quanto aveva scritto nel 1872 Anton Dohrn, in un passo celebre, per la zoologia in genere:

La Zoologia sta all'Astronomia ed alla Meccanica, quanto al modo della sua struttura come scienza, presso a poco come i Volontari garibaldini stanno ad un regolare Corpo d'armata. Come non è possibile con quelli eseguire le grandi mosse strategiche, nelle quali poco dipende dal caso e dalla iniziativa individuale, ma tutto dall'azione ben coordinata e calcolata di molti, così la Zoologia nelle sue condizioni attuali è incapace a risolvere i grandi problemi gradatamente e secondo un piano preconcepito. Essa difetta dell'organizzazione a ciò indispensabile.

Una seconda fase di trasformazione teorica si ha, a partire dagli anni '30 di questo secolo, con l'origine della «biologia dei sistemi», anche come reazione al dominio allora incontrastato della scienza sperimentale, tendenzialmente riduzionista. C'è chi ha sostenuto, come ha fatto nel 1958 Alfred C. Redfield, che «il progresso della biologia marina è stato ritardato di 50 anni dalla introduzione del metodo sperimentale in biologia». Si ebbe in effetti a partire dagli anni '30 una maggiore attenzione agli aspetti sistemici nello studio degli organismi in natura. Sino agli anni '30 la maggior parte del lavoro dei biologi marini era stato dedicato alla descrizione di nuove specie, al lavoro tassonomico e molta poca attenzione era stata dedicata agli aspetti ecologici. Anche per effetto dell'origine della teoria sintetica dell'evoluzione, con l'enfasi posta sugli aspetti popolazionistici e ambientali, la situazione si rovescia dopo questa data e si stabilisce un legame stretto con la formazione della «nuova ecologia», come è stata chiamata da E. P. Odum, come disciplina e come «sensibilità ecologica», come movimento di idee.

Questo andò a costituire la «matrice disciplinare» della biologia marina, a determinarne metodologie e quadri problematici. Da questo momento chimici, fisici, zoologi, botanici, embriologi smettono di sentirsi parte di comunità separate e si trovano accomunati da problemi comuni, da una comune struttura concettuale e metodologica e cominciano a chiamarsi oceanografi e biologi marini. Questo era in parte dovuto alle maggiori possibilità istituzionali e occupazionali e in parte allo sviluppo di teorie comuni, a una comunità di tecniche e di linguaggio. Anche il miglioramento delle comunicazioni e dei trasporti e l'espansione della pubblicistica scientifica permisero la formazione di un gruppo scientifico specializzato, che piano piano acquisì una identità collettiva. Sospinta anche da importanti innovazioni tecniche e da spostamenti nelle relazioni disciplinari, in questo periodo la biologia marina ridiscute la propria struttura disciplinare, ridefinendo i propri metodi e soprattutto i propri problemi, acquisendo le sue caratteristiche attuali e isolando una propria identità culturale e istituzionale.

Il mare diviene un «oggetto speciale» di studio per le sue stesse caratteristiche: il mare è grande, coprendo il 70% della superficie terrestre; il mare è pro-

fondo; il mare è continuo e in uno stato di continua circolazione; il mare è ricco in forme di vita e in fonti energetiche ed alimentari; e infine il mare è vario per la diversità delle specie che vivono in esso, sia morfologicamente che evolutivamente, sia nello spazio che nel tempo, dato che alcuni degli organismi marini sono più antichi dei fondali degli oceani in cui vivono: il mare come sistema, gli organismi marini come parte di un sistema integrato biologico e fisico. Da questo momento c'è un oggetto specifico della disciplina ed esiste la tradizione di ricerca, come struttura teorica e come collocazione istituzionale, si definisce un territorio comune, una «tradizione di ricerca», che determina anche teorie locali, problemi da risolvere, metodi e mezzi per risolverli, impone, come ogni tradizione, scelte metafisiche e metodologiche. Dato che lo studio dei sistemi organizzati complessi richiede lo sforzo congiunto di molte differenti capacità, formazioni disciplinari e interessi secondari, si assiste alla costituzione di una comunità scientifica articolata, unita però da un comune denominatore, dal programma di scoprire le proprietà dei *sistemi nel loro complesso*, attraverso lo studio dei diversi sistemi costituenti.

Per il modo stesso in cui si è costituita e la individuazione del proprio oggetto di studio, la biologia marina non è un'impresa interdisciplinare, ma una *disciplina integrativa*, che studia un oggetto speciale, il mare come sistema integrato, costituito da molteplici livelli di organizzazione ed utilizzando di conseguenza l'apporto di altre discipline e competenze.

Una disciplina si forma con un processo storico basato sull'esistenza di problemi interessanti, sulla disponibilità di mezzi teorici e sperimentali per affrontarli e di adeguate strutture istituzionali, sulla costituzione di una tradizione di ricerca consolidata. Ma la scienza è innanzitutto un'impresa umana e tutto questo è stato e continua ad essere cementato da una spinta alla conoscenza e dalla volontà di uscire dal sicuro porto della certezza per avventurarsi nel mare aperto dei dubbi, delle questioni, delle critiche, e mai come in questo caso la metafora è stata più appropriata. Come scriveva nel 1845 Alexander von Humboldt, allora ottuagenario:

chi ama creare in se stesso un mondo a parte dove poter liberamente esercitare l'attività spontanea della sua anima, si sentirà pieno dell'idea sublime dell'infinito, come il mare alto libero da ogni riva.

B. VELIMIROV

Institut für allgemeine Biologie der Universität Wien,  
Schwarzspanierstraße 17, A1090 Wien (Austria)

## IL RUOLO DEI BATTERI NEI FLUSSI DI ENERGIA: UN APPROCCIO ECOSISTEMICO

**Key-words:** Bacteria, microorganisms, energy flow, marine ecosystems.

### Introduzione

I flussi di energia e le relative trasformazioni all'interno dei sistemi viventi possono essere studiati e spiegati con diversi approcci: molecolare, biochimico, fisiologico ed ecologico (PHILLIPSON, 1975). Nella presente relazione verrà trattato principalmente l'ultimo tipo di approccio e si parlerà quindi di individui, di livelli trofici o di biocenosi.

Il concetto classico di ecosistema definisce due tipi di catene alimentari o di circuiti energetici: la catena del pascolo (grazing) e quella del detrito. Per molto tempo, nel descrivere gli ecosistemi, si è rivolta l'attenzione soprattutto alla catena del pascolo. Ai batteri è stato assegnato il ruolo, importante ma restrittivo, di mineralizzatori. La Figura 1 mostra un diagramma molto semplificato del flusso energetico attraverso i differenti comparti di un ecosistema. Il comparto microbico è rappresentato dai batteri che ricevono sostanza organica dagli erbivori e dai carnivori, rifornendo così gli autotrofi di nutrienti inorganici.

Questo concetto è cambiato quando è stato dimostrato che:

— circa il 90% della produzione primaria non viene consumata direttamente dagli erbivori ma resta nel sistema sotto forma di detrito;

— la maggior parte dei cosiddetti detritivori è incapace di digerire materiale detritico e fa fronte a gran parte del suo fabbisogno energetico digerendo i batteri che crescono sul substrato detritico.

Il riconoscimento che negli ecosistemi marini gran parte della sostanza organica fa parte del cosiddetto «pool» detritico, costituito da sostanza organica particolata morta e da una frazione di sostanza organica disciolta, ha portato a modificazioni drastiche dei modelli esistenti.

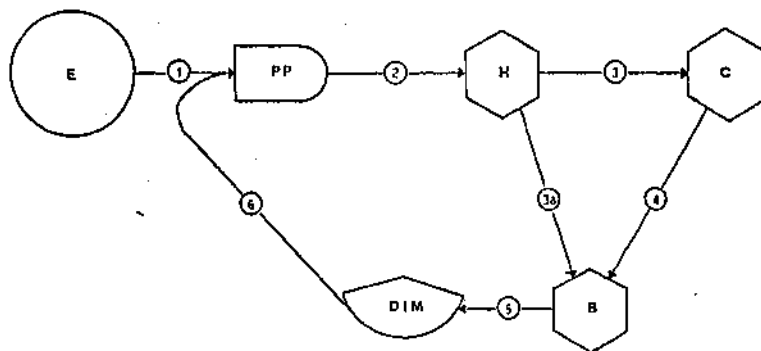


Fig. 1 - Modello semplificato della catena alimentare del pascolo (grazing); i diversi comparti sono rappresentati con la simbologia di Odum (1971).

1) Energia solare (E) assorbita dagli organismi autotrofi (PP). - 2) Trasferimento della produzione dagli autotrofi agli erbivori (H). - 3) Trasferimento della produzione dagli erbivori ai carnivori (C). - 3a), 4) Trasporto di feci ed urina ai microrganismi (B). - 5) Mineralizzazione dei microrganismi verso il «pool» della sostanza inorganica disciolta (DIM). - 6) Trasferimento di nutrienti inorganici agli autotrofi.

La Figura 2 mostra ancora uno schema semplificato del flusso di energia e di materia in un ecosistema in cui la via del detrito si integra nel modello generale. Nonostante la semplificazione, la rete di interazioni tra i vari comparti risulta ugualmente complessa, rilevando i limiti concettuali di « livello trofico » ed evidenziando altresì il ruolo chiave esercitato dai batteri nel flusso di energia e di materia.

Il concetto di livello trofico fallisce nel definire i detritivori, dal momento che questi presentano aspetti degli erbivori, dei carnivori (cioè occupano un livello trofico misto) e dei «batterivori»; inoltre, molti dei cosiddetti predatori sono parzialmente detritivori, mentre la maggior parte degli erbivori può far uso di materiale vegetale soltanto grazie all'intervento di microrganismi simbiotici che ne decompongono i carboidrati strutturali. Ciò implica l'interposizione di un livello trofico aggiuntivo nel flusso di energia tra autotrofi ed erbivori e dimostra l'esistenza di un grande «gap» tra la teoria e la sperimentazione; in altri termini, è necessaria la formulazione di nuovi concetti.

Tuttavia per avere un'idea del funzionamento di un ecosistema e progredire nella costruzione di modelli o sub-modelli con un certo valore predittivo, è necessario avere delle informazioni sia quantitative che qualitative sul flusso di materia lungo le vie evidenziate nel diagramma illustrato in Figura 2.

Grazie agli studi condotti negli ultimi venti anni su molteplici tipi di ecosistemi, è ora disponibile una gran quantità di informazioni sulla produzione primaria e sui tassi di consumo dei consumatori primari e secondari. Inoltre, la nostra conoscenza dell'importanza del comparto microbico è cresciuta ed ora

siamo in grado di fare una descrizione più realistica degli aspetti funzionali dei batteri e degli altri microrganismi.

La capacità di degradare anche la sostanza organica più refrattaria viene considerata l'aspetto più caratteristico dei procarioti; non è da dimenticare, comunque, che ciascun processo di degradazione biologica è correlato ad un processo

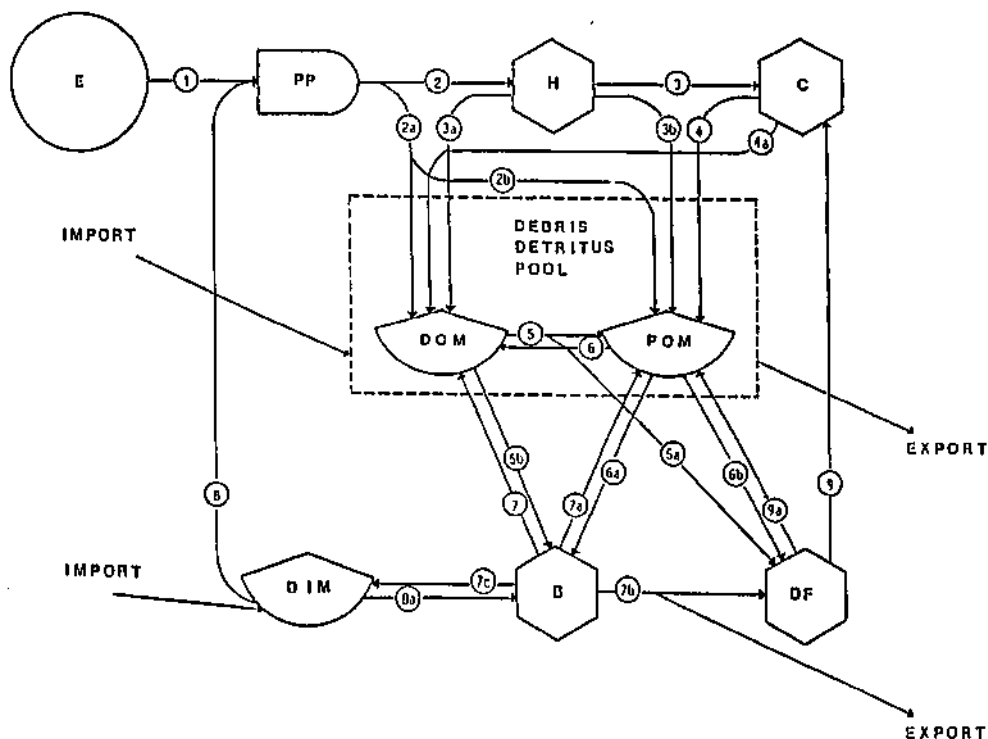


Fig. 2 - Modello semplificato della catena alimentare del detrito.

DOM = sostanza organica disciolta; POM = sostanza organica particolata; DF = « Debris/detritus feeders » (« detritivori »).

1), 2), 3) come in Fig. 1. - 2a) Trasferimento di essudati dagli autotrofi al «pool» DOM. - 3a), 4a) Trasferimento di DOM dai consumatori al «pool» DOM. - 2b) Trasferimento di POM dagli autotrofi al «pool» POM (come letti di detrito foliare). - 3a), 3b), 4) POM dai consumatori (in funzione del tasso di mortalità) al «pool» POM. 5), 6) Interazioni fisiche e chimiche tra POM e DOM. - 5a) Assorbimento di DOM dai «debris/detritus feeders». - 5b) Assorbimento di DOM microbico. - 6a) Flusso di POM agli organismi microbici, processi di decomposizione. - 6b) Flusso di POM ai «debris/detritus feeders». 7) Trasferimento di DOM dai processi di decomposizione al «pool» di DOM; 7a) Formazione di particolato attraverso la produzione di «slime» batterico. - 7b) Flusso della produzione batterica ai «debris/detritus feeders». - 7c) Trasferimento di prodotti di mineralizzazione nella riserva di DIM (sostanza inorganica disciolta). - 8) Flusso di DIM agli autotrofi. - 8a) Immobilizzazione di DIM da parte dei microrganismi. - 9) Flusso di produzione dei «debris/detritus feeders».

di sintesi biologica, o almeno ad un mantenimento di ordine. Ciò implica trasformazioni energetiche e perdita di energia sotto forma di calore.

Sulla base di quanto detto, saranno dati alcuni esempi che rappresentano una sintesi delle ricerche condotte negli ultimi anni sulla dinamica microbica.

### Sistema a *Cladocora cespitosa*

Durante gli ultimi anni è stato osservato in diverse zone dell'Adriatico Setentrionale un marcato incremento dell'abbondanza del madreporario simbiote *Cladocora cespitosa*. Si ritiene che una forte pressione di pascolo dei ricci di mare *Arbacia lixula* e *Paracentrotus lividus* sulle alghe che in queste aree ricoprono il substrato roccioso dell'infralitorale, abbia favorito l'incremento della densità del madreporario. Poiché *C. cespitosa* è un «corallo» ermatipico che produce muco (HERNDL & VELIMIROV, 1986), ci si è chiesto se il veloce incremento di questo organismo risulti in tassi di produzione di muco simili a quelli stimati per le barriere coralline tropicali. Un altro aspetto interessante è emerso da studi sulla decomposizione del muco e sul significato trofico che questo riveste per gli organismi eterotrofi in acque costiere superficiali.

Innanzitutto è interessante soffermarsi su alcuni dati riguardanti la biocecosi a *Cladocora cespitosa* (Tab. 1). La copertura delle colonie ammonta al 2,3% al m<sup>2</sup> con una densità di polipi di 6,7 per cm<sup>2</sup> di colonia. Il rilascio di muco, misurato in laboratorio, è di 8,5 µg per ora, che corrisponde a 32 mg di carbonio

Tab. 1 - Valori di copertura, di densità dei polipi, di rilascio e di produzione di muco, di richiesta di carbonio legato ai processi respiratori di *Cladocora cespitosa* (da HERNDL & VELIMIROV, 1986).

Copertura di <i>C. cespitosa</i> per m <sup>2</sup>	2,33%
Densità dei polipi per cm <sup>2</sup> di colonia	6,73%
Rilascio di muco per polipo	8,54 µg h <sup>-1</sup>
Stime di produzione:	
Peso secco per m <sup>2</sup>	320,0 mg g <sup>-1</sup>
Carbonio per m <sup>2</sup>	32,0 mg g <sup>-1</sup>
Richiesta di carbonio per processi respiratori di <i>C. cespitosa</i> per polipo	1,96 µg C h <sup>-1</sup>
Rilascio di muco per polipo	0,87 µg C h <sup>-1</sup>
<p><i>Il rilascio di muco in C. cespitosa ammonta al 44% della richiesta di carbonio necessario per la respirazione</i></p>	



per  $\text{m}^2$  per giorno. Per correlare questi dati con un parametro legato ad un processo fisiologico fondamentale del madreporario, è stata scelta la richiesta di carbonio legato ai processi di respirazione; il rilascio di muco è risultato essere il 44% della richiesta di carbonio (Tab. 1). Se paragoniamo questi dati con un parametro ecosistemico, come la produzione del fitoplancton dell'Adriatico Setten-trionale, emerge che la produzione di carbonio dal muco equivale al 19% della produzione fitoplanctonica (Tab. 2).

Risultano quindi ovvie le seguenti domande:

— i tassi di produzione dei batteri cambiano quando li si confronta col tasso di produzione di muco?

- quanto al carbonio legato al muco viene utilizzato per sintetizzare bio-massa batterica?

Nella Tabella 3 vengono paragonate le dinamiche dei batteri durante la decomposizione del muco a quelle in acqua di mare normale. È sufficiente-

Tab. 2 - Confronto tra la produzione di carbonio del fitoplancton (da STIRN, 1971) e quella del muco di *C. cespitosa* nel Golfo di Trieste.

Produzione di fitoplancton (Adriatico settentrionale)	171 $\text{mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{g}^{-1}$
Produzione di muco in <i>C. cespitosa</i>	32 $\text{mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{g}^{-1}$
<i>La produzione di muco in C. cespitosa ammonta al 19% della produzione primaria fitoplanctonica</i>	

Tab. 3 - Tassi di incremento e tempo di generazione delle cellule batteriche ( $\mu (= \ln_2/g)$ ), produzione di carbonio ed utilizzo del muco di *C. cespitosa*, a 20 °C (da HERNDL & VELIMIROV, 1986).

Esperimento	$\mu$ ( $\text{h}^{-1}$ )	$g$ (h)	Produzione di C batterico $\mu\text{g C} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	Utilizzazione C	Coefficiente di conversione (% C)
Decomposizione del muco	0,077 (0,018)	9,42 (2,07)	11,81 (9,33)	73,9 (54,5)	19,3 (9,7)
Acqua di mare di controllo	0,038 (0,029)	131,2 (19,5)	0,84 (0,58)	42,3 (7,5)	1,94 (1,1)

$\mu$  = tasso di incremento delle cellule batteriche.

$g$  = tempo di generazione.

Durata dell'esperimento = 21-32 h.

mente informativo considerare soltanto il tempo di generazione (g) che mostra come la popolazione batterica del muco, nell'arco di 9,4 ore, raddoppi rispetto alla popolazione mantenuta in acqua di mare, il cui tempo di generazione è di 131 ore, equivalenti a 5 giorni. Anche la corrispondente produzione di carbonio è circa 14 volte più alta e la conversione da carbonio a carbonio è di 19,3% contro il 1,9% del controllo. Questa marcata differenza nella conversione del carbonio è indicativa dell'esistenza di una importante frazione di azoto nel muco, di cui deve ancora esserne fornita l'evidenza analitica. Sono stati segnalati numerosi organismi che si nutrono direttamente di muco del madreporario, soprattutto granchi e pesci che vivono in stretta associazione con i coralli. Manca tuttavia ancora una buona segnalazione sugli organismi mucivori che vivono in associazione stretta o nelle vicinanze di *Cladocora cespitosa*. In ogni caso, il guadagno energetico di questi organismi, derivato dall'assunzione di muco, dipende dall'età e dallo stato di degradazione del muco. Questo aspetto non riguarda soltanto le forme madreporiche e può essere facilmente esteso a sistemi dominati da autotrofi, come viene illustrato di seguito.

## Il sistema dei «kelp beds»

Il sistema costituito dalle alghe brune giganti, i «kelp beds», che generalmente sono presenti in zone di «upwelling», ad esempio lungo le coste Sud-occidentali del Sud-Africa, sono tra gli ecosistemi più produttivi della biosfera (VELIMIROV *et al.*, 1977). Questo costituisce forse il migliore esempio di studio di un sistema per descrivere le varie interazioni energetiche e per dimostrare come i batteri contribuiscano al flusso totale di energia di un ecosistema. Il sistema descritto è dominato da due specie algali: *Ecklonia maxima* e *Laminaria pallida*. *E. maxima* può accrescersi fino a 10 metri di lunghezza mentre *L. pallida* raggiunge i 2,5 metri. Lungo la riva e nei letti algali si possono trovare grosse quantità di «wrack» (residui algali) indicatori di una potente componente idrodinamica che guida il sistema. Uno studio di Koop *et al.*, (1982) dimostra l'importanza del detrito, derivante dalle kelp e rinvenibile sulle spiagge, per le comunità superficiali costiere e illustra l'importanza del «pool» debris/detrito nel sistema. Oltre al frazionamento meccanico durante il quale viene rilasciata sostanza organica disciolta nell'acqua, le piante intatte essudano muco che viene assunto soprattutto dai batteri. Il muco è disponibile per i microrganismi soltanto dopo essersi trasformato in sostanza organica particolata attraverso vari meccanismi, come avviene per esempio nella formazione della schiuma e nel successivo collasso delle bolle (VELIMIROV, 1980), o indirettamente tramite l'ingestione dei batteri o di altri microrganismi. Il numero di batteri per mm di schiuma è infatti molto alto se paragonato alla loro densità nella colonna d'acqua, come si può osservare nella Tabella 4. Questo aumento di batteri nella schiuma implica che una particella derivata dalla schiuma ha un alto contenuto di azoto ed è quindi appetibile per i microconsumatori. Nella Tabella 5

Tab. 4 - Densità batterica (cellule  $\text{ml}^{-1}$ ) in sospensione nella schiuma filtrata, nella superficie dell'acqua (3 cm sotto la schiuma) e nelle strato d'acqua (10 cm sotto la superficie dell'acqua) per 12 e 120 h (da VELIMIROV, 1980).

Substrato	Tempo	
	12 H	120 H
Sospensione schiuma	$2,43 \cdot 10^8$	$3,45 \cdot 10^9$
Superficie acqua	$0,5 \cdot 10^6$	$9,51 \cdot 10^6$
Strato acqua	$1,54 \cdot 10^6$	$0,92 \cdot 10^6$

Tab. 5 - Composizione chimica di mucillagine seccata (DOM) e di tallo in polvere (POM). I dati della mucillagine sono riportati da NEWELL et al., 1980. La provenienza degli altri dati è indicata ai piedi della Tabella.

Componente	% del peso totale secco	
	DOM	POM
Proteine	5,27	23,78 <sup>1</sup>
Lipidi totali	0,18	0,58 <sup>2</sup>
Carboidrati Mannitolo	5,86	4,40 <sup>3</sup>
Zuccheri (Fucosio)	1,70	1,70 <sup>3</sup>
Laminarano	4,59	1,50 <sup>1</sup>
Alginati	5,01	44,90 <sup>1</sup>
Ceneri	67,94	22,94 <sup>1</sup>
Totale	92,35	99,80
% di carbonio fissato:		
JOHNSTON et al. (1977)	23	77
HATCHER et al. (1977)	35	65
% di produzione energetica:		
NEWELL et al. (1980)	33-34	66-77

<sup>1</sup> STUART et al. (dati non pubblicati).

<sup>2</sup> VELIMIROV (1979).

<sup>3</sup> VON HOLDT et al. (1955).

Le proteine contenute nella frazione di particolato sono state ottenute da azoto x 6,25.

è illustrata la composizione chimica solamente del muco rilasciato da *L. pallida*. *E. maxima*, infatti, che ha la stessa composizione chimica, differisce soltanto nella concentrazione dei componenti. Nella Tabella 5 il muco è rappresentato dalla sostanza organica disciolta (DOM = dissolved organic matter) mentre la frazione particolata è rappresentata dalla sostanza organica particolata (POM = particulate organic matter). La componente organica più importante è il mannitolo mentre tra gli zuccheri è il fucosio, seguito da galattosio, mannosio e glucosio.

La Figura 3 mostra che i composti precedentemente citati vengono degradati ed utilizzati da una complessa comunità microbica. In esperimenti di incubazione, che durano fino a trenta giorni, si può osservare un rapido incremento dei batteri fino all'ottavo-decimo giorno, seguito da un drastico decremento

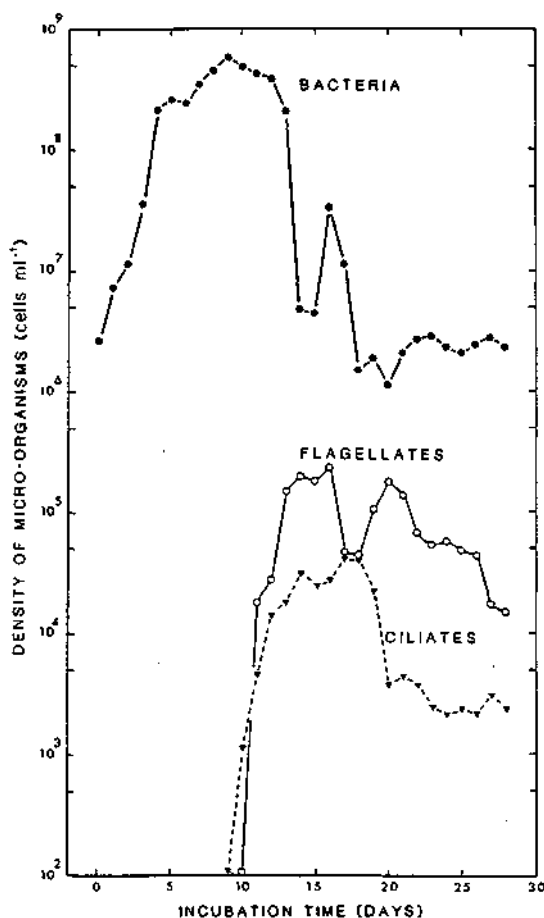


Fig. 3 - Successione microbica nella mucillagine delle «kelp» a 10 °C (da LINLEY *et al.*, 1981).

della biomassa batterica e da un contemporaneo aumento dei flagellati. Quest'ultimi raggiungono il loro picco al quindicesimo giorno mentre al ventesimo giorno si nota un incremento dei ciliati. Questi risultati da una parte mostrano che anche nei microsistemi è possibile definire dei livelli trofici, dall'altra che la successione descritta può essere riconosciuta soltanto in esperimenti la cui durata non sia inferiore ai 30 giorni. Le osservazioni precedenti sono valide per la maggior parte degli esperimenti di decomposizione, dal momento che essi sono stati eseguiti su fanerogame, su comunità fitoplanctoniche e parzialmente descritti nel 1970 da Fenchel. I risultati ottenuti da questo approccio sperimentale mostrano che la produzione batterica può essere eseguita solo per un periodo di 10 giorni. Nelle seguenti figure sarà mostrato quanto carbonio organico disciolto (DOC = dissolved organic carbon) viene assunto dai batteri e quindi l'utilizzazione netta delle due componenti maggiori. La Figura 4 mostra il decremento del DOC accompagnato da un parallelo incremento dei microeterotrofi durante esperimenti della durata di 10 giorni. Nel

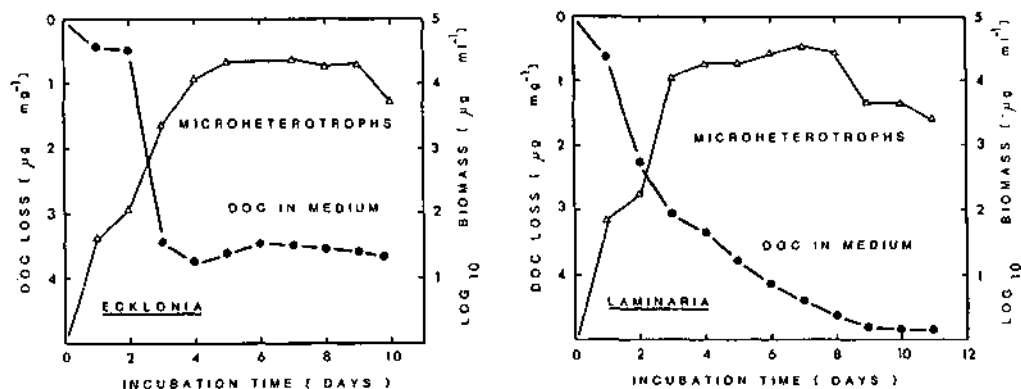


Fig. 4 - Consumo netto di DOC ( $\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{ps}^{-1}$ ) e corrispondente aumento di biomassa di microeterotrofi ( $\log_{10} \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$  a  $10^\circ \text{C}$  (da LUCAS *et al.*, 1981).

caso del muco di *Ecklonia* e di *Laminaria* la maggior parte del loro carbonio viene utilizzata durante i primi quattro giorni, pur con una leggera differenza nell'andamento delle curve relative ai due substrati. La Figura 5 illustra, invece, il decremento della concentrazione di mannitolo nel muco. La maggior parte del mannitolo viene utilizzata in 3-4 giorni; dopo dieci-dodici giorni virtualmente tutto il mannitolo scompare o è presente solo in tracce. In 40 ore il 50% del mannitolo viene utilizzato. Si può speculare quindi che il mannitolo, che rappresenta il 77% della frazione dei carboidrati, sia il substrato preferenziale per i batteri. Di conseguenza, la presenza di batteri mannitolitici può essere utilizzata come indicatrice del trasferimento di prodotti derivanti dalla produzione primaria dei sistemi costieri ai sistemi oceanici al largo.

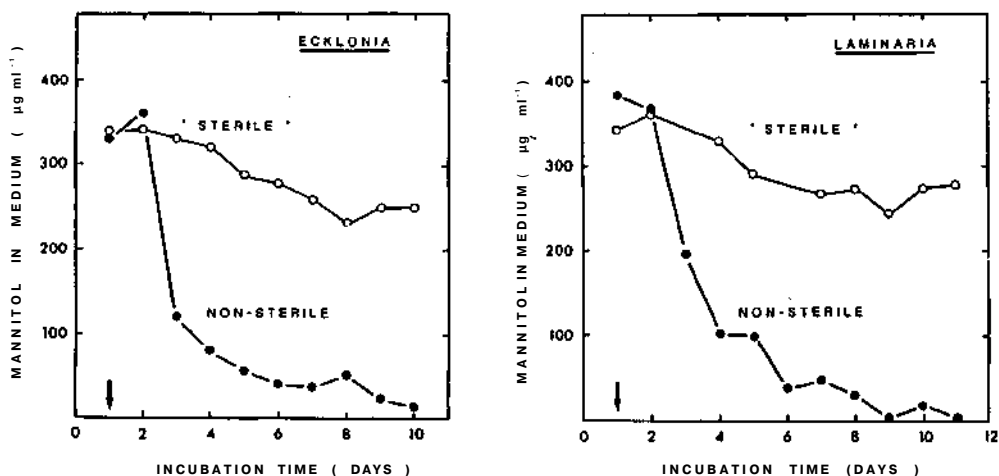


Fig. 5 - Concentrazione di D-mannitolo ( $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) in acqua di mare sterilizzata, a  $10^\circ \text{C}$ . La freccia indica l'inizio dell'incubazione (da LUCAS *et al.*, 1981).

Sono stati condotti altri esperimenti di degradazione utilizzando zucchero ed alginati ed esprimendo il loro decremento in equivalenti di glucosio. La Figura 6 mostra l'utilizzazione, da parte dei batteri, di zucchero e di acido uronico rilasciati da *Ecklonia* e *Laminaria*. I tassi di decremento sono trascurabili nei primi

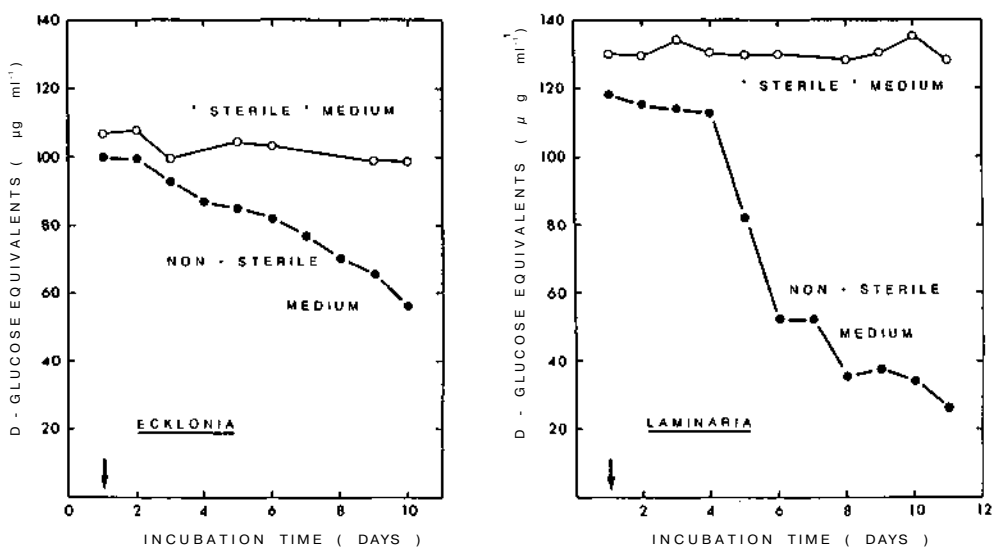
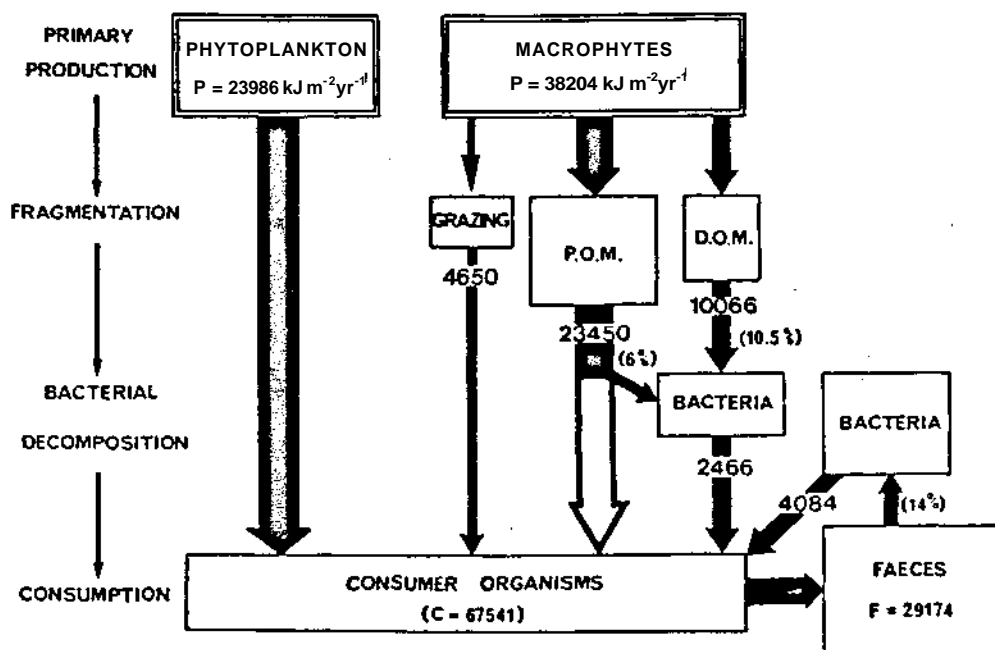


Fig. 6 - Concentrazione di zuccheri ed alginati (espressi come equivalente di glucosio,  $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) in acqua di mare normale e acqua di mare sterilizzata, a  $10^\circ \text{C}$ . La freccia indica l'inizio dell'incubazione (da LUCAS *et al.*, 1981).

tre giorni, intervallo di tempo durante il quale il decremento di mannitolo è molto accentuato (Fig. 5). In questo caso l'utilizzazione del 50% del substrato viene raggiunta soltanto dopo 10 giorni; si può quindi speculare che soltanto quando il mannitolo diventa un fattore limitante nel sistema, i batteri iniziano a degradare altri carboidrati. Come nel primo esempio riportato, quello di *Cladocora cespitosa*, anche in questo caso si può calcolare l'efficienza di conversione della biomassa e del carbonio. L'efficienza di conversione della biomassa batterica, espressa in funzione della perdita di carbonio dal sistema, ammonta al 12% in inverno ed al 30% in estate (LUCAS *et al.*, 1981). Questa differenza stagionale nell'efficienza di conversione non dipende da un incremento di densità (il numero delle cellule è infatti per lo più lo stesso nelle due stagioni) ma risulta sia dalla dominanza di bacilli sia dall'incremento della loro taglia.

Sapendo che la produzione di muco per 700 ha di «kelp bed» (stima dell'estensione della kelp esaminata) è di  $1458 \times 10^4$  kg di peso secco, si possono ottenere, utilizzando le percentuali di efficienza di conversione,  $30 \times 10^4$  kg di biomassa batterica. Assumendo inoltre un trasferimento di energia del 10% da un livello trofico ad un altro, tale biomassa sosterrà  $3 \times 10^4$  kg di flagellati. Considerando l'efficienza di conversione - carbonio del muco delle kelp in carbonio dei batteri - tale efficienza è, mediamente per un anno, del 10,4%. Lo stesso approccio utilizzato per il calcolo dell'efficienza di conversione del muco può essere utilizzato per la frazione di particolato (NEWELL *et al.*, 1982).

La Fig. 7, che mostra un diagramma semplificato del flusso quantitativo di energia, evidenzia come la produzione primaria del sistema possa coprire il 92% del materiale necessario per i tassi di consumo dei microrganismi. Il budget, quindi, sembra difettare dell'8% di materia organica. Tuttavia, considerando l'efficienza di conversione calcolata dei batteri, si può notare che la degradazione di DOM e di POM e la sintesi di biomassa batterica portano ad un maggiore disequilibrio all'interno del budget. L'energia batterica legata alla biomassa coprirebbe soltanto il 9,7% dell'energia richiesta dai macroconsumatori. Questo implica che la maggior parte della materia organica particolata deve essere digerita direttamente dai consumatori. Questa è senz'altro una sorprendente informazione scaturita dal presente studio: *i microconsumatori sono in competizione con i batteri per la materia organica e l'energia persa può essere riciclata sia attraverso i «fecal pellets» sia attraverso i batteri. È questa una dimostrazione pratica dell'importanza del «fecal loop» in alcuni sistemi.* Quindi, il ruolo principale dei batteri nei «kelp beds» è di essere una sorgente di nutrimento per i macroconsumatori, anche se la loro importanza come sorgente di carbonio non è rilevante, in quanto l'efficienza di conversione carbonio-carbonio è piccola. I batteri sono in competizione con i microrganismi per il carbonio facilmente degradabile; tuttavia, possono essere una sorgente di azoto nel caso in cui questo diventi un fattore limitante nel sistema. Per ultimo ma non di secondaria importanza, essi rilasciano nutrienti inorganici sostenendo così la produzione primaria del sistema e la sua dinamica.



**Fig. 7** - Diagramma semplificato di flusso di energia per i «kelp beds» della costa ovest di Cape Peninsula, Sud Africa (NEWELL *et al.*, 1982). Tutti i valori rappresentano tassi di flusso energetico espressi in  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{anno}^{-1}$ ; le percentuali rappresentano parti di energia trasferita alle varie categorie. La freccia chiara indica il flusso presunto di POM ai consumatori.

### Sistema a *Posidonia oceanica*

Una situazione completamente differente si riscontra nei sistemi a fanerogame marine del Mediterraneo (*Posidonia oceanica*). Non solo la produzione primaria, infatti, presenta caratteristiche completamente diverse ma anche l'ammontare dei carboidrati strutturali raggiunge il 50% del peso secco. Le differenze più evidenti vengono mostrate nella Tabella 6. Mentre nei «kelp beds» la densità batterica varia da  $10^6$  a  $10^9$ , includendo la schiuma, nelle praterie a fanerogame i valori maggiori sono  $10^6$  cellule per ml. Anche la produzione di essudati risulta minore, dalle 12 alle 4 volte, rispetto al sistema a kelp. Tuttavia, la produzione primaria dei kelp è solamente 2,5 volte più alta che per le fanerogame. È sorprendente come, nei sistemi a fanerogame in cui si riscontra una bassa produzione di essudati, si registri quasi la stessa quantità, se non maggiore, di sostanza organica disciolta nell'acqua, accompagnata tuttavia da una minore densità batterica (VELIMIROV, 1986). Sembra perciò ovvio chiedersi quale sia il ruolo funzionale di batteri in questo sistema.



Tab. 6 - Confronto dei valori di biomassa e di produzione tra un «kelp bed» (Atlantico Meridionale) ed una prateria a Posidonia oceanica (Mar Mediterraneo). (Si assume che la biomassa dei consumatori sia sottostimata).

	Alghe brune ( <i>Ecklonia</i> e <i>Laminaria</i> )	Fanerogame ( <i>Posidonia</i> )
Batteri	$10^6 - 10^9 \text{ ml}^{-1}$	$10^5 - 10^6 \text{ ml}^{-1}$
Essudati	20 - 20,5% di PP	0,5 - 2% di PP
Produzione primaria	$8334 \text{ g p.s. m}^{-2} \text{ a}^{-1}$	$3250 \text{ g p.s. m}^{-2} \text{ a}^{-1}$
DOC nella colonna d'acqua	$3 - 20 \text{ mg l}^{-1}$	$0,7 - 32 \text{ mg l}^{-1}$
Biomassa consumatori	$3670 \text{ g p.s. m}^{-2}$	$400 \text{ g p.s. m}^{-2}$

I risultati riportati nel presente lavoro derivano da studi condotti per cinque anni nella prateria a *P. oceanica* di Lacco Ameno di Ischia, in collaborazione con lo staff del Laboratorio di Ecologia del Benthos.

Le domande principali a cui si è cercato di rispondere sono:

- dove è il responsabile della produzione di carbonio?
- quali composti chimici possiamo aspettarci nella frazione DOC?
- qual'è il turnover dei batteri nelle praterie?
- che tipo di esperimenti condurre che siano atti a rispondere alle precedenti domande?

È stato seguito un approccio di tipo analitico e sono stati condotti due esperimenti.

Nel primo esperimento sono state usate delle «bell jars» (campane) per isolare una parte della prateria, come illustrato nella Fig. 8, e registrare le varia-

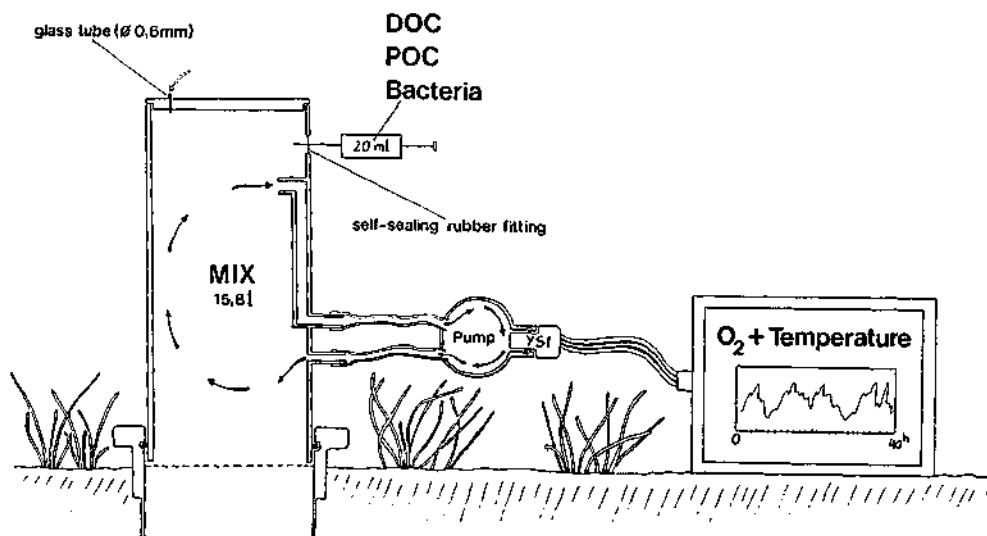


Fig. 8 - Modello semplificato di «bell jar» e di unità di registrazione per misure «in situ» e sistema di prelievo manuale.

zioni di alcuni parametri (ossigeno, carbonio organico disciolto e densità batterica) nell'arco di 24 ore. Questo apparecchio può essere usato contemporaneamente sia su sedimenti nudi sia colonizzati da fanerogame; le Fig. 9 e 10, che illustrano le variazioni di DOC in piante incluse nel sistema chiuso e su sedimento nudo, evidenziano come la sorgente di carbonio disciolto sia rappresentata dal sedimento nudo e non dalla pianta (VELIMIROV, 1986). Nonostante gli alti valori di DOC nel sedimento, la densità batterica cade durante gli esperimenti, a dimostrazione di una pressione di predazione.

Tab. 7 - *Concentrazione di zuccheri semplici (MCHO) e di amminoacidi liberi (DFAA) sopra ed all'interno della prateria. I valori, espressi in  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , si riferiscono al mese di Maggio 1982. DOC è stato calcolato assumendo che il contenuto di carbonio per MCHO fosse 41.16% e quello per DFAA fosse 38.98%. tr = tracce.*

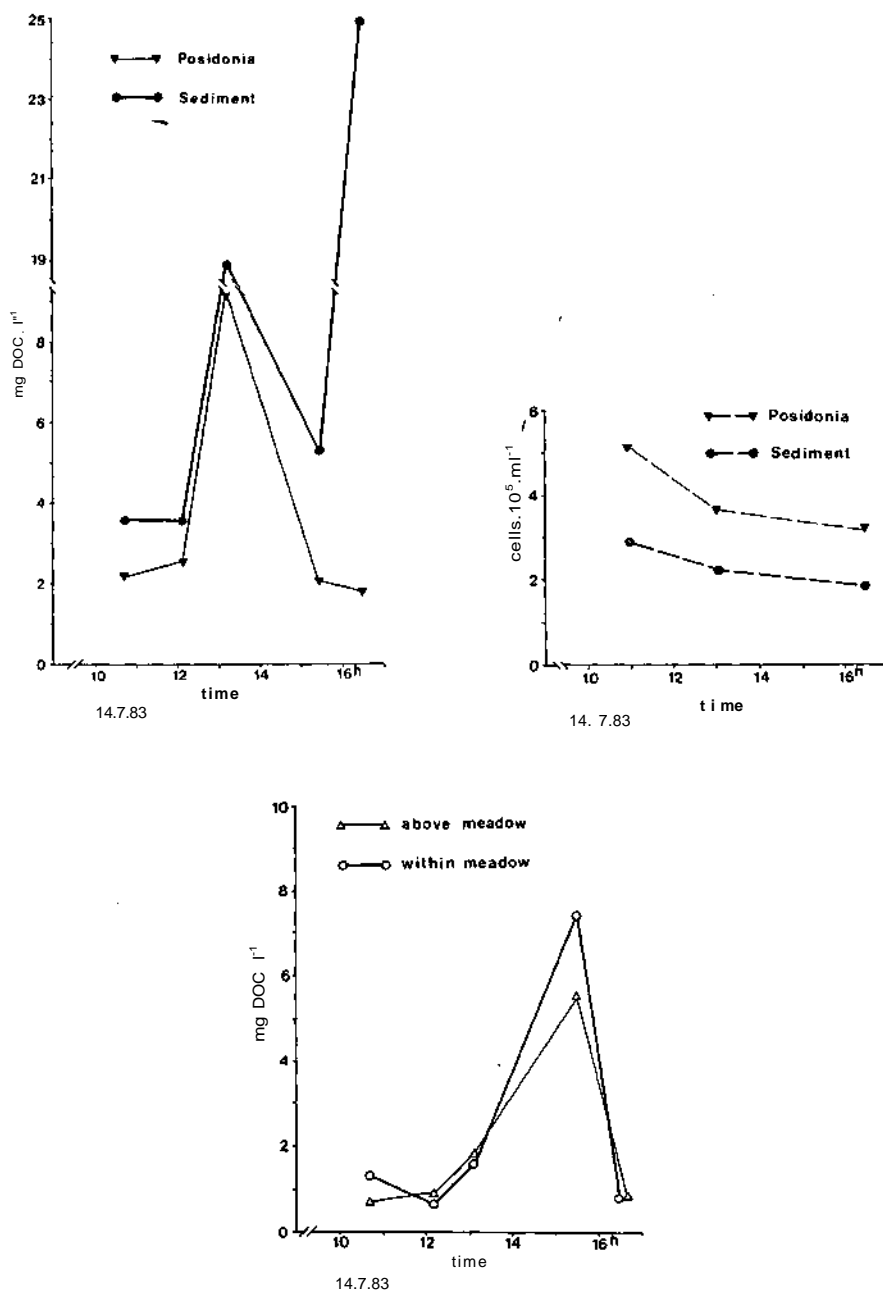
	5 m		10 m		15 m		20 m	
	Sopra	Dentro	Sopra	Dentro	Sopra	Dentro	Sopra	Dentro
MCHO	tr	0,605	0,216	0,128	0,073	0,110	0,060	tr
DFAA	0,116	0,070	0,085	0,221	0,076	0,056	0,053	0,050
DOC calcolato	0,045	0,276	0,122	0,139	0,075	0,052	0,045	0,019
% of DOC misurato	1,73	0,85	0,43	6,95	3,75	2,080	1,957	0,826

Tab. 8 - *Concentrazioni medie di MCHO e di DFAA dell'acqua interstiziale dal sedimento di una prateria di fanerogame. DOC è stato calcolato dai valori di DFAA e di MCHO  $\text{mg l}^{-1}$ .*

	5 m		10 m		15 m		20 m	
	MCHO	DFAA	MCHO	DFAA	MCHO	DFAA	MCHO	DFAA
$\bar{X}$	299	0,210	560	0,841	229	1,097	1000,7	1,804
DOC	123,15		230,82		94,68		412,60	

Le concentrazioni di carboidrati monomerici e di amminoacidi liberi disciolti sono state utilizzate come misura della frazione di DOC facilmente metabolizzata (Tab. 7 e Tab. 8).

È risultato che la frazione di DOC derivante da carboidrati monomerici e da amminoacidi disciolti è 100 volte più alta nel sedimento che nell'acqua e che i batteri presenti nella colonna d'acqua devono essere limitati dalla disponibilità di nutrienti.



**Fig. 9** - Variazioni di DOC in acque incubate su *Posidonia oceanica* e su sedimento in «bell jars» in un esperimento di 6 ore «in situ»; variazioni della densità batterica in acque incubate nelle stesse campane; variazioni giornaliere di DOC in acqua incubata in una stazione a 6 m di profondità all'interno e sopra la prateria. I grafici si riferiscono a esperimenti condotti il 14-7-1983.

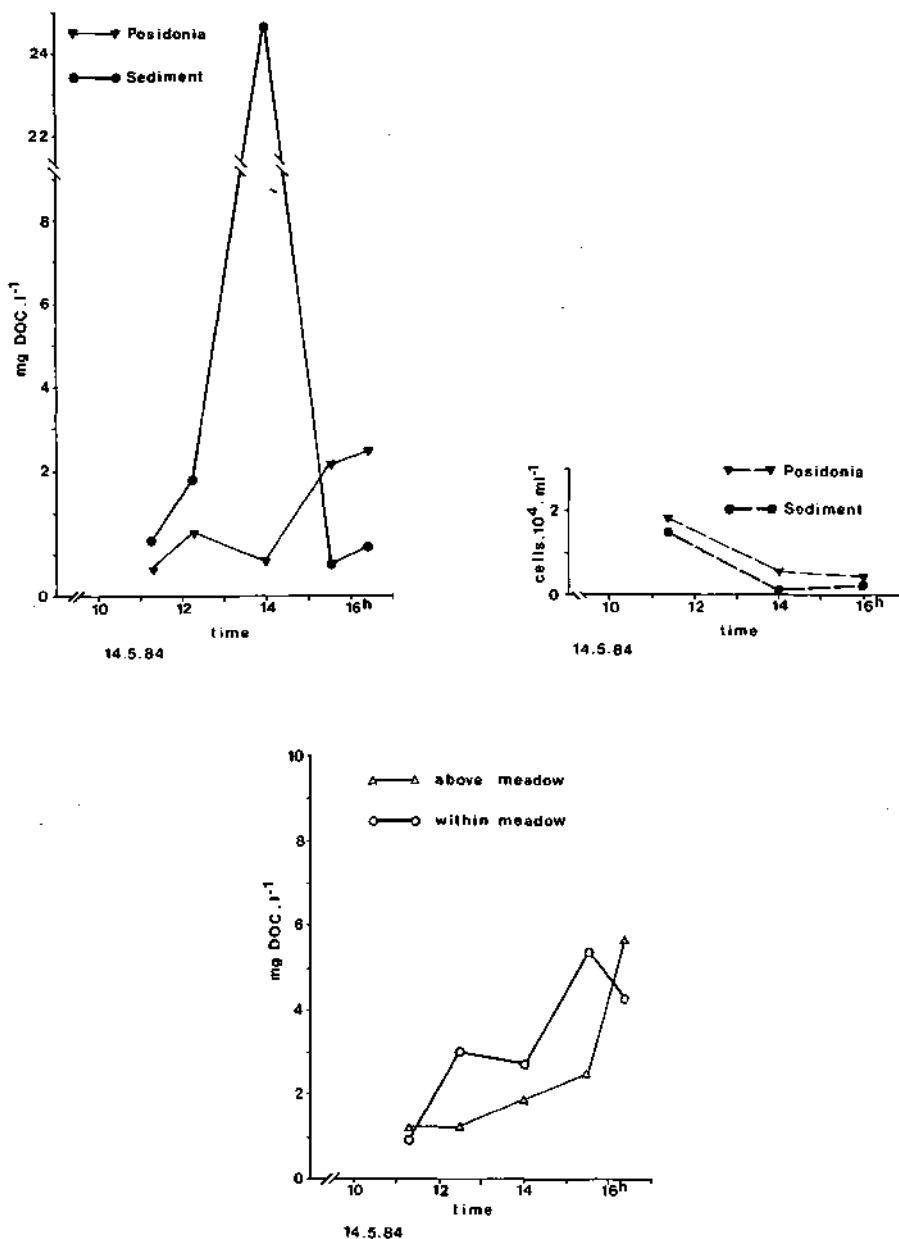
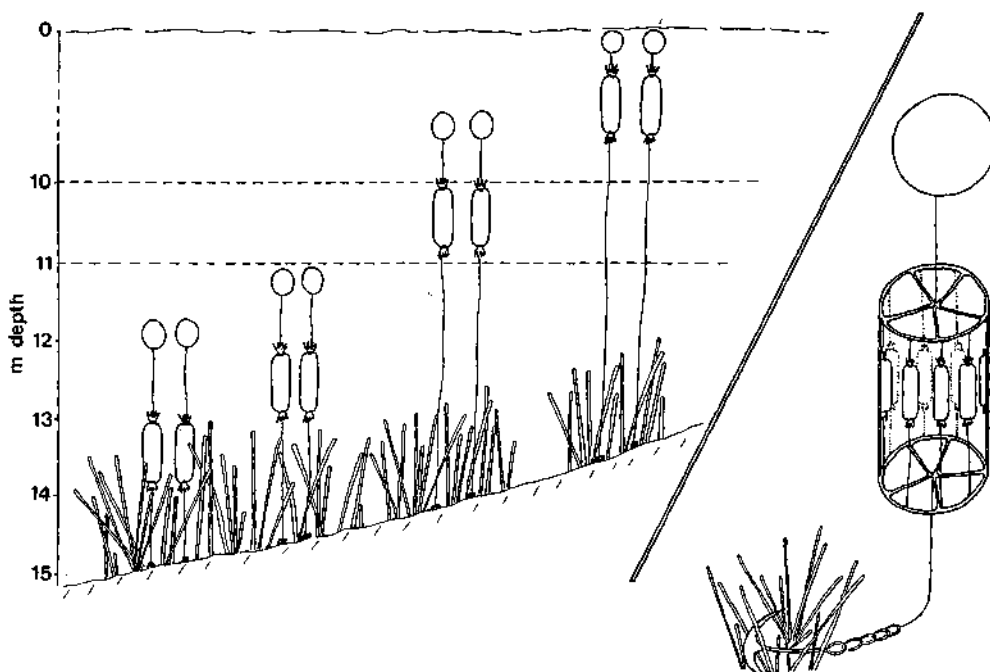


Fig. 10 - Variazioni di DOC in acque incubate su *Posidonia oceanica* e su sedimento in «bell jars» in un esperimento di 6 ore «in situ»; variazioni della densità batterica in acque incubate nelle stesse campane; variazioni giornaliere di DOC in acqua incubata in una stazione a 6 m di profondità all'interno e sopra la prateria. I grafici si riferiscono a esperimenti condotti il 14-5-1984.

Nella Figura 11 viene illustrato l'esperimento successivo che si avvale dell'utilizzazione di tubi di dialisi di 5000-6000 Dalton. In essi veniva incubata acqua filtrata con un filtro di due  $\mu$ , in modo da eliminare quasi completamente i micropredatori di batteri. In tubi di controllo veniva simulata la situazione ambientale,



**Fig. 11** - Schema di utilizzo dei tubi da dialisi (5000-6000 Daltons) per incubazioni d'acqua per la determinazione della produzione batterica. A sinistra: posizionamento dei tubi delle diverse profondità nella prateria (la linea tratteggiata indica il termoclino). A destra: posizionamento di un set di 8 tubi nella colonna d'acqua.

dal momento che si utilizzava acqua non filtrata nella quale erano perciò presenti i predatori. In entrambi i trattamenti i nutrienti non rappresentano fattori limitanti dal momento che tutte le sostanze disciolte fino a 6000 Daltons possono essere diffuse attraverso i tubi. Il vantaggio dell'utilizzo di questi tubi consiste nella possibilità di scegliere con precisione il luogo di incubazione sia all'interno della prateria sia nella colonna d'acqua (ad esempio, al di sopra o al di sotto del termoclino); in particolare nella colonna d'acqua può essere utilizzato un set di 8 tubi in condizioni comparabili, come mostra la Figura 11.

I dati della Tabella 9 sono medie ottenute da 4 a 6 esperimenti, condotti nei mesi di Maggio e Giugno del 1987 a Lacco Ameno. Da questi dati emergono tre importanti informazioni:

Tab. 9 - Parametri di produzione batterica in un sistema a fanerogame, confrontando  $2\mu\text{m}$  di acqua filtrata (in cui si è operata una riduzione della predazione) e acqua non filtrata (in cui la pressione di predazione sui batteri è normale), proveniente da esperimenti di incubazione in tubi da dialisi.

#### PARAMETRI DI PRODUZIONE

	Numeri di batteri ( $\times 10^5$ )	
	$t_0$	$t_1$
Assenza di predatori	9,7	12,1
Presenza di predatori	8,4	8,1
Tempo di generazione di una popolazione priva di predatori: $g = 51,09 \text{ h}$		
Volume batterico in una popolazione di predatori:		
	$t_0$	$t_1$
Cocchi	$0,06 \mu\text{m}^3$	$0,06 \mu\text{m}^3$
Bacilli	$0,195 \mu\text{m}^3$	$0,245 \mu\text{m}^3$

— in assenza di pressione di predazione si osserva un incremento della popolazione batterica da  $10^5$  a  $10^6$ , mentre in presenza di predazione si assiste al decremento previsto;

— in assenza di predazione il tempo di generazione è molto lungo, 51 ore equivalenti a poco più di due giorni;

— in popolazioni indisturbate il volume cellulare dei batteri aumenta più del 25%. Questi dati possono essere espressi come carbonio e azoto, come si può vedere nella Tabella 10. Dal tasso giornaliero di produzione di carbonio e di azoto e dal consumo in presenza di predatori si può dedurre quanto sia importante l'azione predatoria nei sistemi a fanerogame. La perdita di carbonio ( $0,66 \text{ mg. m}^{-3} \cdot \text{g}^{-1}$ ) e di azoto ( $0,13 \text{ mg. m}^{-3} \cdot \text{g}^{-1}$ ) nelle popolazioni sottoposte a predazione può significare che tutta la produzione batterica entra nella catena alimentare microbica e che i microrganismi filtratori debbono avere una relazione diretta con i flagellati piuttosto che con i batteri. Questo potrebbe essere un primo passo verso una nuova ipotesi che spieghi la scarsa biomassa della produzione secondaria nel sistema.

Tab. 10 - Parametri di produzione per batteri (in equivalenti di C e N) confrontando 2  $\mu\text{m}$  di acqua filtrata e non filtrata proveniente da incubazione in tubi da dialisi.

## PARAMETRI DI PRODUZIONE

<i>Popolazione priva di predatori</i>	
Tasso di produzione carbonio	10,45 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} \text{g}^{-1}$
Tasso di produzione azoto	2,82 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} \text{g}^{-1}$
<i>Popolazione con predatori</i>	
Perdita carbonio	0,66 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} \text{g}^{-1}$
Perdita azoto	0,13 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} \text{g}^{-1}$

## Conclusione

La Tabella 11 mostra soltanto alcuni dei molteplici ruoli svolti dai batteri in diversi ecosistemi. Volendo aggiungere caratteristiche fisiologiche che portino alla specializzazione nella decomposizione della materia, la lista potrebbe essere molto più lunga.

Tab. 11 - Lista dei ruoli principali svolti dai batteri negli ecosistemi marini.

ESEMPI DEI RUOLI SVOLTI DAI BATTERI NELL'ECOSISTEMA	
<i>Decompositore</i>	Degradazione di POM e DOM in componenti semplici
<i>Mineralizzatore</i>	Liberazione di nutrienti inorganici
<i>Risorsa di cibo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>per microrganismi come base della catena alimentare microbica</li> <li>per meiofauna e macrofauna</li> </ul>
<i>Risorsa di N</i>	Rapporto C/N tra 3,5 e 5,9
<i>Competitore</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>con microrganismi per POM</li> <li>con fitoplancton per nutrienti inorganici</li> </ul>
<i>Simbionti</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rilascio di POM nella cavità gastrica dell'ospite</li> <li>risorsa di elementi in traccia, vitamine o sostanze antibiotiche</li> </ul>
<i>Risorsa POM</i>	Rilascio di film («slimes») e muco
<i>«Conditioner»</i>	Predigestione («aging») di materia organica refrattaria
<i>Nucleo per formazione di particelle</i>	Escreti («slimes») che facilitano l'aggregazione di particelle inorganiche necessarie all'assorbimento di DOM e colloidi

Si può quindi concludere che:

— nei tentativi di quantificazione di alcuni processi non si può trascurare l'aspetto qualitativo dell'energia che viene trasferita da un comparto all'altro;

— il termine «batteri» viene spesso considerato in una visione riduttiva. Dietro questo termine bisogna considerare una popolazione multispecifica con una enorme diversità di capacità fisiologiche e con complesse interrelazioni, così come nelle comunità formate da macrorganismi. Il problema da risolvere dovrebbe essere quello dello studio delle comunità microbiche, adottando nuove metodiche di studio.

### **Ringraziamenti**

Desidero ringraziare la Stazione Zoologica di Napoli per avermi invitato al XIX Congresso SIBM. I miei ringraziamenti vanno inoltre inoltre alla Dr. L. Mazzella, la Dr. M. C. Buia e il Dr. D. Vinci per l'aiuto prestatomi nella stesura in italiano della presente relazione.

### **Summary**

On the role of microorganisms in energy flow: an ecosystem approach.

*The scope of the present paper was to provide evidence of the importance of the bacteria in contributing to the overall flow of energy and material within marine ecosystems. Furthermore, an attempt was made to demonstrate that the bacterial compartment has a multifunctional role, which needs to be taken into consideration when designing ecosystem models. Bacteria were, so far, mainly seen as decomposers and mineralisers, but in the last 20 years, ecosystem studies have shown that we only start to understand the physiological potential of the procaryote cell. The results of recent studies, dealing with energy flow and related processes in 3 marine systems, namely: 1) the hermatypic Cladocora cespitosa community in the nearshore region of the Gulf of Trieste; 2) the kelp bed system along the South-west coast of South Africa, within the Benguela upwelling system; 3) the Mediterranean seagrass system around the island of Ischia, are used to provide adequate examples to support the above statements. It is shown that the bacteria and the related microorganisms can influence, in some cases regulate, both primary and secondary production.*



## Bibliografia

FENCHEL T. (1970) - Studies on the decomposition of organic detritus derived from the turtle grass *Thalassia testudinum*. *Limnol. Oceanogr.*, 15: 14-20.

HATCHER B.G., CHAPMAN A.R.O., MANN K.H. (1977) - An annual carbon budget for the kelp *Laminaria longicruris*. *Mar. Biol.*, 44: 85-96.

HERNDL G.J., VELIMIROV B. (1986) - Microheterotrophic utilization of mucus released by the Mediterranean coral *Cladocora cespitosa*. *Mar. Biol.*, 90: 363-369.

JOHNSTON C.S., JONES R.G., HUNT R.D. (1977) - A seasonal carbon budget for a laminarian population in a Scottish sea loch. *Helgol. wiss Meeresunters.*, 30: 527-545.

KOOP K., NEWELL R.C., LUCAS M.I. (1982) - Biodegradation and carbon flow based on kelp (*Ecklonia maxima*) debris in a sandy beach microcosm. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 7: 315-326.

LINLEY E.A.S., NEWELL R.C., BOSMA S. (1981) - Heterotrophic utilization of mucilage released during fragmentation of kelp (*Ecklonia maxima* and *Laminaria pallida*). I. Development of microbial communities associated with the degradation of kelp mucilage. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 4: 31-41.

LUCAS M.I., NEWELL R.C., VELIMIROV B. (1981) - Heterotrophic utilization of mucilage released during fragmentation of kelp (*Ecklonia maxima* and *Laminaria pallida*). II. Differential utilization of dissolved organic components from kelp mucilage. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 4: 43-55.

NEWELL R.C., LUCAS M.I., VELIMIROV B., SEIDERER L.J. (1980) - The quantitative significance of dissolved organic losses following fragmentation of kelp (*Ecklonia maxima* and *Laminaria pallida*). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 2: 45-59.

NEWELL R.C., FIELD J.G., GRIFFITHS CL. (1982) - Energy balance and significance of microorganisms in a kelp bed community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 8: 103-113.

ODUM H.T. (1971) - Environment, power and society. Wiley-Interscience: 1-331.

PHILLIPSON J. (1975) - Introduction to Ecological Energetics. In *Methods for Ecological Bioenergetics*, IBP 24, Grodzinski W., Lekowski R.Z., Dunca, A. (eds), Blackwell Scientific Publications: 3-13.

STIRN J. (1971) - Ecological consequences of marine pollution. *Rev. Int. Oceanogr. Méd.*, 24: 13-46.

VELIMIROV B. (1979) - Fatty acid composition of kelp on the West coast of South Africa and some ecological implications. *Bot. mar.*, 23: 237-240.

VELIMIROV B. (1980) - Formation and potential trophic significance of marine foam near kelp beds in the Benguela upwelling system. *Mar. Biol.*, 58: 311-318.

VELIMIROV B. (1986) - DOC dynamics in a Mediterranean seagrass system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 28: 21-41.

VELIMIROV B., FIELD J., GRIFFITHS C.L., ZOUTENDYK P. (1977) - The ecology of kelp bed communities in the Benguela upwelling system. Analysis of biomass and spatial distribution. *Helgol. wiss. Meeresunters.*, 30: 495-518.

VON HOLDT M.M., LIGTHELM S.P., NUNN J.R. (1955) - South African seaweeds: seasonal variations in the chemical composition of some Phaeophyceae. *J. Sci. Food. Agric.*, 6: 193-197.

R. AMBROGI \*            D. BEDULLI \*\*            A. OCCHIPINTI AMBROGI \*\*\*

\* ENEL, Centro Ricerca Termica e Nucleare, via Rubattino 54, 20134 Milano (Italia)

\*\* Museo di Storia Naturale dell'Università, via dell'Università 12, Parma (Italia)

\*\*\* Sez. Ecologia, Dip. Genetica e Microbiologia dell'Università

Via Lanfranco 6, 27100 Pavia (Italia)

## VARIAZIONI NELLA RIPARTIZIONE TRA GRUPPI TROFICI DI ORGANISMI DI FONDO MOBILE NELL'AREA MARINA DEL DELTA PADANO

### Abstract

Trophic group variations of soft-bottom macrobenthos in the area off the Po River Delta

*The relative importance of four trophic groups (suspension feeders, carnivores, surface-deposit feeders and scavengers) was studied in the area off the Po River Delta. The variations along a north-south direction during two distinct trawl-surveys (1979 and 1986) are described in relation to eutrophication.*

**Key-words:** Trophic groups, macrobenthos, eutrophication, northern Adriatic.

### Introduzione

Il fenomeno dell'eutrofizzazione nell'Adriatico Settentrionale è oggetto di numerosi piani di indagine (si veda per esempio, MARCHETTI, 1984) che hanno preso in esame soprattutto gli aspetti fisici, chimici, microbiologici e quelli legati alle fioriture algali. Il nostro contributo, sia pure parziale, si propone di analizzare alcune caratteristiche dei popolamenti bentonici che vivono in prossimità dello sbocco del Po, in modo da cogliere eventuali variazioni in rapporto all'andamento dell'eutrofizzazione. Ci è parso particolarmente significativo considerare la ripartizione in gruppi trofici di questi organismi, in quanto la struttura trofica può venire influenzata dalle disponibilità alimentari ai livelli inferiori (produttori primari e sostanza organica particolata).

Notizie sui gruppi trofici in ambienti costieri mediterranei sono abbastanza scarse (MASSÉ, 1963; GAMBI *et al.*, 1986) ed in alcuni casi si riscontrano difficoltà nell'attribuire le specie alle singole categorie.

L'obiettivo del lavoro è verificare la presenza di un gradiente di variazione da Nord a Sud in relazione all'andamento delle correnti, che distribuiscono gli

apporti fluviali prevalentemente verso Sud. Inoltre, dal paragone fra i dati raccolti a distanza di sette anni, si possono ottenere alcune indicazioni sulla risposta delle comunità bentoniche all'aumentare, negli anni più recenti, del carico trofico convogliato dal Po.

## Materiali e metodi

Sono state fatte due serie di prelievi durante l'estate 1979 e 1986 sui bassi fondali davanti al delta del Po, in corrispondenza delle principali bocche fluviali; i prelievi sono stati eseguiti lungo un gradiente spaziale Nord-Sud, alle profondità di 2,5, 5 e 8 metri. Nel 1986 l'area di prelievo è stata ampliata a Nord e a Sud. È stata utilizzata una rete a strascico denominata localmente «rabbio», avente un'imboccatura metallica rettangolare di cm 110 x 24 e munita di rete con vuoto di maglia di 4 mm. Tale attrezzo consente di campionare Molluschi, Crostacei Decapodi, Echinodermi e Pesci, con l'esclusione delle specie più piccole o profondamente infossate (AMBROGI & BEDULLI, 1983). Ad ognuna delle profondità scelte la pescata è stata eseguita per 5', corrispondente ad un tratto di circa 500 metri. Tutti gli individui di ogni campione sono stati identificati e conteggiati. Per le specie più abbondanti è stato fatto un sub-campionamento: il campione veniva posto in un recipiente piano la cui superficie veniva suddivisa in settori uguali. A seconda dell'abbondanza totale del campione, si procedeva al conteggio di uno o più settori.

I valori di abbondanza relativa di ogni specie sono stati attribuiti a quattro gruppi trofici principali: filtratori, carnivori, depositivori di superficie e necrofagi; poche specie con ridotto numero di individui, che non rientrano in queste categorie, sono state riunite nel gruppo «altri». Per un'analisi delle variazioni qualitative del popolamento tra il 1979 e il 1986 è stato impiegato il coefficiente di

frequenza  $C = \frac{q-p}{P+q}$  (CABIOCH *et al.*, 1980), dove  $mq$  è la frequenza di una

specie nel 1986 e  $p$  il corrispondente valore per il 1979. Il valore di  $C$  può variare tra  $-1$  (scomparsa della specie) e  $+1$  (comparsa di una specie precedentemente assente). Il valore 0 corrisponde ad una frequenza invariata.

All'atto del prelievo sono state misurate al fondo temperatura, salinità e ossigeno disciolto nell'acqua e la granulometria del sedimento.

## Risultati

Sono stati identificati complessivamente 75 taxa (Tab. 1), tra i quali 23 Molluschi Bivalvi, 10 Gasteropodi, 24 Crostacei, 2 Echinodermi e 13 Pesci. Il gruppo dei carnivori comprende il maggior numero di specie (19), seguito dai filtratori (18), dai depositivori di superficie (15) e dai necrofagi (5). Le specie che hanno un comportamento alimentare non definibile in queste categorie sono state riu-

Tab. 1 - Elenco dei taxa rinvenuti durante le due campagne di prelievo nella zona del Delta Padano. Sono indicati i gruppi trofici (G.T.): F= filtratori; D = depositivori di superficie; C = carnivori; N = necrofagi; A = altri. Con un asterisco (\*) sono contrassegnate le specie trovate solo nel 1979; con due asterischi (\*\*) quelle trovate solo nel 1986.

CELEENTERATI		G.T.			G.T.
<i>Podocoryne carnea</i> M. Sars		A	<i>Ampelisca</i> sp.		D
Actiniaria n.d.		A	* <i>Corophium orientale</i> Schellenberg		D
			<i>Gammarus aequicauda</i> (Martynov)		D
			<i>G. insensibilis</i> Stock		D
			Anfipodi sp. pl.		D
MOLLUSCHI			** <i>Idothea baltica</i> (Pallas)		A
** <i>Bittium reticulatum</i> (da Costa)		D	* <i>Sphaeroma hookeri</i> Leach		A
<i>Aporrhais pespelecani</i> (L.)		D	** <i>S. serratum</i> (Fabricius)		A
<i>Cyclope neritea</i> (L.)		N	<i>Squilla mantis</i> (L.)		C
<i>Hinia pygmaea</i> (Lamarck)		N	** <i>Penaeus kerathurus</i> (Forsk.)		C
<i>H. reticulata</i> (L.)		N	** <i>Sicyonia carinata</i> (Brunnick)		A
<i>Nassarius mutabilis</i> (L.)		N	<i>Processa macrophthalma</i> Nouvel & Holthuis		C
<i>Bela fuscata</i> (Deshayes)		A	<i>P. modica</i> Williamson		C
<i>Acteon tornatilis</i> (L.)		C	<i>Palaemon elegans</i> Rathke		C
** <i>Haminoea hydatis</i> (L.)		A	<i>Crangon crangon</i> (L.)		C
<i>Philine aperta</i> (L.)		C	<i>Philocheras</i> sp.		C
** <i>Nucula nitidosa</i> Winckworth		D	** <i>Philocheras monacanthus</i> (Holthuis)		C
* <i>N. nucleus</i> (L.)		D	<i>Diogenes pugilator</i> (Roux)		N
<i>Scapharca inaequivalvis</i> (Bruguière)		F	** <i>Corystes cassivelaunus</i> (Pennant)		C
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck		F	<i>Carcinus mediterraneus</i> Czerniavsky		A
** <i>Aequipecten opercularis</i> (L.)		F	<i>Liocarcinus vernalis</i> (Risso)		C
** <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg)		F	<i>Brachinotus gemmellari</i> (Rizza)		C
** <i>Ostrea adriatica</i> Lamarck		F			
** <i>Acanthocardia tuberculata</i> (L.)		F	PESCI		
<i>A. paucicostata</i> (G.B. Sowerby II)		F	<i>Engraulis encrasicolus</i> (L.)		A
<i>Cerastoderma glaucum</i> (Poir.)		F	<i>Syngnathus acus</i> L.		A
<i>Macra stultorum</i> (L.)		F	<i>Hippocampus hippocampus</i> (L.)		A
<i>Spisula subtruncata</i> (da Costa)		F	** <i>Atherina boyeri</i> (Risso)		A
<i>Cultellus adriaticus</i> Coen		F	<i>Umbrina cirrosa</i> (L.)		A
<i>Tellina tenuis</i> da Costa		D	<i>Mullus barbatus</i> L.		A
<i>T. fabula</i> Gronovius		D	<i>Gobius niger</i> L.		C
<i>T. nitida</i> Poli		D	<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas)		C
<i>Donax semistriatus</i> Poli		F	* <i>P. marmoratus</i> (Risso)		C
<i>Abra alba</i> (W. Wood)		D	<i>Callionymus rissoi</i> Valenciennes		C
** <i>Pharus legumen</i> (L.)		F	<i>Solea impar</i> Bennet		C
<i>Chamelea gallina</i> (L.)		F	<i>S. vulgaris</i> Quensel		C
<i>Venerupis aurea</i> (Gmelin in L.)		F	<i>Buglossidium luteum</i> (Risso)		C
<i>Corbula gibba</i> (Olivi)		D			
<i>Lentidium mediterraneum</i> (O.G. Costa)		F	ECHINODERMI		
<i>Sepiola intermedia</i> Naef		C	<i>Astropecten irregularis</i> (D.Ch.)		C
			<i>Ophiura texturata</i> Lamarck		D
CROSTACEI					
<i>Balanus eburneus</i> Gould		F			
<i>B. improvisus</i> Darwin		F			

nite in un unico gruppo denominato «altri». L'analisi qualitativa, mediante il coefficiente di frequenza C, mette in evidenza una dominanza dei valori positivi di C (Fig. 1) ed in particolare il ritrovamento nel 1986 di numerose specie non

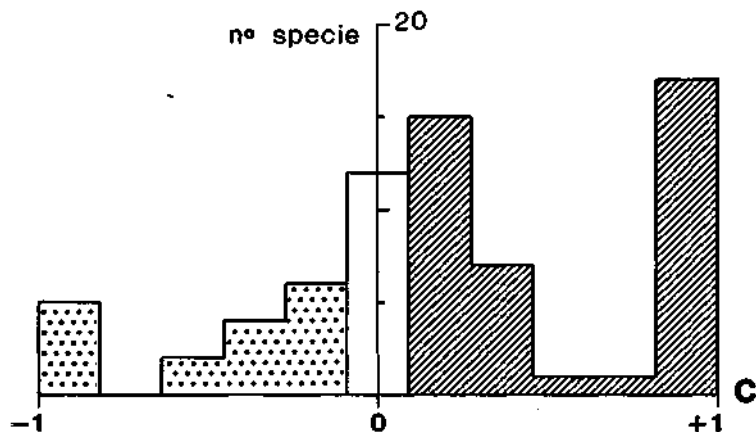


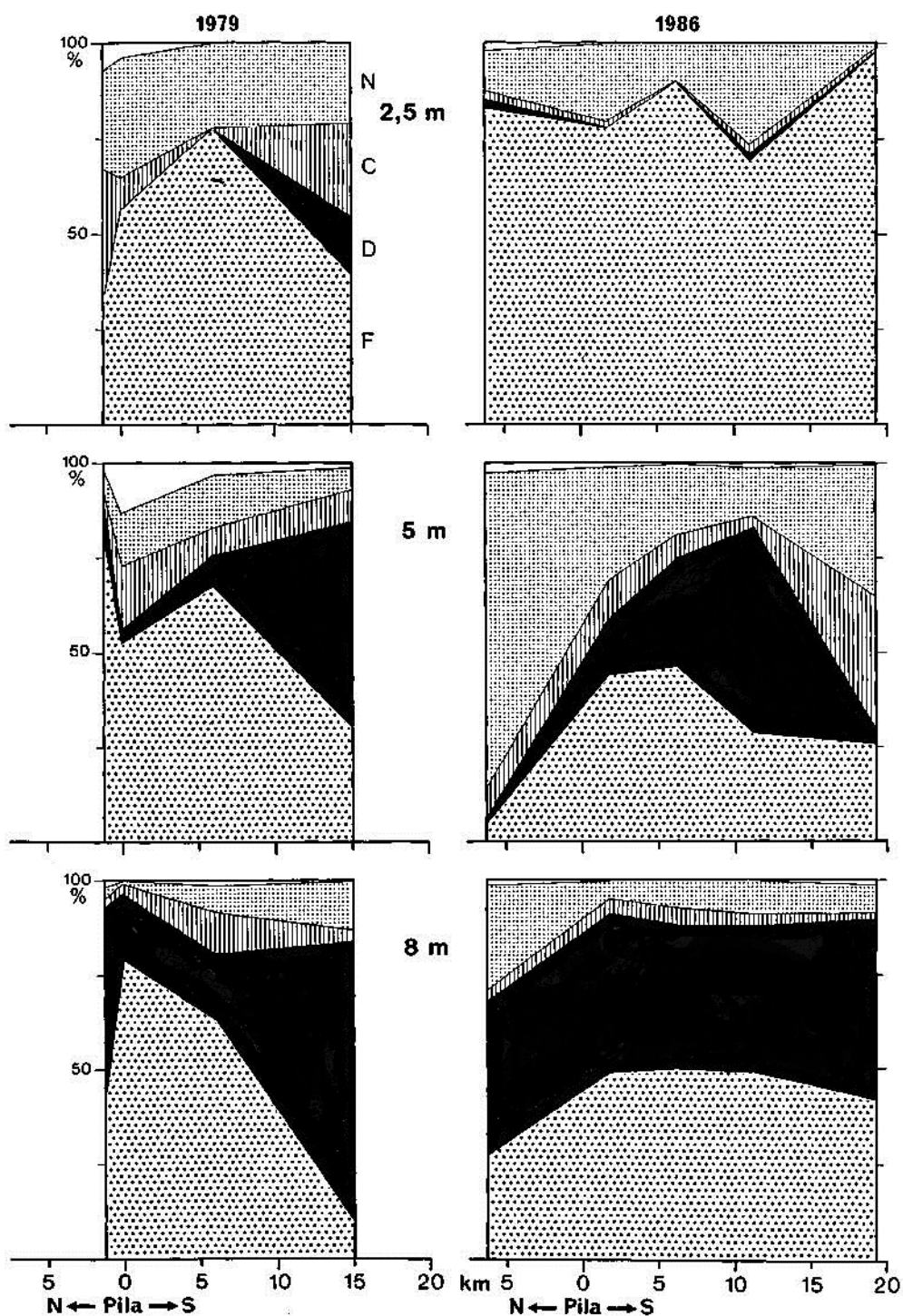
Fig. 1 - Classi di frequenza dei valori dell'indice C. I valori negativi dell'indice (classi punteggiate) corrispondono a specie la cui frequenza è diminuita; la classe «0» a specie la cui frequenza è rimasta immutata; i valori positivi (classi tratteggiate) a specie la cui frequenza è aumentata.

presenti nel 1979. La media dei valori di C ( $C_m$ ) per tutto il popolamento (+0,24) è simile a quella calcolata per il gruppo dei necrofagi (+0,27) e dei carnivori (+0,20); i filtratori (+0,42) presentano un aumento nella frequenza media della specie, mentre i depositivori di superficie restano pressoché invariati (+0,091).

Come già verificato in passato (BEDULLI *et al.*, 1983-84), le comunità presenti alle tre batimetrie sono fra loro distinte ed i risultati sono quindi esaminati separatamente.

Nella Fig. 2 è riportata la percentuale dei gruppi trofici in rapporto alla dislocazione delle stazioni da Nord verso Sud, rispetto alla bocca principale del Po di Pila. Alla profondità di 2,5 metri si ha sempre una netta predominanza dei filtratori, rappresentati soprattutto da *Lentidium mediterraneum*, ed una percentuale variamente importante di necrofagi (principalmente *Cyclope neritea*). Sono molto scarsi i depositivori, mentre i carnivori (*Philine aperta*) compaiono con percentuali rilevanti solo in due stazioni nel 1979. Nel 1986, rispetto all'estate di sette anni prima, la predominanza di *L. mediterraneum* risulta aumentata ed è generale in tutte le stazioni, con esclusione della zona antistante la Sacca di Scardovari (stazione più meridionale), dove è presente un esteso banco di mitili.

A 5 metri di profondità si nota in entrambi gli anni, a partire dalla zona interessata dal Po di Pila andando verso Sud, una diminuzione dei filtratori (soprattutto *Spisula subtruncata*), che vengono sostituiti da Bivalvi depositivori di



**Fig. 2** - Ripartizione percentuale degli individui nei gruppi trofici. In ascisse è riportata la distanza in km delle stazioni dal Po di Pila. Nel 1986 l'area di campionamento è stata ampliata sia a Nord che a Sud. (F = filtratori; D = depositivori di superficie; C = carnivori; N = necrofagi; l'area bianca corrisponde al gruppo «Altri»).

superficie, come *Corbula gibba* e *Abra alba*. Situazioni anomale si riscontrano nelle due stazioni estreme durante il 1986. Entrambe le stazioni sono caratterizzate da un popolamento quantitativamente scarso in Bivalvi; nella stazione più settentrionale, davanti alla Sacca di Barbamarco, si hanno percentuali molto elevate di necrofagi (*C. neritea*, *Nassarius mutabilis* e *Diogenes pugilator*), mentre nella stazione più meridionale, davanti a Scardovari, si osserva un cospicuo aumento della percentuale di carnivori (*P. aperta*).

Le stazioni ad 8 metri di profondità mostrano nel 1979 differenze marcate soprattutto nella ripartizione percentuale di filtratori e depositivori di superficie; nel 1986 queste differenze tendono ad attenuarsi, dando luogo ad una sostanziale uniformità lungo la direttrice Nord-Sud.

Come si può notare dalla Fig. 2, il gruppo degli «altri» non raggiunge mai percentuali rilevanti.

Per quanto riguarda le abbondanze assolute di carnivori, necrofagi e popolamento totale, è stato calcolato il coefficiente di correlazione di rango secondo Spearman, separatamente per i due anni (Tab. 2). Nel 1986, in confronto al

Tab. 2 - Correlazioni di rango fra le abbondanze di diversi gruppi; è indicato il valore del coefficiente di Spearman.

	1979 n = 12	1986 n = 15
Totale vs Necrofagi	0,64 *	0,84 **
Totale vs Carnivori	0,31	0,35
Totale vs Carnivori ( <i>Philine esclusa</i> )	0,22	0,65 *
Carnivori vs Necrofagi ( <i>Philine esclusa</i> )	0,15	0,70 **

\* =  $p < 0,05$ .

\*\* =  $p < 0,01$ .

1979, si osserva un maggior numero di correlazioni significative; ciò suggerisce una più regolare distribuzione di carnivori e necrofagi nel 1986 rispetto alla disponibilità potenziale di risorse alimentari.



che la zona del Po di Pila riceve solo il 15% della portata totale. La portata media annuale a Pontelagoscuro è stata assai simile nel 1979 e nel 1986: 1560 e 1550  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ .

Per quanto riguarda il carico dei nutrienti veicolato dal Po, le linee di tendenza descritte da MARCHETTI *et al.* (1985) non sembrano indicare un aumento significativo nel periodo 1979-1984, mentre un forte incremento si era verificato nel periodo compreso tra il 1970 e il 1977. Non si può però escludere che l'accumulo di nutrienti sul fondo abbia avuto ripercussioni a lungo periodo sulle comunità bentoniche.

L'influenza del Po può essere determinante oltre che per gli apporti trofici, anche per le modificazioni dei sedimenti. DAL CIN (1983) segnala una diminuzione dell'apporto di materiale a granulometria più grossolana ed è quindi ipotizzabile un graduale «infangamento» dei fondali più prossimi al delta. Nelle nostre stazioni un aumento della percentuale delle frazioni fini è stato osservato alle batimetrie di 5 e 8 metri, nel tratto a Sud del Po di Pila (AMBROGI *et al.*, 1988).

I risultati da noi ottenuti indicano che dal punto di vista qualitativo l'assenza di alcune specie nel prelievo del 1986 è stata controbilanciata dalla comparsa di altre e che il numero totale di specie è comunque aumentato. Inoltre, è stato notato in media un aumento nella frequenza di distribuzione per le specie di tutti i gruppi trofici.

Tre principali aspetti sono stati evidenziati dall'esame della ripartizione della fauna nei diversi gruppi trofici: 1) alle batimetrie inferiori un accrescersi dell'importanza dei filtratori nel 1986, che potrebbe essere correlata ad un aumento del *pabulum* rappresentato dal fitoplancton; 2) alla batimetria di 5 metri la sostituzione dei depositivori di superficie ai filtratori, come gruppo dominante lungo il gradiente Nord-Sud. Questo fenomeno, verificato in entrambi gli anni, è indice del maggior accumulo di risorse trofiche sul fondo, in relazione all'aumentare degli apporti fluviali; 3) a 8 metri di profondità, l'uniformità spaziale nella distribuzione dei gruppi trofici, maggiore nel 1986, potrebbe riflettere una situazione di infangamento generalizzato.

Infine, l'esame dei rapporti tra il popolamento totale, i macropredatori e i necrofagi (Tab. 2), suggerisce che nel 1986 si sia realizzata una più bilanciata distribuzione degli animali che costituiscono l'anello terminale della catena trofica, anche in presenza di un aumento delle disponibilità alimentari ai livelli inferiori.

In conclusione, le variazioni spatio-temporali riscontrate nella struttura trofica dei popolamenti dei fondi mobili in prossimità del Delta del Po, non sembrano indicare perturbazioni funzionali rilevanti; peraltro, le particolari condizioni idrodinamiche della zona probabilmente contribuiscono ad evitare l'insorgenza di fenomeni distrofici con la frequenza purtroppo nota lungo le coste dell'Adriatico a Sud del Delta.

## Summary

Two sampling cruises were conducted during the summers of 1979 and 1986, in the inshore bottoms near the main river mouths of the Po Delta.

Four main trophic groups were identified from 73 taxa, namely suspension feeders, surface deposit feeders, carnivores and scavengers.

The relative abundance of these groups may be affected by food resources in relation to eutrophication processes, and was analysed with reference to a north-south gradient. In fact, the prevailing sea currents distribute southwards the fresh-water inflow from the Po. Moreover, the variations occurring over a 7-years period could indicate long-term effects of eutrophication on the benthos. At the 2.5 m deep stations, the filter-feeders increased from 1979 to 1986 in the whole area; at the 5 m stations filterfeeders were replaced by surface depositfeeders as the dominant group going towards south in both years; at the 8 m stations there was a greater spatial uniformity of trophic groups percentages in 1986 than in 1979.

As a rule, the spatial and temporal variations in the trophic organization of the benthic assemblage did not show major functional perturbations.

## Bibliografia

AMBROGI R., BEDULLI D. (1983) - Descrizione delle comunità macrobentoniche marine di fronte al Delta del Po sulla base di due diversi metodi di prelievo. *Atti Mus. civ. St. nat. Trieste*, 35: 145-157.

AMBROGI R., BEDULLI D., FONTANA P., OCCHIPINTI AMBROGI A. (1988) - Osservazioni sui prelievi di macrobenthos con rete a strascico alle foci del Po. Campagne 1979 e 1986. Relazione interna ENEL-CRTN E4/88/07/MI: 1-65.

BEDULLI D., AMBROGI R., ZURLINI G. (1983-84) - Delta del Po: variabilità temporale nella struttura delle comunità di fondo mobile infralitorale. *Nova Thalassia*, 6 (suppl.): 251-259.

CABIOCH L., DAUVIN J.C., MORA BERMUDEZ J., RODRIGUEZ BABIO C. (1980) - Effets de la marée noire de l'« Amoco Cadiz » sur le benthos sublittoral de la Bretagne. *Helgolander Meeresunters.*, 33: 192-208.

DAL CIN R. (1983) - I litorali del Delta del Po e alle foci dell'Adige e del Brenta: caratteri tessiturali e dispersione dei sedimenti, cause dell'arretramento e previsioni sull'evoluzione futura. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **102**: 9-56.

GAMBI M.C., LORENTI M., RUSSO G.F., SCIPIONE M.B. (1986) - Feeding group distribution in soft-bottom macrobenthos: an example in the Gulf of Salerno (Tyrrhenian Sea, Italy). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 30 (2): 253.

GREGO G., MIONI F. (1985) - Aspetti morfologici ed idrologici attuali del Delta del Po e confronto con il passato. *Nova Thalassia*, 7 (suppl. 2): 27-87.

MARCHETTI R. (1984) - Quadro di sintesi delle indagini svolte dal 1978 sul problema dell'eutrofizzazione nelle acque costiere dell'Emilia e Romagna. Atti del Convegno «*Eutrofizzazione dell'Adriatico - Ricerche e linee di intervento*». Bologna, 18-20 maggio 1983: 37-76.

MARCHETTI R., PACCHETTI G., PROVINI A. (1985) - Tendenze evolutive della qualità delle acque del Po. *Nova Thalassia*, 7 (suppl. 2): 311-340.

MASSÉ H. (1963) - Quelques données sur l'économie alimentaire d'une biocoenose infralittorale. *Réc. Trav. St. Mar. End.*, 31 (47): 153-166.

M. ARCULEO \*

C. FROGLIA \*\*

S. RIGGIO \*

\* Istituto di Zoologia dell'Università, Via Archirafi 18, 90123 Palermo (Italia)

\*\* Istituto Ricerche Pesca Marittima (C.N.R.),

Molo Mandracchio, 60100 Ancona (Italia)

## CONSIDERAZIONI SULL'ALIMENTAZIONE DI ALCUNE SPECIE ITTICHE DEI FONDALI INFRALITORALI DEL GOLFO DI PALERMO

### Abstract

Food preferences of some fishes from the infralittoral grounds in the Gulf of Palermo

*Food preferences of the fishes *Scorpaena porcus*, *Serranus scriba* and *Mullus surmuletus*, very common in trammel net catches in the Gulf of Palermo (Sicily), were investigated by analysing stomach contents.*

*Polychaeta were the main food item only for *M. surmuletus*, whereas Crustacea Decapoda were a fundamental component of the diet in all three species. Accurate identification of Decapods revealed that niche overlap between *S. porcus* and *S. Scriba* is moderate and that it is even lower between *S. porcus* and *S. surmuletus*. The overlap between the last two species is even less when the prey sizes are considered.*

**Key-words:** Food preferences, niches, demersal fish, Mediterranean Sea.

### Introduzione

Recenti ricerche condotte sui fondali infralitorali del Golfo di Palermo hanno evidenziato l'importanza delle tre specie seguenti relativamente alla piccola **pesca con tramagli** *Serranus scriba*, *Scorpaena porcus* e *Mullus surmuletus*, che da sole rappresentano quasi il 50% delle catture (ARCULEO & RIGGIO, 1988).

Le notizie sulle abitudini trofiche di queste specie in Mediterraneo sono piuttosto frammentarie. ZOLEZZI (1939) riporta un breve elenco di crostacei, pesci e molluschi osservati negli stomaci di *S. scriba*, mentre KHOURY (1984) e BELL & HARMELIN-VIVIEN (1983), che hanno studiato le abitudini alimentari delle principali specie ittiche presenti nelle praterie di Posidonia delle coste mediterranee francesi, forniscono alcune indicazioni sull'alimentazione di *S. porcus*. Soltanto per *M. surmuletus* si hanno informazioni più dettagliate grazie allo studio condotto da GHARBI & KTARI (1979) sulle coste tunisine.

Pertanto sono stati esaminati i contenuti stomacali degli esemplari di *Mullus surmuletus* (ARCULEO *et al.*, 1989), di *Serranus scriba* e *Scorpaena porcus* (ARCULEO *et al.*, in stampa) ottenuti nel corso dello studio sulla pesca con tremagli nel Golfo di Palermo (ARCULEO & RIGGIO, 1988), al fine di evidenziare le eventuali competizioni trofiche interspecifiche.

## Materiali e metodi

I campionamenti con tremagli sono stati effettuati mensilmente dall'ottobre 1981 al settembre 1982.

Subito dopo la cattura tutti i pesci sono stati misurati e gli stomaci prelevati e conservati in congelatore a  $-15^{\circ}\text{C}$ . Successivamente i singoli contenuti stomacali sono stati esaminati allo stereomicroscopio e si è proceduto alla separazione delle prede in grandi gruppi sistematici, alla loro pesatura (peso umido al milligrammo, previo assorbimento dell'eccesso di liquido su carta da filtro) ed alla loro misurazione (al millimetro secondo l'asse maggiore), quando il grado di digestione lo consentiva.

Le diverse prede così suddivise sono state poi conservate in etanolo al 75% per una successiva identificazione più fine (a livello di genere o di specie nel caso dei Crostacei Decapodi).

Per l'analisi delle preferenze alimentari si sono utilizzati gli indici ed i coefficienti previsti dal metodo misto quantitativo proposto da HUREAU (1970) ed utilizzato anche da VIVIEN (1973):

$V$  = coefficiente di vacuità;  $f$  = indice di frequenza della preda  $i$ ;  $C_p$  = percentuale in peso della preda  $i$ ;  $C_n$  = percentuale in numero della preda  $i$ ;  $Q = C_p \times C_n$  = coefficiente alimentare.

In relazione al valore assunto da  $Q$  e da  $f$  le prede sono state classificate, secondo la scala proposta da ROSECCHI (1983), in: Principali preferenziali ( $Q > 100$ ,  $f > 0,3$ ), Principali occasionali ( $Q > 100$ ,  $f < 0,3$ ), Secondarie frequenti ( $10 < Q < 100$ ,  $f > 0,1$ ), Secondarie accessorie ( $10 < Q < 100$ ,  $f < 0,1$ ), Complementari ( $Q < 10$ ).

La competizione trofica tra le specie è stata valutata sulla base dell'ampiezza e della sovrapposizione delle nicchie trofiche calcolate con le formule di Levins (MACPHERSON, 1979) e mediante l'indice di similitudine di Shorygin (MATALLANAS, 1981).

## Risultati

Nel corso di due anni di campionamenti le tre specie sono risultate sempre presenti tanto su fondali ascrivibili alla biocenosi della prateria di *Posidonia* che a quelle delle alghe fotofile e del detritico costiero, ma si è osservata una maggiore abbondanza di *S. scriba* nelle aree caratterizzate da *Posidonia oceanica* e,

di *S. porcus* nella biocenosi delle alghe fotofile, mentre *M. surmuletus* presenta una distribuzione più generalizzata nei popolamenti considerati.

Complessivamente sono stati esaminati 244 esemplari di *S. scribea*, 321 esemplari di *S. porcus* e 232 esemplari di *M. surmuletus*. Il coefficiente di vacuità, l'intervallo di taglie e la taglia media (Lunghezza Totale) sono riportati in Tab. 1.

Tab. 1 - Numero di esemplari esaminati, intervallo di taglie (L.T.) e coefficiente di vacuità rilevati in *S. scribea*, *S. porcus* e *M. surmuletus*.

Specie	N. stomaci esaminati	N. stomaci vuoti	Coeff. vacuità	L.T. (cm)	
				min.-max.	media
<i>Serranus scribea</i>	244	51	0,21	10,0-22,5	13,5
<i>Scorpaena porcus</i>	321	121	0,38	8,5-22,5	14,5
<i>Mullus surmuletus</i>	232	56	0,24	10,5-22,0	15,0

L'abbondanza dei principali gruppi di prede osservati negli stomaci ed i valori ottenuti per il coefficiente alimentare sono riportati in Tab. 2, mentre la Figura 1 illustra graficamente l'importanza dei principali gruppi di prede considerati nell'alimentazione delle tre specie.

Per *Mullus surmuletus* sono risultate «prede principali preferenziali» i Policheti ed i Decapodi Natanti, mentre «prede secondarie frequenti» sono risultate i Pesci, i Decapodi Brachiuri, gli Isopodi, gli Anfipodi ed i Misidacei. I resti dei Policheti frequentemente erano digeriti ad uno stadio tale per cui nell'impossibilità di risalire al numero di individui presenti questo era assunto uguale ad 1; pertanto il Coefficiente alimentare (Q) e l'importanza dei Policheti sono sicuramente sottostimati.

Infine va notato che nel 52% degli stomaci di *M. surmuletus* sono stati rinvenuti resti di alghe; al momento non abbiamo elementi per stabilire se la loro ingestione debba considerarsi voluta od accidentale. Per *S. scribea* sono «prede principali preferenziali» i Decapodi Natanti, i Galateidi ed i Pesci, mentre sono «prede secondarie frequenti» i Brachiuri. Per *S. porcus* sono «prede principali preferenziali» i Decapodi Natanti ed i Brachiuri, mentre sono «secondarie frequenti» i Pesci ed i Galateidi.

In un precedente lavoro (ARCULEO *et al.*, in stampa), usando la formula di Levins per il calcolo della sovrapposizione delle nicchie trofiche di *S. porcus* e *S. scribea* si sono ottenuti valori di 0,88-0,99 quando nel riconoscimento delle prede si sono considerati i grandi gruppi di Tab. 2, mentre i valori sono scesi a 0,41-0,42 quando i Crostacei Decapodi sono stati considerati a livello di genere o specie, a riprova del fatto che la sovrapposizione delle nicchie trofiche appare tanto più elevata quanto più grossolana è l'identificazione delle prede nei contenuti stomacali.

Tab. 2 - *Principali gruppi di prede riscontrati negli stomaci di S. scriba, S. porcus e M. surmuletus.*

Cp = (peso preda i / peso totale prede) x 100.

Cn = (numero individui preda i / numero totale prede) x 100

f = numero stomaci contenenti preda i / numero stomaci non vuoti

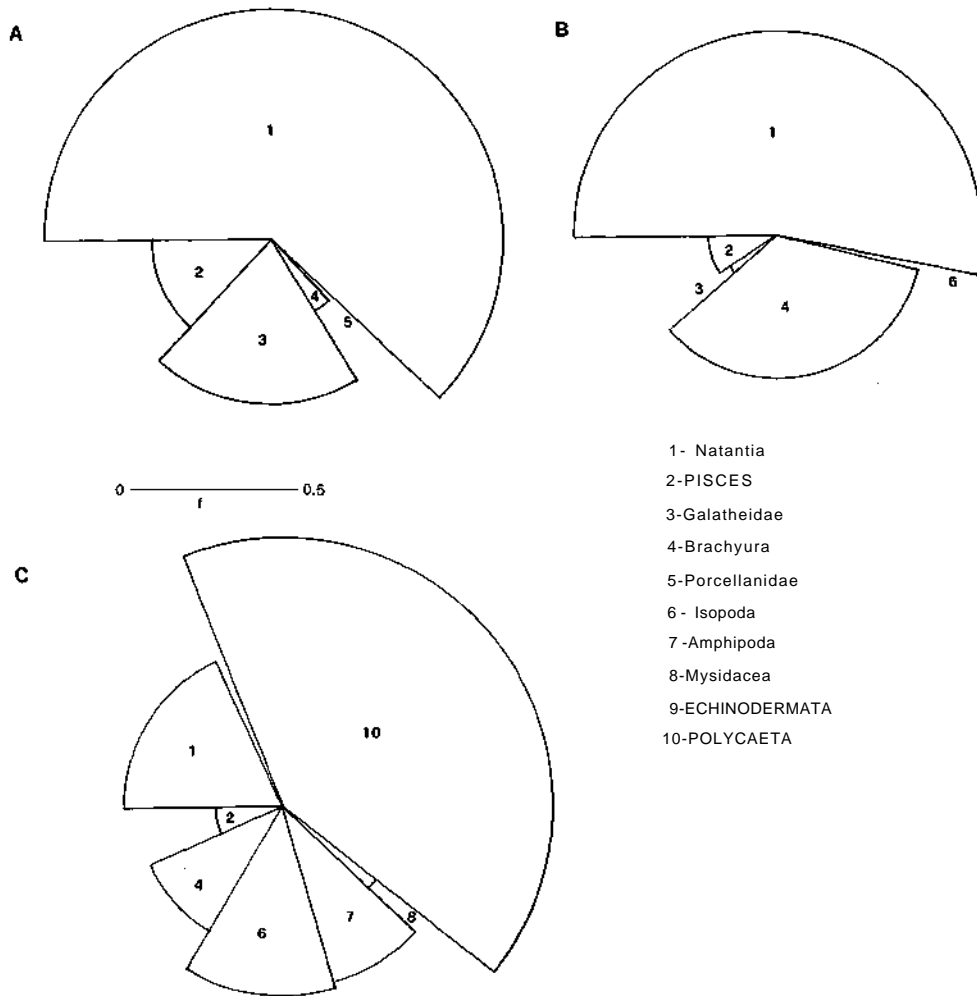
Q = Coefficiente alimentare Cn x Cp

	<i>S. scriba</i>		<i>S. porcus</i>		<i>M. surmuletus</i>	
	Cn	Cp	Cn	Cp	Cn	Cp
<i>Pisces</i>	10,2	30,1	6,7	29,1	3,4	14,2
<i>Crustacea</i>						
Natantia	49,8	27,7	54,1	20,1	16,1	8,8
Paguridea	0,1	0,02	0,6	0,02	0,5	0,4
Porcellanidae	3,4	2,2	-	-	0,1	0,01
Galatheididae	18,6	24,1	6,2	6,8	1,5	2,0
Brachyura	5,7	12,9	17,0	41,8	6,1	10,6
Decapoda non id.	3,9	< 0,01	1,2	0,6	1,9	< 0,01
Isopoda	3,1	0,6	4,3	1,2	13,3	7,4
Amphipoda	0,7	0,02	3,7	0,1	17,8	3,7
Mysidacea	1,5	0,1	0,3	< 0,01	9,5	1,2
<i>Polychaeta</i>	0,8	0,7	2,6	0,1	6,8	47,5
<i>Mollusca</i>						
Cephalopoda	0,2	1,5	-	-	0,05	1,8
Gastropoda	0,7	< 0,01	1,1	< 0,01	1,5	< 0,01
Bivalvia	-	-	0,2	< 0,01	0,3	< 0,01
<i>Echinodermata</i>	-	-	-	-	5,9	0,8
<i>Algae</i>	-	-	-	-	-	-

	<i>S. scriba</i>		<i>S. porcus</i>		<i>M. surmuletus</i>	
	f	Q	f	Q	f	Q
<i>Pisces</i>	0,363	305,5	0,199	194,3	0,199	48,3
<i>Crustacea</i>						
Natantia	0,684	1379,1	0,612	1089,8	0,477	141,2
Paguridea	0,005	< 0,1	0,020	< 0,1	0,057	0,2
Porcellanidae	0,145	7,4	-	-	0,017	< 0,1
Galatheididae	0,497	448,2	0,169	42,5	0,108	3,0
Brachyura	0,244	73,5	0,438	712,2	0,437	65,1
Decapoda non id.	0,104	< 0,1	0,025	0,8	0,062	< 0,1
Isopoda	0,104	1,9	0,105	5,3	0,568	99,0
Amphipoda	0,031	< 0,1	0,090	0,4	0,551	65,4
Mysidacea	0,072	0,2	0,010	< 0,1	0,358	11,2
<i>Polychaeta</i>	0,036	0,6	0,070	0,3	0,807	324,1
<i>Mollusca</i>						
Cephalopoda	0,010	0,3	-	-	0,006	0,1
Gastropoda	0,031	< 0,01	0,035	< 0,1	0,131	< 0,1
Bivalvia	-	-	0,005	< 0,1	0,034	< 0,1
<i>Echinodermata</i>	-	-	-	-	0,244	4,8
<i>Algae</i>	0,062		0,060		0,528	

Anche nel presente lavoro i Crostacei Decapodi sono stati identificati al più basso livello possibile ed i risultati dell'analisi della competizione trofica tra le tre specie sono illustrati in Tab. 3.

Sia dall'indice di similitudine di Shorygin che dall'indice di sovrapposizione di nicchia si ricava che la competizione è maggiore tra *S. scriba* e *S. porcus* ed è minore tra *S. scriba* e *M. surmuletus*, un valore intermedio si è ottenuto per la competizione tra *M. surmuletus* e *S. porcus*.



**Fig. 1** - Rappresentazione grafica del regime alimentare di: A) *Serranus scriba*, B) *Scorpaena porcus*, C) *Mullus surmuletus*. Il raggio è proporzionale alla frequenza della preda (0 e l'angolo del settore è proporzionale al Coefficiente alimentare (Q), posta pari a 360° la sommatoria dei Q ottenuti per le singole prede.



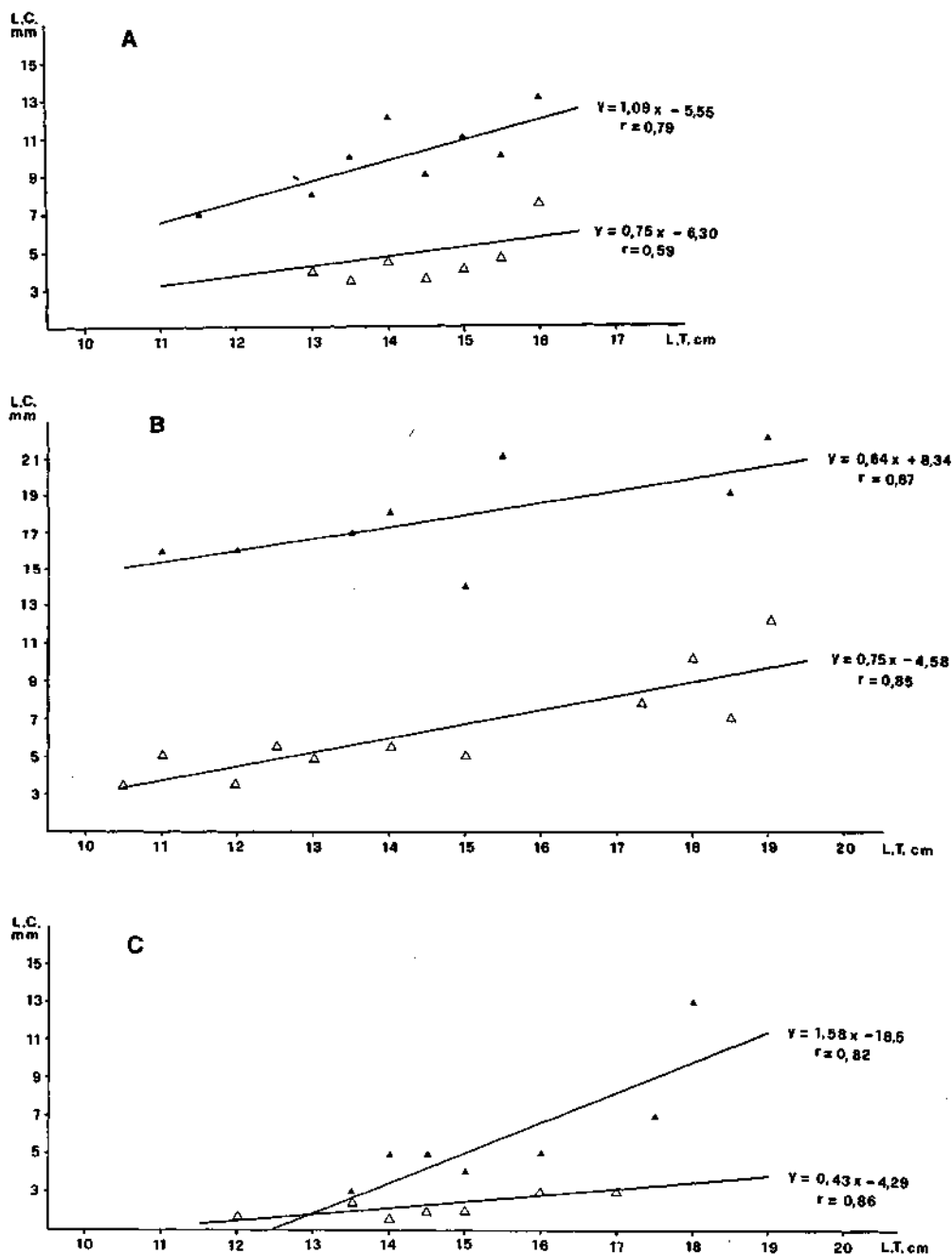


Fig. 2 - Regressioni tra la larghezza del carapace (LC) dei Decapodi Brachiuri predati e la lunghezza totale (LT) del predatore: A) *Serranus scriba*, B) *Scorpaena porcus*, C) *Mullus surmuletus*. Retta superiore = larghezze massime rilevate; Retta inferiore = larghezze minime rilevate.

Tab. 3 - Relazioni trofiche tra *S. porcus*, *S. scriba* e *M. surmuletus*, espresse come similitudine dei contenuti stomacali (indice di Shorygin) e sovrapposizione di nicchia (indice di Levins).

Relazione tra:	Indice similitudine (Shorygin)	Sovrapposizione nicchia (Levins)	
		A/B	B/A
<i>S. porcus</i> e <i>S. scriba</i>	48,1	0,421	0,412
<i>M. surmuletus</i> e <i>S. porcus</i>	39,2	0,376	0,315
<i>M. surmuletus</i> e <i>S. scriba</i>	30,9	0,255	0,209

Per entrambe queste specie, ma soprattutto per *S. porcus*, i Decapodi Brachiuri rappresentano un importante componente della dieta, ma anche in questo caso la competizione tra le due specie è soltanto apparente.

Infatti dalle rette di regressione delle dimensioni minima e massima (larghezza del carapace) dei granchi rinvenuti negli stomaci in funzione delle dimensioni (lunghezza totale) del predatore (GRAMITTO, 1985) risulta evidente che l'intervallo di taglie predate da *M. surmuletus* è praticamente separato da quello di *S. porcus* (Fig. 2).

In definitiva *Mullus surmuletus*, che nell'ambito dell'area campionata ha una distribuzione più generalizzata rispetto alle altre due specie, dal punto di vista trofico interagisce solo marginalmente con esse.

Una maggiore sovrapposizione delle nicchie trofiche, dovuta alla comune predazione sui Decapodi Natanti, si osserva invece tra *Serranus scriba* e *Scorpaena porcus*.

## Summary

The most common fishes in trammel net catches obtained on infralittoral grounds of the Gulf of Palermo are *Serranus scriba*, *Scorpaena porcus* and *Mullus surmuletus*. Their food preferences were investigated from stomach contents.

Frequency of occurrence, percentage in number and weight were used to recognize importance of different food items and trophic niche overlap between predator species.

The «main preferential prey» of *M. surmuletus* are *Polychaeta* and *Decapoda Natantia* and the «secondary common prey» are *Brachyura*, *Isopoda*, *Amphipoda*, *Mysidacea* and *Pisces*. The «main preferential prey» of *S. scriba* are *Natantia* and *Galatheidæ* and the «secondary common prey» are *Brachyura*. The «main preferential prey» of *S. porcus* are *Natantia* and *Brachyura* and the «secondary common prey» are *Galatheidæ* and *Pisces*.

Bearing in mind the overall importance of the Decapod Crustaceans in the diet of all three fishes, these food items were identified to the lowest possible systematic level (genera or species) before investigating trophic niche overlap. Although *S. scriba* and *S. porcus* both prey mainly on Decapods, their niche overlap is moderate (0.4). Even lower values were obtained when *M. surmuletus* stomach contents were compared with those of *S. porcus* (0.3) and *S. scriba* (0.2). The slight overlap between *M. surmuletus* and *S. porcus* is inconsistent when the prey sizes are considered, i.e. carapace width of the brachyuran crabs found in the stomachs of the two species almost do not overlap.

### Bibliografia

- ARCULEO M., FROGLIA C., RIGGIO S. (in stampa) - Food resources partitioning between *Serranus scriba* and *Scorpaena porcus* (Osteichthyes, Perciformes) on an infralittoral ground of Southern Tyrrhenian Sea. *Quad. Ist. Ric. Pesca Marittima*, 5.
- ARCULEO M., PIPITONE C., RIGGIO S. (1989) - Aspetti del regime alimentare di *Mullus surmuletus* L. (Pisces, Mullidae) nel golfo di Palermo. *Oebalia*, XV-1, N.S.: 67-77.
- ARCULEO M., RIGGIO S. (1988) - Artisanal fishery in an area of Palermo Bay (Vergine Maria) subjected to heavy environmental disturbance. *Quad. Ist. Ric. Pesca Marittima*, 5 (1).
- BELL J.D., HARMELIN-VIVIEN M.L. (1983) - Fish Fauna of French Mediterranean *Posidonia oceanica* Seagrass Meadows. 2. Feeding Habits. *Tethys*, 11 (1): 1-14.
- GHARBI H., KTARI M.H. (1979) - Régime alimentaire des rougets (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758 et *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758) du golfe de Tunis. *Bull. Inst. natn. Scient. tech. Océanogr. Pêche Salammô*, 6 (1-4): 41-52.
- GRAMITTO M.E. (1985) - Osservazioni sull'alimentazione di *Antonogadus megalokynodon* (Kolombatovic) (Pisces; Gadidae) nel medio Adriatico. *Quad. Ist. Ric. Pesca Marittima*, 4 (2): 205-218.
- HUREAU J. (1970) - Biologie comparée de quelques Poissons antarctiques (Notothenidae). *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco*, 68 (1391): 1-244.
- KHOURY C. (1984) - Ethologie alimentaires de quelques espèces de Poissons de l'Herbier de Posidonies du Parc national de Port-Cros. *International Workshop on Posidonia oceanica Beds, GIS Posidonie Publ.*, 1: 335-347.
- MACPHERSON E. (1979) - Ecological Overlap Between Macrourids in the Western Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 53: 149-159.
- MATALLANAS J. (1981) - Regimen alimentario de «*Ophidion rochei*» (Pisces, Ophidiidae) en el Mediterraneo español. Comparacion con el de «*O. barbatum*». *Bol. Inst. Espa. Oceano.*, 6 (1): 173-185.

ROSECCHI E. (1983) - Regime alimentaire du Pageot. *Pagellus erythrinus* Linne 1758. (Pisces, Sparidae) dans le Golfe du Lion. *Cybium*, 7 (3): 17-29.

VIVIEN M.L. (1973) - Contribution à la connaissance de l'etnologie alimentaire de l'ichtyofaune interne des récifs coralliens de Tuléar (Madagascar). *Tethys*, (suppl.) 5: 221-308.

ZOLEZZI G. (1939) - Contributo alla conoscenza dell'alimentazione dei pesci: *Serranus scriba* L. e *Serranus cabrilla* L.. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 15 (1): 386-393.

M. ARCULEO

C. PIPITONE

S. RIGGIO

Istituto di Zoologia dell'Università, Via Archirafi 18, 90123 Palermo (Italia)

## ASPETTI DEL REGIME ALIMENTARE DI *MULLUS SURMULETUS* L. (PISCES, MULLIDAE) NEL GOLFO DI PALERMO

### Abstract

Gut contents of *Mullus surmuletus* in the Gulf of Palermo

*The gut contents of 232 Mullus surmuletus specimens, collected during a coastal fishing cruise, were examined. Invertebrates from the major taxonomic groups were sorted and identified. Decapod and Peracarid Crustacea were the most represented in number of species, whereas Polychaeta Annelida showed the highest biomass. The majority of prey items are typically related to Posidonia meadows.*

**Key-words:** Fisheries, feeding habits, *Mullus surmuletus*, *Posidonia oceanica*.

### Introduzione

Gli studi condotti in questi ultimi anni sulla pesca artigianale hanno sempre più evidenziato l'elevata importanza economica che alcune specie ittiche assumono e/o rivestono nell'economia locale (ARCULEO & RIGGIO, 1983-84; 1985; in stampa). Una ricerca sulla piccola pesca portata a termine per conto del Ministero della Marina Mercantile nella località di Vergine Maria (Golfo di Palermo) durante il biennio 1981-83 ha permesso la raccolta di un consistente numero di esemplari della triglia di scoglio, *Mullus surmuletus* L., sui quali è stato compiuto anche l'esame dei contenuti stomacali. Le conoscenze sulla biologia di questa specie e dell'affine *M. barbatus* si limitano alla tassonomia (CASTELNUOVO, 1936; BOUGIS, 1952; TORTONESE, 1970), ad aspetti del ciclo riproduttivo e della crescita (SCACCINI, 1947; BOUGIS, 1952; GHARBI & KTARI, 1981; ANDALORO & PRESTIPINO GIARRITTA, 1985); mentre soltanto Rizzo (1973), GHARBI & KTARI (1979) e BELL & HARMELIN-VIVIEN (1983) ne hanno studiato l'alimentazione.

## Materiali e metodi

I campionamenti svolti nel periodo ottobre 1981 - settembre 1983, con periodicità mensile, sono stati effettuati nella località di Vergine Maria, situata lungo la costa rocciosa di N/W del Golfo di Palermo, con un tramaglio standard utilizzato dalla marineria locale (ARCULEO & RIGGIO, 1985). La rete veniva calata al tramonto e salpata alle prime ore del giorno, per una durata media in pesca di 12 ore. I pesci venivano pesati (al decimo di grammo) e misurati (al mezzo centimetro inferiore) singolarmente sul posto, quindi privati dall'apparato digerente che veniva conservato dopo circa 20 minuti dal prelievo in congelatore a - 15°C. In totale sono stati esaminati 232 stomaci. Il peso dei contenuti stomacali, seccati su carta da filtro, è stato determinato utilizzando una bilancia analitica. Le prede suddivise per gruppi sistematici sono state contate, pesate, misurate (quando possibile) e conservate in alcol etilico al 75% per una successiva identificazione. L'analisi dei contenuti gastrici, realizzata attraverso il metodo quantitativo di HOUREAU (1969) e successivamente modificato da VIVIEN (1973), ha utilizzato i seguenti indici:

$C_v$  = coefficiente di vacuità: percentuale di stomaci vuoti sul numero totale di stomaci esaminati ( $N$ );  $f$  = indice di frequenza di una preda: rapporto tra il numero di stomaci contenenti una data preda ( $n$ ) e il numero totale di stomaci esaminati ( $N$ );  $C_p$  = percentuale in peso: rapporto tra il peso degli individui di una data preda e il peso totale di tutte le prede;  $C_n$  = percentuale in numero: rapporto tra il numero di individui di una data preda e il numero totale di prede;  $N_m$  = numero medio di una preda: rapporto tra il numero di individui di una preda e il numero di stomaci contenenti la preda;  $Q$  = coefficiente alimentare:  $Q = C_n \times C_p$ .

Tali indici, usati comunemente nell'analisi dei contenuti stomacali (VIVIEN, 1973; HYSLOP, 1980), permettono una buona identificazione delle componenti fondamentali della dieta di una specie.

## Risultati

In totale sono stati esaminati 232 stomaci, 56 dei quali sono risultati vuoti. Il range di taglie esaminate è compreso tra 10 e 22 cm di L.T. (Fig. 1). Il numero totale di prede è stato di 2.490 individui per un peso complessivo di 34.292 mg, e con una media annuale per stomaco di 10,61 mg. In totale sono stati identificati 13 gruppi tassonomici, per alcuni dei quali si è riusciti a identificare le specie. Dal numero di individui predati, come mostrato in Fig. 2, risulta evidente come i Crostacei in generale, ed in particolare i Peracaridi e i Decapodi, rappresentino un'aliquota importante nella dieta di *M. surmuletus*, superiore ai Policheti, Echinodermi, Pesci, Molluschi, ecc.; dal calcolo delle biomasse (Fig. 3) si nota invece una netta prevalenza dei Policheti rispetto a tutti gli altri gruppi.

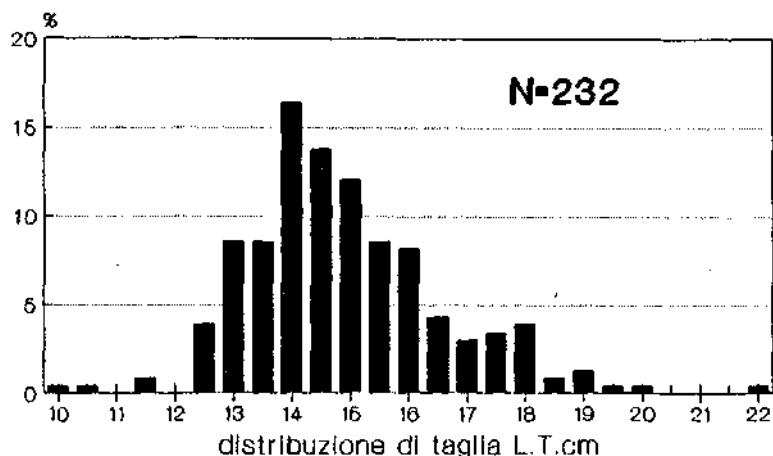
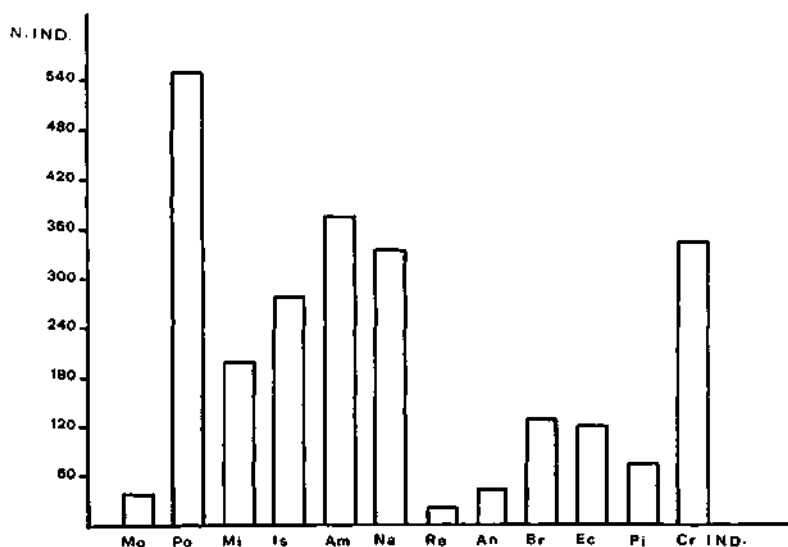
Fig. 1 - Distribuzione di taglia di *Mullus surmuletus*.

Fig. 2 - Numero di individui predati per i principali gruppi. Legenda: Mo = Molluschi; Po = Policheti; Mi = Misidacei; Is = Isopodi; Am = Anfipodi; Na = Natanti; Re = Reptanti; An = Anomuri; Br = Brachiuri; Ec = Echinodermi; Pi = Pesci; Cr. ind. = Crostacei indeterminati.

L'andamento stagionale del coefficiente di vacuità evidenzia alcune variazioni, illustrate nella Fig. 4. In entrambi gli anni i valori più elevati si registrano in inverno e in estate, i più bassi nelle stagioni di transizione. Cumulando i dati nel biennio si ottengono valori pari al 27,0% in estate e al 42,3% in inverno. In autunno e in primavera essi sono rispettivamente il 19,6% e il 19,4%.

Le Tabelle 1 e 2 degli indici relativi ai dati cumulati nel biennio evidenziano una discontinuità stagionale limitatamente ai gruppi tassonomici più rappresentati. Appare quindi una preferenzialità per tipi di prede distribuita con le stagioni. I gruppi maggiormente predati sono risultati i Crostacei Peracaridi, rap-

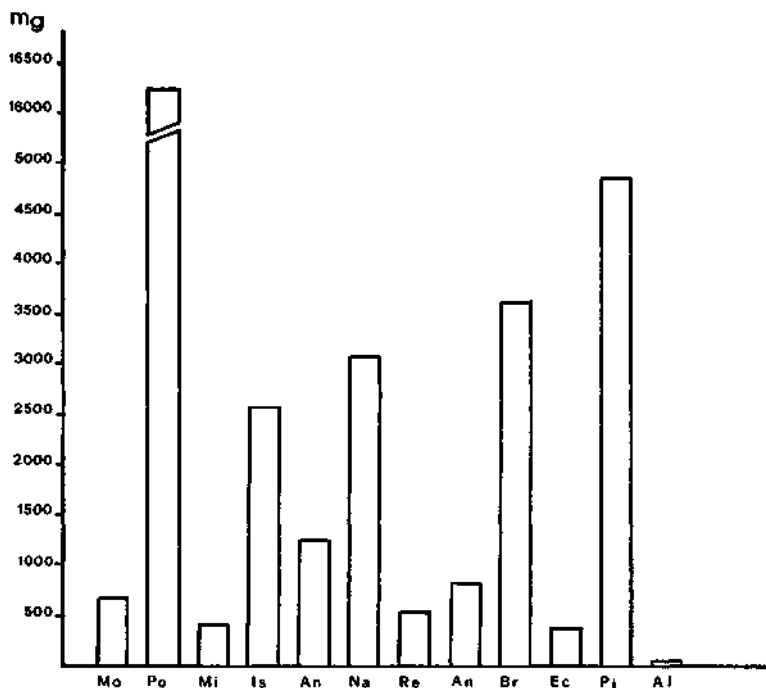


Fig. 3 - Biomasse predate riferite ai gruppi principali. Legenda: Mo = Molluschi; Po = Policheti; Mi = Misidacei; Is = Isopodi; An = Anfipodi; Na = Natanti; Re = Reptanti; An = Anomuri; Br = Brachieri; Ec = Echinodermi; Pi = Pesci; Al = Altri.

presentati prevalentemente dagli Anfipodi con i Dexaminidae e i Gammaridae, mentre fra i Decapodi prevalgono gli Hippolytidae e gli Alpheidae e fra i Policheti i Nephthydae e i Glyceridae (BADALAMENTI & RIGGIO, 1989; SPARLA, 1989).

Si rileva ancora un'elevata frequenza di resti di vegetali, ingeriti contemporaneamente alle prede durante il « grufolamento » sulle alghe.

## Discussione e conclusioni

I risultati ottenuti sono solo parzialmente in accordo con i dati forniti da altri AA. Il confronto con i valori citati da GHARBI & KTARI (1979) per le coste tunisine mostra notevoli differenze. Il valore medio di 36,1 del c.v. negli esemplari di Palermo è sensibilmente inferiore a quello riportato dalla maggior parte



degli AA. e soprattutto al 63,8 citato da GHARBI. Questo coefficiente raggiunge valori massimi nel periodo invernale e secondariamente in quello estivo.

La scelta delle prede coincide solo in parte con quella conosciuta per la specie; se è vero infatti che i Crostacei prevalgono per numero di individui, i Poli-

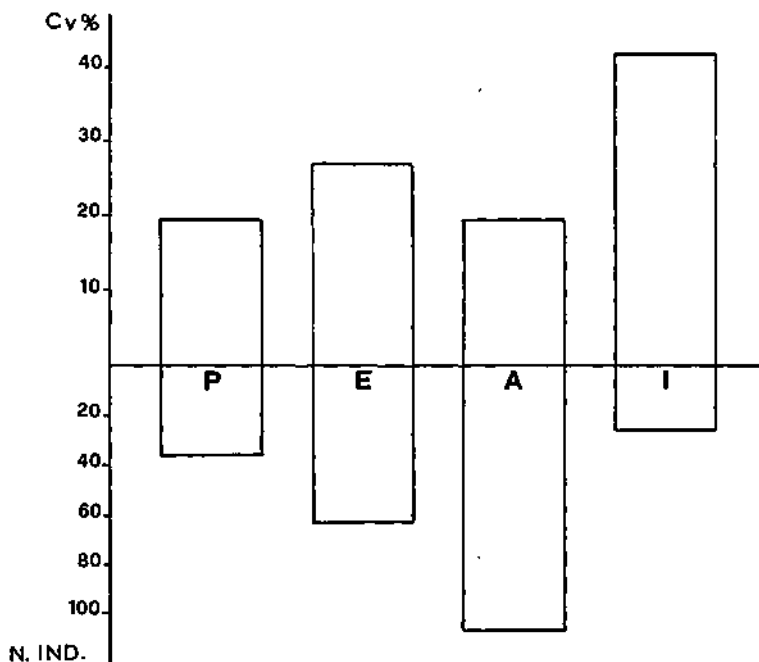


Fig. 4 - Andamento stagionale del coefficiente di vacuità (Cv %) e del numero di triglie pescate.

cheti prevalgono per biomassa, e tale scelta sembra non essere influenzata dalla taglia nè dall'età (Fig. 5 e 6), contrariamente a quanto sostenuto da GHARBI. Pochissimo rappresentati sono i Molluschi, citati come un food item preferito dalle popolazioni tunisine.

La predazione preferenziale per i Crostacei mostra inoltre sensibili differenze relative ai gruppi, ed alternanze con le stagioni. Secondo gli indici proposti da VIVIEN 1973, i Peracaridi - per lo più rappresentati dagli Anfipodi - sono predati soprattutto in primavera, in coincidenza con lo sviluppo delle componenti vegetali: i valori dell' *f* e di *Q* (Tab. 1 e 2) sono tali da permetterne l'inclusione fra le «prede preferenziali abituali». Isopodi e Misidacei sono prede più frequenti in autunno, ma i valori raggiunti dai coefficienti non vanno oltre la definizione di «prede secondarie di primo ordine».

Fra i Decapodi, i Natanti sono più frequenti in autunno, e possono includersi fra le «prede preferenziali abituali». Fra i Reptanti i Brachiuri sono più

Tab. 1 - Andamento stagionale dei principali indici utilizzati (primavera ed estate).

## PRIMAVERA

N. stom. pieni: 29

N. stom. vuoti: 7

Taxa	Nm	f	Cp	Cn	Q
Mollusca	1,4	0,17	0,14	1,8	0,2
Polychaeta	3,9	0,89	54,38	25,4	1383,8
Mysidacea	1,5	0,20	0,40	2,3	0,9
Isopoda	3,0	0,51	8,23	11,3	93,0
Amphipoda	5,2	0,86	6,34	32,7	207,3
Natantia	2,9	0,30	5,72	5,8	33,2
Reptantia	-	-	0,04	-	-
Anomura	1,3	0,10	10,89	1,0	10,9
Brachyura	1,7	0,35	11,89	6,3	75,0
Crustacea ind.	2,4	0,42	-	7,3	-
Echinodermata	3,7	0,20	1,43	5,5	7,9
Pisces	1,0	0,06	0,44	0,5	0,2
Algae	-	0,48	-	-	-

## ESTATE

N. stom. pieni: 46

N. stom. vuoti: 17

Taxa	Nm	f	Cp	Cn	Q
Mollusca	1,5	0,14	0,11	1,7	0,2
Polychaeta	3,5	0,82	66,81	25,6	1710,3
Mysidacea	1,8	0,26	0,22	4,2	0,9
Isopoda	2,3	0,50	3,74	10,0	37,4
Amphipoda	5,0	0,15	0,65	6,6	4,3
Natantia	3,6	0,54	5,59	17,6	98,4
Reptantia	1,0	0,04	0,01	0,4	< 0,01
Anomura	1,8	0,26	0,55	4,2	2,3
Brachyura	1,6	0,42	15,89	6,3	100,1
Crustacea ind.	4,0	0,47	-	19,0	-
Echinodermata	1,7	0,17	0,53	2,6	1,4
Pisces	1,3	0,15	5,93	1,7	10,1
Algae	-	0,78	-	-	-

Tab. 2 - Andamento stagionale dei principali indici utilizzati (autunno e inverno).

## AUTUNNO

N. stom. pieni: 86

N. stom. vuoti: 21

Taxa	Nm	f	Cp	Cn	Q
Mollusca	1,4	0,17	3,70	1,6	5,9
Polychaeta	3,4	0,79	34,07	16,9	592,7
Mysidacea	4,0	0,46	1,97	11,6	22,8
Isopoda	2,8	0,63	9,62	11,4	109,7
Amphipoda	3,1	0,66	4,52	12,8	57,8
Natantia	4,0	0,60	12,0	14,8	177,6
Reptantia	1,3	0,15	2,47	1,2	3,0
Anomura	1,7	0,10	1,27	1,1	1,4
Brachyura	1,5	0,39	7,76	4,3	33,4
Crustacea ind.	4,6	0,50	-	14,3	-
Echinodermata	3,0	0,32	1,49	6,0	8,9
Pisces	2,4	0,25	20,12	3,9	78,5
Algae	-	0,47	-	-	-

## INVERNO

N. stom. pieni: 15

N. stom. vuoti: 11

Taxa	Nm	f	Cp	Cn	Q
Mollusca	1,0	0,06	0,05	0,5	00,2
Polychaeta	8,0	0,66	40,06	42,8	1714,6
Mysidacea	1,4	0,33	0,86	3,7	3,2
Isopoda	3,1	0,46	3,86	11,8	45,5
Amphipoda	3,7	0,53	4,18	16,0	66,9
Natantia	3,5	0,22	3,32	7,5	24,9
Reptantia	1,0	0,06	4,82	0,5	2,4
Anomura	1,0	0,06	0,16	0,5	0,1
Brachyura	3,3	0,15	4,66	5,3	24,7
Crustacea ind.	2,6	0,29	-	6,9	-
Echinodermata	2,0	0,06	0,11	1,1	0,1
Pisces	1,5	0,26	37,92	3,2	121,3
Algae	-	0,13	-	-	-

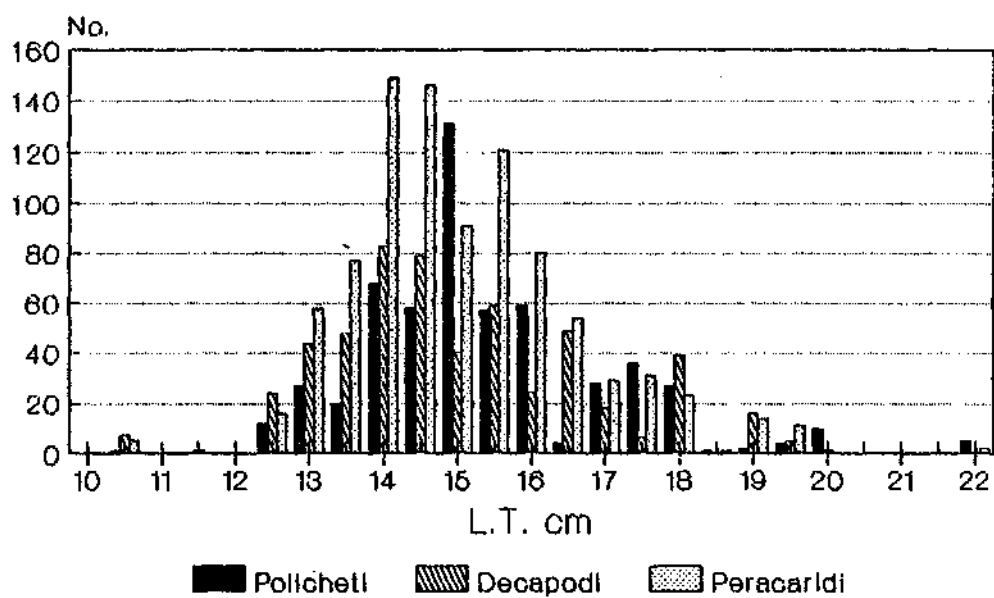


Fig. 5 - Numero di individui predati per classi di taglia del predatore.

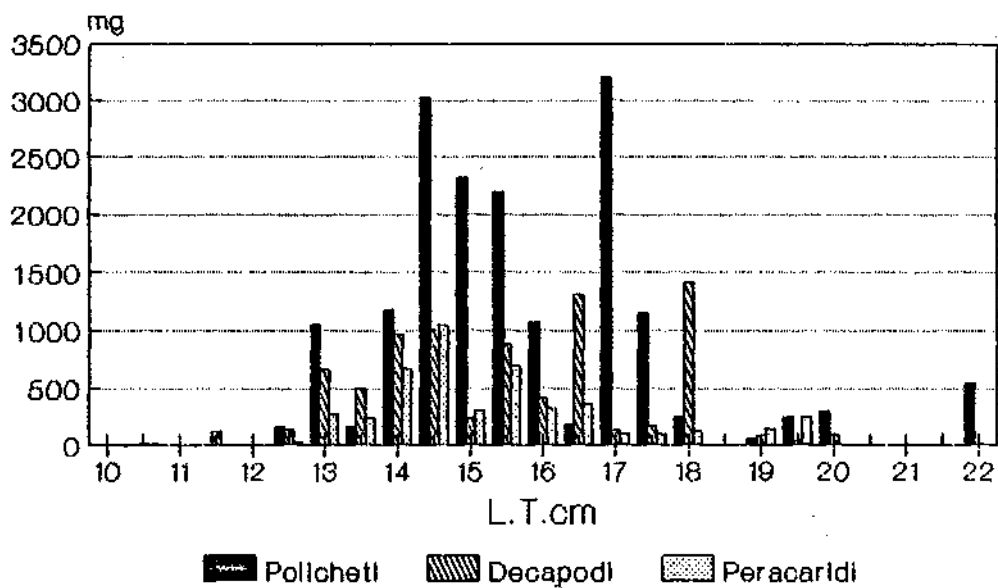


Fig. 6 - Biomasse predate per classi di taglia del predatore.

frequenti nella tarda estate quando rientrano nel rango delle «prede secondarie e di primo ordine»; essi diminuiscono in primavera e in inverno.

I Policheti mostrano oscillazioni contenute durante l'intero arco primaverile - estivo. Un leggero calo dei valori di  $Q$  si osserva in autunno in probabile coincidenza con una maggiore predazione a carico degli altri gruppi; nei mesi invernali diminuisce l'indice  $f$ . Complessivamente i Policheti sono «prede preferenziali abituali». Dai dati di  $f$  e di  $Q$  i pesci appaiono «prede secondarie di primo ordine». Dal quadro della predazione, e dalla conoscenza dettagliata dei fondali di Vergine Maria (COSTA *et al.*, 1983 - 84), si desume una scarsa selettività nella scelta delle prede da parte di *M. surmuletus*, che viene ascritta ai «carnivori mesofagici» (BELL & HARMELIN-VIVIEN, 1983). I nostri dati non confermano l'osservazione degli AA. relativa alle abitudini alimentari esclusivamente diurne della specie.

La bassa selettività nel tipo di preda si accompagna a scelte opportunistiche, indirizzate soprattutto al substrato con le specie ad esso legate piuttosto che alle prede medesime. Queste mostrano la caratteristica comune dell'appartenenza ad un ristretto spettro biocenotico identificabile negli habitat legati al Posidonieto e nei substrati duri del fitale. La maggior parte delle prede sono abitatrici: a) dei ciuffi di alghe fotofile e delle fronde di *Posidonia oceanica*; b) di substrati detritici grossolani ricchi di componenti organiche provenienti dalla prateria di *Posidonia*; c) dell'intreccio basale dei rizomi di *Posidonia*.

Esempio tipico di prede del gruppo (a) sono gli Anfipodi, i Syllidae e gli Hippolytidae; al gruppo (b) appartengono la maggior parte dei Policheti ed alcuni Decapodi Brachiuri detritivori; il gruppo (c) comprende prede trituratrici come sono gli Isopodi e i Decapodi Alpheidae e Xanthidae.

In conclusione nei fondali misti di roccia e sabbia del Golfo di Palermo *M. surmuletus* mostra una preferenza specifica per la prateria a *Posidonia oceanica*. Questa è localmente l'ecosistema a maggior produttività biologica e a maggior diversità specifica. In altri siti e ad altre latitudini, tale ruolo può essere svolto da altri ecosistemi, e, date le abitudini opportunistiche di *M. surmuletus*, le particolarità nel regime alimentare descritte dagli altri AA. possono rientrare nella nicchia trofica della specie.

## Summary

*The gut contents of 232 specimens of M. surmuletus collected from the coastal bottom of Vergine Maria, in the north-west sector of the Bay of Palermo were examined. Fishing was performed from sunset to dawn with a trammel net at a mean depth of 20 m. Samplings had a monthly periodicity during the years 1981-1983. M. surmuletus ranged between 10 and 22 cm in length. Guts were removed from freshly caught individuals and immediately frozen at -15°C. Prey items were sorted, counted and weighed. Thirteen major taxa were identified. The number of preys was 2490 with a total weight of 34.292 mg and an average weight per sto-*

mach of 10.61 mg. Crustacea accounted for the highest number of prey species and Peracarida were the most frequently encountered within the group, followed by Decapoda. Polychaeta were the bulk of the prey biomass, and they were the second group in terms of number of species. Echinodermata, Pisces and Mollusca were minor components, although the biomass of fish was rather high. Amphipoda were a favourite item within the Peracarida, with a dominance of Dexaminidae and Gammaridae; Hippolytidae and Alpheidae were the most frequent Decapoda. Nephtyidae and Glyceridae prevailed within the Polychaeta. According to the coefficient values, Polychaeta are a «Preferential prey», whereas predation on the Crustacea shows a marked seasonality and the other groups are preyed upon in a very irregular manner. As a conclusion *M. surmuletus* is a «mesophagic carnivore», but from our results it appears rather a «rummager» characterized by opportunistic feeding habits with a sharp selectivity for the substratum rather than for the prey item itself. The organic detritus within or near the boundaries of the *Posidonia* beds is the favourite pabulum of the fish, whereas rocky or sandmuddy bottoms are little exploited, although they may play a major role elsewhere.

## Bibliografia

ANDALORO F., PRESTIPINO GIARRITTA S. (1985) - Contribution to the knowledge of the age and growth of striped mullet, *Mullus barbatus* L., 1758 and red mullet, *Mullus surmuletus* L., 1758 in the Sicilian channel. *FAO Fish. Rep.*, 336, Annex L: 89-92.

ARCULEO M., RIGGIO S. (1983-84) - Dati preliminari sulla piccola pesca nel Golfo di Palermo. *Nova Thalassia*, 6 (suppl.): 725.

ARCULEO M., RIGGIO S. (1985) - Situation et perspective de la pêche côtière dans une localité du Golfe de Palermo après deux ans d'observations. *FAO Rapp. Pêches*, 336: Annexe F: 43-50.

ARCULEO M., RIGGIO S. (1988) - Artisanal fishery in an area of Palermo Bay (Vergine Maria) subjected to heavy environmental disturbance. *Quad. IRPEM*, vol. V, no. 1.

BADALAMENTI R., RIGGIO S. (1989) - I Policheti dei contenuti stomacali di *Mullus surmuletus* nel Golfo di Palermo. *Oebalia*, XV-1, N.S.: 79-87.

BELL J.D., HARMELIN - VIVIEN M.L. (1983) - Fish Fauna of French Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. 2: feeding habits. *Téthys* 11 (1): 1-14.

BOUGIS P. (1952) - Recherches biométriques sur les rougets (*M. barbatus* L., *M. surmuletus* L.). *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 89 (2) 57-174.

CASTELNUOVO G. (1936) - Contributo biometrico alla conoscenza della sistematica delle triglie. *Boll. Pesca Pisc. Idrobiol.*, XII (4): 289-301.

GHARBI H., KTARI M.H. (1979) - Régime alimentaire des rougets (*Mullus barbatus* L., 1758 et *Mullus surmuletus* L., 1758) du Golfe de Tunis. *Bull. Inst. natn. Scient. techn. Océanogr. Pêche Salambô*, 6 (1-4): 41-52.

GHARBI H., KTARI M.H. (1981) - Biologie de *Mullus barbatus* L., 1758 et *Mullus surmuletus* L., 1758 (Poissons, Téléostéens, Mullidés) des cotes tunisiennes, taille et âge de première maturité sexuelle, cycle sexuel et coefficient de condition. *Bull. Inst. natn. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô*, 8: 41-51.

HUREAU J.C. (1969) - Biologie comparée de quelques Poissons antarctiques (Nototheniidae). *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 68 (1391): 1-250.

HYSLOP E.J. (1980) - Stomach contents analysis - a review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17: 411-429.

RIZZO L. (1931) - Contributo allo studio dell'alimentazione nei pesci: *Mullus barbatus* e *Mullus surmuletus*. *Boll. Pesca Piscicolt. Idrobiol.*, VII (6): 899-905.

SCACCINI A. (1947) - Contributo alla conoscenza della biologia dei Mullidi nell'Adriatico medio-occidentale. *Note Lab. Biol. Mar. Fano*, I, 1: 1-8.

SPARLA M.P. (1989) - Gli Anfipodi (Crustacea Peracarida) nei contenuti stomacali di *Mullus surmuletus* L. (Pisces) del golfo di Palermo (Sicilia N/N). *Oebalia*, XV-1, N.S.: 269-278.

VIVIEN M.L. (1973) - Contribution à la connaissance de l'éthologie alimentaire de l'ichtyofaune du platier interne des récifs coralliens du Tuléar (Madagascar). *Téthys*, (Suppl. 5): 221-308.

F. BADALAMENTI

S. RIGGIO

Laboratorio di Ecologia - Istituto di Zoologia dell'Università di Palermo,  
Via Archirafi 18, 90123 Palermo (Italia)

## I POLICHETI DEI CONTENUTI STOMACALI DI *MULLUS SURMULETUS* L. (PISCES MULLIDAE) NEL GOLFO DI PALERMO

### Abstract

Polychaetes in the gut contents of *Mullus surmuletus* L. (Pisces, Mullidae) in the Bay of Palermo (N. Sicily)

*Examination of gut contents showed that Polychaeta are a favourite food item of M. surmuletus collected in the fishing grounds of Vergine Maria, in Palermo Bay, during the years 1981-83. A total of 537 Polychaete preys were sorted from 131 full stomachs and 53 species were identified. Both taxonomic constitution and frequency of prey demonstrated that the Posidonia ecosystem plays a major role in providing food and shelter to the fish.*

**Key-words:** Polychaeta, *Mullus surmuletus*, *Posidonia oceanica*, food-webs.

### Introduzione

Il ruolo dei Policheti nella dieta dei predatori demersali è verosimilmente comparabile a quello che essi rivestono, insieme al taxon dei Molluschi, come «descrittori efficaci» dell'ambiente bentonico (AMARAL & MIGOTTO, 1980; GAMBI *et al.*, 1982; BIANCHI & MORRI, 1985). Dall'analisi dei contenuti stomacali della triglia di scoglio, *Mullus surmuletus* L., raccolta sui fondali di Vergine Maria presso Palermo, i Policheti risultano «preda preferenziale» in assoluto (ARCULEO *et al.*, 1989) per la frequenza, biomassa e numero di individui, quest'ultimo inferiore soltanto ai Crostacei. L'elevato numero di specie preda identificate suggerisce uno studio approfondito di questo gruppo nel suo duplice significato di food item e di indicatore del tipo di fondali frequentati dal predatore.



## Materiali e Metodi

Sono stati esaminati 232 stomaci, indicati con numeri progressivi, provenienti da campioni di *Mullus surmuletus* catturati nel corso di una campagna biennale di pesca (ottobre 1981, settembre 1983) effettuata lungo il margine N/W del Golfo di Palermo, 38°9'5" latitudine nord e 13°22'4" longitudine est (ARCULEO & RIGGIO, 1983, 1985). I campionamenti, tutti notturni, hanno avuto frequenza mensile ed ognuno di essi era costituito da prelievi effettuati in tre diverse stazioni denominate TR (Torre), DS (discarica) e TO (Tonnara) in base ai riferimenti topografici dei siti di pesca. Le stazioni di pesca sono dislocate ad intervalli di distanza di circa 0,7 Km da Nord a Sud lungo la costa. Le tre stazioni corrispondono a caratteri salienti dell'habitat che hanno avuto un'importanza fondamentale ai fini della nostra analisi: in TO il fondale è un mosaico di sabbie fini e rocce con una discreta copertura algale e rare «mattes» di *Posidonia oceanica* L. (Delile); in DS le sabbie grossolane sono mescolate a silt e a detriti lapidei erosi da un discarica litoranea di materiali solidi di risulta; in TR i fondali sono in buono stato, misti e in gran parte ricoperti da una prateria di *P. oceanica*. Ulteriori dettagli sono riportati in ARCULEO *et al.* (1989).

Gli stomaci sono stati estratti e congelati a -20° C immediatamente dopo la cattura. Per ciascun pesce sono state rilevate la lunghezza standard ed il peso. All'interno di ogni stomaco i Policheti sono stati separati, conservati in una soluzione di alcool etilico all'80% e suddivisi per taxon. La determinazione tassonomica è stata compiuta fino alla specie o al genere e, nei casi più difficili, alla famiglia. Sono state stimate le frequenze di predazione e i numeri medi di individui per campione mensile e per stagione. Sono stati contati come «individui» gli esemplari interi o le armature boccali, o frammenti comprendenti il prostomio. Le prede sono state ordinate secondo cinque classi di frequenza comprese tra 1 e 50%, ed è stato inoltre calcolato l'indice di similitudine di Sorensen fra le tre stazioni. Altre elaborazioni sono state compiute utilizzando gli indici correnti (FOCARDI *et al.*, 1980; HYSLOP, 1980) e distribuendo le specie all'interno di categorie trofiche in accordo con FAUCHALD & JUMARS (1979) e GAMBI & GIANGRANDE (1985).

## Risultati e discussione

Dei 232 stomaci esaminati 56 sono risultati vuoti e 45 senza Policheti (Tab. 1): 131, pari al 53,4% di tutti gli stomaci e al 74% dei pieni, contenevano Policheti. La percentuale di stomaci contenenti Policheti rispetto al totale per ogni stazione è: 75% in TR, 50% in TO e 25% in DS. Considerando i soli stomaci pieni, le frequenze salgono all'80% in TR, a 73% in TO e a 50% in DS (Fig. 1): tali valori indicano una predazione differenziale nei 3 siti. Le differenze fra stazioni acquistano maggior rilievo se si confrontano gli indici di vacuità medi relativi all'intera campagna di pesca: 4% in TR, 32% in TO e 59% in DS. L'andamento

Tab. 1 - *Distribuzione degli stomaci e dei contenuti stomacali di M. surmuletus nelle tre stazioni TR, DS e TO.*

	TR	DS	TO	Tot.
N. stomaci con Policheti	92	14	25	131
N. stomaci senza Policheti	26	10	9	45
N. stomaci vuoti	5	35	16	56
N. stomaci totali	123	59	50	232
N. individui Policheti	381	24	132	537
N. specie Policheti	44	10	30	53

stagionale delle frequenze (Fig. 2) percentuali dei policheti mostra un picco primaverile intorno all'88% e valori di poco inferiori, 78% e 79%, in estate ed autunno. Il minimo invernale è del 68%. Il numero medio di prede per stomaco oscilla fra 3,7 in estate e 4,3 in primavera, con esclusione della stagione invernale, che mostra delle anomalie. Il numero totale delle prede è 537, che si distribuiscono in accordo con le frequenze osservate. Il numero di specie determinate è 53, di cui 20 sono esclusive di TR, 8 di TO e 1 di DS.

Dalla media dei risultati si distacca lo stomaco indicato con il numero 100, appartenente ad un esemplare di 15 cm, catturato nella stazione TO durante la stagione invernale del 1983, nel quale sono state contate 53 prede appartenenti a 17 specie, che da sole rappresentano circa il 10% di tutte le prede ed il 34% di tutte le specie. Di tale dato «anomalo» è stato tenuto conto durante l'elaborazione dei risultati. Gli indici di similitudine secondo Sorensen mostrano valori superiori a 0,5 (addirittura a 0,6 eliminando lo stomaco n° 100) fra TR e TO, e valori sensibilmente inferiori nei confronti con DS (Tab. 2).

Tab. 2 - *Matrici di similitudine secondo l'indice di Sorensen. La matrice A si riferisce al confronto fra tutte le specie delle tre stazioni; la matrice B non tiene conto delle specie ritrovate nello stomaco n. 100 di TO.*

	A			B		
	TR	TO	DS	TR	TO	DS
TR	=	5,8	3,5	=	6,3	3,5
TO	—	=	3,5	—	=	4,2
DS	—	—	=	—	—	=

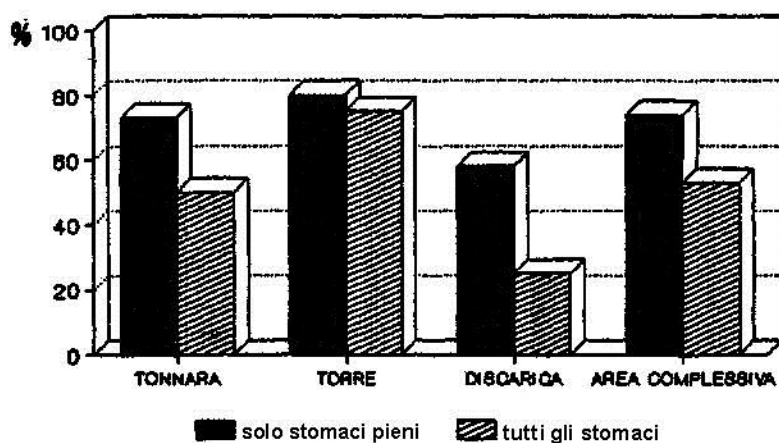


Fig. 1 - Confronto fra le frequenze percentuali di stomaci contenenti Policheti delle tre stazioni.

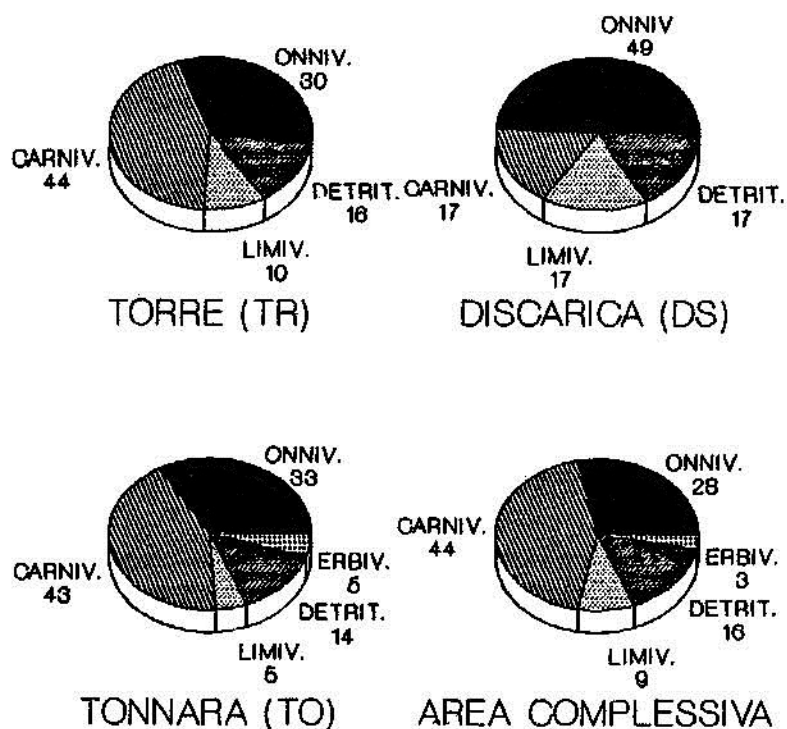


Fig. 2 - Ripartizione dei gruppi trofici per specie all'interno delle 3 stazioni e dell'intera area di pesca. Carniv. = Carnivori; Detrit. = Detritivori; Erbiv. = Erbivori; Limiv. = Limivori; Onniv. = Onnivori.

Fra le specie più numerose risultano: *Amphictene auricoma* (O.F. Muller) (51 individui), *Sthenelais boa* (Johnston) (49), *Glycera* cfr. *lapidum* Quatrefages, (45), *Eunice vinata* (Delle Chiaje) (38), *Notomastus latericeus* Sars (23). L'ordinamento delle prede secondo le classi di frequenza corrisponde solo in parte alle distribuzioni del numero di individui: nella classe I rientra la sola *Glycera* cfr. *lapidum* (Tab. 3), che pertanto dovrebbe essere ritenuta una specie preferenziale. Le prime tre classi racchiudono solamente 7 specie (Tab. 3) che rappresentano oltre il 40% di tutti i Policheti predati.

Tab. 3 - Classi di frequenza delle prede relative all'intera campagna di pesca. Per nessuna preda si osservano percentuali di frequenza superiori al 50%. I = 50-40%; II = 40-30%; III = 30-20%; IV = 20-10%; V = 10-1%.  
In parentesi viene riportato il numero di individui ritrovato per ciascuna specie. Non vengono considerate le prede della V classe di frequenza.

#### CLASSI DI FREQUENZA

I - *Glycera* cfr. *lapidum*. (45)

II - *A. auricoma* - *E. vittata* - *N. latericius*. (51-38-23)

III - *S. boa* - *S. neglecta* - *Nereis* sp. - Indeterminati.

IV - *L. latreilli* - *L. ninetta* - *N. unicornis* - *Lumbrineris* sp. - *Glycera* sp. - *P. lyra* - *Glycera lapidum* - *Eunice* sp. 2 - *Orbinidae* - *Paraonidae* - *Capitellidae* - *Glyceridae* - *Sabellinae* - *Frabricinae*

V - ... (non riportati).

La caratterizzazione bionomica delle prede rivela una prevalenza delle specie che si rinvencono con frequenza anche nelle praterie di *Posidonia oceanica*. Fra queste, *A. auricoma* (classe II), *N. latericeus* (II) e *Schistomeringos neglecta* (III) hanno strette relazioni con la *P. oceanica* e, in particolare con il detrito fogliare (PÉRÈS, 1954; MONNIOT, 1962; BELLAN, 1964; CAMPOY, 1982). Altre specie presenti con elevata frequenza, quali *S. boa* (III) ed *E. vittata* (II), pur essendo ubiquitarie, potrebbero essere in relazione con la prateria della quale occuperebbero le lenti sabbiose ricche di materiali organici al margine delle «Mattes». In particolare tale ipotesi è avvalorata dall'osservazione secondo la quale *S. boa* è esclusivo della stazione TR, che ospita un posidonieto su «Mattes». La preferenza della triglia per il detrito organico proveniente dal posidonieto è inoltre provata dalla minor predazione rilevata in TO e DS.

Le specie caratteristiche dei fondi mobili (sabbie fini) si limitano ad alcuni taxa rappresentati da pochi individui. Fra questi possiamo segnalare *Onuphis eremita* Audouin et Milne-Edwards e *Paradoneis armata* Glémarec. Le specie legate alle alghe fotofile sono anch'esse poco rappresentate, e sono state tutte rinvenute nello stomaco n° 100 di TO, nel quale si ritrovano, fra le altre, alcune

*Perinereis cultrifera* (Grube) e *Syllis truncata criptica* Ben-Eliahu. All'elevato numero di prede (55) di questo stomaco corrispondono specie di dimensioni inferiori rispetto a quelle ritrovate negli altri reperti. Esse sono per lo più dei Syllidae.

L'analisi complessiva dei gruppi trofici mostra un'equipartizione tra onnivori, carnivori e detritivori, che rispecchia quella riscontrata per la stazione TR (Fig. 2). La distribuzione in DS e TO mostra una prevalenza rispettiva di limivori e carnivori, da collegare con la diversa natura dei fondali; anche gli erbivori seguono questa distribuzione «coerente» essendo presenti, anche se in misura esigua, esclusivamente in TO. L'analisi delle prede dal punto di vista trofico appare così «descrittiva» delle diverse situazioni ambientali.

Fra gli aspetti emergenti dai risultati vanno sottolineati: a) la costanza della predazione sui Policheti, che ne fa un food item abituale nelle varie stagioni (Fig. 1 e 3); b) la concentrazione della cattura di policheti nella stazione TR, su posidonieto; c) il basso valore del rapporto fra numero di individui e ricchezza specifica.

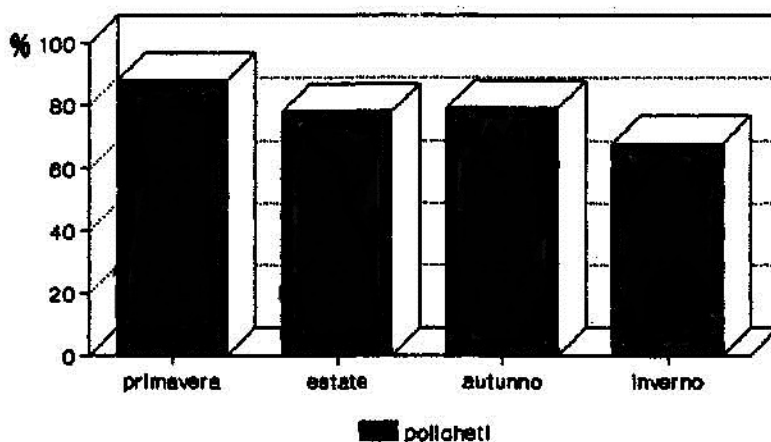


Fig. 3 - Andamento stagionale della frequenza percentuale dei Policheti.

Il punto (b) risulta cruciale ai fini della ricerca. Infatti solo la stazione TR mostra le caratteristiche elencate in (a) e in (c). Il ruolo e la presenza dei Policheti in tutti i prelievi effettuati su posidonieto (TR) sono così marcati da assimilare i bassi valori trovati nelle altre stazioni, fornendo un'informazione generale che non trova riscontro nell'esame dei risultati di DS e TO. Anche la ripartizione delle prede per gruppi trofici dimostra questo tipo di «dominanza» di TR. Lo spettro trofico dell'area complessiva e quello di TR, sono infatti molto simili ed entrambi differiscono notevolmente da DS e TO (Fig. 3). Nei prelievi riferentisi a DS e TO il ruolo dei Policheti appare molto inferiore, e in DS è spesso insi-

gnificante: i valori degli indici di vacuità sono in DS elevati, conseguenza evidente di un abbassamento dell'attività alimentare su un substrato instabile e poco produttivo. L'esame critico delle frequenze e degli indici di vacuità per le tre stazioni supportano tali considerazioni. L'esame degli indici mostra infatti una maggiore attività alimentare della triglia nel posidonieto.

Il punto (c) è chiarito dal rapporto di 1:10, fra le specie di Policheti censite e il numero di prede catturate, che sottolinea la bassa selettività alimentare di *M. surmuletus* anche in assenza di termini di confronto.

## Conclusioni

Dai risultati ottenuti sui campioni di Vergine Maria si può concludere che i Policheti sono una preda preferenziale della triglia di scoglio, diversamente da quanto sostenuto da altri AA. per il genere *Mullus* (HAIDAR, 1970; GHARBI *et al.*, 1979). Tale preferenza sembra implicare una bassa selettività specifica nei confronti di una o più prede, dato che nella classe di maggiore frequenza rientra soltanto *G. cfr. lapidum* con un valore di poco superiore al 50%. Il ritrovamento di un alto numero di prede nelle classi a bassa frequenza va interpretato come la ricerca da parte di *M. surmuletus* di substrati mobili con elevata componente organica come sono quelli al fondo delle mattes o delle intermattes. Il confronto con i risultati ottenuti da altre analisi (ARCULEO *et al.*, 1989) indica in *M. surmuletus* un tipico «grufolatore». In altri termini la sua alimentazione consisterebbe nella raccolta più o meno casuale del sedimento dal quale sono selezionate le prede più appetibili. L'«esperienza» e/o la guida di stimoli esterni (olfattivi, tigmotattici) condurrebbero i branchi verso il *pabulum* più redditizio. In ambienti diversi da quelli esaminati, altri fondali mobili potrebbero avere il ruolo energetico dei posidonieti e giustificerebbero le conclusioni contrarie riportate in letteratura.

L'habitat di scoglio, dal quale *M. surmuletus* prende il nome, sarebbe in definitiva poco idoneo all'alimentazione della specie, implicando una «predazione attiva» atipica per un «grufolatore», dispendiosa in termini energetici e che può avere il significato di una ricerca alternativa di cibo.

## Summary

A survey on the coastal fisheries of Palermo Bay in the years 1981-83 was carried out as a first approach to a more complete investigation on the feeding habits of *Mullus surmuletus* and other common benthic fishes. *M. surmuletus* samples were obtained monthly with a trammel net. Fishing was performed during the night. Each sample came from three sites located in the same fishing ground at about — 20 m and characterized by a clear-cut sequence of benthic communities established on bottom environments of a very diverse nature: station TR (Torre) was a

*Posidonia meadow*, DS (Discarica) was a coastal ground of solid waste disposal, TO (Tonnara) was a mixed rock-sandy bottom. As many as 232 stomachs were examined, 56 of which were empty and 45 contained no Polychaeta. A total of 537 Polychaete preys were sorted from the remaining 131 guts. Polychaete individuals and body fragments were referred to 53 species. Samples from TR contained the highest number of prey and the largest spectrum of prey species, samples from DS the lowest. Individuals were counted and arranged into frequency classes. *Glycera* cfr. *lapidum*, was in class I. *Amphictene auricoma*, *Eunice vittata* and *Notomastus latericeus* followed in class II. *Sthenelais boa* was in class III.

A bionomical approach to the feeding spectrum of *M. surmuletus* on Polychaete preys stresses the absolute dominance of taxa related to the *Posidonia* ecosystem. They are by far more numerous and more frequent, and are mainly sedentary or slightly motile forms living: a) in the detritus layer at the base of the rhizomes; b) at the bottom of depressions between *Posidonia* «mattes»; and c) at the lower edges of the seagrass meadows.

Other communities, such as those on sand and rock in TO, were a minor source of food, whereas those of the muddy unstable bottoms in DS played a negligible role on the diet of the fish.

## Bibliografia

- AMARAL A.C.Z., MIGOTTO A.E. (1980) - Importancia dos Anelidos Poliquetas na alimentacao da macrofauna demersale e epibentonica da regiao de Ubatuba. *Bol. Inst. Oceanogr.*, 29 (2): 31-35.
- ARCULEO M., RIGGIO S. (1983) - Dati preliminari sulla piccola pesca del Golfo di Palermo. *Nova Thalassia*, 6 (Suppl.): 725.
- ARCULEO M., RIGGIO S. (1985) - Situation et perspectives de la pêche cotière dans une localité du Golfe de Palermo après deux ans d'observations. *FAO Fish. Rep.* n. 336 Annexe, (E)F: 43-50.
- ARCULEO M., PIPITONE C., RIGGIO S. (1989), Aspetti del regime alimentare di *Mullus surmuletus* L. (Pisces, Mullidae) nel Golfo di Palermo. *Oebalia*, XVI, N.S.: 67-77.
- BELLAN G. (1964) - Contribution à l'étude systématique, bionomique et écologique des Annélides Polychètes de la Méditerranée. *Réc. Trav. St. Mar. Endoume*, 49 (33): 1-371.
- BIANCHI C.N., MORRI C. (1985) - I Policheti come descrittori della struttura trofica degli ecosistemi marini. *Oebalia*, XI, N.S.: 203-214.
- CAMPOY A. (1982) - Fauna de Anelidos Poliquetos de la Peninsula Iberica. Fauna de Espana. *Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra*, Serie Zoológica, 7 (1,2): 1-781.
- FAUCHALD K., JUMARS P.A. (1979) - The diet of worms: a study of Polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 17: 193-284.

FOCARDI S., FALCIAI L., GAMBI M.C., SPADINI V. (1980) - Analisi del contenuto gastrico di *Mullus barbatus* L. (Perciformes: Mullidae). *Riv. Idrobiol.*, XIX (2): 235-248.

GAMBI M.C., FRESI E., GIANGRANDE A. (1982) - Descrittori efficaci di comunità bentoniche. *Naturalista Sicil.*, S. IV, VI (suppl.), 3: 489-487.

GAMBI M.C., GIANGRANDE A. (1985) - Caratterizzazione e distribuzione delle categorie dei Policheti nei fondi mobili del Golfo di Salerno. *Oebalia*, XI, N.S.: 223-240.

GHARBI H., KTARI M.H., 1979 - Régime alimentaire des Rougets (*Mullus barbatus* L. et *Mullus surmuletus* L.) du Golfe de Tunis. *Bull Inst. nat. Scient. tech. Océanogr. Pêche Salambô*, 6 (1-4): 41-52.

HAIDAR Z. (1970) - L'écologie du rouget (*Mullus barbatus* L.) en Adriatique orientale. *Acta adriatica*, 14: 1-95.

MONNIOT F. (1962) - Recherches sur le graviers à Amphioxus de la région de Banyuls-sur-mer. *Vie Milieu*, 13, 232-322.

PÉRÈS J.M. (1954) - Contribution à l'étude des Annélides de la Méditerranée Occidentale. *Réc. Trav. St. Mar. Endoume*, 8 (13): 83-155.



E. CASOLA

M. SCARDI

BIOSERVICE SOC. Coop. a r.l., Vico S. Domenico 9, 80134 Napoli (Italia)

## **VARIABILITÀ DELLA COMUNITÀ EPIFITTA SULLE DUE FACCE DELLE LAMINE FOGLIARI DI *POSIDONIA OCEANICA* (L.) DELILE**

### **Abstract**

Structural variability of the epiphytic community on *Posidonia oceanica* leaves

*This paper concerns the structural variability of the *Posidonia oceanica* leaf epiphytic community in a shallow meadow near Lacco Ameno (Island of Ischia). The percent covering of the epiphytic species was used to compute a Manhattan distance matrix for each leaf surface. Mantel tests were performed to assess the degree of independence of the epiphytic community structures that were observed on the opposite faces of the leaves. The results showed that these ecological successions are not independent.*

**Key-words:** *Posidonia oceanica*, epiphytic community, Mantel test.

### **Introduzione**

Le lamine fogliari di *Posidonia oceanica* (L.) Delile sono un substrato di natura molto particolare, essendo in costante espansione a causa del continuo accrescimento del meristema basale. Questa caratteristica, unitamente, alla comparsa delle nuove foglie al centro del ciuffo con fillotasia distica, determina un gradiente di età delle singole porzioni di foglia orientato lungo i due assi del ciuffo, rispettivamente base-apice ed interno-esterno (OTT, 1980).

L'ineguale tasso di crescita e l'erosione meccanica e biologica degli apici rendono variabili la lunghezza delle foglie, e quindi la superficie colonizzabile, in funzione del rango delle stesse. La disposizione delle lamine fogliari nel ciuffo e la loro stessa struttura determinano differenti condizioni microclimatiche lungo le foglie e sulle due facce di una stessa foglia (CASOLA *et al.*, 1987).

Questo lavoro si inquadra nel contesto di un più ampio programma di ricerca sulla dinamica della comunità epifita di *P. oceanica*, il quale ha come fine

l'acquisizione degli elementi di conoscenza necessari alla messa a punto di metodi indiretti di valutazione della velocità di accrescimento della pianta, ossia della produzione della prateria, e delle condizioni generali dell'ecosistema, utilizzando come descrittore primario la successione ecologica osservata sulle foglie ed in particolare i suoi aspetti quantitativi.

La prima fase di tale ricerca ha implicato lo studio della comunità epifita delle lamine fogliari *in toto* (CASOLA *et al.*, 1985). I risultati ottenuti hanno dimostrato come per una descrizione esauriente della struttura della comunità in esame sia sufficiente considerare soltanto un sottoinsieme delle specie osservate (Tab. 1), con una perdita d'informazione talmente bassa da poter essere ritenuta trascurabile.

Tab. 1 - Insieme delle specie processate diviso in attive ed altre nel caso di Analisi Fattoriale delle Corrispondenze (da CASOLA *et al.*, 1987).

	SPECIE ATTIVE	ALTRE SPECIE
Briozoi	<i>Fenestrulina johannes</i> Calvet <i>Electra posidoniae</i> Gautier <i>Aetea truncata</i> Landsborough	
Idroidi		<i>Plumularia obliqua</i> Saunders <i>Clytia haemisphaerica</i> Linnaeus
Macrofite	<i>Fosliella</i> spp. Howe <i>Myrionema orbiculare</i> J. Agardh	<i>Giraudya sphacelarioides</i> Dérbès et Solier <i>Sphacelaria cirrosa</i> Agardh <i>Sphacelaria furcigera</i> Kuetzing

In seguito è stata studiata più specificamente la dinamica e la variabilità della successione, anche in riferimento agli aspetti coevolutivi pianta-epifita (SCARDI *et al.*, 1986). In particolare, è stato possibile mostrare come il pattern successionale sia essenzialmente governato da meccanismi deterministici, cui si somma una componente stocastica che però non è in grado di maturare gli esiti della successione, ovvero la struttura della comunità matura (Fig. 1).

La ricerca di cui si presentano i risultati in questa sede è stata impostata con il preciso scopo di analizzare le successioni cui la comunità va incontro



**Fig. 1** - Mappe strutturali ipotetiche della comunità epifita e relative dinamiche successionali: 1) dinamica stocastica; 2) dinamica deterministica; 3) dinamica deterministica con componente stocastica. Le retinature contrassegnano porzioni di superficie foliare con struttura della comunità omogenea (da SCARDI *et al.*, 1986).

sulle due facce delle lamine fogliari, essendo esposta a condizioni microclimatiche differenti, ma su substrati aventi esattamente la stessa età.

È necessario rimarcare, infine, come la valutazione del grado di ridondanza dell'informazione contenuta nei patterns successionali osservabili sulle facce opposte della medesima foglia sia essenziale anche per l'ottimizzazione dei futuri piani di campionamento della comunità epifita.

## Materiali e Metodi

Data la generalità del tema in oggetto, si è scelto di lavorare su di un campione di natura puntiforme nello spazio e nel tempo, approfondendo però l'indagine a più ciuffi raccolti all'interno di un quadrato di un metro di lato e quindi esposti a condizioni ambientali verosimilmente omogenee. È dunque opportuno sottolineare che i risultati che vengono presentati sono da ritenersi generalizzabili dal punto di vista concettuale, mentre è evidente che l'insieme di specie preso in considerazione può variare anche radicalmente in situazioni diverse.

I ciuffi di *P. oceanica* esaminati sono stati raccolti in una stazione superficiale (profondità 1m) della prateria prospiciente Lacco Ameno (Isola d'Ischia, Napoli) durante il mese di Luglio. Nella stazione in cui è stato effettuato il prelievo la prateria è «rada» secondo GIRAUD (1979), con una densità media di 350 fasci/mq.

Il campione preso in esame comprende 8 ciuffi, per ognuno dei quali sono state considerate le foglie 2, 3 e 4, secondo la numerazione di GIRAUD (1979), laddove presenti. Non sono state prese in considerazione le foglie 1 in quanto troppo giovani e quindi con una comunità epifita immatura, né quelle successive alla 4 perché generalmente soggette ad ampi fenomeni di erosione degli epici.

Per ogni foglia è stata rilevata la superficie ricoperta da ciascuna delle specie epifite animali e vegetali assunte come descrittori della struttura della comunità, esprimendola in percentuale per ogni centimetro di foglia. Per quanto riguarda le specie erette si è valutata l'area corrispondente alla loro proiezione sul piano foliare.

Le specie considerate ai fini dell'analisi sono le seguenti: i Briozoi *Fenestru-lina johannae* (Microporellidae), *Electra posidoniae* (Electrisae), *Aetea truncata* (Aeteidae); gli Idroidi *Plumularia obliqua* (Plumularidae) e *Clytia haemisphaerica* (Campanulariidae); le Macrofite *Fosliella* spp. (che comprende, in realtà, i generi *Fosliella* e *Pneophyllum*), *Myrionema orbiculare*, *Giraudya sphacelarioid*, *Sphacelaria cirrosa* e *Sphacelaria furcigera*.

L'analisi è stata effettuata sia sui dati relativi alle singole foglie, sia sulle medie dei ricoprimenti sugli 8 ciuffi per le porzioni di foglia presenti con almeno cinque repliche.

Da tali dati sono state derivate delle matrici di distanza fra i centimetri di superficie fogliare (o, più propriamente, di «autodistanza»), utilizzando la metrica di Manhattan

$$d_{ij} = |x_{ik} - x_{jk}| \quad k = 1, \dots, p$$

dove  $p$  è il numero di specie considerate.

Su tutte le coppie di matrici di distanza relative a facce opposte è stato effettuato il test di Mantel (MANTEL, 1967) al fine di testare l'ipotesi nulla di indipendenza delle stesse.

Inoltre, sulle matrici di distanza derivate dai dati di ricoprimento medio è stata effettuata un'Analisi delle Coordinate Principali.

## Risultati

I tests effettuati sulle coppie di matrici di distanza derivate dai ricoprimenti medi hanno permesso di rigettare l'ipotesi nulla di indipendenza delle matrici stesse a livelli di probabilità compresi fra 0,999 e 0,998 (Tab. 2).

L'Analisi delle Coordinate Principali, effettuata su matrici di distanza basate sulla medesima metrica, fornisce una rappresentazione sintetica dei trends successionali che soggiacciono a questo risultato. La prima Coordinata Principale, che spiega rispettivamente il 79,3%, l'83,1% e l'84,8% della varianza totale per le foglie 2, 3 e 4, è stata riportata in grafico contro la distanza dalla ligula (Fig. 2, 3, e 4). In tali grafici è possibile osservare come in tutte le foglie trends relativi alle

Tab. 2 - Risultati dei test di Mantel tra le medie su otto ciuffi dei ricoprimenti delle due facce delle foglie.

	FOGLIE		
	2	3	4
<b>Z</b>	<b>0,747</b>	<b>0,582</b>	<b>0,889</b>
<b>Z standardizzato</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
<b>P (Z)</b>	<b>0,999</b>	<b>0,999</b>	<b>0,998</b>

facce opposte siano sostanzialmente simili, pur mostrando un profilo diverso negli stadi intermedi della successione. L'ampiezza di tale differenza è inversamente proporzionale all'età della foglia.

I risultati dei test relativi alle singole foglie sono del tutto coerenti con quelli appena descritti. Infatti i tests effettuati sulle coppie di matrici di distanza derivate dai dati di ricoprimento di faccia interna ed esterna di tutte le foglie consi-

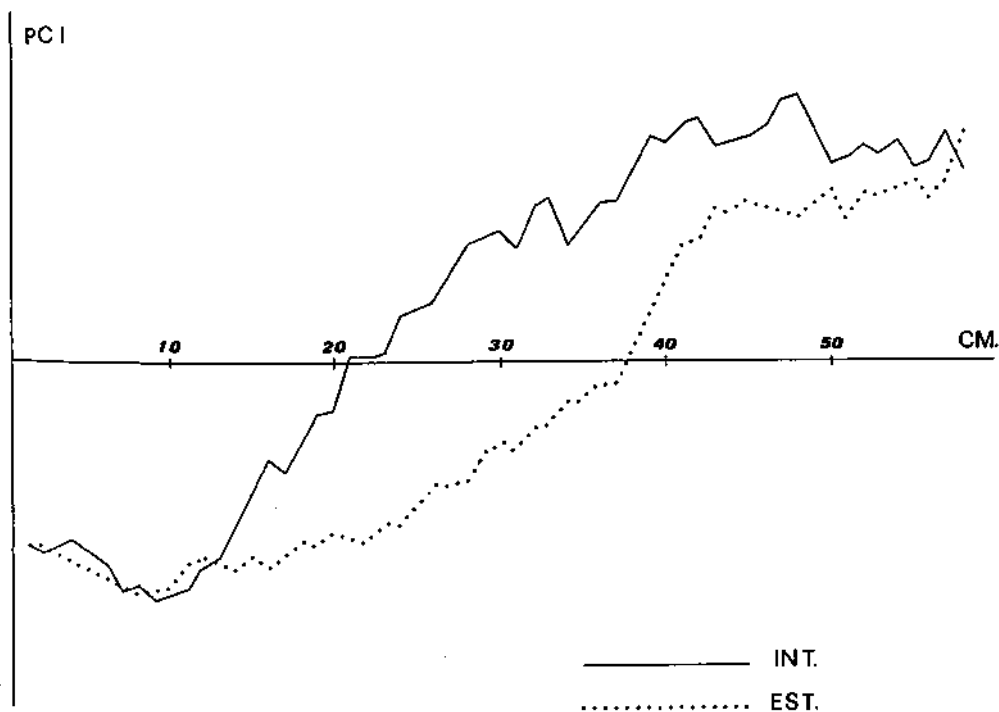
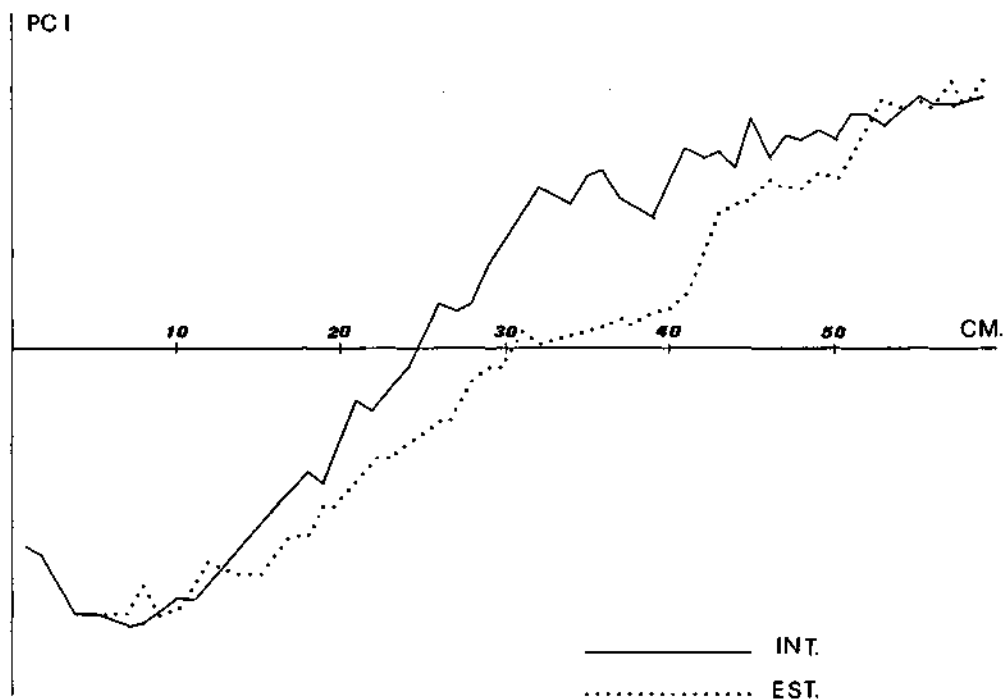
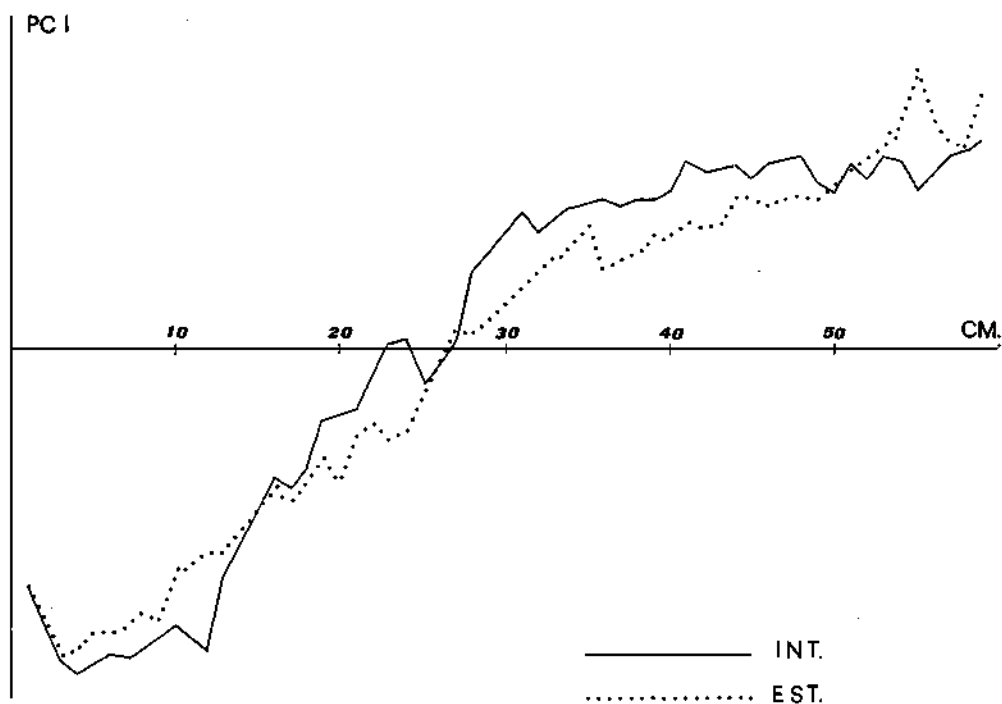


Fig. 2 - Trends successionali delle due facce della foglia 2; in ascissa distanza dalla ligula ed in ordinata valori della prima Coordinata Principale.



**Fig. 3** - Trends successionali delle due facce della foglia 3; in ascissa distanza dalla ligula ed in ordinata valori della prima Coordinata Principale.



**Fig. 4** - Trends successionali delle due facce della foglia 4; in ascissa distanza dalla ligula ed in ordinata valori della prima Coordinata Principale.

derate per gli otto ciuffi in esame permettono di rigettare l'ipotesi nulla di indipendenza delle varie fasi delle successioni osservate sulle due facce opposte delle foglie con livelli di probabilità sempre superiori a 0,98 (Tab. 3).

Tab. 3 - Risultati dei tests di Mantel tra i ricoprimenti delle due facce delle singole foglie di otto ciuffi.

FOGLIE 2	CIUFFI							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Z	-	0,656	0,543	0,520	0,596	0,442	0,613	0,770
Z standardizzato	-	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
P (Z)	-	0,996	0,996	0,992	0,976	0,996	0,996	0,980
FOGLIE 3	CIUFFI							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Z	0,536	0,550	0,323	0,850	0,847	0,348	0,338	0,847
Z standardizzato	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
P (Z)	0,992	0,992	0,992	0,996	0,992	0,988	0,996	0,992
FOGLIE 4	CIUFFI							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Z	0,367	0,449	0,802	-	0,741	0,418	0,778	0,632
Z standardizzato	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000
P (Z)	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996

## Conclusioni

I risultati ottenuti sembrano indicare che la dinamica successionale della comunità epifita sia sostanzialmente identica sulle due facce delle lamine fogliari, almeno per quanto attiene i patterns spazio-temporali delle specie quantitativamente più rappresentative di tale comunità.

L'unica differenza, risultante dalle nostre analisi, è un ritardo nella successione sulle facce esterne che diminuisce con l'aumentare dell'età della foglia.

Da tali considerazioni possiamo concludere che, per quanto riguarda la struttura della successione della comunità epifita di una prateria superficiale, l'effetto delle condizioni microclimatiche proprie di ciascuna faccia di una foglia, se si manifesta, è limitato ad una tendenza verso differenti velocità di tale successione. Ciò è vero fermo restando lo stadio maturo, che viene comunque raggiunto su entrambe le facce. È inoltre da sottolineare il fatto che tale sfasamento si va riducendo con l'aumentare dell'età della foglia in esame, in perfetto accordo con il gradiente d'età presente nel ciuffo.

Ciò ci autorizza ad utilizzare l'informazione contenuta su di una sola faccia di ciascuna foglia, in particolare se lo scopo della ricerca è la formulazione di inferenze sull'età del substrato. Una simile riduzione dell'area da esaminare, pur con le cautele necessarie, può risultare di grande utilità soprattutto nell'ambito di scenari operativi che richiedono uno sforzo di campionamento particolarmente esteso nel tempo e nello spazio (es.: valutazioni di impatto ambientale, stima dell'età delle foglie etc).

Naturalmente tali risultati non sono altro che una base per l'estensione delle ricerche ad altre profondità ed ad altre praterie.

## Summary

*Posidonia oceanica* leaves, which grow at their basal portion, are a very particular substrate for their epiphytic community. In fact, the latter is exposed to different microclimatic conditions during the life on the leaf portion on which it is settled.

In order to study the effect of microclimate we compared the ecological successions that were observed on opposite sides of *P. oceanica* leaves, i.e. on substrates with exactly the same age, but exposed to different microclimatic conditions.

The percent coverage of the ten most important species was recorded on *P. oceanica* leaves in eight shoots collected in a shallow meadow off the Island of Ischia (Gulf of Naples).

An «auto-distance» matrix was computed for each leaf side, using Manhattan metrics on percentage covering data. Each couple of opposite side matrices was compared by means of the Mantel test in order to assess the degree of matching between the successions they describe. The same procedure was used to compare the average covering data computed on the corresponding leaves of the shoots.

A Principal Coordinates Analysis was performed to represent an outline of the observed successions.

The results of these analyses clearly show that the structure of the epiphytic community on opposite leaf sides is very similar, especially when older leaves are considered. This seems to give evidence for the minor role of the microclimate in epiphytic community succession.



## Bibliografia

CASOLA E., SCARDI M., MAZZELLA L., FRESI E. (1985) - Struttura della comunità epifita delle lamine fogliari di *Posidonia oceanica* (L.) Delile: prateria superficiale, Lacco Ameno (Ischia). *Oebalia*, XI (1), N.S.: 375.

CASOLA E., SCARDI M., MAZZELLA L., FRESI E. (1987) - Structure of the epiphytic community of *Posidonia oceanica* leaves in a shallow meadow. *P.S.Z.N.I.: Marine Ecology*, 8 (4): 285-296.

GIRAUD G. (1979) - Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 39: 33-39.

MANTEL N. (1967) - The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Canc. Res.*, 27: 209-220.

OTT J. (1980) - Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *P.S.Z.N.I.: Marine Ecology*, 1: 47-64.

SCARDI M., CASOLA E., FRESI E., MAZZELLA L. (1986) - Mappa strutturale della comunità epifita di *Posidonia oceanica* (L.) Delile: interpretazione evoluzionistica. *Nova Thalassia*, 8 (suppl. 3): 477-485.

L.A. CHESSA \*      G. BIONDA \*\*      M.C. BUIA \*\*\*      M.C. GAMBI \*\*\*  
M. LORENTI \*\*\*      R. MAJ \*\*      R. MANCONI \*      M. MARTINELLI \*  
M.G. PINTUS\*      G.F. RUSSO\*\*\*      M.B. SCIPIONE\*\*\*      E. TARAMELLI\*\*

\* Istituto di Zoologia dell'Università, via Muroni 25, 07100 Sassari (Italia)

\*\* Dipartimento di Biologia animale e dell'Uomo, Università «La Sapienza»,  
viale dell'Università 32, 00161 Roma (Italia)

\*\*\* Laboratorio di Ecologia del Benthos, Stazione Zoologica di Napoli,  
80077 Ischia Porto (Na) (Italia)

## INDAGINI SU *POSIDONIA OCEANICA* NELLA RADA DI PORTO CONTE (SARDEGNA NORD-OCCIDENTALE): CARATTERISTICHE DELLA PRATERIA E FAUNA VAGILE

### Abstract

A *Posidonia oceanica* bed in North-Western Sardinia.

*Some physico-chemical parameters, plant phenology and vagile fauna of the leaf stratum in the Posidonia oceanica bed of Porto Conte (N.W. Sardinia) were studied. Along the depth-gradient, and in both sampling seasons (February and September), the vagile fauna showed a zonation consistent with the environmental factors and the features of the meadow.*

**Key-words:** Seagrass ecosystem, *Posidonia oceanica*, environmental factors, zoo-benthos.

### Introduzione

L'importanza che viene riconosciuta al ruolo che l'ecosistema a *Posidonia oceanica* svolge nella fascia costiera ha portato ad un crescente interesse ed a uno sviluppo notevole degli studi riguardanti questa fanerogama marina (BOUDOURESQUE *et al.*, 1984). In questo ambito è stata intrapresa una serie di indagini, ad ampia scala temporale ed a carattere interdisciplinare, su di una prateria di *Posidonia oceanica*, sita nella Rada di Porto Conte (Alghero, Sardegna Nord-occidentale), un'area ancora poco studiata sebbene di particolare interesse ecologico e paesaggistico. Alcuni dati relativi a tali indagini sono già stati oggetto di studio per quanto riguarda i fenomeni riproduttivi della pianta (GAMBI *et al.*, 1984) e la distribuzione di alcuni gruppi della fauna vagile: Policheti (GAMBI *et al.*, in stampa), Molluschi (Russo *et al.*, in stampa) e Anfipodi (SCIPIONE & TARAMELLI, dati non pubblicati).

Scopo di questo studio è presentare una sintesi preliminare delle ricerche svolte in circa tre anni e finalizzate soprattutto alla definizione di: a) alcuni parametri ambientali legati alla prateria (idrodinamismo e caratteristiche dei sedimenti); b) alcune caratteristiche morfologiche della pianta e della prateria; c) composizione e distribuzione della fauna vagile, limitatamente ad alcuni taxa.

## Area studiata e metodi

Il sito studiato è localizzato all'interno della Rada di Porto Conte, ampia insenatura che si inoltra in direzione N-NE per circa 6 Km tra Capo Caccia e Punta Giglio (Sardegna Nord-occidentale) ed è aperta a SW. La prateria considerata si estende dalla cala di Tramariglio fino al centro della rada stessa (Fig. 1). Cala Tramariglio, orientata verso Sud-Est, è notevolmente riparata dai venti dominanti, che provengono principalmente da NW e SW. Per la raccolta dei dati chimico-fisici e biologici, è stato definito un transetto di profondità che va da 1m a 25m.

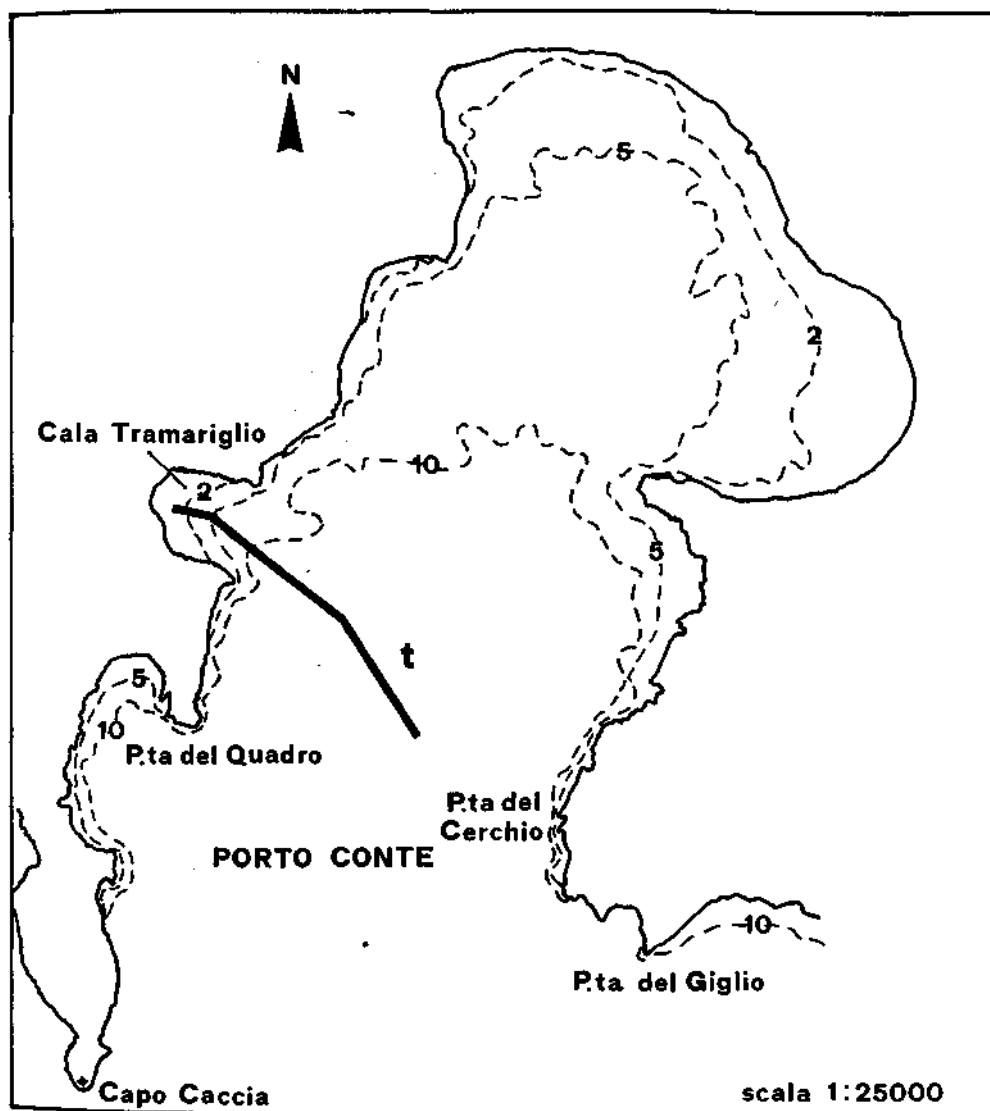
I campioni di fauna vagile dello strato foliare sono stati raccolti alle profondità di 1m, 5m, 15m e 25m mediante l'uso di un retino manovrato a mano in immersione (Russo *et al.*, 1985) nel Febbraio 1984 e sono stati ripetuti nel Settembre dello stesso anno per rilevare anche l'andamento stagionale della comunità animale. Allo scopo di meglio caratterizzare la prateria, ulteriori rilevamenti sono stati effettuati nel Giugno 1986 alle profondità di 1m, 3m, 5m, 10m, 15m e 25m, valutando i seguenti parametri: a) idrodinamismo (mediante il metodo delle sfere di gesso, GAMBI, 1986); b) caratteristiche dei sedimenti; c) densità dei ciuffi e parametri fenologici della pianta (GIRAUD, 1977). Per maggiori dettagli sulle tecniche di campionamento impiegate si rimanda a MAZZELLA *et al.* (1987).

L'analisi della fauna vagile è stata effettuata calcolando, per i diversi taxa, l'abbondanza (A), la ricchezza specifica (RS) e la dominanza, sia qualitativa (DQ%) che quantitativa (DI%).

## Risultati

### *Profilo e struttura della prateria*

Il transetto considerato, che va da 1 a 25m di profondità, misura oltre 1200m, poiché il fondo degrada molto dolcemente (Fig. 2a). Per tutta la sua estensione, la prateria è insediata su «matte». Da 1 a 3m è costituita da una piattaforma, che termina con un brusco scalino («tombant» sensu MOLINIER & PICARD, 1952), mentre da 3 a 5m presenta ampie radure di «matte» morta, non



**Fig. 1** - Mappa della Rada di Porto Conte con la localizzazione del transetto di profondità (t) nella prateria studiata.

erosa. Da questa profondità in poi la prateria è continua con solo sporadiche radure e canali. Tracce di divergenti di reti a strascico, incise nella «matte», sono talvolta evidenti in profondità.

#### **Idrodinamismo**

Le misure sono state effettuate in condizioni di vento debole da W - SW (in parziale entrata nella cala). Nel grafico in Fig. 2b è riportato l'andamento rela-

tivo ai valori di consumo delle sferette di gesso, misurati all'altezza degli apici foliari. Lungo il transetto, si rileva una diminuzione lineare del consumo del gesso, con piccole differenze tra le varie profondità. Una diminuzione più accentuata va a situarsi tra 3 e 5m, in corrispondenza del «tombant».

#### *Caratteristiche dei sedimenti*

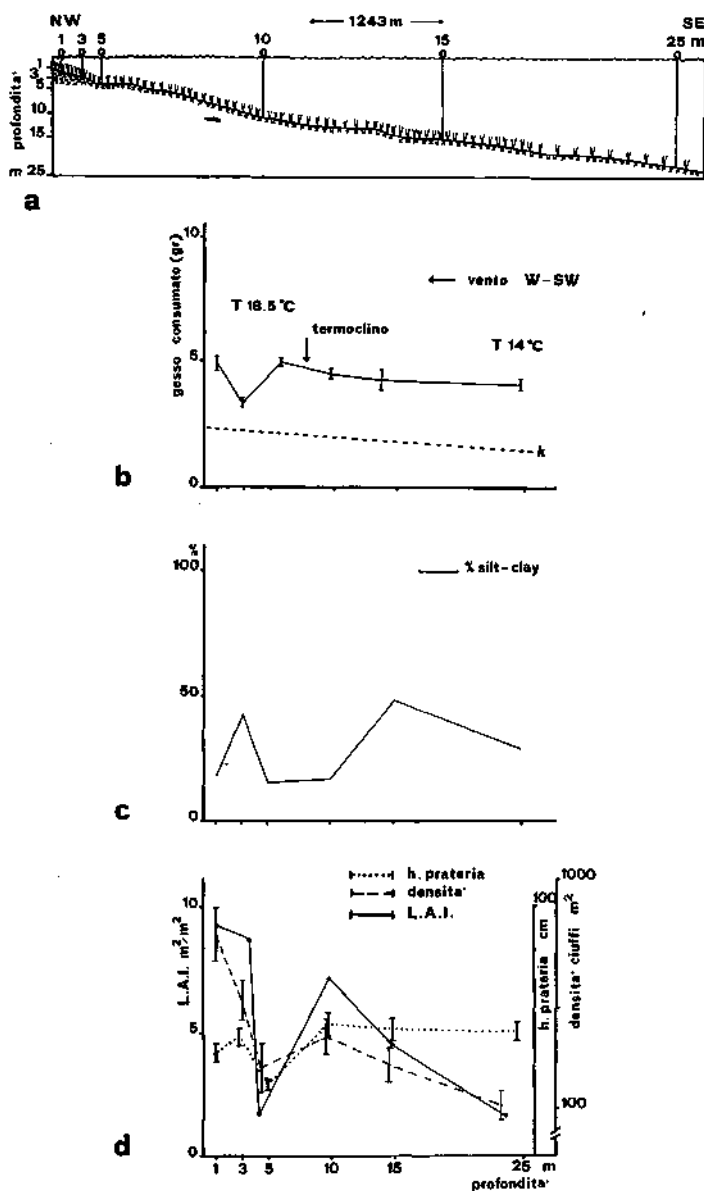
Le analisi delle principali caratteristiche sedimentologiche della prateria sono state condotte su carote prelevate in immersione. L'analisi granulometrica rivela la notevole eterogeneità del sedimento, caratterizzato soprattutto da detrito biogenico (fibre e foglie di *Posidonia*, detrito conchigliare) e dalla notevole presenza di peliti (Fig. 2c); a tutte le profondità considerate, il coefficiente di sorting ( $\sigma\phi$ ) non è mai inferiore a 1,45. In Fig. 2c è mostrato l'andamento del contenuto in peliti (silt + clay); si noti il picco positivo in corrispondenza con la presenza dello scalino a 3m.

#### *Densità e parametri foliari*

La densità presenta valori massimi a 1m (circa 800 fasci/m<sup>2</sup>, stadio di prateria molto densa, GIRAUD, 1977) e a 3 m (550 fasci/m<sup>2</sup>, prateria densa); a 5m si osserva un sensibile decremento (ca. 250 fasci/m<sup>2</sup>); a 10m si rileva un nuovo aumento (ca. 400 fasci/m<sup>2</sup>), seguito da una graduale diminuzione fino ai 25m (ca. 100 fasci/m<sup>2</sup>) (Fig. 2d). L'altezza della prateria e il «Leaf Area Index» (L.A.I.) presentano un andamento simile a quello della densità, con valori medi compresi tra 30 e 55cm e tra 2 e 9 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, rispettivamente. Nel complesso a 5m si osserva un minimo in tutti e tre i parametri.

#### *Fauna vagile*

Negli otto campioni esaminati, sono state determinate 228 specie per un totale di 15.616 individui, appartenenti ai seguenti gruppi tassonomici: Policheti (95 specie; 959 individui), Molluschi (37; 3.454), Misidacei (7; 2636), Isopodi (10; 214), Anfipodi (51; 5.575), Decapodi (18; 2.051) ed Echinodermi (10; 727). Di queste specie, 56 (24,5%), 38 delle quali Policheti, erano presenti una sola volta con un solo individuo. A Febbraio, il popolamento presentava una maggior ricchezza specifica (210 specie) rispetto a Settembre (126), quando però sono risultati più alti i valori delle abbondanze (9.136 individui). In Febbraio, a 5m è stato osservato il minor numero di specie (44) e di individui (323), a fronte di un incremento, soprattutto della ricchezza specifica, nelle stazioni più profonde (Fig. 3a). A Settembre non si sono registrate notevoli variazioni nel numero di specie, che presentano comunque, il valore minore a 15m (43), mentre le abbondanze, da un valore massimo registrato a 1m (5.164), mostrano un forte decremento con la profondità, raggiungendo il valore minimo (373) a 15m (Fig. 3b).



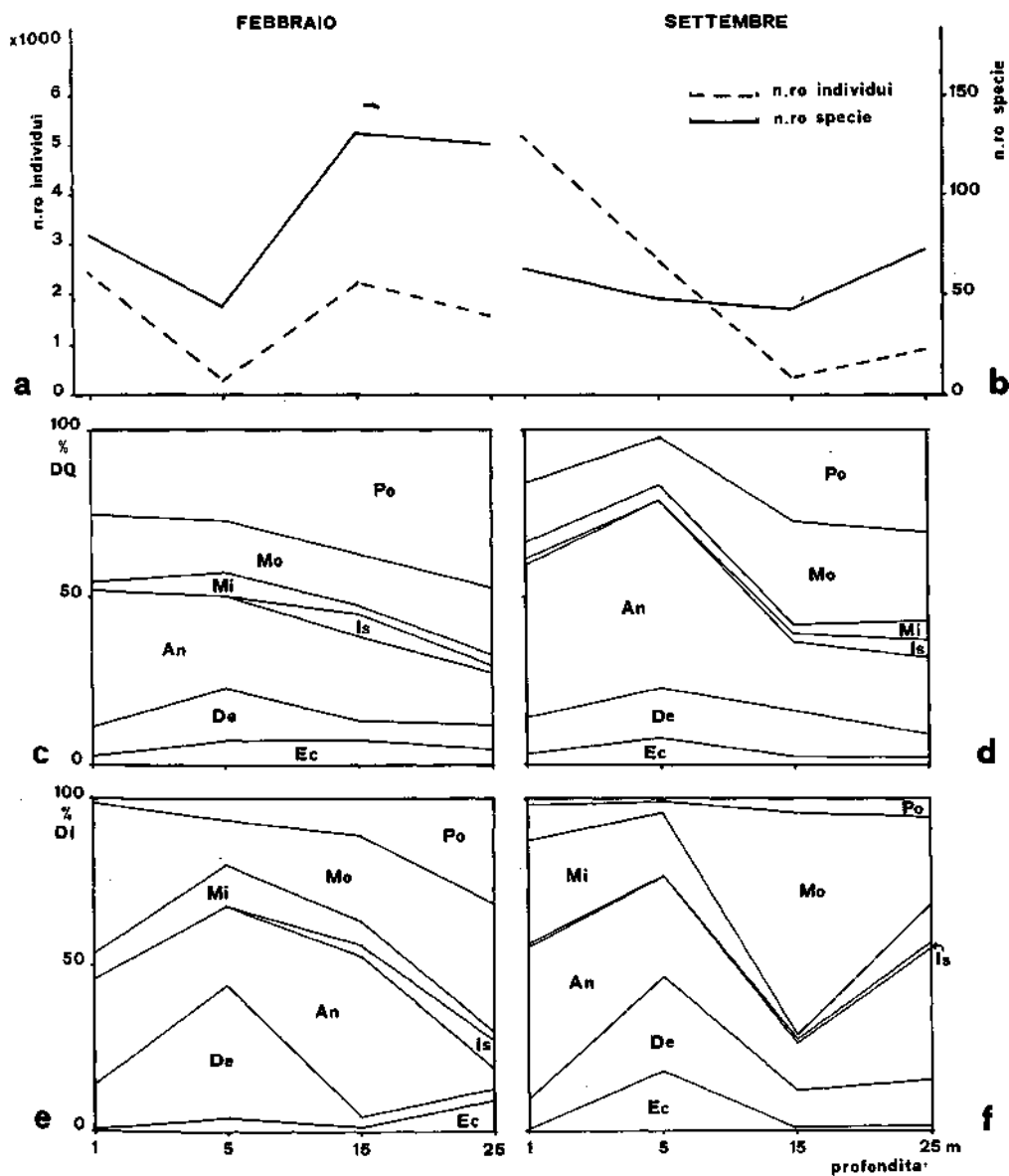
**Fig. 2** - a) Profilo della prateria lungo il transetto con indicate le profondità di campionamento. - b) Andamento del consumo delle sferette di gesso lungo il transetto. I punti rappresentano i valori medi di otto sferette, le barre l'errore standard,  $k$  = valore di diffusione del gesso in acqua ferma. - c) Andamento del contenuto percentuale in peliti nel sedimento lungo il transetto. - d) Andamento della densità, altezza della prateria e « Leaf Area Index » (L.A.I.) lungo il transetto. Per la densità, i punti rappresentano le medie di cinque repliche di superfici 40 x 40 cm; per l'altezza della prateria, i punti sono le medie di venti ciuffi; le barre rappresentano in entrambi i casi l'errore standard.

A Febbraio, i Policheti presentano il più alto numero di specie (DQ = 42,9%), soprattutto a 25 m (DQ = 47,2%), mentre gli Anfipodi presentano un andamento complementare, con i valori più alti a 1m (40,5%) e sempre più bassi andando in profondità (Fig. 3c). Le più alte dominanze quantitative sono raggiunte da Molluschi (DI=35,3%) ed Anfipodi (30,9%). In particolare, le alte dominanze dei Molluschi a 1m (43,1%) sono dovute principalmente a *Rissoella inflata* (Monterosato) e *Rissoa ventricosa* Desmarest mentre a 25m (38,2%) esse sono dovute a *Turboella radiata* (Philippi), *Caecum subannulatum* (Folin) e *Vitreolina devians* (Monterosato); tra gli Anfipodi, a 1m dominano (32,2%) *Aora spinicornis* Afonso, *Erichthonius punctatus* (Bate), *Stenothoe monoculoides* (Montagu). *Apherusa chiereghinii* Giordani-Soika risulta abbondante lungo tutto il transetto, contribuendo a mantenere alte le dominanze degli Anfipodi anche a 15m (48,6%) insieme a *Ischyrocerus inexpectatus* Ruffo e *Gitana sarsi* Boeck. A 5m risultano invece dominanti i Decapodi (40,6%) in particolare *Hippolyte inermis* Leach, mentre a 25m i Policheti (31, 4%) sembrano sostituire gli Anfipodi soprattutto con *Pseudobrania clavata* (Claparède), *Sphaerosyllis thomasi* San Martin e S. cfr. *tetralix* Eliason (Fig. 3c).

Anche a Settembre, i più alti valori di dominanza qualitativa sono presentati da Policheti (27,8%) ed Anfipodi (30,9%), seguiti dai Molluschi (19,8%); in particolare Policheti e Molluschi sembrano sostituire in profondità, a 15m (27,9% e 30,2% rispettivamente) ed a 25m (30,5 e 26,4%) gli Anfipodi, che dominano in superficie a 1m (45,2%) ed a 5m (55,3%) (Fig. 3d).

Sempre a Settembre, gli Anfipodi sono il taxon dominante dal punto di vista quantitativo (DI= 39,1%), insieme con Misidacei (24,4%) e Decapodi (16,1%), che risultano fortemente dominanti nelle stazioni superficiali. I Misidacei prevalgono a 1m (31,1%) con *Siriella clausii* Sars e *Mysidopsis gibbosa* Sars, ed i Decapodi a 5m (28,6%) con *Hippolyte longirostris* (Czerniavsky) e molti giovani di *Hippolyte* sp. Gli Anfipodi invece hanno lungo il transetto un andamento abbastanza regolare delle dominanze, soprattutto per la presenza di *A. spinicornis*, *A. chiereghinii*, *Dexamine spinosa* (Montagu) e *Caprella acanthifera discrepans* Mayer; a 15m, al valore minimo di DI per gli Anfipodi, corrisponde quello massimo per i Molluschi (67,8%), presenti soprattutto con *Turboella dolium* (Nyst), *T. radiata* e *R. ventricosa* (Fig. 3f).

Per quanto riguarda gli altri gruppi faunistici, è da rilevare l'assenza di Isopodi nelle stazioni superficiali, in entrambe le stagioni, ed il numero minore di individui e di specie in Settembre. Tra gli Echinodermi è da notare la distribuzione di *Asterina pancerii* (Gasco) che, sebbene rinvenuta lungo tutto il transetto in Febbraio, mostra un progressivo incremento dell'abbondanza con la profondità, mentre in Settembre è molto abbondante solo a 5m. Le altre specie di Echinodermi sono state rinvenute quasi esclusivamente a Febbraio, in profondità (15m e 25m).



**Fig. 3** - a, b) Andamento della ricchezza specifica e dell'abbondanza totale della fauna vagile lungo il transetto in Febbraio (a) e in Settembre (b). - c, d) Andamento delle Dominanze Qualitative (DQ) dei diversi taxa (Po= Policheti, Mo=Molluschi, An=Anfipodi, Is=Isopodi, Mi=Misidacei, De=Decapodi, Ec=Echinodermi) lungo il transetto a Febbraio (c) ed a Settembre (d). - e, f) Andamento della Dominanze Quantitative (DI) dei diversi taxa lungo il transetto a Febbraio (e) ed a Settembre (f).



## Discussione e conclusioni

In base all'analisi dei parametri fisico-chimici, quella di Porto Conte si caratterizza come una prateria di sito riparato con sedimenti eterometrici a forte componente biodetritica e alto contenuto in peliti, soprattutto nella sua porzione più superficiale (1-5m). Alla profondità di 5m sembra situarsi una zona di «cerniera» tra due aree della prateria, una superficiale e una profonda, che si distingue dalle altre per le particolari condizioni dinamiche del corpo d'acqua, verosimilmente in relazione all'esposizione e alla presenza dello scalino della «matte» a 3m. Ciò sembra influenzare anche la fisionomia della prateria e la fenologia delle piante che a questa profondità presentano il minimo di tutti i parametri considerati.

La fauna vagile presenta nel complesso una stagionalità spiccata, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo. In entrambe le stagioni esiste una evidente zonazione della fauna lungo il gradiente di profondità. In particolare, anche per la componente animale di strato foliare, nella prateria si possono distinguere due aree principali:

- superficiale, compresa tra 1m e 5m, caratterizzata da un regime idrodinamico molto ridotto. Questo, soprattutto in estate, può favorire l'instaurarsi di condizioni particolarmente stressanti di temperatura, ossigeno disciolto e/o altri parametri, agendo in modo selettivo su alcuni taxa;

- profonda, estesa dai 15m ai 25m, dove le condizioni idrodinamiche, pur sempre moderate, nonostante la presenza di correnti di fondo, inducono una maggiore stabilità ed uniformità del sistema, favorendo l'instaurarsi di un popolamento meglio strutturato, soprattutto in inverno.

Un andamento pressoché analogo è stato riscontrato anche a livello dei singoli taxa studiati nell'ambito di questa stessa prateria (GAMBI *et al.*-, in stampa; Russo *et al.*, in stampa; SCIPIONE & TARAMELLI, dati non pubblicati).

La zonazione della fauna vagile sembra quindi coerente con l'andamento dei parametri ambientali considerati.

## Summary

*A synthesis of three-year investigation on Posidonia oceanica bed in the Bay of Porto Conte (NW Sardinia) is reported. Water movement estimates, sediment characteristics, shoot density, and leaf features were measured along a depth-transect, at 1, 3, 5, 10, 15 and 25 m. Winter and summer samples of vagile fauna were also performed at depths of 1, 5, 15 and 25 m. Water movement and sediment characteristics account for very sheltered conditions, especially in the upper stands of the bed, where the silt and clay fraction is abundant and the carbonatic fraction is scarce. The shoot density decreased with depth, from a maximum of 800 sh./mq, at 1 m, to a minimum of 100 sh./mq, at 25 m.*

Vagile fauna consisted of 15, 616 individuals, divided into 228 species, belonging to the taxa of Polychaetes (959 ind.; 95 sp.), Molluscs (3,454; 37), Mysids (2,636; 7), Isopods (214; 10), Amphipods (5,575; 51), Decapods (2,051; 18), and Echinoderms (727; 10). From a qualitative point of view, Polychaetes, Amphipods, and Molluscs were respectively the dominant groups, while quantitatively Decapods and Mysids replace Polychaetes.

Differences in quantitative dominances and species composition, both along the transect and in the two seasons, account for a definite seasonal dynamic and a persistent depth-zonation of the community. In the shallow bed (1-5 m), the vagile fauna, submitted to a more stressful environment, is less diversified of that living in the deep prairie (15-25 m). The latter seems to be better structured in relation to a more uniform and stable environment. Data on macrobenthic fauna well agree with those on the prairie feature, and thus provide information about possible relationships between these two fundamental components of the *Posidonia oceanica* systems.

## Bibliografia

- BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A., OLIVIER J. (edit.) (1984) - International workshop on *Posidonia oceanica* beds. *GIS Posidonie Publ.*, 1: 1-454.
- GAMBI M.C., RUSSO G.F., CHESSA L.A. (1984) - Fioritura di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, in una prateria superficiale della Rada di Porto Conte (Sardegna Nord-occidentale). *Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari*, 14 (suppl.): 191-196.
- GAMBI M.C. (1986) - The field method of «plaster balls» for water movement estimates applied to *Posidonia oceanica* beds. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 30 (2): 253.
- GAMBI M.C., GIANGRANDE A., CHESSA L.A., MANCONI R., SCARDI M. (in stampa) - Distribution and ecology of Polychaetes in the foliar stratum of a *Posidonia oceanica* bed in the Bay of Porto Conte (N.W. Sardinia). *2nd Workshop on Posidonia oceanica Beds*, Ischia, 1985.
- GIRAUD G. (1977) - Contribution à la description et à la phenologie quantitative des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Thèse Univ. Aix-Marseille*: 1-150.
- MAZZELLA L., BUIA M.C., GAMBI M.C., LORENTI M., RUSSO G.F., SCIPIONE M.B. (1987) - Metodi di rilevamento «in situ» e loro utilità nello studio di alcuni sistemi bentonici costieri. *Atti VII Congr. AIOL, Trieste, 1986*. A. Miarelli Editore per AIOL: 483-502.
- MOLINIER R., PICARD J. (1952) - Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéenne français. *Ann. Inst. Oceanogr.*, 27 (3): 157-234.
- RUSSO G.F., FRESI E., VINCI D. (1985) - The hand-towed method for direct sampling in *Posidonia oceanica* beds. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 29 (6): 175-177.
- RUSSO G.F., CHESSA L.A., VINCI D., FRESI E. (in stampa) - Molluscs of *Posidonia oceanica* in the Bay of Porto Conte (North-western Sardinia): biogeographic distribution, zonation pattern and seasonal variability. *2nd. Workshop on Posidonia oceanica Beds*, Ischia, 1985.

L.A. CHESSA\*      M. SCARDI\*\*      S. SABA\*      E. FRESI\*\*\*

\* Istituto di Zoologia dell'Università, via Muroni 25, 07100 Sassari (Italia)

\*\* Stazione Zoologica di Napoli e BIOSERVICE SOC. Coop. a r.l.,  
vico S. Domenico 9, 80134 Napoli (Italia)

\*\*\* Dipartimento di Zoologia dell'Università,  
via Mezzocannone 8, 80134 Napoli (Italia)

**CONSUMATORI NELLE PRATERIE  
DI *POSIDONIA OCEANICA* (L.) DELILE:  
4. *LIOCARCINUS ARCUATUS* (LEACH, 1814),  
(DECAPODA BRACHYURA)**

**Abstract**

Consumers in *Posidonia oceanica* beds: 4. *Liocarcinus arcuatus*

*In the framework of a research program aimed at reconstructing energetic fluxes in the Posidonia oceanica meadows of the coast of Sardinia, the feeding ecology of the Crustacean Liocarcinus arcuatus was studied. The material was collected in a prairie near Alghero at shallow depth and the gut content of 197 specimens examined.*

*The results show that the species is an opportunist omnivore that occupies a quite stable trophic niche during the year, with some «seasonal adjustment».*

**Key-words:** Crustacea Decapoda, seagrass meadows, food chains.

**Introduzione**

L'alto grado di complessità trofica degli ecosistemi costituiti dalle praterie di Fanerogame marine, rende alquanto difficile l'analisi di quelle vie di trasferimento dell'energia che risultano più critiche nella regolazione delle proprietà strutturali e funzionali della comunità (NELSON, 1981). Ciò ha portato, spesso, in passato, a trascurare le interazioni tra i livelli intermedi e conseguentemente alla semplificazione della struttura trofica di tali ecosistemi secondo modelli decisamente lineari (DARNELL, 1958). Studi recenti (KIKUCHI & PÉRÈS, 1977; OTT & MAURER, 1977; NELSON, 1981; CHESSA *et al.*, 1982; ZUPI & FRESI, 1985), mettono in evidenza il notevole ruolo svolto dalla fauna associata a detti livelli, nel trasferimento dell'energia ai vertici della consumazione, sottolineando anche la complessità delle interazioni con le altre componenti del macrobenthos (WASSENBERG & HILL, 1987) e l'importanza dei detritivori.

Per quanto concerne la prateria di *Posidonia oceanica* la componente intermedia è costituita da un complesso faunistico alquanto eterogeneo sia dal punto

di vista tassonomico che trofico, ove un ruolo di primo piano nella regolazione dei flussi energetici è svolto dai Crostacei.

Partendo dalle considerazioni suddette abbiamo da tempo avviato un programma d'indagini volte a definire la struttura delle reti trofiche della fauna che popola la *Posidonia* della rada di Alghero (Sardegna). Il presente lavoro esamina, col metodo dello studio dei contenuti stomacali, la dieta di un Crostaceo Decapode della specie *Liocarcinus arcuatus* (Leach) che vive nella prateria superficiale.

Da una precedente ricerca a contenuto più generale (CHESSA *et al.*, 1982), è emerso che questa specie occupa la nicchia trofica degli onnivori-detritivori. Si è voluto con questo lavoro indagare ulteriormente sulle abitudini alimentari di *L. arcuatus*, tenuto conto che esso (come vari altri Decapodi della *Posidonia*) rientra, con molta probabilità, nella dieta di consumatori di rango più elevato.

## Materiali e metodi

Le raccolte sono state effettuate nella rada di Alghero (Fig. 1) di notte, a profondità comprese tra i 5 e 10 m, impiegando una rete a strascico denominata

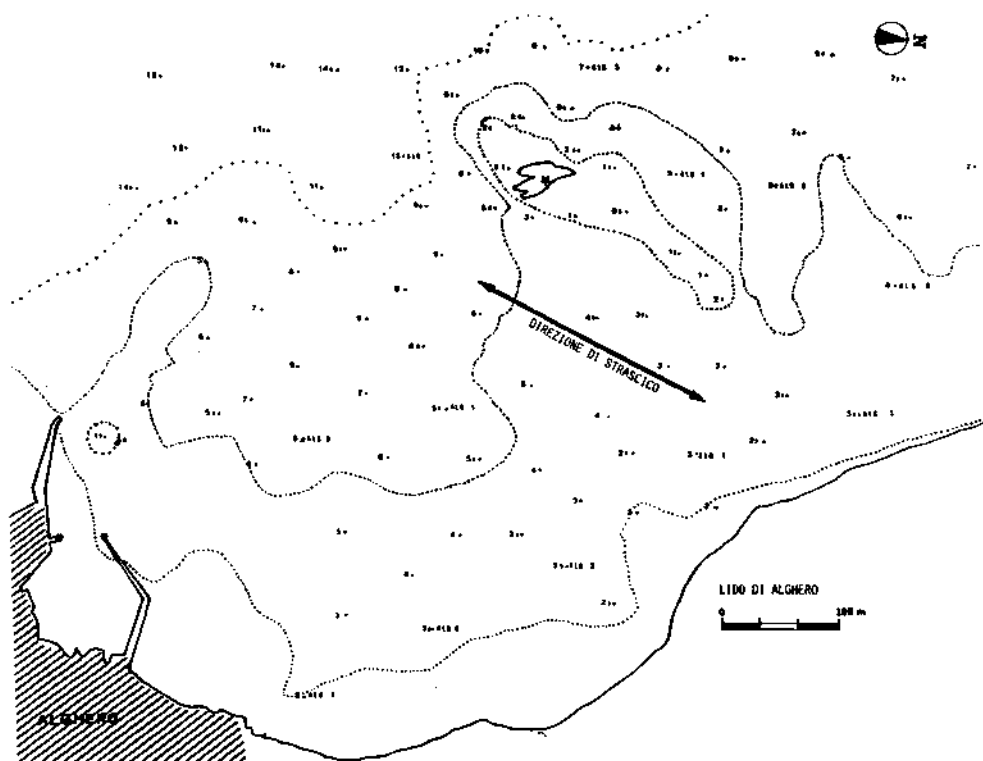


Fig. 1 - Zona di raccolta.

«gangano» larga 95 cm ed alta 50 cm, già altre volte utilizzata per lo stesso sito. Le campagne hanno interessato i seguenti periodi: 7/81, 10/81, 03/82, 05/82, 08/82, 11/82, con una ulteriore raccolta nel 07/84. In laboratorio si è proceduto alla enumerazione e classificazione del materiale raccolto. Su ogni esemplare sono stati poi determinati: sesso, stato genetico, lunghezza e larghezza del carapace. Il contenuto gastrico è stato identificato con la massima accuratezza possibile ed opportunamente classificato in categorie alimentari (items). La composizione delle taglie nei vari campioni, espressa come larghezza del carapace, è stata rappresentata mediante istogrammi di distribuzione delle frequenze.

Per l'analisi dei dati è stata utilizzata l' A.F.C. La codifica dei dati è stata effettuata in modo diverso per le analisi sulle classi di taglia e sui campioni. Nel primo caso si è fatto ricorso, per ogni item, alla media dei punteggi attribuiti agli individui appartenenti a ciascuna delle 6 classi di taglia, corrispondenti a larghezza del carapace da  $< 9$  mm fino a  $> 25$  mm, con un intervallo di classe di 4 mm. Nel secondo caso i dati sono stati espressi come presenza/assenza di ogni item in ognuno dei 7 campioni. Questo criterio è stato adottato anche per definire i campioni fittizi (Tab. 1), cioè corrispondenti a comportamenti trofici ipotetici. Tali campioni sono stati proiettati nello spazio fattoriale definito dai campioni reali, allo scopo di fungere da riferimento.

La significatività degli assi fattoriali è stata testata secondo il criterio proposto da FRONTIER (1974).

## Risultati

Sono stati globalmente raccolti 197 esemplari di *L. arcuatus* 113 dei quali maschi ed 84 femmine (sex-ratio 1,34:1).

La larghezza del carapace oscilla tra 6 e 32 mm, con valore medio più basso nel campione di luglio '81 (13,3 mm) e più alto in quello di agosto '82 (29,6 mm). Le taglie più frequentemente riscontrate sono comprese tra 13 e 25 mm (Fig. 2) e nessuna differenza significativa è stata osservata fra i due sessi. Femmine ovigere erano presenti nei campioni di marzo e maggio.

Su 197 stomaci esaminati, solo 4 erano vuoti. È stato possibile identificare i 15 seguenti items (vedi Tab. 1), elencati in ordine decrescente di frequenza: Esubie di Crostacei (73,1%); Detrito animale (72,1 % ); *Posidonia* morta (36,5%); Alghe pluricellulari (32,4%); *Posidonia* viva (23,3%); Detrito inorganico (22,3%); Uova e Larve (15,7%); Didemnidi (6,6%); Foraminiferi (4,6%); Briozoi (4,1%); Spicole Calcisponge (2,5%); Copepodi Arpacticoidi (2,5%); Parti scheletriche di Echinodermi (2,0%); Acari (1,0%); Scaglie di Pesci (1,0%).

Sulla base dei valori di frequenza (Tab. 1), le varie categorie di cibo possono essere suddivise in tre gruppi, al primo appartengono quelle ad alta ricorrenza di tipo esclusivamente animale, cioè CR ed MA, presenti in più del 70% dei casi; del secondo gruppo fanno parte cibi di varia origine con valori di frequenza compresi tra il 36% ed il 16%, cioè PM, AP, PV, ID ed UL; infine al terzo gruppo

Tab. 1 - Componenti della dieta di *Liocarcinus arcuatus*: nelle due ultime colonne a destra, sono codificati, come presenza/assenza gli items fittizi di due campioni ipotetici, attivi rispettivamente nel detrito e sulle foglie di *Posidonia* (per la descrizione vedi testo). Le sigle corrispondono a quelle del testo e delle figure.

Componenti della dieta	Sigla	%	Items fittizi	
			Detrito	Foglie
<b>Esuvie di Crostacei</b>	<b>CR</b>	<b>73,1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Detrito animale</b>	<b>MA</b>	<b>72,1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Posidonia</i> morta	PM	36,5	1	1
<b>Alghe pluricellulari</b>	<b>AP</b>	<b>32,4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<i>Posidonia</i> viva	PV	23,3	0	1
<b>Detrito inorganico</b>	<b>ID</b>	<b>22,3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Uova e larve</b>	<b>UL</b>	<b>15,7</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Didemnidi</b>	<b>DI</b>	<b>6,6</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Foraminiferi</b>	<b>FO</b>	<b>4,6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Briozoi</b>	<b>BR</b>	<b>4,1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Spicole di Calcisponge</b>	<b>SC</b>	<b>2,5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Copepodi Arpacticoidi</b>	<b>HA</b>	<b>2,5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Parti scheletriche di Echinodermi</b>	<b>EC</b>	<b>2,0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Acari</b>	<b>AC</b>	<b>1,0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Scaglie di Pesci</b>	<b>PE</b>	<b>1,0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

appartengono i restanti 8 items tutti di tipo animale ma poco frequenti (valori al di sotto del 7%) o rari, cioè DI, FO, BR, SC, HA, EC, AC. Nessuna differenza nella qualità della dieta è stata riscontrata tra i due sessi.

Nell'AFC effettuata per le 6 classi di taglia e per i 15 contenuti gastrici (Fig. 3), solo il primo asse è significativo ed assorbe il 46,83% dell'inerzia totale. I punti che rappresentano le classi di taglia sono disposti lungo l'asse F1 con la prima classe (< 9 mm) verso il polo positivo, la 2<sup>a</sup> classe (< 13 mm) in posizione quasi baricentrica, ma con saturazione sempre positiva, e le altre ordinate nella porzione negativa. I punti-taglia da < 17 a > 25 mm (Fig. 3) appaiono inoltre separati lungo il 2° asse.

Nell'ordinamento degli items HA ed AC si dispongono all'estremità positiva del 1° asse fattoriale, mentre AP risulta più spostato verso il centro. MA e PM presentano un ordinamento alquanto baricentrico, mentre la maggior parte delle altre categorie alimentari quali PV, CR, ID, SC, risultano disposte nello

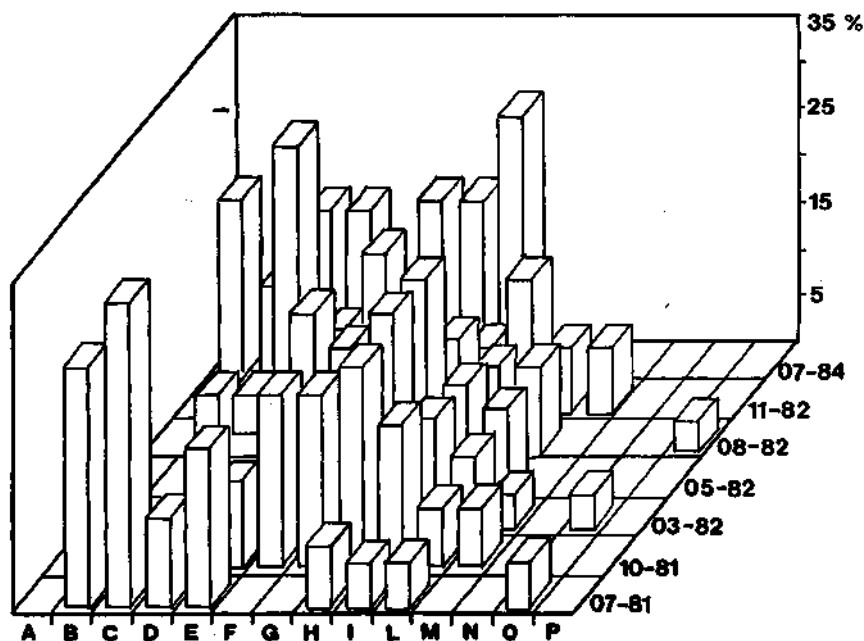


Fig. 2 - Istogramma di distribuzione delle frequenze (%) del parametro « larghezza del carapace ». Le lettere da « A » a « P » indicano intervalli di classe di 2 mm, con A < 7 mm e P < 33 mm. Lungo l'asse obliquo sono indicati i periodi di raccolta.

■ BR

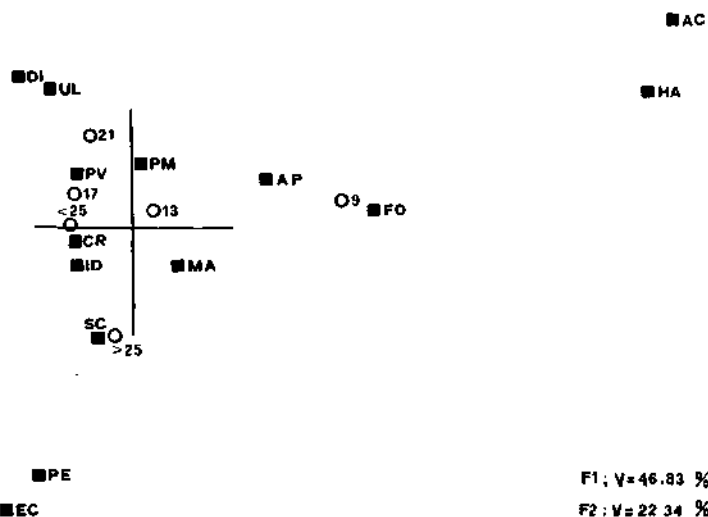


Fig. 3 - Analisi Fattoriale delle Corrispondenze: modello di ordinamento dei « punti-taglia (O) » (6 classi) e dei « punti-items » (■).  
Classi di taglia (mm): 9 (≤ 9); 13 (≤ 13); 17 (≤ 17); 21 (≤ 21); < 25 (≤ 25); > 25 (> 25).

spazio negativo di F1 e formano una nuvola allungata parallela al 2° asse, pressoché corrispondente a quella dei punti-taglia.

Nell' A.F.C. condotta tra i vari campioni (7 reali + 2 fittizi) ed i 15 tipi di dieta (Fig. 4) i primi due fattori sono entrambi significativi e spiegano rispettivamente il 37,47% ed il 26% dell'inerzia totale del sistema. Per quanto attiene l'or-

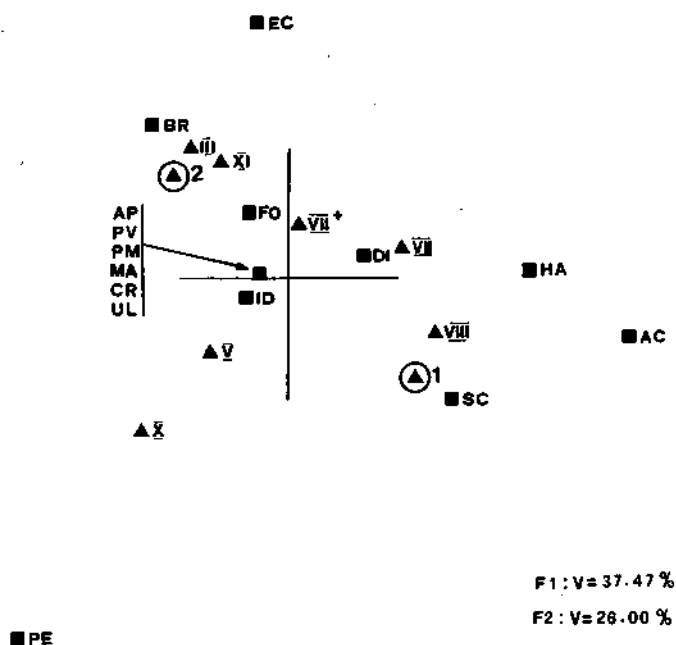


Fig. 4 - Analisi Fattoriale delle Corrispondenze: modello di ordinamento dei «punti-campione» (▲) e dei «punti-items» (■).

Campioni: VII (Luglio '81); X (Ottobre '81); III (Marzo '82); V (Maggio '82); VIII (Agosto '82); XI (Novembre '82); VII\* '84.

1⊙: Campione fittizio di individui supposti attivi nel detrito della prateria.

2⊙: Campione fittizio di individui supposti attivi nello stato fogliare della *Posidonia*.

dinamento dei campioni, il primo asse fattoriale oppone essenzialmente le raccolte estive (le due di luglio più quella di agosto), ordinate nello spazio positivo, a quelle autunnali ed invernali (ottobre, novembre, marzo), ordinate invece nello spazio negativo (qui si dispone anche la raccolta di maggio).

Il secondo fattore oppone essenzialmente le raccolte di marzo ed ottobre, che si ordinano rispettivamente nella porzione positiva ed in quella negativa. I due campioni fittizi, cioè il n° 1, relativo ad ipotetici individui più attivi nel detrito ed il n° 2, relativo invece ad individui supposti più attivi nelle foglie, si dispongono rispettivamente nella porzione positiva ed in quella negativa del primo asse.



Circa le componenti della dieta si osserva l'opposizione nel primo asse di categorie quali DI, SC, HA ed AC, ordinate nella porzione positiva, rispetto a BR ed FO ordinate invece in quella negativa. Si sottolinea inoltre l'ordinamento fortemente baricentrico degli items AP, PV, PM, MA, CR, UL, a cui va aggiunto ID. Per quanto attiene il 2° asse, notare la netta opposizione tra EC e PE, che si ordinano rispettivamente all'estremità positiva e negativa di detto asse fattoriale.

## Discussione

Nel modello di Fig. 3 il primo asse descrive le variazioni della dieta legate all'accrescimento. Sebbene nella popolazione le preferenze alimentari non appaiano sostanzialmente diverse, è rimarchevole la presenza, in individui di piccola taglia ( $< 9$  mm), di prede quali HA ed AC accanto ad AP ed FO. Le taglie intermedie ( $< 13$  mm) appaiono maggiormente caratterizzate da componenti quali MA e PM sebbene si riscontrino ancora AP. Negli esemplari delle classi di taglie superiori si osserva una varietà maggiore di componenti, quali BR, DI, UL, PV, CR, ID e SC, non mancano però quelle più tipiche delle classi di taglia intermedie, quali PM ed MA. Qualche differenza sembra esistere nella dieta degli individui delle classi di taglia comprese tra la 3° ( $< 21$  mm) e la 6° ( $> 25$  mm), queste infatti si trovano in opposizione sul 2° asse, ma come detto, tale asse non è significativo.

Nell'altro modello di ordinamento di Fig. 4, il primo asse, che separa i campioni estivi da quelli autunnali ed invernali, esprime essenzialmente la tendenza della specie a variare stagionalmente la propria dieta. Va però rimarcato che l'ordinamento baricentrico delle categorie di cibo più rappresentate, cioè CR, MA, PM, AP, PV, UL ed ID, rende tale tendenza alquanto sfumata. Con molta probabilità quindi la dieta base di *L. arcuatus* resta la stessa nel corso dell'anno. Tuttavia è altresì evidente che d'estate si ritrovano, accanto alle componenti standard della dieta, categorie quali HA ed AC oltre a DI ed SC, mentre in autunno-inverno questi sono vicariati da BR e FO.

L'ipotesi di stagionalità nell'alimentazione di questa specie pare in accordo con le ben note modificazioni che subisce la prateria di *Posidonia* nel corso dell'anno: infatti d'estate c'è notevole accumulo di detrito fogliare sul fondo e questa situazione sembra riflettersi nella dieta di *L. arcuatus*, che in tale periodo comprende anche cibi provenienti dal detrito, quali appunto SC e DI. Viceversa in autunno e soprattutto d'inverno, quando l'effetto del moto ondoso rimuove dal fondo l'eccesso di detrito determinandone lo spiaggiamento, il Crostaceo ricercerebbe il proprio cibo anche nello strato fogliare, attività messa in evidenza dal ritrovamento nei contenuti stomacali di items particolari quali BR e FO.

Nella ricerca di una conferma a questa ipotesi, abbiamo deciso di proiettare, nello stesso modello di ordinamento (Fig. 4), i due punti-campione fittizi.

Osservandone la relativa disposizione, è rimarchevole sottolineare come il punto n° 1, che rappresenta, ricordiamolo, la dieta di ipotetici individui attivi nel detrito, si vada a collocare in uno spazio contenente le osservazioni estive, mentre viceversa, il punto n° 2 che rappresenta la dieta di individui supposti più attivi nello strato fogliare, si ordini in uno spazio che compete ai campioni invernali. Dall'esame dell'ordinamento di tali punti è inoltre possibile verificare l'accordo tra i campioni reali e quelli fittizi, ivi comprese le situazioni intermedie, ad es. il campione d'agosto sembra quello più vicino al comportamento detritivoro, mentre quelli di novembre e marzo sono certamente in accordo con un'attività a livello di strato fogliare.

### Conclusioni

I risultati della presente ricerca ci fanno ritenere che il Crostaceo Decapode *L. arcuatus* scelga il proprio cibo in un ampio spettro di categorie alimentari, consumando in larga misura detrito sia di origine animale che vegetale: in tale contesto grande importanza assume il detrito di *Posidonia*. Resta tuttavia da appurare se il mancato ritrovamento, in questa specie, di porzioni più o meno integre di prede animali, sia da attribuirsi all'attività triturante del suo apparato

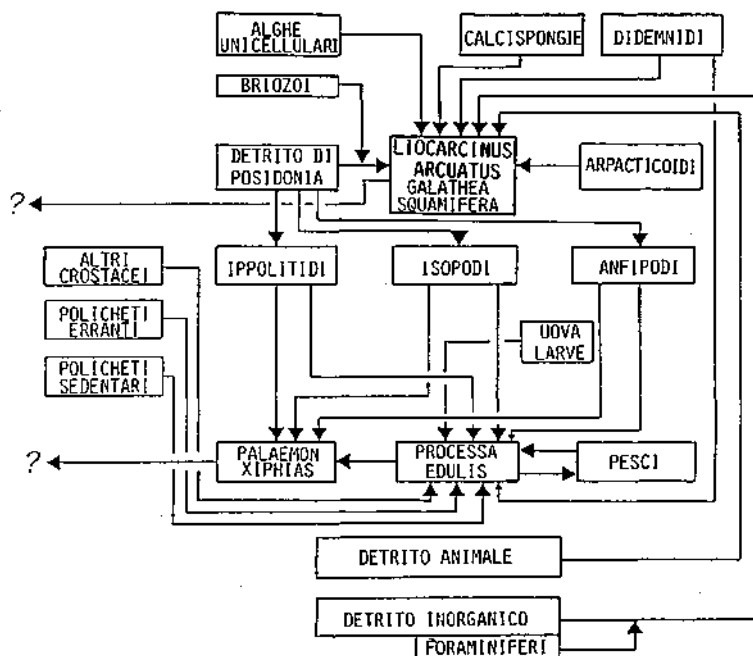


Fig. 5 - Posizione di *Liocarcinus arcuatus* e *Galathea squamifera* nella rete trofica (principalmente dei Crostacei) dell'ecosistema *Posidonia*: notare la corrispondenza tra le due specie.

masticatorio o piuttosto ad un'attività detritivora «sensu strictu». Se si considera che, esclusi gli items HA ed AC, nessun cibo animale integro è stato osservato nei contenuti stomacali di *L. arcuatus*, i dati in nostro possesso ci portano decisamente a sostenere la seconda ipotesi. Un'attività di predazione modesta appare invece più probabile nei giovani (i soli a presentare i suddetti items).

Non è stata riscontrata nessuna differenza nell'alimentazione tra i due sessi. La dieta tende invece a diversificarsi col variare della taglia, ma si tratta di una tendenza ben evidente solo negli individui fino a 21 mm.

Sono state infine notate alcune differenze stagionali nell'alimentazione: in particolare, quella estiva sembra indicare una maggiore attività della specie nel detrito di *Posidonia*, mentre quella invernale dimostra un'attività anche a livello di strato fogliare.

Sulla base di quanto emerso dalla presente ricerca, la specie *L. arcuatus* sembra rivestire un ruolo trofico corrispondente a quello già da noi indicato per *Galathea squamifera* (Fig. 5), (CHESSA *et al.*, in stampa). Si tratterebbe quindi di un onnivoro alquanto opportunistico appartenente ai livelli trofici intermedi che può, come tale, contribuire al trasferimento diretto dell'energia ai vertici della consumazione, nonché favorire lo smaltimento e la parcellizzazione del **detrito di *Posidonia***.

## Summary

*This work is a part of a wider research program aimed at defining the mechanisms by which the organic energy in Posidonia oceanica beds is transferred from lower to higher consumer levels. Previous studies have demonstrated the importance of the fauna associated to the intermediate levels and the central role played by Crustacea, but little is known about the pathways within these levels.*

*In this study an attempt was made to define better the feeding behaviour and the trophic level of Liocarcinus arcuatus, a specie common in the shallow Posidonia oceanica prairies at night. The gut contents of 197 specimens of both sexes caught over the period of a year in a Posidonia prairie near Alghero (Sardinia) were examined and identified in laboratory, at the lowest possible taxonomic level, and the carapace width of each crab was recorded.*

*Data analysis was carried out by Factorial Analysis of Correspondence (FAC) between food items and periods of the year as well as between food items and six size classes. To investigate the similarity between the real diet and the diet of two assumed samples of individuals active on the detritus of the prairie and leaves respectively, two simulated points were projected in the period/items FAC model.*

*Fifteen food items were found, the frequencies of which ranged from 1% to 73.1%. The most abundant items were exoskeletal parts of Crustacea (73.1%) and animal detritus (72.1%), followed by detrital Posidonia (36.5%), pluricellular algae and living Posidonia (23.3%).*

*The result showed that L. arcuatus is an omnivorous species that feeds abundantly on animal and vegetal detritus, particularly Posidonia detritus. The presence of living prey was very rare. No difference between sex was detected on food preferences, but the diet tended to vary with size and seasons: in particular, during summer the species seems more active at «detritus-level», while, during winter there seemed to be a non-negligible activity at «shoot-level».*

## Bibliografia

CHESSA L.A., FRESI E., SOGGIU L. (1982) - Primi dati sulla rete trofica dei consumatori in una prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 50 (Suppl.): 156-161.

CHESSA L.A., SCARDI M., FRESI E., SABA S. (in stampa) - Consumers in *Posidonia oceanica* beds: 2. *Galathea squamifera* Leach (Decapoda, Anomura). *Atti 2nd International Workshop on Posidonia oceanica Beds*, Ischia 7-11 Ottobre 1985.

DARNELL R. (1958) - Food habits of Fishes and larger Invertebrates of Lake Pontchartrain, Louisiana, an estuarine community. *Pubbl. Inst. Mar. Sci., Univ. Texas*, 5: 353-416.

FRONTIER S. (1974) - Contribution à la connaissance d'un ecosystème néritique tropical: étude descriptive et statistique du peuplement zooplanctonique de la région de Nosy-Bé (Madagascar). *Thèse Doct. Univ. Aix-Marseille*: 1-628.

KIKUCHI T., PÉRÈS J.M. (1977) - Consumers Ecology of Seagrass Beds. In: Mc Roy P. & Helfferich C. (eds), *Seagrass Ecosystems*. New York: 147-193.

NELSON W.G. (1981) - The role of predation by Decapod Crustaceans in Seagrass ecosystems. *Kieler Meeresforsch.*, 5: 529-536.

OTT. J.A., MAURER L. (1977) - Strategies of energy transfer from marine macrophytes to consumers levels: The *Posidonia oceanica* example. In: B.F. Keegan, P.O. Ceidigh & P.J.S. Boaden (eds), *Biology of benthic organisms*. Pergamon Pres, Oxford: 493-502.

WASSENBERG T.J., HILL B.J. (1987) - Feeding by the sand crab *Portunus pelagicus* on material discarded from prawn trawlers in Moreton Bay, Australia. *Marine Biology*, 95: 387-393.

ZUPI V., FRESI E. (1985) - A study on the food web of the *Posidonia oceanica* (L.) Delile ecosystem: analysis of the gut contents of Decapod Crustaceans. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 29 (5): 189-192.

C. CORAZZA

M. MISTRI

V.U. CECCHERELLI

Istituto di Zoologia, Via L. Borsari 46, 44100 Ferrara (Italia)

## OSSERVAZIONI PRELIMINARI SULLA DINAMICA SPAZIO-TEMPORALE DELLE COMUNITÀ MACROBENTONICHE DELLA SACCA DI GORO (DELTA DEL PO)

### Abstract

Preliminary observations on macrobenthic communities of the Sacca di Goro, a lagoon of the Po River Delta

*A comparative analysis of structure and dynamics of macrobenthic communities in three zones of the Sacca di Goro, a shallow-water embayment of the Po River Delta, showed that, in spite of the occurrence of sometimes severe eutrophication phenomena, this environment seems to favour the adaptive strategies of tolerant species rather than those of r-selected species.*

**Key-words:** Benthos, communities, brackish-water, Adriatic Sea.

### Introduzione

La Sacca di Goro (Fig. 1) è una baia deltizia situata nella parte più meridionale del Delta del Po (Alto Adriatico). Ha una superficie di 32 km<sup>2</sup> e una profondità media di circa 1,5 m. Comunica a sud con il mare attraverso una bocca larga circa 2,5 km. Riceve apporti d'acqua dolce principalmente dal ramo del Po di Goro, tramite canali che ne tagliano l'argine destro e dal Po di Volano che vi sfocia direttamente. Questo tipico ambiente deltizio è particolarmente interessato da fenomeni di eutrofizzazione, la cui frequenza sembra essere aumentata negli ultimi anni.

In particolare sono divenute ricorrenti le anossie sul fondo, che fanno seguito ad episodi di distrofia, e che talvolta sono causa di defaunazione dei sedimenti. GRAY (1981) definisce questo tipo di effetti sugli organismi come «disturbanza». In un ambiente soggetto soprattutto a «forte disturbanza», le comunità bentoniche dovrebbero essere dominate da specie opportuniste, r-strategie. Quando i fenomeni di perturbazione ambientale sono invece tali da

incidere semplicemente sulla produttività degli individui, possono essere definiti come fattori di «stress». In un ambiente soggetto a «forte stress» ma a «bassa disturbanza» diventerebbe allora rilevante il ruolo delle specie tolleranti.

In questa nota sono presentati i risultati preliminari di una ricerca che ha come obiettivo l'analisi della struttura e della dinamica temporale delle comunità bentoniche della sacca; queste infatti, più di altre componenti biotiche, permettono di evidenziare gli effetti delle perturbazioni ambientali dovute all'eutrofizzazione (PEARSON & ROSENBERG, 1978).

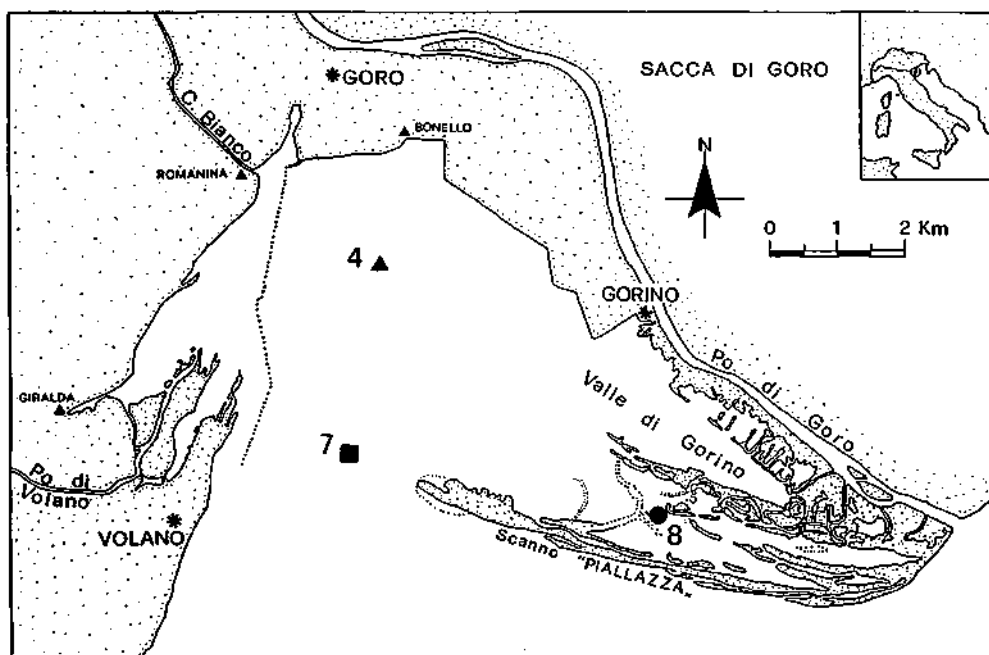


Fig. 1 - Carta della Sacca di Goro e stazioni di rilevamento.

## Materiali e metodi

Il campionamento è stato effettuato nelle tre stazioni indicate nella Fig. 1. Ogni stazione è stata scelta come rappresentativa di una più ampia area della sacca con caratteristiche ambientali omogenee. La St. 7 è situata sullo scanno sabbioso sommerso in prossimità della bocca a mare. La St. 4, la più profonda, è invece posta nella zona centrale della laguna su sedimento fangoso e le sue caratteristiche rispecchiano le condizioni generali della maggior parte della sacca. La St. 8, infine, è localizzata nell'area meno interessata dall'influenza del mare (Valle di Gorino), su di un sedimento misto argilloso-sabbioso.

L'andamento dei parametri fisico-chimici delle acque è stato studiato parallelamente, con prelievi mensili. Sul fondo di tutte le stazioni, la temperatura è

scesa a valori particolarmente bassi (circa 3-5 °C) nel febbraio 1985 in relazione ad un inverno eccezionalmente rigido. La salinità ha mostrato valori mediamente minori nella St. 8 ( $13,8 \pm 5,2\%$ ), direttamente interessata dagli apporti di acqua dolce del Po di Goro; la St. 4 e la St. 7 hanno presentato salinità medie annuali rispettivamente di  $24,1 \pm 7,8\%$  e  $22,8 \pm 6,1\%$ . I valori di concentrazione di ossigeno e di clorofilla-a sono apparsi più elevati nella Valle di Gorino (St. 8), in particolare quelli di saturazione percentuale di ossigeno, probabilmente anche grazie al notevole sviluppo delle macrofite sommerse (*Ulva rigida*, *Gracilaria verrucosa*, *Ruppia cirrhosa*). Le altre due stazioni, ed in particolare la St. 4, hanno presentato invece accentuate sottosaturazioni soprattutto durante i mesi di agosto e settembre (St. 7: 72%; St. 4: 48%).

Il macrobenthos è stato campionato in 5 date, dal marzo 1984 al marzo 1985, con cadenza all'incirca trimestrale. In ogni stazione ed ad ogni data sono state raccolte 16 carote-replica distribuite, ad una distanza reciproca di circa 0,40 m, su 4 transetti paralleli distanziati, a loro volta, di circa 3 m l'uno dall'altro. È stato impiegato un carotatore a flusso idraulico (Van ARKEL & MULDER, 1975) con un'area di prelievo di 0,02 m<sup>2</sup>. Il materiale raccolto è stato filtrato su maglie da 1 mm. I dati di conteggio degli organismi rinvenuti sono serviti per valutare l'efficacia del metodo di campionamento per il totale degli individui e per quelli delle singole specie. È stata effettuata un'analisi della varianza (ANOVA) ad una via fra transetti per stimare la variabilità di dispersione degli organismi. La valutazione del numero minimo di campioni necessari ad una stima affidabile della densità media degli individui, a meno di un errore dato del 25%, è stata condotta tramite la formula di ELLIOTT & DRAKE (1981).

Campioni di individui di ciascuna specie, suddivisi in opportune classi di taglia, sono stati utilizzati per la determinazione dei pesi secchi privi di ceneri, essiccando prima in stufa a ventilazione a 105 °C per 48 h e bruciando poi in muffola a 700 °C per 2 h. Le medie geometriche di densità e quelle aritmetiche di biomassa, riportate all'unità di superficie, sono state utilizzate separatamente per l'ordinamento dei prelievi stazioni-date tramite Analisi Fattoriale delle Corrispondenze (AFC). La classificazione gerarchica sia dei prelievi che delle specie è stata condotta tramite Analisi dei Clusters sulla matrice di stato sia in moda Q che in moda R, tralasciando le specie meno rappresentate (matrice di similarità: coefficiente di correlazione per ranghi di Spearman; algoritmo di aggregazione: LANCE & WILLIAMS (1967), con  $p = -0,25$ ).

## Risultati

L'ANOVA sui dati di conteggio ha evidenziato, in generale, una variabilità fra transetti non significativamente maggiore di quella fra singole repliche; indicando che queste ultime vanno considerate come subcampioni indipendenti e rilevando l'esistenza di un'aggregazione fra organismi macrobentonici su una scala di alcuni centimetri quadrati. In funzione della variabilità riscontrata, il

numero minimo di campioni necessario ad una stima delle densità medie con un errore del 25% è risultato generalmente inferiore alle 16 repliche nella St. 7 (per es.,  $5,6 \pm 0,8$  repliche per le abbondanze totali) e nella St. 8 ( $14,2 \pm 3,7$  repliche per le abbondanze totali), mentre è apparso superiore nella St. 4 ( $27,1 \pm 10,5$  repliche per le abbondanze totali): ciò probabilmente a causa delle basse densità ivi registrate. Un maggior sforzo di campionamento, però, difficilmente sarebbe stato adeguatamente compensato dall'incremento di precisione dei dati.

Dall'AFC condotta sui valori di densità di 27 delle 50 specie rinvenute risulta un modello di ordinamento (Fig. 2A) nel quale i primi due assi assorbono rispettivamente il 49,8% ed il 23,0% dell'inerzia totale del sistema. Il test di FRONTIER (1974) per la significatività degli assi, prevede per l'asse 1 un valore del 22,1%; inoltre l'inerzia dell'asse 2 è pari al 45,8% della varianza residua, contro un valore atteso del 23,2%: gli assi sono quindi entrambi significativi. Lungo il primo asse si evidenzia una contrapposizione fra tutti i prelievi stazione-data eseguiti nella St. 8 (Valle di Gorino) e quelli eseguiti nella St. 7 (bocca a mare); il secondo asse mostra una diversificazione, meno accentuata, tra i prelievi del centro-sacca (St. 4) e quelli «marini»: il gradiente spaziale appare dominante su quello temporale nella strutturazione delle comunità macrobentoniche della sacca.

L'AFC condotta sui valori di biomassa media/m<sup>2</sup> di 28 specie consente di ottenere un modello di ordinamento in cui i primi due assi assorbono complessivamente il 64,8% dell'inerzia totale del sistema: dato, però, che esso non fa che confermare quanto già ottenuto coi dati di densità, si è preferito rappresentare il modello degli assi 2 e 3 (Fig. 2B), che hanno contributi rispettivi all'inerzia totale del 28,5% e del 13,2% e sono entrambi significativi (varianza residua rispettivamente spiegata: 44,7% e 37,4%; valori attesi: 23,2% e 24,5%). Questo modello evidenzia una certa evoluzione stagionale delle comunità nella St. 7 e nella St. 8 ma non all'interno della St. 4: infatti, la biocenosi di quest'ultima, in termini di biomassa, è sempre dominata dal Bivalve *Scapharca inaequivalvis*.

La Tab. 1 risulta dal confronto fra l'analisi dei clusters dei campioni e delle specie ottenuti sulla base della matrice di stato delle densità. Essa mette in evidenza 3 gruppi di prelievi rispettivamente corrispondenti ad ognuna delle tre stazioni; ognuno di questi è poi caratterizzato da un particolare raggruppamento di specie che può considerarsi come l'associazione specifica tipica di quella determinata stazione. La St. 8 appare dominata numericamente dal microgastropode *Hydrobia* sp., accompagnato dalle larve del Dittero *Chironomus salinarius* e da diverse specie di Crostacei Anfipodi ed Isopodi; queste sono probabilmente legate alla presenza di macrofite sommerse. La St. 7 e la St. 4 sono caratterizzate invece da comunità a Policheti e Bivalvi: nella prima risulta abbondante *Polydora ciliata*, seguita da *Nereis succinea*; nella seconda *Streblospio shrubsolei* è largamente dominante. Nella stazione sulla bocca a mare è importante notare la presenza esclusiva di alcune specie di Bivalvi (*Lentidium mediterraneum*, *Tapes decussatus* e *Venerupis aurea*) che sottolineano il carattere «marino» della comunità di quest'area della sacca.



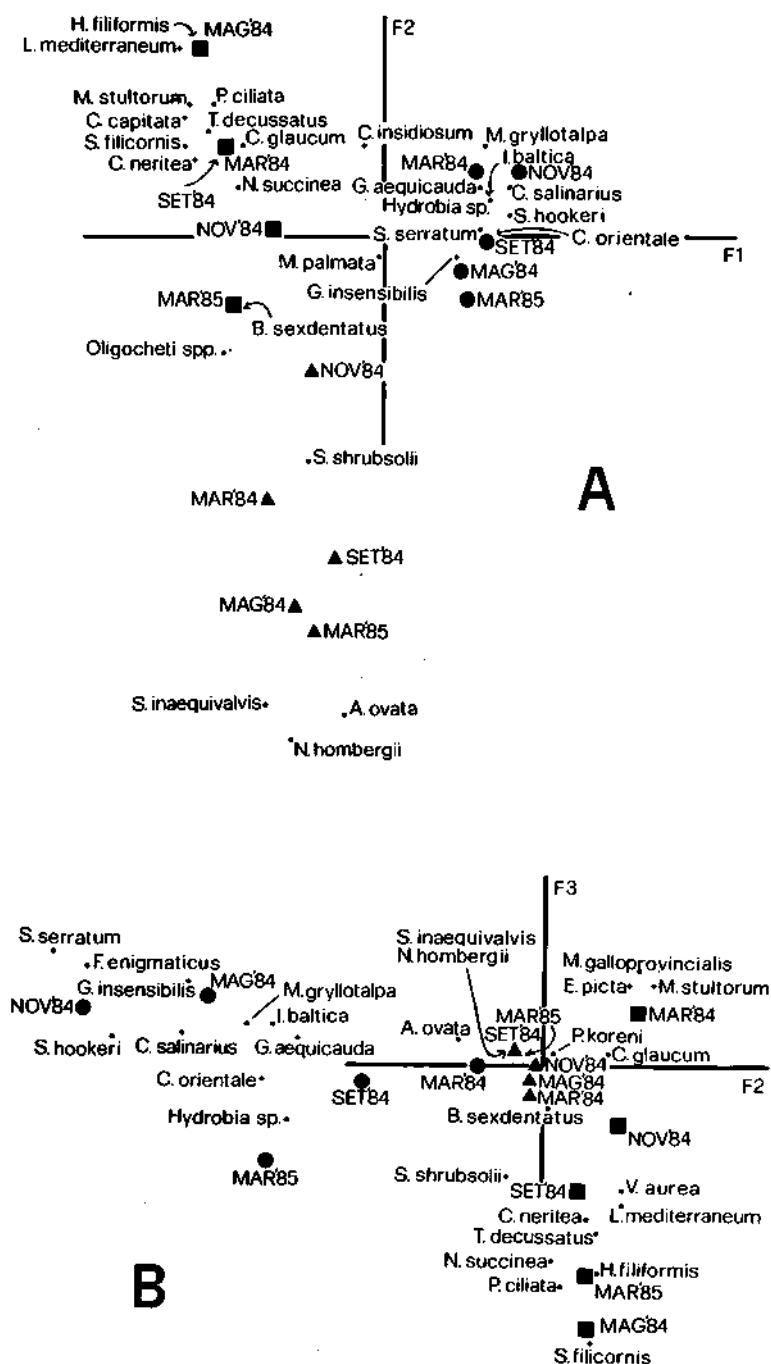


Fig. 2 - Modelli di ordinamento relativi all'Analisi Fattoriale delle Corrispondenze; A: ordinamento dei dati di densità (medie geometriche); B: ordinamento dei dati di biomassa/m<sup>2</sup> (medie aritmetiche). ▲: St. 4; ■: St. 7; ●: St. 8.

Tab. 1 - Confronto tra i «clusters» dei prelievi e delle specie individuati dai rispettivi dendrogrammi di classificazione dei valori di densità. Sono riportati per ciascun raggruppamento di prelievi: le medie geometriche delle densità di specie e quelle delle densità totali ( $n = 80$ ); le abbondanze percentuali specifiche; il numero totale di specie rinvenute; le medie degli indici di diversità di Shannon ( $H'$ ) e di equiripartizione di Pielou ( $f$ ). Con «0,00» si indicano valori  $< 0,01$ ; il trattino indica assenza della specie.

	A					B					C				
	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	4	4	4	4	4
	mar '84	mag '84	set '84	nov '84	mar '85	mar '84	mag '84	set '84	nov '84	mar '85	mar '84	mag '84	nov '84	mar '85	set '84
	$\bar{N}/m^2$		%			$\bar{N}/m^2$		%			$\bar{N}/m^2$		%		
Attiniari spp.	3,1		0,02			7,8		0,1			0,5		0,02		
<i>Corophium insidiosum</i>	71,1		0,4			52,1		0,5			0,2		0,01		
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	153,1		0,8			3,8		0,03			1,2		0,1		
<i>Gammarus insensibilis</i>	3,8		0,02			0,4		0,00			0,3		0,01		
<i>Melita palmata</i>	3,9		0,02			2,5		0,02			-		-		
<i>Hydrobia</i> sp.	12437,0		63,1			784,2		7,0			58,6		2,3		
A <i>Chironomus salinarius</i>	2644,0		13,5			0,7		0,01			-		-		
<i>Sphaeroma serratum</i>	5,6		0,03			0,3		0,00			-		-		
<i>S. hookeri</i>	62,0		0,3			0,5		0,00			-		-		
<i>Gammarus aequicauda</i>	7,3		0,04			0,3		0,00			-		-		
<i>Idothea baltica</i>	3,1		0,02			-		-			-		-		
<i>Corophium orientale</i>	1535,0		7,8			1,1		0,01			0,6		0,02		
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	65,3		0,3			0,5		0,00			1,3		0,1		
<i>Cyclope neritea</i>	-		-			20,1		0,2			1,7		0,1		
<i>Balanus improvisus</i>	0,4		0,00			207,1		1,8			0,4		0,01		
<i>Mactra stultorum</i>	-		-			12,2		0,1			0,3		0,01		
<i>Lentidium mediterraneum</i>	-		-			14,2		0,1			-		-		
<i>Tapes decussatus</i>	-		-			4,6		0,04			-		-		
<i>Nereis succinea</i>	234,7		1,2			1728,0		15,4			21,0		0,8		
B <i>Polydora ciliata</i>	546,6		2,8			5631,0		50,1			225,4		8,9		
<i>Cerastoderma glaucum</i>	90,3		0,5			456,1		4,1			17,9		0,7		
<i>Spio filicornis</i>	-		-			238,4		2,1			35,8		1,4		
<i>Capitella capitata</i>	0,5		0,00			22,8		0,2			1,1		0,04		
Oligocheti spp.	6,2		0,03			52,1		0,5			48,0		1,9		
<i>Venerupis aurea</i>	-		-			1,7		0,01			-		-		
<i>Upogebia pusilla</i>	-		-			0,3		0,00			-		-		
<i>Scapharca inaequivalvis</i>	-		-			1,7		0,01			7,8		0,3		
<i>Heteromastus filiformis</i>	0,3		0,00			102,7		0,9			8,6		0,3		
<i>Paraonis lyra</i>	-		-			-		-			0,4		0,01		
<i>Pectinaria koreni</i>	-		-			0,7		0,01			1,1		0,04		
<i>Streblospio shrubsolii</i>	1803,0		9,2			1895,0		16,8			2096,0		82,4		
C <i>Abra ovata</i>	1,1		0,01			-		-			3,6		0,1		
<i>Nephtys hombergii</i>	-		-			-		-			9,8		0,4		
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	-		-			0,3		0,00			0,3		0,01		
<i>Owenia fusiformis</i>	-		-			0,3		0,00			0,3		0,01		
<i>Brachynotus sexdentatus</i>	-		-			0,9		0,01			0,6		0,02		
$\bar{N}$ tot./m <sup>2</sup> $\pm$ d.s.	21677 $\pm$ 1,49					13303 $\pm$ 1,37					2198 $\pm$ 2,60				
n.sp.	27					36					34				
$H' \pm$ d.s.	1,76 $\pm$ 0,43					2,05 $\pm$ 0,52					1,39 $\pm$ 1,04				
$J' \pm$ d.s.	0,41 $\pm$ 0,10					0,46 $\pm$ 0,10					0,33 $\pm$ 0,26				

Tab. 2 - Confronto tra i «clusters» dei prelievi e delle specie individuati dai rispettivi dendrogrammi di classificazione dei valori di biomassa. Sono riportate, per ogni raggruppamento di prelievi: le medie aritmetiche delle biomasse /m<sup>2</sup> di ogni specie e delle biomasse totali (n = 80) e le biomasse percentuali; con «0.00» si indicano valori < 0.01; il trattino indica assenza della specie.

	A					B					C				
	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	4	4	4	4	4
	mar '84	mag '84	set '84	nov '84	mar '85	mar '84	mag '84	set '84	nov '84	mar '85	mar '84	mag '84	set '84	nov '84	mar '85
	g/m <sup>2</sup>		%			g/m <sup>2</sup>		%			g/m <sup>2</sup>		%		
<i>Hydrobia</i> sp.	2,3		25,9			0,2		0,6			0,03		0,1		
<i>Sphaeroma serratum</i>	0,8		9,0			0,00		0,02			-		-		
<i>S. hookeri</i>	0,6		6,7			0,01		0,03			-		-		
<i>Gammarus aequicauda</i>	0,2		2,2			0,00		0,01			-		-		
<i>Chironomus salinarius</i>	0,4		4,5			0,00		0,00			-		-		
<i>Corophium orientale</i>	0,3		3,4			0,00		0,01			0,00		0,00		
A <i>Ficopomatus enigmatus</i>	0,6		6,7			0,00		0,00			0,01		0,03		
<i>Idothea baltica</i>	0,04		0,4			-		-			-		-		
<i>Gammarus insensibilis</i>	0,05		0,6			-		-			0,00		0,00		
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	0,03		0,3			0,00		0,02			0,00		0,01		
<i>Corophium insidiosum</i>	0,03		0,3			0,01		0,03			0,00		0,00		
<i>Melita palmata</i>	0,01		0,1			0,01		0,03			-		-		
<i>Cyclope neritea</i>	-		-			1,1		3,5			0,2		0,7		
<i>Spio filicornis</i>	-		-			0,05		0,2			0,01		0,03		
<i>Heteromastus filiformis</i>	0,00		0,00			0,3		0,9			0,04		0,1		
<i>Mactra stultorum</i>	-		-			1,7		5,3			0,04		0,1		
<i>Lentidium mediterraneum</i>	-		-			0,1		0,3			-		-		
<i>Tapes decussatus</i>	-		-			0,1		0,3			-		-		
<i>Cerastoderma glaucum</i>	2,8		31,5			21,5		67,5			0,5		1,7		
B <i>Nereis succinea</i>	0,5		5,6			3,3		10,4			0,3		1,0		
<i>Polydora ciliata</i>	0,1		1,1			1,3		4,1			0,2		0,7		
<i>Capitella capitata</i>	0,00		0,00			0,00		0,03			0,00		0,00		
<i>Venerupis aurea</i>	-		-			0,02		0,1			-		-		
<i>Carcinus mediterraneus</i>	-		-			0,1		0,3			-		-		
<i>Streblospio shrubsolii</i>	0,1		1,1			0,2		0,6			0,2		0,7		
<i>Oligocheti</i> spp.	0,00		0,05			0,01		0,03			0,01		0,03		
<i>Scapharca inaequivalvis</i>	-		-			1,7		5,3			26,4		92,2		
<i>Nephtys hombergii</i>	-		-			-		-			0,4		1,4		
<i>Abra ovata</i>	0,03		0,3			-		-			0,1		0,3		
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	-		-			0,05		0,2			0,01		0,03		
C <i>Eteone picta</i>	-		-			0,03		0,09			0,01		0,03		
<i>Brachynotus sexdentatus</i>	-		-			0,05		0,2			0,1		0,3		
<i>Palaemon elegans</i>	-		-			-		-			0,05		0,2		
<i>Pectinaria koreni</i>	-		-			0,00		0,00			0,01		0,03		
g tot./m <sup>2</sup> ± d.s.	8,84 ± 9,87					31,74 ± 37,74					28,74 ± 46,44				

La Tab. 2 mostra un confronto analogo a quello della Tab. 1 tra clusters ottenuti sulla base dei valori di biomassa. Risulta confermata, in linea di massima, la composizione specifica delle tre comunità. Risalta la ridotta biomassa media totale nella zona della Valle di Gorino (St. 8) che contrasta con i valori complessivamente più alti di densità numerica. Ciò è dovuto alla scarsa abbondanza in questa stazione di Bivalvi e di Policheti di grosse dimensioni. Nella stazione di centro-sacca (St. 4), invece, risalta nettamente l'elevata biomassa media di *Scapharca inaequivalvis* e in quella sulla bocca a mare (St. 7) quelle di *Cerastoderma glaucum* e di *Nereis succinea*.

### Discussione

La metodologia di campionamento adottata è apparsa adeguata per una stima sufficientemente affidabile delle densità degli organismi del macrobenthos; essa può quindi essere impiegata in modo efficace nel monitoraggio a lungo termine delle comunità macrobentoniche della Sacca di Goro.

Le stazioni indagate sono apparse ben caratterizzate dal punto di vista bioecologico ed il loro popolamento si presenta, almeno nell'arco di un anno, abbastanza omogeneo. Le 3 biocenosi evidenziano le differenze ecologiche tra diverse zone della sacca: in primo luogo quella esistente tra popolamento bentonico della «laguna chiusa» e quello della «laguna aperta»; all'interno di questa si distinguono poi le zone della sacca che risentono in maniera più o meno diretta dell'influsso marino. In generale, questa zonazione delle comunità riflette abbastanza fedelmente il gradiente di «confinamento» mare-laguna (GUELORGET & PERTHUISOT, 1983) inteso come distanza dal mare più da un punto di vista idrodinamico che topografico.

In quanto alla relazione tra struttura spazio-temporale delle biocenosi bentoniche e grado di trofia dell'ambiente, l'importanza delle specie opportunistiche r-strateghe, indicatrici di forte arricchimento organico (PEARSON & ROSENBERG, 1978), come per esempio *Capitella capitata*, non appare molto rilevante. Risulta invece più significativo in sacca il ruolo di specie in grado di tollerare condizioni di scarsa ossigenazione, come ad esempio il Bivalve *Scapharca inaequivalvis*. Un recente studio sulla dinamica di popolazione e sulla produttività di *S. inaequivalvis* in questa stessa laguna (MISTRI *et al.*, 1988) sembra confermare le sue caratteristiche di specie tollerante.

La Sacca di Goro sembra configurarsi perciò come un ambiente in cui i frequenti episodi di distrofia non sempre si risolvono in altrettanti gravi eventi di disturbo. In definitiva questa laguna deltizia appare come un ecosistema «fortemente stressato» piuttosto che «fortemente disturbato».

## Summary

This study concerns the structure and dynamics of macrobenthic communities in the Sacca di Goro, a subtidal, polyhaline embayment of the Po River Delta frequently affected by eutrophication. Benthos is the biotic compartment of the lagoon environment that best reflects the environmental changes and that may characterize the community's response to environmental factor fluctuations.

Macrobenthic organisms were sampled seasonally on five occasions from March 1984 to March 1985 in three stations with different hydrological characteristics gathering 16 replicates per station and per sampling date by means of a suction corer using the counterflush technique. Factorial analysis of correspondences and cluster analysis were performed on species densities and biomasses.

The analyses have shown that benthic communities in the Sacca di Goro were more different in space than in time, almost during the investigation period. Infact, three distinct biocoenoses, more or less unchanged during the year, characterized the three sampling stations, each of which was representative of a larger, typical area of the whole lagoon. The main factor determining the biotic structure of the different bay zones seems to be the distance from the sea mouth, considered from a hydrodynamic point of view rather than from a topographic one.

Species, like *Capitella capitata*, generally regarded as typically occurring in grossly organically enriched areas, showed very low density and biomass values. On the contrary, such slow-growing but tolerant of low oxygen tension species as *Scapharca inaequivalvis*, an Indopacific bivalve recently introduced into the Adriatic Sea, were more important especially in terms of biomass. This seems to suggest that the Sacca di Goro, in spite of sometimes severe eutrophication phenomena, is an ecosystem that favours the adaptive strategies of tolerant species rather than those of *r*-selected species.

## Bibliografia

ARKEL M.A. van., MULDER M. (1975) - A device for quantitative sampling of benthic organisms in shallow water by means of a flushing technique. *Neth. J. Sea Res.*, 9: 365-370.

ELLIOTT J.M., DRAKE C.M. (1981) - A comparative study of seven grabs used for sampling macroinvertebrates in rivers. *Freshwater Biology*, 11: 99-120.

FRONTIER S. (1974) - Utilisation d'une cotation d'abondance fondée sur une progression géométrique pour l'analyse des composantes principales en Ecologie planctonique. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 14: 217-224.

GRAY J.S. (1981) - *The ecology of marine sediments*. Cambridge Studies in Modern Biology, 2. Cambridge University Press, Cambridge: 1-185.

GUELORGET O., PERTHUISOT J.P. (1983) - Le Domaine Paralique. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement. *Trav. Lab. Geol. Ecole Norm. Sup.* Paris, 16: 1-136.

LANCE G.N., WILLIAMS W.I. (1967) - A general theory of classificatory sorting strategies. I. Hierarchical systems. *Comp. J.*, 9: 373-380.

MISTRI M., ROSSI R., CECCHERELLI V.U. (1988) - Growth and production of the ark shell *Scapharca inaequivalvis* (Bruguière) in a lagoon of the Po River Delta. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 9: 35-49.

PEARSON T.H., ROSENBERG R. (1978) - Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16: 229-311.

V. CUOMO \*

F. VANZANELLA \*

S. D'ANTONIO \*

L. MAZZELLA \*\*

M.C. BUIA \*\*

\* Laboratorio di Ricerca CIBA-GEIGY, 80058 Torre Annunziata, Napoli (Italia)

\*\* Laboratorio di Ecologia del Benthos, Stazione Zoologica di Napoli,  
80077 Ischia Porto (NA) (Italia)

## MICOFLORA DELLA FANEROGAMA MARINA *ZOSTERA NOLTII* HORNEM. DELL'ISOLA D'ISCHIA

### Abstract

The Mycoflora of the marine angiosperm *Zostera noltii* Hornem. of the Island of Ischia

***Five marine lignicolous fungi, three Ascomycetes Corollospora maritima, C. lacera and C. intermedia, and two Deuteromycetes, Dendryphiella salina and Alternaria maritima, are recorded on Zostera noltii collected from a prairie off the Island of Ischia (Gulf of Naples). The importance and the ecological role of the associated mycoflora and specifically of C. maritima are discussed.***

**Key-words:** *Zostera noltii*, marine angiosperms, marine lignicolous fungi, *Corollospora maritima*.

### Introduzione

Le specie fungine più rappresentate nell'ambiente marino sono Ascomiceti e Deuteromiceti lignicoli, generalmente associati ad alghe e piante superiori acquatiche (JONES, 1972; 1976; KOHLMAYER & KOHLMAYER, 1971; 1979).

La prima indagine sui funghi associati a fanerogame marine risale al lavoro di TUTIN (1934) in cui si descrive il ritrovamento di una specie fungina (*Labyrinthula* sp.) saprofita su *Zostera marina* L.. Successivamente indagini condotte sia sulla stessa pianta, sia su piante acquatiche quali mangrovie o *Spartina alterniflora* Loisel., sia su alghe hanno portato al ritrovamento di altri miceti: *Alternaria* sp., *Corollospora maritima* Wender., *Lulworthia* sp., *Ophiobolus maritimus* (Sacc.) Sacc., *Phoma* sp., *Pontoporeia biturbinata* (Durieu & Montagne) Kohn. e *Varicosporina ramulosa* Meyers et Kohn. (FELL & NEWELL, 1981; HYDE, 1985; KOHLMAYER, 1963b; 1966).

Ulteriori indagini su *Thalassia testudinum*, (Konig) Banks hanno portato alla descrizione di altre specie quali: *Corollospora lacera* Linder, *Dendryphiella*

*salina* (Suth.) Pugh et Nicot, *Lindra marinera* Meyers, *L. thalassiae* Orpürt, Meyers, Boral & Simms (ORPÜRT *et al.*, 1964; MEYERS & KOHLMEYERS, 1965; MEYERS *et al.*, 1965; MEYERS 1969).

Per quanto riguarda il Mediterraneo, pochi sono gli studi sulla micoflora (KOHLMEYER, 1963a; JONES, 1972; CORTE MONTEMARTINI, 1979; CUOMO *et al.*, 1984; GRASSO *et al.*, 1986) ed i più recenti sono relativi alla flora fungina saprofita di fanerogame quali *Posidonia oceanica* (L.) Delile e *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers. (CUOMO *et al.*, 1985a; CUOMO *et al.*, 1985b; CUOMO *et al.*, 1987; CUOMO & JONES, 1987).

La flora fungina svolge un ruolo importante nella degradazione e conversione del tessuto organico vegetale. Negli ecosistemi a fanerogame, infatti, il loro ruolo è svolto prevalentemente nel processo di formazione del detrito (ad esempio dalla biomassa foliare) e nella sua conversione da sostanza ad alto contenuto di carbonio e basso contenuto di azoto proteico (20:1) in sostanza a più basso contenuto di carbonio e più alto di azoto proteico (7:1); quest'ultimo è fornito prevalentemente dalla crescita del microrganismo stesso (CUOMO, 1986).

Nel presente lavoro vengono riportati i risultati di uno studio atto ad accertare la presenza e la frequenza dei funghi marini associati a *Z. noltii* Hornem. e a chiarire il ruolo che questi microrganismi svolgono nella decomposizione e conversione della biomassa di questa fanerogama.

Viene inoltre confrontata la micoflora di questa pianta con quella riscontrata sulle altre fanerogame del Mediterraneo, *C. nodosa* e *P. oceanica*, per evidenziarne una eventuale differenza nella composizione specifica e nei ruoli esplicati.

## Materiali e metodi

I campionamenti sono stati effettuati nella primavera-estate 1987, in un prato superficiale (da 1 a 4 m di profondità) di *Cymodocea nodosa* misto a *Zostera noltii*, prospiciente la spiaggia di S. Pietro dell'isola di Ischia (Golfo di Napoli), esposta a Nord. *Z. noltii* è presente nella parte più profonda del prato esaminato, in particolare i campioni sono stati raccolti a circa 3 m di profondità.

In laboratorio i ciuffi di *Z. noltii* sono stati divisi in foglie, rizomi e radici e quindi posti singolarmente in buste di plastica, secondo la procedura seguita normalmente per i funghi lignicoli marini (Jones, 1968; 1971). L'isolamento e l'identificazione dei funghi sono state effettuate secondo le procedure riportate da JONES (1968; 1971) e da CUOMO (1986).

## Risultati

La micoflora di *Zostera noltii* è composta da funghi saprofiti marini prevalentemente lignicoli (Tab. 1). Sono state trovate sulla pianta solo 5 specie di cui



Tab. 1 - Funghi marini presenti su *Zostera noltii*.

	N. di funghi riscontrati	Frequenza %
<b>ASCOMICETI</b>		
<i>Corollospora lacera</i> (Linder) Kohlm.	15	10
<i>Corollospora intermedia</i> Schmidt	20	13
<i>Corollospora maritima</i> Werdermann	105	70
<b>DEUTEROMICETI</b>		
<i>Alternaria maritima</i> cfr.	24	16
<i>Dendryphiella salina</i> (Suth.) Pugh et Nicot	36	24

La frequenza viene indicata come % del totale dei campioni raccolti (150), nei quali ciascun fungo è presente.

3 Ascomiceti, *Corollospora maritima*, *C. intermedia*, *C. lacera* e 2 Deuteromiceti, *Dendryphiella salina* e *Alternaria maritima* cfr. La specie dominante è l'Ascomicete *C. maritima*, con una frequenza del 70%, seguita dal Deuteromicete *D. salina*, che presenta una frequenza del 24%.

Tutte le specie sono presenti sulle foglie mentre solo due sui rizomi (*Corollospora maritima* e *Alternaria maritima* cfr. (Fig. 1); *Corollospora maritima*,

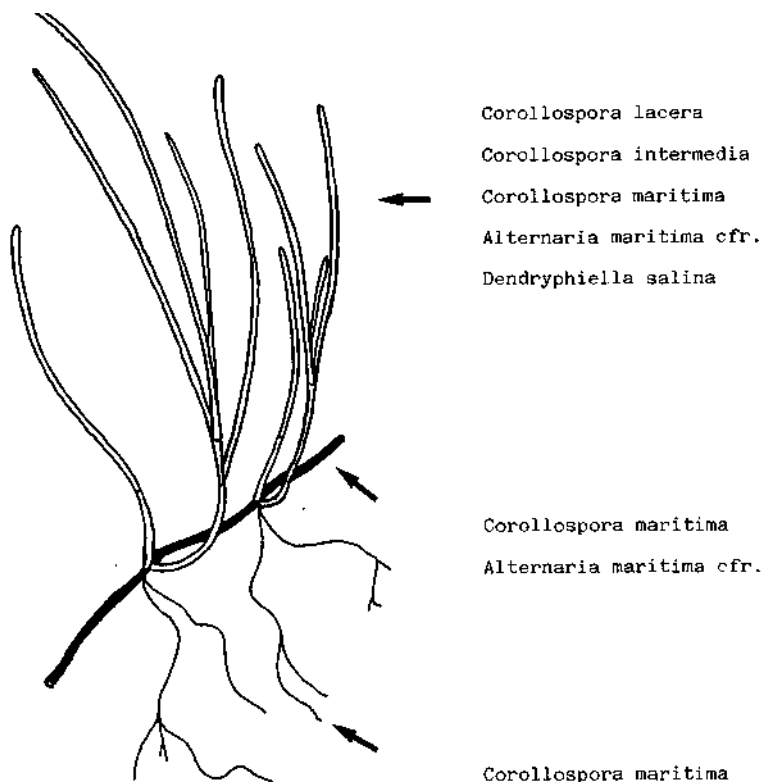


Fig. 1 - Distribuzione verticale dei funghi trovati su *Zostera noltii*; viene indicata l'area della pianta dove ciascun fungo veniva comunemente trovato.

unica specie rinvenuta sulle radici, è anche l'unica ad essere presente contemporaneamente sulle diverse parti della pianta (Fig. 2).

Confrontando questi risultati con quelli ottenuti da un'indagine condotta su *C. nodosa* (Tab. 2) (CUOMO *et al.*, 1982), si può rilevare che un minor numero di specie viene ritrovato su *Z. noltii* (5 specie contro 7). La differenza più evidente è tuttavia nella composizione specifica; in particolare su *Z. noltii* la dominanza di Ascomiceti si contrappone alla dominanza di Deuteromiceti su *C. nodosa*, dove è presente anche una specie appartenente alla classe di Basidiomiceti (Tab. 2).

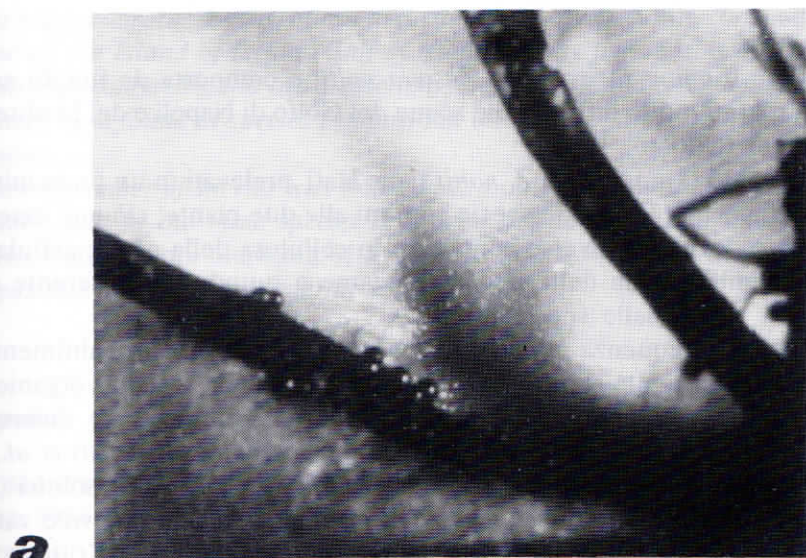
Tab. 2 - *Funghi marini presenti su Cymodocea nodosa (campioni raccolti n. 120) e su Zostera noltii (campioni raccolti n. 150).*

Funghi marini	N. funghi riscontrati		Frequenza %	
	Zostera	Cymodocea	Zostera	Cymodocea
<b>ASCOMICETI</b>				
<i>Corollospora maritima</i> Werdermann	105	105	70	88
<i>Corollospora intermedia</i> Schmidt	20	-	13	-
<i>Corollospora lacera</i> (Linder) Kohlm.	15	-	10	-
<b>DEUTEROMICETI</b>				
<i>Phoma</i> sp.	-	24	-	20
<i>Alternaria maritima</i> cfr.	24	24	16	20
<i>Epicoccum</i> sp.	-	24	-	20
<i>Pestalotia</i> sp.	-	60	-	50
<i>Dendryphiella salina</i> (Suth) Pugh et Nicot	36	36	24	30
<b>BASIDIOMICETI</b>				
<i>Nia vibrissa</i> Moore & Meyers	-	18	-	15

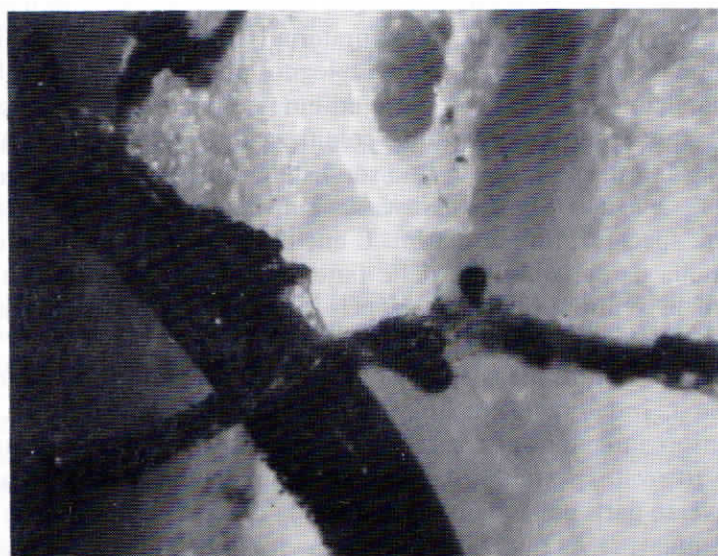
La frequenza viene indicata come % del totale dei campioni raccolti, nei quali ciascun fungo è presente.

*Corollospora maritima*, *Alternaria maritima* cfr. e *Dendryphiella salina* sono le specie fungine comuni a tutte e due le piante.

*Corollospora maritima* è tra gli Ascomiceti la specie dominante per tutte e due le fanerogame mentre tra i Deuteromiceti la specie con frequenza maggiore è *Pestalotia* sp. (50%), presente soltanto su *C. nodosa*.



**a**



**b**

Fig. 2 - Periteci di *Corollospora maritima* presenti su *Zostera noltii*: a) Su lamine foliari ( $\times 60$ );  
b) Su radici ( $\times 80$ ).

## Discussione

La flora fungina ritrovata su *Zostera noltii* è composta da funghi saprofiti lignicoli marini molto diffusi nelle acque del Golfo di Napoli e del Mediterraneo in generale (CUOMO, 1986).

Nonostante i campioni di *Z. noltii* siano stati prelevati in un prato misto con *C. nodosa*, poche (3) sono le specie comuni alle due piante; ciò può essere probabilmente dovuto al diverso contenuto in cellulosa della parete cellulare e al grado di lignificazione delle due fanerogame e quindi alla differente attività enzimatica svolta dalle specie fungine.

Le specie a frequenza più alta, *C. maritima* e *D. salina*, probabilmente concorrono maggiormente al processo di degradazione della sostanza organica delle foglie. Tuttavia *C. maritima* sembra svolgere tale ruolo per le diverse parti (radici, rizoma, foglie) anche in *C. nodosa* e *P. oceanica* (CUOMO *et al.*, 1982; 1985b). Ciò può essere imputato alla presenza di enzimi cellulolitici (JONES, 1971) che permettono a questa specie di insediarsi su una notevole varietà di substrati quali alghe, mangrovie, legno, poliuretano, ecc. (KOHLMEYER & KOHLMEYER, 1979).

Dal confronto con dati precedenti, si può rilevare che la ricchezza specifica è bassa (9 specie) se paragonata a quella riscontrata su pezzi di legno (15 specie) sommersi nelle acque della stessa prateria (CUOMO, 1986). La differente colonizzazione dei due substrati (pianta e legno) può essere dovuta all'azione inibitrice che alcune sostanze, prodotte ed emesse dalle piante, svolgono sullo sviluppo e conseguentemente sulla colonizzazione delle specie fungine.

Azioni inibitrici di questo tipo sono state dimostrate per *Rhizophora mangle* (CUNDELL *et al.*, 1979) e *Fucus serratus* L. (MILLER & JONES, 1983) nei confronti di alcune specie di funghi marini. È anche ipotizzabile che una eventuale presenza, nella parete cellulare delle fanerogame, di composti xenobiotici possa impedire lo sviluppo di alcune specie fungine per la mancanza degli enzimi necessari alla loro degradazione.

Tali ipotesi potrebbero spiegare il limitato numero di specie ritrovate su *Z. noltii*, su *C. nodosa* ed anche su *P. oceanica* (CUOMO *et al.*, 1985b).

Ulteriori indagini sulle caratteristiche ed attività enzimatiche delle specie fungine ritrovate, potrebbero chiarire il ruolo da esse svolto nella degradazione delle diverse parti della pianta e spiegare la diversa composizione per le singole fanerogame.

## Summary

Considerable information is available on the occurrence of marine fungi on wood and other cellulosic materials. However remarkably little is known about marine fungi growing on seagrasses such as *Cymodocea* spp., *Posidonia* spp. and *Zostera* spp. Only recently, studies were undertaken on the Mediterranean species *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa*.

*This study concerns the mycoflora associated to Zostera noltii, collected from a meadow off the Island of Ischia (Gulf of Naples). Only five species of lignicolous fungi, three Ascomycetes and two Deuteromycetes, were found on this phanerogam. Differences were found in species composition on rhizomes, roots and leaves and in frequencies.*

*A lower number of species was found in Z. noltii than in other Mediterranean seagrasses, and in the three species examined the dominant and most frequent fungi was Corollospora maritima. A hypothesis on the role of C. maritima in the decomposition of seagrass material is proposed.*

## Bibliografia

CORTE MONTEMARTINI A. (1979) - La micoflora marina della baia di Portofino. *Giorn. Bot. Ital.*, 113: 297-325.

CUOMO V. (1986) - Ecology and physiology of marine fungi «Third European Microbiology Symposium». *PhD Thesis C.N.A.A. Portsmouth Polytechnic Bangor, UK: 1-442.*

CUOMO V., JONES E.B.G. (1987) - Occurrence and distribution of marine fungi along the coasts of Mediterranean sea. The First International Symposium on Microbial Ecology - Sorrento (Napoli), (in stampa).

CUOMO V., PAGANO S., PECORELLA M.A., PARASCANDOLA P. (1987) - Evidence of the active role of lignocellulosolytic enzymes of marine fungi in degradation of *Posidonia oceanica* leaves. The First International Symposium on Microbial Ecology - Sorrento (Napoli), (in stampa).

CUOMO V., VANZANELLA F., D'ANTONIO (1985a)- Occurrence and distribution of lignicolous marine fungi along the coasts of South Italy. The Fourth International Marine Mycology Symposium Portsmouth, England, (in stampa).

CUOMO V., VANZANELLA F., D'ANTONIO S., CINELLI F., PARDI G. (1984) - I funghi arenicoli della fascia costiera pisana tra la foce del fiume Arno e quella del fiume Serchia. *Atti AIOL*, 6: 297-304.

CUOMO V., VANZANELLA F., FRESI E., CINELLI F., MAZZELLA L. (1985b) - Fungal flora of *Posidonia oceanica* (L.) Delile and its ecological significance. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 85: 35-40.

CUOMO V., VANZANELLA F., FRESI E., MAZZELLA L., SCIPIONE M.B. (1982) - Micoflora delle fanerogame dell'Isola d'Ischia: *Posidonia oceanica* (L.) Delile e *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers.. *Bull. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 50 (suppl.): 162-166.

CUNDELL A.M., BROWN M.S., STANFORD R., MITCHELL R. (1979) - Microbial degradation of *Rhizophora mangle* leaves immersed in the sea. *Estuar. and Coast. Mar. Sci.*, 9: 281-286.

- FELL J.W., NEWELL S.Y. (1981) - Role of fungi in carbon flow and nitrogen immobilisation in coastal marine plant litter systems. In: *The fungal community. Its organisation and role in the ecosystems*. D.T. Wicklow and G.C.C. Carrol (eds), Marcel Dekker Inc. New York, Basel: 665-682.
- GRASSO S., PANEBIANCO C., LA FERLA R. (1986) - Lignicolous marine fungi in the straits of Messina, Italy. *Hydrobiologia* (in stampa).
- HYDE K.D. (1985) - Spore settlement and attachment in marine fungi. *PhD Thesis, C.N.A.A. Portsmouth Polytechnic*.
- JONES E.B.G. (1968) - Marine fungi. *Curr. sci.*, 37: 378-379.
- JONES E.B.G. (1971) - Aquatic fungi. In: *Methods in Microbiology*. J.R. Norris, D.W. Ribbons and C. Booths (eds), Academic Press, New York, 4: 335-365.
- JONES E.B.G. (1972) - The decay of timber in aquatic environments. *Br. Wood Pres. Assoc., Ann. Conv.*: 1-18.
- JONES E.B.G. (1976) - Lignicolous and algicolous fungi. In: *Recent Advances in Aquatic Mycology*. E.B.G. Jones (eds), Elek science, London: 1-50.
- KOHLMEYER J. (1963a) - Repartition de champignons marins (Ascomycetes et Fungi Imperfecti) dans la Méditerranée. *Rapp. Comm. Int. Explor. Sci. Mer. Méditerr.*, 17: 723-730.
- KOHLMEYER J. (1963b) - Parasitische und Epiphytische Pilze auf Meeresalgen. *Nova Hedwigia*, 6: 127-146.
- KOHLMEYER J. (1966) - Neue Meerespilze an Mangroven. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.*, 79: 27-37.
- KOHLMEYER J., KOHLMEYER E. (1971) - Synoptic Plates of Higher Marine Fungi. *An Identification Guide for the Marine Environment*. 3rd ed. Cramer, Lehre.
- KOHLMEYER J., KOHLMEYER E. (1979) - Marine Mycology. *The Higher Fungi*. Academic Press, New York, 1-690.
- MEYERS S.P. (1969) - Thalassiomycetes XI. Further studies of the genus *Lindra* with a description of *L. marinera*, a new species. *Mycologia*, 61: 486-495.
- MEYERS S.P., KOHLMEYER J. (1965) - *Varicosporina ramulosa* gen. nov. sp. nov. an aquatic hyphomycete from marine areas. *Can. J. bot.*, **43**: 915-921.
- MEYERS S.P., ORPURT P.A., SIMMS J., BORAL L.L. (1965) - Thalassiomycetes VII. Observations on fungal infestation of turtlegrass, *Thalassia testudinum* Konig. *Bull. Mar. Sci.*, 15: 548-564.
- MILLER J.D., JONES E.B.G. (1983) - Observations on the association of Thraustochytrid marine fungi with decaying seaweed. *Bot. Mar.*, 26: 345-351.
- ORPURT P.A., MEYERS S.P., BORAL L.L., SIMMS J. (1964) - Thalassiomycetes. V. A new species of *Lindra* from turtle grass, *Thalassia testudinum* Koning. *Bull. Mar. Sci.*, **14**: 405-417.
- TUTIN T.G. (1934) - The fungus on *Zostera marina*. *Nature* (London), **134**: 573.

C. FRADÀ ORESTANO

S. CALVO

P. ABBADESSA

S. ARICÒ

Laboratorio di Ecologia Acquatica, Dipartimento di Scienze Botaniche  
dell'Università, via Archirafi 38, 90123 Palermo (Italia)

## FIORITURA E FRUTTIFICAZIONE **DI *POSIDONIA OCEANICA* (L.) DELILE** NELLA BAIA DI SAN NICOLA (PALERMO) \*

### Abstract

Flowering and fruiting of *Posidonia oceanica* in the Bay of San Nicola (Sicily)

*Flowering and fruiting of shallows prairies of Posidonia oceanica in San Nicola Bay (Sicily) were studied from autumn 1986 until fruit maturation (spring 1987). Flowering and fruiting rates provide informations about their importance as regards the dynamics of the meadow. A maturation rate is proposed.*

**Key-words:** *Posidonia oceanica*, seagrass flowering, seagrass fruiting, Sicily.

### Introduzione

Le strategie riproduttive di *Posidonia oceanica* sembrano essere regolate da specifiche condizioni climatiche (luce e temperatura) che si realizzano nei diversi settori del bacino del Mediterraneo (CAYE & MEINESZ, 1984; MAZZELLA *et al.*, 1984; THELIN & BOUDOURESQUE, 1985; BUIA & MAZZELLA, 1988). Infatti sembra che, lungo le coste nord-occidentali francesi, la riproduzione avvenga preferibilmente per propagazione vegetativa mentre, a latitudini inferiori, la frequenza e la periodicità della riproduzione sessuata aumentano in modo considerevole (MOLINIER & PICARD, 1952; 1953; GIRAUD, 1977).

Le ricerche condotte sulle praterie di *Posidonia oceanica* in Sicilia (GIACCONE & SORTINO, 1974; GIACCONE & CALVO, 1980; PESSANI *et al.*, 1984; BUIA *et al.*, 1985) sono state, sino ad oggi, carenti di dati quantitativi relativi alla fenologia riproduttiva di questa specie.

Con la finalità di valutare i processi riproduttivi di *Posidonia oceanica* lungo le coste siciliane, nell'ambito di un programma di ricerca sul censimento, sulla struttura e sulla fenologia delle praterie a fanerogame marine (CALVO & FRADÀ ORESTANO 1984; FRADÀ ORESTANO & CALVO, 1988) è stato condotto uno studio

\* Lavoro eseguito con fondi M.P.I. quota 60% .

sulla fioritura e fruttificazione di *Posidonia oceanica* lungo le coste nord-occidentali della Sicilia adiacenti l'area metropolitana di Palermo. La fioritura, osservata nell'autunno 1986 nella prateria superficiale della baia di San Nicola, è stata successivamente seguita fino alla maturazione dei frutti.

### Materiali e metodi

Dal settembre 1986 al maggio 1987 sei stazioni (Fig. 1) lungo la costa nord-occidentale della Sicilia, tre ad ovest di Palermo (Cala d'Isola, Capo Gallo, Mondello) e tre ad est (Capo Zafferano, Solanto, San Nicola), sono state seguite

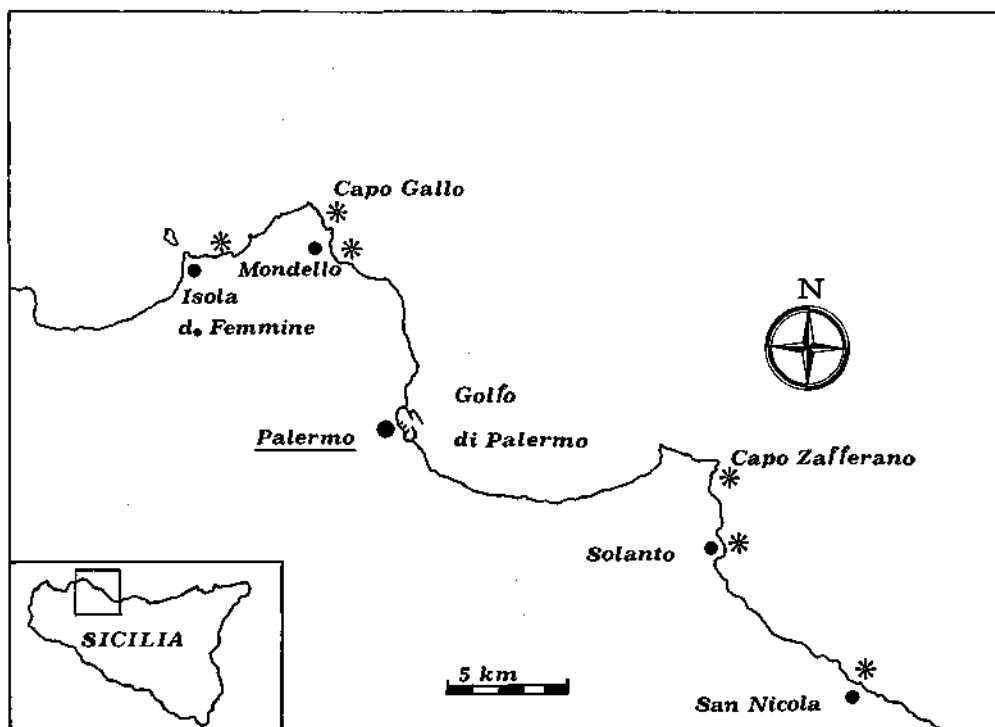


Fig. 1 - Localizzazione delle stazioni lungo la costa nord-occidentale della Sicilia.

mediante osservazioni periodiche, in immersione autonoma, per rilevare l'eventuale presenza di fioriture in praterie di *Posidonia oceanica*. Infatti, un'indagine preliminare (osservazioni personali) sulla presenza/assenza di *Posidonia oceanica* nel Golfo di Palermo ha avuto esito negativo, relativamente alla parte centro-orientale dell'area, a causa, probabilmente, del notevole particellato sospeso e della trasformazione dei fondali determinata dall'elevata pressione antropica esercitata nel vicino entroterra (GENCHI *et al.*, 1982; GENCHI *et al.*, 1983).

Nei mesi di ottobre e novembre nella stazione di San Nicola è stato costruito, mediante osservazioni lungo un transetto, un blocco-diagramma della



vegetazione sommersa. I risultati sono stati riportati utilizzando la simbologia normalizzata proposta da MEINESZ *et al.*, (1983). È stata calcolata la densità media dei fascicoli fogliari sulla base di 6 misurazioni effettuate «in situ» utilizzando un quadrato di 0,1 m<sup>2</sup> di superficie. Sono stati, inoltre, campionati 20 fascicoli fogliari per l'analisi dei seguenti parametri: numero medio delle foglie per fascicolo fogliare, L.A.I., superficie fogliare media, altezza della prateria, coefficiente A e percentuale di tessuto bruno (GIRAUD, 1977; BUIA *et al.*, 1985). La densità della fioritura, espressa come fascicoli fogliari fioriti/m<sup>2</sup>, è stata calcolata a partire da 13 conteggi casuali effettuati «in situ» all'interno delle isole fiorite su un quadrato di 0,1 m<sup>2</sup> di superficie.

Nel mese di novembre è stato posizionato un quadrato di 1 m<sup>2</sup> di superficie all'interno del quale sono stati rilevati il numero dei fascicoli portanti infiorescenze \* (GIRAUD, 1977), valutando, nel contempo, le dimensioni dell'ovario o del frutto più lungo secondo la metodologia proposta da BOUDOURESQUE & THELIN (1985).

Nei mesi successivi, sempre nel quadrato, sono stati contati i fascicoli fogliari portanti infiorescenze e sono state effettuate osservazioni e misure per constatare la vitalità, lo stato di maturazione del frutto più lungo e le eventuali perdite. Contemporaneamente sono state raccolte al di fuori del quadrato ed esaminate in laboratorio 20 infiorescenze per ciascun periodo al fine di verificare le osservazioni «in situ». Sono stati calcolati il tasso di fioritura della prateria ed il tasso di fruttificazione (PERGENT, 1985). Per la quantificazione dell'esito della fioritura si propone il tasso di maturazione definito dal seguente rapporto:

$$\text{Tasso di maturazione} = \frac{\text{N. fascicoli con infiorescenze a frutti maturi} \times 100}{\text{N. fascicoli con infiorescenze a frutti molto giovani}}$$

## Risultati

Nell'autunno 1986 la fioritura di *Posidonia oceanica* è stata rilevata soltanto nella stazione di San Nicola mentre, nelle altre stazioni sono state osservate rare infiorescenze che non hanno consentito una quantificazione del fenomeno (Tab. 1).

La fioritura è stata riscontrata nel mese di novembre in una prateria superficiale, insediata prevalentemente su «matte», entro i 4 m di profondità. La prateria mostra un andamento regolare e quasi continuo fin dalla linea di costa (Fig. 2) interrotto da un prato misto di *Cymodocea nodosa* e da alcune chiazze di *Zostera noltii* e *Caulerpa prolifera*, soprattutto in prossimità della riva. Le rare emergenze rocciose sono colonizzate dalla biocenosi di substrato duro a *Cystoseira* dell'infralitorale superiore di moda calma (RIPC/c).

\* In accordo con BOUDOURESQUE & THELIN (1985) per infiorescenza si intende un insieme di fiori o di frutti ed il loro supporto (peduncolo, asse) quale che sia il grado di evoluzione.

Tab. 1 - Infiorescenze «in situ» e libere (spiaggiate o staccate) rilevate lungo la fascia costiera dell'area metropolitana di Palermo nell'autunno 1986.

Stazioni	N. infiorescenze	
	«In situ»	Libere
Cala d'Isola	6	—
Capo Gallo	2	—
Mondello	—	1
Capo Zafferano	—	—
Solanto	—	3

La prateria di *Posidonia oceanica* presenta una densità media di 766,1 fascicoli fogliari/m<sup>2</sup>, con un numero medio di 7 foglie/fascicolo, un indice fogliare di 5,68 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> ed una superficie fogliare per fascicolo di 74,34 cm<sup>2</sup>. La prateria ha un'altezza massima di 36,50 cm; il coefficiente A ed il tessuto bruno presentano valori al di sotto del 10%.

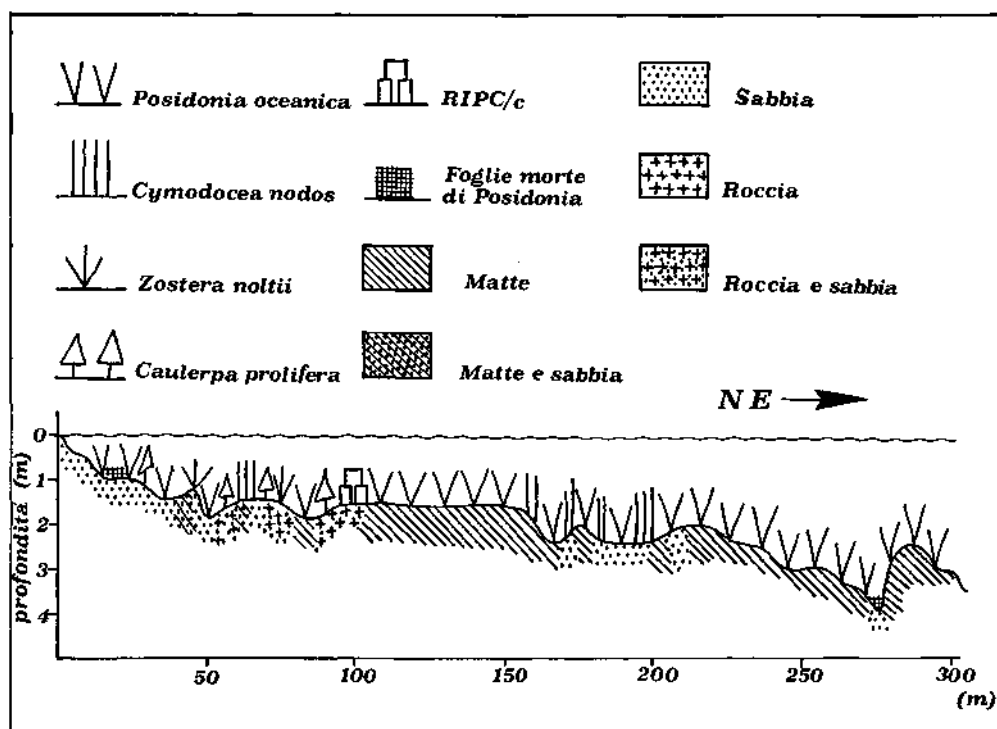


Fig. 2 - Rappresentazione cartografica di un transetto nella prateria della baia di San Nicola.

La fioritura è comparsa in modo decisamente discontinuo, con macchie di infiorescenze a densità estremamente variabile (1-83 infiorescenze/m<sup>2</sup>); la densità media nella prateria è stata di 393 infiorescenze/m<sup>2</sup> con un tasso di fioritura del 51,30%.

Nell'area delimitata dal quadrato fisso sono state contate 52 infiorescenze tutte vitali e con ovari di dimensioni inferiori ai 6 mm, comprese quindi nella prima classe indicata da BOUDOURESQUE & THELIN (1985).

Nel mese di gennaio sono state ritrovate 50 infiorescenze di cui: 46 con frutti molto giovani (7-13 mm), 2 con fiori con ovari verdi ma non sviluppati (4-6 mm) e 2 con fiori con ovari abortiti di colore bruno (4-6 mm).

Il tasso di fruttificazione (PERGENT, 1985) è stato dell'88,46%. Le maggiori perdite sono state rilevate nei due mesi successivi (febbraio e marzo).

Nel maggio 1987, avendo constatato che, tranne per un caso, non si rilevavano individui con frutti vitali, è stata effettuata la raccolta totale delle infiorescenze completando il quadro della fenologia riproduttiva (Tab. 2).

Tab. 2 - Dati relativi alla fenologia riproduttiva di *Posidonia oceanica* (V= vitali, A = abortiti)

Periodo	N. infiorescenze	Fiori con stami (4-6 mm)		Frutti molto giovani (7-13 mm)		Frutti giovani (14-21 mm)		Frutti maturi (> 2 mm)		Perdite
		V	A	V	A	V	A	V	A	
17-11-86	52	52	-	-	-	-	-	-	-	-
22-01-87	50	2	2	46	-	-	-	-	-	2
27-02-87	41	-	4	18	6	10	3	-	-	9
27-03-87	40	-	3	-	16	2	19	-	-	1
12-05-87	40	-	3	-	16	-	20	1	-	-

È stato, infine, calcolato il tasso di maturazione che è risultato del 2,17%. Le perdite delle infiorescenze nell'area circoscritta dal quadrato permanente sono state del 23,08%.

## Discussione e conclusioni

I risultati ottenuti forniscono una prima indicazione sulla quantificazione della fenologia riproduttiva di *Posidonia oceanica* in Sicilia. La fioritura nella stazione di San Nicola è stata notevole anche se decisamente discontinua; ciò è da considerarsi come una caratteristica comune a tutto il Mediterraneo (MAZZELLA *et al.*, 1984; PERGENT, 1985; THELIN & BOUDOURESQUE, 1985).

La maggiore concentrazione di infiorescenze è stata rilevata sulla prateria insediata su «matte» alla profondità di 3-4 m e classificata come «molto densa» secondo GIRAUD (1977). Il tasso di fioritura (51,27%) si presenta abbastanza elevato; in particolare il tasso di fruttificazione (88,46%) risulta essere decisamente alto, come, peraltro, ha rilevato PERGENT (1985) per la regione d'Izmir in Turchia (> 95%).

Solo una piccola percentuale (2,17%) di infiorescenze è giunta a maturazione. Il processo di maturazione sembra, infatti, essersi interrotto in diversi stadi di sviluppo del frutto o le infiorescenze sono andate perdute a causa delle avverse condizioni climatiche.

I tassi di fioritura, fruttificazione e maturazione consentono di apprezzare, anche se in modo approssimativo, l'andamento del fenomeno.

Indagini specifiche sulla germinabilità dei semi potranno contribuire a completare il quadro della fenologia riproduttiva di *Posidonia oceanica* lungo le coste siciliane.

## Summary

*From autumn 1986 to spring 1987, flowering of Posidonia oceanica was observed and monitored until fruiting maturation in the shallow prairies of the Bay of San Nicola, near Palermo (Italy). Both the average density of the inflorescences rate were calculated. Periodic recordings in situ were made of the number, the colour and size of the ovaries and the fruits in an enclosed sample area. The fruiting rate was calculated. The maturation rate is proposed as the relationship between the number on inflorescences bearing unripe mature fruits and the number of inflorescences bearing unripe fruit. The flowering, fruiting and maturation rates used here provide objective data and allow the entire process to be monitored.*

*However, to evaluate the success of flowering, the research should be extended to seed germination.*

## Bibliografia

BOUDOURESQUE CF., THELIN I. (1985) - Floraison et fructification de *Posidonia oceanica* : un protocole d'étude standardisé. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, 29, 5: 177-179.

BUIA M.C, CORMACI M., FURNARI G., MAZZELLA L. (1985) - Osservazioni sulla struttura delle praterie di *Posidonia oceanica* (Linneo) Delile di Capo Passero (Siracusa) e studio della macroflora epifita delle foglie. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 18, 326: 463-484.

BUIA M.C, MAZZELLA L. (1988) - Strategie di riproduzione delle fanerogame marine nel Mediterraneo. *Giorn. Bot. Ital.*, 122 (suppl. 1): 80.

CALVO S., FRADÀ ORESTANO C. (1984) - L'herbier à *Posidonia oceanica* des côtes siciliennes: les formations récifales du Stagnone. *First Int. Workshop on Posidonia oceanica Beds*. Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. & Olivier J. (eds), GIS Posidonie publ., 1: 29-37.

CAYE G., MEINESZ A. (1984) - Observations sur la floraison et la fructification de *Posidonia oceanica* dans la baie de Villefranche et en Corse du Sud. *First Int. Workshop on Posidonia oceanica Beds*. Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. & Olivier J. (eds), GIS Posidonie publ., 1: 193-201.

FRADÀ ORESTANO C., CALVO S. (1988) - Aspetti evolutivi della prateria a *Posidonia oceanica* in una laguna costiera siciliana. *Giorn. Bot. Ital.*, 122 (suppl.): 1-81.

GENCHI G., DI BERNARDO F., LUGARO A., CALVO S., RAGONESE S., RIGGIO S. (1982) - Distrophic and eutrophic states of coastal seawater in Palermo Bay during season (August 1981). *VI Journées Etud. Pollutions, Cannes, C.I.E.S.M.*, 635-639.

GENCHI G., LUGARO A., CALVO S., RAGONESE S. (1983) - Ecologia del Golfo di Palermo. Risultati preliminari su nutrienti, clorofilla, proteine e glucidi particellati. *Naturalista sicil.*, N.S. IV (suppl.), 3: 553-571.

GIACCONE G., SORTINO M. (1974) - Zonazione della vegetazione marina delle isole Egadi (Canale di Sicilia). *Lav. Ist. Bot. Giard. Coloniale di Palermo*, 25: 166-182.

GIACCONE G., CALVO S. (1980) - Restaurazione del manto vegetale mediante trapianto di *Posidonia oceanica* (Linneo) Delile. Risultati preliminari. *Mem. Biol. mar. Oceanogr., Ital.*, 10 (suppl.): 207-211.

GIRAUD G. (1977) - Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Del. *Thèse en Oceanologie, Univ. Aix-Marseille II*: 1-144.

MAZZELLA L., GAMBI M.C., RUSSO G.F., BUIA M.C. (1984) - Deep flowering and fruiting of *Posidonia oceanica* beds around the island of Ischia (Gulf of Naples, Italy). *First Int. Workshop on Posidonia oceanica Beds*. Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. & Olivier J. (eds), GIS Posidonie publ., 1: 203-209.

MEINESZ A., BOUDOURESQUE C.F., FALCONETTI C., ASTIER J.M., BAY D., BLANC J.J., BOUCIER M., CINELLI F., CIRIK S., CRISTIANI G., DI GERONIMO I., GIACCONE G., HARMELIN J.G., LAUBIER L., LOVRIC A.Z., MOLINIER R., SOYER J., VAMVAKAS C. (1983) - Normalisation des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Méditerranée. *Ann. Inst. Océanogr.*, 59, 2: 155-172.

MOLINIER R., PICARD J. (1952) - Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. Oceanogr.*, 27 (3): 157-234.

MOLINIER R., PICARD J. (1953) - Etudes biologiques sur les herbiers de phanérogames marines à l'ouest d'Alger. *Bull. Stn. Acquic. Pêche Castiglione, Algérie*, 4: 7-34.

PERGENT G. (1985) - Floraison des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la region d'Izmir (Turquie). *Posidonia Newsletter*, 1, 1: 15-21.

PESSANI D., PONCINI F., VETERE M. (1984) - Premières données sur la distribution de *Posidonia oceanica* (L.) Delile autour de l'île de Salina (Iles Eoliennes, Sicile). *First Int. Workshop on Posidonia oceanica Beds*. Boudouresque CF., Jeudy de Grissac A. & Olivier J. (eds), GIS Posidonie publ., 1: 129-135.

THELIN L, BOUDOURESQUE CF. (1985) - *Posidonia oceanica* flowering and fruiting. Recent data from an international inquiry. *Posidonia Newsletter*, 1, 1: 5-14.

M.C. GAMBI

Laboratorio di Ecologia del Benthos, Stazione Zoologica di Napoli,  
80077 Ischia Porto (Na) (Italia)

## OSSERVAZIONI SU MORFOLOGIA FUNZIONALE E COMPORTAMENTO TROFICO DI *OWENIA FUSIFORMIS* DELLE CHIAJE (POLYCHAETA, OWENIIDAE) IN RAPPORTO AI FATTORI AMBIENTALI

### Abstract

Functional morphology and feeding behaviour of *Owenia fusiformis*

*The morphology and feeding behaviour of Owenia fusiformis, Delle Chiaje 1842, a tubicolous Polychaete, is described, and the functional significance is discussed in relation to the environment where the species is commonly found. The structure and morphology of the tube, and of the buccal apparatus and the ability to alternate deposit and filter feeding, seem to have adapted to habitats subject to high hydrodynamic energy and variable flux conditions.*

**Key-words:** *Owenia fusiformis*, functional morphology, feeding behaviour, Polychaetes.

### Introduzione

Gli adattamenti trofici di una specie, intesi sia come modalità di nutrizione, sia come selezione delle fonti di cibo, riflettono spesso azione ed intensità di particolari fattori ambientali ai quali la specie si è adattata e con i quali interagisce.

L'analisi della morfologia e del comportamento in rapporto al trofismo può quindi rivelarsi molto utile per comprendere meglio il pattern di dispersione e l'ecologia della specie e più in generale il suo ruolo all'interno della comunità.

Il presente lavoro vuol essere un primo approccio a queste tematiche descrivendo la morfologia del tubo e dell'apparato boccale ed il comportamento trofico di un polichete tubicolo, *Owenia fusiformis*, Delle Chiaje 1842, e discutendone il significato in rapporto alle condizioni ambientali in cui la specie è più frequentemente rinvenuta.

*Owenia fusiformis*, è una specie cosmopolita, tuttavia THOMASSIN & PICARD (1982) ipotizzano l'esistenza di «razze» geografiche. La specie può vivere alcuni anni (FAGER, 1963; CURTIS, 1977) ed è caratterizzata da una larva planctonica che attraversa vari stadi di sviluppo e dopo circa un mese si porta sul fondo (WILSON, 1932). FAGER (1963) studiando una popolazione del Pacifico, osserva i giovani nel sedimento già all'inizio di Aprile ma anche in Luglio, Settembre e Gennaio. FAGER (1963) rileva che la distribuzione è per piccoli clusters e riscontra densità di 500-1000 individui/m<sup>2</sup>. In Mediterraneo *O. fusiformis* si rinviene di frequente, anche con aggregati di centinaia di individui (BELLAN, 1964; PICARD, 1965), nelle sabbie fini superficiali, spesso in condizioni di elevata energia idrodinamica, dove altri Policheti con tubi fissi non riescono a vivere. La specie è presente anche sui fondi detritici e sabbie ad Anfiosso (BELLAN, 1964), prati a *Cymodocea nodosa* (GIANGRANDE & GAMBI, 1986) e sedimenti sabbio-fangosi siti alla foce di fiumi (BEDULLI *et al.*, 1983; GAMBI & GIANGRANDE, 1985). Dal punto di vista trofico *O. fusiformis* viene considerata sia come «filtratore, discretamente mobile, tentacolato», sia come «detritivo superficiale tentacolato» (WATSON, 1901; FAUCHALD & JUMARS, 1979).

## Materiali e metodi

Le osservazioni sono state effettuate su numerosi esemplari di *O. fusiformis* prelevati in immersione su un fondo di sabbia mediofine tra 1 e 3 m di profondità al di sotto del limite inferiore della bassa marea, in una località del Pacifico Nord-occidentale (Point George, San Juan Island, Washington, U.S.A.). L'area è caratterizzata da un'escursione di marea di circa 3,5 m che provoca forti correnti periodiche. Gli animali, trasportati in laboratorio, sono stati posti in vaschette contenenti lo stesso sedimento del sito di prelievo, e tenuti in allevamento in acquari con acqua corrente. Morfologia del tubo e dell'apparato boccale è stata osservata sia su animali vivi in acquario e allo stereomicroscopio, sia su materiale appositamente preparato per l'osservazione al microscopio elettronico a scansione (M.E.S.). Per le osservazioni sul trofismo, 10 esemplari adulti sono stati posti in una canaletta artificiale (MUSCHENHEIM *et al.*, 1986) in cui era possibile riprodurre boundary layer e condizioni di flusso simili a quelle naturali. Il comportamento alimentare è stato osservato in condizioni di acqua ferma (flusso nullo), e a velocità dell'acqua, rilevata a due cm dal fondo (altezza ove mediamente sporgono i tubi di *Owenia*), di 5-6 cm/sec e 11-12 cm/sec. Per ogni set di condizioni le osservazioni sono state condotte per almeno due ore.

## Risultati e discussione

### A) Morfologia funzionale del tubo

Il tubo di *O. fusiformis* ha forma e struttura molto peculiari per certi aspetti uniche tra i Policheti. Esso si presenta assottigliato alle due estremità, le quali



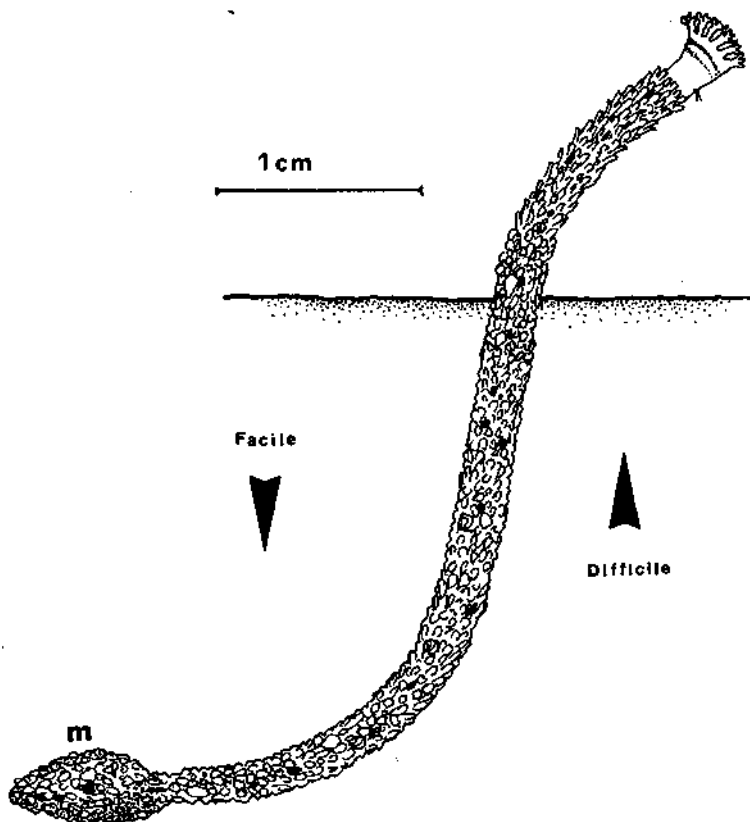
terminano con un sottile cappuccio appuntito che, come l'interno del tubo è costituito da una matrice di natura proteica, trasparente, secreta in strati sovrapposti dal verme (FAGER, 1963). Sulla matrice organica sono attaccati grani di sedimento e detrito organogeno selezionati di forma prevalentemente appiattita. I grani o detriti sono attaccati solo per uno dei lati e, lasciati liberi per il resto del contorno, sono disposti «imbricati» come le tegole di un tetto (Fig. 1).



Fig. 1 - Foto M.E.S.: Segmento cefalico di *O. fusiformis* e parte iniziale del tubo. Si notino la forma appiattita dei grani di sedimento, la loro disposizione a «tegole di tetto» e l'orientamento delle estremità libere dei grani verso la parte anteriore.

Questa struttura permette una notevole flessibilità al tubo. L'estremità libera dei grani è rivolta verso l'alto in modo da ostacolare la rimozione del tubo dal fondo. Il tubo è inoltre inserito ad «S» nel sedimento ed anche questa disposizione ne aumenta le proprietà di ancoraggio e resistenza (Fig. 2). All'estremità inferiore del tubo è presente una specie di manicotto di sedimento agglutinato

(osservato anche da WATSON, 1901) (Fig. 2). Questa struttura, piuttosto fragile e, in caso di perdita durante il prelievo riformata dal verme nel giro di qualche ora, potrebbe essere un modo per «marcare» la fine del tubo, oppure un meccanismo ulteriore di ancoraggio al fondo e non è escluso un ruolo collegato all'alimentazione.



**Fig. 2** - Disposizione del tubo di *O. fusiformis* dentro il sedimento. Si notino il manicotto posteriore (m) e l'estremità libera dei grani di sedimento del tubo che è rivolta verso l'alto per avere maggiore presa con il fondo.

Il verme vive prevalentemente orientato con il prostomio in posizione anteriore, facendo presa all'interno del tubo con i numerosi uncini posti nel ramo ventrale dei parapodi addominali (Fig. 3A). Gli uncini sono tutti orientati con le due lunghe punte terminali verso l'apertura superiore del tubo (Fig. 3B) e tale disposizione, come discusso da WOODIN & MERZ (1987), ha un significato soprattutto «anti-predatorio». Per deporre le «fecal pellets» o i prodotti sessuali il verme può tuttavia rovesciarsi all'interno del tubo e portare così il prostomio all'estremità inferiore.



Fig. 3 - (A) Foto M.E.S.: visione laterale della parte cefalica e di alcuni segmenti anteriori di *O. fusiformis*: LP = lobo principale della corona branchiale; B = branca; L = lobi terminali; seguono tre segmenti toracici (st) e il primo segmento addominale munito di uncini (u). (B) Foto M.E.S.: File di uncini dei parapodi addominali. Si notino tutte le punte rivolte verso l'estremità cefalica del verme.



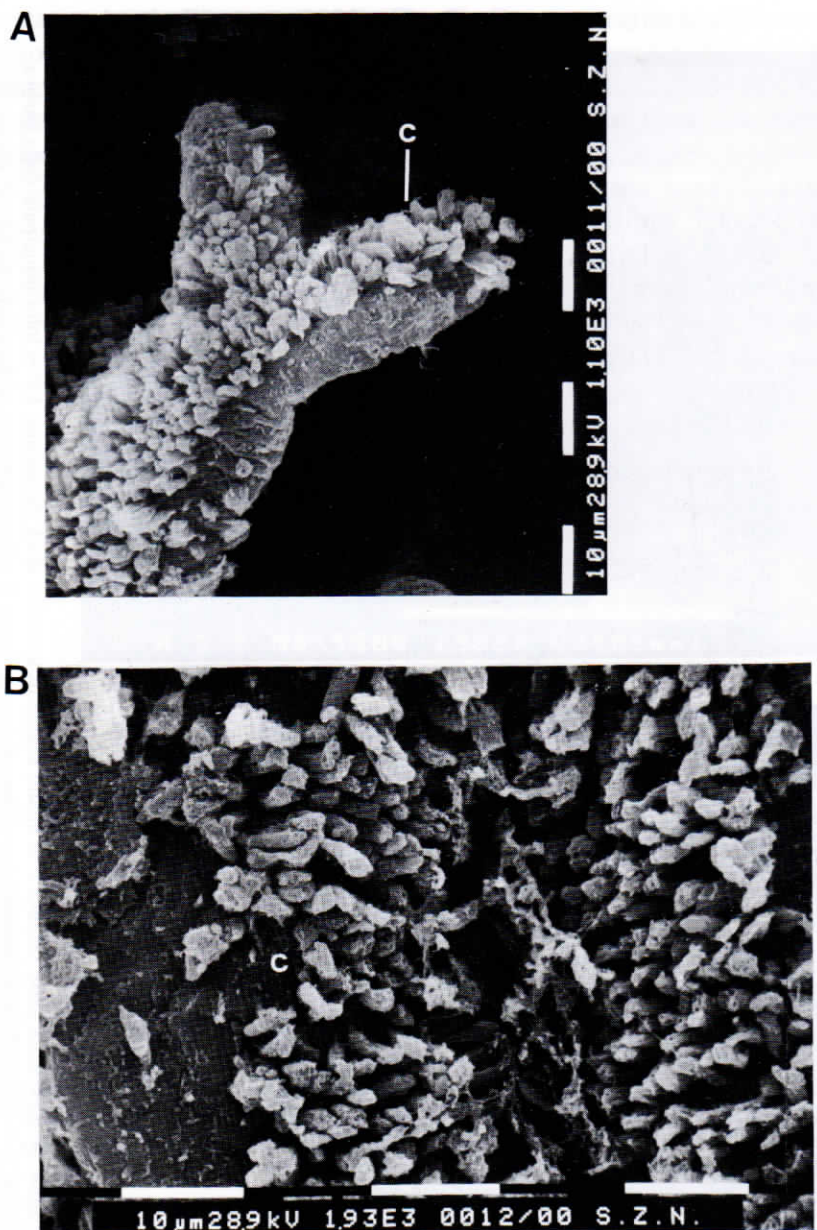


Fig. 4 - (A) Foto M.E.S.: Ciliatura (C) lungo il bordo e nella superficie interna dei lobi terminali. Si noti la divisione dicotomica dei lobi.  
 (B) Foto M.E.S.: Ciliatura (C) nella superficie interna di una branca. Si noti la ripiegatura a doccia.

B) *Morfologia funzionale dell'apparato boccale*

L'apparato boccale, situato nel segmento cefalico, è costituito da una corona branchiale, tre palpi basali, e il «lippen-organ» o organo boccale.

La corona branchiale è costituita da 6 (talvolta 8) lobi principali appiattiti (3-4 per lato). Ogni lobo è a sua volta suddiviso in 4-6 branche che terminano con altri piccoli e corti lobi arrotondati divisi dicotomicamente (WATSON, 1901; DALES, 1957) (Fig. 3A, 4A). I lobi presentano, assieme alle branche, una fitta ciliatura lungo il bordo e nella faccia interna (Fig. 4A e 4B), mentre numerose ghiandole mucose sono presenti sotto l'epidermide sia nella faccia esterna che in quella interna (DALES, 1957); le branche ed ogni relativo lobo principale hanno i bordi leggermente rialzati e formano una specie di «doccia» che termina attorno alla bocca (Fig. 5). La bocca è circondata da tre palpi, due laterali



Fig. 5 - Foto M.E.S.: visione della parte interna della corona branchiale in cui è evidente l'organo boccale (ob) e la ripiegatura «a doccia» dei lobi principali e delle branche (d).

ed uno ventrale che sono espansioni del prostomio e che intervengono nella cernita del materiale (organico e inorganico) che viene ingerito. L'organo boccale, infine, posto nel centro ed al di sotto dei palpi laterali, è costituito da due paia di lobi arrotondati (Fig. 5) e viene impiegato solo per la costruzione del tubo (WATSON, 1901). Le espansioni numerose e la fitta ciliatura della corona branchiale, aumentano notevolmente la superficie di contatto, mentre le ghiandole mucose e la ripiegatura a doccia dei lobi, migliorano le proprietà adesive dell'apparato boccale. Con questa struttura, *O. fusiformis* presenta caratteristiche morfologiche sia di filtratore sia di detritivoro superficiale.

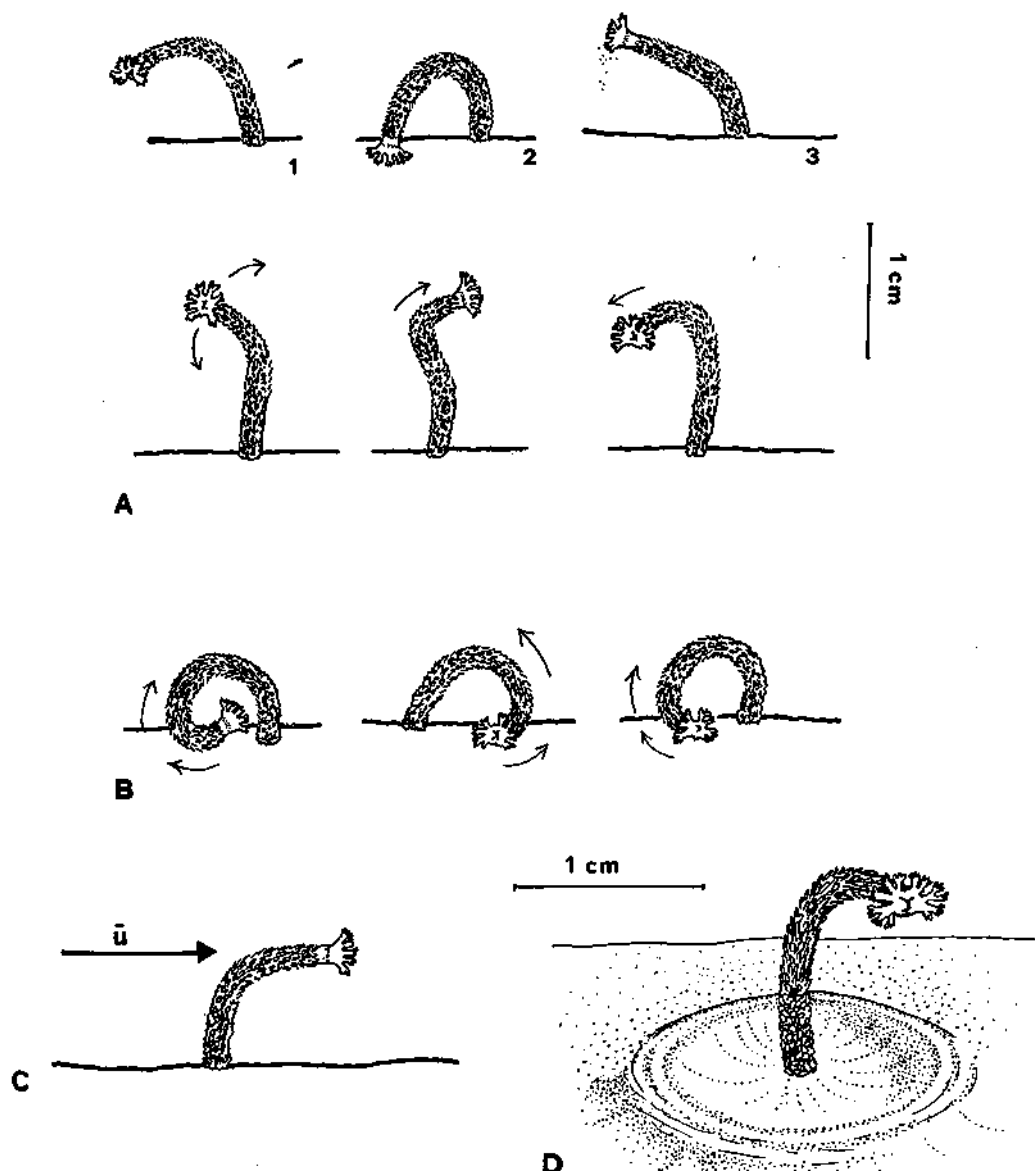
### C) Comportamento trofico

Gli esemplari posti nella canaletta artificiale in condizioni di acqua ferma, emergendo con il solo prostomio dai tubi, cominciavano a piegarsi, con movimenti molto elastici della parte anteriore del tubo, in varie direzioni (Fig. 6A). La corona branchiale, molto dilatata, veniva poggiata quasi perpendicolarmente al fondo e i lobi ciliati delle branche raccoglievano sedimento e materiale organico che poi veniva trasportato alla base della bocca (DALES, 1957). Con frequenza minore, i vermi eseguivano altri movimenti: appoggiando gran parte della porzione anteriore del tubo al fondo, con un vigoroso movimento laterale rimuovevano lo strato più superficiale di sedimento (Fig. 6B), probabilmente per rinnovare il sedimento a cui attingere cibo o anche portare in sospensione materiale organico depositato. Con tali movimenti, dopo circa due ore, ogni animale aveva formato attorno al proprio tubo, una depressione circolare imbutiforme (osservata anche da ECKMAN *et al.*, 1983) (Fig. 6D). Instaurando nella canaletta condizioni di debole corrente (5-6 cm sec<sup>-1</sup>), il comportamento di « deposit-feeding » sopra descritto si manteneva invariato anche se diminuiva la frequenza dei vari movimenti. Aumentando la velocità della corrente (11-12 cm sec<sup>-1</sup>), tutti gli esemplari orientavano la corona branchiale, con il tubo leggermente incurvato, nella direzione della corrente e cominciavano a raccogliere materiale in sospensione direttamente dalla colonna d'acqua (Fig. 6C). Queste osservazioni, se pur in condizioni simulate di laboratorio, dimostrano che *Owenia fusiformis* è capace di alternare etologia alimentare di detritivo superficiale a quella di filtratore passivo, anche se il primo comportamento sembra prevalere. Tali modalità trofiche, inoltre, sembrano variare in relazione alle condizioni locali di velocità dell'acqua e conseguente flusso di materiali sospesi.

### Conclusioni

Morfologia del tubo e dell'apparato boccale ed etologia alimentare di *Owenia fusiformis* sono interpretabili come altamente funzionali a vivere in quegli ambienti costieri con elevato idrodinamismo, notevole stress meccanico ed anche variabilità nelle condizioni di flusso, come ad esempio alla foce dei fiumi, ove la specie viene frequentemente raccolta.

In tali ambienti, all'interfaccia acqua-fondo esiste una risospensione a trasporto continuo di materiali e la differenza tra sostanze sospese e depositate è spesso artificiosa (THAGON *et al.*, 1980). Comportamenti alimentari alternativi, oltre che in *Owenia*, osservati tra i Policheti anche in alcuni Spionidi (DAUER 1984; THAGON *et al.*, 1980), e Terebellidi (BUHR, 1976), possono considerarsi evolutivamente molto vantaggiosi per uno sfruttamento ottimale delle risorse in zone ad elevata turbolenza e variabilità nelle condizioni di flusso. THAGON *et al.* (1980) hanno suggerito che gli organismi che presentano questi adattamenti, invece di essere considerati come un'anomalia nelle classificazioni tro-



**Fig. 6** - (A) Comportamento trofico da deposit-feeder in *Owenia* in condizioni di acqua ferma o debole corrente. I numeri indicano la sequenza dei movimenti che vengono poi ripetuti in tutte le direzioni (seconda fila).

(B) Movimenti con cui il verme rimuove il sedimento intorno al tubo (vedi testo).

(C) Comportamento trofico da filter-feeder in *Owenia*. Si noti l'orientamento dell'animale nella direzione della corrente ( $\bar{u}$ ) con il tubo leggermente piegato.

(D) Depressione circolare formata intorno al tubo in conseguenza dell'attività di deposit-feeding (vedi testo).

fiche, possano costituire un gruppo distinto e molto utile di «indicatori ecologici». *Owenia fusiformis* può a ragione considerarsi un tipico rappresentante di questo gruppo.

### Ringraziamenti

Ringrazio i Friday Harbor Laboratories (Università di Washington, U.S.A.), il Sig. Robert Self (Liko) e il Fulbright Exchange Visitor Program (U.S.A.) per l'assistenza offerta.

### Summary

*The functional-morphology of the tube and of the buccal apparatus, and the feeding behaviour of a tubiculous Polychaete (Owenia fusiformis Delle Chiaje, 1842) is described and discussed in relation to the environment where the species is commonly found. Dense populations of O. fusiformis are frequent in shallow sandy bottoms, often in front of the mouths of rivers. The tube is composed of an organic matrix covered with sand and detritic flat grains that overlap each other like «roof-tiles». This structure is very flexible and strong, and it can counteract mechanical stress and removal from the bottom. The buccal apparatus consists of a flat branchial crown divided in 6-8 branches each ending with small rounded lobes. The internal surface of the crown is highly ciliated. This structure has the morphological characteristics of both a deposit and a filter feeder. In flume experiments, under conditions of still water or weak current (below 10 cm/sec), O. fusiformis behaved as a deposit-feeder; by picking up the sediment around the tube with the crown, and forming a pit in the bottom. At a higher current velocity (over 10 cm/sec), the worms started filter-feeding; they turned the crown in the direction of the current with the tube held slightly curved. The structure of the tube and the buccal apparatus, and the ability to alternate deposit and filter feeding, seem to have adapted to live in habitats subject to high hydrodynamic energy and variable flux conditions.*

### Bibliografia

- BEDULLI D., AMOREUX L., AMBROGI R. (1983) - Seasonal changes the macrobenthos of an area facing to Po river delta. *Thalassia Jugoslavica*, 19 (1-4): 31-38.
- BELLAN G. (1964) - Contribution a l'étude systématique, bionomique et écologique des annélides Polychètes de la Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, 49 (33): 1-371.
- BUHR KJ. (1976) - Suspension feeding and assimilation efficiency in *Lanice conchylega* (Polychaeta). *Mar. Biol.*, 38: 373-383.



CURTIS M.A. (1977) - Life cycle and population dynamics of marine benthic Polychaetes from the Disko Bay area of West Greenland. *Ophelia*, 16 (1): 9-58.

DALES R.P. (1957) - The feeding mechanism and the structure of the gut of *Owenia fusiformis* Delle Chiaje. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 36: 81-89.

DAUER M.D. (1984) - Functional morphology and feeding behaviour of *Streblospio benedicti* (Polychaeta, Spionidae). In: *Proceedings First Int. Polychaete Conference*. P.A. Hutchings (ed): 418-429.

ECKMAN J.E., NOWELL A.R.M., JUMARS P.A. (1983) - Sediment destabilization by animal tubes. *J. Mar. Res.*, 39: 361-374.

FAGER E.W. (1963) - Marine sediments: effects of a tube-building Polychaete. *Science*, **143**: 356-358.

FAUCHALD K., JUMARS P.A. (1979) - The diet of the worms: a study of Polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 17: 193-284.

GAMBI M.C., GIANGRANDE A. (1985) - Distribution of soft-bottom Polychaetes in two coastal areas of the Tyrrhenian Sea (Italy): structural analysis. *Est. Coast. Shelf Science*, 23: 847-862.

GIANGRANDE A., GAMBI M.C. (1986) - Polychètes d'une pelouse à *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers, du golfe de Salerno (mer Tyrrhenienne). *Vie Milieu*, 36 (3): 185-190.

MUSCHENHEIM D.K., GRANT J., E.L., MILLS (1986) - Flumes for benthic ecologists: theory, construction and practice. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 28: 185-196.

PICARD J. (1965) - Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Thèse Fac. Science Univ. Aix-Marseille*: 1-160.

THAGON G.L., NOWELL A.R.M., JUMARS P.A. (1980) - Induction of suspension feeding in Spionid Polychaetes by high particulate fluxes. *Science*, 210: 562-564.

THOMASSIN B.A., PICARD J. (1972) - Etude de la microstructure des soies de polychètes Capitellidae et Oweniidae au microscope électronique à balayage: un critère systématique précis. *Mar. Biol.*, 12, 229-236.

WATSON A.T. (1901) - On the structure and habits of the Polychaeta of the family Ammochaetae. *J. Linn. Soc. (Zool)*, 28: 230-260.

WILSON D.P. (1932) - On the Mitraria larva of *Owenia fusiformis* Delle Chiaje. *Phil. Trans. B*, **221**: 231-334.

WOODIN S.A., MERZ R.A. (1987) - Holding on by their hooks: anchors for worms. *Evolution*, 41 (2): 427-432.

A. GIANGRANDE

Dip. di Biologia dell'Università

Via Prov.le Lecce-Monteroni, 73100 Lecce (Italia)

## **CICLI VITALI DEI POLICHETI E RELAZIONI CON L'AMBIENTE**

### **Abstract**

Polychaete life diagrams and environment

*During the years 1985-86 a Polychaete community of a littoral cliff between 0 and 5 m depth was studied. A zonation of the community along the depth gradient, due to changes in environmental conditions, was observed. Three species dominating at 0, 1 and 4 m were chosen to investigate on their life diagrams: Platynereis dumerilii, Amphiglena mediterranea and Eunice harassii. The life diagram patterns found could be related to the different conditions existing within the community at the preferential depth where the species were found.*

**Key-words:** Benthic Polychaetes, Life diagrams, *Platynereis dumerilii*, *Eunice harassii*, *Amphiglena mediterranea*, Mediterranean Sea.

### **Introduzione**

La conoscenza delle strategie riproduttive delle specie dominanti all'interno di una comunità può essere di valido aiuto nel chiarire le complesse interazioni esistenti all'interno della comunità stessa. In particolare, l'analisi della struttura di popolazione delle specie dominanti può dare informazioni circa i principali fattori di controllo: la struttura di popolazione è infatti il risultato delle sollecitazioni sia di tipo fisico che biotico. Un'intensa predazione, ad esempio, favorisce nella popolazione predata una maturazione precoce (GRASSLE & SANDERS 1973). Lo studio dei cicli vitali degli organismi bentonici ha messo in evidenza due tipi principali di strategie, la prima «opportunista» è propria di ambienti imprevedibili, la seconda «specialista» è propria di ambienti prevedibili. La relativa prevedibilità dell'ambiente dà modo alle specie di sopravvivere con bassi tassi di riproduzione, bassi tassi di mortalità e piccole taglie di popolazione.

Com'è noto i policheti sono uno dei maggiori gruppi caratterizzanti le comunità bentoniche marine. Molti studi sui cicli vitali dei policheti si riferiscono alle specie che colonizzano gli ambienti imprevedibili (GRASSLE & GRASSLE, 1974; OYENEKAN, 1983), mentre le specie che colonizzano altri tipi di ambienti risultano da questo punto di vista meno conosciute (CURTIS, 1977). Recentemente FAUCHALD (1983) ha proposto il termine di «life diagram» che focalizza il rapporto esistente tra le varie fasi del ciclo vitale e la durata della vita, con l'assunzione che la conoscenza della durata della vita di ogni specie può essere usata per predire altri tratti del «life diagram» e viceversa.

Il presente studio si riferisce ad un ambiente di substrato duro e vuole essere un contributo alla conoscenza di queste modalità riproduttive dei policheti e un tentativo di interpretazione delle strategie riproduttive di alcune specie in base al tipo di comunità nella quale dominano.

## Materiali e metodi

### a) *Area investigata e metodiche*

La zona investigata è una parte rocciosa a sud di Livorno. I campioni sono stati eseguiti in immersione grattando una superficie di 400 cm<sup>2</sup> alla distanza di 1 m ciascuno, lungo un transetto verticale da 0 a 5 m di profondità, per un totale di 6. Un primo ciclo eseguito nei mesi di febbraio e agosto 1985 ha permesso una definizione biocenotica (GIANGRANDE, 1988), mentre un secondo ciclo di campionamenti bimestrali durante l'anno 1986 è stato effettuato a 0,1 e 4 m, per seguire il ciclo biologico di alcune specie bersaglio.

I campioni sono stati fissati in formalina al 4% in acqua di mare e smistati. Per ogni specie è stato eseguito il conteggio degli individui, che sono stati misurati in lunghezza totale e raggruppati in classi di taglia. Per gli individui spezzati sono state usate delle correlazioni tra lunghezza e altre parti del corpo (DUCHENE, 1979).

### b) *Cenni sulle modalità riproduttive dei Policheti*

La riproduzione nei policheti è processo che può culminare dopo diversi anni o può essere completato abbastanza velocemente; essa può essere continua durante tutto l'anno oppure avvenire in particolari periodi con un maggiore controllo ambientale (SHROEDER & HERMANS, 1975). FAUCHALD (1983) ha proposto tre tipi principali di diagrammi vitali:

1) specie annuali 2) specie perenni 3) specie multiannuali.

Le specie annuali si riproducono una sola volta nel loro ciclo vitale e poi muoiono. Secondo OLIVE (1984) esse possono essere definite specie monote-

liche (semelpare) con alto grado di sincronizzazione all'interno della popolazione. Tali specie compiono uno sforzo riproduttivo relativamente alto, producono uova piccole ed hanno uno sviluppo larvale planctotrofico (Terebellidae e Ampharetidae). Bisogna però distinguere tra le specie monoteliche obbligate che muoiono dopo la riproduzione per cambiamenti fisiologici geneticamente determinati (Nereidae), e quelle che subiscono alti livelli di predazione e che di rado sopravvivono dopo la prima riproduzione anche se avrebbero una facoltà potenziale di più riproduzioni durante la vita. Per quanto riguarda la ovogenesi presentano una condizione primitiva, hanno infatti ovogenesi extraovarica in cui la vitellogenesi è un processo molto lento che a volte dura anche un anno (OLIVE, 1983).

Probabilmente le specie che adottano questo tipo di strategia riproduttiva hanno grosse popolazioni panmittiche. Le specie che appartengono a questo gruppo si trovano sia su fondi duri che su fondi mobili e sono da adulti estremamente vagili.

Le specie perenni hanno invece due o più stagioni di crescita prima di raggiungere la maturità e si riproducono più volte nella vita; esse compiono uno sforzo riproduttivo relativamente basso, producono grandi uova ed hanno uno sviluppo non planctotrofico (Onuphidae). Le specie appartenenti a questo gruppo possono essere definite a strategia K (PIANKA, 1970). OLIVE (1984) le definisce come specie politeliche o iteropare e distingue all'interno di questa categoria le specie con numerosi episodi riproduttivi che non avvengono in sincronia all'interno della popolazione (*Cirratulus cirratus*), da quelle che vanno incontro a stagioni riproduttive distinte, durante le quali la popolazione è sincronizzata (*Arenicola marina*). Per quanto riguarda l'ovogenesi questa categoria presenta una condizione più evoluta della precedente. Gli ovarii sono organi discreti, ma l'ovogenesi è un processo ancora abbastanza lento (5 o 6 mesi in *Nicolea zostericola*) (OLIVE, 1983). Le specie appartenenti a questa categoria sono quasi sempre poco mobili o tubicole e la perdita della fase larvale ha forse il significato di mantenere coesione in piccole popolazioni. Gli Onuphidae ad esempio hanno larve in grado di fissare immediatamente. Le grosse specie perenni si trovano principalmente nelle comunità di fondo mobile.

Le specie multiannuali sono infine quelle specie che compiono due o più riproduzioni durante una singola stagione di crescita. Esse sono definite da OLIVE (1984) politeliche o iteropare a riproduzione semicontinua (Spirorbidae). Le specie appartenenti a questa categoria compiono il maggior sforzo riproduttivo, producono grosse uova e larve non planctotrofiche. Dal punto di vista dell'ovogenesi sono le specie più evolute. Gli ovarii sono organi ben localizzati e specializzati con cellule nutritive. In *Streblospio* e *Capitella* l'ovulazione può essere completata in una settimana, mentre nei Syllidae si compie in circa 30 giorni (OLIVE, 1983).

Quest'ultima categoria è la più eterogenea: vi si trovano infatti specie interstiziali, specie che colonizzano fondi duri e le classiche specie « opportuniste » a strategia r (PIANKA, 1970) che vivono in ambienti imprevedibili. I piccoli policheti che colonizzano substrati duri hanno uova grandi e sviluppo diretto e tendono a produrre piccole nidiate ad intervalli regolari, a volte associate a copula-

zione ed incubazione. Questi organismi sono spesso sessili o gregari e ciò può spiegare l'adozione di una strategia di questo tipo, *Spirorbis* ad esempio incuba le uova e produce larve bentoniche in grado di fissarsi subito. In questa categoria si può osservare anche riproduzione asessuale (Sillidi e Ctenodrilidi) ed ermafroditismo in rapporto alla vita sessile o coloniale e all'alto grado di affollamento all'interno della popolazione. Anche in questo caso, quindi la perdita della fase larvale potrebbe avere un significato di mantenere coesione nella popolazione. Le specie di ambienti imprevedibili sono invece discretamente mobili e possono presentare pecilogonia (capacità di produrre larve di più tipi). La perdita della fase larvale in queste specie è spiegabile in base al fatto che spesso in ambienti imprevedibili la produzione di un gran numero di uova piccole, e quindi di larve planctotrofiche, provoca grosse fluttuazioni nella popolazione (LEVIN, 1984).

## Risultati

L'indagine condotta durante il primo anno (GIANGRANDE, 1988) ha evidenziato una zonazione della comunità a policheti procedendo dalla superficie (0 m) al fondo 5 m. La stazione posta in superficie è composta dal minor numero di specie ed individui, nelle stazioni poste tra 1 e 2 m si assiste ad un incremento di tali parametri, ma le stazioni in cui si ha il miglior grado di strutturazione della comunità si trovano al di sotto dei 2 m. L'ipotesi che scaturisce da questi risultati è che l'attenuazione dei fattori fisici in profondità favorisca maggiormente relazioni di tipo biotico. La stazione più superficiale, in particolare, è quella che risente dello stress da emersione. Tra le specie più abbondanti alle varie profondità ne sono state scelte 3, la cui distribuzione è visibile in Fig. 1. *Platyne-*

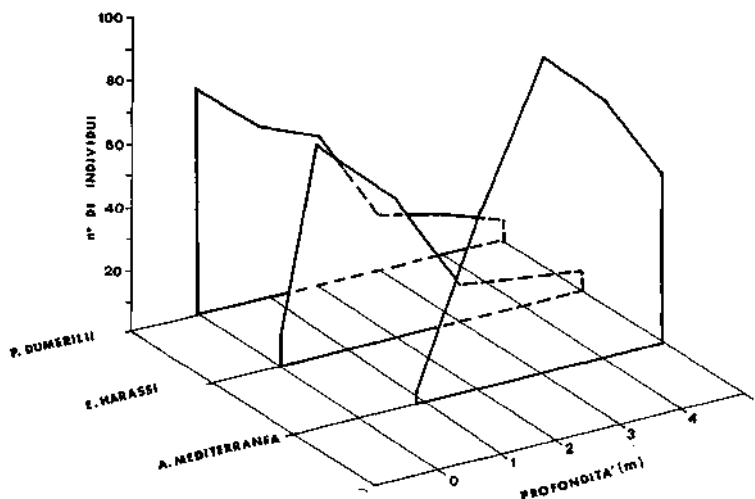


Fig. 1 - Abbondanza (n. di individui) delle tre specie considerate lungo il transetto di campionamento.

*reis dumerilii* è dominante nella stazione superficiale, *Eunice harassii* tra 1 e 2 m, mentre *Amphiglena mediterranea* domina nelle stazioni più profonde.

#### a) *Platynereis dumerilii* Audouin & M. Edwards

Si tratta di una specie molto studiata soprattutto per quanto riguarda le prime fasi del ciclo vitale (CAZAUX, 1972). La dinamica di popolazione di questa specie è stata studiata da KISSELEVA (1971) per il mar Nero. In Fig. 2 sono visibili gli istogrammi di frequenza delle classi di taglia.

Il periodo di riproduzione si protrae dalla primavera inoltrata alla tarda estate. Le heteronereis, abbondantissime a maggio, sono state osservate fino a luglio, ma probabilmente sono presenti anche a settembre, poiché in dicembre esiste, ancora una certa percentuale di giovani. Le heteronereis misurano da 2 a 3 cm e possiedono da 50 a 70 setigeri, le uova misurano circa 170  $\mu$ m. Gli individui più piccoli sono stati raccolti in gran numero nel mese di giugno e possiedono da 8 a 12 setigeri. Nel successivo mese di luglio la classe più abbondante è quella seguente in cui gli individui misurano circa 0,6 cm e possiedono 20 setigeri, il picco si sposta ancora nel mese di settembre nelle successive classi. A partire dal mese di dicembre si possono invece seguire le classi giovanili dell'anno precedente che raggiungono la maturità a partire dal mese di maggio per ricominciare il ciclo.

#### b) *Eunice harassii* Audouin & M. Edwards

Le tecniche di campionamento utilizzate non sono sufficienti per uno studio di dinamica di popolazione di questa specie, tuttavia dai dati a disposizione scaturiscono alcune informazioni interessanti. Gli istogrammi di frequenza sono visibili in Fig. 3, essi sono stati costruiti sulla larghezza del 5 setigero, dopo correlazione di questo carattere con la lunghezza totale.

*E. harassii* va infatti incontro ad autotomia ed è difficile reperire individui interi. In tutti e due gli anni di studio, gli individui giovani (1 mm e 6 setigeri) sono stati raccolti nei mesi invernali. La riproduzione si colloca tra i mesi di ottobre e novembre. Gli individui con le uova compaiono già a partire dal mese di luglio e nel mese di settembre possiedono uova che misurano 320  $\mu$ m. I piccoli individui presenti nel mese di dicembre si seguono bene fino al successivo settembre quando raggiungono la taglia di 1 cm (1,2 mm di larghezza del 5 setigero). L'esiguità degli individui reperiti non permette di seguire altrettanto facilmente le altre classi. La stima dell'età di questa specie è stata eseguita mediante il conteggio delle bande sulle mandibole (KIRKEGAARD, 1970), la cui formazione sembra essere annuale: questo carattere è infatti altamente correlato con la taglia degli individui (GIANGRANDE, in stampa). I più grossi individui reperiti presentavano 5 bande (corrispondenti a

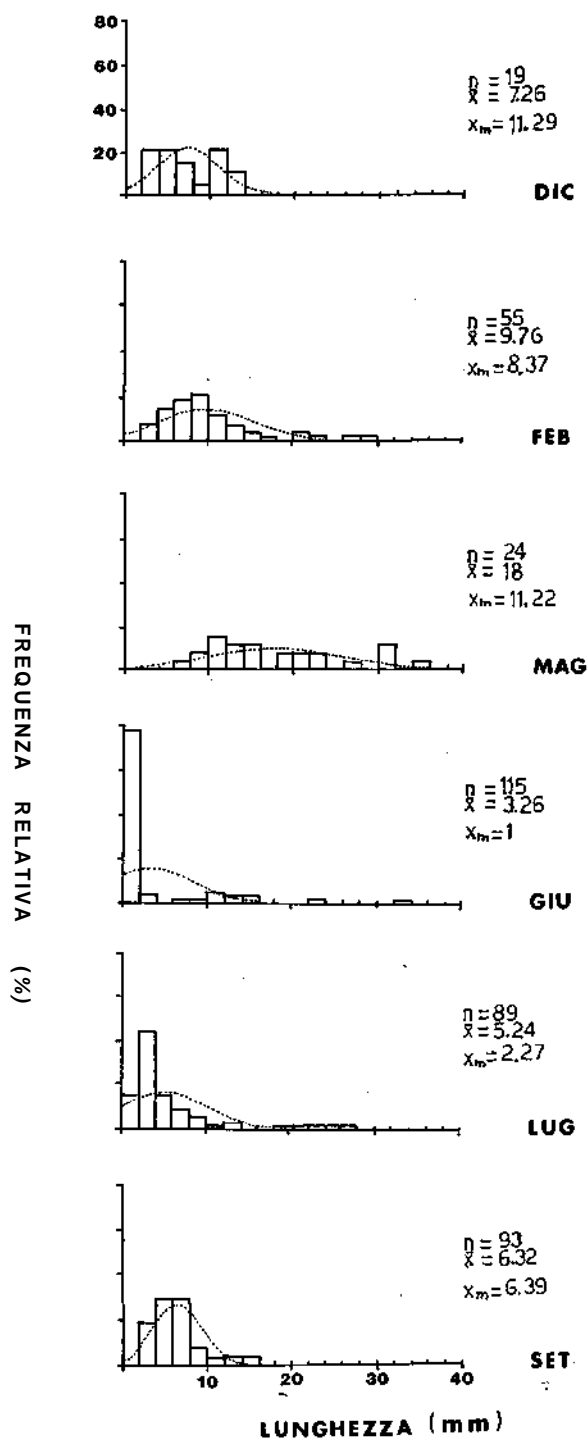


Fig. 2 - *Platynereis dumerilii*. Istogrammi di frequenza delle classi di taglia.

3,5 cm), mentre gli individui con le uova possedevano da 3 a 4 bande (2-3 cm).

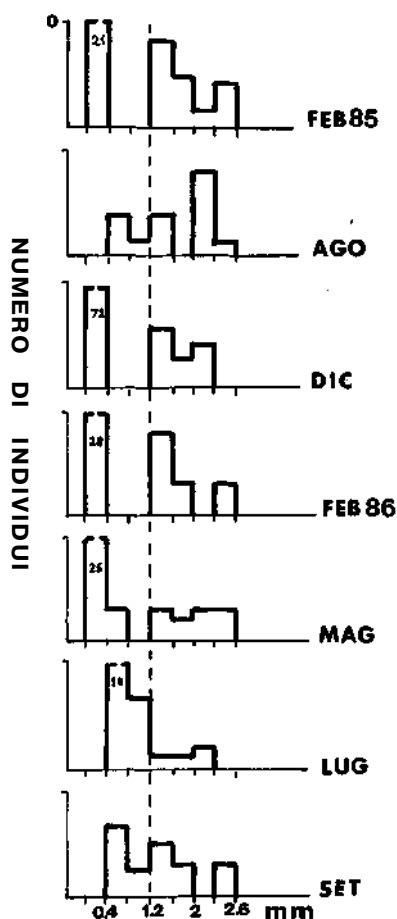


Fig. 3 - *Eunice harassii*. Istogrammi di frequenza delle classi di taglia.

### c) *Amphiglena mediterranea* (Leydig)

Questa specie ermafrodita produce grandi uova (300  $\mu$ m) che vengono incubate all'interno del tubo (KNIGHT JONES, 1984). In Fig. 4 sono visibili gli istogrammi di frequenza. La lunghezza massima raggiunta è di 5 mm compreso il ciuffo branchiale; i più piccoli individui reperiti possiedono 11 setigeri e misurano 0,8 mm, taglia che corrisponde agli embrioni appena usciti dal tubo. Questa specie matura a circa 2,5 mm (26 setigeri), gli esemplari maturi presentavano da 5 a 6 grosse uova nell'addome e sono presenti in tutti i mesi campionati, tranne che nel mese di febbraio. Ciò fa supporre una riproduzione continua durante l'anno, dato confermato anche dalla media degli istogrammi che



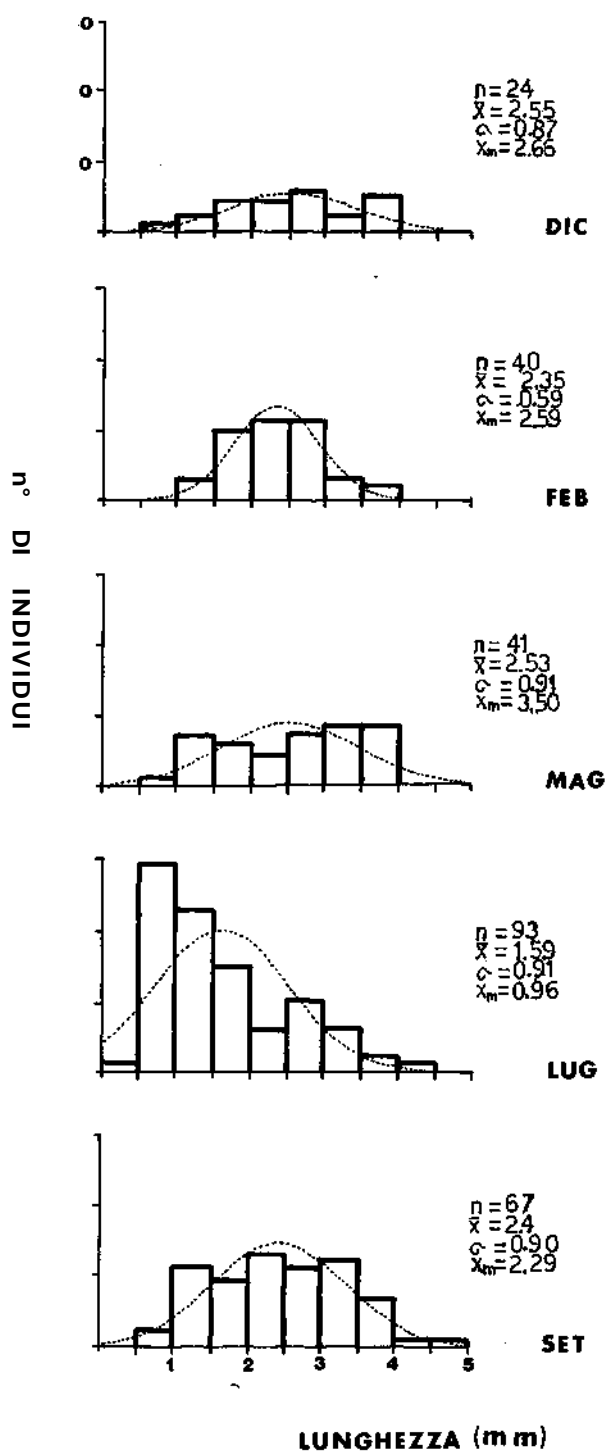


Fig. 4 - *Amphiglena mediterranea*. Istogrammi di frequenza delle classi di taglia.

rimane pressoché costante durante il periodo di investigazione, tranne che nel mese di luglio, quando si osserva un grande incremento di individui giovani. A maggio, infatti, la percentuale di individui ovigeri è altissima.

## Conclusioni

*P. dumerilii* possiede un ciclo annuale con riproduzione da maggio e settembre ed un accrescimento molto rapido, in accordo con quanto osservato da KISSELEVA (1971); le classi degli adulti, infatti, scompaiono dopo il mese di settembre (le heteronereis muoiono dopo la riproduzione). I grossi individui reperiti provengono, molto probabilmente, da generazioni precoci primaverili, mentre gli individui di taglia minore provengono da giovani che nascono in autunno e che, crescendo lentamente in inverno, raggiungono la maturità con dimensioni più piccole. Fra le categorie proposte da FAUCHALD (1983) questa specie si inserisce nelle annuali monoteliche, con morte degli individui dopo la riproduzione, uova relativamente piccole e larve planctotrofiche. Dato il suo rapido accrescimento essa può essere classificata a strategia r; in un regime annuale, infatti la migliore strategia è quella adottata dai nereidi epitoki, dove gli adulti dopo la metamorfosi convogliano tutta l'energia nella riproduzione, rilasciano i gameti e poi muoiono. *P. dumerilii* colonizza infatti ambienti particolari a bassa competizione come aree portuali eutrofizzate (BELLAN, 1980) e la sua abbondanza nella fascia superficiale del presente studio, dove lo stress da emersione seleziona una comunità composta di poche specie, confermerebbe tale ipotesi. L'abbondanza di questa specie negli ambienti suddetti potrebbe essere legata, comunque, anche a fattori trofici: *P. dumerilii* è infatti un erbivoro per eccellenza e trova condizioni ideali sia tra le ulvacee che abbondano nei porti, sia nelle alghe frondose dell'infralitorale superficiale.

*E. harassii* può essere inserita nella categoria delle specie politeliche a lento accrescimento (perenni). Questa specie vive circa 5 anni, si riproduce in maniera sincronizzata una volta l'anno nei mesi invernali e produce grosse uova che probabilmente danno origine a larve bentoniche. Essa è una classica specie a strategia K; la sua collocazione preferenziale tra 1 e 2 m di profondità è spiegabile soprattutto in termini trofici. Questa specie è infatti un predatore che si nutre di piccoli crostacei particolarmente abbondanti proprio a tali profondità. Essa però non si spinge nella zona colonizzata dalla precedente specie, dove le sue prede sono ugualmente abbondanti, poiché probabilmente non trova condizioni ambientali idonee.

*A. mediterranea*, infine, può essere inserita nella categoria delle specie multiannuali politeliche con grosso sforzo riproduttivo, produzione di uova relativamente grandi e perdita della fase larvale. Probabilmente questa specie vive meno di un anno e si riproduce più volte durante la vita, con un incremento nei mesi estivi. La sua strategia potrebbe essere definita come di tipo r, anche se nel presente studio si colloca proprio nella comunità con il più alto grado di

strutturazione. Questa specie è un filtratore sedentario che raggiunge alte densità di popolazione, la sua collocazione al di sotto dei 2 m può essere dovuta al fatto che qui trova condizioni idrodinamiche favorevoli al suo tipo di alimentazione. Il ciclo di questa specie è comunque legato al gregarismo e alla sedentarietà, alla densità di popolazione e anche alla taglia dell'animale. Essa possiede infatti la classica strategia del piccolo polichete di substrato duro.

I dati presentati in questo lavoro, sono comunque preliminari e richiedono ulteriori approfondimenti soprattutto per quanto riguarda *P. dumerilii* e *E. harassii*. Risulta però evidente che un tale approccio può essere di notevole aiuto alla comprensione della distribuzione delle specie.

### Summary

*During the years 1985-1986 a Polychaete community from a littoral cliff south of Livorno (Tyrrhenian Sea) was investigated. A zonation of the community along a transect between 0 and 5 m in depth was observed, this zonation was attributed to changes in environmental conditions.*

*The species Platynereis dumerilii Audouin & M. Edwards, Eunice harassii Audouin & M. Edwards and Amphiglena mediterranea (Leydig), abundant at 0, 1 and 4 m depth respectively, were chosen for investigations on life diagram. E. harassii appeared to be a specialist form: polytelic with long lifespan and producing large eggs. P. dumerilii was a monotelic species, characterized by fast growth and colonizing the upper zone (0 m) where the community was stressed by physical factors. A. mediterranea presented a polytelic multiannual cycle typical of small sized organism colonizing hard substrates.*

*The life diagram patterns of the investigated species were found to be consistent with the different conditions existing within the community at the depth where the species were most abundant.*

### Bibliografia

- BELLAN G. (1980) - Relationship of pollution to rocky substratum Polychaetes on the French Mediterranean coast. *Mar. Pollut. Bull.*, 11: 318-321.
- CAZAUX C. (1972) - Etude morphologique du développement larvaire d'Annélides Polychetes (Bassin D'Arcachon) 11. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 113: 140-202.
- CURTIS M.A. (1977) - Life cycles and population dynamics of marine benthic Polychaetes from Disko Bay area of west Greenland. *Ophelia*, 16 (1): 9-58.
- DUCHENE M. (1979) - Problèmes liés à la croissance chez les Annélidés Polychetes. *Océanis*, 8 (7): 493-504.

FAUCHALD K. (1983) - Life diagram patterns in benthic Polychetes. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 96 (1): 160-177.

GIANGRANDE A. (1988) - Polychaete zonation and its relationship with algal covering along a vertical cliff in the West Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **120**: 263-276.

GIANGRANDE A. (in stampa) - Observations on recruitment and growth of *Eunice harasii* Audouin & M. Edwards (Polychaeta Eunicidae) in the Mediterranean sea. *Vie et Milieu*.

GRASSLE J.F., GRASSLE J.P. (1974) - Opportunistic life histories and genetic systems in benthic Polychaetes. *J. Mar. Res.*, 32: 253-284.

GRASSLE J.F., SANDERS L.H. (1973) - Life histories and role of disturbance. *Deep sea Res.*, 20: 643-659.

KIRKEGAARD J.B. (1970) - Age determination of *Nephtys* (Polychaeta, Nephthyidae). *Ophelia*, 7: 272-282.

KISSELEVA M.I. (1971) - Dynamique et production de la population de Polychète *Platynereis dumerilii* dans la biocoenose de *Cystoseira* en Mar Noire. *Tr. Mus. His. Nat. G. Antipa*, 11: 49-58.

KNIGHT JONES P. (1984) - Incubation and scissiparity in Sabellidae (Polychaeta). *J. Mar Biol. Ass. U.K.*, 64: 809-818.

LEVIN L.A. (1984) - Life history and dispersal patterns in a dense infaunal Polychaete assemblage: Community structure and response to disturbance. *Ecology*, 65 (4): 1185-1200.

OLIVE P.J. (1983) - Annelida Polychaeta. In *Reproductive Biology of Invertebrates*, K.G. & R.G. Adiyodi (eds), I (15): 357-422 e II (16): 321-342.

OLIVE P.J. (1984) - Environmental control of reproduction in Polychaeta. *Polychaete Reproduction*. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, New York: 18-38.

OYENEKAN J.A. (1983) - Production and population dynamics of *Capitella capitata*. *Arch. Hydrobiol.*, 98 (1): 115-126.

PIANKA E. (1970) - On r- and k-selection. *American Naturalist*, **104**: 592-597.

SHROEDER P.C., HERMANS CO. (1975) - Annelida Polychaeta. In: A.C. Giese and Pearse (eds). *Reproduction of Marine Invertebrates*, I: 1-213.

G. MARANO

A.M. PASTORELLI

V. DE ZIO

L. ROSITANI

R. VACCARELLA

Laboratorio Provinciale di Biologia Marina, Molo Pizzoli, 70123 Bari (Italia)

## COMUNITÀ A *CHAMELEA GALLINA* (L.) NELL'ADRIATICO PUGLIESE

### Abstract

*Chamelea gallina* (L.) community in the Adriatic coast of Puglia (Italy)

*In the southern part of the Adriatic, as a result of the particular structure of the infralittoral sediments, the bivalve populations differ from those found in other Adriatic areas. The Chamelea gallina and Owenia fusiformis populations are found only in areas of fine sand, together with molluscs, and Polychaetes and crustaceans found in the SFBC and SFS bioce-nosis.*

*In samples from sandy and muddy bottoms of the Gulf of Manfredonia the percentage of C. gallina is small because of the large scale presence of other species of bivalves and gaste-ropods.*

Key-words: Benthic communities, bivalvia, *Chamelea gallina*, Adriatic Sea.

### Introduzione

Nell'Adriatico i popolamenti bentonici sui fondi molli dell'infralitorale sono caratterizzati da molluschi lamellibranchi, presenti in abbondanza nella comu-nità a *Chamelea gallina* + *Owenia fusiformis* (BEDULLI *et al.*, 1986; GAMULIN BRIDA, 1967; SCACCINI, 1967; VATOVA, 1949).

Le coste pugliesi adriatiche presentano popolamenti di molluschi bivalvi in due aree definite: dalla foce del Saccione, confine di regione, a Vieste e più a sud da Manfredonia a Barletta (Fig. 1).

Nel tratto garganico, la zoocenosi a molluschi di facies sabbiosa è limitata a Piccoli areali per la maggior profondità dei fondali prospicienti la costa e per le caratteristiche geomorfologiche.

Nelle due aree indicate in cui sono presenti i banchi naturali a bivalvi, *C. gallina* risulta il mollusco più frequente, tuttavia in rapporto alla natura e tessi-

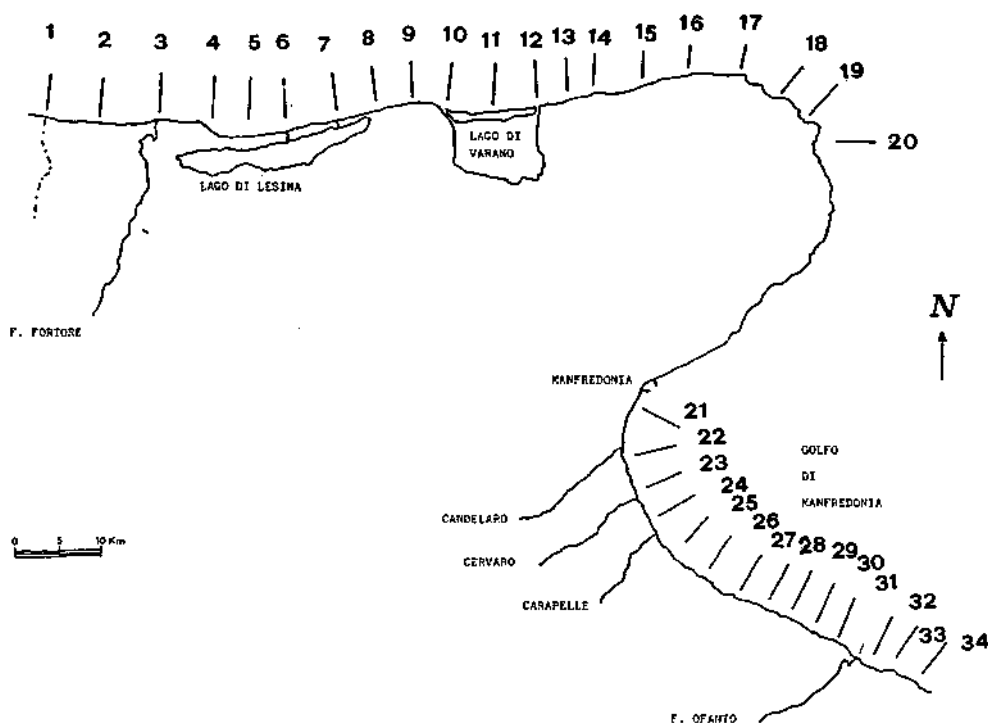


Fig. 1 - Area di prelievo con indicazione dei transetti.

tura dei sedimenti, nonché all'azione delle correnti e delle caratteristiche delle acque, si susseguono popolamenti con specie dalle diverse esigenze edafiche ed ecologiche.

Lo studio dei banchi naturali di bivalvi, ancora in corso, è stato avviato nel 1984 con finanziamenti del Ministero della Marina Mercantile e tende alla valutazione della biomassa dei lamellibranchi di interesse commerciale.

### Materiali e metodi

Per i prelievi, giugno 84, sono state utilizzate imbarcazioni professionali, dotate di draghe turbosoffianti con tondini distanti 11 mm.

I campionamenti sono stati effettuati lungo 34 transetti (Fig. 1) distanti tra loro di 2 miglia e i prelievi con draga, paralleli alla costa e di 50 m ciascuno, sono stati effettuati da 2 m fino alla profondità massima in cui erano presenti esemplari di *C. gallina*. (Per maggiori dettagli cfr. VACCARELLA *et al.*, 1985).

## Risultati e discussioni

Sono state raccolte 26 specie di bivalvi, 14 anellidi, 14 di crostacei, 9 di gasteropodi, 6 di echinodermi (Tab. 1).

Si tratta in prevalenza di specie esclusive o preferenziali di SFBC o SFS; solo poche sono ascrivibili alla comunità di SFMC, o possono essere classificate come sabulicole strette o tolleranti (DELLA SETA *et al.*, 1977; PICARD, 1965). Sono stati raccolti anche pochi esemplari di specie epibionti caratteristiche di fondi coerenti.

La fascia costiera esaminata, in cui abbondano i bivalvi, è piuttosto limitata e si estende al massimo fino all'isobata degli 8-9 m ma più spesso termina a 5-6 m di profondità; pertanto risulta meno estesa che in altre aree adriatiche (DEL PIERO *et al.*, 1983; PICCINETTI, 1974).

La comunità a *C. gallina* nelle aree esaminate presenta aspetti quantitativi e strutturali molto differenti e si discosta dalla biocenosi tipo delle SFBC (PÉRÈS & PICARD, 1964), soprattutto nell'area del Golfo di Manfredonia.

L'indagine ha evidenziato una marcata diversità dei popolamenti presenti nelle due aree al nord e a sud del Gargano; nella zona nord le sabbie si presentano prevalentemente fini, ben calibrate, la granulometria è generalmente compresa nel range 0,063 - 0,200 mm (Fig. 2). In alcuni transetti di quest'area, in modo particolare nei prelievi con draga effettuati a maggiore distanza dalla costa a profondità di 8-9 m, gli anellidi in particolare con *O. fusiformis*, superano in biomassa i bivalvi (Fig. 3, Fig. 4) che sono rappresentati quasi esclusivamente da *C. gallina* (86,93% di biomassa, Tab. 2) e la biocenosi risulta quella tipica di SFBC, *Chamelea gallina* + *Owenia fusiformis* descritta da VATOVA per l'Alto Adriatico.

La zoocenosi è costituita, oltre che da *C. gallina* e *O. fusiformis*, da numerose altre specie (Molluschi e Crostacei) sempre ascrivibili alle biocenosi di SFBC, che rappresentano nel complesso una biomassa trascurabile (Tab. 3).

Va rilevata in quest'area l'assenza di *Scapharca inaequivalvis*, segnalata al contrario in tutto l'Adriatico (CASALI, 1986; RINALDI, 1985), presente nei prelievi dell'area campionata più a sud e il rinvenimento del polichete *Polydortes maxillosus*.

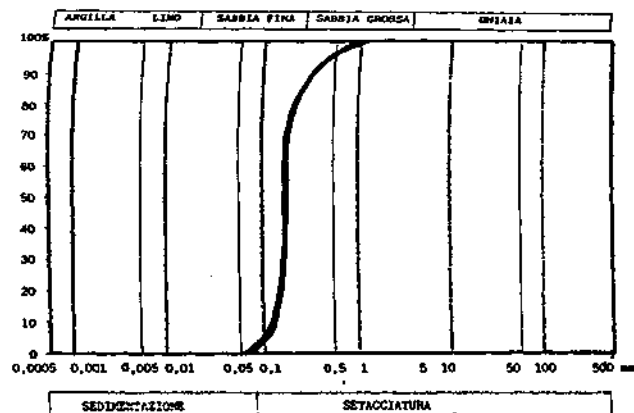
Solo nei transetti posizionati in corrispondenza della foce di fiumi e canali, dove le sabbie presentano una struttura diversa per l'apporto di materiale organico e detriti (PARISI *et al.*, 1985), sono stati riscontrati popolamenti a diversa struttura biocenotica in cui i crostacei (*Liocarcinus vernalis* e *Diogenes pugilator*) rappresentano una frazione elevata.

Nell'area sud del Gargano, cioè nel Golfo di Manfredonia, la struttura delle comunità a bivalvi si modifica; in questa zona sono diverse anche le caratteristiche oceanografiche e sedimentologiche (VIEL *et al.*, 1986) come si evidenzia dai dati sulla granulometria dei sedimenti (Fig. 2) e i fondali spesso si presentano eterogenei, con componenti biodetritiche (sabbie con rizomi di *Zostera*). In

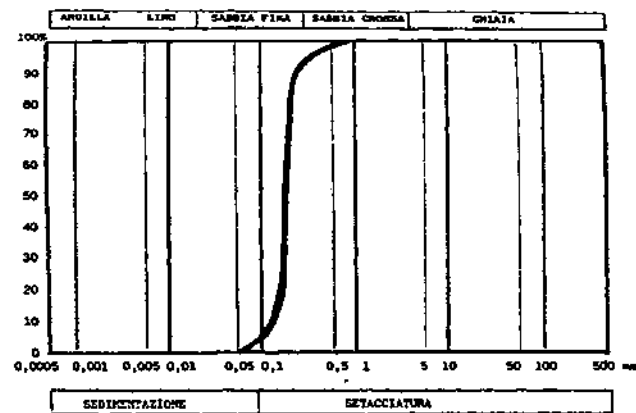
Tab. 1 - Elenco specie raccolte.

<p><b>ANTOZOI</b>  <i>Calliactis parasitica</i> (Couch)</p> <p><b>POLICHETI</b>  <i>Diopatra neapolitana</i> Delle Chiaje  <i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje)  <i>Sigalion mathildae</i> (Audouin, M. Edward)  <i>Arabella iricolor</i> (Montagu)  <i>Glycera</i> sp.  <i>Lumbriconereis</i> sp.  <i>Owenia fusiformis</i> (Delle Chiaje)  <i>Eunice pennata</i> (O.F. Müller)  <i>Onuphis cremita</i> Audouin, M. Edward  <i>Psammolice arenosa</i> (Delle Chiaje)  <i>Nephtis</i> sp.  <i>Polydonte maxillosus</i> (Ranzani)  <i>Phyllodoce</i> sp.  <i>Sylaroides monilifer</i> (Delle Chiaje)</p> <p><b>SIPUNCULIDI</b>  <i>Sipunculus nudus</i> L.</p> <p><b>CROSTACEI DECAPODI</b>  <i>Penaeus kerathurus</i> (Forsk.)  <i>Sicyonia carinata</i> (Brunnich)  <i>Paguristes oculatus</i> (Fabricius)  <i>Diogenes pugilator</i> (Roux)  <i>Upogebia pusilla</i> (Leach)  <i>Carcinus mediterraneus</i> (Czerniavsky)  <i>Liocarcinus vernalis</i> (Risso)  <i>Brachynotus sexdentatus</i> (Risso)  <i>B. gemmellari</i> (Rizza)  <i>Pinnotheres pisum</i> (L.)  <i>Ilia nucleus</i> (L.)  <i>Macropodia rostrata</i> (L.)  <i>Parthenope angulifrons</i> (Latreille)  <i>Nannosquilloides occulta</i> (Giesbrecht)</p> <p><b>BIVALVI</b>  <i>Ostrea edulis</i> (L.)  <i>Venerupis aurea</i> (Gmelin)  <i>Chamelea gallina</i> (L.)  <i>Dosina lupinus</i> (L.)  <i>Donax trunculus</i> L.  <i>D. semistriatus</i> Poli  <i>Tellina pulchella</i> Lamarck  <i>Fabulina fabuloides</i> (Monterosato)</p>	<p><i>Angulus tenuis</i> Da Costa  <i>Tellina nitida</i> Poli  <i>Ensis siliqua</i> (L.)  <i>E. ensis</i> (L.)  <i>E. minor</i> (Chenu)  <i>Pharus legumen</i> (L.)  <i>Nucula nucleus</i> (L.)  <i>Lentidium mediterraneum</i> (O.G. Costa)  <i>Callista chione</i> L.  <i>Spisula subtruncata</i> (Da Costa)  <i>Macra stultorum</i> (L.)  <i>Corbula gibba</i> (Olivi)  <i>Gregariella barbatella</i> (Cantr.)  <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck  <i>Modiolus barbatus</i> (L.)  <i>Acanthocardia tuberculata</i> (L.)  <i>Glycymeris violaceus</i> (Lamarck)  <i>Scapharca inaequivalvis</i> (Brug.)</p> <p><b>GASTEROPODI</b>  <i>Acteon tornatilis</i> (L.)  <i>Hinia reticulata</i> (L.)  <i>Aporrhais pespelecani</i> (L.)  <i>Philine aperta</i> (L.)  <i>Neverita josephina</i> Risso  <i>Naticarius millepunctata</i> (Lamarck)  <i>Murex brandarix</i> (L.)  <i>Trunculariopsis trunculus</i> (L.)  <i>Nassarius mutabilis</i> (L.)</p> <p><b>ECHINODERMI</b>  <i>Echinocardium cordatum</i> (Penn.)  <i>Acrocnida brachiata</i> (Mont.)  <i>Astropecten pentacanthus</i> (Delle Chiaje)  <i>A. johnstoni</i> (Delle Chiaje)  <i>Thyone fusus</i> (O.F. Muller)  <i>Labidoplax digitata</i> (Mont.)</p> <p><b>SELACI</b>  <i>Raja asterias</i> (Valm.)  <i>R. sp.</i></p> <p><b>TELEOSTEI</b>  <i>Echiichthys vipera</i> (Cuv.)  <i>Lithognathus mormyrus</i> (L.)  <i>Gobius niger</i> (Padoa)  <i>Solea impar</i> (Benn.)</p>
---	---

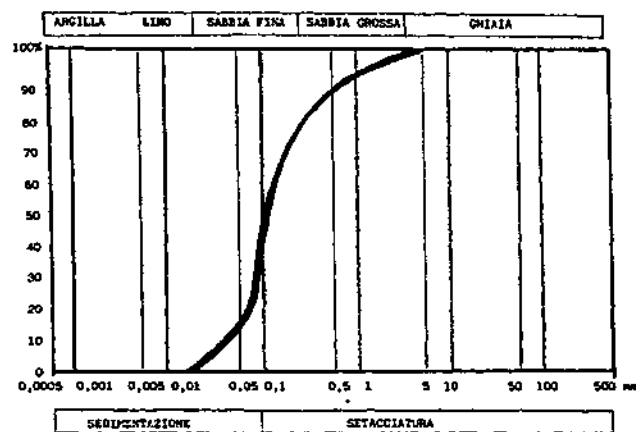




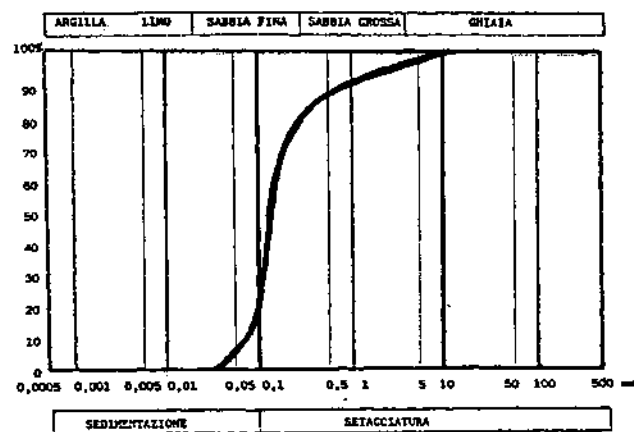
A



B



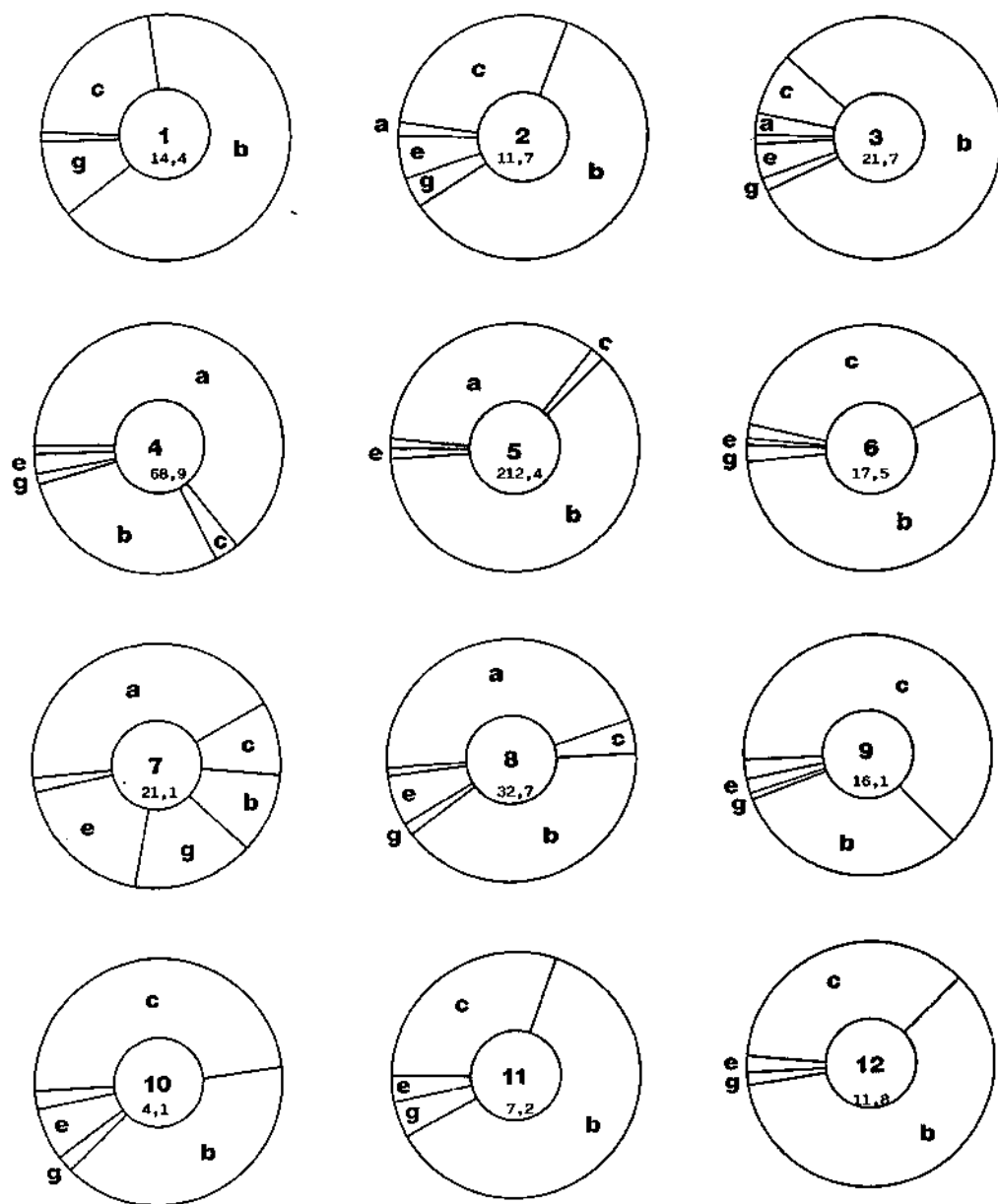
C



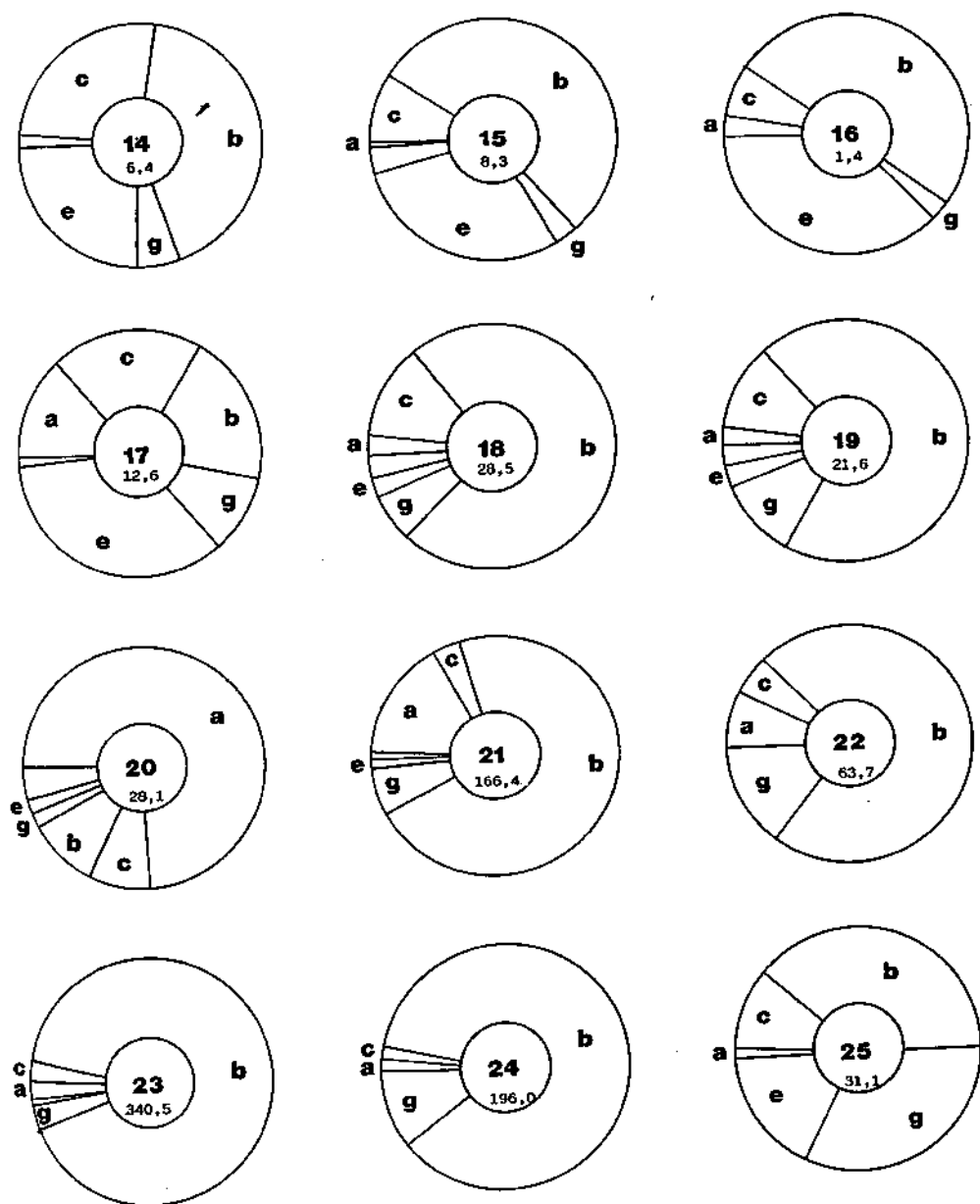
D

**Fig. 2** - Curve cumulative ponderali. A: transetto n. 11 profondità 4 m.; - B: transetto n. 5 profondità 5 m.; - C: transetto n. 24 profondità 6 m.; - D: transetto n. 29 profondità 6 m.

*Comunità a Chamelea gallina 173*



**Fig. 3** - Biomassa media per i transetti 1-12 (valori rappresentati nell'area centrale dei ciclogrammi e composizione percentuale dei gruppi).  
(a = Anellidi, b = Bivalvi, c = Crostacei, e = Echinodermi, g = Gasteropodi).



**Fig. 4** - Biomassa media per i transetti 4-25 (valori rappresentati nell'area centrale dei ciclogrammi e composizione percentuale dei gruppi).

(a = Anellidi, b = Bivalvi, c = Crostacei, e = Echinodermi, g = Gasteropodi).

Tab. 2 - Biomassa media dei bivalvi espressa in percentuale.

	Nord	Sud
<i>Chamelea gallina</i>	86,93	48,22
<i>Scapharca inaequivalvis</i>	-	30,01
<i>Acanthocardia tuberculata</i>	1,73	4,73
<i>Mactra stultorum</i>	1,05	12,76
<i>Venerupis aurea</i>	-	3,27
<i>Donax semistriatus</i> , <i>D. trunculus</i>	0,94	0,15
<i>Ensis minor</i> , <i>E. ensis</i>	8,40	-
<i>Spisula subtruncata</i>	0,02	0,55
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0,33	-
<i>Ostrea edulis</i>	0,03	0,12
<i>Glycymeris violacescens</i>	0,82	0,02
<i>Dosinia lupinus</i>	-	0,11

Tab. 3 - Biomassa media espressa in kg/1000 mq.

	Nord	Sud
<i>Chamelea gallina</i>	23,06	34,72
<i>Scapharca inaequivalvis</i>	-	21,61
<i>Acanthocardia tuberculata</i>	0,46	3,41
<i>Mactra stultorum</i>	0,28	9,19
<i>Venerupis aurea</i>	-	2,36
<i>Donax semistriatus</i>	0,25	0,109
<i>Ensis minor</i>	2,23	0,007
<i>Spisula subtruncata</i>	0,006	0,40
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0,009	0,002
<i>Ostrea edulis</i>	0,01	0,09
<i>Glycymeris violacescens</i>	0,22	0,15
<i>Dosinia lupinus</i>	-	0,484
<i>Nassarius mutabilis</i>	0,77	2,73
<i>Neverita josephina</i> , <i>N. millepunctata</i>	0,86	2,83
<i>Murex brandaris</i> , <i>T. trunculus</i>	0,34	4,87
<i>Liocarcinus vernalis</i>	1,71	0,71
<i>Diogenes pugilator</i>	1,50	2,19
<i>Owenia fusiformis</i>	26,73	9,64
<i>Diopatra neapolitana</i>	-	0,38

quest'area la biomassa degli anellidi si riduce (Fig. 5) e spesso *O. fusiformis* è stata trovata associata a *Diopatra neapolitana* che peraltro non sempre è stata adeguatamente raccolta a causa del metodo di campionamento.

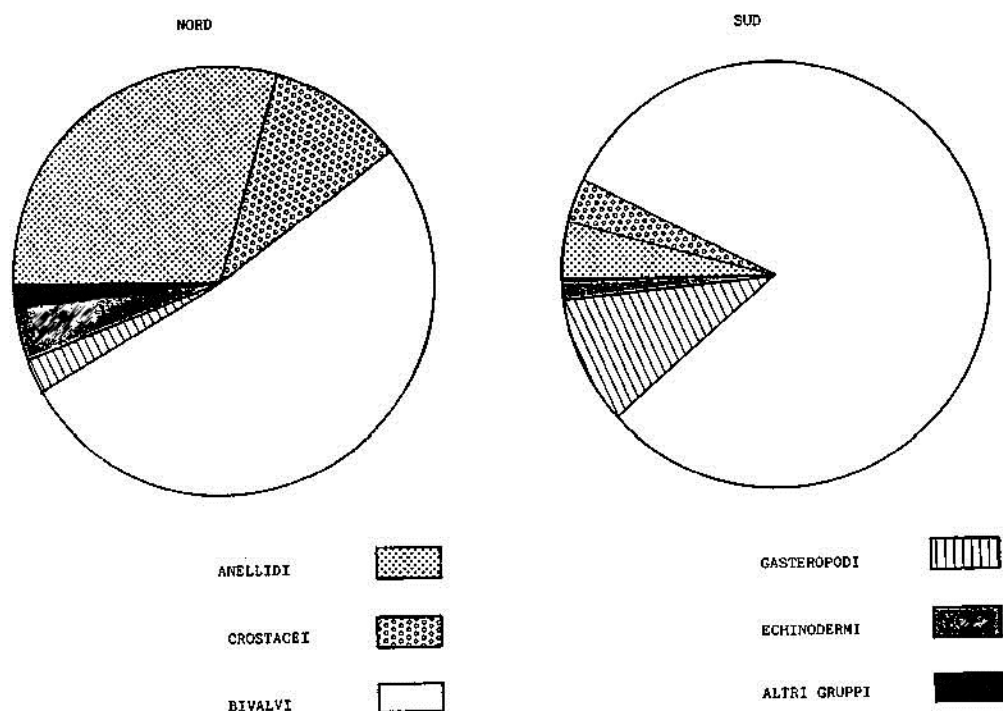
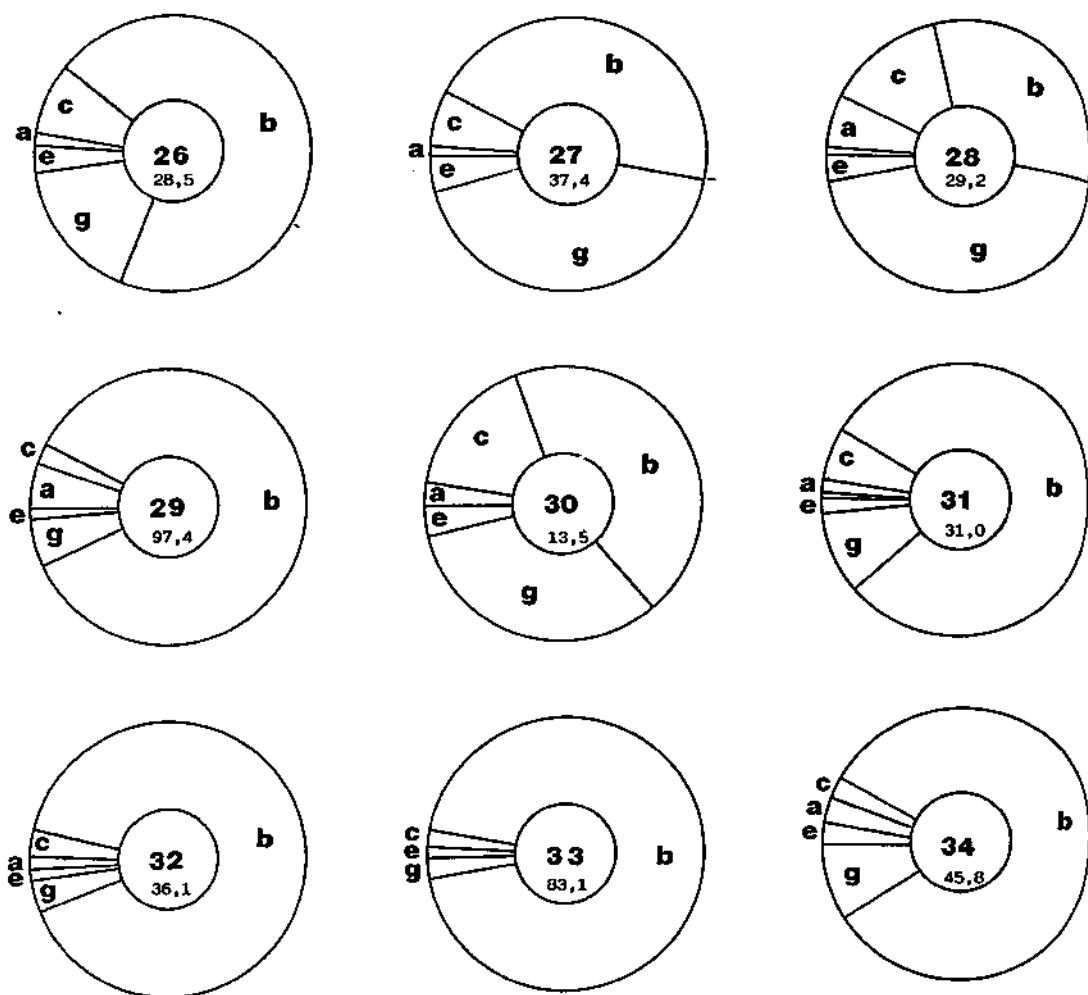


Fig. 5 - Composizione percentuale media della biomassa.

I bivalvi sono il gruppo più rappresentato e sono state rinvenute specie che nell'area a nord del Gargano erano assenti o occasionali. Infatti oltre a *C. gallina* e ad altre specie di sabbie fini ben calibrate (*Macra stultorum*, *Tellina nitida*, *Spisula subtruncata*, *Acanthocardia tuberculata*) erano presenti lamellibranchi esclusivi di sabbie fini di moda calma come *Venerupis aurea*. *S. inaequalis* rappresenta il 30% della biomassa di bivalvi raccolti, in particolare raggiunge i valori più elevati di densità numerica e di peso nelle stazioni di prelievo più profonde, nelle quali i fondali si presentano fango-limosi (Fig. 6).

Confrontando i dati di biomassa dei singoli gruppi animali delle due aree, la diversa struttura del popolamento risulta evidente (Fig. 3).

Nel Golfo i Gasteropodi (*Murex brandaris*, *Trunculariopsis trunculus*, *Neverita josephina*, *Nassarius mutabilis*, ecc.) sono molto più frequenti, in particolare alla profondità di 4-6 m.



**Fig. 6** - Biomassa media per i transetti 26-34 (valori rappresentati nell'area centrale dei ciclogrammi e composizione percentuale dei gruppi)  
(a = Anellidi, b = Bivalvi, c = Crostacei, e = Echinodermi, g = Gasteropodi).

Nell'area meridionale e più propriamente nel Golfo di Manfredonia è stata valutata l'affinità interspecifica utilizzando il coefficiente di Sorensen, riferito ai dati qualitativi di densità. Sono state evidenziate le affinità tra organismi «pre-

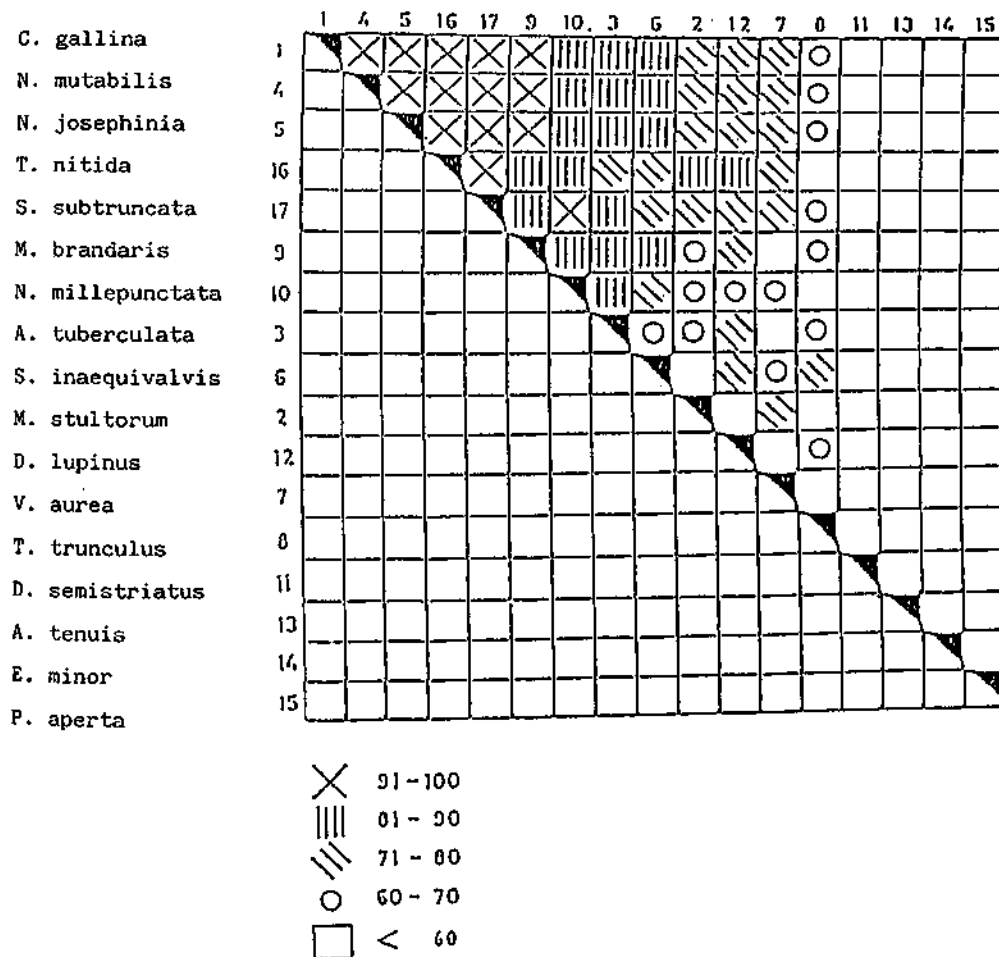


Fig. 7 - Matrici di affinità.

vedibili» di SFBC tra *Chamelea gallina*, *Nasarius mutabilis*, *Neverita josephinia*, *Tellina nitida*, *Spisula subtruncata*, *Murex brandaris* e *Trunculariopsis trunculus*, non altrettanto per le specie di SFS *Donax semistriatus*, *Angulus tenuis*, *Ensis minor*, *Philine aperta*, inoltre si è anche notato come *S. inaequalis* presenti anche affinità con bivalvi che prevalentemente prediligono fondali profondi *Acanthocardia tuberculata*, e specie di SFMC come *Venerupis aurea* (Fig. 7).

Nelle zone centrali del Golfo (foce Candelaro e foce Cervaro), dove le correnti sono trascurabili e i fondali prevalentemente limo-argillosi, *S. inaequalvis* risulta il mollusco dominante, mentre nella zona antistante la foce dell' Ofanto, con idrodinamismo più marcato e fondali sabbiosi, *C. gallina*, riveste un ruolo dominante (Fig. 8).

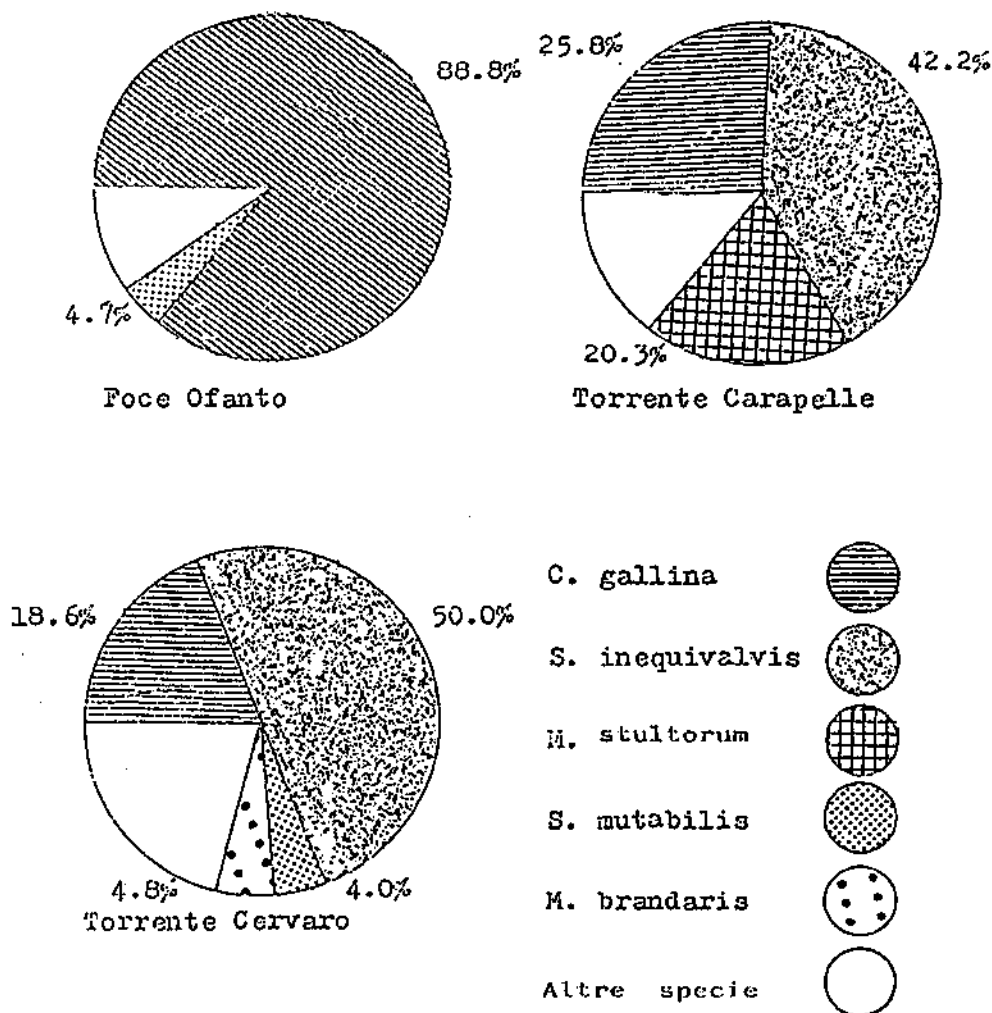


Fig. 8 - Composizione percentuale di alcune specie di bivalvi nei transesti antistante le foci.

## Conclusioni

In alcune aree dell'Adriatico pugliese le zoocenosi a bivalvi si discostano dalle comunità dell'infralitorale a fondi incoerenti presenti nell'Adriatico per la particolare struttura dei sedimenti nella fascia costiera.



Nell'area nord del promontorio garganico dove i fondali sono costituiti prevalentemente da sabbia si ritrova la tipica comunità a *Chamelea gallina* + *Owenia fusiformis*. In quest'area risulta assente il mollusco *S. inaequalis* ormai diffuso in tutto l'Adriatico.

Nella zona meridionale e soprattutto nell'area del Golfo di Manfredonia la comunità a *C. gallina* presenta una struttura biocenotica modificata, per la riduzione della biomassa dei policheti e soprattutto per la presenza di molluschi legati alle biocenosi di SFMC. In quest'area pertanto, i valori di biomassa di *C. gallina* sono più contenuti e raffrontabili con quelli di *S. inaequalis*, inoltre sono ben rappresentati i gasteropodi, soprattutto a 4-6 m di profondità. Anche il polichete *O. fusiformis* non risulta nettamente dominante in quanto spesso associato a *Diopatra neapolitana*.

L'indagine era rivolta prevalentemente alla valutazione di biomassa di *C. gallina*. I dati ottenuti nel biennio 84-85 evidenziano una marcata variabilità di biomassa; infatti nell'area nord si passa da 15,79 a 46,89 Kg/1000 mq e nella zona sud da 34,65 a 58,39 Kg/1000 mq rispettivamente nel 1984 e nel 1985.

## Summary

The sediments of the continental shelf of the Adriatic coast of Puglia vary greatly. The structure of the infralittoral biocenosis is related to the texture of the sediments. In the area north of Mount Gargano characterized by fine sandy bottoms, a «*Chamelea gallina* + *Owenia fusiformis*» community, typical of the Adriatic, is found. This community is confined to a coastal strip at a depth of less than 8-9 m, where it is more commonly limited to a 5-6 m interval.

Many other species of molluscs, crustaceans and Polychaetes typical of the SFBC or SFS biocenosis are found. The bivalve *Scapharca inaequalis* is not found.

In the zone of the Gulf of Manfredonia with silty-clay bottom and with granules less than 0.063 mm, the population structure is different from that of fine sandy bottoms. The biomass of all the species that are found with bivalves is a higher and so *C. gallina* and *O. fusiformis* are less dominant. In particular, the bivalve *S. inaequalis* becomes very common and in some areas is far more common than the clams.

The gasteropods (*S. mutabilis*, *M. brandaris*, *T. trunculus*, *N. josephina*) are also much more common particularly in the strip between depths 4 to 6 m. In general, in this area, apart from a considerable increase of species of the SFBC and SFS biocenosis, there are also other species of lamellibranches usually found in SFMC such as *Venerupis aurea*.

The biomass of *C. gallina* of commercial size (from 1 to 2.5 cm) off the Adriatic coast of Puglia was found to vary considerably both between years and between adjacent sea-bed areas.

## Bibliografia

BEDULLI D., BIANCHI C.N., ZURLINI G., MORRI C. (1986) - Caratterizzazione biocenotica e strutturale del macrobentos delle coste pugliesi. Indagine ambientale del sistema marino costiero della Regione Puglia. *ENEA*. La Spezia: 227-255.

CASALI P., COLAFRANCESCHI M. (1986) - Evoluzione del popolamento costiero di *Scapharca inaequivalvis* e considerazioni biologiche. *Nova Thalassia*, 8 (3): 493-496.

DELLA SETA G., MINERVINI R., MUSSINO R., CASTAGNOLO L., FOCARDI S., RENZONI A. (1977) - Primi risultati dello studio sui popolamenti bentonici dei fondi marini dragabili alla foce del Tevere. *Atti IX Congr. S.I.B.M.*, Ischia: 215-228.

DEL PIERO D., GIORGI R., HEMMERLE A., OREL G., VIO E. (1983) - Applicazioni di metodi di classificazione e ordinamento dati relativi a campioni di Benthos raccolti lungo una radiale della costiera triestina. *Nova Thalassia*, VI: 625-635.

GAMULIN BRIDA H. (1967) - The Benthic fauna of the Adriatic Sea. *Oceanogr. Mar. Biol.*, V: 535-568.

PARISI V., AMBROGI R., BEDULLI D., MEZZADRI M.G., POLI P. (1985) - Struttura e dinamica dei popolamenti bentonici negli ambienti sedimentari del delta padano. *Nova Thalassia*, VII (2): 215-251.

PÉRÈS G.N., PICARD G. (1964) - Nouveau Manuel de Bionomie Benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, XLVII (31): 2-137.

PICARD J. (1965) - Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, LU (32): 1-160.

PICCINETTI C. (1974) - Prime valutazioni dello stock di vongole (*Venus gallina* L.) tra Gabicce e il Cesano. *Atti del I Incontro sulle Risorse Marine*, Cesenatico: 103-113.

RINALDI E. (1985) - Alcuni dati significativi sulla proliferazione di *Scapharca inaequivalvis* (Bruguière 1789) in Adriatico lungo la costa romagnola. *Boll. Malacologica*, Milano, XXI (1-4): 41-42.

SCACCINI A. (1967) - Dati preliminari sulle zoocenosi bentoniche e sulla biomassa in una zona dell'Alto e Medio Adriatico. *Note Lab. Biol. Mar. e Pesca*. Fano, II (3): 25-26.

VACCARELLA R., MARANO G., PASTORELLI A.M. (1985) - Valutazione e distribuzione dei banchi a bivalvi nel Golfo di Manfredonia. *Nova Thalassia*, VII (3): 361-366.

VATOVA A. (1949) - La fauna Bentonica dell'Alto e Medio Adriatico. *Nova Thalassia*, I (3-4): 101-110.

VIEL M., DAMIANI V., SETTI M. (1986) - Caratteristiche granulometriche e composizione mineralogica dei sedimenti della piattaforma pugliese. Indagine ambientale del sistema marino costiero della regione Puglia. *ENEA*. La Spezia: 127-147.

B.E. MASERTI

R. FERRARA

P. PATERNO

C.N.R., Istituto di Biofisica, via S. Lorenzo, 26, 56100 Pisa (Italia)

## CONTRIBUTO DELLA COMUNITÀ EPIFITA ALLA MOBILIZZAZIONE DEL MERCURIO NELLE PRATERIE DI *POSIDONIA OCEANICA* (L.) DELILE

### Abstract

*Posidonia oceanica* prairie: mercury in the epiphytic community

*Data on mercury concentration in the epiphytic community of *Posidonia oceanica* prairies, collected in some selected areas are reported. A relationship between mercury levels in epiphytes and in sediment has been found, which supports a similar relation found previously for some part of this marine phanerogam.*

Key-words: Mercury, sediments, *Posidonia oceanica*.

### Introduzione

Nell'ambito dello studio del ciclo biogeochimico del mercurio nel bacino del Mediterraneo è stata intrapresa da alcuni anni una ricerca sul ruolo delle praterie di *Posidonia oceanica* nella mobilizzazione del mercurio dal sedimento all'ambiente acquatico.

Precedenti ricerche (MASERTI & FERRARA, 1986) hanno dimostrato che le piante di *Posidonia oceanica* sono capaci di accumulare mercurio, principalmente attraverso l'apparato radicale.

In questo studio le indagini sull'ecosistema *Posidonia oceanica* sono rivolte alla valutazione delle concentrazioni di mercurio nella comunità epifita. Infatti da studi riportati da BOUDOURESQUE & MEINESZ (1982) risulta che un notevole contributo alla produttività della prateria di *Posidonia oceanica* è fornito non solo dalle foglie della pianta (11000 kg/h/anno, p.s.), ma anche dagli epifiti stessi (9000 kg/h/anno, p.s.).

## Materiali e metodi

Le piante di *Posidonia oceanica* sono state raccolte ad una profondità di 8-10 m, il 20 giugno, il 15 luglio e il 2 settembre 1987, insieme al sedimento, mediante immersioni autonome con autorespiratore e alle acque mediante bottiglie go-flow teflonate.

Le aree di campionamento sono state scelte, nell'ambito delle coste e dell'arcipelago della regione toscana, in base al contenuto di mercurio nel sedimento, in quanto è stato dimostrato che esiste una correlazione fra i livelli di mercurio nelle diverse parti della pianta e quelli presenti nel sedimento (MASERTI & FERRARA, 1986).

Dopo il campionamento si è provveduto a separare le foglie dai rizomi e dalle radici che sono stati esaminati a parte.

Ciascuna foglia è stata suddivisa in due parti: la parte superiore fotosintetizzante e la parte basale. La parte verde è stata raschiata opportunamente allo scopo di raccogliere la componente epifita.

Ciascun gruppo di campioni (epifiti, parte verde e basale della foglia, sedimenti) è stato mineralizzato con una miscela di  $\text{HNO}_3$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:1) mediante sistema a riflusso a 120 °C per 60 minuti. Le analisi sono state effettuate mediante spettroscopia di assorbimento atomico (limite di rivelabilità 5 ng di Hg).

Le acque sono state trattate secondo la metodologia descritta altrove (SERITTI *et al.*, 1980) e analizzate mediante spettroscopia di fluorescenza atomica (limite di rivelabilità 0,01 ng di Hg) (FERRARA *et al.*, 1980).

## Risultati e discussione

In Tabella 1 sono riportati i valori medi della concentrazione di mercurio relativi alla fanerogama marina ed ai suoi epifiti, nonché all'ambiente circostante.

**Tab. 1** - Concentrazione di mercurio negli epifiti, foglie, rizomi e radici di *Posidonia oceanica* e nel sedimento ( $\mu\text{g/g}$ , p.u.) e nelle acque ( $\text{ng/l}$ ). n = numero di misure effettuate.

	n	R. Solvay 20/6/87	n	Romito 2/9/87	n	Capraia 15/7/87
<b>EPIFITI</b>	8	0,034	6	0,032	4	0,019
Parte verde foglia	8	0,075	6	0,061	4	0,015
Parte basale foglia	8	0,052	6	0,029	4	0,018
Rizoma	8	0,235	6	0,104	4	0,018
Radici	8	0,249	6	0,961	4	0,032
Sedimento	10	0,465	8	1,588	4	0,083
Acqua	20	9,100	15	8,7	10	7,2

Da un esame dei dati riportati in Tab. 1 si possono trarre le seguenti considerazioni:

— La concentrazione di mercurio negli epifiti è dello stesso ordine di grandezza di quella misurata nelle foglie.

— A più alti livelli di mercurio nel sedimento corrispondono più elevate concentrazioni del metallo negli epifiti.

— Come già sottolineato nel precedente lavoro (MASERTI & FERRARA, 1986), i livelli di mercurio nelle varie parti della *Posidonia oceanica* sono correlati alla concentrazione del metallo nel sedimento.

— I livelli di mercurio nelle acque di mare sono dello stesso ordine di grandezza per le diverse aree esaminate.

Mentre la correlazione Hg-sedimento/Hg-*Posidonia oceanica* sembra trovare una spiegazione nell'assunzione del metallo dal sedimento attraverso l'apparato radicale, la relazione tra Hg-epifiti/Hg-pianta e quindi Hg/sedimento è risultata in un primo tempo inaspettata. Era logico, infatti, presupporre che i livelli di mercurio negli organismi epifiti dovessero essere in stretta relazione con quelli delle acque e quindi fra loro paragonabili nelle diverse aree di campionamento.

Le osservate differenze della concentrazione di mercurio negli epifiti possono trovare spiegazione nelle seguenti considerazioni:

1) Esistenza di una interrelazione tra foglie ed epifiti (Mc ROY *et al.*, 1973; FRESI & SAGGIOMO, 1981; LIBES 1984). Sembra, infatti, che crescendo l'epifita si ancori sempre più strettamente alla foglia fino a penetrare parzialmente nei tessuti dell'ospite. Questo potrebbe generare un interscambio fisiologico epifita-foglia.

2) Potrebbe verificarsi una adesione meccanica agli organismi epifiti di materiale particellato presente in sospensione nelle acque, proveniente in gran parte dal sedimento ricco di mercurio. In questo caso la quantità di mercurio misurata rappresenterebbe la somma della frazione accumulata dagli organismi e di quella che meccanicamente aderisce al feltro epifita. A tutt'oggi non è possibile distinguere le due componenti.

Le due sopraesposte ipotesi potrebbero anche sussistere contemporaneamente; nell'ambito di una valutazione del contributo della comunità epifita al ciclo del mercurio nel bacino del Mediterraneo è tuttavia necessaria la sola conoscenza della quantità totale di mercurio mobilizzata da questi organismi nell'ambiente acquatico.

Per una più approfondita interpretazione dei dati riportati nella Tabella 1 sulla concentrazione di mercurio relativa alle foglie, rizomi e radici della *Posidonia oceanica* rimandiamo a quanto già pubblicato (MASERTI & FERRARA, 1986; MASERTI *et al.*, in stampa).

Poiché nelle aree da noi esaminate, le concentrazioni di mercurio negli epifiti e nelle foglie sono paragonabili, si può presupporre che le quantità del

metallo rispettivamente mobilizzate sono dello stesso ordine di grandezza; questo risultato è stato ottenuto considerando simili i valori della produttività degli epifiti e delle foglie, come riportato in letteratura per altre zone (THELIN & BEDHOMME, 1983; PERGENT *et al.*, 1982).

Un calcolo della effettiva quantità di mercurio mobilizzato dalle praterie di *Posidonia oceanica* nel bacino del Mediterraneo comporta l'estensione delle ricerche ad aree che possono considerarsi rappresentative del mar Mediterraneo per quanto concerne la concentrazione di mercurio nel sedimento.

## Summary

*In a previous work the ability of Posidonia oceanica prairies to make mercury bioavailable to the marine environment has been demonstrated. This marine phanerogam absorbs mercury mainly from the sediment through the root system and accumulates the metal in the roots (0.032-0.961 ug/g.f.w.), in the rhizomes (0.02-0.23 ug/g, f.w.) and in the leaves (0.015-0.075 ug/g, f.w.).*

*The high productivity of Posidonia oceanica prairies (20,000 kg/h/y, d.w.) is well known. Because the epiphytic community represents 40% of the total productivity, the mercury concentration in these organisms has been studied.*

*In this work we report the first results on the mercury concentration in samples collected in areas selected according to the mercury levels in the sediments. The observed mercury concentration for the epiphytic organisms ranges from 0.02 to 0.04 ug/g, f.w.*

*The investigation will be carried out on Posidonia oceanica prairies in areas which, with regards to mercury levels in the sediments, may be considered representative of the Mediterranean in order to evaluate the total mercury mobilized in this basin.*

## Bibliografia

BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A. (1982) - Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cahier Parc Nation. Port-Cros*, 4: 80.

FERRARA R., SERITTI A., BARGHIGIANI C., PETROSINO A. (1980) - Improved instrument for mercury determination by fluorescence spectrometry using an high-radiofrequency electrodeless discharge lamp. *Anal. Chim. Acta*, 117: 391-395.

FRESI E., SAGGIOMO V. (1981) - Phosphorous uptake and transfer in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 27 (2): 187-188.

LIBES M. (1984) - Production primaire d'un herbier a *Posidonia oceanica* mesure «in situ» par la methode du carbone 14. *Thèse Univ. Aix-Marseille*: 1-199.

MASERTI B.E., FERRARA R. (1986) - Observations on mercury uptake in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 30 (2): 24.

MASERTI B.E., FERRARA R., PATERNO P. (1986) - Biodisponibilità del mercurio dal sedimento: ruolo svolto dalle praterie di *Posidonia oceanica*. *Nova Thalassia*, 8 (suppl): 171-175.

Mc ROY C.P., GOERING J.J., CHANEY B. (1973) - Nitrogen fixation in association with sea-grasses. *Limnol. Oceanogr.*, 18 (6): 998-1002.

PERGENT G., BOUDOURESQUE Ch.-F., CROUZET A. (1982) - Mise en evidence des variations dans les écailles de *Posidonia oceanica*. *Lab. Ecol. Benthos. Fac. Sci. Luminy et Parc Nation. Port Cros*: 193.

SERITTI A., PETROSINO A., FERRARA R., BARGHIGIANI C. (1980) - A Contribution to the determination of «reactive» and «total» mercury in sea water. *Environ. Technol. Letters*, 1: 50-57.

THELIN L., BEDHOMME A.L. (1983) - Biomasse des epiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier superficiel. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 28 (3): 125-126.

S. NOJIMA \*

G.F. RUSSO \*\*

\* Amakusa Marine Biological Laboratory, Kyushu University (Japan)

\*\* Laboratorio di Ecologia del Benthos, Stazione Zoologica di Napoli,  
80077 Ischia Porto (Na) (Italia)

## STRUTTURA DI POPOLAZIONE DEL BIVALVE *CHAMELEA GALLINA* (L.) IN UN FONDO SABBIOSO DELL'ISOLA D'ISCHIA (GOLFO DI NAPOLI)

### Abstract

Population structure of the Mediterranean bivalve *Chamelea gallina*

*The shell striae of Chamelea gallina from a tyrrhenian population were found to be «annual rings». Using this parameter, we conducted a demographic analysis on this population. Assuming a stationary population structure, survivorship curves show linear trends. Estimates suggested that the growth rate was lower than in the Adriatic Sea. Therefore, the tyrrhenian population reaches minimum commercial size about one year later, although some evidence suggests that the demography of the Adriatic populations should be reevaluated, particularly in regard to data concerning the 0+ size class.*

Key-words: Bivalve, shell morphometry, population structure, growth line.

### Introduzione

*Chamelea gallina* (L.) è un piccolo Veneride del Mediterraneo, che talvolta può superare i 4 cm di lunghezza conchigliare. Più conosciuto col nome volgare di «vongola», è noto nel napoletano col nome dialettale di «lupino», per distinguere dalla «vongola verace» (*Tapes decussatus*) e dalle «summacchie» (*Venerupis* spp.) (PALOMBI & SANTARELLI, 1969), che hanno un uso gastronomico simile ma qualità organolettiche abbastanza differenti.

La specie è presente soprattutto lungo i litorali sabbiosi ed a poca profondità (BARILLARI *et al.*, 1978), ove costituisce uno degli elementi più caratteristici del popolamento macrobentonico (comunità «SFBC» di PÉRÈS & PICARD, 1964).

Per le caratteristiche geo-morfologiche delle coste, i banchi più estesi di *Chamelea gallina* in Italia, e forse nell'intero bacino Mediterraneo, nonché le



marinerie più attive nella sua pesca, sono presenti nell'Adriatico; pertanto non c'è da stupirsi se la quasi totalità della letteratura sulla biologia della specie riguarda popolazioni adriatiche.

Le analisi demografiche sono state compiute talvolta utilizzando il metodo indiretto del rilevamento degli «anelli di crescita» sulla conchiglia (POGGIANI *et al.*, 1933), tal altra quello, più preciso ma di più difficile attuazione, basato sulla morfometria conchigliare, o meglio sulla «scomposizione grafica» degli istogrammi di frequenza delle classi di taglia (FROGLIA, 1975 a, b). Da queste analisi è risultato che in Adriatico la specie raggiunge i 14-15 mm di lunghezza conchigliare entro il primo anno ed i 23-25 mm, cioè la taglia commerciale minima, entro due anni. Tuttavia esiste una certa discrepanza tra i tassi di crescita stimati con i due metodi; se da un lato, infatti, gli anelli di crescita, diversamente da quanto osservato per altre specie di bivalvi (cfr. ad es. DILLON & CLARK, 1980), non sono facilmente rilevabili sulle valve di *Chamelea gallina* e sembrano avere dei patterns di formazione irregolari (POGGIANI *et al.*, 1933), dall'altro la scomposizione grafica potrebbe sottostimare le coorti (CERRATO, 1980).

Di recente sono stati intrapresi studi sulla dinamica di popolazione dei Gasteropodi e dei Bivalvi di un fondo sabbioso del Tirreno. Dai primi campionamenti si è potuto osservare che gli esemplari raccolti di *Chamelea gallina* mostravano inaspettatamente conchiglie con strie di accrescimento molto ben rilevabili. È stata quindi condotta una prima analisi per la determinazione del ritmo di deposizione delle strie stesse. L'accertamento che le strie marcavano con una certa regolarità ritmi annuali di crescita, per cui potevano essere considerate come «annual rings», ha permesso il loro utilizzo nell'analisi della struttura della popolazione tirrenica di *Chamelea gallina* ed il confronto degli esemplari di tale popolazione con altri di provenienza adriatica.

## Materiali e metodi

Lo studio è stato condotto in un fondo sabbioso litorale dell'isola d'Ischia (Golfo di Napoli), prospiciente il Laboratorio di Ecologia del Benthos della Stazione Zoologica «Anton Dohrn» di Napoli.

I campionamenti sono stati effettuati mensilmente, in 9 stazioni, disposte lungo un transetto perpendicolarmente alla linea di costa. Gli individui sono stati raccolti in immersione con A.R.A., utilizzando una carota del diametro di 4 cm, per gli esemplari più giovani, ed una draga manovrata a mano con un retino di 2 mm di maglia, per il restante macrobenthos. In ogni stazione un'area di 16 mq è stata suddivisa in 64 subaree di 1/4 di mq, ciascuna delle quali è stata dragata fino ad una profondità nel sedimento di circa 5 cm. Gli esemplari raccolti sono stati contati e misurati con un calibro. Da uno studio preliminare l'efficienza di raccolta della draga manovrata a mano è risultata per *Chamelea gallina* di circa il 100% ed il bivalve ha mostrato un pattern distributivo random.

I dati cui si fa riferimento in questa sede sono stati ottenuti considerando la popolazione di *Chamelea gallina* in una stazione a circa 3 m di profondità, nei mesi di novembre e dicembre del 1986 e di gennaio del 1987.

L'analisi della struttura della popolazione ischitana è stata effettuata considerando, per ciascun mese, gli istogrammi di frequenza degli intervalli di taglia in rapporto agli « annual rings », e la stima delle curve di sopravvivenza e di crescita. Esemplari di provenienza adriatica sono stati, inoltre, prelevati da un mercato ittico e confrontati con quelli tirrenici sia attraverso l'analisi dei parametri morfometrici (altezza, larghezza e lunghezza delle conchiglie), sia attraverso l'esame delle distribuzioni di frequenza delle taglie in rapporto agli « annual rings ».

## Risultati e discussione

### *Istogrammi di frequenza delle classi di taglia e « annual rings »*

In Fig. 1 sono mostrati gli istogrammi di frequenza degli intervalli di taglia relativi agli esemplari di *C. gallina* raccolti nel novembre del 1986. Sono evi-

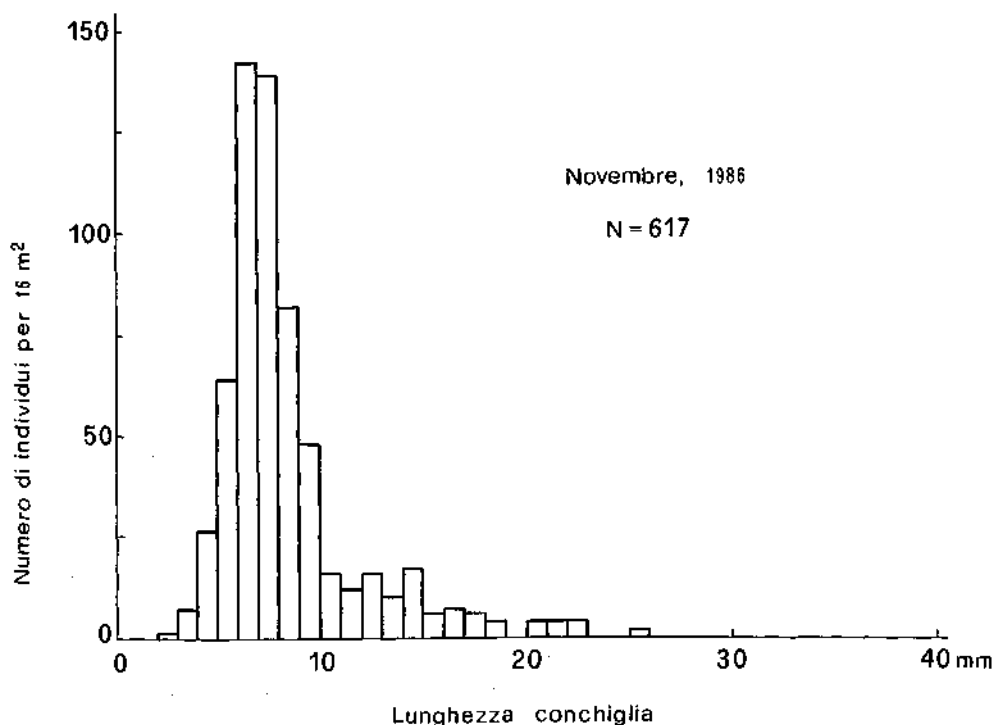


Fig. 1 - Istogrammi di frequenza delle classi di taglia delle conchiglie nel novembre 1986.

denti un picco alla taglia di 6-7 mm e dei picchi, minori e meno definiti, a taglie superiori ai 10 mm. La taglia massima è di 25 mm in lunghezza conchigliare.

Nel mese successivo (dicembre 1986) la più abbondante classe di taglia misurava intorno agli 8 di lunghezza conchigliare (Fig. 2). Inoltre, sul margine esterno delle valve degli esemplari di questa classe iniziava a comparire chiaramente il primo anello di crescita.

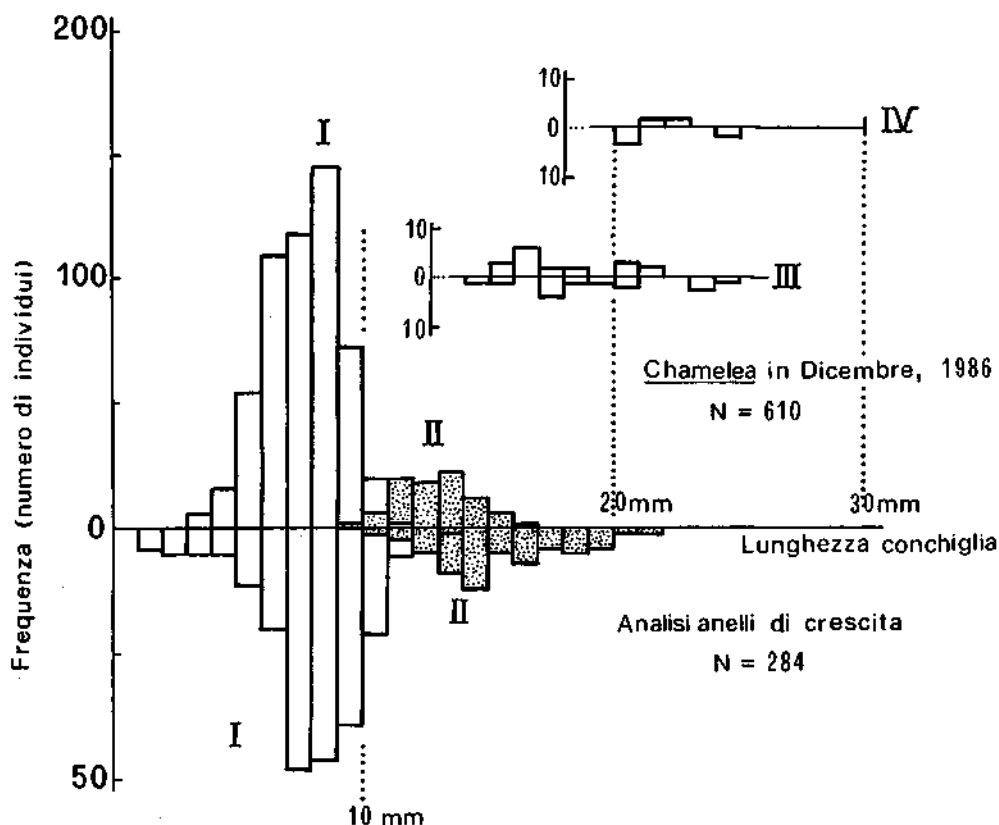


Fig. 2 - Parte superiore del grafico: istogrammi di frequenza delle classi di taglia delle conchiglie nel dicembre 1986, distinte in base al numero di anelli presenti. Parte inferiore del grafico: istogrammi di frequenza delle classi di taglia per ciascuno degli anelli presenti sulle conchiglie (primo, secondo, terzo, ecc.).

La comparsa quasi simultanea, anche negli altri esemplari della popolazione, di una stria di crescita al margine delle valve ha indotto a riconsiderare il suo significato di «anello annuale». Per «anelli annuali» di crescita si intende la formazione di un numero fisso di anelli (generalmente uno) in un periodo di tempo ben determinato, il che consente di convertire il numero di anelli presenti sulle valve in una unità di tempo e quindi di calcolare l'età del Bivalve.

Per stabilire se le strie di crescita avessero significato di «annual rings», si è proceduto ad un'analisi della struttura della popolazione comparando la distribuzione delle frequenze relative alla lunghezza delle conchiglie con la distribuzione delle frequenze relative alla taglia degli anelli (misurata sempre in senso antero-posteriore). Nella parte superiore di Fig. 2, è mostrata la struttura delle classi di taglia delle conchiglie, raggruppate considerando il numero degli anelli presenti sulle conchiglie stesse (il primo gruppo mostra un solo anello, il secondo due, etc). Invece, gli istogrammi riportati nella parte inferiore di Fig. 2, mostrano, per esemplari ischitani di grandi dimensioni, le frequenze delle classi di taglia misurata, rispettivamente, al primo, al secondo, al terzo e al quarto anello. Risulta evidente che i gruppi di istogrammi di taglia coincidono ampiamente.

Da ciò si può dedurre che gli anelli sulle conchiglie di *C. gallina* di Ischia vengono a formarsi d'inverno, quindi in un periodo ben definito, ed uno per anno. Pertanto possono essere considerati «anelli annuali di crescita».

In Fig. 3 è riproposta la struttura delle taglie della popolazione nel Novembre 1986 (già mostrata in Fig. 1), questa volta però utilizzando anche gli «annual rings», che permettono la suddivisione della popolazione stessa in cinque classi di età.

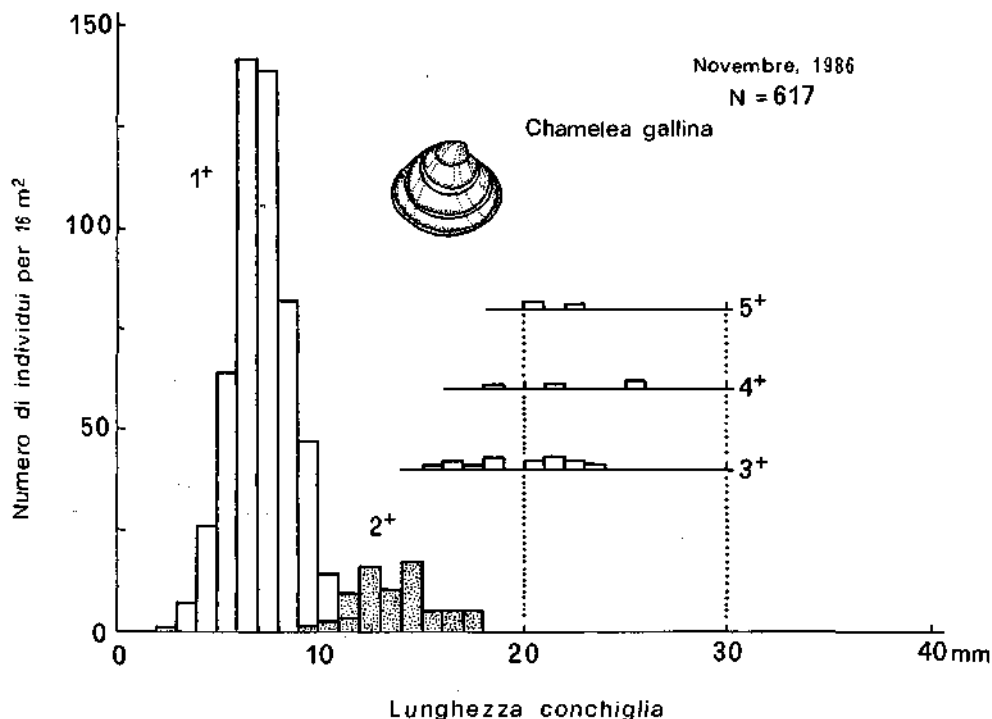
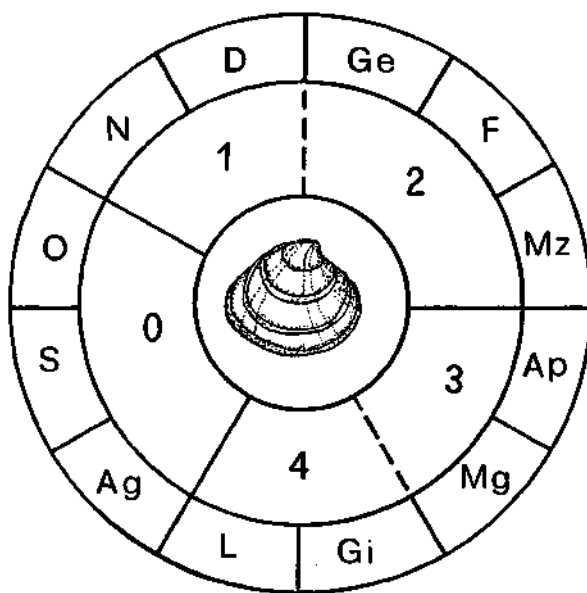


Fig. 3 - Istogrammi di frequenza delle classi di taglia delle conchiglie nel novembre 1986, distinte in base al numero di anelli.

### **Ciclo riproduttivo e «annual rings».**

Poiché non vi sono lavori sulla riproduzione di *Chamelea gallina* nel Tirreno, mentre la specie è stata studiata in Adriatico, si utilizzeranno questi dati nell'ipotesi, da verificare, che il ciclo riproduttivo della specie nei due mari sia simile.

Secondo i dati sul ciclo riproduttivo di VALLI *et al.* (1982; 1985), schematizzati in Fig. 4 e che, tra l'altro, integrano e chiariscono quelli della letteratura



**Fig. 4** - Schema delle fasi del ciclo riproduttivo di *Chamelea gallina*: 0) Riposo; 1-2) Gametogenesi; 3) Maturità; 4) Emissione.

precedente, dopo un periodo di quiescenza («stadio O»), ha inizio verso novembre la gametogenesi della specie («stadi 1 e 2») mentre, successivamente alla maturità gonadica («stadio 3»), il picco riproduttivo della specie («stadio 4») si osserva soprattutto in luglio (cfr. anche POGGIANI *et al.*, 1973). Poiché in novembre ed in dicembre, nei campioni raccolti per mezzo di carote, sono stati rivenuti diversi esemplari di taglia inferiore od eguale al millimetro, riferibili con certezza all'ultima attività riproduttiva (estate appena trascorsa), si può dedurre che la coorte con un solo anello annuale di crescita sulla conchiglia non abbia 6 mesi appena di età ma piuttosto 1,5 anno circa. Peraltro la deposizione dell'anello in coincidenza con le prime fasi della gametogenesi non è un fenomeno infrequente nei Molluschi.

Considerazioni analoghe potrebbero farsi anche considerando l'eventualità di un secondo picco riproduttivo durante l'autunno (GUERIN, 1973; MASSE & GUERIN, 1976). Tale fase ritardata di emissione dei gameti, infatti, non genererebbe comunque differenze nell'interpretazione degli anelli di crescita, a meno che non si verifici il caso (però non riscontrato) di comparsa invernale del primo anello su conchiglie di esemplari provenienti dal primo picco riproduttivo (della lunghezza di qualche millimetro).

### Curve di sopravvivenza

Il grafico in Fig. 5 mostra le curve di sopravvivenza stimate assumendo che la popolazione di *C. gallina* abbia una struttura di popolazione stazionaria.

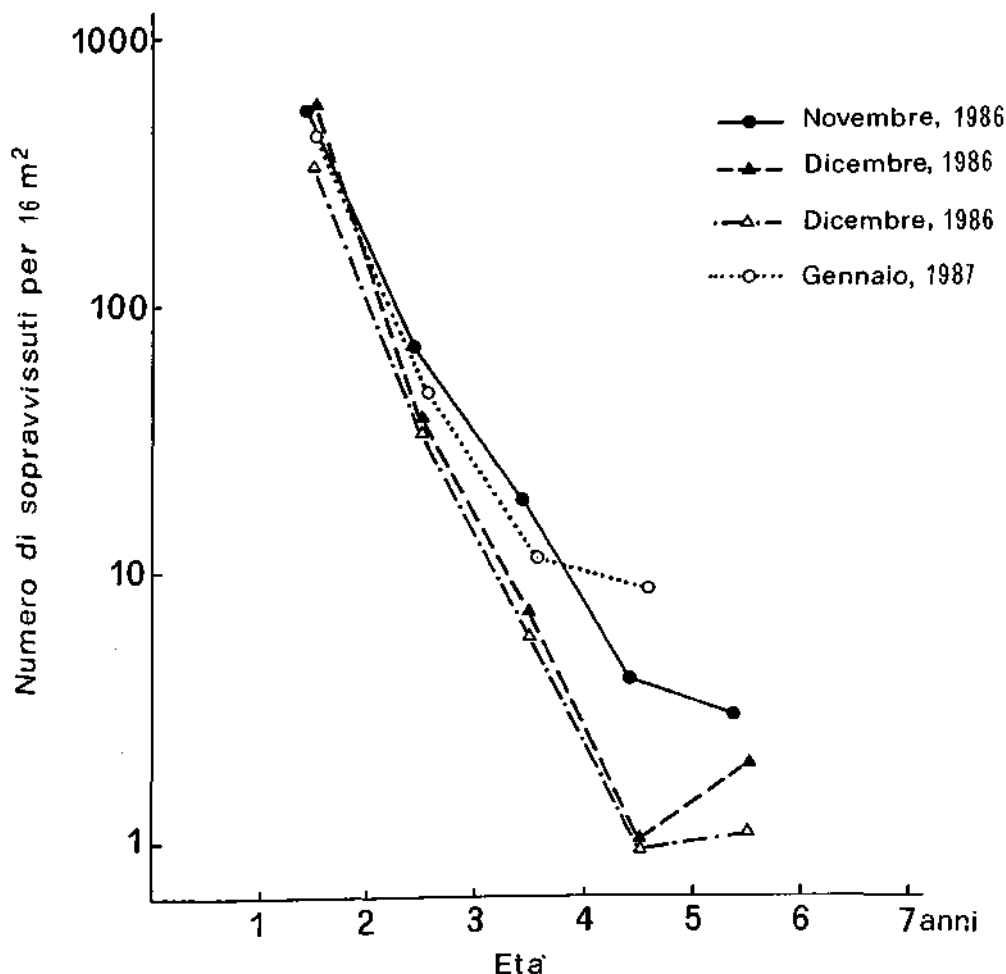


Fig. 5 - Curve di sopravvivenza stimate sulla popolazione presente in un'area di 16 mq ed in ciascuno dei mesi considerati.

La densità della classe di età  $O^+$ , circa sei mesi dopo l'insediamento, è stata stimata in circa 2.000 indiv./mq, oppure, approssimativamente, in 32.000 indiv./16 mq. La densità di popolazione diminuisce a circa 600 indiv./16 mq 1.5 anno dopo l'insediamento, a circa 70 indiv./16 mq dopo 2.5 anni ed a circa 10 indiv./16 mq dopo 3.5 anni.

Si osserva come le curve di sopravvivenza mostrano patterns lineari, con un decremento per anno di circa  $1/10$  della densità iniziale.

### Curve di crescita

In Fig. 6, gli istogrammi di taglia per ciascuna classe annuale sono stati plot-tati a livello delle età dedotte attraverso l'analisi degli anelli annuali di crescita.

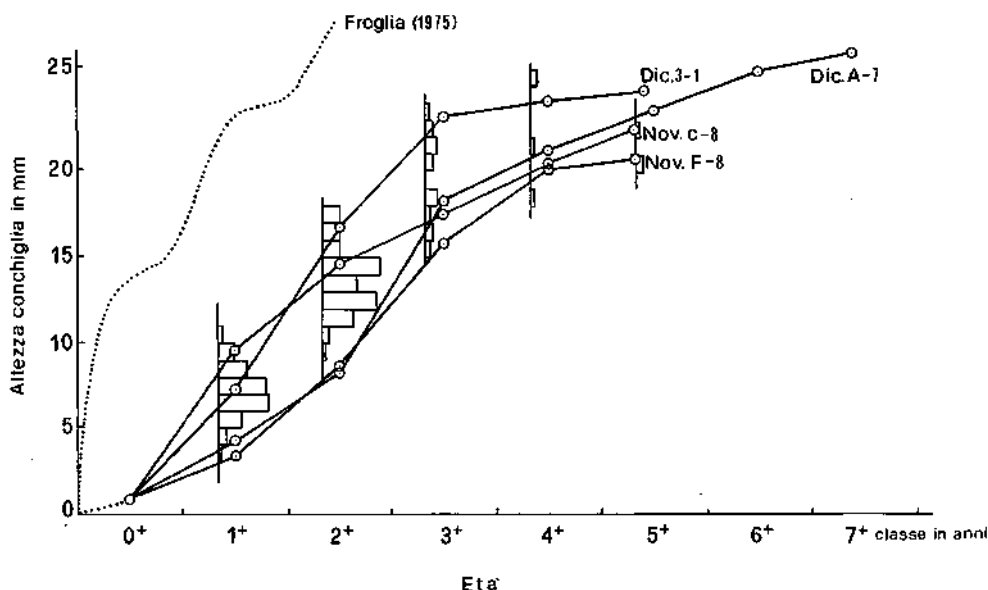


Fig. 6 - Istogrammi di frequenza delle taglie per ciascuna delle classi di età (dedotte dal numero di anelli) e curve di crescita.

Le linee continue mostrano invece le curve di crescita, stimate su alcuni esemplari, anch'esse ottenute mediante l'analisi degli anelli.

Da questi dati di crescita *Chamelea gallina* sembra raggiungere in media ad Ischia circa 1 mm durante i suoi primi 6 mesi di vita, 7-9 mm a circa 1,5

anno, 13-18 mm a 2,5 anni e, infine, 15-24 mm 3,5 anni circa dopo l'insediamento.

La linea punteggiata mostra la curva di crescita di *C. gallina* in Adriatico (FROGLIA, 1975), secondo la quale il bivalve raggiunge 13 mm in 6 mesi e 22-23 mm circa 1,5 anno dopo l'insediamento. Il pattern di crescita degli esemplari ischitani risulta pertanto essere differente da quello stimato per gli esemplari adriatici.

### *Analisi biometrica di esemplari tirrenici ed adriatici*

Da un mercato ittico (« Da Domenico ») sono stati prelevati alcuni esemplari di *C. gallina* di dichiarata provenienza adriatica, che sono stati plottati in Fig. 7 insieme a quelli tirrenici, raccolti ad Ischia, in base sia alla relazione tra lunghezza e altezza valvare, sia alla relazione tra lunghezza ed ampiezza conchi-

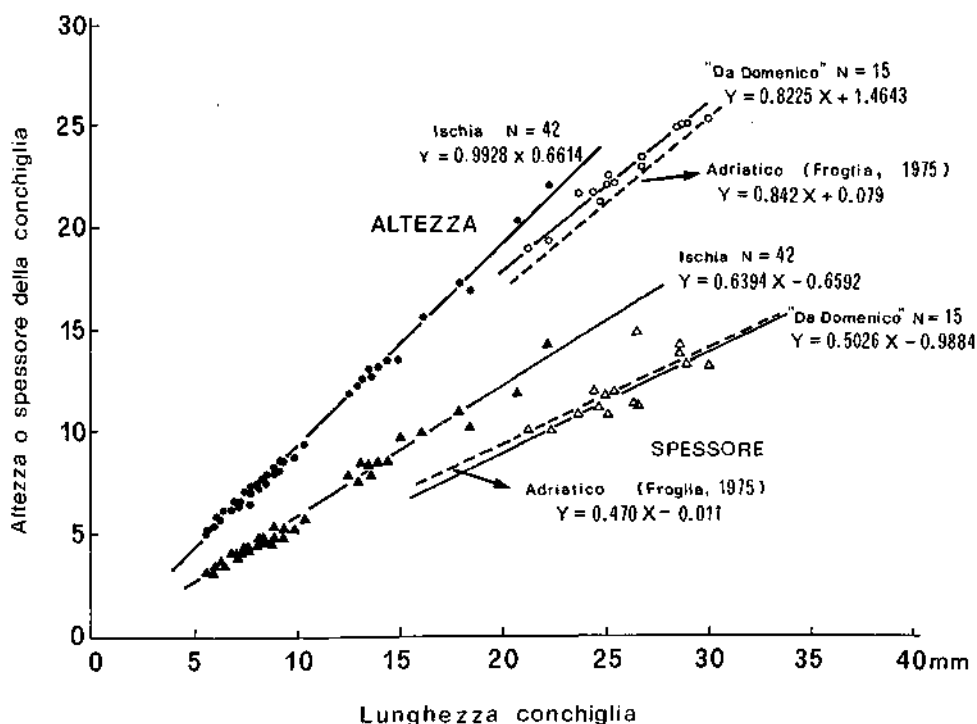
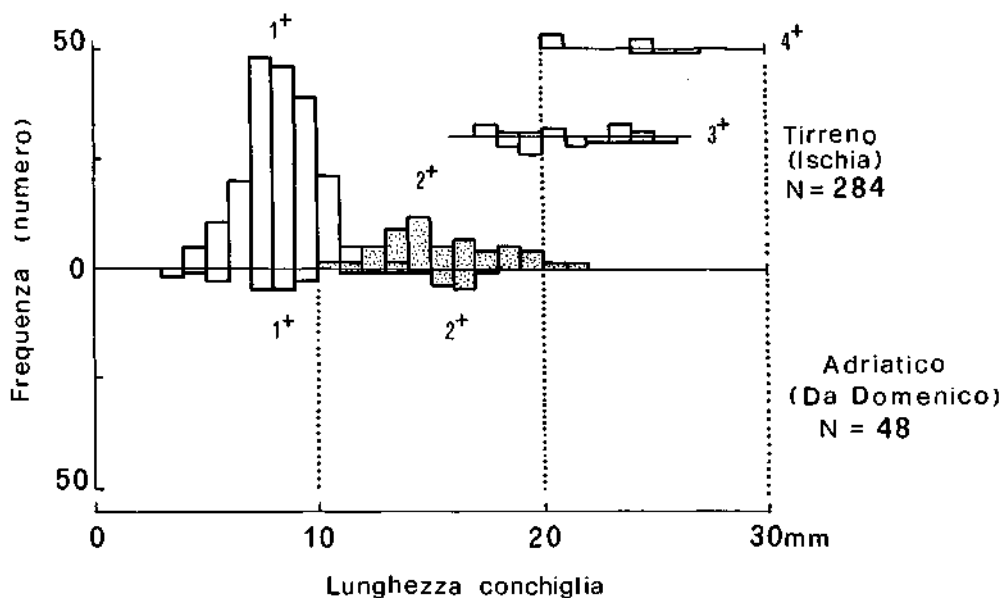


Fig. 7 - Analisi morfometrica di conchiglie adriatiche (in chiaro) e tirreniche (in scuro), ottenuta plottando per ciascuna l'altezza (cerchi) e l'ampiezza (triangoli) rispetto alla lunghezza.



gliare. I dati biometrici degli esemplari provenienti dal mercato sono risultati molto simili a quelli riportati da FROGLIA (1975) per esemplari adriatici (anch'essi in Fig. 7). Sebbene il rapporto tra lunghezza ed altezza conchigliare sia grosso modo simile per entrambi i gruppi (adriatico e tirrenico), è da rilevare che gli esemplari studiati da FROGLIA (1975) e quelli provenienti dal mercato sono significativamente più appiattiti (rapporto lunghezza/larghezza minore) di quelli raccolti ad Ischia. Per gli esemplari adriatici del mercato è risultato, poi, molto più difficile rilevare strie simili agli anelli annuali di crescita; tuttavia, quando ciò è stato possibile, si è cercato di misurare la taglia degli anelli stessi sugli esemplari due due mari, come viene illustrato in Fig. 8. Tale esame ha permesso di osservare come, sebbene esistano alcune diffe-



**Fig. 8** - Istogrammi di frequenza delle classi di taglia delle conchiglie in rapporto al numero di anelli, in popolazioni tirreniche (parte superiore del grafico) ed adriatiche (parte inferiore del grafico).

renze nei ranges, gli istogrammi di taglia per ciascuna delle classi di età, stimate attraverso gli anelli di crescita, coincidono negli esemplari dei due mari, lasciando ipotizzare una struttura di popolazione simile per l'Adriatico e per il Tirreno.

## Conclusioni

Sebbene i dati precedentemente analizzati siano del tutto preliminari, in quanto relativi ad un primo trimestre di osservazioni, è possibile dedurne alcune indicazioni salienti:

— le strie presenti nelle valve di *Chamelea gallina* hanno valore di «anello annuale» di crescita;

— l'anello annuale viene depositato in inverno, in concomitanza con l'inizio del ciclo riproduttivo della specie (inizio della gametogenesi, o della c.d. «fase 1»);

— gli esemplari tirrenici raggiungono la taglia minima commerciale (25 mm) più di tre anni dopo l'insediamento larvale, cioè circa un anno più tardi di quanto riscontrato in Adriatico. Anche per gli esemplari adriatici, tuttavia, potrebbe essere interessante riconsiderare i tassi di crescita, soprattutto attraverso una stima più accurata della classe di età 0<sup>+</sup>.

## Summary

*Chamelea gallina* is a small venerid mollusc with a shell length seldom reaching 40 mm. It is widely distributed along the sandy coastline of the Mediterranean Sea and is one of the main fishery-resources in Italy, especially in the Adriatic Sea, where *Chamelea gallina* reaches 14-15 mm (in shell length) within one year, and 23-25 mm within 2 years. However, variations of growth rate have been reported, and this is why the growth lines on the valves are difficult to analyse.

During monthly routine samplings to study population dynamics of some gastropods and bivalves in a shallow fine-sandy bottom of the Island of Ischia (Tyrrhenian Sea), many clear «bands» were found on most of the shells of *Chamelea gallina* collected. Morphological observations of the shells collected in winter, showed that the band is formed in this period. In samples collected in winter, modes of the size histogram of each size class divided by the number of bands coincided with that of shell length at each band. Therefore, only one band is formed in winter and this can be regarded as an «annual ring».

From the growth rate, estimated using this annual ring analysis, *Chamelea gallina* collected off Ischia grew 7-9 mm (in shell length) in 1.5 years after settlement, 13-18 mm in 2.5 years, and 15-24 mm in 3.5 years. The size of a 1-year-old bivalve in the Adriatic Sea corresponded to that of the second year class (= 2.5 years old) in Ischia. Specimens were obtained from the market and the size of the rings was measured. The first ring occurred at 5-9 mm of shell length and the second at 12-18 mm. These rings coincided well with the annual rings on the shells collected off Ischia.

*Assuming that Chamelea gallina has a stationary populations-structure, the survivorship curve may be obtained by plotting the density of each age class. The survivorship curves of Chamelea gallina obtained by the annual ring method were linear. The density of 1.5-year-old bivalves was about 600/mq, and decreased to 1/10 of the initial density every year.*

## Bibliografia

BARILLARI A., BOLDRIN A., MOZZI C., RABITTI S. (1978) - Alcune relazioni tra natura dei sedimenti e presenza della vongola *Chamelea (Venus) gallina* (L.) nell'Alto Adriatico, presso Venezia. *Atti Ist. Veneto Sci. Lett. Arti*, **137**: 19-32.

CERRATO R.M. (1980) - Demographic Analysis of Bivalve Populations. In: *Skeletal Growth of Aquatic Organism*. D. C. Rhoads & R. A. Lutz (eds.), Plenum Press, New York: 417-465.

DILLON J.F., CLARK G.R. (1980) - Growth-line analysis as a test for contemporaneity in populations. In: *Skeletal Growth of Aquatic Organisms*. D.C. Rhoads & R.A. Lutz (eds), Plenum Press, New York: 395-415.

FROGLIA C. (1975 a) - Osservazioni sull'accrescimento di *Chamelea gallina* (L.) ed *Ensis minor* (Chenu) nel medio Adriatico. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, Ancona, 2: 37-48.

FROGLIA C. (1975 b) - Aspetti biologici, tecnologici e statistici della pesca delle vongole (*Venus gallina*). *Lab. Tecnol. Pesca Ancona, Incontri tecnici*, 9: 7-22.

GUERIN J.P. (1973) - Contribution a l'étude systématique, biologique et écologique des larves méroplanctonique de polychètes et de mollusques du golfe de Marseille. *Tethys*, 5 (1): 55-70.

MASSE H., J.P. GUERIN J.P. (1976) - Etude expérimentale sur le recrutement des espèces de la macrofaune benthique des substrats meubles. 2. Données sur les cycles biologiques des polychètes et des bivalves. *Tethys*, 8 (3): 283-294.

PALOMBI A., SANTARELLI M. (1969) - *Gli animali commestibili dei mari d'Italia*. Hoepli, Milano: 1-448.

PÉRÈS J.M., PICARD J. (1964) - Nouveau Manuel de Bionomie Benthique de la Mer Méditerranée. *Réc. Trav. Stat. Mar. Endoume*, 44 (31): 5-139.

POGGIANI L., PICCINETTI C, PICCINETTI MANFRIN G. (1973) - Osservazioni sulla biologia dei molluschi bivalvi *Venus gallina* L. e *Tapes aureus* Gmelin nell'Alto Adriatico. *Note Lab. Biol. Mar. Pesca Fano*, 4 (8): 189-212.

VALLI G., ZECCHINI-PINESICH G. (1982) - Considerazioni sulla biometria e riproduzione di *Chamelea gallina* (L.) (Mollusca Bivalvia) del Golfo di Trieste (Alto Adriatico). *Nova Thalassia*, 5: 57-73.

VALLI G., ZARDINI D., NODARI P. (1985) - Cycle reproductif et biométrie chez *Chamelea gallina* (L.) (Mollusca, Bivalvia) dans le Golfe de Trieste. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 29 (5): 339-340.

**R. PERDICARO**

Laboratorio Centrale di Idrobiologia (M.A.F.)  
Via del Caravaggio, 107, 00147 Roma (Italia)

**STUDIO DEL BIOACCUMULO  
DI ALCUNI METALLI PESANTI NELLE OSTRICHE  
(*OSTREA EDULIS* E *CRASSOSTREA GIGAS*)  
DELLA LAGUNA DI MARANO-GRADO**

**Abstract**

Bioaccumulation of heavy metals in oysters of Marano-Grado lagoon (Italia)

*The levels of cadmium, chromium, iron, mercury, nickel, lead and copper in soft parts of two oysters species (*O. edulis* and *C. gigas*) and in the waters of the Marano-Grado Lagoon were examined during 1983. The analysed metals were homogeneously distributed. A comparison with similar research carried out in the Venice Lagoon revealed generally higher metal contents in Marano-Grado Lagoon organisms.*

**Key-words:** Bioaccumulation, heavy metals, *Ostrea edulis*, *Crassostrea gigas*, brackish-water.

**Introduzione**

La ricerca (\*) è stata condotta nel 1983 nella Laguna di Marano-Grado. Sono stati esaminati, con due interventi rispettivamente nei mesi di maggio e dicembre, i contenuti di cadmio, cromo, ferro, mercurio, nichelio, piombo e rame nelle acque lagunari e nella polpa delle due specie ostricole eduli delle coste italiane: *Ostrea edulis* L. (autoctona) e *Crassostrea gigas* (Thunberg) (di recente acclimatazione).

Nello stesso anno, con interventi a frequenza stagionale, sono state condotte indagini sulle condizioni chimico-fisiche delle acque e sulla consistenza dei giacimenti ostricoli (MAGLIOCCHETTI LOMBI *et al.*, in stampa). La temperatura

\* La ricerca è stata finanziata dal Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste nell'ambito del Progetto Sviluppo Acquacoltura Nazionale (L. 984/77).

oscilla a maggio tra 16,1 e 19,1 °C e a dicembre tra 0,1 e 5,9 °C; la salinità a maggio tra 26,0 e 34,1 ‰ e a dicembre tra 33,0 e 36,9 ‰. I profili dell'ossigeno disciolto presentano le maggiori concentrazioni negli strati più profondi, per cui le sottosaturazioni, non inferiori all'80%, sono limitate agli strati superficiali. Le acque sono inoltre caratterizzate da modesti contenuti di fosforo (reattivo e totale) e clorofilla *a*. In una delle stazioni di rilevamento (D), posta nei pressi della foce dei fiumi Aussa e Corno (Bacino di Buso) che riversano il 30-40% di tutte le acque dolci lagunari (REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1983), sono state rilevate forti sottosaturazioni superficiali dell'ossigeno disciolto (fino al 33%), salinità molto basse (fino al 3,5‰) e contenuti molto più alti, rispetto alla media lagunare, di nutrienti e fosforo totale. I giacimenti ostraicoli, ampiamente diffusi lungo i canali sublagunari, sono risultati notevoli sia per qualità che per quantità.

I molluschi lamellibranchi, com'è noto, sono ideali indicatori di inquinamento da metalli pesanti per varie ragioni tra cui: abitudini sessili o possibilità di spostamenti in ambiti ristretti, relativa longevità, alimentazione con apparato filtratore e capacità di bioaccumulo (BRIAN *et al.*, 1977; PHILLIPS, 1976, 1978; ZAROOOGIAN, 1979, 1980).

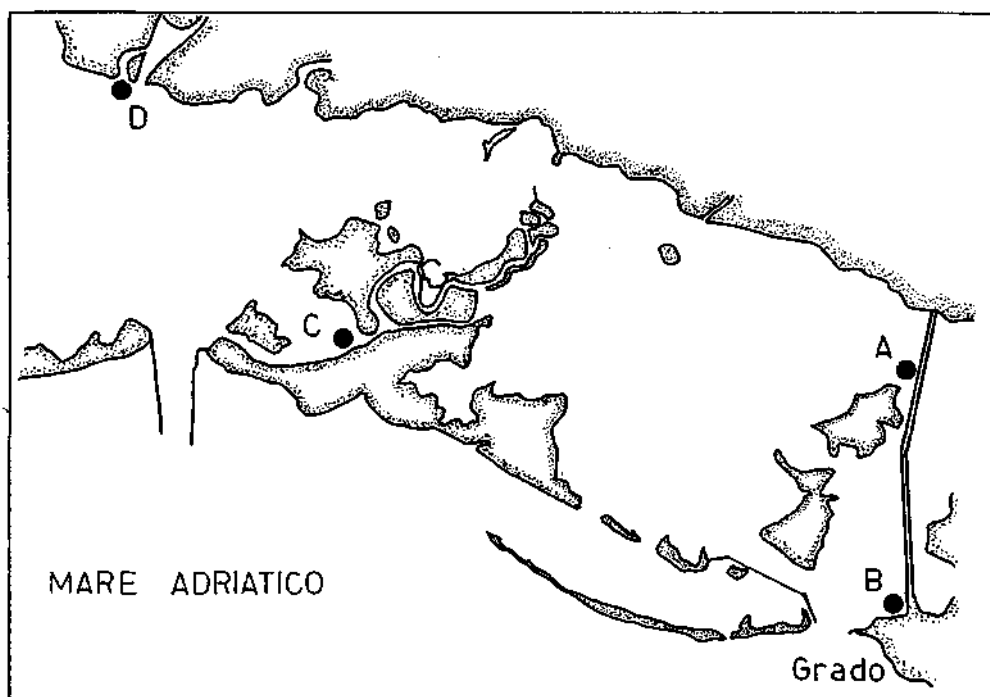
Nella presente ricerca vengono esaminate le interrelazioni tra i contenuti metallici delle acque e degli organismi. Vengono inoltre confrontati i dati con quelli emersi in una ricerca condotta con modalità simili nella Laguna di Venezia (PERDICARO, 1984, 1985): le specie ostricole e il lotto di metalli erano gli stessi; i campionamenti erano condotti con cadenza quadrimestrale (giugno 1981 - giugno 1983) su organismi allevati in un parco sperimentale, situato nei pressi del Canale delle Fosse, e sulle acque circostanti.

## Materiali e metodi

I prelievi di campioni di acqua e di benthos sono stati eseguiti in 4 stazioni: 2 situate nel Bacino di Grado (A e B) e 2 nel Bacino di Buso (C e D). Le stazioni B e C sono collocate a ridosso della duna litoranea in prossimità delle foci, in zone verosimilmente vivificate dalla azione della marea; le stazioni A e D sono invece collocate in zone prossime all'entroterra lagunare (Fig. 1).

I prelievi sono stati effettuati nel 1983 (25-26/V e 13-15/XII) con un natante da pesca munito di draga (m 2 x 0,3) per la raccolta del materiale bentonico. L'acqua è stata campionata con bottiglia Niskin a 0,5-1,0 m dal fondo (quote di prelievo comprese tra -3 e - 6 m). Soltanto nella stazione D, per una valutazione di massima dell'impatto dei fiumi Aussa e Corno, è stato prelevato a maggio, in fase di riflusso di marea, anche un campione di superficie.

I campioni d'acqua sono stati filtrati su membrana da 0,45 µm. La frazione solubile è stata stabilizzata con l'addizione (2 ml/l) di HNO<sub>3</sub>(conc.) e la frazione particellata con congelamento a -20 °C circa. Un subcampione destinato



**Fig. 1** - Cartina della Laguna di Marano-Grado con le stazioni di prelievo.

all'analisi del mercurio, non sottoposto a filtrazione, è stato stabilizzato con l'aggiunta (5 ml/l) di  $\text{HNO}_3$  (conc.).

Per quanto riguarda la frazione solubile, cadmio, nichelio, rame e piombo sono stati complessati con APDC ed estratti con MIBK, mentre cromo e ferro sono stati determinati con il metodo diretto. Il materiale particellato è stato mineralizzato in recipienti di teflon ermeticamente chiusi per 3 ore a  $80^\circ\text{C}$  con  $\text{HCl}$  (conc.) e  $\text{HNO}_3$  (conc.) nel rapporto di 2 a 1. Nei calcoli sono stati presi in considerazione i contenuti metallici totali (solubile + particellato).

Sono state selezionate per il dosaggio dei metalli le specie ostricole più frequenti in ciascuna stazione: *C. gigas* (st. A e D più prossime all'entroterra lagunare) e *O. edulis* (st. B e C più prossime alle foci a mare) in lotti di 10 esemplari di taglia commerciale (lunghezza 4-6 cm per *O. edulis* e 8-10 cm per *C. gigas*) che sono stati mantenuti a  $-20^\circ\text{C}$ . Prima dell'analisi su ogni lotto sono stati determinati il peso medio totale e il peso medio della polpa. Le polpe sono state omogenate e sottoposte a digestione umida (4 h a  $90^\circ\text{C}$ ) con  $\text{HCl}$  (conc.) e  $\text{HNO}_3$  (conc.) nel rapporto di 2 a 1 in recipienti di teflon ermeticamente chiusi. La mineralizzazione del mercurio è stata eseguita a parte secondo la metodica ufficiale (G.U. n. 218 del 30-7-71 e G.U. n. 328 del 28-12-71).

I metalli sono stati dosati con la spettrofotometria ad assorbimento atomico. Il mercurio è stato atomizzato con il metodo dei vapori freddi, tutti gli altri metalli con il fornello di grafite. È stata sempre impiegata la tecnica analitica delle aggiunte standard (spettrofotometro Perkin Elmer 460, fornello di grafite HGA 500 con gas argon e campionatore automatico AS 40).

Tutti i confronti tra le medie dei contenuti metallici (acqua e organismi) sono stati condotti con l'analisi del  $t$  di Student.

## Risultati e discussione

Sono stati adottati tre criteri di confronto tra i contenuti metallici: 1) le stazioni poste nel Bacino di Grado (A e B) contro quelle poste nel Bacino di Buso (C e D); 2) le stazioni collocate nell'entroterra lagunare (A e D) dove è più frequente *C. gigas* contro le stazioni collocate a ridosso della duna costiera (B e C) dove è più frequente *O. edulis* e infine 3) i prelievi effettuati a maggio contro quelli effettuati a dicembre.

*Acqua* - Tutti i confronti tra medie non hanno messo in evidenza differenze significative.

I rapporti tra i dati rilevati in superficie a maggio nella stazione D (prossima alla foce dei Fiumi Aussa e Corno) e i dati medi lagunari rilevati nello stesso periodo (Tab. 1) sono i seguenti: 12,0 per il cadmio, 2,1 per il cromo e compresi tra i 1,5 e 0,4 per tutti gli altri metalli.

Tab. 1 - Confronto tra i contenuti metallici totali ( $\mu\text{g/l}$ ) delle acque di superficie della stazione D (maggio '83) e quelli medi di maggio e dicembre 1983.

	St. D (V/83)	Media (V/83)	Media (XII/83)
Mercurio	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cadmio	2,99	0,25	0,26
Cromo	5,7	2,7	3,1
Ferro	449	1218	856
Nichelio	3,3	3,39	2,43
Piombo	2,13	1,59	1,44
Rame	3,26	2,16	2,18

*Organismi* - Non si evidenzia nessuna differenza per quanto riguarda i periodi di prelievo; nel confronto tra bacini il mercurio risulta superiore negli organismi raccolti in quello di Buso ( $P=0,5\%$ ) e nel confronto tra specie il cadmio risulta superiore in *O. edulis* ( $P=1\%$ ) (Tab. 2).



Tab. 2 - Medie e deviazioni standard dei pesi totali (valve + polpa), dei pesi medi della polpa (g) e dei contenuti metallici (mg/kg p.f.) delle due specie ostricole campionate nella Laguna di Marano-Grado. I dati sono attinenti rispettivamente a *O. edulis* (st. B e C) e a *C. gigas* (st. A e D); ai Bacini di Grado (st. A e B) e Buso (st. C e D) e infine ai due periodi di campionamento (maggio e dicembre 1983).

	<i>O. edulis</i>		<i>C. gigas</i>		B. di Grado		B. di Buso		Maggio '83		Dicembre '83	
	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.
P.M. tot.	47,5	2,7	70,9	7,1	59,2	16,1	59,1	12,9	61,3	16,5	57,1	12,0
P.M. polpa	7,6	0,8	10,6	1,4	9,5	1,5	8,7	2,4	9,5	2,5	8,7	1,3
Mercurio	0,33	0,07	0,35	0,03	0,31	0,04	0,38	0,03	0,33	0,04	0,36	0,06
Cadmio	0,38	0,04	0,18	0,03	0,27	0,12	0,30	0,12	0,29	0,10	0,28	0,14
Cromo	0,51	0,13	0,65	0,33	0,47	0,17	0,69	0,27	0,55	0,22	0,60	0,29
Ferro	121	68	152	46	126	65	146	54	104	42	169	52
Nichelio	1,28	0,76	0,69	0,26	0,99	0,77	0,98	0,53	0,63	0,06	1,34	0,72
Piombo	0,25	0,12	0,32	0,10	0,26	0,11	0,31	0,12	0,25	0,08	0,32	0,13
Rame	22,5	7,3	23,0	7,6	22,5	7,6	23,0	7,3	25,0	2,8	20,5	9,4

Tab. 3 - Confronto (*t* di Student) tra i dati medi di contenuto metallico ( $\mu\text{g/l}$ ) rilevati nelle acque delle Lagune di Venezia e di Marano-Grado (S.D. = deviazione standard).

	Laguna di Venezia		<i>t</i>	Laguna di Marano-Grado	
	M.	S.D.		M.	S.D.
Mercurio	< 0,05	—	= =	< 0,05	—
Cadmio	0,36	0,19	= =	0,25	0,18
Cromo	1,9	0,66	= =	2,9	2,0
Ferro	187	67	= =	1037	1084
Nichelio	2,11	1,38	= =	2,91	1,28
Piombo	1,86	0,98	= =	1,51	0,74
Rame	1,93	0,71	= =	2,17	0,85

Non sono state rilevate correlazioni significative tra i contenuti metallici delle acque e degli organismi i cui bioaccumuli si allineano con i dati di letteratura (EISLER, 1981) e si mantengono entro i limiti imposti dalle normative vigenti che disciplinano i consumi alimentari.

*Confronti con la Laguna di Venezia* - Per quanto riguarda l'acqua, non si evidenziano differenze significative tra i contenuti metallici relativi ai due ambienti esplorati (Tab. 3).

Per quanto riguarda gli organismi si rileva che i contenuti metallici medi (Tab. 4) di mercurio ( $P=1\%$ ), cromo ( $P=1\%$  per *O. edulis* e  $5\%$  per *C. gigas*), nichelio ( $P=1\%$ ) e rame ( $P=1\%$  per *O. edulis* e  $5\%$  per *C. gigas*) per entrambe le specie, e di cadmio ( $P=5\%$ ) per *O. edulis*, risultano significativamente superiori nella Laguna di Marano-Grado.

Anche il confronto tra i fattori di bioaccumulo (concentrazione metallica nell'organismo/concentrazione metallica nell'acqua) mette in luce superiori contenuti metallici nella Laguna di Marano-Grado (Tab. 5).

Nessuna differenza o quasi emerge, in ogni caso, dai confronti tra specie diverse campionate nello stesso ambiente (Tab. 4 e 5).

## Conclusioni

Nella Laguna di Marano-Grado non sono state rilevate correlazioni significative tra i contenuti metallici delle acque e degli organismi. I contenuti metallici sia delle acque che delle due specie ostricole sono sostanzialmente simili nei due bacini esplorati e non sembrano essere influenzati da fattori specifici e stagionali.

Dai confronti con una ricerca simile condotta nella Laguna di Venezia non sono emerse differenze significative a carico dei contenuti metallici medi delle acque. Per quanto riguarda le due specie ostricole che, com'è noto, sono entrambe organismi filtratori e sessili, risulta evidente che i contenuti di alcuni metalli e i relativi fattori di bioaccumulo non sembrano dipendere tanto dalla concentrazione degli stessi metalli nel mezzo acquoso e da fattori tipici delle specie esaminate, quanto verosimilmente da parametri legati alle condizioni ambientali, come temperatura, salinità, maree, venti, etc. (FAVARETTO *et al.*, 1978).

## Summary

*The contents of cadmium, chromium, iron, mercury, nickel, lead and copper in soft parts of the two oyster species of the Italian coasts (Ostrea edulis and Crassostrea gigas) and in the waters of the Marano-Grado Lagoon (Northern Italy) were examined.*

**Tab. 4** - Dati medi biometrici (g) e di contenuto metallico (mg/kg p.f.) di *O. edulis* e *C. gigas* delle Lagune di Venezia e Marano-Grado e confronti con il t di Student (M = media; S.D. = deviazione standard; P = livello di probabilità).

	Laguna di Venezia				Laguna di Marano-Grado							
	<i>C. gigas</i>		<i>O. edulis</i>		<i>C. gigas</i>		<i>O. edulis</i>					
	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.				
P.M. tot.	64,4	18,5	56,2	14,8	70,9	7,4	47,5	2,7				
P.M. polpa	10,3	3,8	8,6	2,9	10,6	1,4	7,6	0,8				
Mercurio	0,044	0,011	0,046	0,020	0,35	0,029	0,33	0,067				
Cadmio	0,16	0,048	0,27	0,075	0,18	0,029	0,38	0,036				
Cromo	0,31	0,18	0,24	0,16	0,65	0,32	0,51	0,13				
Ferro	104	47	70	24	152	46	121	68				
Nichelio	0,29	0,16	0,22	0,071	0,69	0,25	1,28	0,12				
Piombo	0,30	0,10	0,34	0,11	0,32	0,096	0,25	0,12				
Rame	11,6	5,5	6,0	2,7	23,0	7,6	22,5	7,3				
	<i>O. edulis</i>			<i>C. gigas</i>			L. di Venezia			L. di Marano-Grado		
	VE	P	MG	VE	P	MG	<i>O.e.</i>	P	<i>C.g.</i>	<i>O.e.</i>	P	<i>C.g.</i>
P.M. tot.	=		=	=		=	-	1%	+	-	1%	+
P.M. polpa	=		=	=		=	-	1%	+	-	1%	+
Mercurio	-	1%	+	-	1%	+	=		=	=		=
Cadmio	-	5%	+	=		=	=		=	=		=
Cromo	-	1%	+	-	5%	+	=		=	=		=
Ferro	=		=	=		=	=		=	=		=
Nichelio	-	1%	+	-	1%	+	=		=	=		=
Piombo	=		=	=		=	=		=	=		=
Rame	-	1%	+	-	5%	+	=		=	=		=

**Tab. 5** - Medie dei fattori o coefficienti di bioaccumulo (concentrazione del metallo nell'organismo/concentrazione del metallo nell'acqua) calcolati per le due specie ostricole campionate nelle Lagune di Venezia e Marano-Grado e confronti con il *t* di Student (*P* = livello di probabilità).

	Laguna di Venezia			Laguna di Marano-Grado								
	<i>C. gigas</i>	<i>O. edulis</i>		<i>C. gigas</i>	<i>O. edulis</i>							
Mercurio	870	930		6500	6600							
Cadmio	530	850		840	2900							
Cromo	190	150		220	330							
Ferro	570	390		200	580							
Nichelio	180	110		240	630							
Piombo	180	210		260	190							
Rame	7000	3400		11000	14000							
	L. Marano-Grado			L. Venezia			<i>Ostrea edulis</i>			<i>Crassostrea gigas</i>		
	<i>C.g.</i>	P	<i>O.e.</i>	<i>C.g.</i>	P	<i>O.e.</i>	MG	P	VE	MG	P	VE
Mercurio	=		=	=		=	+	1%	-	+	1%	-
Cadmio	=		=	-	5%	+	+	1%	-	=		=
Cromo	=		=	=		=	=		=	=		=
Ferro	=		=	=		=	=		=	-	5%	+
Nichelio	=		=	=		=	+	5%	-	=		=
Piombo	=		=	=		=	=		=	=		=
Rame	=		=	=		=	+	1%	-	=		=

Organisms and waters were sampled in 1983 (May and December) in four stations located, two by two, in Grado and Buso basins, in the inner zone of the lagoon and near the sea mouth.

In each station, *Ostrea edulis* near the sea mouth and *Crassostrea gigas* near the inner zone were the most frequently sampled species.

No significant difference was found in the mean metal contents of waters referred either to sampling period, or to basin, or to sea proximity.

Slight differences were found in the mean metal contents of organisms referred to the two examined basins (mercury higher in organisms sampled in Buso basin) and to the two examined species (cadmium higher in *Ostrea edulis*).

A comparison Student's t test with similar research carried out in the Venice Lagoon indicates on the whole higher, metal contents in oyster species sampled in the Marano-Grado Lagoon: mercury ( $P = 1\%$ ), chromium ( $P = 1\%$ ) for *Ostrea* and 5% for *Crassostrea*, nickel ( $P = 1\%$ ) and copper ( $P = 1\%$ ) for *Ostrea* and 5% for *Crassostrea* for both species and cadmium ( $P = 5\%$ ) for *Ostrea*.

Also the bioaccumulation coefficients (ratio between metal contents in organisms and water) were generally higher in the Marano-Grado Lagoon.

The metal contents in the examined organisms and their bioaccumulation coefficients are unrelated to the concentration of these metals in waters or to specific factors, but probably related to environmental factors such as temperature, salinity, tides, winds, etc.

## Bibliografia

BRYAN G.W., HUMMERSTONE L.G. (1977) - Indicators of heavy-metal contamination in the Looe estuary (Cornwall) with particular regard to silver and lead. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 57: 75-92.

EISLER R. (1981) - *Trace metal concentration in marine organisms*. Pergamon Press, New York.

FAVRETTO L., GABRIELLI FAVRETTO L., FELICIAN L. (1987) - Principal component analysis for the identification of pollution sources in mussel survey by trace metals. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 184: 101-109.

MAGLIOCCHETTI LOMBI P., PERDICARO R., BIANCHINI M. (in stampa) - Hydrological and trophic conditions of the Marano-Grado lagoon (northern Italy) relatively to oysters populations (*Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*). *Oebalia*.

PERDICARO R. (1984) - Studio del biaccumulo di cadmio, cromo, ferro, mercurio, nichelio, piombo e rame in tre specie di molluschi bivalvi (*Crassostrea gigas*, *Ostrea edulis* e *Venerupis decussata*) in allevamento in un parco sperimentale sito nella Laguna di Venezia. *Rivista di Idrobiologia*, 23: 129-143.

PERDICARO R. (1985) - Bioaccumulo di alcuni metalli pesanti su tre specie di molluschi bivalvi in allevamento in un parco sperimentale sito nella Laguna di Venezia. *Oebalia*, XI, 3: 879-881.

PHILLIPS D.J.H. (1976) - The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. I. Effects on environmental variables on uptake of metals. *Marine Biology*, 38: 59-69.

PHILLIPS D.J.H. (1978) - The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of trace metals in scandinavian waters. II. Lead, iron and manganese. *Marine Biology*, 46: 147-156.

REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA (1983) - Progetto del piano di risanamento del bacino idrografico della Laguna di Marano e Grado. C.S.A.R.E. (Trieste): 1-96.

ZAROOGIAN GE., MORRISON G., HELTSHE J.F. (1979) - *Crassostrea virginica* as an indicator of lead pollution. *Marine Biology*, 52: 189-196.

ZAROOGIAN GE. (1980) - *Crassostrea virginica* as an indicator of cadmium pollution. *Marine Biology*, 58: 275-284.

G.F. RUSSO

Laboratorio di Ecologia del Benthos, Stazione Zoologica di Napoli,  
80077 Ischia Porto (Na) Italia

## **LA SCELTA DEI DESCRITTORI MORFO-FUNZIONALI NELL'ANALISI DEI SISTEMI BENTONICI: UN APPROCCIO CON LA COMPONENTE MALACOLOGICA DI UNA PRATERIA A *POSIDONIA OCEANICA***

### **Abstract**

Morpho-functional descriptors of a seagrass mollusc community

*Morpho-functional characters of shells and soft parts have been considered as descriptors in the analysis of the Prosobranch community living on the leaves of a Posidonia oceanica seagrass bed. Despite a substantial homogeneity in the trophic pathways, three communities have been identified. They are zoned with depth and consist of malacological forms, whose morphological characteristics well agree with a functional adaptation to a gradient of a decrease in water movement, suggesting that these characteristics are not of secondary importance in structuring the community.*

**Key-words:** Prosobranchia, functional morphology, community ecology, seagrass.

### **Introduzione**

Nel settore dell'ecologia di comunità si sta assistendo ad una profonda rivoluzione concettuale, come documentano i risultati di alcuni simposi svoltisi in questi ultimi anni (PRICE *et al.*, 1984; STRONG *et al.*, 1984; DIAMOND & CASE, 1986). In particolare si è giunti, per lo più indipendentemente nelle diverse discipline, a smantellare gradualmente l'assunto che la realtà ecologica possa essere interpretata attraverso l'impianto di pochi e semplici modelli. È, in definitiva, il risultato, in un campo specifico della scienza, di quella rivoluzione che in epistemologia, con la crisi dell'empirismo logico, sta segnando il passaggio da una concezione deterministica del reale ad una sempre più di tipo ermeneutico (RORTY, 1979), attraverso l'accantonamento del classico «paradigma di semplificazione» e la costruzione del «paradigma di complessità» (MORIN, 1982).

Nello studio dei sistemi complessi, dei quali sempre più si rileva la caratteristica lontananza dall'equilibrio e la non-linearità delle fenomenologie, che pur tuttavia danno luogo a strutture ordinate, risulta di fatto impossibile prevedere il comportamento di ogni singola componente; diviene perciò essenziale selezionare, fra i moltissimi parametri che descrivono un sistema, solo quelli significativi rispetto al fenomeno da analizzare (cosiddetti «parametri d'ordine»).

Secondo la «nuova ecologia» la comprensione dei sistemi complessi, quali appunto quelli ecologici, passa quindi non tanto attraverso l'elaborazione di un unico o di pochi modelli che si adattino al meglio alla totalità dei fenomeni, quanto attraverso la ricerca di più modelli, ciascuno focalizzato su fenomeni specifici. L'interesse viene rivolto, quindi, non tanto alla tecnica di elaborazione del modello globale di un sistema, quanto alla selezione delle informazioni nei livelli sistemici inferiori (componenti di vario grado): «la sinecologia riscopre la biologia», per dirla con COLWELL (1984). In questa prospettiva, infatti, non solo lo sforzo cosiddetto «specialistico» ritorna ad assumere piena centralità rispetto a quello «generalistico», ma vengono anche poste le basi per ricomporre la dia triba concettuale fra autoecologi e sinecologi, pur rimanendo in linea con la concezione olistica dell'organismo, che, in quanto integratore ottimale della totalità delle informazioni ambientali, va adeguatamente affrontato ed «interpretato».

In questa nuova ottica assume peculiare rilevanza la scelta degli «attributi» relativi alle componenti organismi che di una comunità, cioè dei «descrittori» dello specifico modello ecologico che si intende sviluppare. Per quanto riguarda, in particolare, lo studio dei popolamenti nei sistemi ecologici, la gran parte dei descrittori adottati sono del tipo che potrebbe definirsi «tassonomico-nomenclaturale»: l'ecosistema, cioè, viene «visto» esclusivamente attraverso lo strumento (il «paradigma», per dirla con KUHN, 1962) del «systema naturae», assegnando agli organismi un attributo criptico (il nome della specie) che sottintende un potenziale notevolissimo di «qualità», alcune delle quali, peraltro, permettono la categorizzazione gerarchica degli organismi stessi ed il riconoscimento delle loro affinità filogenetiche.

Ma è proprio l'individuazione di qualità delle componenti biotiche in stretto rapporto con ben determinate caratteristiche ambientali, che potrebbe fornire descrittori più efficaci di quelli tradizionali e gettare nuova luce nell'analisi degli aspetti funzionali dei sistemi ecologici. A tal fine vanno considerate in primo luogo le somiglianze inter-taxa rispetto a caratteristiche cruciali (morfologiche, fisiologiche, ecc.), somiglianze che permettono l'interpretazione di determinati aspetti dell'ambiente correlati a tali caratteristiche.

Una prima esperienza, che prende spunto dall'ambito concettuale precedentemente delineato, è stata condotta nell'analisi del popolamento a Molluschi Prosobranchi di una prateria a *Posidonia oceanica* sita nella zona di mare antistante il comune di Lacco Ameno d'Ischia.

Già studi precedenti avevano evidenziato l'importanza dell'idrodinamismo quale fattore strutturante il popolamento. In particolare da un lato si era riscon-



trato come lo sviluppo di una ben definita tipologia strutturale lungo un gradiente batimetrico (IDATO *et al.*, 1983; Russo *et al.*, 1984) sia coerente con il decremento dell'energia ambientale (GAMBI *et al.*, in stampa), dall'altro era stato anche rilevato come una tipologia pressoché identica venga a svilupparsi in livelli batimetrici simili di praterie diverse, coerentemente con la loro esposizione (Russo *et al.*, 1983). Nella presente analisi si è iniziato pertanto a considerare le modalità attraverso le quali l'idrodinamismo può influire sull'organizzazione del sistema a fanerogame marine, a partire dall'analisi di alcune «qualità» delle componenti organismi che del sistema, direttamente correlate a tale fattore ambientale.

Per la selezione dei nuovi descrittori si è ricorso ai metodi della morfologia-funzionale, in quanto tale disciplina scientifica si propone proprio di collegare gli aspetti morfologici (ampiamente utilizzati nella tassonomia dei molluschi) con quelli inerenti all'ecologia ed alle abitudini di vita, che in genere vengono trattati separatamente («approccio paradigmatico» di RUDWICK(1961), successivamente ampliato soprattutto da SEILACHER(1970), RAUP (1972), GOULD (1977) e VERMEIJ (1980)). Questo tipo di approccio oltre ad essere fondamentale per le analisi paleoecologiche, in cui è giocoforza inferire la funzionalità dalle forme, appare di estrema utilità anche in indagini actuoecologiche, perché potrebbe fornire una più immediata chiave di lettura dei processi, ed addirittura può risultare indispensabile allorché questi ultimi si presentano di non semplice misurazione, come nel caso in cui si lavori su scala dimensionale ridotta (ad es. nel nostro caso gli animali di rado superano il centimetro).

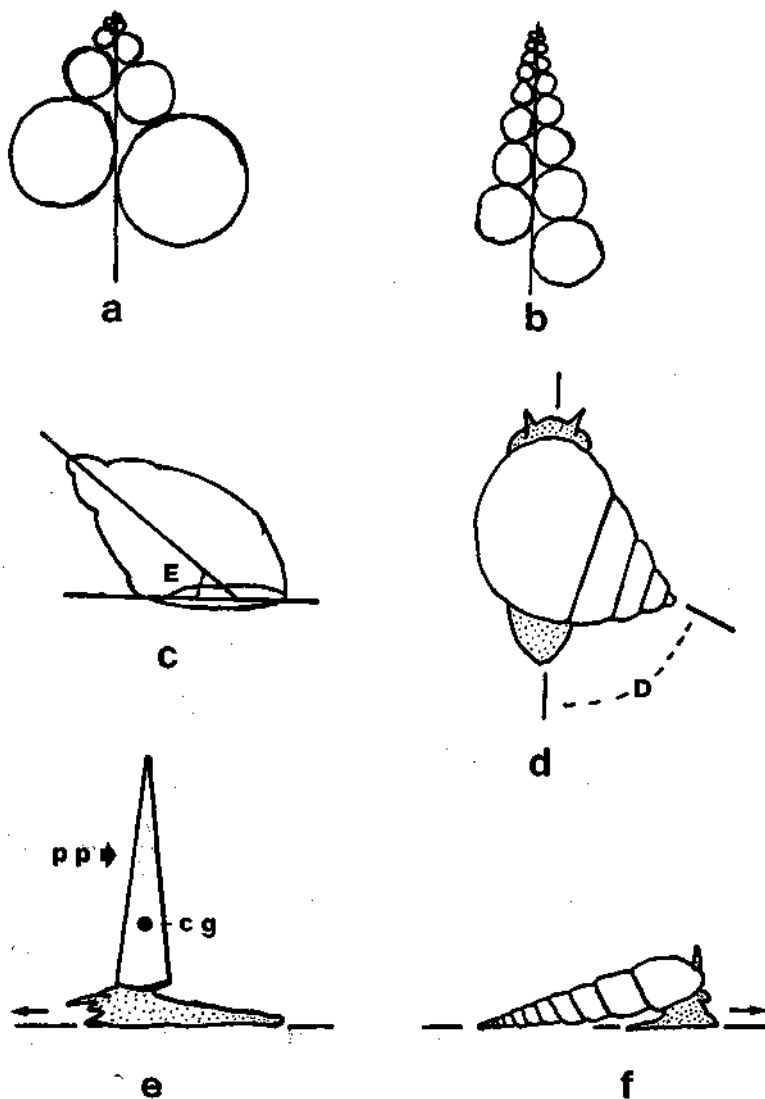
Per illustrare la metodologia adottata è necessario compiere un breve excursus in livelli sistemici inferiori rispetto a quello ecologico, prendendo in considerazione dapprima una componente fondamentale dei Gasteropodi Prosobranchi, quale la conchiglia, per poi considerare i rapporti di quest'ultima con le parti molli e, infine, analizzare gli aspetti funzionali dell'una e delle altre, che possono essere messi in rapporto con l'idrodinamismo, importante fattore strutturante a livello di sistema ecologico.

### ***Parametri della conchiglia e delle parti molli***

Per quanto riguarda la conchiglia RAUP (1961; 1966), riprendendo gli studi teorici di D'Arcy THOMPSON (1942), che proponevano per la descrizione delle conchiglie spiralate parametri difficilmente misurabili, ha riformulato quattro variabili fondamentali: a) la forma della curva generatrice, assimilabile grosso modo alla forma dell'apertura; b) il tasso di espansione della spira; c) la distanza della spira dall'asse di avvolgimento; d) il tasso di traslazione della spira. Questi ultimi tre parametri, soprattutto nei Prosobranchi attuali, sono strettamente intercorrelati, nel senso che con l'aumentare del «tasso di traslazione» diminuiscono sia il «tasso di espansione» che la «distanza dall'asse di avvolgimento»; il che comporta il passaggio da forme «basso-spiralate» (Fig. 1 a) a forme «alto-spiralate» (Fig. 1 b).

Per quanto riguarda il rapporto della conchiglia con le parti molli, VERMEIJ (1971) ha evidenziato un altro parametro, l'«angolo di elevazione» della spira (E) (Fig. 1 c), come elemento estremamente importante per il bilanciamento dell'animale, sottolineando anche come la variazione del grado di elevazione influisca sulla morfologia dell'apertura.

Studi più approfonditi sulla varietà dei modi in cui i Prosobranchi trasportano la conchiglia hanno poi sottolineato anche la l'importanza, per la stabilità



**Fig. 1** - Alcuni parametri della conchiglia e delle parti molli: a) forma basso-spiralata; b) forma alto-spiralata; c) angolo di elevazione (E); d) angolo di detorsione (D); e) centro di gravità (cg) e punto pressorio (pp); f) gasteropode «trascinatore di conchiglia».

gravitazionale dei Gasteropodi, dell' « angolo di detorsione » (D) (Fig. 1 d) (per il significato evolutivo di questo parametro cfr. GANEY & STASEK, 1984). Secondo LINSLEY (1977), infatti, il mollusco ha adottato due soluzioni per bilanciare la conchiglia in modo che il centro di gravità della stessa, e del sacco dei visceri in essa contenuto, si porti il più possibile in posizione mediana rispetto all'asse cefalo-pedale; una è l'elevazione della spira, l'altra è la sua detorsione all' indietro. Tali soluzioni coesistono entrambe nei Prosobranchi attuali ma con diverso grado, che è generalmente in rapporto con la spiralizzazione («coiling»), in quanto di solito nelle conchiglie basso-spiralate è maggiore il contributo dell'elevazione, mentre in quelle alto-spiralate è maggiore il contributo della detorsione.

### ***Adesione e locomozione in rapporto a conchiglie e parti molli***

Gli studi di MILLER (1974) sono stati tra i primi ad evidenziare il tipo di interdipendenza di un aspetto funzionale, quale la locomozione dei Molluschi (che peraltro sono tra le poche forme di animali in cui questo aspetto sembra essere alquanto indipendente dalla taglia), con la morfologia di una struttura anatomica quale il muscolo pedale. In particolare è emerso che ad una morfologia pedale quasi-circolare corrispondono valori massimi sia di capacità adesiva che di velocità di locomozione.

Più di recente VERMEIJ (1978) e LINSLEY (1978 a), hanno sottolineato che al grado di fissazione al substrato (« clamping »), oltre alla morfologia pedale contribuisce anche il grado di avvolgimento della spira dell'animale («coiling»). Infatti nelle forme basso-spiralate il muscolo retrattore è ben posizionato per mantenere la conchiglia contro il substrato, anche quando l'animale si trova su superfici verticali (come ad es. lungo una foglia di *Posidonia*) o è rovesciato, poiché il muscolo può tirare la conchiglia secondo una linea retta. In una conchiglia alto-spiralata, invece, il muscolo retrattore deve piegarsi abbastanza bruscamente tra l'inserzione sulla columella ed il piede; questo comporta che, soprattutto quando l'animale si trova su superfici verticali, o addirittura è rovesciato, la forza di gravità spinge la spira in giù ed il muscolo è poco efficacemente posizionato per contrastarla.

Anche per quanto riguarda la velocità di locomozione LINSLEY (1978 b) sostiene che oltre alla morfologia pedale bisogna considerare i parametri del bilanciamento conchigliare, cioè l'angolo di elevazione e quello di detorsione. Secondo questo Autore il posizionamento della conchiglia va considerato in relazione a tre parametri che offrono una maggiore idrodinamicità alla morfologia complessiva: a) l'area della sezione frontale della conchiglia, b) l'altezza del centro di gravità (CG), c) l'altezza del punto pressorio (PP) (Fig. 1 e). In particolare la locomozione è più rapida se l'area della sezione frontale della conchiglia non è sviluppata e l'altezza del centro di gravità e quella del punto pressorio sono basse.

Ora, per quanto detto in precedenza, con l'incremento in altezza della spira, l'elevazione diminuisce e la conchiglia viene bilanciata soprattutto attraverso la

detorsione. In questo modo vengono gradualmente a diminuire sia l'area della sezione frontale della conchiglia sia l'altezza del centro di gravità e del centro pressorio, il che comporta un aumento dell'idrodinamicità della conchiglia e quindi della velocità di locomozione. Tuttavia, se la spira diviene troppo alta, il centro di gravità si allontana eccessivamente dall'apertura, l'inclinazione diviene nulla e l'apertura ed il muscolo pedale assumono forma allungata (per le relazioni tra forma del piede e forma dell'apertura cfr. anche MC NAIR *et al.*, 1981). Coerentemente anche con le osservazioni di VERMEIJ (1971; 1978) e di MILLER (1974), la conseguenza è una notevole difficoltà per il mollusco a mantenere sulla massa pedale la conchiglia, che pertanto viene trascinata sul substrato con notevole difficoltà di velocità; un «trascinatore di conchiglia» («shell dragger») di questo tipo è illustrato in Fig. 1 f.

### ***Sviluppo larvale in rapporto alla morfologia delle protoconche***

Un altro elemento fondamentale che si può definire dalla morfometria conchigliare, in particolare dalla protoconca, è lo sviluppo larvale. Infatti dagli importantissimi studi di THORSON (1950) in seguito sviluppati soprattutto da SHUTO (1974) e, più di recente, da JABLONSKY & LUTZ (1980; 1983), è risultato che: a) protoconche di piccole dimensioni (generalmente del diametro di 60-120 micron) derivano da uova piccole e povere di vitello, con sviluppo tipicamente planctotrofico, il che significa che hanno una fase larvale pelagica che generalmente varia dalle 3 alle 6 settimane; b) protoconche di grandi dimensioni, invece, derivano da uova ricche di vitello a tipico sviluppo non planctotrofico, con una fase larvale, cioè, molto breve (che può svolgersi all'interno o all'esterno delle capsule ovigere) o addirittura mancante.

È risultato inoltre che i diversi tipi di sviluppo possono essere rilevati anche attraverso un'attenta analisi della scultura conchigliare. Difatti sulla conchiglia delle forme planctotrofiche possono essere rilevate tre tipologie, corrispondenti a tempi e modalità di secrezione diversi della stessa, che si susseguono procedendo dall'apice: a) una conchiglia embrionale, secreta quando l'individuo è ancora nell'ovatura (Protoconca I); una conchiglia larvale, secreta durante la fase pelagica (Protoconca II); una Teleoconca, secreta dopo la metamorfosi, durante la vita bentonica. Nelle forme nonplanctotrofiche sono invece distinguibili solo una Protoconca (conchiglia embrionale) ed una Teleoconca.

Non sempre tuttavia è possibile distinguere chiaramente tale differenziazione lungo la conchiglia e ciò è particolarmente vero per le specie della famiglia Rissoidae, molto comuni nei prati a fanerogame marine. In questo caso la morfometria rimane l'unico elemento da poter considerare per inferire il tipo di sviluppo larvale (cfr. sul punto anche COGNOLA *et al.*, 1986).

### **Materiali e metodi**

Nell'analisi del popolamento a Prosobranchi della prateria a *Posidonia* di Lacco Ameno d'Ischia sono state considerate complessivamente 30 specie

(escludendo quelle rare, cioè presenti in un solo campione con un unico individuo), per un totale di 5.739 individui, raccolti in dodici stazioni, collocate lungo un transetto costa-largo, rispettivamente alle profondità di 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, e 30 m (IDATO *et al.*, 1983).

In una prima fase per ciascuna delle specie sono stati misurati i parametri morfometrici in rapporto alle caratteristiche funzionali precedentemente descritte ed in particolare: larghezza della protoconca (PW), lunghezza (SL) e larghezza (SW) della conchiglia, altezza (AL) ed ampiezza (AW) dell'apertura (per le metodiche di misura di questi parametri morfometrici della conchiglia cfr. VERDUIN, 1982; COLOGNOLA *et al.*, 1986) lunghezza (FL) e larghezza (FW) del piede, angolo di elevazione (E) e di detorsione (D).

Dall'esame delle distribuzioni di frequenza delle diverse specie, è stata ricavata una classificazione in ranghi dei parametri stessi e di alcuni parametri da essi derivati quali: slanciatezza (SL/SW), spiralizzazione (SL/AW), forma del piede (FL/FW) (Tab. 1).

I descrittori, poi, rispettivamente per la taglia (SL), la slanciatezza (SL/SW), l'adesione (SL, AL/AW, FL/FW) la velocità (FL/FW, D, E) ed il tipo di sviluppo (PW), sono stati ottenuti sommando le abbondanze delle variabili afferenti a ciascuno dei ranghi precedentemente ottenuti.

Sono stati inoltre considerati anche descrittori per il tipo di alimentazione, ottenuti attraverso l'esame della morfologia radulare con i criteri illustrati da STENECK & WATLING (1982) ed applicati in un'analisi ecologica da Russo (1986), e per il grado di fedeltà rispetto al biotopo considerato, secondo i dati di LEDOYER (1962).

L'analisi dei dati è stata condotta calcolando le dominanze sia qualitative (DQ) sia quantitative (DI), lungo il transetto di profondità, delle variabili (descrittori) ottenute. La struttura complessiva del popolamento è stata inoltre esaminata mediante Analisi Fattoriale delle Corrispondenze (AFC), a partire da una matrice di dati bruti, con descrittori tassonomico-nomenclaturali. La significatività degli assi dell'ordinamento è stata testata secondo il metodo indicato da FRONTIER (1976), che utilizza la varianza prevista dal modello aleatorio «broken-stick» di MAC ARTHUR (1960).

## Risultati

Se dall'analisi delle dominanze qualitative di ciascuno dei descrittori considerati non emergono trends particolarmente marcati, lo stesso non può dirsi per le dominanze quantitative. In particolare (Fig. 2):

a) per quanto riguarda *la taglia* si osserva un decremento costante dai livelli più superficiali della prateria a quelli più profondi. Il rango IV (riferito alle forme più grandi) domina fino ad 1 m di profondità, il III dai 2 ai 10 m, il II da quest'ultima profondità fino ai 25 m, il rango I, infine, domina nel livello più profondo del prato;

b) per quanto riguarda *la slanciatezza*, che è un parametro strettamente correlato con la spiralizzazione, si osserva che le forme meno slanciate (di rango

Tab. 1

						Velocità	
						Adesione	
	Tag.	Slan. (max = tozzo)	Spir. (max = tozzo)	Aper. (max = tondo)	Piede (max = tondo)	Detor.	Elev.
1) <i>Jujubinus exasperatus</i>	IV	III	II	III	IV	I	III
2) <i>Jujubinus striatus</i>	IV	III	II	III	IV	I	III
3) <i>Gibbula adansoni</i>	IV	IV	III	IV	IV	I	III
4) <i>Gibbula ardens</i>	IV	IV	III	IV	IV	I	III
5) <i>Gibbula umbilicaris</i>	IV	IV	III	IV	IV	I	III
6) <i>Calliostoma conulus</i>	II	III	II	III	IV	I	III
7) <i>Tricolia pullus</i>	III	IV	III	III	IV	II	II
8) <i>Tricolia speciosa</i>	IV	III	III	III	IV	II	II
9) <i>Rissoella inflata</i>	I	IV	II	IV	II	II	II
10) <i>Coriandria cossuræ</i>	II	III	II	IV	II	II	II
11) <i>Coriandria fulgida</i>	I	III	II	IV	II	II	II
12) <i>Setia semistriata</i>	I	III	II	III	II	II	II
13) <i>Turboella radiata</i>	II	III	II	II	II	II	II
14) <i>Turboella dolium</i>	II	III	II	III	II	II	II
15) <i>Apicularia guerinii</i>	III	II	I	III	III	III	I
16) <i>Rissoa ventricosa</i>	IV	II	II	III	III	III	I
17) <i>Rissoa violacea</i>	III	III	II	III	III	III	I
18) <i>Rissoa italiensis</i> *	III	I	I	III	I	III	I
19) <i>Rissoa auriscalpium</i>	III	I	I	III	I	III	I
20) <i>Alvania discors</i>	II	III	II	III	II	III	II
21) <i>Alvania lineata</i>	II	III	II	III	II	III	II
22) <i>Bittium reticulatum</i>	IV	I	I	II	I	III	I
23) <i>Vitreolina devians</i>	II	I	I	II	I	III	I
24) <i>Trunculariopsis trunculus</i>	II	III	II	III	IV	III	II
25) <i>Ocenebrina aciculata</i>	III	III	II	III	IV	III	II
26) <i>Chauvetia minima</i>	II	II	I	III	III	III	I
27) <i>Fusinus pulchellus</i>	II	II	I	II	III	III	II
28) <i>Fusinus syracusanus</i>	II	II	I	II	III	III	II
29) <i>Gibberula philippii</i>	I	II	III	I	III	III	II
30) <i>Gibberulina clandestina</i>	I	II	III	I	III	III	I
	Tag. mm.	Slan. sl/sw	Spir. sl/aL	Aper. al/aw	Piede fl/fw	Detor. angoli	Elev.

## Ranghi:

Taglia : I = 0-3 mm; II = 3-6 mm; III = 6-9 mm; IV = &gt; 9 mm.

Slanciatezza : I = &gt; 3,5; II = 3,5-2,5; III = 2,5-1,5; IV = 1,5-0,5.

Spiralizzazione: I = &gt; 3; II = 3-2; III = 2-1.

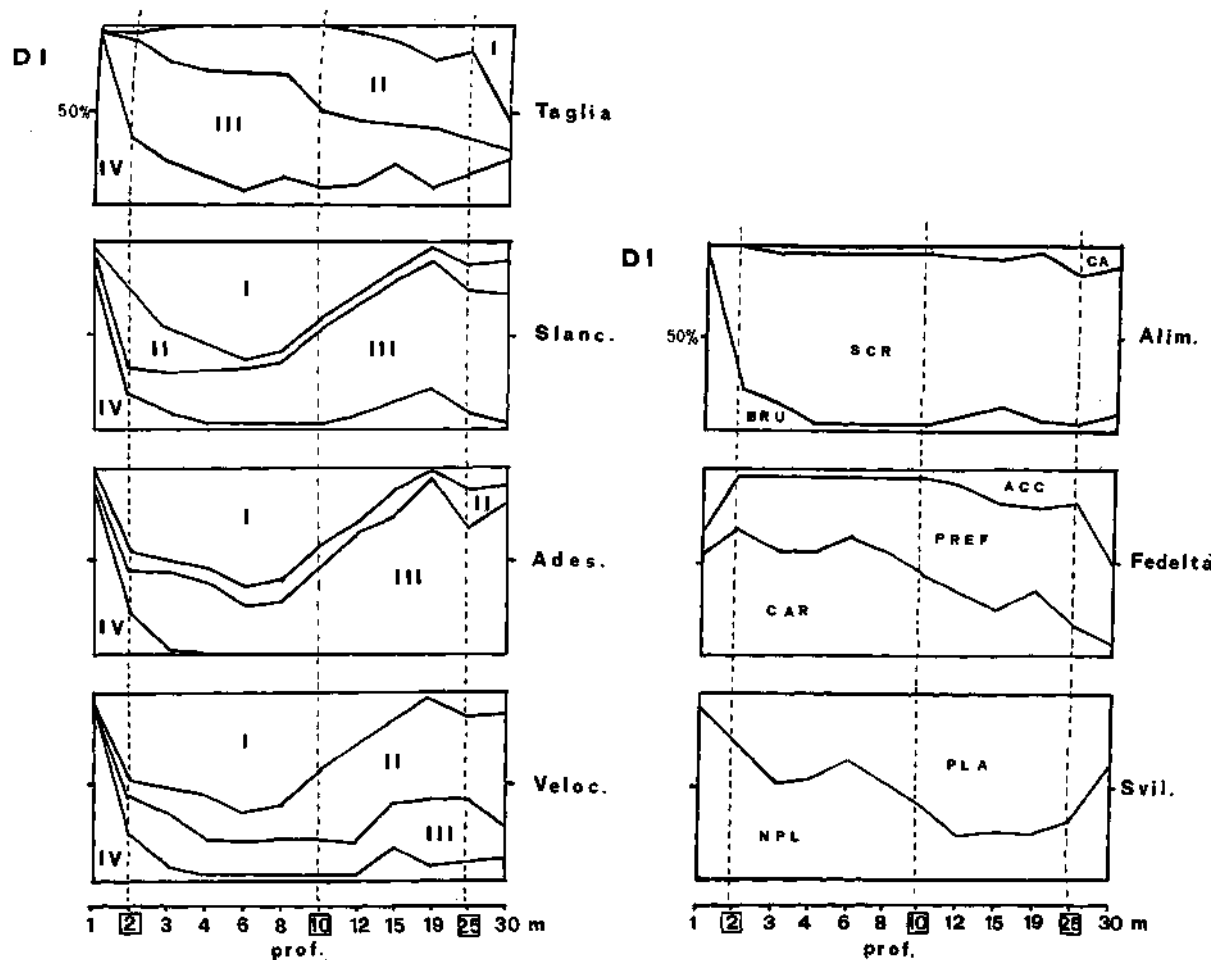
Apertura : I = 2,0; II = 2,0-1,6; III = 1,6-1,2; IV = 1,2-0,8.

Piede : I = 4; II = 4-3; III = 3-2; IV = 2-1.

Detorsione : I = 60°-40°; II = 40°-20°; III = 20°-0°.

Elevazione : I = 0°-20°; II = 20°-40°; III ; &gt; 40°.

\* Il taxon *Rissoa italiensis* VERDUIN, 1985 viene utilizzato per *Goniostoma auriscalpium* forma «a» in COLOGNOLA et al., (1986).



**Fig. 2** - Dominanze quantitative lungo il transetto di profondità per ciascuno dei descrittori considerati (taglia, slanciatezza, adesione, velocità, alimentazione, fedeltà, sviluppo).

*Descrittori morfo-funzionali di una comunità a Molluschi 221*

IV) dominano nel livello più superficiale di 1 m; dai 2 m fino ai 10 m circa si verifica una completa inversione con una netta dominanza delle forme più slanciate (di rango II e soprattutto I), e al di sotto dei 10 m ritornano a dominare forme più tozze (rango III);

c) anche per quanto riguarda *l'adesione e la velocità di locomozione* si osserva ad 1 m una notevole dominanza di forme ad alta adesione sul substrato e molto mobili (di rango IV), cui succedono, nei livelli immediatamente inferiori e fino ai 10 m circa, forme a scarsissima adesione e mobilità (soprattutto di rango I), per poi assistere ad una certa ripresa più in profondità di queste capacità funzionali, minima per la velocità (dominanza del rango II), maggiore per l'adesione (dominanza del rango III). Nel livello più profondo (30 m) si osservano dei rimaneggiamenti, che principalmente consistono in un incremento della presenza di individui di rango II;

d) per quanto riguarda *il tipo di alimentazione* si osserva una presenza quasi esclusiva di erbivori «spazzolatori» («brushers») ad 1 m, per assistere poi ad una netta inversione con grande prevalenza di erbivori «graffiatori» («serapers») alla profondità di 2 m, dominanza che si mantiene lungo tutto il transetto; si sottolinea, comunque, la comparsa del polo carnivoro che diviene di una certa consistenza al di sotto dei 25 m;

e) per quanto riguarda *il grado di fedeltà* le forme malacologiche caratteristiche della prateria di *Posidonia oceanica*, cioè quelle che vivono quasi esclusivamente sulle foglie di questa fanerogama, sono dominanti in superficie e decrescono con la profondità, diventando meno del 50% al di sotto della batimetria dei 10 m; oltre questa profondità dominano soprattutto le forme preferenziali, quelle forme cioè che, seppur presenti in numero considerevole, non sembrano comunque strettamente legate all'ambiente di prateria; si evidenzia, inoltre, l'importanza dei valori di dominanza che nei livelli estremi del transetto (1 e 30 m) assumono le forme accompagnatrici, quelle cioè presenti soprattutto in ambienti diversi dalla prateria;

f) per quanto riguarda *il tipo di sviluppo* si osserva una netta dominanza di forme non planctotrofiche in superficie fino a circa 10 m, oltre i quali prevalgono le forme planctotrofiche; comunque si rileva una ripresa delle forme non planctotrofiche al di sotto dei 25 m.

Si sottolinea come nei grafici illustrati vengono a distinguersi sempre alcune profondità (evidenziate nella figura) che possono considerarsi «critiche» (in particolare 2, 10 o 12, e 25 m), poiché a quei livelli si verificano i cambiamenti più sostanziali, qualsiasi sia il descrittore funzionale considerato. Ciò è coerente con i risultati dell'analisi strutturale, condotta mediante il modello di ordinamento AFC (Fig. 3) a partire da descrittori nomenclaturali (riportati con i punti neri, numerati come da Tab. 1). In tale modello (in cui entrambi gli assi considerati sono risultati significativi), infatti, le profondità «critiche» si collocano chiaramente a definire zone di transizione o di confine tra intervalli batimetrici (gruppi contrassegnati dalle lettere maiuscole) ben zonati (i punti-stazione,



riportati con i cerchi, sono indicati con i rispettivi valori di profondità) e caratterizzati da una particolare comunità malacologica. Le specie che, nel modello di ordinamento, presentano i più alti contributi assoluti in F1 sono *Gibbula umbilicaris*, *Gibbula adansoni* e *Gibbula ardens*, che vengono ad associarsi alla stazione più superficiale, e *Setia semistriata* e *Gibberula philippii*, che vengono ad associarsi alla stazione più profonda; i più alti contributi assoluti in F2 sono invece a carico delle specie *Rissoa italiensis* e *Turboella radiata*, che si collocano nel cluster «B», *Rissoa violacea*, *Rissoella inflata* e *Chauvetia minima*, che si collocano nel cluster «C» (cfr. anche i modelli di ordinamento in : IDATO *et al.*, 1983; RUSSO *et al.*, 1984).

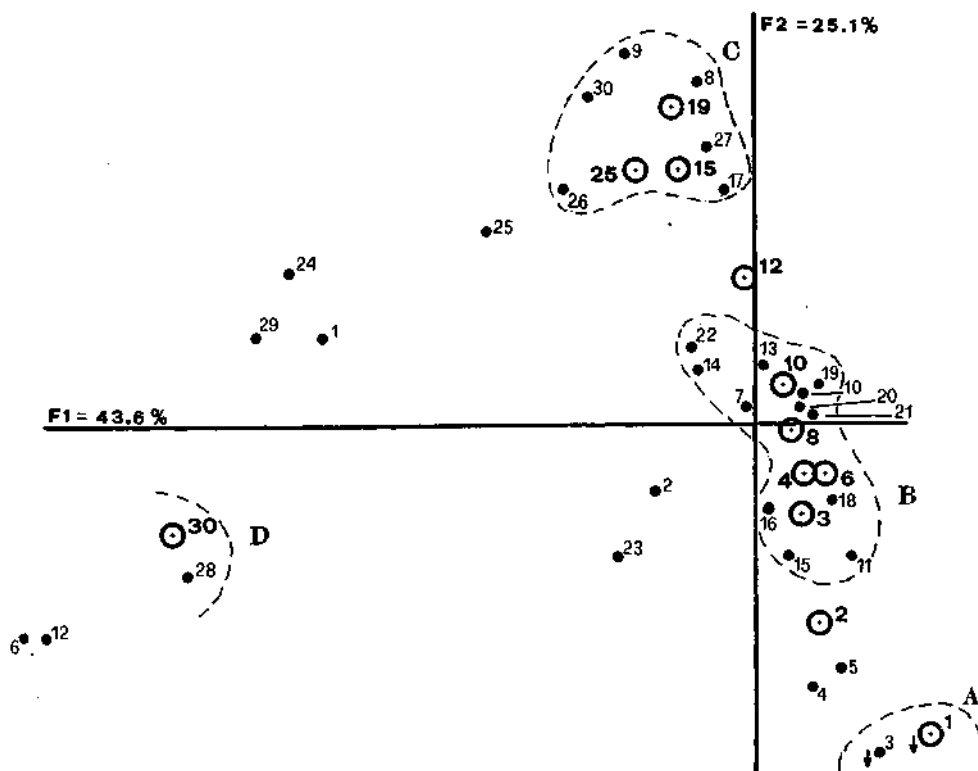


Fig. 3 - Modello di ordinamento ottenuto con l'Analisi fattoriale delle Corrispondenze a partire da descrittori tassonomico-nomenclaturali.

## Discussione

Alla luce dei descrittori precedentemente considerati vengono a delinearsi alcune caratteristiche funzionali che distinguono le comunità zonate lungo il gradiente batimetrico, in rapporto alla variazione della energia idrodinamica.

La comunità estremamente superficiale, quella che vive per lo più nel primo metro di profondità, sembra essere particolarmente adattata ad energie ambientali notevoli, riconducibili all'idrodinamismo dirompente ed alla prima profondità critica di RIEDL (1971). Difatti la fauna malacologica è presente con forme solide, poco slanciate, ad alto grado di adesione dal substrato, che ne rende più difficile lo scalzamento, e di grossa taglia, che ritarda la eventuale fluitazione (ad es. *Gibbula umbilicaris* e *G. ardens*). Si tratta di forme erbivore con radula a basso grado d'impatto sul substrato, che si nutrono quindi soprattutto spazzolando il feltro microfitico, con notevole velocità. Sono per lo più elementi tipici della prateria, sebbene notevole sia anche la presenza di faune intrusive dagli ambienti limitrofi superficiali di substrato duro. Lo sviluppo di tipo non planctotrofico può evitare un'alta mortalità giovanile in un ambiente alquanto stabile sia pur particolarmente stressato.

La comunità che popola la prateria dai 3 ai 10 metri circa mostra adattamenti diversi in risposta ad un idrodinamismo che, sia pure elevato, non può essere considerato come un fattore di stress (cfr. idrodinamismo oscillatorio, fra la prima e la seconda profondità critica di RIEDL, 1971). Le forme malacologiche che vivono a questi livelli sono discretamente grandi ma hanno adesione minima al substrato. È proprio per queste forme che ISSEL (1912) descrisse il cosiddetto «riflesso di caduta»; è probabile che l'agitazione delle acque provochi il loro scalzamento dalle foglie e la loro ricaduta a livello dei rizomi, dove l'idrodinamismo è smorzato dalle fronde. La forma particolarmente slanciata senz'altro aiuta la caduta evitando la fluitazione dell'animale (ad es. *Rissoa auriscalpium*). Si tratta di forme erbivore con radule che penetrano meglio il substrato per raschiarlo lentamente; le forme a fase pelagica e quelle a fase non pelagica per lo più si equivalgono in questo intervallo batimetrico.

Nella prateria profonda, tra i 10 ed i 25 m, prevalgono forme abbastanza piccole, non strettamente legate alla presenza delle fanerogame, a sviluppo planctotrofico (ad es. *Turbolella radiata*), in un ambiente ad energia minore o comunque qualitativamente diversa (cfr. seconda profondità critica e idrodinamismo unidirezionale in RIEDL, 1971). Sia la velocità che l'adesione sono discrete, mentre la diversità trofica aumenta per la presenza di forme predatrici (ad es. ***Chauvetia minima*, *Ocinebrina aciculata***). **Verso il limite profondo della prateria**, sui 30 m, diviene notevole l'intrusione, dai fondi mobili limitrofi, di forme di piccola taglia (ad es. *Gibberula philippii*, *Setia semistriata*), per alcune delle quali lo sviluppo non planctotrofico è coerente con la teoria di GIESEL (1976), che addebita a queste forme un budget energetico troppo esiguo per spenderlo in uno sviluppo di tipo planctotrofico.

Senza voler trarre delle conclusioni in merito, è interessante sottolineare che, in accordo con la «teoria regressiva» delle praterie di *Posidonia* (DEN HARTOG, 1977), le forme caratteristiche si distribuiscono soprattutto nei livelli superficiali, entro i 10 m di profondità. Tra esse, inoltre, lo sviluppo di tipo non-planctotrofico è estremamente diffuso; ciò potrebbe risultare di grande interesse per ulteriori studi soprattutto di paleoecologia e di biogeografia, in consi-

derazione del fatto che le linee evolutive non planctotrofiche danno luogo a popolazioni alquanto stabili di specie cosiddette di «equilibrio», sono più stenoece ed hanno tassi di speciazione e di estinzione più elevati di quelle planctotrofiche (SCHELEMA, 1978).

Infine, ma non da ultimo, la notevole diversità degli aspetti morfo-funzionali degli organismi considerati, a fronte di una loro relativa omogeneità rispetto alle tipologie alimentari, invita a considerare la complessità di sistemi ecologici quali quelli a fanerogame marine in un'ottica più «pluralistica» che, coinvolgendo in un'analisi integrata i livelli inferiori di organizzazione, superi la classica concezione eltoniana, nella quale le componenti organismiche sono considerate principalmente come interfaccia dei flussi carbonio-energia.

## Summary

*Prosobranch Molluscs are one of the principal components of the vagile fauna living on the leafstratum of the Posidonia oceanica seagrass beds. Recent structural analyses demonstrated that the Prosobranch community is zoned with depth, and that zonation pattern is strongly related to the quali-quantitative variations of water movement.*

*The present paper describes a community analyses based on the selection of descriptors by taking into account the interspecific similarity in morphological parameters that are functionally related to the hydrodynamic force. Therefore, this approach will probably shed more light on the role played by such an important environmental factor in controlling the animal community.*

*The following water-movement related characters of Prosobranch species have been considered: protoconch size, in relation to the development types and, therefore, to larval dispersion; size, morphology and arrangement of the shell on the pedal sole, in relation to the clamping and to the moving speed (dispersion and fluctuation of adults). To make up the feeding guilds for a functional analysis of the Prosobranch community, radular structure has also been taken into account.*

*Three communities have been distinguished. They are zoned along the depth gradient, and are composed of species whose morpho-functional characteristics well agree with the depth-related decrease in water movement. The community living in the shallow prairie, subjected to the wave action, is principally composed of dumpy-shelled specimens, strongly attached to the leaves, with a direct development. Most of Prosobranchs living in the intermediate level of the prairie, where the wave action is of minor importance, show elongated shells; they are weakly attached to the substrate and have a planctotrophic development. In the deep prairie, the malacological forms are mainly small, with a planctotrophic development and a more diversified trophism. However, as for the trophic habits, many prosobranchs living in the prairie (almost all the species of the shallow and intermediate levels) are herbivores. These homogenous characteristics of the food pathways, in contrast to the strong diversification of the mollusc forms, agree with a pluralistic approach to the study of the functional organization in ecological systems.*

## Bibliografia

- COLOGNOLA R., MASTURZO P., RUSSO G.F., SCARDI M., VINCI D., FRESI E. (1986) - Biometric and Genetic Analysis of the Marine Rissoid *Rissoa auriscalpium* (Gastropoda, Prosobranchia) and its Ecological Implications. *P.S.Z.N. 1: Marine Ecology*, 7 (3): 265-285.
- COLWELL R.K.) - What's new? Community ecology discovers biology. In: *A new ecology: Novel approaches to interactive systems*. P.W. Price, C.N. Slobodchikoff & W.S. Gaud (eds.), Wiley, New York: 387-396.
- DIAMOND J.M., CASE T. (1986) - *Community Ecology*. Harper & Row, New York: XIX + 1-665.
- FRONTIER S. (1974) - Contribution a la connaissance d'un ecosysteme néritique tropical: etude descriptive et statistique du peuplement zooplanctonique de la region de Nosy-Be (Madagascar). *Thèse d'Etat, Aix-Marseille*: 1-628.
- GAINEY L.F. Jr., STASEK C.R. (1984) - Orientational and Anatomical Trends Related to Detorsion among Prosobranch Gastropods. *The Veliger*, 26 (4): 288-298.
- GAMBI M.C., BUIA M.C., CASOLA E., SCARDI M. (in stampa) - The estimate of water movement in *Posidonia oceanica* beds: a first approach. *II Internat. Workshop on Posidonia Beds*, Ischia, 1985.
- GIESEL J.T. (1976) - Reproductive strategies as adaptations to life in temporally heterogeneous environments. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 7: 57-79.
- GOULD S.J. (1977) - *Ontogeny and Phylogeny*. Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Massachusetts: IX + 1-501.
- HARTOG C. DEN (1977) - Structure, function, and classification in seagrass communities. In: *Seagrass Ecosystems. A scientific perspective*. C.P. McRoy & C. Helfferich (eds.), Marcel Dekker Inc., New York: 89-121.
- IDATO E., FRESI E., RUSSO G.F. (1983) - Zonazione verticale della fauna vagile di strato foliare in una prateria di *Posidonia oceanica* (L.). I. Molluschi. *Boll. Malacologico*, 19 (5-8): 109-120.
- ISSEL R. (1912) - Il benthos animale delle foglie di *Posidonia* studiato dal punto di vista biotomico. *Zool. Jb. System. Dtsch.*, 33: 379-420.
- JABLONSKI D., LUTZ R.A. (1980) - Molluscan Larval Shell Morphology. Ecological and Paleontological Applications. In: *Skeletal Growth of Aquatic Organisms*. D.C. Rhoads & R.A. Lutz (eds.), Plenum Press, New York: 323-377.
- JABLONSKI D., LUTZ R.A. (1983) - Larval Ecology of Marine Benthic Invertebrates: Paleobiological Implications. *Biol. Rev.*, 58: 21-89.
- KUHN T.S. (1962) - *The structure of scientific revolutions*. Chicago University Press: 1-256.

- LEDOYER M. (1962) - Etude de la faune vagile des herbiers superficiels de zosteraee et de quelques biotopes d'algues littorales. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, 25 (39): 117-235.
- LINSLEY R.M. (1977) - Some «laws» of gastropod shell form. *Paleobiology*, 3: 196-206.
- LINSLEY R.M. (1978a) - Shell Form and the Evolution of Gastropods. *Am. Sci.*, 66: 432-441.
- LINSLEY R.M. (1978b) - Locomotion rates and shell form in the gastropoda. *Malacologia*, 17 (2): 193-206.
- MAC ARTHUR R.H. (1960) - On the relative abundance of species. *Amer. Nat.*, 94: 25-36.
- Mc NAIR C.G., KIER W.M., LA CROIX P.D., LINSLEY R.M. (1981) - The functional significance of aperture form in gastropods. *Lethaia*, 14: 63-70.
- MILLER S.L. (1974) - Adaptive design of locomotion and foot form in Prosobranch gastropods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 14: 99-156.
- MORIN E. (1982) - *Science avec conscience*. Fayard, Paris: 1-207.
- PRICE P.W., SLOBODCHIKOFF C.N., GAUD W.S. - *A new ecology: Novel approaches to interactive systems*. J. Wiley & Sons, New York: 1-542.
- RAUP D.M. (1961) - The geometry of coiling in gastropods. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 47: 602-609.
- RAUP D.M. (1966) - Geometric analysis of shell coiling: General problems. *J. Paleontol.*, 40: 1178-1190.
- RAUP D.M. (1972) - Approaches to morphologic analysis. In: *Models in Paleobiology*. T.J.M. Schopf (ed.), Freeman, Cooper & Co., San Francisco, California: 28-44.
- RIEDL R. (1971) - Water movement: Animals. In: *Marine Ecology*. O. Kinne (ed.), J. Wiley & Sons, New York, 1 (2): 1123-1156.
- RORTY R. (1979) - *Philosophy and the mirror of nature*. Princeton University Press, Princeton, N.J.: 1-341.
- RUDWICK M.J.S. (1964) - The inference of function from structure in fossils. *Brit. J. Philos. Sci.*, 15: 27-40.
- RUSSO G.F., FRESI E., VINCI D., L.A. CHESSA (1983) - Malacofauna di strato foliare delle praterie di *Posidonia oceanica* intorno all'isola d'Ischia: analisi strutturale del popolamento estivo in rapporto alla profondità ed alla esposizione. *Nova Thalassia*, 6 (suppl.): 665-661.
- RUSSO G.F., FRESI E., VINCI D., CHESSA L.A. (1984) - Mollusk syntaxon of foliar stratum along a depth gradient in a *Posidonia oceanica* meadow: seasonal variability. In: *International Workshop on Posidonia oceanica Beds*. C.F. Boudouresque, A. Jeudy de Grissac & J. Olivier (eds.), GIS Posidonie Publ., Marseille, 1: 311-318.

- RUSSO G.F. (1986) - Evoluzione ed adattamenti trofici nei Prosobranchi: spunti per una analisi del popolamento malacologico di una prateria di *Posidonia oceanica* dell' Isola d' Ischia. *Nova Thalassia*, 8 (suppl. 3): 643-644.
- SCHELTEMA R.S. (1978) - On the relationship between dispersal of pelagic Veliger larvae and the evolution of marine Prosobranch gastropods. In: *Marine Organism: Genetics, Ecology and Evolution*. B. Battaglia & J.A. Beardmore (eds.), Plenum Press, New York: 303-322.
- SEILACHER A. (1970) - Arbeitskonzept zur Konstruktions-Morphologie. *Lethaia*, 8: 393-396.
- SHUTO T. (1974) - Larval ecology of Prosobranch gastropods and its bearing on biogeography and paleontology. *Lethaia*, 7: 239-256.
- STENECK R.S., WATLING L. (1982) - Feeding Capabilities and Limitations of herbivorous Molluscs: A Functional Group Approach. *Mar. Biol.*, 68: 299-319.
- STRONG D.R., SIMBERLOFF D., ABELE L.G., THISTLE A.B. (1984) - *Ecological communities: conceptual issues and the evidence*. Princeton University Press, Princeton, N.J.: 1-456.
- THOMPSON D.A. (1942) - *On Growth and Form*. 2nd ed., Cambridge University Press, London: 1-1116.
- THORSON G. (1950) - Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biol. Rev.*, 25: 1-45.
- VERDUIN A. (1982) - How complete are diagnoses of coiled shells of regular build? A mathematical approach. *Basteria*, 45 (6): 127-141.
- VERMEIJ G.J. (1971) - Gastropod evolution and morphological diversity in relation to shell geometry. *J. Zool. London*, **163**: 15-23.
- VERMEIJ G.J. (1978) - *Biogeography and Adaptation: Patterns of Marine Life*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts: 1-332.
- VERMEIJ G.J. (1980) - Gastropod Shell Growth Rate, Allometry, and Adult Size. Environmental Implications. In: *Skeletal Growth of Aquatic Organisms*. D.C. Rhoads & R.A. Lutz (eds.), Plenum Press, New York: 379-394.

R. SANDULLI

Dipartimento di Genetica e Biologia generale e molecolare dell'Università,  
Via Mezzocannone, 8 - 80134 Napoli (Italia)

e

Stazione Zoologica, Villa Comunale, 80121 Napoli (Italia)

## RUOLO DEI COPEPODI MEIOBENTONICI COME RISORSA ALIMENTARE PER FORME GIOVANILI DI PESCI PIATTI

### Abstract

Meobenthic Copepods in the diet of some juvenile flatfish

*The role of harpacticoid copepods as a food source for juvenile forms of four flatfish species (Psetta maxima, Pleuronectes platessa, Platicthys flesus and Solea vulgaris) was investigated in a bay of a Scottish loch (Loch Ewe, Aultbea Bay). Meobenthic copepods proved to be an essential food source for the young flatfish. Moreover, the frequency of occurrence of copepods in the stomach contents of all flatfish species tends clearly to decrease with increasing fish length. The youngest fish show a diet based almost exclusively on these crustaceans. It was concluded, therefore, that at least a very important component of meobenthos, the harpacticoids, play a fundamental role in benthic food webs leading to higher trophic levels.*

**Key-words:** Meiobenthos, Copepods, food, juvenile flatfish.

### Introduzione

Nonostante negli ultimi anni si siano compiuti diversi studi sul ruolo del meiobenthos negli ecosistemi marini, i pareri dei vari autori sono discordi ed il ruolo del meiobenthos nelle catene alimentari viene talvolta considerato «irrelevante» (MCINTYRE, 1969), a volte «moderato» (GERLACH, 1978) ed infine «indispensabile» (ELMGREN, 1976). Da questa disparità di opinioni riguardo il ruolo trofico del meiobenthos è nato lo stimolo a realizzare il presente studio.

Avendo studiato per un certo periodo le comunità meio bentoniche di Loch Ewe (Scozia occidentale), si è pensato di intraprendere un'indagine sull'eventuale contributo del meiobenthos alla dieta di forme giovanili di alcune specie di pesci piatti (Pleuronettiformi). In particolare, ci si è soffermati sulla componente a copepodi Arpacticoidi poiché già vari autori avevano sottolineato la loro

importanza come risorsa alimentare per giovani pesci (MACER 1967; KACZINSKI *et al.*, 1973; BRABER & DE GROOT, 1973; SIBERT, 1979; BODIU & VILLIERS, 1979; DETHIER 1980; LIVINGSTON, 1982; ALHEIT & SCHEIBEL, 1982; SOGARD, 1984; TITO DE MORAIS & BODIU, 1984; HICKS, 1985; FITZHUGH & FLEEGER, 1985; MACCAGNANI *et al.*, 1985; SMITH & COULL, 1987; MARINELLI & COULL, 1987).

### Materiali e metodi

Come ambiente di studio è stata scelta una baia incontaminata, poco profonda e ben riparata di Loch Ewe, Aultbea Beach (Fig. 1), nota come area di riproduzione e «nursery» per varie specie di pleuronettiformi. Nella tarda primavera, inizio estate, le larve dei pesci piatti, appena metamorfosate, raggiungono tale zona e cominciano ad utilizzare il benthos come risorsa alimentare.

I campioni di meiobenthos sono stati raccolti a varie profondità (- 1, - 2, - 3 e — 6 m), nel mese di luglio del 1985, in zone di sabbia medio-fine (diam. medio

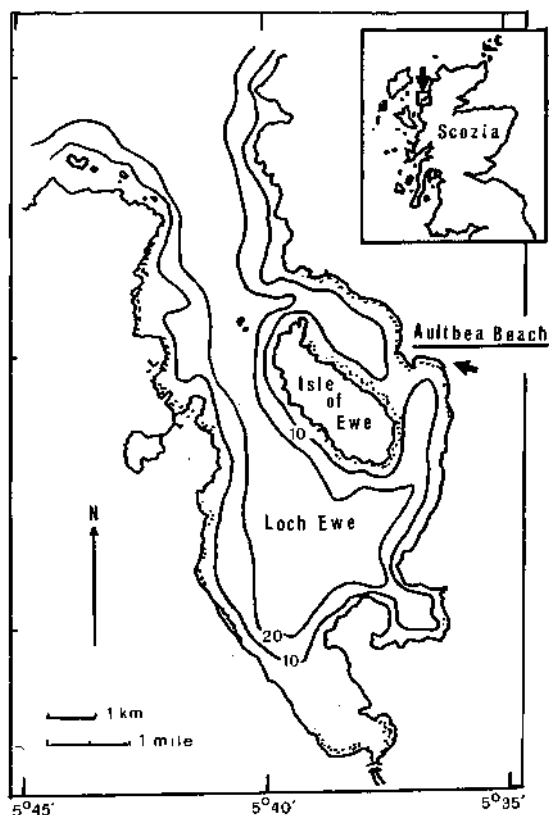


Fig. 1 - Loch Ewe e Aultbea Beach.



235  $\mu\text{m}$ ). In ciascuna stazione sono state prelevate due carote di sedimento (diam. 4 cm), successivamente fissate in formalina-acqua di mare (5%) e colorate con Rosa bengala. Gli organismi del meiobenthos sono stati poi separati per elutriazione (UHLIG *et al.*, 1973) ed osservati, contati ed identificati.

I giovani pleuronettidi sono stati pescati, nelle stesse stazioni del meiobenthos, tramite piccole reti a strascico (Beam trawl), con maglia di 12,5 mm (HOLME & MCINTYRE, 1984). Subito dopo la cattura i piccoli pesci sono stati conservati in formalina-acqua di mare (10%), previa incisione addominale. Successivamente il contenuto gastrico degli esemplari catturati è stato riversato su piccoli fogli di alluminio precedentemente pesati ed il tutto veniva poi pesato su microbilancia (peso umido). Gli Arpacticoidi sono stati quindi separati dal rimanente contenuto che veniva ripesato, questa volta privo dei copepodi. Si è calcolato, infine, l'apporto percentuale dei copepodi al peso umido dell'intero contenuto stomacale.

## Risultati

Una descrizione più dettagliata della meiofauna dell'area di studio è stata fornita da SANDULLI (1985). La composizione quali-quantitativa del meiobenthos di Aultbea Beach nel luglio '85 è illustrata in Fig. 2. In generale si può

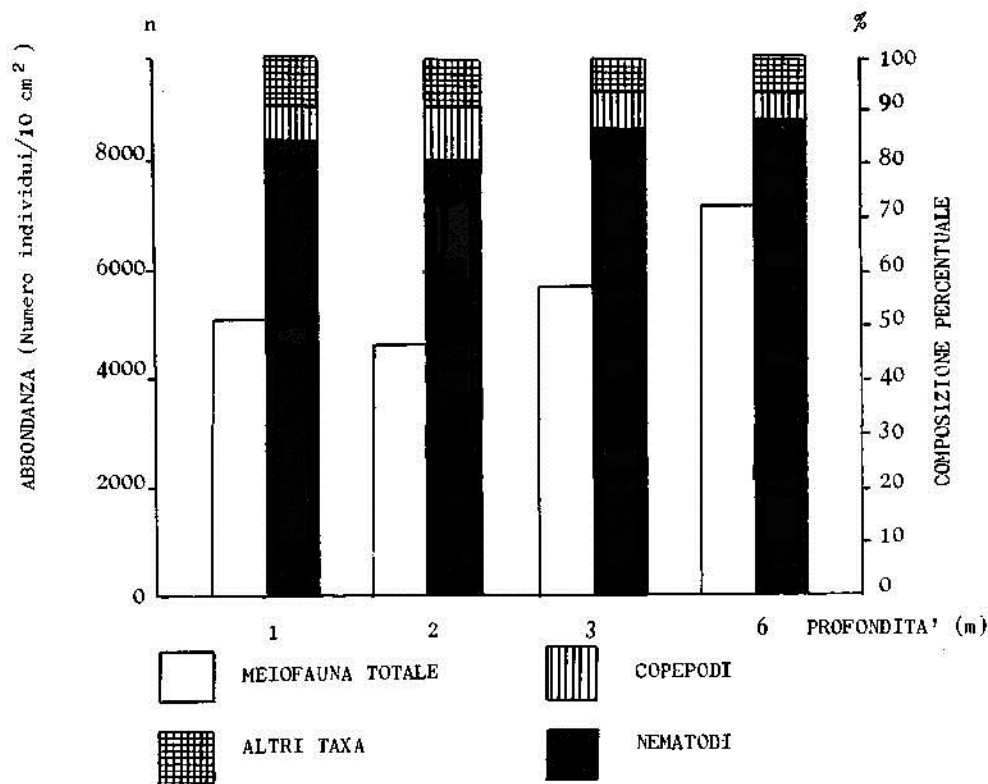


Fig. 2 - Composizione numerica e percentuale del meiobenthos a diverse profondità ad Aultbea Beach nel Luglio '85.

notare un sensibile aumento dell'abbondanza numerica totale con la profondità, pur rimanendo invariati i rapporti relativi percentuali tra i diversi taxa. Si nota, inoltre, come i nematodi siano di gran lunga il gruppo dominante a tutte le profondità investigate (dall'80 all'87% del meiobenthos totale) e come i copepodi arpacticoidi siano costantemente a loro secondi (dal 5 al 9%). I gruppi dei gastrotrichi, tabellari, policheti, tardigradi ed Ostracodi sono stati qui considerati *in toto* sotto la voce «Altri», data la loro scarsa rilevanza ai fini di tale ricerca.

Anche la distribuzione spaziale dei pesci piatti non appariva particolarmente influenzata dalla profondità, non essendo, infatti, registrate differenze quali-quantitative sostanziali tra i gruppi di pesci catturati alle quattro profondità indagate.

Tutte le specie di pleuronettiformi considerate in tale studio (*Psetta maxima*, *Pleuronectes platessa*, *Platichthys flesus* e *Solea vulgaris*), hanno dimostrato di utilizzare copepodi meiobentonici come risorsa alimentare. Nella Tab. 1 sono riportate le frequenze percentuali di presenza di copepodi arpacticoidi nei con-

**Tab. 1** - Percentuali di frequenza di copepodi Arpacticoidi negli stomaci di alcuni pesci piatti.

Specie	F%	Range di taglia dei pesci	
<b>Rombo chiodato</b> ( <i>Psetta maxima</i> )	53 %	da 4 a 9 cm	su 60 individui
<b>Platessa</b> ( <i>Pleuronectes platessa</i> )	36 %	da 3 a 7 cm	su 50 individui
<b>Passera</b> ( <i>Platichthys flesus</i> )	74 %	da 2 a 7 cm	su 60 individui
<b>Sogliola comune</b> ( <i>Solea vulgaris</i> )	49 %	da 3 a 8 cm	su 60 individui

tenuti stomacali dei pesci, il range di lunghezza dei pleuronettiformi ed il numero di esemplari analizzati. Si nota come tali pesci, e soprattutto la passera (*P. flesus*), basino gran parte della loro dieta sugli arpacticoidi. Tale dipendenza risulta evidente anche dal punto vista quantitativo; se, infatti, si osserva la Tab. 2, dove è

**Tab. 2** - Peso umido in percentuale dei copepodi rinvenuti negli stomaci di alcuni pleuronettidi.

Specie	Classe di lunghezza (cm)	Percentuale in peso
<b>Rombo chiodato</b>	da 4 a 6	47 % (15 individui)
	da 7 a 9	35 % (15 individui)
<b>Platessa</b>	da 3 a 5	51 % (15 individui)
	da 6 a 7	30 % (10 individui)
<b>Passera</b>	da 2 a 5	91 % (15 individui)
	da 6 a 7	59 % (10 individui)
<b>Sogliola</b>	da 3 a 5	54 % (15 individui)
	da 6 a 8	11 % (15 individui)

stato riportato il peso umido in percentuale dei copepodi rinvenuti negli stomaci dei pesci in funzione della taglia degli stessi, si può notare che, per esempio, in una passera di lunghezza variabile tra i 2 e 5 cm, in media il 91% in peso del suo contenuto stomacale è rappresentato da copepodi meiobentonici. Una situazione simile si verifica nelle altre tre specie considerate, sebbene non nella stessa misura.

Nella Fig. 3 sono riportate le frequenze percentuali di presenza dei copepodi negli stomaci dei giovani pesci, questa volta in funzione di ciascuna classe di lunghezza (L.S.) degli stessi. Da tale grafico risulta ancor più marcatamente l'importanza di questi crostacei per i pesci di più piccola taglia. Si osserva, invece, una netta e continua diminuzione della frequenza dei copepodi con l'aumentare della taglia del pesce. Tale decremento può essere più o meno gra-

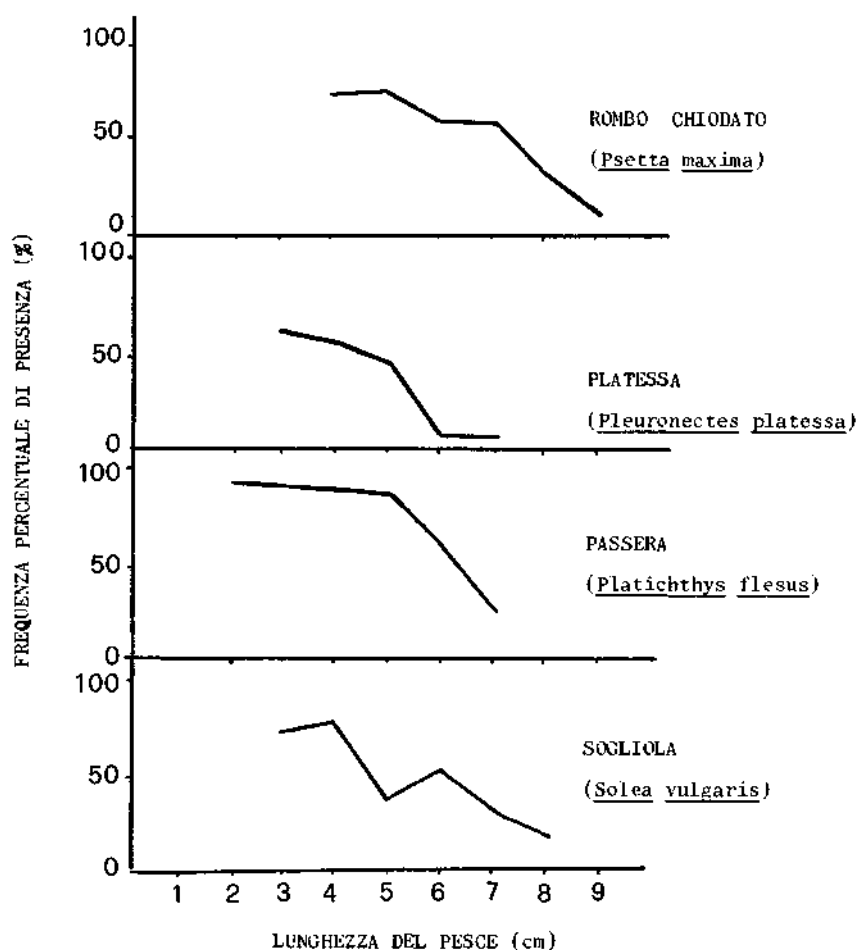


Fig. 3 - Percentuali di frequenza di copepodi negli stomaci di alcuni pesci piatti di diversa classe di lunghezza (L.S.).

duale, come nel caso del rombo (*P. maxima*) oppure più repentino, come per la dieta della passera (*P. flesus*) dove da una presenza di copepodi pari al 90% per le taglie tra i 2 ed i 5 cm si passa ad un 25% per taglie di 7 cm. In questo cambiamento del regime alimentare i copepodi vengono rimpiazzati da altri invertebrati bentonici come anfipodi, policheti, piccoli molluschi ed Ostracodi.

Nella Tab. 3 è stato riportato l'elenco delle specie di arpacticoidi rinvenuti ad Aultbea Beach, la loro abbondanza, distribuzione alle varie profondità e la

Tab. 3 - Elenco delle specie di copepodi Arpacticoidi ad Aultbea Beach nel luglio '85, loro abbondanza, distribuzione a varie profondità e frequenza percentuale di presenza negli stomaci delle passere (*Platichthys flesus*).

Specie	N. individui per 10 cm <sup>2</sup>	Profondità (m)				Frequenza (%) nello stomaco di passere
		1	2	3	6	
<b>MESOBENTICHE:</b>						
<i>Paraleptastacus espinulatus</i>	210	x	x	x	x	6 %
<i>Leptopsyllus paratypicus</i>	17	x	x			8 %
<i>Arenosetella tenuissima</i>	49	x				5 %
<i>Hastigerella palpilabra</i>	5	x	x		x	-
Copepoditi	6	x	x			-
<b>EPI- ED ENDOBENTICHE:</b>						
<i>Rhizothrix minuta</i>	20	x	x	x	x	68%
<i>Parathalestris intermedia</i>	18	x	x	x	x	74%
<i>Asellopsis intermedia</i>	14	x	x	x	x	89%
<i>Halectinosoma herdmani</i>	6	x	x	x	x	41%
<i>Halectinosoma sarsi</i>	2		x	x		23%
<i>Pseudobradia acuta</i>	7		x	x	x	35%
<i>Canuella perplexa</i>	10	x	x	x	x	72%
<i>Typhlamphiascus typhlops</i>	2			x	x	11%
<i>Tisbe</i> sp.	4		x			-

frequenza percentuale di ogni singola specie nello stomaco delle passere. Si osserva, innanzitutto, che le specie mesobentiche (interstiziali *sensu strido*), pur rappresentando la componente più abbondante del popolamento a copepodi (77%), compaiono con trascurabili frequenze percentuali nella dieta delle passere; si pensi che *P. espinulatus* pur avendo una densità media di 210 individui/10 cm<sup>2</sup>, è presente, e con pochissimi individui, solo nel 6% delle passere esaminate. Al contrario, quelle specie di copepodi la cui esistenza è limitata allo spessore di pochi millimetri di sedimento (endobentiche) o addirittura alla sua

superficie (epibentiche) risultano essere quelle più pesantemente predate dai giovani pesci, nonostante la minore abbondanza numerica; ad esempio, il Copepode endobentico *A. intermedia*, rappresentato da una media di 14 ind./10 cm<sup>2</sup>, è stato rinvenuto nell'89% degli stomaci di passera controllati.

## Discussione

È evidente che i copepodi Arpacticoidi, pur non rappresentando il taxon meiobentonico dominante, sono da ritenersi una risorsa di cibo essenziale per le forme giovanili di pesci piatti qui considerate. Si potrebbe pensare che la elevata presenza di copepodi nello stomaco di tali pesci possa essere dovuta solo ad una più lenta digestione del loro carapace. Questa ipotesi sembra però doversi scartare poiché, per esempio, i nematodi, abbondantissimi nei sedimenti, pur possedendo un esoscheletro chitinoso, poco digeribile, non sono apparsi mai numericamente importanti negli stomaci dei pesci.

Abbiamo già sottolineato che la componente non interstiziale del popolamento a copepodi rappresentava la risorsa di cibo più utilizzata dai pesci piatti. La ragione di tale selettività alimentare prima verso i copepodi in generale e poi verso le forme epi-endobentiche, può forse essere spiegata con il particolare comportamento trofico dei pleuronettiformi; essi infatti, «setacciano» solo i primi millimetri di sedimento in cerca di prede, e selezionano così il cibo essenzialmente dagli strati più superficiali, catturando cioè in massima parte organismi epi- ed endobentici. Le forme interstiziali che, al contrario, si spingono fino a diversi centimetri di profondità all'interno del sedimento, specialmente se sabbioso, come nel nostro caso, sfuggono in tal modo alla predazione.

Alcuni autori ritengono che il meiobenthos costituisca una catena alimentare «chiusa», cioè che interagisca solo all'interno delle sue stesse componenti (MCINTYRE & MURISON, 1973; HEIP & SMOL, 1975); d'altro canto una numerosa serie di studi già citati, hanno messo in evidenza l'importanza dei copepodi meiobentonici come alimento di giovani pesci. I risultati di tali studi dimostrano come gli Arpacticoidi siano parte essenziale di una catena alimentare certamente non limitata al meiobenthos. È infatti evidente che gli avannotti dei pleuronettidi considerati nel presente studio, dipendono in gran parte dagli Arpacticoidi, almeno fino ad una lunghezza di 6-7 cm, dopodiché le loro esigenze alimentari cambiano a favore di una dieta a base di prede di maggior taglia.

È, inoltre, opinione comune che il meiobenthos rappresenti una risorsa alimentare, maggiormente in ambienti fangosi che in quelli sabbiosi (COULL & BELL, 1979). In substrati fangosi la maggior parte della meiofauna è concentrata negli strati più superficiali del sedimento, ed è più accessibile ai predatori; mentre in ambienti sabbiosi, a causa della maggior disponibilità di spazi interstiziali, gli organismi della meiofauna tendono a spingersi più in profondità diventando, perciò, più difficilmente predabili ed assumendo, invece, impor-

tanza come rigeneratori di nutrienti. Queste ipotesi, pur mantenendo una loro validità generale, necessitano comunque di ulteriori osservazioni in campo. D'altra parte studi recenti (BELL & COEN, 1982; HICKS & COULL, 1983) consigliano di rivedere tale opinione; va infatti notato che, nel caso del presente studio, pur essendo Aultbea Beach composta da sabbie medio-fini, i fenomeni di predazione sul meiobenthos risultano particolarmente rilevanti.

Restano comunque irrisolti alcuni quesiti di carattere quantitativo: per esempio, quanto rappresentano energeticamente i copepodi per i pesci piatti, quanto il fenomeno della predazione influisce sulla struttura della comunità meiobentonica ed in particolare sulla dinamica di popolazione dei copepodi, ed infine quanta biomassa viene trasferita nelle reti trofiche attraverso tale meccanismo di predazione.

## Summary

*The importance of meiobenthos as food source for higher trophic levels is often controversial. This disparity of opinions might be due to the scarcity of studies dealing with this ecological aspect of meiobenthos.*

*The aim of the present study was to evaluate the possible role of meiobenthos in the diet of some juvenile forms of flatfish caught in a bay of a Scottish Loch, known to be a flatfish nursery area.*

*Stomach content analysis of several specimens of young flatfish revealed that a very important food source during this delicate stage of their life cycle is meiobenthic copepods, mostly of the epibenthic and endobenthic type. The diet of the youngest fish, that after metamorphosis begin their benthic existence, is based almost exclusively on these crustaceans.*

*Furthermore, the frequency of copepod occurrence in the stomach content of the four species of flatfish considered here, clearly decreases with increasing predator size, showing a rather gradual diet switch to other types of food items (Polychaetes, small amphipods, molluscs). It may be postulated that the feeding selectivity for non-interstitial copepods is due to the particular feeding behaviour shown by the young flatfish. In fact, they select food only from the upper sediment layers, so as to retain almost exclusively epibenthic organisms.*

*In conclusion, a very important component of meiobenthos, the harpacticoid copepods, plays a fundamental role in the benthic food chain by supporting the energy flow to higher trophic levels.*

## Bibliografia

ALHEIT J., SCHEIBEL W. (1982) - Benthic harpacticoids as a food source for fish. *Mar. Biol.*, 70: 141-147.

BELL S.S., COEN L.D. (1982) - Investigations on epibenthic meiofauna, 1. Abundance on and repopulations of the tubecaps of *Diopatra cuprea* (Polychaeta: Onuphidae) in a subtropical system. *Mar. Biol.*, 67: 303-309.

BODIOL J.Y., VILLIERS L. (1979) - La predation de la meiofaune par les formes juveniles de *Deltentosteus quadrimaculatus* (Teleostei, Gobiidae). *Vie Milieu*, 28-29: 143-156.

BRABER L., DE GROOT S.J. (1973) - The food of five flatfish species (Pleuronectiformes) in the southern North Sea. *Neth. J. Sea Res.*, 6: 163-172.

COULL B.C., BELL S.S. (1979) - Perspectives of marine meiofaunal ecology. In: *Ecological processes in coastal and marine systems*, R.J. Livingston (ed.), Plenum Publ., New York: 189-216.

DETHIER M.N. (1980) - Tidepools as refuges: predation and limits of the harpacticoid copepod *Tigriopus californicus* (Baker). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 42: 99-111.

ELMGREN R. (1976) - Baltic benthos communities and the role of meiofauna. *Contr. Asko Lab.*, 14: 1-31.

FITZHUGH G.R., FLEEGER J.W. (1985) - Goby (Pisces: Gobiidae) interaction with meiofauna and small macrofauna. *Bull. Mar. Sci.*, 36: 436-444.

GERLACH S.A. (1978) - Food chain relationships in subtidal silty sand marine sediments and the role of meiofauna in stimulating bacterial productivity. *Oecologia*, 33: 55-69.

HEIP C., SMOL N. (1975) - On the importance of *Protohydra leuckarti* as a predator of meiobenthic populations. In: *Proceedings of the 10th European Symp. Mar. Biol.*, G. Personne e E. Jaspers (eds). Wettern: Universa Press, 285-296.

HICKS G.R.F. (1985) - Biomass and production estimates for an estuarine meiobenthic copepod, with an instantaneous assessment of exploitation by flatfish predators. *New Zealand J. Ecol.*, 8: 125-127.

HICKS G.R.F., COULL B.C. (1983) - The ecology of marine meiobenthic harpacticoid copepods. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 21: 67-175.

HOLME N.A., MCINTYRE A.D. (1984) - *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scient. Publ., 16, Oxford, 1-387.

KACZINSKI V.W., FELLER R.J., CLAYTON J., GERKE R.J. (1973) - Trophic analysis of juvenile pink and chum salmon *Oncorhynchus gorbuscha* and *O. keta* in Puget Sound. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 30: 1003-1008.

LIVINGSTON R.J. (1982) - Trophic organization of fishes in a coastal seagrass system. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 7: 1-12.

- MACCAGNANI R., CARRIERI A., FRANZOI P., ROSSI R. (1985) - Osservazioni sulla struttura di popolazione ed il ruolo trofico di tre specie di Gobidi (*Knipowitschia panizzae*, *Pomatoschistus marmoratus* e *P. Canestrinii*) in un ambiente del delta del Po. *Nova Thalassia*, 7: 373-378.
- MACER CT. (1967) - The food web in Red Wharf Bay (North Wales) with particular reference to young plaice (*Pleuronectes platessa*). *Helgolander wiss. Meeresunters.*, 15: 560-573.
- MARINELLI R.L., COULL B.C. (1987) - Structural complexity and juvenile fish predation on meiobenthos: an experimental approach. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **108**: 67-81.
- MCINTYRE A.D. (1969) - Ecology of marine meiobenthos. *Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.*, 44: 245-290.
- MCINTYRE A.D., MURISON D.J. (1973) - The meiofauna of a flatfish nursery ground. *J. mar. Biol. Ass. U.K.*, 53: 93-118.
- SANDULLI R. (1985) - Preliminary report of a laboratory experiment on the effects of organic pollution on meiofauna. *Nova Thalassia*, 7: 251-256.
- SIBERT J.R. (1979) - Detritus and juvenile salmon production in the Nanaimo estuary: II - Meiofauna available as food to juvenile chum salmon (*O. keta*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 34: 497-503.
- SMITH L.D., COULL B.C. (1987) - Juvenile spot (Pisces) and grass shrimp predation on meiobenthos in muddy and sandy substrata. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **105**: 123-136.
- SOGARD S.M. (1984) - Utilization of meiofauna as a food source by a grassbed fish, the spotted dragonet *Callionymus pauciradiatus*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 17: 183-191.
- TITO DE MORAIS L., BODIQUO J.Y. (1984) - Predation on meiofauna by juvenile fish in a western mediterranean flatfish nursery ground. *Marine Biology*, 82: 209-215.
- UHLIG G., THIEL H., GRAY J.S. (1973) - The quantitative separation of meiofauna. A comparison of methods. *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, 25: 173-195.



M. SCARDI

BIOSERVICE SOC. Coop. a r.l., Vico S. Domenico 9, 80134 Napoli (Italia)

## EFFETTI DELLA CASUALITÀ DEL CAMPIONAMENTO NELL'ANALISI STRUTTURALE DELLE COMUNITÀ BENTONICHE

### Abstract

Effects of random sampling on the structural analysis of benthic communities

*The random selection of sampling stands without replicates along an environmental gradient is a very common approach in benthic ecology. A major drawback of this sampling design is the lack of information about the spatial structure of the collected species, whose patchy distributions may bias the numerical analyses. To assess to what extent the results of multidimensional scaling techniques are affected by this source of error, a density analysis based on simulated re-sampling is proposed and an example of its application is provided.*

**Key-words:** Benthic community, spatial distribution, sampling strategy, multidimensional scaling.

### Introduzione

La variabilità spaziale dei rilevamenti puntiformi, malgrado la notevole quantità di studi teorici di cui è stata oggetto, è un problema generalmente trascurato nel corso della pianificazione degli studi ecologici, in particolare laddove questi siano organizzati su uno o più transetti. In questi casi si cerca di leggere l'effetto di un gradiente mono- o multidimensionale sulle comunità bentoniche analizzando le modificazioni che esso induce (o che si ritiene esso induca) sulla struttura delle stesse ed è evidente che l'aleatorietà del campionamento in ciascuna delle stazioni considerate può causare distorsioni più o meno significative dei risultati delle analisi, in particolare se queste trattano gli aspetti quantitativi del problema.

Se, infatti, l'area o il volume minimo adeguati allo studio di una data comunità possono essere stimati in maniera più o meno soddisfacente per quanto riguarda le strutture qualitative (es.: saturazione della curva area-specie),

almeno per una determinata scala di osservazione, altrettanto non è verificato per quanto concerne le valutazioni quantitative globali o sulle singole specie. Ne consegue che alcune fra queste ultime, cioè quelle con dispersione casuale nello spazio, saranno meglio rappresentate nei campioni di quanto non lo siano altre ed in particolare di quelle che tendono a formare aggregati: in altre parole, se si ricampionasse nelle stesse stazioni, l'immagine del cenocline derivata mediante una qualsiasi tecnica di analisi numerica o soggettiva risulterebbe modificata in misura più o meno determinante, specie in funzione dell'importanza relativa delle variazioni quantitative rispetto a quelle qualitative nei campioni.

Nel caso di gradienti assai pronunciati, cioè, la sostituzione delle specie lungo il transetto in esame costituisce un fenomeno di gran lunga più importante dei riarrangiamenti nei rapporti di dominanza. Questi ultimi, d'altra parte, sono la chiave di lettura di cenoclini meno marcati e sono più gravemente influenzati dai problemi cui si è accennato.

Al fine di valutare quale sia la robustezza di un insieme di dati rispetto a questa fonte di errore, si propone in questa sede una procedura basata sulla generazione e sull'analisi di nuovi campioni simulati sulla base dei dati originali e di ipotesi di carattere generale sulla struttura spaziale delle popolazioni campionate. Tal procedura viene inoltre illustrata mediante un esempio pratico.

Questo studio si propone, infine, di gettare le basi per un sempre più ampio uso delle tecniche di simulazione e di «gauging» (FIELD *et al.*, 1987) nel campo dell'analisi strutturale delle comunità.

## Materiali e metodi

La procedura proposta è stata applicata, a titolo di esempio, sui dati riportati in uno studio sulla taxocenosi a Policheti del Porto d'Ischia di FRESI *et al.*, (1983), limitatamente al solo livello superficiale, cioè immediatamente al di sotto dello «zero biologico» (BOUDOURESQUE & CINELLI, 1977).

Le stazioni considerate sono cinque, disposte dall'esterno all'interno del bacino portuale, lungo un gradiente essenzialmente idrodinamico. Nei campioni, prelevati mediante grattaggio di un quadrato di 20 cm di lato su substrati duri aventi tutti la medesima esposizione a sud, sono state identificate in totale 44 specie.

La matrice dei dati di abbondanza delle 44 specie nei 5 campioni considerati è stata sottoposta ad un'Analisi Fattoriale delle Corrispondenze (BENZECRI, 1973).

Al fine di valutare la stabilità dei risultati ottenuti rispetto ad una nuova ipotetica realizzazione del piano di campionamento sono state simulate 200 nuove matrici di dati sulla base di ciascuna delle tre seguenti ipotesi di dispersione spaziale degli organismi: a) dispersione casuale di tutte le specie alla scala di osservazione considerata; b) tendenza alla dispersione casuale di alcune specie e tendenza all'aggregazione di altre; c) come al punto b) ma con una tendenza all'aggregazione più marcata.

In pratica sono state generate casualmente nuove serie di dati utilizzando delle distribuzioni di Poisson nel caso a) e delle distribuzioni binomiali negative nei casi b) e c). Il valore medio per tutte le distribuzioni teoriche è stato assunto pari al valore di abbondanza realmente osservato. Nel caso delle distribuzioni binomiali negative il parametro  $k$  è stato fatto variare casualmente, per ogni serie di dati simulati e per ogni specie, fra 1 e 10 nel caso b) e fra 1 e 5 nel caso c). È opportuno ricordare, a questo proposito, che tale parametro tende a zero quando la dispersione è aggregata e tende all'infinito quando la dispersione è casuale.

I point-patterns rappresentati in Fig. 1 mostrano a quale tipo di dispersione spaziale corrispondono i limiti dell'intervallo all'interno del quale sono stati estratti i parametri delle distribuzioni teoriche utilizzate per i campioni simulati. Le aree riprodotte esemplificano una serie di possibili realizzazioni della simulazione per una specie la cui abbondanza osservata sia di 6 individui per quadrato di 20 cm di lato ( $150 \text{ ind/m}^2$ , all'incirca la densità media delle 44 specie utilizzate) e corrispondono a superfici di 1 m di lato, all'interno delle quali sono evidenziati dei quadrati campione contigui.

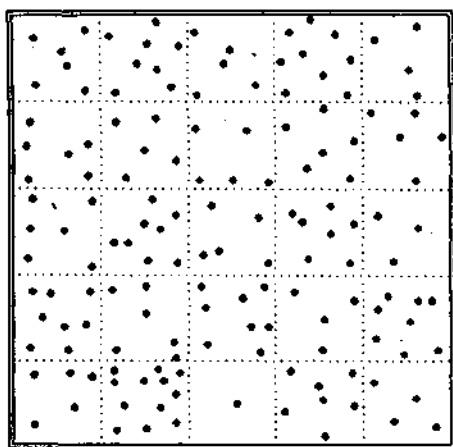
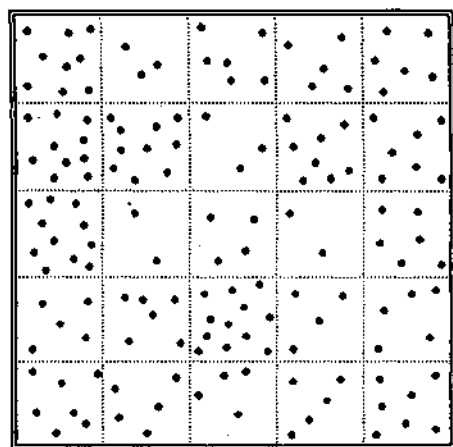
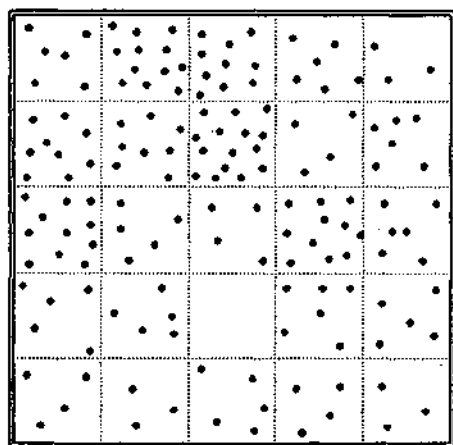
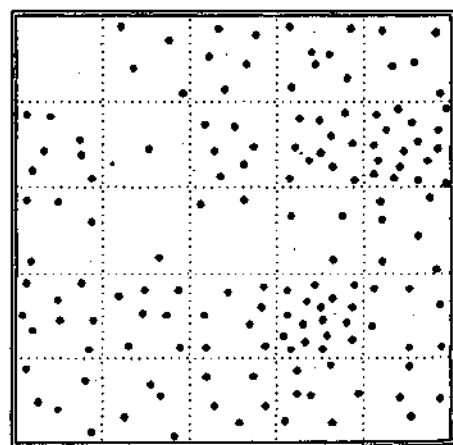
Le matrici dei dati relativi ai ricampionamenti simulati sono state sottoposte ad AFC e sono stati esaminati i modelli di ordinamento ottenuti nel piano definito dai primi due assi fattoriali. Non sono stati presi in considerazione i modelli di ordinamento relativi a serie di dati che non fornivano almeno due assi significativi.

Il test di significatività impiegato è quello proposto da FRONTIER (1974), basato sul confronto fra la percentuale di varianza spiegata da ciascun asse fattoriale e quella attesa sulla base del modello di MacArthur (o «broken stick»).

Per ciascuna ipotesi di generazione dei nuovi insiemi di dati è stata quindi realizzata una rappresentazione simultanea di tutti i modelli di ordinamento delle stazioni.

Tale rappresentazione, ottenuta per semplice giustapposizione dei modelli di ordinamento, ha natura prettamente euristica a causa del fatto che ciascuno spazio fattoriale ha proprietà differenti, sia pure in misura alquanto modesta, rispetto agli altri. Il suo uso è stato tuttavia preferito, in questa sede, a tecniche più sofisticate (es: analisi di Procruste), poiché ciò che si intende evidenziare è il grado di potenziale variabilità del pattern rilevato in sede di esame dei risultati nel suo insieme, piuttosto che il grado di stabilità intrinseco dei risultati stessi. Per maggiore chiarezza, inoltre, i modelli di ordinamento che presentano pattern particolarmente interessanti e/o difforni da quello originale sono stati rappresentati isolatamente.

La medesima procedura è stata ovviamente estesa ai punti-specie, ma tali risultati non sono illustrati in questa sede per motivi di spazio.

Distribuzione di Poisson ( $\mu=6$ ) $m=6.04$   $s^2=4.957$ Distr. binomiale negativa ( $\mu=6$ ,  $k=10$ ) $m=6.08$   $s^2=7.327$ Distr. binomiale negativa ( $\mu=6$ ,  $k=5$ ) $m=6.00$   $s^2=11.607$ Distr. binomiale negativa ( $\mu=6$ ,  $k=1$ ) $m=5.96$   $s^2=16.957$ 

**Fig. 1** - Strutture spaziali utilizzate come limiti della procedura di generazione di campioni simulati: dispersione casuale (distribuzione di Poisson) e dispersione contagiosa (distribuzione binomiale negativa con  $k = 1$ ,  $k = 5$  e  $k = 10$ ) per una specie con densità media di 150 ind/m<sup>2</sup>. Le aree rappresentate corrispondono a quadrati di 1 m di lato.

## Risultati

L'analisi delle repliche dei campioni simulate sulla base di distribuzioni di Poisson, cioè di un'ipotesi di dispersione casuale di tutte le specie osservate, ha evidenziato una notevole stabilità dei patterns dei punti-stazione (Fig. 2). È evidente, infatti, come i punti corrispondenti alle varie stazioni formino degli insiemi ben definiti, che sono ovviamente centrati sui punti-stazione originali. La maggiore dispersione dei punti-stazione omologhi che si osserva per la stazione 1 è proporzionale alla distanza di questi dall'origine degli assi ed è da attribuirsi alla natura stessa della tecnica di ordinamento utilizzata.

L'analisi delle repliche dei campioni originali simulate sotto l'ipotesi di dispersione contagiosa meno marcata ( $1 < k < 10$ ) ha prodotto i modelli di ordinamento che sono stati sovrapposti in Fig. 3. Si nota immediatamente come le nubi di punti-stazione appaiano meno compatte rispetto al caso precedente. In particolare, i punti relativi alle stazioni 3, 4 e 5 non sono più completamente sovrapposti. Si noti, inoltre, come nello spazio del primo asse fattoriale la posizione dei punti-stazione 2 si estenda fino a raggiungere da una parte la stazione 1 e dall'altra la stazione 3.

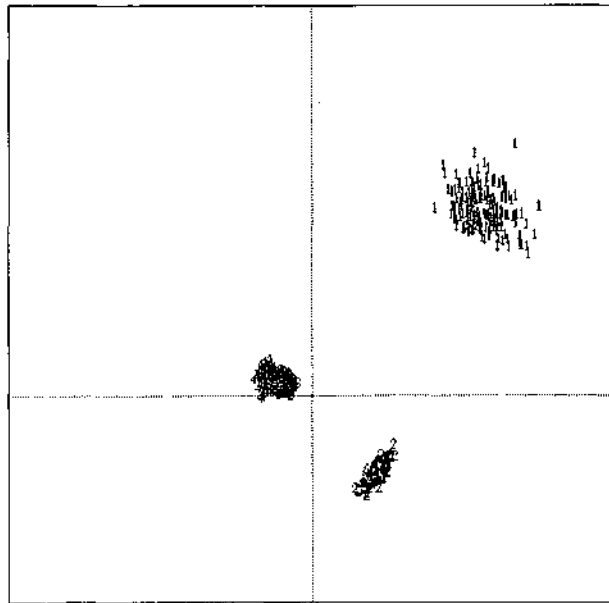
La stessa rappresentazione, ma per le repliche simulate con una maggiore tendenza all'aggregazione ( $1 < k < 5$ ), è mostrata in Fig. 4. La tendenza ad una crescente instabilità degli ordinamenti, ancor più evidente in questo caso, può essere meglio evidenziata dall'analisi di dettaglio di alcuni di questi, riportata in Fig. 5.

Si noti come gli ordinamenti B, C e D esprimano strutture decisamente difformi da quella dell'ordinamento A, relativo al set di dati originale. Nel caso B la stazione 1 appare opposta assai nettamente alle altre, che sono ordinate lungo il secondo asse; nel caso C questa opposizione è meno netta, ma si osserva una maggiore somiglianza della stazione 5 alla stazione 2; nel caso D, infine, si sovrappongono la stazione 1 e la 2 da una parte e la 3 e la 5 dell'altra, queste ultime separate dalla stazione 4 nello spazio del secondo asse.

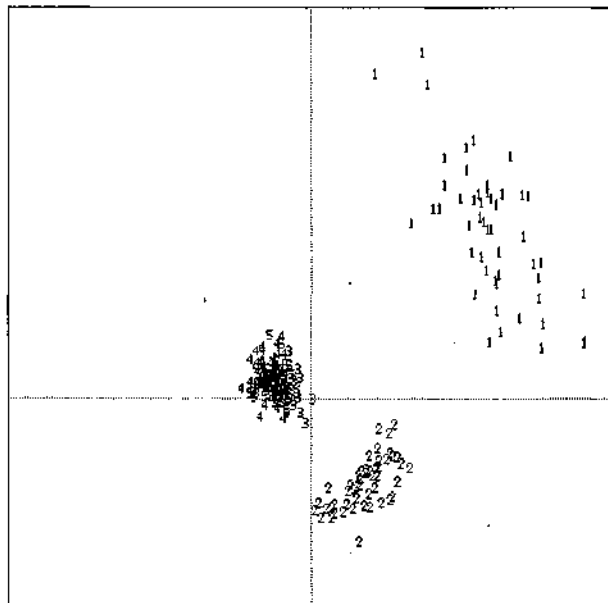
## Discussione e conclusioni

L'insieme di dati su cui è stata effettuata la procedura di simulazione del ricampionamento ha la struttura tipica di un cenocline ben marcato, cioè caratterizzato da una elevata diversità  $\beta$ . Ciò fa sì che l'immagine dello stesso che viene restituita dalle tecniche di scaling multidimensionale, ed in particolare da quella impiegata (AFC), sia assai chiara: si evidenzia, infatti, un polo «esterno» rappresentato dalla stazione 1 e che si oppone nettamente all'insieme delle stazioni «interne» di moda ipercalma, assai simili fra loro, mentre la stazione 2 si colloca in una posizione intermedia.

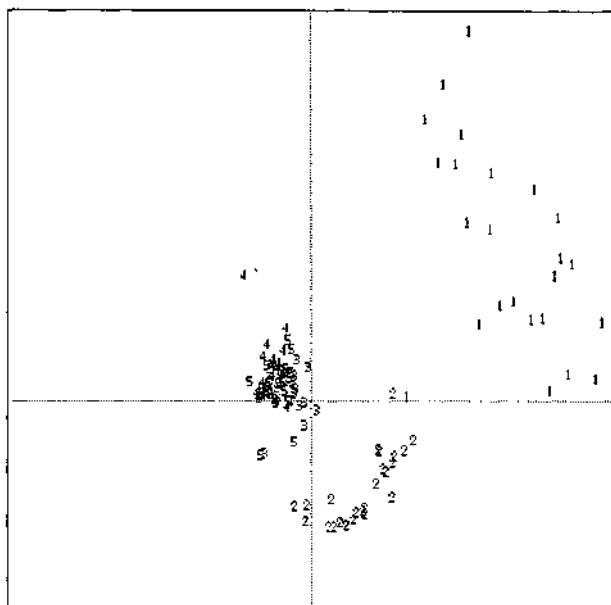
Questa lettura dei risultati è confermata appieno dall'analisi delle repliche simulate sotto l'ipotesi di dispersione casuale di tutte le specie osservate. Ciò



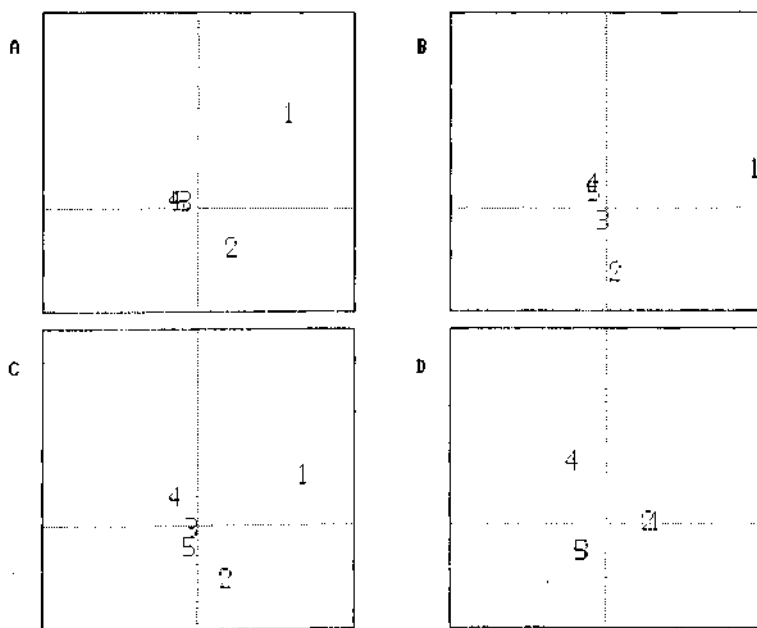
**Fig. 2** - Modelli di ordinamento sovrapposti dei punti-stazione delle Analisi Fattoriali delle Corrispondenze effettuate sui campioni simulati mediante una distribuzione di Poisson (dispersione casuale).



**Fig. 3** - Modelli di ordinamento sovrapposti dei punti-stazione delle Analisi Fattoriali delle Corrispondenze effettuate sui campioni simulati mediante una distribuzione binomiale negativa con  $1 < k < 10$  (dispersione contagiosa).



**Fig. 4** - Modelli di ordinamento sovrapposti dei punti stazione delle Analisi Fattoriali delle Corrispondenze effettuate sui campioni simulati mediante una distribuzione binomiale negativa con  $1 < k < 5$  (dispersione contagiosa).



**Fig. 5** - Analisi Fattoriale delle Corrispondenze: modello di ordinamento originale dei punti-stazione (A) e modelli di ordinamento di campioni simulati mediante una distribuzione binomiale negativa con  $1 < k < 5$  (B, C e D).

appare perfettamente in linea con le attese e conferma la validità della strategia di campionamento adottata sul campo per lo studio di comunità la cui struttura spaziale sia effettivamente di questo tipo.

Il quadro cambia alquanto, però, se si introduce nel modello di generazione delle repliche simulate una certa tendenza all'aggregazione di alcune delle specie (peraltro piuttosto modesta, vedi Fig. 1). Infatti, i modelli di ordinamento ottenuti, pur mantenendosi in linea di massima conformi a quanto descritto, mostrano in alcuni casi delle strutture la cui interpretazione può condurre a conclusioni differenti da quelle precedentemente esposte. Se si considera, ad esempio, il caso D di Fig. 5, si è portati a concludere che il punto di maggiore discontinuità nel gradiente idrodinamico, e quindi nel cenocline osservato, sia collocato fra le stazioni 1 e 2, assai simili fra loro, e le rimanenti; inoltre, il complesso delle stazioni di moda ipercalma sembra mostrare un rimarchevole differenziamento interno, probabilmente attribuibile a fattori diversi dall'idrodinamismo, che si traduce nella separazione lungo il secondo asse della stazione 4 dalle stazioni 3 e 5.

Questo quadro mostrerebbe una variabilità certamente superiore se fosse stato possibile incorporare nella procedura di simulazione delle repliche anche il comportamento delle specie rare, le quali sono state considerate sempre assenti nei campioni simulati se lo erano nell'originale, sottostimando in maniera sensibile il grado di variabilità del sistema.

Come si vede, le conclusioni dell'analisi originale, pur essendo confermate dalla maggioranza delle repliche simulate, potrebbero aver sofferto in qualche misura dell'effetto della casualità del campionamento, effettuato senza repliche reali in un contesto cenotico la cui omogeneità non era dimostrata. È necessario sottolineare, infatti, come non sia sufficiente rispettare dei vincoli generici di area minima per lavorare in condizioni ottimali o almeno sub-ottimali, poiché non è quasi mai possibile affermare che tutte le specie considerate abbiano una dispersione spaziale di tipo casuale. Ciò è dovuto sia al fatto che la stessa specie può mostrare patterns spaziali diversi in funzione, ad esempio, del sito, della densità, del substrato o della stagione, sia al fatto che una specie, pur essendo dispersa in modo casuale, potrebbe essere legata ad una particolare natura del substrato fisico o biotico, la quale, a sua volta, potrebbe non essere presente in maniera casuale nello spazio.

Da quanto fin qui esposto si può concludere che i risultati di un'analisi di comunità bentoniche effettuata sulla base di una serie di campioni non replicati possono non essere univocamente interpretabili. Ciò che si suggerisce, oltre alla possibilità di ottimizzare il piano di campionamento (campionamento pilota, repliche, stratificazione, etc), è l'effettuazione di tests di sensibilità delle tecniche di analisi impiegate a differenti caratteristiche spaziali (o temporali) della variabilità cenotica.

Una procedura di questo tipo, infatti, pur non potendo risolvere *a posteriori* i problemi legati alla mancanza di informazione su alcune componenti del sistema, può senz'altro evidenziare il grado di affidabilità delle analisi effettuate



e consentire di valutare la robustezza delle strutture rilevate, contribuendo in maniera determinante alla formulazione di inferenze corrette sulle caratteristiche del complesso cenotico studiato.

## Summary

The most widely used sampling strategy in coenocline analysis is based on transects. The samples are usually collected without replicates and sampling stands are randomly selected within subjectively or objectively defined transect segments'. A major drawback of this approach is the lack of information about the spatial structure of the sampled populations, which is assumed to be random. As this assumption is seldom true, the results of these studies are often biased.

To assess the degree of reliability of multidimensional scaling ordinations of this kind of data sets, a sensitivity analysis was performed on a subset (5 stands, 44 species) of the *Polychaetes* taxocoenosis data of the Harbour of Ischia (Naples, Italy).

The original data were assumed to be the mean abundances of the frequency distributions that describe the spatial structure of each species.

Both Poisson and negative binomial distributions ( $1 < k < 10$  and  $1 < k < 5$ ) were used to simulate the collection of 200 new data sets, on which Correspondance Analyses were performed.

The ordinations issued by the analyses of the simulated data sets show that the results are consistent with the original ones only when the samples are collected in randomly dispersed populations. In the spatial distributions is moderately patchy the ordinations tend to become more varied and different properties of the coenocline can be inferred.

In conclusion, care should be exercised when interpreting the results of coenocline analyses, especially if quantitative aspects are involved. However, simulated re-sampling seems to be a promising way to assess the degree of variability of these results.

## Bibliografia

BENZECRI J.P. (1973) - *L'analyse des données. II. L'analyse des Correspondances*. Dunod ed., Paris: 632 pp.

BOUDOURESQUE C.F., CINELLI F. (1977) - Le peuplement algal des biotopes sciaphiles superficiels de mode battu en Méditerranée Occidentale. *Pubbl. St. Zool. Napoli*, 40 (2): 443-459.

FIELD J.G., GREEN R.H., de L. ANDRADE F.A., FRESI E., GROS P., McARDLE B.H., SCARDI M., WARTENBERG D. (1987) - Numerical ecology: developments for studying the benthos. *In: Developments in Numerical Ecology*, P. and L. Legendre (eds.), NATO ASI Series, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, G14: 485-494.

FRESI E., COLOGNOLA R., GAMBI M.C., GIANGRANDE A., SCARDI M. (1983) - Ricerche sui popolamenti bentonici di substrato duro del Porto d'Ischia. Infralitorale fotofilo: Policheti. *Cah. Biol. Mar.*, XXIV: 1-19.

FRONTIER S. (1974) - Contribution à la connaissance d'un écosystème néritique tropical; étude descriptive et statistique du peuplement zooplanctonique de la région de Nosy-Bé (Madagascar), *Thèse Doctorat, Univ. Aix-Marseille* : 1-628.

M.B. SCIPIONE

Laboratorio di Ecologia del Benthos, Stazione Zoologica di Napoli,  
80077 Ischia Porto (Na) (Italia)

## COMPORTAMENTO TROFICO DEI CROSTACEI ANFIPODI IN ALCUNI SISTEMI BENTONICI COSTIERI

### Abstract

Trophic behaviour of Amphipods in some benthic systems

*The trophic behaviour of crustacean Amphipods in some coastal benthic systems, the phanerogams *Posidonia oceanica* (L.) Delile and *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers. systems, and in soft bottoms, was studied. Functional analysis, in accordance with structural analysis, revealed that the Amphipod population showed a zonation, probably in relation to such environmental parameters as hydrodynamism and correlated factors (sediment texture, suspended particulate matter, etc.), and to the structure of the host plants, *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa*.*

**Key-words:** Amphipoda, trophic behaviour, soft bottoms, *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*.

### Introduzione

Nell'ambito di un approccio ecosistemico, lo studio dei popolamenti dal punto di vista energetico e funzionale fornisce importanti informazioni per una definizione delle comunità bentoniche (SARÀ, 1983). All'interno di tali comunità i crostacei Anfipodi costituiscono uno dei taxa più rappresentati per ricchezza specifica ed abbondanza, presentando una grande variabilità etologico-funzionale ed andando a ricoprire in tal modo un ampio spettro di condizioni ecologiche. Lo scopo del presente lavoro è soprattutto quello di indagare: - quale sia il ruolo di questo taxon nel funzionamento di alcuni sistemi bentonici, - quanto l'aspetto strutturale sia coerente con quello funzionale e, - quanto gli adattamenti trofici di questi organismi possano essere una risposta al variare di differenti condizioni biotiche e abiotiche. Per questo studio sono state scelte

un'area di fondo mobile, un prato a *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers ed una prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile.

### Materiali e metodi

L'area di fondo mobile presa in considerazione è situata nel golfo di Salerno, dal porto fino alla foce del fiume Sele. I campioni sono stati raccolti con draga Charcot, in 43 stazioni lungo 6 transetti, di cui 5 costa-largo, da -2 a -75 m circa (A-E), ed 1 pressoché parallelo alla costa (F) (Fig. 1). Nella stessa area è

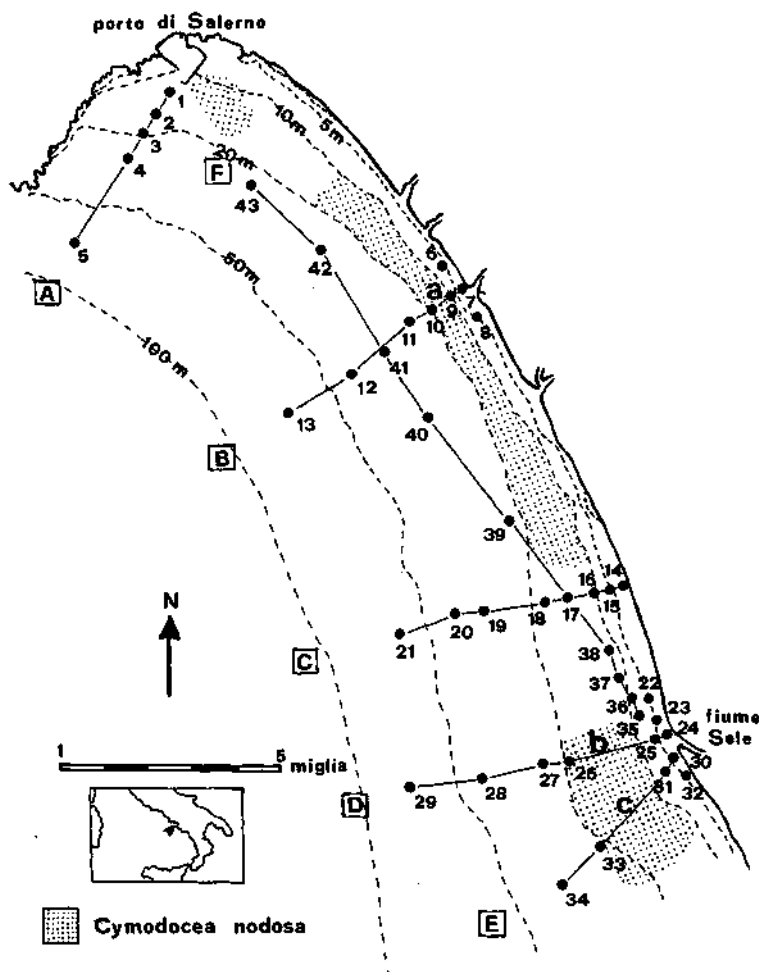


Fig. 1 - Mappa del golfo di Salerno e localizzazione dei transetti (A-F) con le stazioni di campionamento su fondi mobili (1-34) e nel prato a *Cymodocea nodosa* (a-b-c).

stato individuato un prato a *Cymodocea nodosa*, che si estende in modo quasi continuo da -5 a -18 m circa. Sono state scelte 3 stazioni (a: -12 m, circa 260 ciuffi/m<sup>2</sup>; b e c: -16 m, circa 550 ciuffi/m<sup>2</sup>) (Fig. 1), dove si è campionato in immersione con Sorbona, su una superficie di 1 m<sup>2</sup>.

Nella prateria di *Posidonia oceanica*, che si estende da -1 a -33 m circa nella baia di Lacco Ameno d'Ischia (golfo di Napoli), i campioni sono stati prelevati in immersione, con retino manovrato a mano, lungo un transetto di profondità, in 12 stazioni (-1, -2, -3, -4, -6, -8, -10, -12, -15, -19, -25 e -30 m).

Tra le specie rinvenute sono state riconosciute, in base alla letteratura (es.: ENEQUIST, 1950; GREZE, 1968; MILLS, 1967), le categorie trofiche dei: - *Sospensivori* (S) o sestonofagi, che filtrano il particolato in sospensione, convogliato agli gnatopodi e all'apparato boccale dal movimento vorticatorio delle antenne o attraverso la corrente generata dal battito ritmico dei pleopodi; - *Detritivori* (D) o «surface detritus-feeders», che, soprattutto per mezzo delle antenne, rastrellano il detrito sulla superficie del fondo; - *Limivori* (L) o «sub-surface detritus-feeders», che si nutrono di detrito accumulato sotto la superficie (=«buried detritus»); - *Carnivori* (C), predatori o «scavengers»; - *Erbivori* (E) o «grazers», che si nutrono esclusivamente di materiale vegetale, micro- e macroalghe o detrito di fanerogame; - *Onnivori* (O) od opportunisti, che possono essere carnivori, erbivori e/o detritivori.

Dato il sovrapporsi spesso all'interno di una stessa specie di differenti comportamenti alimentari, si sono create le categorie miste dei: - *Detritivori-Sospensivori* (DS) che possono mettere in atto contemporaneamente i due comportamenti alimentari, filtrando il materiale rimesso in sospensione dalle antenne nel momento di raccolta del detrito o, come nel caso di alcune specie del genere *Ampelisca*, optare per uno dei due a seconda della natura del substrato o dell'altezza del loro tubo dal fondo; - *Detritivori-Carnivori* (DQ che comprende alcuni Lysianassidae, soprattutto «scavengers» o predatori, ma che possono diventare occasionalmente detritivori; - *Erbivori-Detritivori* (ED) o fitodetritofagi, rappresentata principalmente da Calliopidae e Dexaminidae che ingeriscono contemporaneamente detrito organico e materiale vegetale. Nell'assegnare le varie specie alle suddette categorie si è operata necessariamente una certa schematizzazione, sia per la mancanza di informazioni su alcune specie, che sono state attribuite ad una categoria di Indeterminati (I), sia spesso per la natura contrastante delle notizie riscontrate in letteratura. In alcuni casi, inoltre, è risultato problematico poter individuare la scelta attuata dalle varie popolazioni al variare di alcune condizioni ambientali.

Sono state riconosciute le categorie etologiche o di microhabitat degli «epifaunal free-living» (efl), «epifaunal domicolous» (ed), «infaunal tube-building» (itb) ed «infaunal free-burrowing» (ifb) (Fig. 2).

Sui dati ottenuti sono state calcolate la ricchezza specifica, l'abbondanza a livello specifico e di gruppo trofico, e le dominanze trofiche quantitative (%). L'analisi funzionale è stata effettuata per mezzo dell'Analisi delle Corrispon-

denze (CA) (LEGENDRE & LEGENDRE, 1984) da matrici di dati, dove le osservazioni erano rappresentate dalle stazioni (o campioni) e le variabili dalle categorie trofiche.

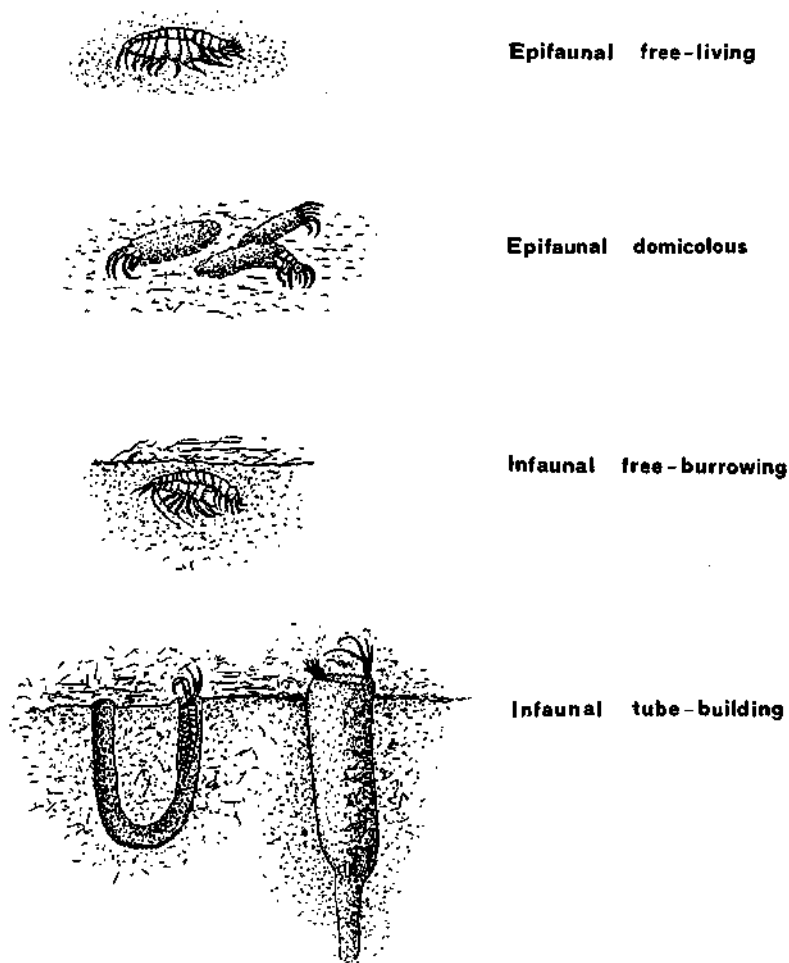


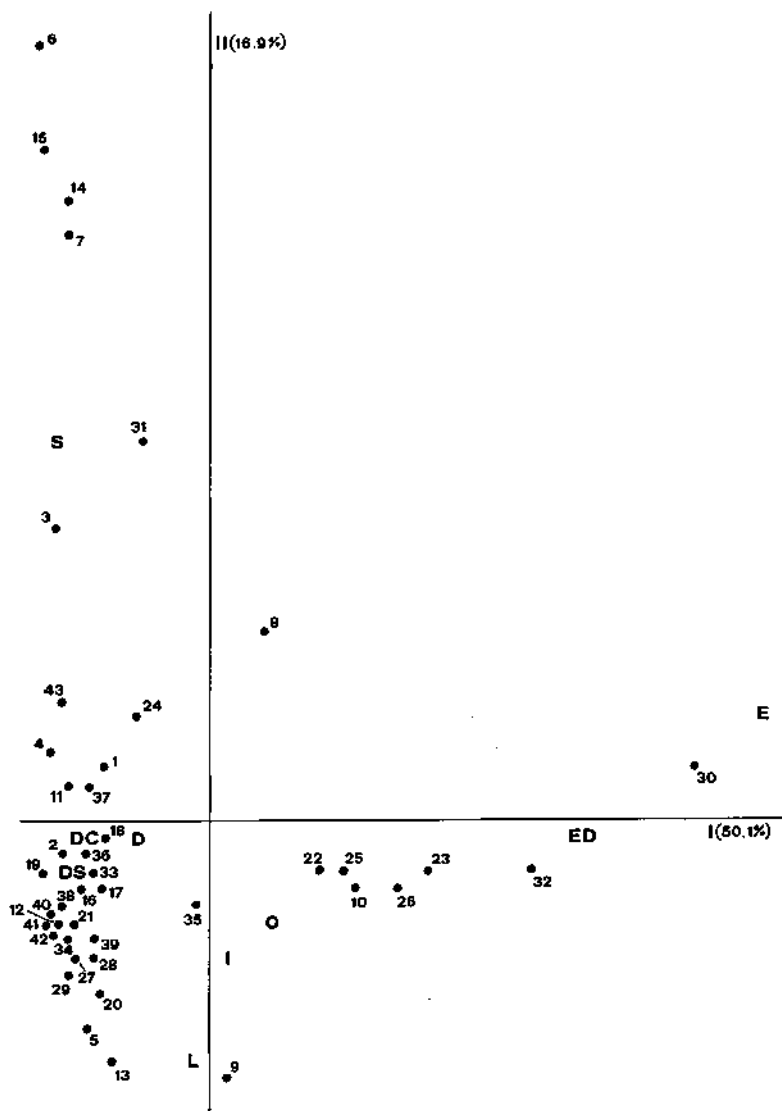
Fig. 2 - Categorie etologiche o di microhabitat (da BIERNBAUM, 1979, modificato).

## Risultati

### *Fondi mobili*

Nei campioni esaminati erano presenti 9893 individui appartenenti a 64 specie, che sono state attribuite alle categorie trofiche S (8,55%), D (20,28%), DS (46,19%), DC (0,24%), L (0,32%), E (3,96%), ED (16,44%), O (3,42%) ed I (0,60%). La categoria «itb» (44,12%) è risultata dominante, seguita da «ifb» (30,83%), «efl» (20,81%), «ed» (3,33%) e dalla categoria mista «efl-ifb» (0,91%).

Il modello relativo all'Analisi delle Corrispondenze assorbe sull'asse I il 50,1% e sull'asse II il 16,9% dell'inerzia totale del sistema (Fig. 3). Lungo l'asse I si dispongono al polo positivo gli E e gli ED, in corrispondenza rispettivamente della st. 30 (-2 m) e, delle stazioni superficiali (22, 23, 25, 32) e profonde (10,26), ai limiti del prato di *Cymodocea*, mentre al polo negativo si collocano i rimanenti gruppi trofici, in prossimità delle altre stazioni. Lungo l'asse II si nota una netta disgiunzione tra le stazioni superficiali (2-5 m), dove sono presenti i S,



**Fig. 3** - *Fondi mobili*. Modello di ordinamento relativo all'Analisi delle Corrispondenze. Stazioni: 1-34. Gruppi trofici: S, D, DS, DC, E, ED, O, L, I.

e le rimanenti che si dispongono in modo coerente con la profondità, verso il polo negativo dell'asse. I L occupano una posizione eccentrica in corrispondenza delle stazioni più profonde mentre i D, DS e DC sono situati tra le stazioni di una fascia batimetrica intermedia (8-29 m).

#### *Cymodocea nodosa*

Le 36 specie identificate, per un totale di 2408 individui, sono state attribuite ai gruppi trofici dei S (9,38%), D (20,93%), DS (31,98%), DC (0,54%), E (0,17%), ED (19,10%), O (14,95%) ed I (2,95%). Tra i gruppi etologici, «ifb» (37,62%) risultano dominanti, seguiti da «efl» (29,24%), «itb» (23,26%), «ed» (9,34%) ed «efl-ifb» (0,54%). Nella st. a sono dominati i DS (44,34%) con *Ampelisca typica* (Bate) e *Corophium runcicorne* Della Valle, i D (20,34%) con *Perioculodes longimanus* (Bate & Westwood), i S (19,74%) con *Urothoe pulchella* (Costa) e gli O (12,70%) con *Synchelidium haplocheles* (Grube), in particolare le forme dell'infaua sia «fb» (51,69%) che «tb» (41,76%), mentre gli ED vanno a costituire una parte trascurabile del popolamento (0,39%) (Fig. 4).

Nelle st. b e c si osserva il forte incremento delle forme ED, che passano a 30,93% e 34,00% rispettivamente, con *Apherusa alacris* Krapp-Schickel e *A. chiereghinii* Giordani-Soika. Rimangono abbastanza alti i valori dei DS (b: 31,09%; c: 16,06%) con *Aora gracilis* (Bate), D (13,02%; 28,65%) ed O (20,06%; 13,52%) con i Caprellidae, in particolare *Phtisica marina* Slabber, mentre subiscono un forte decremento i S (0; 3,61%). Il popolamento si arricchisce di forme dell'epifauna, sia «fl» (51,15%; 46,05%) sia «d» (17,00; 11,38%), che diventano dominanti.

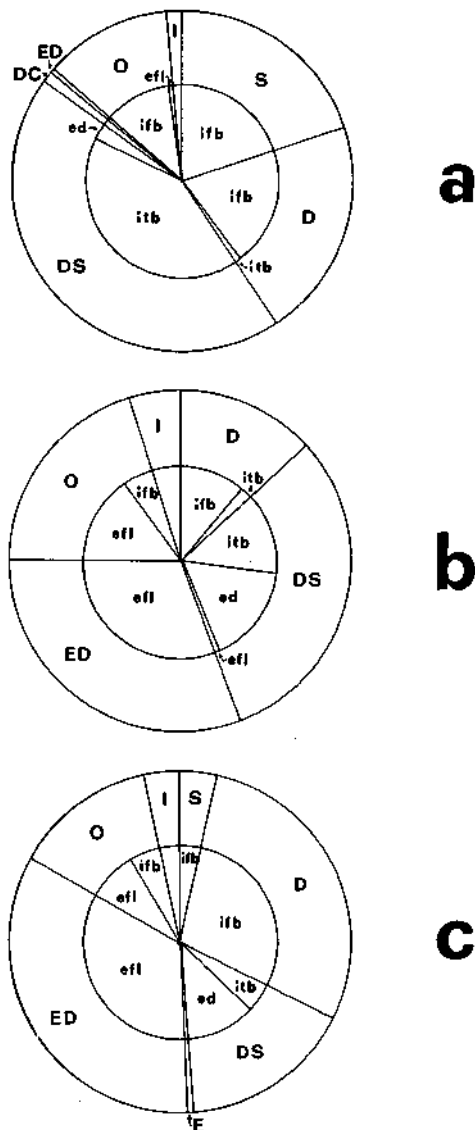
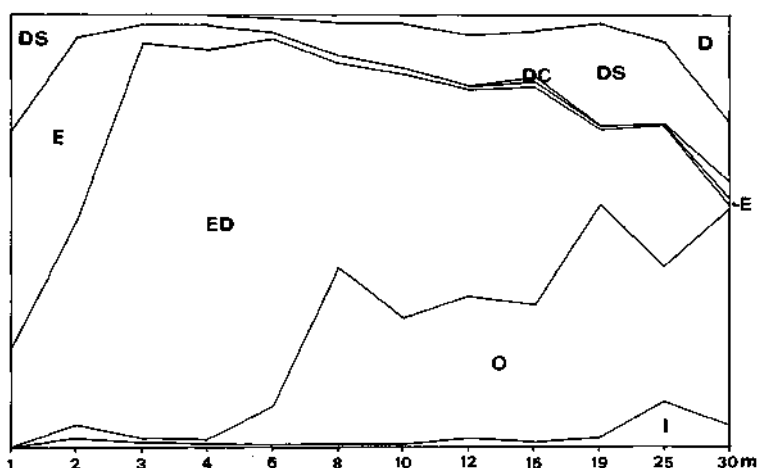


Fig. 4 - *Cymodocea nodosa*. Dominanze quantitative (%) dei gruppi trofici e delle categorie etologiche nelle tre stazioni (a, b, c).



*Posidonia oceanica*

Sono state identificate 49 specie per un totale di 6643 individui. Per l'analisi trofica sono state eliminate le specie presenti una sola volta con 1 individuo (12). Le rimanenti sono state attribuite ai gruppi trofici dei D (1,93%), DS (7,59%), DC (0,15%), E (3,30%), ED (66,99%), O (18,50%) ed I (1,54%). Sono presenti unicamente le forme dell'epifauna, con le «fl» nettamente dominanti (91,12%) rispetto alle «d» (8,88%). Lungo il transetto di profondità, gli E sono dominanti ad 1 m (50,00%), ed a 2 m (41,89%) insieme agli ED (48,71%), che diventano il gruppo trofico più rappresentato tra i 3 m (90,95%) ed i 6 m (85,25%). Dagli 8 m andando in profondità diventa importante la presenza degli O, che raggiungono il massimo a 19 m (54,36%) insieme ai DS (23,23%). A 30 m si nota l'incremento dei D (24,50%) (Fig. 5).

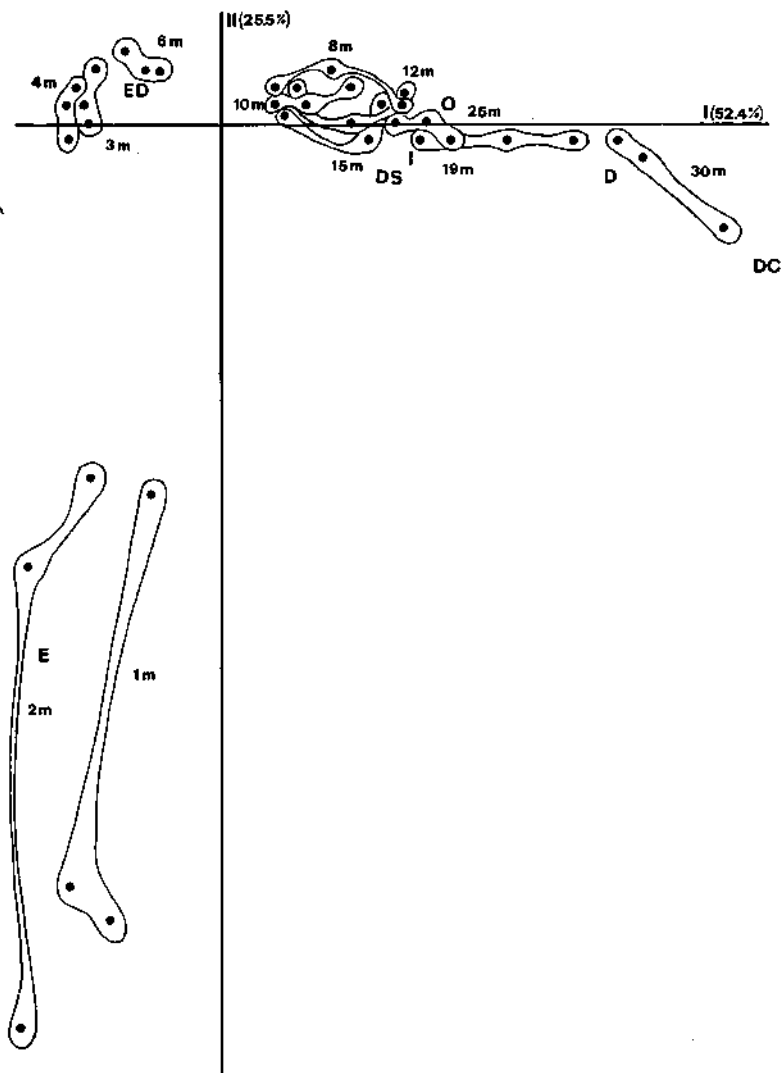


**Fig. 5** - *Posidonia oceanica*. Dominanze quantitative (%) dei gruppi trofici lungo il transetto di profondità (1-30 m).

Il modello relativo all'Analisi delle Corrispondenze assorbe sull'asse I il 52,4% e sull'asse II il 25,5% dell'inerzia totale del sistema (Fig. 6). Lungo l'asse I si evidenzia una discontinuità tra le stazioni di 3,4 e 6 m, dove si collocano gli ED, e le rimanenti che si dispongono in modo coerente con la profondità, con gli O ed i DS in prossimità di 19 e 25 m ed i D ed i DC dei 30 m. Lungo l'asse II si nota la forte disgiunzione tra le stazioni superficiali (1-2 m) al polo negativo, dove si collocano gli E, e le rimanenti.

## Discussione e Conclusioni

Nell'area di fondo mobile si evidenzia come la componente vegetale sia determinante nell'influenzare il differente comportamento alimentare. Il primo



**Fig. 6** - *Posidonia oceanica*. Modello di ordinamento relativo all'Analisi delle Corrispondenze con tre repliche di campionamento: 1m-30m. Gruppi trofici: D, DS, DC, E, ED, O, I.

fattore infatti sembra materializzare la disgiunzione esistente tra le stazioni con popolamenti tipici di substrato mobile e la st. 30 (- 2 m) di fronte al fiume Sele, dove era presente un forte accumulo di detrito vegetale di fanerogame (*Posidonia* e *Cymodocea*), caratterizzata da E (*Gammarus crinicornis* Stock e *G. subtypicus* Stock) ed, in minor misura, tutte quelle stazioni, sia superficiali (4-5 m) sia profonde (16-18 m), situate ai limiti del prato a *Cymodocea nodosa*, caratteriz-

zate da ED (*Apherusa alacris* Krapp-Schickel, *A. chiereghinii* Giordani-Soika, *Atylus massiliensis* Bellan-Santini).

Il secondo fattore sembra invece materializzare il gradiente batimetrico. Lungo tale gradiente è presente una forte discontinuità tra le stazioni costiere, comprese entro la batimetrica dei 5 m, e le altre. In superficie troviamo un popolamento «sabulicolo», di ambiente ad elevata energia idrodinamica, abbastanza monotono e scarsamente strutturato, caratterizzato da S «ifb», come alcune specie del genere *Urothoe* (*U. grimaldii* Chevreux, *U. poseidonis* Reibisch, *U. pulchella* (Costa)). La loro presenza è favorita da un elevato apporto di particolato in sospensione, mentre la natura grossolana del sedimento ed il suo continuo rimaneggiamento impediscono la formazione di tubi, per cui sono assenti le forme «itb». Siamo quindi in presenza di un popolamento soprattutto «fisicamente controllato» (SANDERS, 1968), in particolare dai processi idrodinamici, che a loro volta determinano le caratteristiche dei sedimenti (FRESI *et al.*, 1983; SANDERS, 1958).

Si distingue poi un popolamento che si può definire «misticolo», da 8 a 30 m circa, al quale, attraverso una fascia batimetrica che va dai 30 ai 42 m e che funge da cerniera, si sostituisce un popolamento del largo, oltre i 45 m. Il popolamento «misticolo» è caratterizzato dalla più alta diversità trofico-funzionale, in un sedimento misto sabbio-fangoso che offre una grande varietà di nicchie. Qui si collocano i DC, presenti quasi esclusivamente in quest'area, dove sono dominanti i D ed in particolare i DS, rappresentati principalmente dal genere *Ampelisca*, che con sole 7 specie (*Ampelisca brevicornis* (A. Costa), *A. ruffoi* Bellan-Santini & Kaim-Malka, *A. spinifer* Reid, *A. spinipes* Boeck, *A. tenuicornis* Liljeborg, *A. typica* (Bate), *A. sp.*) va a costituire il 43,18% dell'intero popolamento studiato. Siamo quindi probabilmente in presenza di un popolamento più «biologicamente accomodato» (SANDERS, 1968). In un sedimento più stabile prevalgono le forme dell'infauna, in particolare le «tb» (BIERNBAUM, 1979). Il sedimento deve essere considerato come un indicatore della disponibilità di cibo, sia come contenuto in sostanza organica che di Diatomee bentoniche e Dinoflagellati, di cui molti Anfipodi si nutrono. I D sono quindi presenti dove la superficie del sedimento è più stabile e permette un maggiore insediamento di alghe unicellulari (SANDERS *et al.*, 1962).

Il popolamento del largo, estremamente rarefatto e con la più bassa diversità trofica riscontrata, in un ambiente a bassa energia, è caratterizzato dai L, rappresentati soprattutto dalle specie *Maera schmidtii* Stephensen e *M. sodalis* G. Karaman & Ruffo, e sembra essere controllato prevalentemente da fattori abiotici, come le condizioni idrologiche e sedimentologiche.

Se si confronta tale modello funzionale con quello strutturale, dove le variabili sono rappresentate dalle specie, si ritrova una configurazione molto simile (SCIPIONE, dati non pubblicati). Pertanto siamo in presenza di una medesima zonazione, che dimostra quanto l'adattamento funzionale degli Anfipodi sia coerente con quello strutturale, come già osservato per altri taxa (Policheti: GAMBI & GIANGRANDE, 1985; Molluschi: Russo *et al.*, 1985).

Per quanto riguarda il sistema a *Cymodocea nodosa*, le differenze riscontrate a livello di comportamento trofico e di microhabitat sono da mettere in relazione alla complessità dell'habitat, la disponibilità di cibo e la protezione dai predatori, a loro volta associate alla densità del prato (STONER, 1980). La presenza degli «ifb» o «itb» può essere inibita dal maggiore intreccio di rizomi e radici nel prato a maggiore densità, che d'altronde costituisce un rifugio migliore dai predatori per le forme «efl» ed «ed», che qui diventano dominanti (NELSON, 1979). In particolare gli ED che trovano a livello di strato foliare una buona risorsa di cibo negli epifiti vegetali e nel film di detrito organico tra essi intrappolato.

Nella prateria di *Posidonia oceanica* si può identificare un popolamento superficiale, specializzato per alti livelli di energia ambientale (idrodinamismo) e caratterizzato soprattutto da E dei generi *Hyale* ed *Amphithoe*, legati probabilmente al notevole sviluppo, a questa profondità, di uno strato algale epifita eretto, che costituisce una fonte primaria di cibo (MAZZELLA *et al.*, 1989). Dopo una forte discontinuità, in coincidenza con la prima profondità critica di RIEDL (1971), già evidenziata in fase di analisi strutturale (SCIPIONE & FRESI, 1984), si osserva una zona di transizione, dove, a causa della ridondanza degli ED, *Aphe-rusa chierghinii* Giordani-Soika, *Dexamine spinosa* (Montagu), sono presenti i più bassi valori di diversità sia specifica che trofica. A questa profondità un idrodinamismo non «dirompente» (RIEDL, 1971), che consente una maggiore deposizione di detrito organico sulle foglie, favorisce la presenza di quelle forme «detritus cleaner», che tra l'altro costituiscono il gruppo trofico dominante a livello di strato foliare, come già osservato sia per *Posidonia oceanica* (KIKUCHI & PÉRÈS, 1977) che per altre fanerogame: *Zostera marina* (L.) (NAGLE, 1968), *Thalassia testudinum* (Konig) (LEWIS & HOLLINGWORTH, 1982), *Heterozostera tasmanica* (Martens ex Aschers.) den Hartog (HOWARD, 1982). Andando in profondità, in relazione ad una maggiore complessità dell'habitat, è presente un popolamento meglio strutturato, caratterizzato da alti valori di diversità specifica e trofica con gli O che diventano uno dei gruppi dominanti per le forti abbondanze di alcuni Caprellidae, come *Caprella liparotensis* Haller e, soprattutto, *Phthisica marina* Slabber e *Pseudoprotella phasma* (Montagu). Nella stazione più profonda (30m) la differente struttura della prateria, in particolare l'assenza della «matte» ed i bassi valori di densità, selezionano un popolamento caratterizzato, oltre che dagli O, dalla presenza dei D e dalla quasi totale scomparsa degli ED.

In conclusione il popolamento ad Anfipodi sembra mostrare un differente comportamento trofico e di tipo di vita sia al variare di alcuni parametri ambientali, es. idrodinamismo, e di qui tessitura dei sedimenti e particolato in sospensione, sia in relazione alla struttura delle piante ospiti, *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*. Questo studio ha consentito inoltre di individuare quali sono le specie maggiormente responsabili nel determinare la struttura trofica dei popolamenti e deve essere considerato come un punto di partenza per indagini che, attraverso sia sperimentazione sia analisi dei contenuti stomacali, per-

mettano di quantificare, a livello di questo taxon, i processi relativi al trasporto di energia nei sistemi bentonici.

## Summary

To investigate the functional role of the Amphipod taxon in some coastal benthic systems, and to ascertain to what extent the trophic adaptations of these organisms could be a response to different biotic and abiotic conditions, samples from a soft bottom area and a *Cymodocea nodosa* prairie, in the Gulf of Salerno, and a *Posidonia oceanica* meadow of the Island of Ischia (Tyrrhenian Sea, Italy) were studied. The species found were identified as: suspension feeder, detritivore, limivore, carnivore, herbivore or omnivore; and as epifaunal free-living, epifaunal domicolous, infaunal tube-building and infaunal free-burrowing.

In soft bottoms, the functional analysis revealed along a depth transect: a superficial community, on sand, characterized by suspension feeders; an intermediate community with the highest trophic diversity; and a deep community on muddy sediments, where limivores were dominant. The thick *Cymodocea nodosa* prairie provides a refuge from predators for the epifaunal free-living and domicolous forms, in particular the herbivore-detritivores that feed on the epiphytes and on the film of organic detritus, while in less dense prairies the detritivore-suspension feeders, infaunal free-burrowers and tube-building, were dominant. In the *Posidonia oceanica* meadow the trophic groups showed a different distribution along a depth gradient: the superficial zone was characterized by the herbivores, probably in relation to the presence at this depth of the erect algal epiphytic layer; from 2 to 15m, where a reduced hydrodynamism tends to increase the sedimentation on the leaves, the herbivore-detritivore were dominant; while the deeper zone presented the highest trophic diversity, with omnivores, and detritivores at 30m, where density is low.

In conclusion, the functional analysis, in accordance with the structural analysis, revealed that Amphipods showed a zonation, probably in relation to such environmental parameters as hydrodynamism and correlated factors (sediment texture, suspended particulate matter, etc.) and to the structure of the host plants, *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa*.

## Bibliografia

- BIERNBAUM C.K. (1979) - Influence of sedimentary factors on the distribution of benthic Amphipods of Fishers Island sound, Connecticut. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 38: 201-223.
- ENEQUIST P. (1950) - Studies on the soft-bottom Amphipods of the Skagerak. *Zool. Bidrag, Uppsala*, 28: 297-492.
- FRESI E., GAMBI M.C., FOCARDI S., BARGAGLI R., BALDI F., FALCIAI L. (1983) - Benthic community and sediment types: a structural analysis. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 4 (2): 101-121.

- GAMBI M.C., GIANGRANDE A. (1985) - Caratterizzazione e distribuzione delle categorie trofiche dei Policheti nei fondi mobili del Golfo di Salerno. *Oebalia*, XI, N.S.: 223-240.
- GREZE L.I. (1968) - Nutrition et groupements trophiques des Amphipodes du complexe méditerranéen dans la mer Noire. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, 19 (2): 163-165.
- HOWARD R.K. (1982) - Impact of feeding activities of epibenthic Amphipods on surface-fouling of eelgrass leaves. *Aquatic Botany*, 14: 91-97.
- KIKUCHI T., PÉRÈS J.M. (1977) - Consumer ecology of seagrass beds. In: *Seagrass ecosystem: a scientific perspective*. Mc Roy P.C. & C. Helfferich (eds.): 147-193.
- LEGENDRE L., LEGENDRE P. (1984) - *Ecologie numérique. 2. La structure des données écologiques*. Masson, Paris: 1-335.
- LEWIS J.B., HOLLINGWORTH C.E. (1982) - Leaf epifauna of the seagrass *Thalassia testudinum*. *Mar. Biol.*, 71: 41-49.
- MAZZELLA L., SCIPIONE M.B., BUIA M.C. (1989) - Spatio-temporal distribution of algal and animal communities in a *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadow. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 10 (2): 107-129.
- MILLS E.L. (1967) - The biology of an Ampelisca Amphipod Crustacean sibling species pair. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 24 (2): 305-355.
- NAGLE J.S. (1968) - Distribution of the epibiota of macroepibenthic plants. *Contr. mar. Sci. Univ. Texas*, 13: 105-144.
- NELSON W.G. (1979) - Experimental studies of selective predation on Amphipods: consequences for Amphipod distribution and abundance. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 38: 225-245.
- RIEDL R. (1971) - 5. Water movement. 5.3. Animals. In: *Mar. Ecol.*, 1 (2), O. Kinne (ed.): 1123-1156.
- RUSSO G.F., FRESI E., SCARDI M. (1985) - Il popolamento a Molluschi dei fondi mobili del Golfo di Salerno: Analisi strutturale in rapporto al trofismo. *Oebalia*, XI, N.S.: 339-348.
- SANDERS H.L. (1958) - Benthic studies in Buzzards Bay. I. Animal-sediment relationships. *Limnol. Oceanogr.*, III (3): 245-258.
- SANDERS H.L. (1968) - Marine benthic diversity: a comparative study. *Am. Nat.*, 102: 243-282.
- SANDERS H.L., GOUDSMIT E.M., MILLS E.L., HAMPSON G.E. (1962) - A study of the intertidal fauna of Barnstable harbor, Massachusetts. *Limnol. Oceanogr.*, 7: 63-79.
- SARÀ M. (1983) - Conoscenze attuali e problemi di bionomia marina. *Nova Thalassia*, 6 suppl.: 527-537.
- SCIPIONE M.B., FRESI E. (1984) - Distribution of Amphipod Crustaceans in *Posidonia oceanica* (L.) Delile foliar stratum. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.-F., Jeudy de Grissac A. & Olivier J. (ed.), GIS Posidonie publ., 1: 319-329.
- STONER A.W. (1980) - The role of seagrass biomass in the organization of benthic macrofaunal assemblages. *Bull. Mar. Sci.*, 30 (3): 537-551.

M. SERIANI

Laboratorio di Biologia Marina, Strada Costiera 337, 43100 Trieste (Italia)

## OSSERVAZIONI FITOCENOTICHE SUI PRIMI STADI DI COLONIZZAZIONE NEL FOULING MARINO

### Abstract

Phytocenotic observations on the colonization of marine fouling

*This paper concerns the structure of a micro-mesofouling community in the north Adriatic Sea. In particular, the sizes of the two predominant taxa, Diatoms and Cladophora sp. are examined.*

*Studies on the colonization show that growth is a distinct process from the real colonization by organism that come from the outer part of the community.*

**Key-words:** Fouling, community structure, colonization, size distribution.

### Introduzione

Nell'ambito del Golfo di Trieste, da alcuni anni vengono condotti studi sul fouling ed in particolar modo sulle prime tappe della colonizzazione cui va soggetta qualunque superficie immersa in mare (SERIANI & BRESSAN, 1986; BRESSAN *et al.*, 1987).

Nel presente lavoro, si considerano come primi stadi di colonizzazione, il film primario (primary slime) ed il ricoprimento primario (RELINI *et al.*, 1976a; 1976b). Il ricoprimento primario, precede il ricoprimento secondario, che generalmente viene considerato come macrofouling. Queste comunità che partecipano al ricoprimento primario, sono ben delimitate da un punto di vista temporale (tra 0 e 20 giorni), ma non lo sono altrettanto da un punto di vista dimensionale. Gli organismi che compongono una biocenosi fouling, sono spesso di dimensioni molto diverse ed in genere le specie più grandi sono quelle che caratterizzano fisionomicamente la comunità. Questo aspetto fisionomico però non può prescindere da alcune considerazioni biocenotiche, che particolarmente nel fouling, sono intimamente legate ai processi di colonizzazione.

Gli scopi del lavoro sono: 1) osservazioni sulla struttura della fitocenosi studiata, nei primi stadi di colonizzazione; 2) considerazioni sulla dinamica della colonizzazione dei substrati vetrosi impiegati.

### Materiali e metodi

Il biofouling studiato nel presente lavoro ha colonizzato dei vetrini da microscopia, immersi ad 1 m di profondità, a più riprese tra il 1985 ed il 1987, in un'area portuale del Golfo di Trieste. Un apposito collettore (BREZZAN & COMELLI, 1974), teneva i vetrini in posizione verticale sotto una piccola boa antistante il Laboratorio di Biologia Marina di Trieste, in località «Aurisina filtri». Il fouling è stato studiato seguendo 3 diversi periodi di immersione, con durata rispettivamente di 10, 20, 30 giorni. Questo sistema ha permesso di seguire i primi stadi di colonizzazione nel corso delle 4 stagioni.

Il materiale è stato studiato individuando i gruppi tassonomici caratterizzanti il biofouling (Tab. 1) e valutandone, secondo una scala di associabilità, i tipi di

**Tab. 1** - Sono riportati i gruppi tassonomici caratterizzanti il biofouling, dal gennaio al dicembre 1986: nella prima riga, i mesi in cui i substrati sono stati immersi; nella seconda riga, sotto all'iniziale del mese, la durata dell'immersione: 1 = 10gg., 2 = 20 gg., 3 = 30 gg., 4 = 30/40 gg.; nella prima colonna, i taxa (abbreviati) ed in ogni riga corrispondente i valori con cui sono stati valutati: 0 = individui assenti, 1 = ind. sparsi e isolati, 2 = ind. coloniali, 4 = ind. invasivi, c = substrato completamente coperto, impossibile riconoscere la presenza o l'assenza dei taxa.

MES I	GGGG	FFFF	MMMM	AAA	MMM	GGGGG	LLLLL	AAAA	SSSS	OOO	NNNN	DDD
immers.	1312	1312	1313	+1+	+1+	12133	12212	1312	1312	131	3112	131
VORT	0c00	0000	0000	200	0c0	2020c	01c0c	0c1c	0c00	100	000c	000
TINT	0c00	0000	0000	100	1c0	0000c	00c0c	0c0c	1c01	100	000c	000
PERI	0c00	0000	0000	000	1c0	0011c	10c0c	0c0c	0c00	000	000c	000
DIA1	2413	2312	1324	230	2c1	2222c	32c3c	2c3c	4c33	333	4234	342
DIA2	2c12	2111	1223	300	1c0	1110c	02c1c	0c0c	0c22	101	200c	000
DIA3	0c10	1100	0100	000	0c0	3110c	20c0c	0c0c	0c00	020	000c	000
DIA4	0c00	1001	1222	324	3c2	1201c	21c1c	0c0c	0c20	101	000c	120
CYAN	0c00	0000	0000	000	0c0	0000c	12c0c	0c1c	1c12	121	010c	000
ECTO	0c00	0000	1000	100	1c0	0001c	20c0c	0c0c	0c00	120	200c	020
ULOT	0c11	0212	0211	223	330	1110c	13c1c	2c1c	1c10	000	010c	000
PRIN	0c00	0000	0000	000	0c0	0000c	00c0c	0c3c	2c12	101	200c	000
EM. B	0c01	0202	0201	210	240	1212c	12c1c	2c2c	1113	242	310c	111
ENTE	0c01	0200	0201	102	120	0001c	11c2c	0c1c	3c02	221	1203	031
CLAD	0c00	0000	0000	000	0c2	13244	23424	2434	1c03	121	100c	000
CERA	0c00	0000	0000	100	1c0	1000c	00c0c	0c0c	0c10	000	100c	000
POLY	0c00	0000	0000	000	0c0	0000c	00c0c	0c0c	1c00	000	000c	000



organizzazione (BREZZAN *et al.*, 1987): classe 0= individui assenti, cl.1 =individui rari, cl.2= individui sparsi e isolati, cl.3= individui coloniali, classe 4= individui invasivi o popolamenti puri. Nei casi in cui il popolamento risultava tanto sviluppato da rendere impossibile una lettura per trasparenza, è stato segnalato il taxon (o i taxa) dominante ed a tutti gli altri (anche se non riscontrati) è stata attribuita la classe «c».

## Dati

I dati ricavati dallo studio, sono riportati in Tab. 1. I taxa individuati sono:

---

Protozoa	:	Vort - Vorticella sp.
		Tint - Tintinnida
Componente vegetale:		Cyan - Cyanophyceae
	:	Peri - Peridineae (Dinophyceae)
	:	Dia1 - Diatomee sparse (Bacillarioph.)
	:	Dia2 - Diatomee riunite in filamenti mucilluginosi
	:	Dia3 - Diatomee riunite a gruppi
	:	Dia4 - Diatomee del gen. <i>Licmophora</i>
	:	Ecto - <i>Ectocarpus</i> sp. (Phaeophyceae)
	:	Ulot - <i>Ulothrix</i> sp. (Chlorophyceae)
	:	Prin - Coleochetaceae
	:	En.b - Dischi basali <i>Enteromorpha</i> sp.
	:	Ente - <i>Enteromorpha</i> sp.
	:	Clad. - <i>Cladophora</i> sp.
	:	Cera - <i>Ceramium</i> sp. (Rhodophyceae)
	:	Poly - <i>Polysiphonia</i> sp.

---

## Osservazioni

Nell'ambito della zona studiata, il ricoprimento primario nella stagione estiva è caratterizzato da due popolamenti, il primo a Diatomee, il secondo a *Cladophora* sp.

*Cladophora* sp. compare alla fine del mese di maggio e scompare ai primi di novembre (Tab. 1); durante questo periodo caratterizza fisionomicamente la comunità. La crescita è molto rapida e già dopo 10 giorni gli individui raggiungono dimensioni notevoli ed in termini di copertura, la dominanza. Gli effetti del dominante sulla comunità sono caratterizzanti da un punto di vista

strutturale ed incidono notevolmente sui processi di colonizzazione. Nella comunità fouling, a questo stadio, si possono individuare due popolamenti a due livelli dimensionali molto diversi. Il primo è costituito dagli organismi del «primary slime» (Batteri e Diatomee) più quelli che hanno partecipato alla costruzione della prima parte del ricoprimento primario (prima che *Cladophora* sp. raggiungesse livelli di dominanza). Il secondo è costituito da *Cladophora* sp. più gli epifiti, che alla fine del ricoprimento primario formano una sorta di feltro compatto.

La delimitazione spaziale tra i due popolamenti è netta, anche perché la rete anastomizzante formata da *Cladophora* sp. con gli epifiti, non aderisce alla superficie in modo continuo, ma vi è «legata» da alcuni individui.

## Discussione

Gli organismi che compongono una comunità biotica, sono spesso di dimensioni molto diverse (Van VALEN, 1973; MAY, 1978; WARWICK & JOINT, 1987) ed è quindi possibile riconoscere una distribuzione dimensionale tra gli organismi stessi (GRIFFITH, 1975; 1986). In altre parole, dalle specie più piccole a quelle più grandi, esiste un cline (una serie di passaggi), che è conseguenza di uno sfruttamento ottimale dello spazio disponibile. Per la descrizione di una comunità fouling, può essere utile quindi un'analisi delle dimensioni degli organismi che vi partecipano. Le parole di MINELLI (1974) «un prato è un continuum per un ruminante, ... ma non lo è per un insetto» riassumono in modo chiaro la relatività dell'«osservatore». Ci si trova a due livelli dimensionali, che offrono panorami diversi e che potrebbero portare a descrizioni diverse della stessa comunità. In tal caso può risultare utile dividere la comunità in due strati, ad es. un «sous-strate» ed uno «strate élevée» (PÉRÈS & PICARD, 1964).

Nell'ambito del fouling, sono però particolarmente evidenti i processi di colonizzazione, per cui la ripartizione delle dimensioni è continuamente modificata. L'aspetto dimensionale deve perciò essere seguito in modo dinamico. In una qualunque successione primaria, particolarmente dal «primary slime» ai ricoprimenti secondari, le dimensioni degli organismi aumentano gradatamente. Tuttavia su questo principio generale, si possono fare delle precisazioni (non eccezioni). L'aumento delle dimensioni degli organismi si verifica su due linee, da un lato, individui piccoli diventano grandi (accrescimento), dall'altro, nella biocenosi arrivano specie di dimensioni sempre maggiori, in un reale processo di colonizzazione. Il meccanismo di ricoprimento delle superfici immerse quindi, pur volgendosi nelle sequenze descritte da KAWAHARA (1962), può essere inteso come la somma di contemporanei processi di accrescimento e di reale colonizzazione.

La necessità di distinguere questi meccanismi si è presentata durante il lavoro, quando, da un punto di vista operativo venivano messe a contatto superfici pulite con superfici già colonizzate. Nella zona di contatto si verificava un

travaso di specie dalle superfici più colonizzate, verso quelle meno colonizzate. Un esame in dettaglio del problema ha evidenziato che questo travaso poteva essere interpretato come una reale colonizzazione e non un semplice accrescimento. Operativamente venivano immersi 2 gruppi di vetrini, un gruppo 20 giorni prima dell'altro. I due gruppi, tenuti a contatto durante l'immersione, venivano ritirati entrambi dopo 10 giorni di immersione del secondo gruppo. Il primo gruppo rimaneva quindi immerso per 30 gg, mentre il secondo gruppo rimaneva immerso per 10 gg (essendo stato immerso 20 gg dopo il primo gruppo). Il prelievo di entrambi i gruppi era quindi contemporaneo. Mentre il primo gruppo (immerso per un totale di 30 gg) era caratterizzato da una copertura omogenea, il secondo gruppo (immerso per soli 10 gg) si presentava diviso in due zone, una più ricca di specie (quella a contatto con il primo gruppo) ed una meno ricca. Poichè le due zone di questo secondo gruppo, erano rimaste immerse per lo stesso numero di giorni (10), l'accrescimento degli organismi insediati doveva risultare lo stesso: la differenza riscontrata era quindi da imputarsi ad una reale colonizzazione di individui provenienti dall'altro gruppo.

## Conclusioni

In conseguenza alle osservazioni effettuate si possono ribadire i seguenti punti:

1) gli organismi che compongono una comunità biotica, sono spesso di dimensioni molto diverse ed in taluni casi può risultare utile, per una interpretazione biocenotica, operare a livelli dimensionali diversi, considerando una stessa biocenosi divisa in due o più strati.

2) Nell'ambito del fouling marino, il progressivo ricoprimento delle superfici immerse è conseguenza di un duplice processo. La colonizzazione da parte di organismi che provengono dall'esterno e l'accrescimento da parte degli organismi che, già presenti nella biocenosi, continuano il loro ciclo vitale.

## Ringraziamenti

L'Autore esprime la sua gratitudine per la cortese lettura del manoscritto al prof. A. Tursi (Bari). Particolare riconoscenza viene rivolta agli anonimi referee per le modifiche suggerite.

## Summary

*The first stages of colonization of marine fouling were studied in the Gulf of Trieste, using slide glasses, submerged at regular intervals from 1985 to 1987. A particular attention was given to the structure of the community after 10-20-30*

days of immersion of artificial substrates. Diatoms and *Cladophora* sp., appeared to be predominant in the community and they characterized the structure (of the biocoenosis) at two dimensional levels. Owing to the remarkable difference on the sizes of the two predominant taxa, the biocoenosis has been divided into two communities. This size problem provides the occasion for a short discussion about the distribution of the various sizes of the organisms within the ecosystems.

During the colonization process, the size relationship among the organisms changed continuously. This change is due to: (i) the real colonization by organisms that come from the outer part of the community; and (ii) to the growth of organisms already present in the community.

### Bibliografia

BRESSAN G., COMELLI E. (1977) - Observations en culture sur les phases initiales de développement de *Peyssonnelia squamaria* (Gmel.) Decne. *Mar. Biol.*, 46: 295-304.

BRESSAN G., DE NICOLA G., PRINCI M., ZUPIN M. (1987) - Studi sul fouling marino: 3. Variazioni della componente biologica su pannelli trattati con pitture antifouling immersi nel porto di Trieste (North Adriatic Sea). *Atti Mus. civ. St. Nat., Trieste*, 41 (1): 1-35.

GRIFFITH D. (1975) - Prey availability and the food of predators. *Ecology*, 56: 1209-1214.

GRIFFITH D. (1986) - Size-abundance relations in communities. *Am. Nat.*, 127: 140-166.

KAWAHARA T. (1962) - *Studies on the Marine Fouling Communities I. Development of a Fouling Community*. Report of Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie, 4 (2): 27-41.

MAY R.M. (1978) - The dynamics and diversity of insect faunas. In «Diversity of insect faunas», Mound L.A. e N. Waloff (eds), Blackwell Scientific Publications, 9: 188-204.

MINELLI A. (1974) - Riflessioni sull'endemismo e la vicarianza nel regno animale. *Lav. Soc. It. Biogeogr. N.S.*, 4: 77-100.

PÉRÈS J.M., PICARD J. (1964) - Nouveau manuel de bionomie bentique. *Bull. Stat. Mar. d'Endoume*, Bull., 31 (47): 1-137.

RELINI G., GERACI S., MONTANARI M., ROMAIRONE V. (1976a) - Variazioni stagionali del fouling sulle piattaforme offshore di Ravenna e Crotone. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 31 (1-2): 227-256.

RELINI G., MONTANARI M., VIALE S., PISANO E. (1976b) - Prime fasi di insediamento su substrati duri immersi in acqua del porto di Genova a diverso grado di inquinamento. *Arch. Oceanogr. Limnol.* (18 suppl.), 3: 113-140.

SERIANI M., BRESSAN G. (1986) - Studi sul «fouling» marino (primary slime): 6. Influenza della stagionalità su popolamenti bentonici di substrati artificiali trattati con pitture antivegetative. *Atti Mus. civ. St. nat. Trieste*, 39 (3): 163-183.

VALEN van L. (1973) - Body size and numbers of plants and animals. *Evolution*, 27: 27-35.

WARWICK R.M., JOINT LR. (1987) - The size distribution of organism in the Celtic Sea: from Bacteria to Metazoa. *Oecologia*, 73: 185-191.

M.P. SPARLA

Istituto di Zoologia dell'Università, Via Archirafi 18, 90123 Palermo (Italia)

**GLI ANFIPODI (CRUSTACEA PERACARIDA)  
NEI CONTENUTI STOMACALI DI  
*MULLUS SURMULETUS* L. (PISCES)  
DEL GOLFO DI PALERMO (SICILIA N/W)**

**Abstract**

Amphipods, prey of *Mullus surmuletus* from Palermo Bay

*A survey on the diet of M. surmuletus collected in Palermo Bay showed that 83 gut contents out of 232 contained Amphipods. The genus Dexamine was especially preyed upon. D. spiniventris and D. spinosa were the most frequent followed by Gammarus spp.aa. and Lysianassa spp. Posidonia beds and photophilous algae are typical habitats of most prey. The most frequent prey species are however related to the detritus at the base or at the edge of seagrass beds.*

**Key-words:** Amphipods, *Mullus surmuletus*, gut contents.

**Introduzione**

L'analisi dei contenuti stomacali di 232 individui di *M. surmuletus* raccolto nel corso di una indagine sulla piccola pesca nel Golfo di Palermo (ARCULEO *et al.*, 1983-84, 1985) ha messo in evidenza il ruolo primario degli Anfipodi nelle abitudini alimentari della specie. Gli Anfipodi infatti hanno rappresentato la preda più frequente insieme con i Crostacei Decapodi e i Policheti, e, in taluni casi, sono stati il food item preminente. Tale risultato è abbastanza nuovo rispetto alle conoscenze della letteratura (FOCARDI *et al.*, 1980; HAIDAR, 1970; GHARBI & KTARI, 1979), e, data l'importanza di tale gruppo di Peracaridi quale «descrittore» delle comunità bentoniche, si è ritenuto che uno studio tassonomico più puntuale dei campioni raccolti potesse fornire ulteriori informazioni sulle abitudini alimentari di *M. surmuletus*.

**Materiale e metodi**

Durante il biennio 1981-1983 è stata effettuata una campagna sperimentale di pesca sui fondali costieri di Vergine Maria nel Golfo di Palermo, con l'uso di

un tramaglio di dimensioni standard. L'area oggetto della ricerca si estende lungo un arco costiero di circa 2 km; sono state scelte tre stazioni di campionamento, indicate con le sigle TO, TR e DS che si riferiscono ad alcune emergenze topografiche della costa. La natura dei substrati nelle tre stazioni è sensibilmente diversa e si può riassumere nelle caratteristiche seguenti: TO è contraddistinta da fondi misti costituiti da sabbie fini intervallate a substrati duri popolati da alghe fotofile; DS è un fondale di sfabbricidi grossolani parzialmente ricoperti da materiali sabbio-limosi incoerenti rimossi da una discarica litoranea di rifiuti solidi; TR è occupata da posidonieto in buone condizioni vegetative. Le catture sono state effettuate durante le ore notturne. Gli esemplari di *M. surmuletus* venivano eviscerati subito dopo la raccolta, quindi trasportati in laboratorio e congelati alla temperatura di  $-20^{\circ}\text{C}$ . Gli Anfipodi estratti dal contenuto gastrico venivano conservati in alcool al 70%. La conta numerica ha preso in considerazione sia le prede in condizioni di integrità o quasi integrità che le porzioni cefaliche separate dall'addome. Sono stati eliminati tutti i frammenti non rispondenti a tali requisiti. La determinazione tassonomica è stata condotta al livello di specie o di genere (CHEVREUX & FAGE, 1925; RUFFO, 1938, 1982); essa si è limitata alla famiglia per i reperti in condizioni non idonee. Per l'analisi dei contenuti gastrici è stato adottato il metodo numerico (HYSLOP, 1980) di conta degli individui. È stata calcolata la Fp (frequenza percentuale) corrispondente al rapporto fra il numero di stomaci contenenti una preda X ed il numero di stomaci pieni presi in esame. È stata compilata una lista delle specie ed è stata descritta la loro distribuzione stagionale. Sono in corso ulteriori elaborazioni dei dati raccolti.

## Risultati

Gli stomaci esaminati sono stati 232 di cui 83 contenevano Anfipodi, 93 erano senza Anfipodi, e 56 erano vuoti. L'insieme delle prede costituite da Anfipodi integri - o da frammenti identificabili - ha fornito un totale di 281 individui, pari al 15% di tutte le prede di *Mullus surmuletus*. Gli Anfipodi sono rappresentati in frequenze diverse per le tre stazioni: 19,6% per la stazione TO; 9,6% per DS; 70,8% per TR (Fig. 1). I 281 individui ritrovati sono ripartiti in 12 famiglie, 15 generi e 19 specie.

La famiglia dei Dexaminidae è la più rappresentata con 148 individui, ripartiti come segue: *Dexamine spinosa* 103, *Dexamine spiniventris* 19, *Dexamine* sp. 26. Segue la famiglia dei Gammaridae con un totale di 60 individui ripartiti in: 16 individui rispettivamente in *Gammarus subtypicus* e *Gammarella fucicola*, 1 individuo in *Maera* sp.; 6 in *Maera inaequipes* e *Cheirocratus* sp. I valori di abbondanza per le altre specie sono trascurabili. Nei Lysianassidae rientrano 21 individui, 9 dei quali sono indeterminabili. Cinque esemplari sono attribuibili a *Lysianassa costae* e 7 al genere *Lysianassa*. Le restanti famiglie sono rappresentate da pochi esemplari e le singole specie compaiono con uno solo o al massimo due rappresentanti (Tab. 1).

Tab. 1 - Elenco delle specie ritrovate nelle tre stazioni.

Specie	Indiv.	N. stomac.	TR	DS	TO
<b>AMPHILOCHIADAE</b>					
1) <i>Peltocoxa marioni</i> Catta, 1875	1	1	1	-	-
2) <i>Peltocoxa</i> sp.	1	1	1	-	-
<b>AMPHITHOIDAE</b>					
3) <i>Amphithoe ramondi</i> Audonin, 1826	1	1	1	-	-
<b>AORIDAE</b>					
4) <i>Aoridae</i>	6	4	3	-	3
5) <i>Leptocheirus pectinatus</i> (Norman, 1869)	2	2	2	-	-
6) <i>Leptocheirus pilosus</i> Zaddach, 1884)	3	2	3	-	-
7) <i>Leptocheirus</i> sp.	1	1	1	-	-
8) <i>Microdeutopus bifidus</i> Myers, 1977	2	1	-	-	2
9) <i>Microdeutopus</i> sp.	2	2	2	-	-
<b>CALLIOPIDAE</b>					
10) <i>Apherusa chierieghinii</i> Gior. - Soik. 1950	9	4	7	-	2
11) <i>Apherusa</i> sp.	4	4	-	-	4
<b>DEXAMINIDAE</b>					
12) <i>Dexamine spiniventris</i> (Costa, 1853)	19	10	16	2	1
13) <i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	103	34	71	2	30
14) <i>Dexamine</i> sp.	26	11	20	-	6
<b>GAMMARIDAE</b>					
15) <i>Gammaridae</i>	2	2	1	1	-
16) <i>Cheirocratus sundevallii</i> (Rathke, 1843)	1	1	1	-	-
17) <i>Cheirocratus</i> sp.	6	3	6	-	-
18) <i>Elasmopus pocillimanus</i> (Bate, 1862)	1	1	1	-	-
19) <i>Gammarella fucicola</i> (Leach, 1814)	16	8	13	1	2
20) <i>Gammarus subtypicus</i> Stock, 1966	16	1	-	16	-
21) <i>Maera inaequipes</i> (Costa, 1857)	6	5	5	1	-
22) <i>Maera</i> sp.	7	5	7	-	-
23) <i>Megaluropus</i> sp.	5	3	-	2	3
<b>LEUCOTHOIDAE</b>					
24) <i>Leucothoe</i> sp.	1	1	1	-	-
<b>LILJEBORGIIDAE</b>					
25) <i>Liljeborgia della vallei</i> Steb., 1906	3	3	3	-	-
26) <i>Liljeborgia</i> sp.	1	1	1	-	-
<b>LYSIANASSIDAE</b>					
27) <i>Lysianassidae</i>	9	7	8	-	1
28) <i>Lysianassa costae</i> H.M. Edwards, 1830	5	5	5	-	-
29) <i>Lysianassa</i> sp.	7	5	7	-	-
<b>OEDICEROTIDAE</b>					
30) <i>Monoculodes carinatus</i> (Bate, 1857)	5	4	5	-	-
31) <i>Monoculodes</i> sp.	1	1	-	1	-
32) <i>Pontocrates arenarius</i> (Bate, 1858)	1	1	1	-	-
33) <i>Pontocrates</i> sp.	1	1	1	-	-
34) <i>Synchelidium haplocheles</i> (Grube, 1864)	1	1	-	1	-
<b>STENOTHOIDAE</b>					
35) <i>Stenothoe</i> sp.	1	1	1	-	-
<b>TALITROIDAE</b>					
36) <i>Hyale camptonyx</i> (Heller, 1867)	2	2	2	-	-
37) <i>Hyale</i> sp.	3	2	2	-	1



Specie e famiglie di Anfipodi si distribuiscono molto diversamente nelle tre stazioni: TR mostra la massima densità con 199 individui, superiore di oltre 3

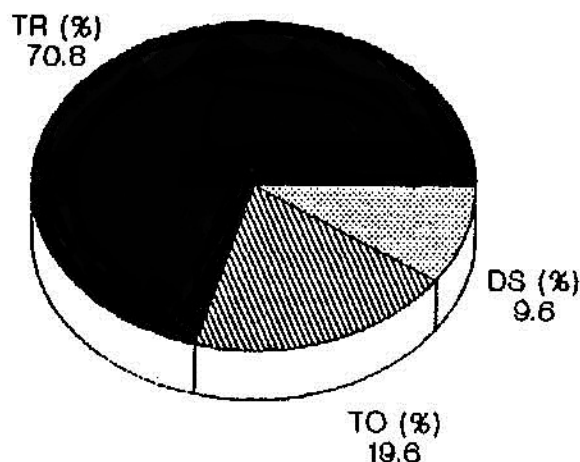


Fig. 1 - Andamento percentuale degli Anfipodi nelle tre stazioni.

volte a quella di TO con 55 individui e di 6 volte a quella di DS con 27 individui. L'andamento stagionale della cattura presenta picchi in primavera e in autunno rispettivamente con 105 e 125 prede; in inverno e in estate i valori sono vicini, rispettivamente 23 e 28. Considerazioni concordanti suggerisce l'andamento stagionale Fp delle frequenze (Fig. 2A). L'esame delle frequenze percentuali per le tre stazioni evidenzia valori più alti in TR seguiti dai dati in TO e DS (Fig. 2B).

Più in dettaglio (Fig. 3) si osservano per i Dexaminidae valori maggiori in primavera ed in autunno, mentre per *Gammarella fucicola* si registrano dei minimi rispetto ai Dexaminidae in estate-autunno ed in inverno.

L'analisi dettagliata dell'andamento percentuale della predazione compiuta per *Dexamine spiniventris* e *D. spinosa* raccolta in TR rivela dei massimi in corrispondenza della primavera e dell'autunno (Fig. 4).

L'ordinamento delle prede secondo la biocenosi di appartenenza (Tab. 2) mostra una prevalenza della specie caratteristiche dei « sistemi ad alghe fotofile » e delle praterie a *Posidonia*. Le comunità ad alghe fotofile (definizione molto generale inclusiva dei substrati duri dell'infralitorale superiore) raggruppano il maggior numero di specie senza che ciò comporti un'eguale abbondanza di individui. Nel posidonieto rientrano alcune delle specie tipiche secondo LEDOYER (1966, 1968) che da sole comprendono 169 individui, pari a quasi il 61% delle prede totali. Va tuttavia rilevato che alcune specie ascritte al posidonieto sono piuttosto da considerarsi a larga ripartizione ecologica. Fra esse vanno

citare: *Meara inaequipes*, *Lysianassa costae*, *Gammarella fucicola*, *Dexamine spinosa* e *Dexamine spiniventris*.

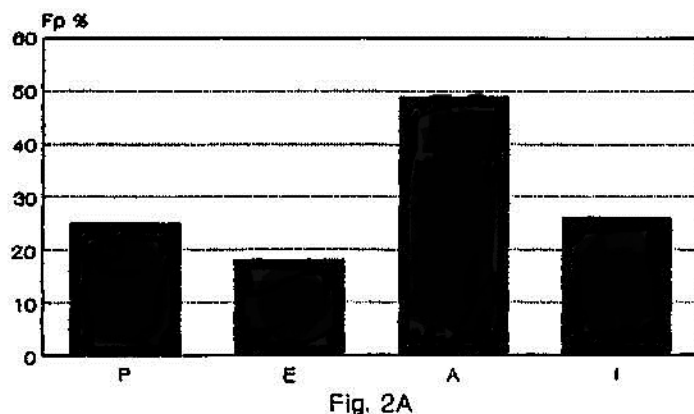


Fig. 2A

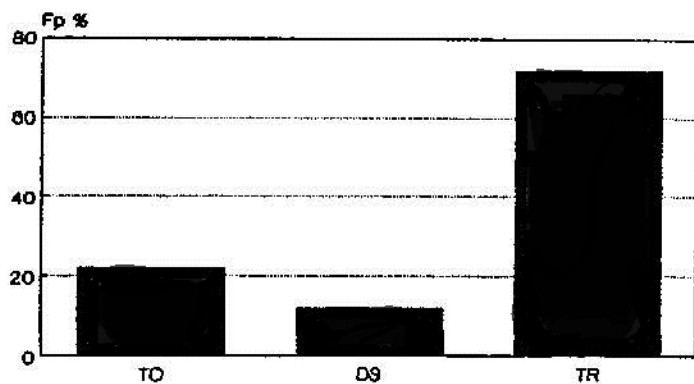


Fig. 2B

Fig. 2A e 2B - Frequenze percentuali degli Anfipodi nelle quattro stagioni e nelle tre stazioni.

## Discussione e conclusioni

Le indagini sulle relazioni trofiche degli organismi sono il passo necessario alla conoscenza dei sistemi naturali, una volta che si sono identificate le maggiori componenti dei sistemi stessi: in tal senso l'esame dei contenuti stomacali di *Mullus surmuletus* raccolto nella località di Vergine Maria (Golfo di Palermo) sottolinea l'importanza alimentare della frazione ad Anfipodi essendo questi il terzo gruppo per numero di specie predate. I risultati ottenuti evidenziano il ruolo alimentare degli Anfipodi non soltanto in termini di ricchezza specifica, ma anche di biomassa. I valori in peso delle prede forniscono certamente una sottostima, attribuibile all'elevata digeribilità che, dallo stato dei resti esaminati, appare superiore a quella di gruppi affini forniti di un esoscheletro più resistente, come sono gli Isopodi fra i Peracaridi e i Brachiuri fra i Decapodi; gli

Tab. 2 - Distribuzione delle specie rispetto alle biocenosi.

Fondi mobili	Alghe fotofile	Posidonia
<i>Cheirocratus sundevallei</i> * <i>Maera inaequipes</i> * <i>Lysianassa costae</i> <i>Monoculodes carinatus</i> <i>Pontocrates arenarius</i> <i>Synchelidium haplocheles</i>	<i>Amphithoe ramondi</i> <i>Leptocheirus pectinatus</i> <i>Leptocheirus pilosus</i> <i>Microdeutopus bifidus</i> <i>Apherusa chiereghinii</i> * <i>Dexamine spiniventris</i> * <i>Dexamine spinosa</i> <i>Elasmopus pocillimanus</i> * <i>Gammarella fucicola</i> * <i>Maera inaequipes</i> * <i>Lysianassa costae</i> <i>Hyale camptonix</i>	<i>Peltocoxa marioni</i> * <i>Dexamine spiniventris</i> * <i>Dexamine spinosa</i> * <i>Gammarella fucicola</i> <i>Gammarus subtypicus</i> * <i>Maera inaequipes</i> <i>Liljeborgia dellavallei</i> * <i>Lysianassa costae</i>

\* Specie a larga ripartizione.

Anfipodi potrebbero pertanto rivestire un'importanza alimentare ancora maggiore di quella che appare dall'analisi condotta. L'esame dei campioni di ogni stazione ha mostrato una diversa incidenza della predazione di *M. surmuletus* nelle tre stazioni contigue di pesca riferibile alla diversa natura dei substrati.

Sui fondali instabili ed incoerenti che caratterizzano le pescate in DS, ad un numero abbastanza alto di campioni di *M. surmuletus* corrisponde un numero molto basso di prede: tale dato dimostrerebbe l'inidoneità di un tale habitat a fornire alimento adeguato alle esigenze qualitative e quantitative di *Mullus surmuletus*. Le specie di Anfipodi presenti nella stazione DS (27 in totale) sono comuni sia alle biocenosi ad alghe fotofile che al posidonieto, ed in ogni caso esse sono così poche da impedire una caratterizzazione bionomica dell'habitat ed una definizione delle abitudini alimentari del predatore. Diversa si presenta la situazione per la stazione TO, i cui fondali offrono un più ampio spettro alimentare riferibile alla presenza di substrati duri molto ricchi (COSTA *et al.*, 1983). Infatti in TO aumenta sia il numero delle specie predate che i numeri di individui, che diventano massimi per *Dexamine spiniventris*. Completamente diversa è la situazione nella stazione TR, caratterizzata da una ricchezza specifica molto maggiore accompagnata dai numeri in assoluto più alti di prede individuali. È proprio nella prateria a *Posidonia oceanica*, che si concretizza il punto di prelievo TR, ed ai margini di essa, che *Mullus surmuletus* trova il «pabulum» relativamente più idoneo dell'intera area di pesca, della quale va sottolineata l'esigua estensione. Va anche sottolineata la vicinanza relativa dei siti delle 3 stazioni, che distano poco più di 400 m l'una dall'altra, e che sono facilmente

percorribili nei due sensi dai branchi di *Mullus*. Alcune delle specie ritrovate in TR - *Peltocoxa marioni*, *Dexamine spinosa* (LEDOYER, 1966, 1968; KRAPP - SCHICKEL, 1976), *Liljeborgia dellavallei*, - mostrano infatti una relazione esclusiva con il posidonieto.

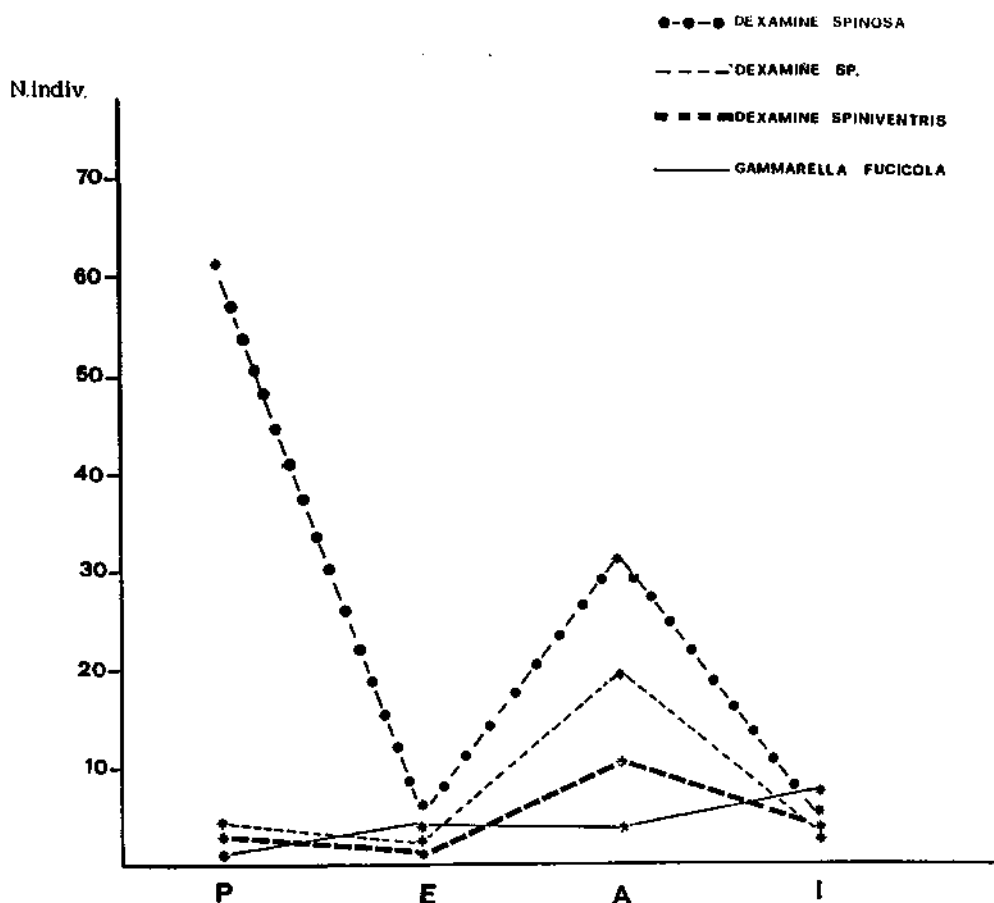


Fig. 3 - Andamento stagionale delle quattro specie più predate.

*D. spinosa*, *L. dellavallei* e *P. marioni*, sarebbero inoltre legate allo strato foliare (LEDOYER, 1966, 1968; SCIPIONE & FRESI, 1984). Va rilevato come le ultime due specie, ancorché presenti nei contenuti stomacali, siano rappresentate da numeri di individui molto bassi, mentre *D. spinosa* è presente con 103 esemplari. La differenza nei numeri può essere spiegata o con la diversa abbondanza delle popolazioni delle tre specie, o con differenze del microhabitat, o addirittura con lo sfasamento dei cicli nictermali di attività delle prede, dato che

la cattura di *M. surmuletus* ha avuto luogo nelle ore notturne. La minore caratterizzazione delle altre specie di Anfipodi nei riguardi del posidonieto sarebbe spiegabile con una ripartizione ecologica più ampia, estesa alle alghe fotofile e soprattutto con una maggior relazione con gli strati intorno al rizoma e con la

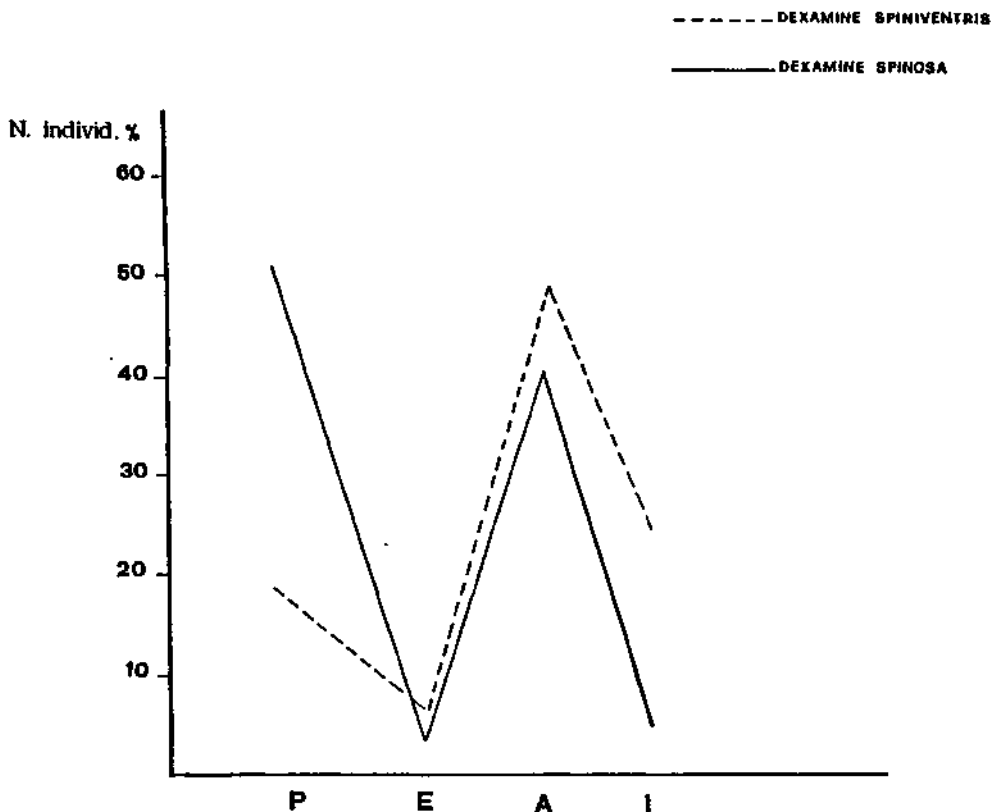


Fig. 4 - Andamento stagionale delle specie più predate nella stazione TR.

coltre detritica alla base dell'apparato fogliare. Va d'altronde osservato che buona parte delle specie «non esclusive» di *Posidonia* vivono in rapporto ad accumuli di detrito organico. Sia i fondali di TO che quelli di DS contengono detrito organico proveniente da scarichi costieri; questo tuttavia non sembra contenere prede appetibili, mentre il detrito di TR, sedimentato nelle depressioni presso le mattes o al fondo degli «chénaux intermattes», è decisamente più idoneo all'alimentazione della triglia. Nel detrito «pulito» di *Posidonia*, *M. surmuletus* eserciterebbe la sua attività di «grufolatore» senza una selettività accentuata per la preda, ma con buona sensibilità per il tipo di substrato. In un

habitat originariamente roccioso con vistosi fenomeni di disturbo l'ecosistema legato alla prateria a *Posidonia* è verosimilmente il luogo di maggiore produttività biologica e il migliore accumulatore di sostanza organica ad elevato valore alimentare senza gli effetti collaterali di contaminazione tipici dei sedimenti «sporchi» che costituiscono il pascolo preferenziale dei Mullidae. Nel quadro delineato si integrano in un mosaico soddisfacente i risultati ottenuti dall'analisi condotta sugli Anfipodi e quelli relativi alle altre prede di *M. surmuletus*. Essi non possono tuttavia essere generalizzati, ma vanno riferiti al particolare settore geografico indagato, che è rappresentativo di una parte ben delimitata del Mediterraneo meridionale.

In conclusione l'analisi bionomica ha rafforzato le conclusioni tratte dallo studio di altri gruppi di prede ed ha confermato il contributo dell'ecosistema a *Posidonia oceanica* nell'alimentazione della triglia di scoglio.

## Summary

*Examination of the gut contents of M. surmuletus was carried out during the course of a survey on a fishing ground about 2 sqkm in area and 20 m in depth stretching along the rocky coast of N/W Palermo Bay. Three stations, indicated as TO, DS and TR, were established monthly on bottoms of different nature: TO was on a mixed bottom of rock and sands; DS was on concrete boulders and silt eroded from a nearby solid waste disposal; TR was on a luxuriant Posidonia meadow. Guts were frozen at -20 °C immediately after fish sampling. Eighty three out of 232 guts, roughly 1/3 of the samples, contained Amphipods. Such a find stressed the primary role of this group as a food item, which had been overlooked by previous investigators. As many as 281 individuals were sorted out, which were about 15% of the total number of preys. Amphipods showed a different presence in the stations: 70.8% were contained in TR, 19.6% in TO and 9.6% in DS.*

*From comparison with empty stomachs, a relation between prey and habitat was pointed out. Taxonomic examination showed the presence of 12 families, 15 genera and 19 species. The Dexaminidae were mostly frequent, with as many as 148 individuals belonging to D. spiniventris and 103 to D. spinosa.*

*The Gammaridae came next with the genera Gammarus and Gammarella, however represented by much lower numbers of individuals. The Lysianassidae followed. Classification of preys according to the habitat showed the dominance of species related to seagrass meadows; some of them were exclusive of Posidonia leaves. When the relative frequencies were taken into account, the most part of preys fell into a wider category of species related to organic unpolluted detritus. The conclusion was that M. surmuletus from the fishing ground investigated feeds primarily on the organic detritus at the base of the Posidonia stems or at the bottom of depression in or between the «mattes».*

## Bibliografia

ARCULEO M., RIGGIO S. (1983-84) - Dati preliminari sulla piccola pesca nel Golfo di Palermo. *Nova Thalassia*, 6 (suppl.): 725.

ARCULEO M., RIGGIO S. (1985) - Situation et prospective de la pêche côtière dans une localité du Golfe de Palermo après, deux ans d'observations. *FAO. Rapp. Pêches* (336) Annexe (E): 1-40.

CHEVREUX E., FAGE L. (1925) - Amphipodes - *Faune de France*, 9: 1-488.

COSTA C, RIGGIO S., GIACCONE G. (1983) - Note bionomiche sulle comunità di substrati naturali ed artificiali lungo la costa di Vergine Maria (Golfo di Palermo). *Nova Thalassia*, 6 (suppl.): 663-669.

FOCARDI S., FALCIAI L., GAMBI M.C., SPADINI V. (1980) - Analisi del contenuto gastrico di *Mullus barbatus* (Perciformes, Mullidae). *Riv. Idrobiol.*, Perugia, XIX (2): 235-248.

GHARBI H., KTARI M.H. (1979) - Régime alimentaire des rougets (*Mullus barbatus* L., 1758 et *Mullus surmuletus* L., 1758) du golfe de Tunis. *Bull. Inst. nat. Scient. tech. Océanogr. Pêche Salambô*, 6 (1-4): 41-52.

HAIDAR Z. (1970) - L'écologie du rouget (*Mullus barbatus* L.) en Adriatique orientale. *Acta Adriatica*, 14: 1-95.

HYSLOP E.J. (1980) - Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17: 411-429.

KRAPP-SCHICKEL G. (1976) - Marine Amphipods from Pantelleria and Catania (Sicily). *Bull. Zool. Mus. Univ. Amst., Netherl.*, 5 (5): 31-45.

LEDOYER M. (1966) - Ecologie de la fauna vagile des biotopes méditerranéens accessible en scaphandre autonome. 2 - Données analytiques sur les herberies de Phanérogames. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume*, 57 (41): 135-164.

LEDOYER M. (1968) - Ecologie de la fauna vagile des biotopes méditerranéens accessibles en scaphandre autonome (Région de Marseille principalement). IV. Synthèse de l'étude écologique. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume*, 60 (44): 126-295.

RUFFO S. (1938) - Studi sui Crostacei Anfipodi. VIII - Gli anfipodi marini del Museo Civico di Storia Naturale di Genova. a) Gli Anfipodi del Mediterraneo. *Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova*, 60: 127-151.

RUFFO S. (1982) - The Amphipoda of the Mediterranean. Part. I. Gammaridae (Acanthonotomatidae to Gammaridae). *Mém. Ist. Oceanogr.*, 13: I-XIII, 1-364.

SCIPIONE M.B., FRESI E. (1984) - Distribution of Amphipods Crustaceans in *Posidonia oceanica* (L.) Delile foliar stratum. *Intern. Workshop Posidonia oceanica Beds*; 1984, 1: 319-329.

M. TOCCACELI

S. RIGGIO

Istituto di Zoologia dell'Università, Via Archirafi 18, 90123 Palermo (Italia)

## **NOTE BIBLIOGRAFICHE SULLE FANEROGAME MARINE DELLE COSTE SICILIANE**

### **Abstract**

References on marine phanerogames in Sicily

*A preliminary list of the most significant studies on the seagrasses of the coastal bottoms of Sicily is reported, with comments on the relative contributions to the ecology and biology of the species. Papers are listed according to phytogeographical sectors: the west and the north-west sector together with the islands of the Channel of Sicily are the most investigated, with special reference to Posidonia beds. C. nodosa is extensively reported only from the north-east and south coasts. A steady rise in the number of papers illustrates the increasing interest in the argument.*

**Key-words:** Marine phanerogames, Sicily, Mediterranean Sea.

### **Introduzione**

Nell'ultimo triennio il Comitato della SIBM per la Gestione e Valorizzazione della Fascia Costiera ha proposto la messa a punto di una cartografia di massima delle fanerogame marine lungo le coste italiane. Tale iniziativa ha offerto lo spunto per l'avvio di un intenso lavoro periferico di ricerca. I 1040 km di sviluppo costiero dell'isola forniscono da soli una misura della mole di dati da raccogliere; tale misura aumenta di un buon terzo aggiungendo il perimetro costiero delle isole circumsiciliane. Le conoscenze della letteratura per quanto numerose, sono insufficienti in relazione sia al perimetro costiero che al ruolo biologico rivestito dalle fanerogame in Sicilia. Non va neanche trascurato l'aspetto dinamico della vegetazione costiera a fanerogame, esaltato dall'azione antropica con effetti per lo più distruttivi. L'attuale lavoro ha carattere bibliografico preliminare, e si prefigge lo scopo di riassumere le principali segnalazioni esistenti in letteratura.



## Materiali e metodi

È stata effettuata la raccolta di fonti bibliografiche specialistiche. I titoli, numerati in ordine crescente in bibliografia, sono stati distinti nelle categorie seguenti, indicate con sigle di facile ricognizione: 1) studi generali e semplici segnalazioni in elenchi floristici e/o tabelle: SE; 2) descrizione delle praterie: DE; 3) studi specifici più approfonditi quali cartografia, fenologia, studio degli epifiti, ecc.: SS. I riferimenti bibliografici, ordinati numericamente, sono quindi stati inseriti nella Tab. 1 in cui sono riportate le località segnalate, ordinate per settori biogeografici secondo la distinzione di GIACCONE *et al.* (1985c). La Fig. 1 illustra i lavori elencati e le fanerogame marine ivi presenti le località, per i vari settori biogeografici, alle quali si riferiscono.

Dal rapporto fra segnalazioni, descrizioni e studi specifici, basato sul numero totale di testi reperiti, risalta la netta preponderanza delle semplici segnalazioni sui lavori di più ampio respiro, 58% delle prime contro solo il 12% degli studi specifici, a testimonianza della necessità di intensificare le ricerche sulle praterie.

## Risultati

*Dati storici.* — È difficile trovare dati sulle praterie a fanerogame antecedenti gli anni '60, se si eccettua una segnalazione dei posidonieti dello Stagnone lasciata nel 1898 da Salvatore Lo Bianco, e la relazione sul viaggio in Sicilia di MOLINIER & PICARD (1953), che resta tuttora un documento prezioso sullo stato delle coste siciliane prima delle distruzioni recenti. Degli anni '60 sono i lavori sulla flora del litorale palermitano (DE LEO & GIACCONE, 1964; GIACCONE, 1965; GIACCONE & DE LEO, 1966) e di SORTINO (1967, 1970a, b) sulla costa meridionale. I profondi cambiamenti avvenuti nell'ultimo ventennio nell'ambito costiero siciliano impongono una revisione delle situazioni su descritte che oggi hanno per lo più un valore storico.

*Dati attuali.* — Negli anni '80 viene affrontata specificamente la problematica legata alla struttura delle praterie. Da CALVO *et al.* (1980, 1982) viene avviata una serie di ricerche sulla flora e la vegetazione dello Stagnone di Marsala contenenti la cartografia dettagliata dei banchi di *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa* nella laguna. CALVO & ORESTANO (1984) pubblicano uno studio sulle formazioni a «plateau récifal» di *Posidonia oceanica*. Gli stessi AA., in un lavoro di prossima pubblicazione, segnalano mattoni ad anello nello Stagnone e fioritura di *P. oceanica*. BUIA *et al.* (1985, in stampa) sono AA. degli unici lavori specifici compiuti nella Sicilia Sud-orientale. CORMACI *et al.* (1985a, b) segnalano la forte regressione delle praterie nella rada di Augusta. Notizie sull'estensione e lo stato delle praterie fra la costa di Gela e Capo Passero si ritrovano anche in GIACCONE *et al.* (1985b). Negli ultimi 2 anni il litorale della provincia di Palermo è stato studiato in maniera più mirata da FRADÀ-ORESTANO *et al.* (1989) e da TOCCACELI & ALESSI (1989) attraverso cartografie e studi

sulla fioritura. Per il litorale nord-orientale segnalazioni su praterie e prati provengono dai lavori di CAVALIERE (1963) sui laghi di Faro e Ganzirri (ME) e di GIACCONE & LETIZIA (1984) su Capo d'Orlando.

Le isole minori sono state oggetto di numerosi studi (BARONE *et al.*, 1978; CALVO & SORTINO, 1979; CINELLI *et al.*, 1976; GIACCONE *et al.*, 1972; 1973; 1985a): in particolare Ustica, Linosa, Pantelleria e le isole Egadi; in tutte si segnala la presenza di estese praterie che nelle Egadi formano un «continuum» con la fascia costiera del Trapanese. Unico lavoro di mappatura e fenologia è di PESSANI *et al.* (1984) nell'isola di Salina.

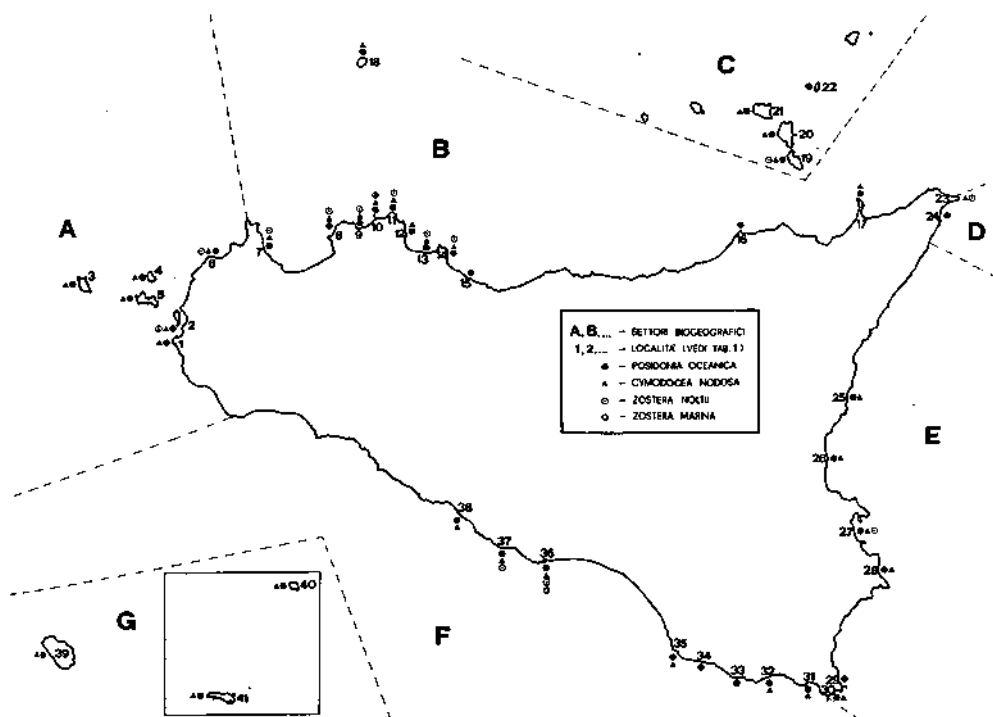


Fig. 1 - Carta della Sicilia riportante le località esaminate nei lavori e le fanerogame marine ivi presenti.

### Ricerche in corso

Le recenti indagini svolte dall'equipe del Laboratorio di Ecologia di Palermo, molte delle quali ancora in corso e in gran parte inedite, hanno accertato: a) la condizione di sofferenza dei posidonieti in quasi tutta la Sicilia Nord-occidentale a causa dell'eutrofizzazione e di un pesante silting; b) l'insediamento diretto delle praterie di *Posidonia* su roccia o in sottili coltri sedimentarie

Tab. 1 - *Elenco sistematico della letteratura esistente.*

Settori e località	Posidonia			Cymodocea	Zostera n.	Zosteram.
	SE	DE	SS			
<b>A - Sicilia Occidentale</b>						
1) Capo Lilibeo	-	25	-	25	-	-
2) Stagnone Marsala	5;8;19	25	4;6	4;5;6;19;25	5;19	-
3) Marettimo	16;19;23	-	-	16;19;23	-	-
4) Levanzo	16;19;23	-	-	16;19;23	-	-
5) Favignana	16;19;23	-	-	16;19;23	-	-
6) Trapani - S. Vito	16	-	-	16;19	16	-
<b>B - Sicilia Settentrionale</b>						
7) Zingaro - Scopello	19	-	-	16;19	16;19	-
8) Capo Rama - P.ta Raisi	16;19	-	-	16;19	16	-
9) Baia di Carini	16;19	-	30	16;19;30	16;19	-
10) Isola delle Femmine	16;19	25	30	16;19	16;19	-
11) Capo Gallo - Mondello	-	20	-	20	20	-
12) Addaura - Vergine Maria	-	13;20;25	-	20	-	-
13) Golfo di Palermo	16;19	20;25	-	16;19;20	16;19	-
14) Capo Zafferano	16;19	15	-	15;16;19	15;16;19	-
15) Baia di S. Nicola	-	-	14	-	-	-
16) Capo d'Orlando	21	-	-	-	-	-
17) Capo Milazzo	16;19	25	-	16;19;25	-	-
18) Ustica	16;7;19	-	-	17	-	-
<b>C - Isole Eolie</b>						
19) Vulcano	16;19	-	-	16;19	16;19	-
20) Lipari	16;19	-	-	16;19	-	-
21) Salina	-	-	26	-	-	-
22) Panarea	16	-	-	-	-	-
<b>D - Stretto di Messina</b>						
23) Laghi Faro e Ganzirri	-	-	-	9;19	9;19	-
24) Stretto di Messina	19	-	-	-	-	-
<b>E - Sicilia Orientale</b>						
25) Isola Lachea - Ciclopi	16	-	-	16	-	-
26) Litorale di Catania	-	25	-	25	-	-
27) Rada di Augusta	11;12	25	-	12;25	25	-
28) Litorale di Siracusa	16;19	25	-	19;25	25	-
29) Capo Passero	-	-	2;3	-	-	-
30) Isola delle Correnti	-	18	2;3	18	-	-
<b>Sicilia meridionale</b>						
31) P.ta Formiche - Porri	-	18	-	18	-	-
32) Pozzallo	-	18	-	18	-	-
33) Cava d'Aliga	-	18	-	-	-	-
34) Donnalucata - F. Irminio	-	18	-	-	-	-
35) P.ta Braccetto	-	18	-	18	-	-
36) Licata	16;19;28;29	-	-	16;19;28;29	16;19;28;29	16;19;28
37) Litorale Marina di Palma	16;19	27	-	16;19;27	16;19	-
38) F. Naro - S. Leone	-	25	-	25	-	-
<b>G - Canale di Sicilia e Pelagie</b>						
39) Pantelleria	1;7;19;24	-	-	1;7;19;24	-	-
40) Linosa	10;19;22	-	-	19	-	-
41) Lampedusa	19;22	-	-	19	-	-

su roccia, limitatamente ai substrati di natura calcarea; c) lo sviluppo di *Posidonia* su sabbie vulcaniche contenenti detriti calcarei; d) l'assenza della prateria a *Posidonia* dai fondali su substrato flyscoide e su substrati argillosi. In particolare è stata accertata una notevole estensione della prateria a *P. oceanica* soltanto nelle due cuspidi calcaree del Trapanese e delle coste Iblée. Nel Trapanese la prateria domina sui fondali infralitorali che inglobano le isole di Levanzo e Favignana, e a Sud si spinge al largo dell'Isola Lunga dello Stagnone fino a capo Feto. Sul versante meridionale della Sicilia *Posidonia* colonizza quasi esclusivamente le secche del largo, mentre lungo la costa essa viene vicariata da *Cymodocea nodosa*: questa fanerogama, da dati da noi recentemente raccolti, forma estese «pelouse» soprattutto nel golfo di Gela. Nei fondali litoranei della Sicilia sono presenti anche *Zostera marina* e *Z. noltii*; la prima è segnalata solo per il porto di Licata (SORTINO, 1970). Per *Zostera noltii* invece esistono segnalazioni per svariate località (GIACCONE, 1969; GIACCONE *et al.* 1985c); essa è per lo più associata a *C. nodosa*.

## Conclusioni

I dati storici sulle praterie a fanerogame in Sicilia sono molto carenti. Negli anni recenti diverse lacune sono state colmate e si registra un interesse crescente da parte di ricercatori siciliani, anche se attualmente la maggior mole di dati sulle fanerogame marine è sotto forma di semplice segnalazione. La tendenza attuale, anche sull'onda delle ricerche sistematicamente condotte nell'ambito del «Progetto Posidonia», è diretta verso la maggiore specializzazione degli studi e verso l'indagine fine sugli aspetti più rari ed interessanti delle praterie. Tali aspetti - récif tigrato, mattes ad anello, ecc. - sono più evidenti sui fondali costieri della Sicilia occidentale e si manifestano soprattutto nello Stagnone di Marsala. Non mancano tuttavia situazioni ecologiche di grande interesse anche sulle coste Nord-occidentali, nell'area palermitana e nelle piccole isole. Una massa di dati indiretti, desunti sia da analisi della pesca costiera che da prove di ripopolamento attraverso le barriere artificiali e censimento di biocenosi, contribuisce ad una costante rivalutazione del significato ecologico e dell'importanza economica delle praterie a *Posidonia*. È auspicabile quindi un'intensificazione degli studi sulle comunità a fanerogame marine in relazione al ruolo primario che esse rivestono in una regione biogeografica a caratteri subtropicali quale la Sicilia e le isole circumsiciliane.

## Summary

*A preliminary collection of scientific papers dealing with the seagrass communities thriving along the coasts of Sicily was undertaken within the framework of a national program aimed at amplifying and improving research and management*

of the *P. oceanica* ecosystem. Thirty basic references are listed in the present paper, as being the most representative of the state of our knowledge of the subject. Historical data are very scarce, despite the high economic interest of *P. oceanica*, once commonly used in fish markets and in craftwork. Until the sixties the only exhaustive paper was the report of a field trip along the coasts by MOLINIER & PICARD (1953). From the sixties to the seventies extensive descriptions of seagrass meadows were carried out by DE LEO & GIACCONE (1964), GIACCONE (1965), GIACCONE & DE LEO (1966), SORTINO (1967), DE LEO & GIACCONE (1970a; b), CINELLI *et al.* (1976). Our understanding of the seagrass ecology of the west coast of Sicily has steadily increased in recent years, thanks to the surveys carried out by CALVO *et al.* (1980; 1982; 1984) from Palermo University. The east coast is still very little known; the south east corner has been investigated by BUIA *et al.* (1985a), and CORMACI *et al.* (1985a, b) but it deserves much greater attention due to the outstanding role played locally by seagrass ecosystems. *Posidonia* meadows seem to be closely related to calcareous coastal plains: in fact they grow continuously along the west and the south-east coasts of Sicily, often on rock. *P. oceanica* is replaced by *Cymodocea* on non-calcareous substrata along the south as well as the north east coasts. Bibliographic references are arranged according to biogeographical subdivisions - from A to G - coded by GIACCONE *et al.* (1985c). Papers are classified as: single record (SE); description of meadows (DE); specific studies (SS). The list shows that the majority of papers concerns the west and north/west coasts, and that few data exist on the remaining coasts and on the islands.

## Bibliografia

1. BARONE R., CALVO S., SORTINO M. (1978) - Contributo alla conoscenza della flora sommersa del porto di Pantelleria (Canale di Sicilia). *Giorn. Bot.*, 112: 239-248.
2. BUIA M.C., CORMACI M., FURNARI G., MAZZELLA L. (1985) - Osservazioni sulla struttura delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile di Capo Passero (Siracusa) e studio della macroflora epifita delle foglie. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 18 (326): 463-484.
3. BUIA M.C., CORMACI M., FURNARI G., MAZZELLA L. (in stampa) - *Posidonia oceanica* of Capo Passero (Sicily - Italy): phenological features and leaf epiphytic community. 2<sup>a</sup> Int. Workshop *Posidonia oceanica* Beds; Ischia, 1985.
4. CALVO S., DRAGO D., SORTINO M. (1980) - Winter and summer submersed vegetation maps of the Stagnone (Western coast of Sicily). *Rev. Biol. Ecol. Medit*, 7 (2): 89-95.
5. CALVO S., GIACCONE G., RAGONESE S. (1982) - Tipologia della vegetazione sommersa dello Stagnone. *Naturai. Sicil.*, S. IV, VI (suppl. 2): 187-196.
6. CALVO S., ORESTANO C. (1984) - L'herbier a *Posidonia oceanica* des cotes siciliennes: les formations recifales du Stagnone. 1<sup>a</sup> Int. Workshop. *Posidonia oceanica* Beds, GIS *Posidonia* Publ.: 29-37.

7. CALVO S., SORTINO M. (1979) - Tipologia e distribuzione primaverile della vegetazione sommersa del porto di Pantelleria (Canale di Sicilia). *Inf. Bot. It.*, 11: 189-195.
8. CAVALIERE A. (1961) - Osservazioni nello Stagnone di Marsala (Sicilia). *Delpinoa* n.s. 3: 183-204.
9. CAVALIERE A. (1963) - Biologia ed ecologia della Flora dei laghi di Ganzirri e Faro, sua sistematica e distribuzione stagionale. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, XVIII (n.s.): 171-186.
10. CINELLI F., DRAGO D., FURNARI G., GIACCONE G., SCAMMACCA B., SOLAZZI A., SORTINO M., TOLOMIO C. (1976) - Flora sommersa dell'isola di Linosa (Arcipelago delle Pelagie). *Mem. Biol. Mar. Oceanogr.*, VI (5): 141-172..
11. CORMACI M., FURNARI G., GIACCONE G., COLONNA P., MANNINO A.M. (1985a) - Metodo sinecologico per la valutazione degli apporti inquinanti nella rada di Augusta (Siracusa). *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 18 (326): 829-850.
12. CORMACI M., FURNARI G., SCAMMACCA B. (1985b) - Osservazioni sulle fitocenosi bentoniche del Golfo di Augusta (Siracusa). *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 18 (326): 851-872.
13. DE LEO A., GIACCONE G. (1964) - Flora e vegetazione algale nel golfo di Palermo: litorale dell' Allaura (1° contributo). *Lav. Ist. Bot. Giard. Colon. Palermo*, 21: 89-120.
14. FRADÀ-ORESTANO C., CALVO S., ABBADESSA P., ARICÒ S. (1989) - Fioritura e fruttificazione di *Posidonia oceanica* nella baia di San Nicola (Palermo). *Oebalia*, XV-1, N.S.: 137-144.
15. GIACCONE G. (1965) - Le fitocenosi del settore rosso di Capo Zafferano. *Lav. Ist. Bot. Giard. Colon. Palermo*, 22: 5-71.
16. GIACCONE G. (1969) - Raccolte di fitobenthos sulla banchina continentale italiana. *Giorn. Bot. It.*, 103: 485-514.
17. GIACCONE G., ALESSI M.C., TOCCACELI M. (1985a) - Flora e vegetazione marina dell'isola di Ustica. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 18 (326): 505-536.
18. GIACCONE G., BATTIATO A., CORMACI M., FURNARI G. (1985b) - La campagna ecologica del «Tartaruga» sulla costa iblea della Sicilia meridionale: aspetto estivo della vegetazione. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 18 (326): 873-886.
19. GIACCONE G., COLONNA P., GRAZIANO C., MANNINO A.M., TORNATORE E., CORMACI M., FURNARI G., SCAMMACCA B. (1985c) - Revisione della flora marina di Sicilia e isole minori. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 18 (326): 537-781.
20. GIACCONE G., DE LEO A. (1966) - Flora e vegetazione algale del golfo di Palermo (II contributo). *Lav. Ist. Bot. Giard. Colon. Palermo*, 22: 251-317.
21. GIACCONE G., LETIZIA A. (1984) - Aspetto estivo delle vegetazione marina di Capo d'Orlando (ME). *Naturai Sicil.*, S. IV, VIII (1-2): 35-47.

22. GIACCONE G., SCAMMACCA B., CINELLI F., SARTONI G., FURNARI G. (1972) - Studio preliminare sulla tipologia della vegetazione sommersa del Canale di Sicilia e isole vicine. *Giorn. Bot. It.*, 106: 211-229.
23. GIACCONE G., SORTINO M. (1974) - Zonazione della vegetazione marina delle isole Egadi (Canale di Sicilia). *Lav. Ist. Bot. Giard. Colon. Palermo*, 25: 166-183.
24. GIACCONE G., SORTINO M., SOLAZZI A., TOLOMIO C. (1973) - Tipologia e distribuzione estiva della vegetazione sommersa dell'isola di Pantelleria. *Lav. Ist. Bot. Giard. Colon. Palermo*, 25: 103-119.
25. MOLINIER R., PICARD J. (1953) - Notes biologiques à propos d'un voyage d'étude sur les cotes de Sicile. *Ann. Inst. Oceanogr. Paris*, XVIII (4): 163-188.
26. PESSANI D., PONCINI F., VETERE M. (1984) - Premières données sur la distribution de *Posidonia oceanica* Delile autour l'île de Salina (Iles Eoliennes, Sicile). *1° Int. Workshop Posidonia oceanica Beds, GIS Posidonie Publ.*: 129-135.
27. SORTINO M. (1967) - Flora e vegetazione terrestre e marina del litorale di Palma di Montechiaro (AG). *Lav. Ist. Bot. Giard. Colon. Palermo*, 23: 195-304.
28. SORTINO M. (1970a) - Flora e vegetazione portuale della costa meridionale della Sicilia. I. Flora sommersa del porto di Licata (Agrigento). *Lav. Ist. Bot. Giard. Colon. Palermo*, 24: 175-192.
29. SORTINO M. (1970b) - Flora e vegetazione portuale della costa meridionale della Sicilia. II. La vegetazione del porto di Licata (Agrigento). *Lav. Ist. Bot. Giard. Colon. Palermo*, 24: 227-245.
30. TOCCACELI M., ALESSI M.C. - (1989) - Cartografia biocenotica delle praterie a fanerogame marine della baia di Carini (Sicilia nord-occidentale). *Oebalia*, XV-1, N.S.: 341-344.

L. ARGENTI \*

E. TARAMELLI \*

R. MATTEUCCI \*\*

R. ARGANO \*

\* Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo dell'Università,  
viale dell'Università 32, 00185 Roma (Italia)

\*\* Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università, 00185 Roma (Italia)

## NOTIZIE PRELIMINARI SUI POPOLAMENTI VAGILI DI FORMAZIONI CORALLIGENE INFRALITORALI AL LARGO DI S. SEVERA (ROMA)

### Abstract

Coralligenous formations in the central Tyrrhenian coast: the vagile fauna

*Column-like coralligenous structures from the central Tyrrhenian Sea infralittoral zone are described, together with a preliminary study of the vagile fauna. The Amphipod fraction is composed of 34 species; most of them, like the dominant species *Corophium acherusicum* and *Tritaeta gibbosa*, are typical of hard bottoms with detritus.*

**Key-words:** Coralligenous formations, benthos, vagile fauna, Amphipods.

In località Grottini presso S. Severa (Civitavecchia-Roma) il fondale degrada dolcemente raggiungendo la profondità di 30 m circa a 3 Km da riva, passando da una fascia sabbiosa con dominanza di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, ad una fascia di fondo essenzialmente roccioso e coperto da alghe.

Tra i 6 e i 12 metri di profondità il substrato è intervallato (con frequenza di 1 ogni 200 m<sup>2</sup> circa) da conche colmate da materiali bioclastici, al centro di ognuna delle quali si osserva una formazione colonnare di circa 50 cm di altezza e di circa 20 cm di diametro, completamente isolata dal resto del substrato.

Due aspetti sono apparsi degni di analisi: l'origine e la struttura di tali formazioni ed i popolamenti ad esse associate.

Da una prima analisi compiuta su una sezione di queste rocce appare che queste sono prevalentemente biocostruite da Corallinacee e Briozoi incrostanti e fortemente perforate da Alghe, Spugne Clionidi, Molluschi Bivalvi. Queste strutture inglobano una matrice finemente detritica che sembra costituita da un riempimento secondario quasi contemporaneo. Si tratta quindi di situazioni che ricordano le formazioni coralligene studiate da SARÀ (1969) per la costa adriatica Pugliese.



La forma colonnare delle formazioni da noi studiate facilita il campionamento: possono essere infatti distaccate completamente dal fondo e asportate entro sacchi di nylon con maglie di 0,5 mm di diametro in modo che non vengano persi gli organismi vagili associati. Per lo studio dei popolamenti sono state asportate tre formazioni complete alla profondità di 9 m, nei mesi di marzo, agosto, novembre 1985. Nel popolamento vegetale domina *Halimeda tuna* (Ellis & Solander) Lamouroux che lo ricopre quasi completamente, dalla base alla sommità. A questa alga è associato il mollusco sacoglossa *Bosellia mimetica* Trinchese.

Per quanto riguarda la fauna vagile risultano dominanti, per numero di specie e di individui, i Copepodi, i Policheti e i Crostacei Peracaridi, soprattutto Anfipodi. In particolare, la taxocenosi ad Anfipodi, ascrivibile nel complesso alle biocenosi ad alghe fotofile dell'infralitorale, è costituita da 34 specie appartenenti a 31 generi e 22 famiglie. Su ognuna delle strutture colonnari asportate, il numero delle specie e il numero degli individui risulta praticamente costante. Il numero delle specie/individui per ognuno dei tre campioni è, rispettivamente, 26/334, 26/443 e 24/439. Dominano specie quali *Corophium acherusicum* (Costa), particolarmente abbondante nei campionamenti di agosto e novembre, e *Tritiaeta gibbosa* (Bate), insediate tra gli interstizi e le microcavità di queste formazioni e considerate specie tipicamente legate alla presenza del detrito. Relativamente abbondanti sono inoltre *Amphilochus neapolitanus* Della Valle, *Erichthonius punctatus* (Bate) e *Photis longicaudata* Bate & Westwood.

Tra gli Isopodi merita di essere citato *Pleurocope dasyura* Walker, un minuscolo asellota relativamente raro.

Un'analisi complessiva del popolamento è in corso di elaborazione.

## Bibliografia

SARÀ M. (1969) - Research on coralligenous formations: problems and perspectives. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 37 (suppl.): 124-134.

D. BEDULLI

A. PIVA

Museo di Storia Naturale dell'Università 12,  
Via dell'Università, 43100 Parma (Italia)

## IL POPOLAMENTO INTERTIDALE DI UNA LAGUNA DEL DELTA DEL PO

### Abstract

An intertidal macrobenthic association in the Po Delta

*The intertidal macrobenthic association of a lagoon in the Po Delta is considered; the water-level variation during the spring-tide is about 120 cm. On the tidal flat between MLWS and MTL the intertidal assemblage resembles the subtidal one, but presents a higher density; above the MTL only few species live.*

**Key-words:** Adriatic-Sea, lagoons, intertidal habitat, macrobenthos.

Scopo del presente lavoro è l'analisi del popolamento macrobentonico di fondo mobile di una fascia intertidale. In particolare si vuole verificare se tale associazione è semplicemente la stessa della zona subtidale, ma in forma impoverita, o se presenta caratteristiche peculiari. L'ambiente preso in esame è la Sacca del Canarin, una laguna salmastra con fortissime variazioni di salinità (variazione annuale compresa fra 4‰ e 28‰), con un'escursione massima della marea di 120 cm, in cui il sedimento silt-argilloso si presenta sempre nerastro ed estremamente ridotto ( $Eh < -250$  mV), mentre nella fascia intertidale sabbiosa, oggetto di questa indagine, il sedimento appare ossidato nei primi 2 centimetri ( $Eh$  medio ad 1 cm di profondità = + 60 mV). Su un transetto perpendicolare alla linea di spiaggia sono state individuate una serie di stazioni ubicate rispettivamente: nella zona subtidale 50 cm al di sotto del livello minimo delle maree sigiziali (- 50), al livello minimo delle maree sigiziali (0), al livello medio del mare (+ 50), a metà fra le due stazioni suddette (+ 25) e a metà fra il livello medio del mare e il livello massimo raggiunto dalle maree sigiziali (+ 75). Sono inoltre state considerate due stazioni di riferimento, la prima posta in una zona della laguna a ridotto idrodinamismo (A), la seconda nella zona centrale che risente degli effetti della marea entrante (B). Nel giugno 1987 per

ogni stazione sono stati prelevati tre campioni con benna Van Veen ( $6 \text{ dm}^2$ ) che sono stati setacciati su vaglio con maglie di 1 mm.

L'analisi della struttura del popolamento (condotta mediante l'indice di similarità di Sanders) ha permesso di evidenziare la sostanziale omogeneità di composizione del popolamento bentonico fra le stazioni subtidali e quelle intertidali. Questo può essere imputato al fatto che le specie presenti in questo ambiente sono ad ampio potenziale ecofisiologico e che quindi possono facilmente adattarsi alle condizioni dell'intertidale. Il popolamento è infatti sempre dominato da *Hydrobia stagnalis* (Baster), che in alcune stazioni costituisce più del 90% degli individui, da *Neanthes succinea* (Leuckart), da *Streblospio shrubsolei* (Buchanan) e da *Corophium orientale* Schellenberg. Per quanto riguarda la fascia intertidale il popolamento presenta alcune caratteristiche di rilievo: il medio mare (+50) sembra rappresentare il limite della distribuzione di buona parte delle specie come *Cerastoderma glaucum* (Poiret), *Mytilaster minimus* (Poli) e *Polydora ciliata* (Johnston); alcune specie: *H. stagnalis*, *C. orientale*, *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve) e *Lentidium mediterraneum* (O. G. Costa) mostrano invece un forte incremento numerico proprio nella fascia intertidale; infine *Sphaeroma hookeri* Leach è stato rinvenuto esclusivamente in questa zona. Da sottolineare il primo rinvenimento di *T. philippinarum* recentemente introdotto in alcune lagune come la laguna di Venezia, le lagune di Porto Caleri e di Goro.

Per quanto riguarda i parametri strutturali si può osservare quanto segue:

1) il numero medio di specie ( $\bar{S}$ ) è minimo nelle stazioni A e +75 (poco più di 5 specie), massimo nelle stazioni B e -50 (15 specie), e diminuisce gradualmente salendo lungo la fascia intertidale (Fig. 1).

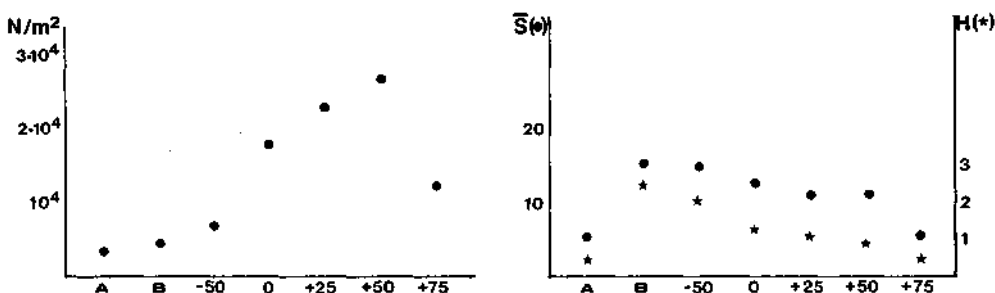


Fig. 1 - Densità, numero medio di specie ( $\bar{S}$ ) e diversità ( $H$ ) nelle stazioni subtidali ed intertidali.

2) La diversità mostra lo stesso andamento del numero medio di specie.

3) I valori più bassi di densità si riscontrano nelle stazioni subtidali (3.500 ind./m<sup>2</sup> nella stazione A); nella fascia intertidale, invece, aumentano fino al livello medio del mare (26.000 ind./m<sup>2</sup>), per diminuire nuovamente nella stazione +75 (12.200 ind./m<sup>2</sup>).

Nonostante che nella fascia intertidale esistano alcune condizioni ambientali particolarmente stressanti, come le ampie escursioni termiche, il periodico prosciugamento e la pressione di predazione da parte di uccelli e mammiferi terrestri, esse non impediscono alle specie presenti in laguna di insediarsi con elevate densità. Un fenomeno simile è stato già segnalato da BACHELET & BOUCHET (1980-81) e da ANDERSON (1972). A nostro avviso il principale fattore che permette il cospicuo insediamento di alcune specie lagunari nell'intertidale è costituito dalla presenza di un substrato sabbioso discretamente ossidato. Al di sopra del livello medio del mare (+ 75), tuttavia, la prolungata esposizione permette la sopravvivenza solo di un popolamento molto ridotto; un popolamento altrettanto impoverito si rinviene comunque anche nella stazione A. Probabilmente, tanto il debole idrodinamismo, la cospicua sedimentazione e il substrato fortemente ridotto della stazione A, quanto la prolungata esposizione della stazione + 75 rappresentano dei fattori che, pur agendo in modo diverso dal punto di vista fisiologico, operano similmente nel selezionare l'assetto biocenotico di quest'ambiente salmastro.

## **Bibliografia**

ANDERSON S.S. (1972) - The ecology of Morecambe Bay, II. Intertidal invertebrates and factors affecting their distribution. *J. Appl. Ecol.*, IX: 161-178.

BACHELET G., BOUCHET J.M. (1980-81) - Les peuplements benthiques dans l'estuaire de la Gironde: biomasse, productivité et évolution structurale. *Oceanis*, VI (6): 593-620.

M.C. BUIA

Laboratorio di Ecologia del Benthos  
della Stazione Zoologica di Napoli, 80077 Ischia Porto (Na), (Italia)

## MACROFLORA EPIFITA DELLE LAMINE FOGLIARI **DI POSIDONIA OCEANICA:** CORALLINACEAE INCROSTANTI

### Abstract

*Posidonia* leaves epiphytes: crustose coralline algae

*Crustose algae, epiphytic on P. oceanica leaves, belonging to different subfamilies within the family Corallinaceae, have been studied. The life history of the recorded species is characterized by high growth rates and high reproductive frequencies and a relatively simple crust structure. These features make these species particularly adaptive to live on such substrates in continuous spatial and temporal development as seagrasses leaves.*

**Key-words:** *Posidonia*, epiphytes, crustose algae, Corallinaceae.

Dall'analisi della successione temporale della comunità macroepifitica associata a *Posidonia oceanica*, risulta che l'insediamento primario è da ascrivere a forme incrostanti, sia molli, come le Myrionemataceae, sia calcaree, come le Corallinaceae. Entrambe queste forme prostrate germinano direttamente sulla foglia facendo registrare valori di copertura maggiori rispetto alla componente epifitica eretta, il cui sviluppo avviene successivamente (MAZZELLA *et al.*, 1989).

Viene qui esaminata solo la macroflora a Corallinaceae, rinvenuta, in differenti periodi dell'anno, nelle praterie di Ischia (CINELLI *et al.*, 1984; MAZZELLA *et al.*, in stampa) e di Capo Passero (BUIA *et al.*, 1985; BUIA *et al.*, in stampa).

Delle 6 sottofamiglie in cui le Corallinaceae sono suddivisibili (ADEY & JOHANSEN, 1972), le specie ritrovate sulle foglie appartengono alle seguenti sottofamiglie: Melobesioideae, Mastophoroideae e Lithophylloideae. La prima è rappresentata solo da *Melobesia membranacea* (Esper) Lamouroux; la seconda dalle specie *Fosliella cruciata* Bressan, *F. farinosa* (Lamouroux) Howe f. *farinosa*, *F. farinosa* f. *callithamnioides* (Foslie) Chamberlain, *Pneophyllum confervicolum* (Kuetzing) Chamberlain f. *confervicolum*, *P. confervicolum* f. *minutulum* (Foslie)

Chamberlain; *P. lejolisii* (Rosanoff) Chamberlain e *P. zonale* (P. et H. Crouan) Chamberlain; le Lithophylloideae sono presenti con due specie, *Titanoderma litorale* (Suneson) Cormaci et Furnari e *Titanoderma hapalidioides* (P. et H. Crouan) Cormaci et Furnari. Tutte queste specie ritrovate sono caratterizzate dalla relativa semplicità della loro struttura nonostante la diversa posizione tassonomica (CABIOCH, 1972; BRESSAN, 1980). In particolare, quelle esclusivamente epifitiche, come *P. lejolisii*, presentano un tallo monostromatico, mentre quelle epibiontiche o sassicole, come la maggior parte delle *Titanoderma*, hanno un tallo pluristratificato. La persistenza negli stadi adulti di caratteri neotenici, quali la struttura monostomatica del tallo e la mancata formazione di un vero e proprio peritallo, si contrappone alla complessità strutturale dei concettacoli, analoga a quella dei taxa più evoluti delle stesse sottofamiglie. In ogni stagione dell'anno si riscontrano sulle foglie contemporaneamente talli in vari stadi di crescita e di riproduzione, a partire dai dischi germinativi fino ai talli fertili. Ciò dimostra elevati tassi di crescita e brevità nel completamento del ciclo biologico, tipici delle efemeroficee (FELDMANN, 1978), che si contrappongono a quelli più lenti di altre Corallinaceae a diversa struttura, come alcune articolate, in genere perenni e nelle quali si può assistere ad una sorta di quiescenza delle spore prima della progenesi.

Le specie rinvenute rappresentano dal punto di vista strutturale il gradino evolutivo più basso delle varie sottofamiglie di appartenenza, all'interno delle Corallinaceae. Si può così ipotizzare che la loro semplicità strutturale, accompagnata da cicli vitali caratterizzati da elevati tassi di crescita ed alte frequenze riproduttive, conferiscano a queste alghe una notevole adattabilità al particolare substrato costituito dalle foglie delle fanerogame, in continua evoluzione sia spaziale sia temporale.

## Bibliografia

ADEY W.H., JOHANSEN H.W. (1972) - Morphology and taxonomy of Corallinaceae with special reference to *Clathromorphum*, *Mesophyllum* and *Neopolyporolithon* gen. nov. (Rodhophyceae, Cryptonemiales). *Phycologia*, 11 (2): 159-180.

BRESSAN G. (1980) - La polarité cellulaire dans la progénèse des *Fosliella* (Corallinacées). *Giorn. Bot. Ita.*, 114: 15-24.

BUIA M.C., CORMACI M., FURNARI G., MAZZELLA L. (1985) - Osservazioni sulla struttura delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile di Capo Passero (Siracusa) e studio della macroflora epifita delle foglie. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 18 (326): 463-484.

BUIA M.C., CORMACI M., FURNARI G., MAZZELLA L. (in stampa) - *Posidonia oceanica* of Capo Passero (Sicily, Italy): phenological features and leaf algal epiphytic community. *Proc. II Int. Workshop on Posidonia oceanica Beds*.

CABIOCH J. (1972) - Etude sur les Corallinacées. II. La morphogenèse: conséquences systématique et phylogénétiques. *Cahiers de Biologie Marine*, 23: 137-288.

CINELLI F., CORMACI M., FURNARI G., MAZZELLA L. (1984) - Epiphytic macroflora of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves around the island of Ischia (Gulf of Naples). *Intern. Workshop Posidonia oceanica Beds*. Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. & Olivier J. (eds.), GIS Posidonie Publ., 1: 91-99.

FELDMANN J. (1978) - Les Algues. In: *Précis de Botanique. 1. Vegetaux inférieurs*. Abbayes et al. (eds.), Masson: 95-320.

MAZZELLA L., SCIPIONE M.B., BUIA M.C. (1989) - Spatio-temporal distribution of algal and animal communities in a *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadow. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 10 (2): 107-129.

I. LAZZARETTO

B. SALVATO

A. LIBERTINI

Dipartimento di Biologia dell'Università, via Loredan 10, 35131 Padova (Italia)

## EFFETTO COMBINATO DELLA SALINITÀ E DELLA DENSITÀ DI POPOLAZIONE SUL COPEPODE ARPACTICOIDE *TIGRIOPUS FULVUS*

### Abstract

Effects of salinity and population density on *Tigriopus fulvus*

*The individual and combined effects of salinity and larval crowding on some biological parameters of the species Tigriopus fulvus were investigated. Survival, minimum generation time and percentage of ovigerous females were affected by the highest degree of salinity and crowding. In addition, at the highest population density, the number of unripe females increased greatly. The biological significance of these results are discussed.*

**Key-words:** Salinity, crowding, interaction, population, Copepods.

È stato dimostrato sperimentalmente in diversi organismi che sia il grado di affollamento larvale, sia le variazioni di salinità possono influenzare in misura significativa alcuni dei principali parametri biologici.

Gli esperimenti riportati in questo lavoro sono stati effettuati per verificare gli effetti individuali e combinati della salinità e dell'affollamento larvale sulla biologia del Copepode *Tigriopus fulvus*. È stato formulato un piano sperimentale fattoriale a due variabili (salinità e affollamento) e due livelli ( $S=20\%$  e  $S=50\%$ ;  $D1=1$  nauplio/cm<sup>3</sup> e  $D2=2$  nauplii/cm<sup>3</sup>). È stata eseguita anche una prova in doppio ( $S1,5=35\%$ ,  $D1,5=1,5$  nauplii/cm<sup>3</sup>) ai valori intermedi di  $S$  e  $D$  per consentire la valutazione statistica dei risultati (Box *et al.*, 1978). In particolare, gruppi di 20 e 40 nauplii (per un totale di 400 individui per prova) sincronizzati alla nascita sono stati posti in due diverse serie di recipienti contenenti 20 cm<sup>3</sup> di acqua di mare a salinità rispettivamente del 20 e 50% ; contemporaneamente sono state allestite due serie di controllo in cui 30 nauplii venivano allevati in acqua di mare al 35%. La quantità di cibo somministrato era proporzionale al numero dei nauplii e comunque in eccesso in tutte le serie sperimentali. I parametri misurati sono: sopravvivenza da nauplio ad



adulto, rapporto sessi, intervallo minimo di generazione e fecondità (su 30 femmine per prova).

I risultati ottenuti (Tab. 1) indicano che sia la salinità che il grado di affollamento influenzano la sopravvivenza, la percentuale di femmine ovigere e l'in-

**Tab. 1** - Nella sezione A) sono riportati i risultati ottenuti per le quattro condizioni sperimentali e le due serie di controllo; nella sezione B) la stima degli effetti delle singole variabili e della loro interazione sui vari parametri secondo la procedura descritta da Box et al. (1978). La significatività degli effetti è valutata per confronto con l'errore standard della serie di controllo. Il segno positivo indica proporzionalità diretta tra il valore della variabile e il suo effetto. Viceversa il segno negativo indica proporzionalità inversa. Lo stesso vale per i segni delle interazioni. I valori significativi sono contrassegnati dall'asterisco.

## A)

S	D	S-D	Sopravv.	Femmine/ popolaz.	Femmine ovigere	Femmine immature	Nauplii/ Femmina	Intervallo Minimo
-	-	+	0,936	0,47	0,53	0,06	14,2	23
+	-	-	0,847	0,49	0,21	0,10	3,8	32
-	+	-	0,880	0,50	0,23	0,31	12,8	27
+	+	+	0,633	0,63	0,17	0,20	1,8	37
(+-)	(+-)	+	0,920	0,64	0,49	0,07	13,3	24
(+-)	(+-)	+	0,905	0,63	0,44	0,11	13,8	25

S = salinità: + = 50‰; - = 20‰; (+-) = 35‰.

D = densità: + = 2n/cm<sup>3</sup>; - = 1n/cm<sup>3</sup>; (+-) = 1,5n/cm<sup>3</sup>.

## B)

	Valore medio parametri	Salinità	Densità di popolazione	Interazione
Sopravv.	0,83	- 0,17 ± 0,01*	-0,14 ± 0,01*	-0,08 ± 0,01*
% Femmine	0,52	+ 0,08 ± 0,09	+0,09 ± 0,09	+0,06 ± 0,09
% Ovigere	0,29	-0,19 ± 0,04*	-0,17 ± 0,04*	+0,13 ± 0,04*
% Immature	0,17	- 0,04 ± 0,02*	+0,18 ± 0,02*	-0,08 ± 0,02*
Nauplii/♀	8,20	-10,70 ± 0,35*	-1,70 ± 0,35*	-0,30 ± 0,35
Int. min.	30	+ 9,50 ± 0,70*	-4,50 ± 0,70	-0,50 ± 0,70

tervallo minimo di generazione; il grado di affollamento ha inoltre un effetto consistente sulla percentuale di femmine immature. Gli effetti di questi fattori sulla sopravvivenza, anche se significativi, sono relativamente modesti se confrontati con il valore medio della variabile; risultano invece molto forti nei riguardi della percentuale di femmine ovigere e di quella di femmine immature. L'interazione sinergica tra le due variabili è significativa nei riguardi della sopravvivenza, della percentuale di femmine ovigere e di quella di femmine immature; in particolare risulta notevole sulla percentuale di femmine ovigere indicando che il processo di maturazione è controllato non solo da un parametro ambientale come la salinità, ma anche e sinergicamente dalla densità di popolazione. Come è da attendersi, la percentuale di femmine immature risulta influenzata in maniera inversa da questi fattori; in questo caso però l'interazione è dominata dalla densità di popolazione. Il numero dei nauplii per femmina e l'intervallo minimo di generazione risentono entrambi fortemente della salinità, solo l'intervallo di generazione risente anche del grado di affollamento.

Sembra plausibile attribuire gli effetti della salinità alle corrispondenti variazioni osmotiche; gli effetti dell'affollamento si ritiene siano da attribuire, più che ad un effetto genericamente tossico dovuto a cataboliti, all'azione di qualche composto chimico, probabilmente ad azione ormonale, rilasciato nel mezzo. Questa ipotesi è confortata dai risultati ottenuti con un test effettuato utilizzando due gruppi di nauplii, rispettivamente a densità D1 e D4 (4 nauplii/cm<sup>3</sup>), posti in un recipiente diviso in due comparti equivalenti da un setto filtrante che tuttavia non consente il passaggio degli animali. Gli individui dei due comparti, allevati in acqua al 35‰, hanno esibito eguale ritardo nei tempi di sviluppo e mortalità elevata degli individui in fase di maturazione avanzata.

## Bibliografia

BOX G.E.T., HUNTER W.G., HUNTER J.S. (1978) - *Statistics for experimenters*. John Wiley & Sons, New York.

R. MANCONI

S. SABA

L.A. CHESSA

Istituto di Zoologia dell'Università, Via Muroli 25, 07100 Sassari (Italia)

## MORFOLOGIA DELLE APPENDICI BOCCALI DI *LIOCARCINUS ARCUATUS* (LEACH) (CRUSTACEA DECAPODA, BRACHYURA)

### Abstract

Mouthparts morphology of *Liocarcinus arcuatus* (Leach)

*To clarify the morphofunctional specialization of the mouthparts of the Crustacea Liocarcinus arcuatus, scanning electron microscopy was used to study their structural organization. The arrangement of setae and their role are also discussed.*

**Key-words:** *Liocarcinus arcuatus*, mouthparts morphology, diet, SEM.

*Liocarcinus arcuatus*, che presenta un vasto areale di distribuzione Atlantico-Mediterraneo, è diffuso nelle praterie di *Posidonia oceanica* e nelle zone costiere a bassa profondità (LEDOYER, 1968). La specie ha attività notturna ed appartiene al gruppo trofico degli onnivori-detritivori con modeste attitudini alla predazione (CHESSA *et al.*, 1989). Per indagare ulteriormente sulla posizione di *L. arcuatus* all'interno di questa vasta categoria trofica si è ritenuto necessario un approfondimento delle conoscenze sulla specializzazione morfo-funzionale delle appendici boccali. Lo studio morfologico dell'apparato boccale costituisce, infatti un valido ausilio per la definizione delle strategie alimentari di una specie inoltre la relazione esistente tra struttura delle appendici boccali e dieta, è indicativa al fine di chiarire le modalità di assunzione del cibo. Nel presente lavoro è stata esaminata la morfologia dell'apparato boccale di *L. arcuatus*, nonché la disposizione e struttura microscopica dei diversi tipi di setole (KUNZE & ANDERSON, 1979; KROPP, 1986).

Le raccolte sono state effettuate nella prateria di *Posidonia* della rada di Alghero. Gli esemplari sono stati fissati in formaldeide al 5% ed in laboratorio si è proceduto alla dissezione, disidratazione e sonicazione delle singole appendici, il materiale è stato metallizzato con lo Sputter Coater S150A Edwards e osservato al microscopio elettronico a scansione DS130 ISI.

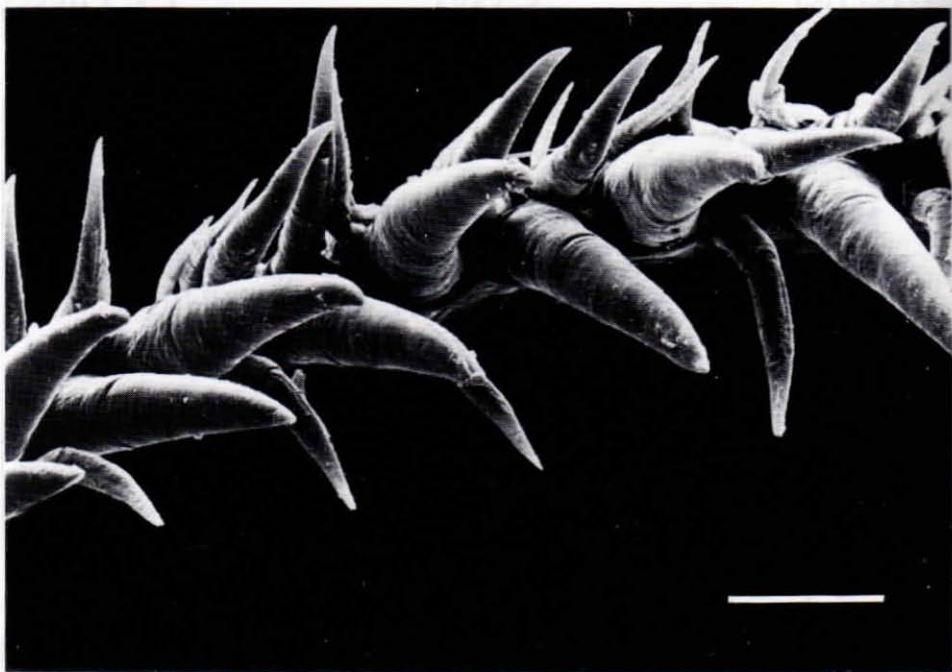


Fig. 1 - Spine sul margine della lacinia media della prima mascella (— = 100  $\mu$ m).

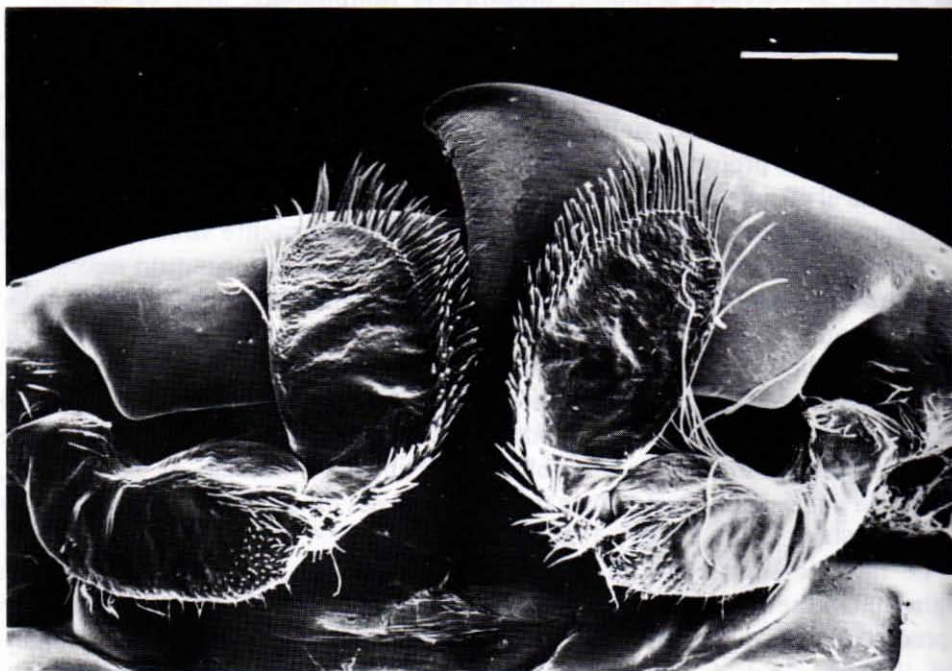


Fig. 2 - Visione frontale delle mandibole con palpi (— = 600  $\mu$ m).

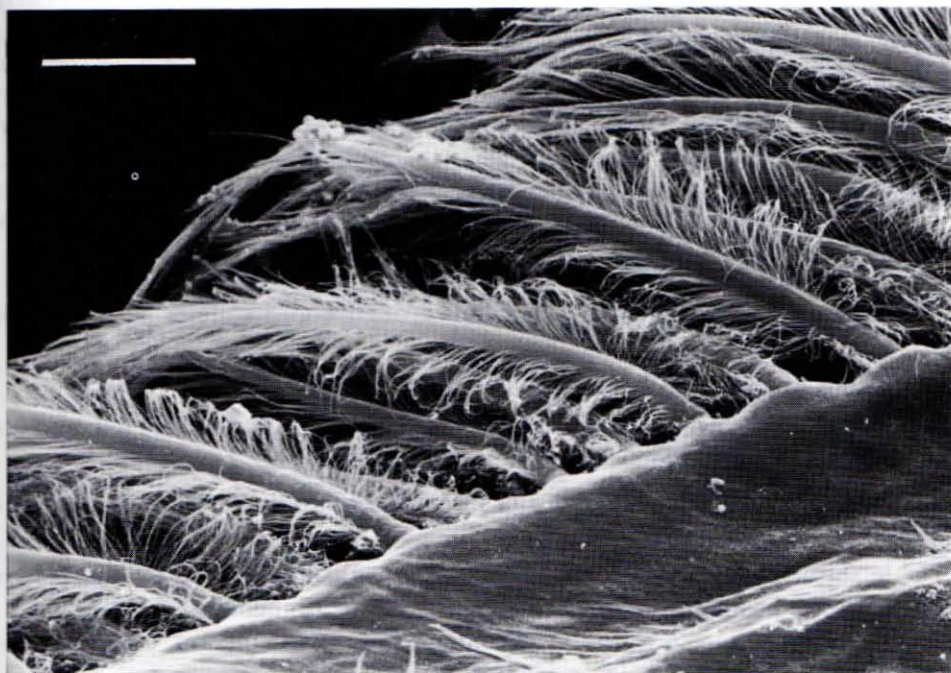


Fig. 3 - Setole piumose dello scafognatite della seconda mascella (— = 22  $\mu$ m).



Fig. 4 - Setole serrate (a forma di cucchiaio) del dattilopodite (endopodite del terzo massillipede) (— = 27  $\mu$ m).

Dall'analisi risulta che:

- a) i massillipedi (Mxp) 1°, 2° e 3° hanno tre tipi di setole
  - semplici, distribuite lungo i margini degli articoli;
  - serrate, localizzate sull'apice del palpi (2° e 3° Mxp) con una tipica conformazione a cucchiaino;
  - piumose, riunite in ciuffi alla base dell' ischiopodite del 2° Mxp;
- b) sulle mascelle (Max) sono presenti:
  - spine, sul margine della lacinia media della 1° Max (Fig. 1);
  - setole semplici, disposte sul margine degli enditi e della lacinia media della 1° e 2° Max;
  - setole piumose, sul margine dello scafognatite della 2° Max;
- c) le mandibole presentano setole semplici sui margini dei palpi e il margine mediano del processo incisivo è liscio e tagliente (Fig. 2).

In base alla micromorfologia e alla specializzazione funzionale delle setole è ipotizzabile quanto segue:

- le setole piumose (2° Mxp, 2° Max - Fig. 3) filtrano le particelle sospese nella corrente respiratoria in uscita dalle camere branchiali;
- le setole serrate a forma di cucchiaino (Fig. 4) raccolgono, selezionano e convogliano il cibo verso le appendici più interne;
- le spine della 1° Max svolgono un'azione triturante;
- il margine del processo incisivo della mandibola agisce sul materiale più coriaceo, come dimostrato dalle impronte presenti nel particolato di *Posidonia* (CHESSA *et al.*, 1989). Dal confronto fra la morfologia dell'apparato boccale e la composizione della dieta, emerge come la struttura microscopica di talune appendici (Es. 2° e 3° Mxp) possa ben correlarsi col comportamento onnivoro-detritivoro (ALTEVOGT, 1957). Resta da chiarire come si espliciti l'azione delle appendici boccali e dei chelipedi al diversificarsi dell'alimentazione: significative informazioni in questo senso potrebbero ottenersi con lo studio delle tecniche di manipolazione del cibo messe in atto dalla specie e del suo comportamento alimentare.

## Bibliografia

ALTEVOGT R. (1957) - Untersuchungen zur Biologie, Ökologie und Physiologie indischer winkerkrabben. *Z. Morphol. Oekol. Tiere* 46, 1-110.

CHESSA L.A., SCARDI M., SABA S., FRESI E. (1989) - Consumatori nelle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile: 4. *Liocarcinus arcuatus* (Leach) (Decapoda Brachiura). *Oebalia*: XV-1, N.S.: 109-118.

KROPP R.K. (1986) - Feeding biology and mouthparts morphology of three species of coral gall crabs (Decapoda: Cryptochiridae). *Journal of Crustacean Biology*, 6 (3): 377-384.

KUNZE J. & ANDERSON D.T. (1979) - Functional morphology of the mouthparts and gastric mill in the hermit crabs *Clibanarius taeniatus* (Milne-Edwards), *Clibanarius virescens* (Krause), *Paguristes squamosus* Mc Culloch and *Dardanus setifer* (Milne-Edwards) (Anomura: Paguridae). *Aus. J. Mar. Freshwater Res.*, 30: 683-722.

LEDOYER M. (1968) - Ecologie de la faune vagile des biotopes Méditerranéen accessibles en scaphandre autonome. IV. Synthèse de le étude écologique. *Rèc. Trav. St. Mar. Endoume*, 60 (44): 129-295.



S. PIRAINO \*

C. MORRI \*\*

\* Dipartimento di Genetica, Biologia Generale e Molecolare  
dell'Università, via Mezzocannone 8, 80134 Napoli (Italia)

\*\* Istituto di Zoologia dell'Università, via Balbi 5, 16126 Genova (Italia)

## ZONAZIONE DI IDROIDI EPIFITI IN UNA LAGUNA COSTIERA DELLA SICILIA NORD-OCCIDENTALE

### Abstract

Epiphytic hydroid zonation in a north-western Sicilian lagoon

*The distribution of living organisms in physically controlled ecosystems, such as coastal lagoons, may be regulated by biotic interactions. The zonation of the hydroid community in the Stagnone lagoon is deeply influenced by substratum typology, as well as by the hydrodynamic gradient of «confinement».*

*The phenotypic variations of hydroids provide a useful tool in the assessment of environmental gradients.*

**Key-words:** Hydroids, substratum, zonation.

La zonazione orizzontale delle comunità bentiche di ecosistemi lagunari sembra determinata da un gradiente essenzialmente idrodinamico che interviene, direttamente o indirettamente, nella modulazione degli altri parametri fisici e chimici. Questa visione può tuttavia risultare parzialmente riduttiva, soprattutto rispetto alle interazioni dirette che si realizzano fra le componenti viventi del sistema. Con riguardo a tali interazioni, è stato analizzato l'andamento della distribuzione, nello spazio e nel tempo, del popolamento di idroidi di una laguna costiera, in rapporto alle influenze esercitate dai principali parametri ambientali e dalla tipologia del substrato sulla zonazione, sulla composizione in specie e sulle variazioni morfo-funzionali osservate a livello intraspecifico. Lo Stagnone di Marsala (TP) è un braccio di mare litoraneo la cui mesologia è condizionata da un ridotto idrodinamismo, bassi fondali, immissione ridotta d'acque dolci e, conseguentemente, da una grande variabilità dei valori di temperatura e di salinità. Lo Stagnone è inoltre caratterizzato dalla assenza Pressoché totale di substrati rocciosi: i campionamenti sono stati pertanto effettuati sulle praterie di *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa* che ricoprono



la maggior parte dei fondali del bacino. Gli scarti termoalini fra le aree campionate non sembrano svolgere un ruolo significativo nella zonazione degli idroidi, analogamente a quanto è già stato osservato nelle lagune dissalate (MORRI & BIANCHI, 1982). Il clustering globale (Fig. 1) delle osservazioni effettuate in tre

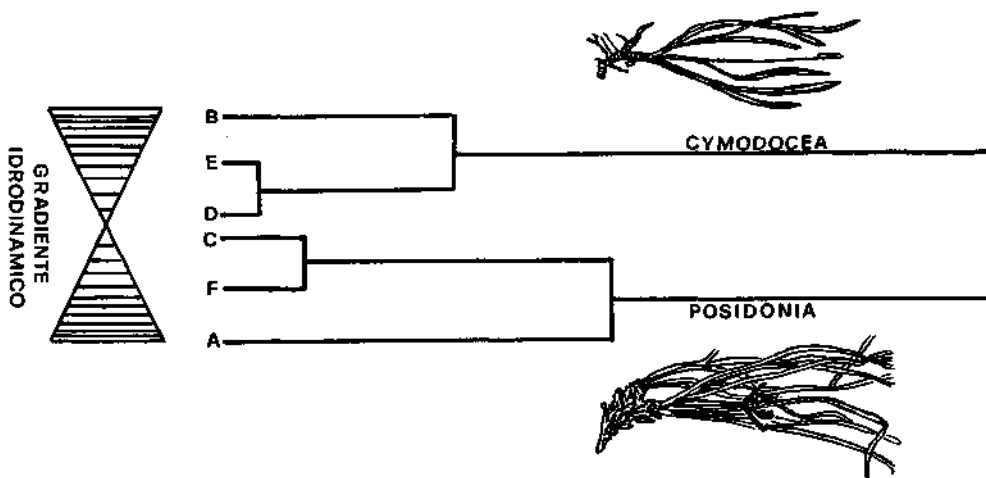
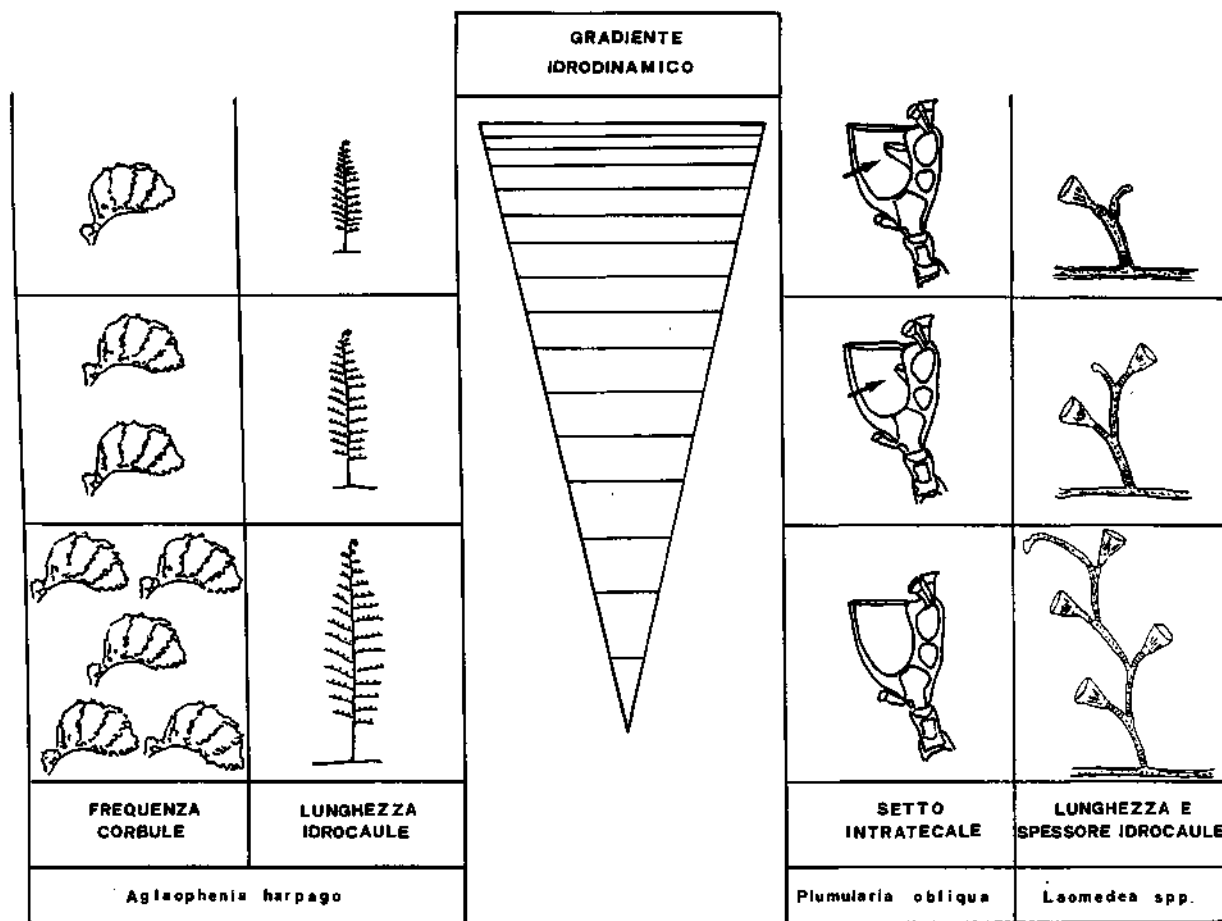


Fig. 1 - Dendrogramma delle affinità complessive fra le sei zone di campionamento (minimum variances clustering).

campagne di prelevamento (due primaverili, una autunnale) e relative al popolamento di idroidi epifiti mostra una netta separazione fra le stazioni di *Posidonia* e le stazioni di *Cymodocea*. All'interno di ciascun raggruppamento le stazioni esterne, contrassegnate da un livello di energia ambientale più elevato, si separano dalle stazioni più interne e riparate del bacino. La dispersione delle comunità di idroidi epifiti deriva dalla interazione di due gradienti principali di substrato (*Posidonia-Cymodocea*) e di «confinamento». Le specie meno condizionate da una affinità per il substrato fungono da cerniera fra i due popolamenti epifiti caratteristici di *Posidonia* e di *Cymodocea*, mostrando fluttuazioni stagionali più ampie rispetto a tali popolamenti e una maggiore variabilità nei limiti di ingressione e di trasgressione all'interno ed all'esterno della laguna.

Grazie alla loro plasticità strutturale, gli idroidi risultano di estrema utilità nella valutazione dei gradienti ambientali, proprio per le rilevanti modificazioni intraspecifiche strutturali e funzionali cui vanno soggetti. In Fig. 2 sono state schematizzate le principali variazioni osservate con la riduzione dello stress idrodinamico lungo il gradiente di confinamento, quali l'allungamento dell'idrocaule, la diminuzione dello spessore del perisarco o la scomparsa di strutture ancoranti, come il setto intratecale di *Plumularia obliqua*, fenomeno già osservato da BOERO (1981) lungo un gradiente batimetrico. L'incremento della frequenza di gonozoidi è correlabile alla riduzione dell'idrodinamismo e può



**Fig. 2** - Schema delle principali variazioni morfo-funzionali osservate a livello intraspecifico: risposte biologiche allo stress idrodinamico.  
Zonazione di idroidi epifiti 309

essere oggetto di controversa interpretazione. Questo fenomeno difatti è stato osservato in *Aglaophenia harpago*, idroide che è stato altrove più comunemente rinvenuto in praterie di *Posidonia* (in ambiente non lagunare) al di sotto dei 5-10 m. Nello Stagnone la riduzione dell'idrodinamismo potrebbe ricreare anche ai livelli più superficiali una condizione ambientale ottimale per la comparsa dei gonozoidi. STEBBING (1980) ha tuttavia osservato sperimentalmente che organismi coloniali come gli idroidi, dotati sia di riproduzione asessuata che di quella sessuata, mantenuti in condizioni ottimali di crescita, si sviluppano esclusivamente per via vegetativa, e che solo l'induzione di stress ambientali aspecifici provoca la comparsa della sessualità. In quest'ottica, pertanto, l'incremento dei gonozoidi osservato in *A. harpago* all'interno delle praterie di *Posidonia* dello Stagnone potrebbe essere considerato come una risposta adattativa tendente a controbilanciare l'approssimarsi dei valori estremi di tolleranza fisiologica dei parametri ambientali mediante la produzione di uno stadio non più sessile, le planule, che sono capaci di allontanarsi, sia pur limitatamente, da un ambiente divenuto sfavorevole, e che soprattutto, sono caratterizzate da nuovi genotipi, con rinnovate probabilità di successo per lo sviluppo delle nuove colonie.

## Bibliografia

- BOERO F. (1981) - Systematics and ecology of the hydroid population of two *Posidonia oceanica* meadows. P.S.Z.N. I: *Marine Ecology*, 2 (3): 181-197.
- MORRI C, BIANCHI C.N. (1982) - Contributo alla conoscenza degli Idrozoi lagunari italiani: distribuzione di idropolipi lungo un gradiente ambientale nella laguna di Chioggia. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 50 (suppl.): 270-274.
- STEBBING A.R.D. (1980) - Increase in gonozooid frequency as an adaptive response to stress in *Campanularia flexuosa*. In: *Developmental and Cellular Biology of Coelenterates*. Tardent P. & R. (eds), Amsterdam: 27-32.

P. PORCILE \*

N. REPETTO \*\*

M. WURTZ \*

\* Istituto di Anatomia Comparata dell'Università,  
Via Balbi 5, 16126 Genova (Italia)

\*\* Cooperativa C.B.M., Via Monte Sleme 20/c, 16126 Genova (Italia)

## COMPORTAMENTO ALIMENTARE DI GIOVANI SPARIDI IN UNA PRATERIA DI *POSIDONIA OCEANICA* DEL MAR LIGURE

### Abstract

Feeding behaviour of young Sparidae of the Ligurian sea

*The diet of young Sparidae living in a Posidonia bed of the Ligurian Sea has been studied. Three groups of feeding behaviour have been identified in the eight examined species. The first group consists of Diplodus annularis, Diplodus vulgaris, and Diplodus sargus, the second of Pagellus erythrinus and Pagrus pagrus, and the third of Dentex dentex, Spondyliosoma cantharus and Puntazzo puntazzo.*

**Key-words:** *Posidonia oceanica*, Sparidae, Feeding, Ligurian Sea.

Il comportamento alimentare di individui immaturi di otto specie di Sparidi (*Dentex dentex*, *Spondyliosoma cantharus*, *Puntazzo puntazzo*, *Diplodus annularis*, *Diplodus vulgaris*, *Diplodus sargus*, *Pagellus erythrinus*, *Pagrus pagrus*) è stato studiato utilizzando campioni ottenuti dalle campagne di pesca destinate alla valutazione degli effetti della pesca a strascico nella fascia costiera, entro tre miglia dalla costa o 50 m di profondità (Ministero Marina Mercantile, IRPEM Ancona). I campionamenti effettuati nel periodo 1982-83, con frequenza mensile, hanno interessato la zona compresa tra Punta Celle e Punta dell'Olmo, situata a levante della città di Savona caratterizzata da una estesa prateria di *Posidonia oceanica* tra 5 e 20 m di profondità.

Complessivamente sono stati esaminati 407 individui di taglia compresa tra 4 e 20 cm LT. Il numero di individui studiati e il coefficiente di vacuità relativo a ciascuna specie ( $n^\circ$  stomaci vuoti  $\cdot 100/N^\circ$  stomaci esaminati) sono riportati nelle ultime due righe di Tab. 1.

La stessa tabella riporta per specie la frequenza delle prede (F%), cioè la percentuale di stomaci in cui una data specie è stata rinvenuta almeno una volta. Policheti e Crostacei risultano i gruppi più frequenti nei contenuti gastrici. Tut-

Tab. 1 - Frequenze percentuali delle prede identificate nei contenuti gastrici di otto specie di Sparidi. Ultime due righe: numero di individui esaminati, coefficiente di vacuità per specie studiata.

Specie Cat. prede	<i>D. annularis</i> F%	<i>D. vulgaris</i> F%	<i>D. sargus</i> F%	<i>S. cantharus</i> F%	<i>D. dentex</i> F%	<i>P. pagrus</i> F%	<i>P. erythrinus</i> F%	<i>P. puntazzo</i> F%
Porifera	-	-	-	-	-	-	-	100
Hydroida	35	-	-	9	-	-	-	100
Actiniaria	6	29	-	2	-	2	1	-
Turbellaria	1	-	-	11	-	-	1	-
Bryozoa	6	-	-	-	-	-	-	90
Gasteropoda	11	-	29	2	-	9	3	-
Bivalvia	6	14	-	-	-	2	4	30
Cephalopoda	-	-	-	-	-	6	1	-
Polych. err.	12	29	14	17	-	59	45	20
Polych sed.	29	57	29	2	-	18	36	-
Crustacea	98	29	-	100	-	14	22	20
Decapoda rep.	11	14	43	67	-	26	16	-
Decapoda nat.	1	-	-	44	-	14	11	-
Pantopoda	2	-	-	-	-	-	-	-
Echinodermata	10	-	14	-	-	21	14	-
Tunicata	4	-	-	-	-	-	-	10
Osteichthyes	6	14	14	12	100	29	9	-
Tallophtya	22	-	-	12	-	15	3	50
<i>P. oceanica</i>	46	57	29	26	-	29	8	100
Non identif.	10	-	14	2	20	8	3	50
Sedimento	60	100	86	11	-	26	32	80
N. indiv. esam.	87	12	11	66	8	73	140	10
Coeff. vacuità	5	22	36	0	37	9	19	0

tavia, ad esclusione di *D. dentex* che si ciba prevalentemente di Teleostei, lo spettro alimentare delle specie esaminate risulta relativamente ampio, con frequenze elevate per gran parte delle categorie alimentari. Ne deriva un insieme di diete poco specializzate, qualitativamente molto simili tra loro, a carattere prevalentemente carnivoro, realizzate catturando prede indifferentemente sulle foglie e sui rizomi di *P. oceanica* e nel sedimento.

I grafici di Fig. 1 consentono di raggruppare le diverse tipologie alimentari sulla base dell'andamento delle percentuali cumulative del numero di prede identificate in ciascuna specie studiata.

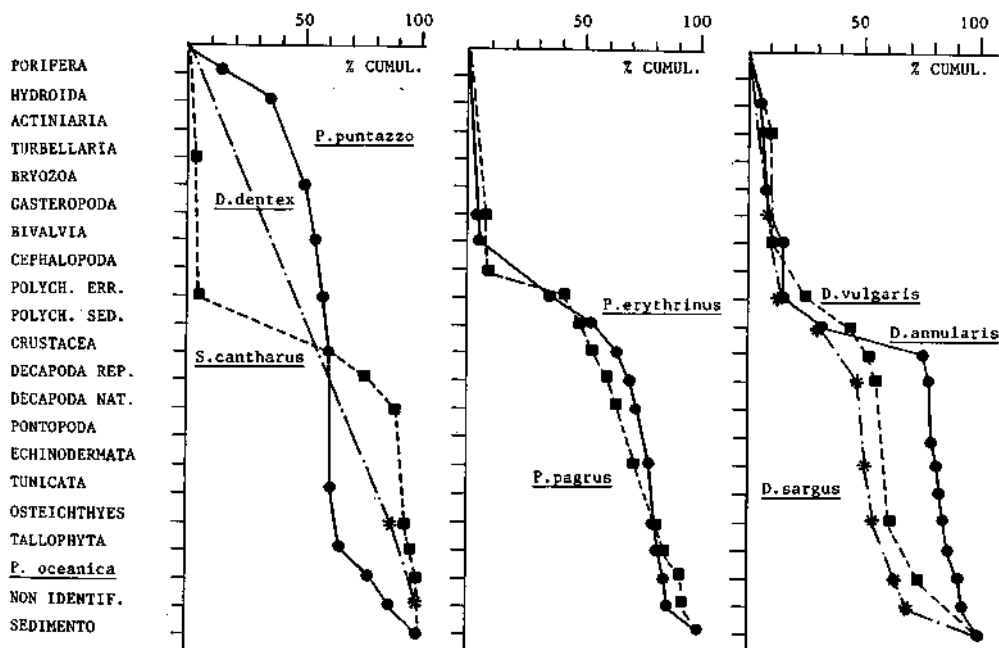


Fig. 1 - Percentuali cumulative del numero di prede conteggiate nei contenuti gastrici di ciascuna specie studiata.

Si ottengono così due gruppi composti rispettivamente da specie del genere *Diplodus* e da *P. erythrinus* e *P. pagrus*. Un terzo gruppo è stato composto, per comodità di trattazione, riunendo i grafici relativi a *P. puntazzo*, *D. dentex* e *S. cantharus*. Queste ultime specie in realtà presentano diete diverse tra loro e rispetto agli altri due gruppi. Solo per *S. cantharus* si può intravedere una sovrapposizione alimentare con *D. annularis*, in particolare a carico dei Crostacei.

Le diete di *D. vulgaris* e *D. sargus* risultano qualitativamente molto simili, coerentemente alle abitudini di queste due specie che spesso si aggregano durante le fasi giovanili. Analogo comportamento mostrano *P. pagrus* e *P. erythrinus*, e anche in questo caso la composizione quali-quantitativa della dieta risulta molto simile, unica differenza è data dalla presenza di Cefalopodi nella prima specie e Bivalvi nella seconda, evidenziando per *P. pagrus* la tendenza a cibarsi anche di prede vagili.

Sia dai grafici di Fig. 1, sia dai valori percentuali di Tab. 1 è possibile rilevare che *P. oceanica*, in quanto tale, non svolge un ruolo importante nella

alimentazione delle specie studiate (ad eccezione di *P. puntazzo*), ma piuttosto lo ha in quanto «ecosistema». Questi risultati confermano quanto osservato da CHESSA *et al.*, (1982) e BELL & HARMELIN-VIVIEN (1983); per questi autori l'alta percentuale di Crostacei rinvenuti nei contenuti stomacali suggerisce che l'energia dal livello detritivoro a quello carnivoro, nell'ecosistema *Posidonia*, fluisce sostanzialmente attraverso Decapodi e Anfipodi. Tuttavia riguardo a questo deve essere evidenziata l'importanza del ruolo dei Policheti erranti e sedentari, almeno per i primi due gruppi di predatori da noi esaminati.

## **Bibliografia**

BELL J.D., HARMELIN-VIVIEN M.L. (1983) - Fish fauna of french Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. 2. Feeding habits, *Téthys*, 11: 1-14.

CHESSA L.A, FRESI E., SOGGIU L. (1982) - Primi dati sulla rete trofica dei consumatori in una prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 50 (suppl.): 156-161.

G. PROCACCINI \*

M.B.

SCIPIONE \*\*

\* BIOSERVICE SOC. Coop. a r.l, Vico S. Domenico 9, 80134 Napoli (Italia)

\*\* Laboratorio di Ecologia del Benthos, Stazione Zoologica di Napoli,  
80077 Ischia Porto (Na) (Italia)

## IL POPOLAMENTO AD ANFIPODI DEL LAGO FUSARO

### Abstract

The Amphipod populations of the Fusaro coastal lagoon

*The spatial-temporal distribution of the Crustacean Amphipods in the coastal lagoon of Fusaro (Naples, Italy) was studied. The populations, mainly «physically controlled», present a zonation from the outside to the innerside of the lagoon. The lagoon metabolism during the year seems to influence the structure of the Amphipod populations.*

Key-words: Coastal lagoons, benthos, Amphipoda, spatial-temporal distribution.

Nell'ambito di un programma di rivalutazione ambientale e produttiva del lago Fusaro, laguna costiera dell'area flegrea, Napoli (Italia), è stato intrapreso uno studio riguardante la distribuzione spazio-temporale delle zoocenosi bentoniche. Nel presente lavoro viene esaminata la frazione a Crostacei Anfipodi, che costituisce una delle principali componenti dei sistemi lagunari. Il lago Fusaro, laguna eualina, con una superficie di circa 97ha, ha il fondo costituito da fango, localmente misto a sabbie fini e detrito organogeno, e le sponde da banchine artificiali. Durante l'estate sono frequenti le crisi distrofiche. Per ulteriori dati sulla mesologia e biologia della laguna si rimanda a CARRADA (1973).

I campionamenti sono stati effettuati, nel giugno, luglio e novembre 1985 e nel gennaio e marzo 1986, in 4 stazioni, disposte lungo un transetto dalla parte più interna a quella più esterna della laguna, 2 su fondo duro, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub> (-0.2m, grattaggio 20x20cm) e 2 su fondo mobile, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (-2.5m, benna Ekman, 15x15cm) (Fig. 1). Sui dati ottenuti sono state calcolate la ricchezza specifica, l'abbondanza, la dominanza quantitativa (DI%) e la diversità (indice di Shannon-Wiener).

Nei 20 campioni esaminati sono state rinvenute 14 specie, appartenenti a 6 famiglie ed 11 generi, per un totale di 63615 individui. Di questi il 53.7% era presente nei campioni raccolti su fondo duro. Solo il 50% delle specie presen-



tava una  $DI\% > 1$ ; di queste le più abbondanti, *Corophium insidiosum* Crawford (53.5%), *Elasmopus rapax* A. Costa (14.8%), *Microdeutopus gryllotalpa* A. Costa

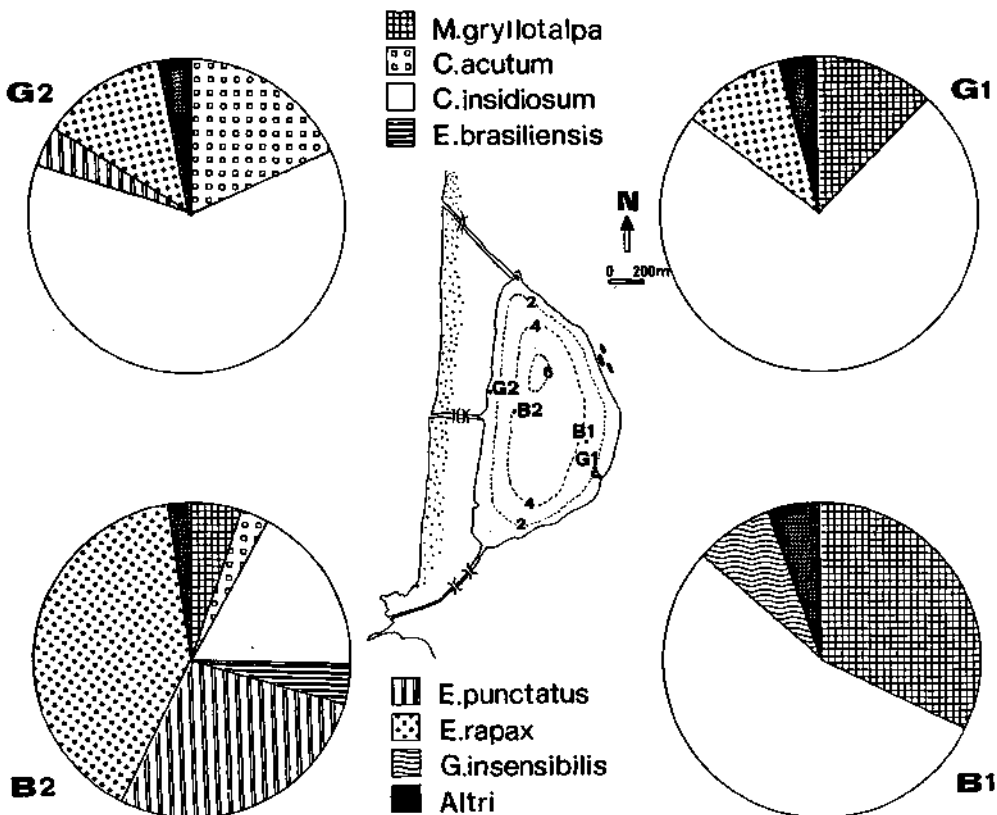


Fig. 1.

(12.3%), *Erichthonius punctatus* (Bate)(7.3%) e *Corophium acutum* Chevreux (7.0%), sono specie di ambienti di moda calma e con elevata sedimentazione (lagune, porti, ecc.). Il 72% delle specie era presente su entrambi i substrati, mentre *Jassa marmorata* Holmes, *Hyale peneri* Lucas e *Caprella equilibra* Say sono state rinvenute solo su substrato duro ed *Echinogammarus pungens* Milne Edw., *Melita hergensis* Reid e *Pariambus typicus* (Krøyer) solo nelle stazioni su substrato mobile. *C. insidiosum* contribuisce a mantenere alto il valore delle abbondanze dell'intero popolamento, soprattutto in inverno e primavera, risultando la specie fortemente dominante lungo tutto il transetto, ad eccezione di B<sub>2</sub>, dove viene sostituita da *E. punctatus* in giugno (37.8%) e da *E. rapax* in luglio (87.4%). *M. gryllotalpa* presenta le maggiori  $DI\%$  nelle stazioni interne, in particolare nei mesi invernali ed a livello del fondo (B<sub>1</sub> gennaio: 54.9%), mentre *C. acutum* presenta dominanze maggiori nelle stazioni esterne, e in particolare

in quella di substrato duro, indipendentemente dalla stagione (Fig. 1). Durante l'anno sono stati riscontrati valori più o meno costanti del numero di specie, sempre più bassi nelle stazioni interne, ad eccezione del mese di marzo. Il numero di individui nel materiale proveniente dai grattaggi raggiunge un massimo primaverile, con un forte decremento estivo ed un successivo lieve aumento nel periodo autunnale, con valori sempre più alti in G<sub>2</sub>, mentre in quello proveniente dalle bennate non si evidenzia un chiaro trend.

Nel complesso il popolamento sembra caratterizzato da una buona ricchezza specifica, anche per la presenza di specie (9) non ancora segnalate nel lago Fusaro (DIVIACCO, 1982) e del Caprellidae *P. typicus*, non ancora rinvenuto in ambiente lagunare. La buona affinità riscontrata tra la composizione dei popolamenti dei due diversi substrati è dovuta probabilmente alla presenza sul fondo di strutture organogene, di detrito conchigliare e di una ricca fioritura algale in alcune stagioni. Le fluttuazioni osservate nel numero di individui sembrano seguire i ritmi del metabolismo lagunare.

La Diversità presenta valori alquanto ineguali sia nell'arco dell'anno che lungo il transetto preso in esame (Fig. 2). Fa eccezione il mese di gennaio dove sembra esistere una forte coerenza dei popolamenti tra tutte le stazioni esa-

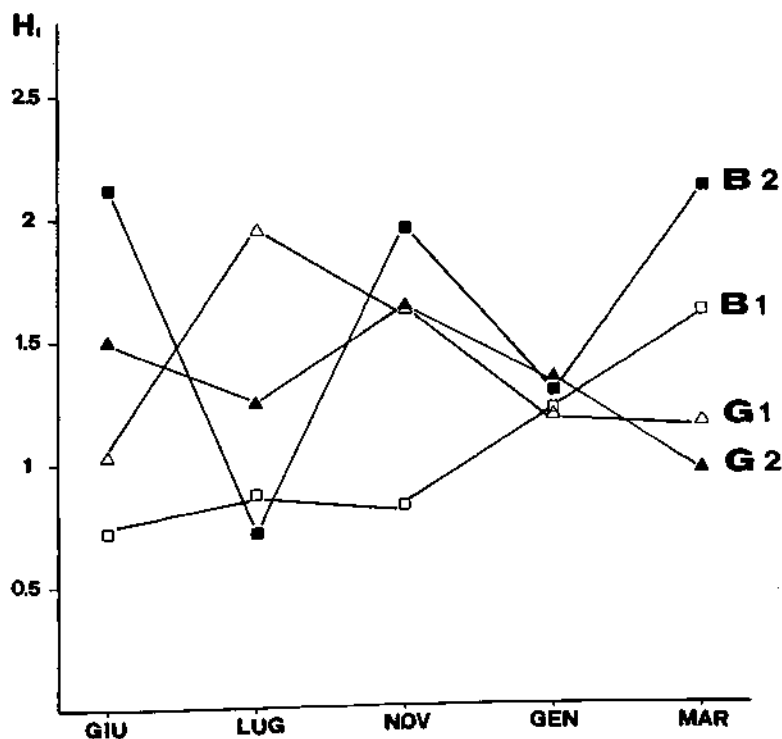


Fig. 2.

minate. Le oscillazioni più forti si riscontrano in B<sub>2</sub>, con i valori più bassi in luglio, quando probabilmente a livello del fondo, in entrambe le stazioni, si cominciano a sentire gli effetti di una situazione predistrofica. I bassi valori riscontrati in alcune stazioni sono dovuti principalmente alla ridondanza di *E. rapax*, *E. punctatus* e *C. acutum* nei mesi estivi e di *C. insidiosum* e *M. gryllo-talpa* nei mesi invernali e primaverili.

## Bibliografia

CARRADA G.C. (1973) - Profilo ecologico di una laguna salmastra flegrea: il lago Fusaro. *Archo Oceanogr. Limnol.*, **18** (suppl.): 145-164.

DIVIACCO G. (1982) - Note sui Crostacei Anfipodi delle lagune laziali e campane. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, **50** (suppl.): 173-177.

V. ROMAIRONO \*

C. FASCIANA \*\*

S. GERACI \*\*\*

\* Istituto per la Corrosione Marina dei Metalli,  
Via Mercanzia 4, 16123 Genova (Italia)

\*\* Istituto di Anatomia Comparata dell'Università,  
Via Balbi 5, 16126 Genova (Italia)

\*\*\* C.N.R., Istituto Sperimentale Talassografico,  
Via Roma 3, 74100 Taranto (Italia)

## ALCUNI PARAMETRI CULTURALI NELL'ALLEVAMENTO E SVILUPPO DEGLI EMBRIONI IN *BALANUS AMPHITRITE* DARWIN

### Abstract

Rearing and development of embryos in *Balanus amphitrite*

*The importance of salinity, animal diet and settlement density have been studied to improve laboratory culture of Balanus amphitrite.*

*The data, obtained from 24 cultures, show that the most important factor among the three considered is settlement density, whose reduction from 1-4 individuals/cm<sup>2</sup> to less than 1 individual/cm<sup>2</sup>, leads to an improvement both in barnacle-growth and in the number of embryos.*

**Key-words:** Barnacles, *Balanus amphitrite*, laboratory rearing, development of embryos.

In vista dell'ottimizzazione delle colture di laboratorio di Cirripedi è stata studiata, presso l'Istituto per la Corrosione Marina dei Metalli, C.N.R. (Genova), l'influenza di alcuni parametri sull'accrescimento somatico e sullo sviluppo degli embrioni in *Balanus amphitrite*. Le singole colture, seguite per circa 5 mesi, provenivano dalle stesse emissioni larvali e gli individui metamorfosati sono stati allevati in condizioni controllate.

I parametri mantenuti costanti nei 24 allevamenti erano: temperatura (25 °C); dieta algale (*Tetraselmis suecica* e *Monochrysis lutheri* in ragione di  $3 \times 10^6$  cellule/ml per ciascuna specie, somministrate a giorni alterni); illuminazione naturale (periodo invernale-primaverile); volume delle colture di 250 ml (acqua di mare naturale rinnovata a giorni alterni e aerazione sufficiente a mantenere la saturazione d'ossigeno). I parametri variabili erano: densità d'insediamento; dieta animale (naupli di *Artemia salina*) e salinità. Durante l'alleva-

mento alcuni individui venivano sacrificati per controllare lo stato delle gonadi tenendo conto della classificazione di CRISP (1954).

I dati ottenuti dai 24 allevamenti sono riassunti nella Tab. 1.

Da quanto riportato in Tab. 1 e in grafico (Fig. 1) si ricava che, dei tre parametri considerati, la minor densità d'insediamento appare importante nel determinare sia una migliore crescita somatica che la presenza, almeno nei primi mesi, di un maggior numero di embrioni per individuo; non si notano differenze sostanziali al variare della dieta nella percentuale di individui con

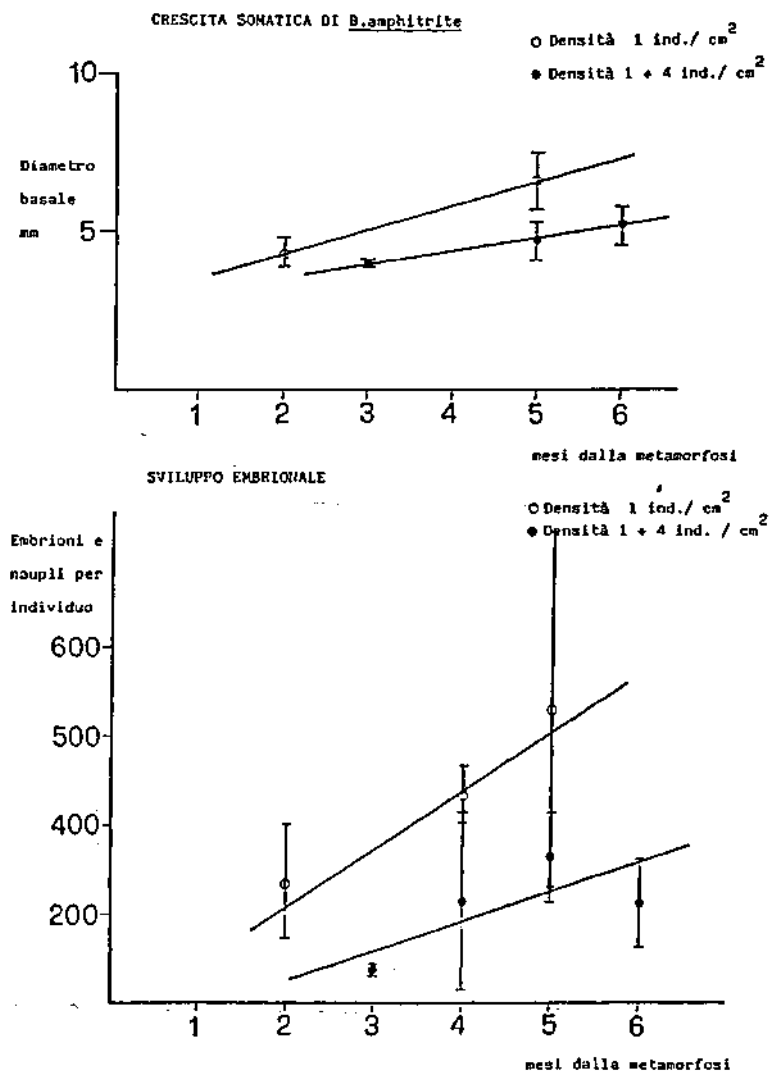


Fig. 1 - Crescita e sviluppo degli embrioni in *B. amphitrite* allevati in laboratorio a diversa densità d'insediamento.

embrioni, e si è notata una scarsa influenza della salinità sullo sviluppo degli embrioni (almeno nel range da 25 a 37‰).

**Tab. 1** - Sintesi dei dati ottenuti dai diversi embrioni in laboratorio di *B. amphitrite*.

Densità insediamento (ind./cm <sup>2</sup> )	Dieta animale peso secco mg (ind./sett.)	Salinità (‰)	Giorni	Ø basale (mm)	Quantità o % embrioni per individuo
< 1	0,15	37	150	6,5	665
1 ÷ 4	0,15	37	150	4,5	351
< 1	0,15	37	85	5,5	90%
< 1	1,50	15	85	6,0	20%
< 1	1,50	20	85	6,3	60%
< 1	1,50	25	85	6,7	100%
< 1	1,50	37	85	7,5	90%

Se ne conclude che le migliori colture, sia da un punto di vista della crescita che dello sviluppo degli embrioni in *B. amphitrite*, si possono ottenere alla temperatura di 25 °C, con una dieta a componente animale pari a 1,5 mg/settimana/individuo, con densità d'insediamento inferiori a 1 individuo/cm<sup>2</sup> e salinità comprese tra 25 e 37‰ confermando la caratteristica eurialinità della specie considerata (LANG, 1979).

## Bibliografia

- CRISP DJ. (1954) - The breeding of *Balanus porcatus* (Da Costa) in the Irish Sea. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 33: 473-496.
- LANG W.H. (1979) - Larval development of shallow water Barnacles of the Carolinas (Cirripedia: Thoracica) with keys to Naupliar Stages. *U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS circular*, 421: 1-40.

G. SANTANGELO

M. ABBIATI

Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio dell'Università,  
Via Volta 6, 56100 Pisa (Italia)

## IL POPOLAMENTO DI *CORALLIUM RUBRUM* (L.) DI CALAFURIA: NOTA PRELIMINARE

### Abstract

A preliminary study on a *Corallium rubrum* population

A *Corallium rubrum* population living between 22 and 40 m of depth, in the South Ligurian Sea was studied with photographic recording and «in situ» sampling. During a preliminary study the following features were examined: density (30 es./400 cm), minimal distance between two colonies (1 cm), dry pound (39 gr/400 cm), average height (4.6 cm), number of polyps per colony (between 60 and 300) and the average estimated age (4 years).

**Key-words:** *Corallium rubrum*, ecology, population structure, Ligurian Sea.

Il convegno sul corallo rosso del Mediterraneo occidentale, organizzato dalla FAO a Palma di Maiorca (AA.VV., 1983), ha fatto il punto sullo stato delle conoscenze sull'argomento; nonostante le ricerche svolte negli anni precedenti (tra cui quelle di LABOREL & VACELET, 1961; BARLETTA *et al.*, 1968; VIGHI, 1972; WEINBERG, 1979), diversi aspetti della biologia e della ecologia di questo Alcionario rimanevano ancora poco noti.

Oggetto di questa ricerca è il popolamento a *C. rubrum* presente nel tratto di mare antistante la località di Torre Calafuria (Fig. 1), lungo una falesia quasi continua, compresa nella fascia di profondità tra i 30 e i 45 metri. I dati riportati si riferiscono al popolamento insediato lungo le pareti rocciose di una struttura della falesia a forma di semicerchio di circa 12 m di diametro con orientamento NNW-SUD. La parete si estende da 22 a 40 m di profondità dove termina su di un fondale fangoso; la sua superficie è costituita da materiale organogeno ricco di cavità all'interno delle quali si trova un denso popolamento di corallo.

Il rilevamento mensile della temperatura della colonna d'acqua nella stazione di campionamento (Fig. 2), ha evidenziato la presenza del termoclino

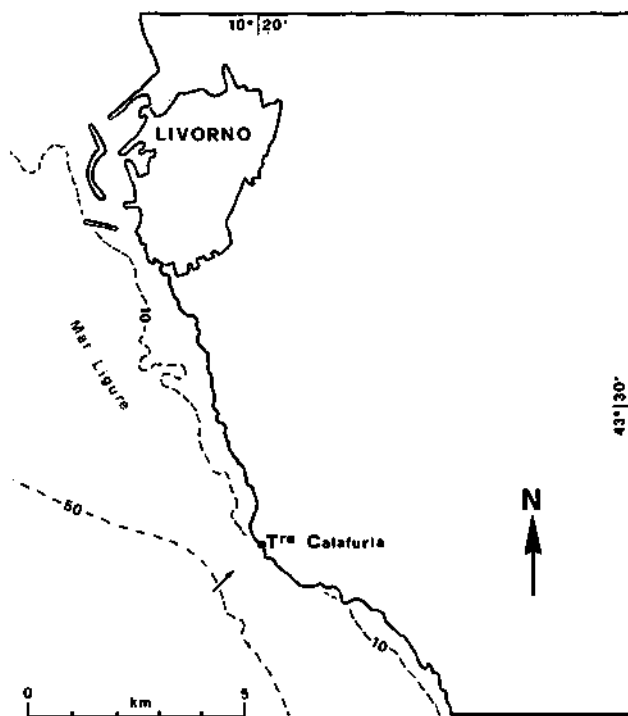


Fig. 1 - Ubicazione della stazione di campionamento (freccia).

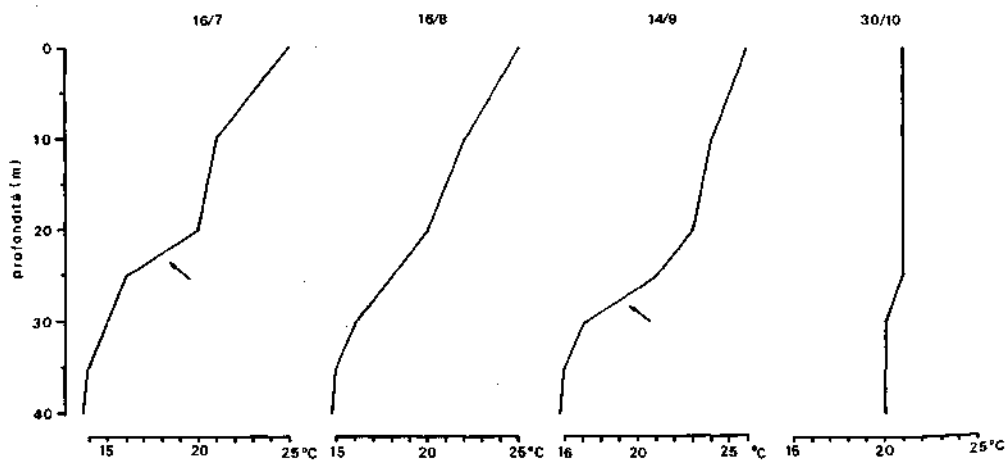


Fig. 2 - Temperature registrate alle diverse profondità nella stazione di campionamento nei mesi di luglio, agosto, settembre e novembre. Le frecce indicano la posizione del termocline.



( $T = 5^{\circ}\text{C}$ ) tra i 20 e i 25 m nel mese di luglio. In agosto presumibilmente a causa del rimescolamento degli strati d'acqua la variazione della temperatura con la profondità ha un andamento pressoché lineare. In settembre il termoclino è nuovamente rilevabile tra i 25 e i 30 m ( $T = 4^{\circ}\text{C}$ ) nel mese di settembre. Alla fine di ottobre la temperatura varia soltanto di un  $1^{\circ}\text{C}$  tra la superficie ed i 40 m. Nella fascia in cui è presente il corallo la temperatura più bassa misurata è stata di  $16^{\circ}\text{C}$  a 25 m e  $14^{\circ}\text{C}$  a 40 m in luglio e la più alta di  $20^{\circ}\text{C}$  ad entrambe le quote in ottobre. I dati riportati pur non coprendo l'intero ciclo annuale, mettono in evidenza l'ampia escursione termica a cui il popolamento è sottoposto.

Il rilevamento fotografico ha evidenziato lungo tutti i  $160^{\circ}$  della parete la presenza di un popolamento distribuito in modo discontinuo, costituito da colonie con piani di ramificazione variamente orientati gli uni rispetto agli altri.

Sono state campionate due aree di  $400\text{ cm}^2$  a 31 e 36 m di profondità; la densità media è di 30 colonie per campione con una distanza minima interindividuale di un centimetro e un peso secco medio di 39 gr. Il numero di polipi presenti nelle colonie di questo popolamento varia tra 60 e 300. La taglia media su 50 individui è risultata di 4,6 cm con una DS di 1,12 (Fig. 3). L'età media

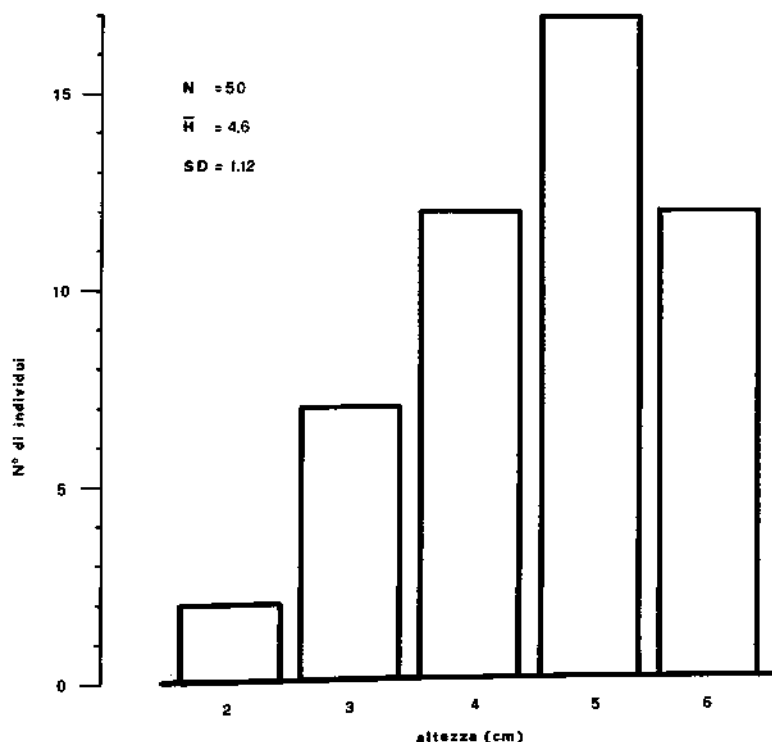


Fig. 3 - Distribuzione delle classi di taglia di 50 colonie.

delle colonie stimata in base al numero dei cerchi di accrescimento risulta essere intorno ai quattro anni. Questo valore trova conferma nella stima dell'età ottenuta applicando la formula messa a punto da GARCIA-RODRIGUEZ & MASSO (1986a, b) che mette in relazione l'età della colonia con il diametro della sua base:  $\text{età} = \text{diametro della base}/1,32$ .

Popolamenti del tipo di quello qui considerato sono frequenti lungo la costa a sud di Livorno e, data la loro distribuzione a profondità relativamente modeste, si presentano particolarmente a ricerche in situ sulla struttura e dinamica di popolazione.

## Bibliografia

AUTORI VARI (1983) - Technical consultation on red coral resources of the Western Mediterranean and their rational exploitation. *FAO Fisheries, Rep. N. 306*: 1-142.

BARLETTA G., MARCHETTI R., VIGHI M. (1968) - Ulteriori osservazioni sulla distribuzione del corallo rosso nel Tirreno. *Ist. Lombardo (Rend. Sc.) B*, **102**: 119-144.

GARCIA-RODRIGUEZ M., MASSO C. (1986a) - Estudio biométrico de poblaciones de coral rojo del litoral de Gerona. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 3 (4): 61-64.

GARCIA-RODRIGUEZ M., MASSO C. (1986b) - Algunas bases para la determinación directa de l'edad del corallo rojo. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 3 (4): 65-74.

LABOREL J., VACELET J. (1961) - Repartition bionomique du *Corallium rubrum* dans les grottes et falaises sous marines. *Rapp. P.-v. Reun. Comm. int. Explor. Scient. Mer Médit.*, 16 (2): 465-469.

VIGHI M. (1970) - Ricerche sul ciclo riproduttivo del corallo rosso (*Corallium rubrum* (L.)) del promontorio di Portofino. *Atti Ac. Naz. Lincei Mem.*, X (sez. III): 1-22.

WEINBERG S. (1979) - The light-dependent behaviour of planulae larvae of *Eunicella singularis* and *Corallium rubrum* and its implication for octocorallian ecology. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 49 (1): 16-30.

A. SOMASCHINI\*

M.F. GRAVINA\*\*

\* Dipartimento di Biologia animale e dell'Uomo dell'Università «La Sapienza»,  
Viale dell'Università 32, 00185 Roma (Italia)

\*\* Museo Civico di Zoologia, Via U. Aldovrandi 18, 00197 Roma (Italia)

## ANELLIDI POLICHETI DI UNA PRATERIA DI *POSIDONIA OCEANICA* (L.) DELILE DEL LAZIO SETTENTRIONALE (CIVITAVECCHIA)

### Abstract

Polychaetes of *Posidonia oceanica* beds of Latium (Italy)

*The Polychaete community of a Posidonia oceanica bed situated along the northern coasts of Latium (Italy) was studied. Most of the individuals were collected at the rhizome level. The environmental heterogeneity of the rhizomes proved to be important in influencing species composition of the community.*

**Key-words:** Polychaetes, *Posidonia oceanica*, Tyrrhenian Sea.

Il presente lavoro vuole fornire un contributo alla conoscenza del popolamento a Policheti delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile situate nel Lazio settentrionale a Nord-Ovest di Civitavecchia. Infatti, nei diversi studi effettuati nel Mediterraneo sulla frazione a Policheti delle praterie di *P. oceanica* (L.) Delile (ALOS & PEREIRA, in stampa; COLOGNOLA *et al.*, 1984; HARME-LIN, 1964; SAN MARTIN & VIEITEZ, 1983; GIANGRANDE, 1986), non si hanno informazioni riguardo alle coste laziali. I campionamenti sono stati effettuati, nei mesi di aprile e luglio 1983, in sei stazioni a 4 m di profondità, in una prateria di *P. oceanica* inframezzata da roccia. In ciascuna stazione sono stati prelevati dieci fasci completi di rizoma e foglie.

Sono stati raccolti complessivamente 229 individui di Policheti appartenenti a 52 taxa (Tab. 1). Questo gruppo è risultato quello a maggiore ricchezza specifica dell'intera componente zoobentonica e, per abbondanza, secondo solo agli Anfipodi.

La maggior parte degli individui campionati è stata rinvenuta nello strato dei rizomi. Solamente 8 taxa sono stati trovati in associazione con le foglie e, tra questi *Amphiglena mediterranea* è l'unica specie che risulta tipicamente associata a questo strato (COLOGNOLA *et al.*, 1984). Molte delle specie raccolte sono

Tab. 1 - Elenco tassonomico delle specie rinvenute nello strato dei rizomi e delle foglie con il relativo gruppo ecologico (GE) basato sui dati di letteratura.

	GE	aprile '83		luglio '83	
		riz.	fog.	riz.	fog.
<i>Theostoma oerstedii</i>	(AP)	1	-	3	1
<i>Prionospio cirrifera</i>	(FM)	5	-	-	-
<i>Chaetozone setosa</i>	(FM)	-	-	1	-
Cirratulidae ind.	-	-	-	1	-
Capitellidae ind.	-	2	-	-	-
<i>Pelatopectus terricola</i>	(FM)	1	-	-	-
<i>Polyophthalmus pictus</i>	(AP)	3	-	-	-
<i>Phyllodoce madeirensis</i>	(C)	1	-	-	-
<i>Phyllodoce</i> sp.	-	-	-	1	-
<i>Eulalia viridis</i>	(AP)	2	-	-	-
<i>Pterocirrus macroceros</i>	(LR)	1	-	-	-
Phyllodocidae ind.	-	2	-	-	-
<i>Pontogenia chrysocoma</i>	(HP)	-	-	2	-
Polynoidae ind.	-	-	-	1	-
<i>Syllis spongicola</i>	(C)	2	-	1	-
<i>Syllis prolifera</i>	(AP)	9	-	-	-
<i>Syllis hyalina</i>	(AP)	10	-	6	-
<i>Syllis armillaris</i>	(AP)	1	-	-	-
<i>Syllis</i> sp.	-	-	-	-	1
<i>Elhersia ferrugina</i>	(AP)	2	-	-	-
<i>Trypanosyllis zebra</i>	(C)	2	-	1	-
<i>Syllides longocirrata</i>	(FM)	-	-	2	-
<i>Pseudobrania clavata</i>	(AP)	-	1	-	-
<i>Pseudobrania limbata</i>	(C)	6	-	2	-
<i>Brania pusilla</i>	(AP)	1	-	-	-
<i>Sphaerosyllis hystrix</i>	(LR)	10	-	4	-
<i>Sphaerosyllis pirifera</i>	(LR)	10	-	1	-
<i>Exogone naidina</i>	(AP)	3	-	1	3
<i>Exogone</i> sp.	-	6	-	1	-
<i>Autolytus</i> sp.	-	1	-	-	-
Syllidae ind.	-	4	-	-	-

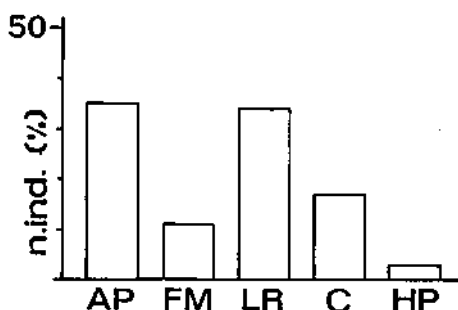
Segue: **Tab. 1** - Elenco tassonomico delle specie rinvenute nello strato dei rizomi e delle foglie con il relativo gruppo ecologico (GE) basato sui dati di letteratura.

	GE	aprile '83		luglio '83	
		riz.	fog.	riz.	fog.
<i>Nereis falsa</i>	(AP)	1	-	-	2
<i>Nereis flavipes</i>	-	1	-	-	-
<i>Nereis</i> sp.	-	1	-	-	-
<i>Platynereis dumerilii</i>	(AP)	2	-	-	-
<i>Sphaerodorum peripathus</i>	(C)	-	-	1	-
<i>Nothria conchylega</i>	(FM)	-	-	1	-
<i>Eunice vittata</i>	(C)	3	-	1	-
<i>Nematonereis unicornis</i>	(FM)	1	-	-	-
<i>Lumbrinereis gracilis</i>	(FM)	-	-	1	-
<i>Lumbrinereis funchalensis</i>	(C)	4	-	-	-
<i>Arabella iricolor</i>	(FM)	-	-	2	-
<i>Sabellaria spinulosa</i>	(FM)	2	-	1	-
<i>Sabellariidae</i> ind.	-	1	-	-	-
<i>Nicolea venustula</i>	(AP)	-	-	1	-
<i>Thelepus cincinnatus</i>	(C)	-	-	-	1
<i>Streblosoma bairdi</i>	(FM)	-	-	2	-
<i>Terebellidae</i> ind.	-	2	-	5	1
<i>Sabella fabricii</i>	(C)	-	-	1	-
<i>Amphiglena mediterranea</i>	(AP)	4	5	2	6
<i>Oriopsis armandi</i>	(AP)	1	-	-	-
<i>Chone collaris</i>	(AP)	1	-	1	1
<i>Sabellidae</i> ind.	-	3	-	-	-
<i>Hydroides pseudouncinata</i>	(HP)	1	-	1	-
<i>Hydroides</i> sp.	-	2	-	1	-
<i>Vermiliopsis striaticeps</i>	(AP)	1	-	-	-
<i>Semivermilia cribata</i>	(HP)	1	-	-	-
<i>Pomatoceros triqueter</i>	(C)	2	-	1	-
<i>Pomatoceros lamarckii</i>	(AP)	2	-	-	-
<i>Josephella marenzelleri</i>	(C)	-	-	1	-
<i>Filograna</i> sp.	(LR)	32	-	-	-
<i>Serpulidae</i> ind.	-	2	-	-	-

rappresentate da un esiguo numero di individui; non è possibile quindi evidenziare nette dominanze numeriche di alcune specie su altre.

La famiglia più rappresentata è quella dei Syllidae nella quale sono più abbondanti *Syllis prolifera*, *Syllis hyalina*, *Pseudobrania limbata*, *Sphaerosyllis hystrix*, *Sphaerosyllis pirifera* specie facilmente reperibili in diversi biotipi di fondo duro, dalle Alghe Fotofile al Coralligeno (GIANGRANDE, 1986; COGNETTI, 1957; COLOGNOLA *et al.*, 1984).

Diverse specie, tra le quali *S. hystrix* e *S. pirifera*, sono a larga ripartizione ecologica (Fig. 1). Seconde in ordine di abbondanza sono le specie comuni nella



**Fig. 1** - Strato di rizomi: composizione percentuale delle specie suddivise in gruppi ecologici. AP specie preferenziali delle Alghe Fotofile; FM specie preferenziali dei fondi mobili; LR specie a larga ripartizione ecologica; C specie ad affinità coralligene; HP specie più frequentemente rinvenute nella prateria di *Posidonia*.

biocenosi delle Alghe Fotofile: *S. hyalina*, *S. prolifera*, *Exogone naidina*, *A. mediterranea*. Rilevanti nella composizione percentuale sono inoltre le specie frequenti nelle comunità sciafile di substrato duro, facilmente reperibili anche nel Coralligeno (*Trypanosyllis zebra*, *Syllis spongicola*, *Eunice vittata*, *Lumbrinereis funchalensis*, *Pomatoceros triqueter*). Tra le specie di fondi mobili infra e circalitorali sono abbondanti *Prionospio cirrifer*, *Syllides longocirrata*, *Arabella iricolor*, *Sabellaria spinulosa*, *Streblosoma bairdi*. Solamente *Pontogenia chrysocoma*, *Hydroides pseudouncinata* e *Semivermilia cribrata* sono più frequentemente associate alle praterie di *Posidonia* (ALOS & PEREIRA, 1984; BIANCHI, 1981).

Già KERNEIS (1960) ha evidenziato nella prateria di *Posidonia* l'esistenza di due «stratocenosi» distinte: quella delle foglie, biotopo ben definito al quale è associata una componente faunistica caratteristica, e quella del rizoma, ambiente sciafilo, assai eterogeneo e caratterizzato da una fauna non esclusiva, ad affinità coralligene. L'importanza dell'eterogeneità dello strato dei rizomi nel determinare la composizione del popolamento è stata successivamente evidenziata da HARMELIN (1964). Per i Policheti è stata inoltre osservata la loro predilezione per lo strato dei rizomi (ALOS & PEREIRA, in stampa; COLOGNOLA *et al.*, 1984; GIANGRANDE, 1986).

Il presente studio conferma l'importanza dell'eterogeneità ambientale dello strato dei rizomi il cui popolamento risulta costituito da specie ad ampia ripartizione ecologica o trasgressive di altre biocenosi che non possono quindi definirsi caratteristiche della *Posidonia*. Va infatti notato che più dell'80% delle specie campionate è stato rinvenuto sempre nella stessa area a 0,30 m di profondità tra le Alghe Fotofile (SOMASCHINI & GRAVINA, 1989).

## Bibliografia

- ALOS C., PEREIRA F. (in stampa) - Étude du peuplement d'Annelides Polychètes de *Posidonia oceanica*. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*
- BIANCHI CN. (1981) - *Policheti Serpuloidei*. Guida per il riconoscimento delle specie delle acque lagunari e costiere italiane. C.N.R. Roma AQ/1/96, 5: 1-189.
- COGNETTI G. (1957) - I Sillidi del Golfo di Napoli. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 30: 1-100.
- COLOGNOLA R., GAMBI M.C., CHESSA L. (1984) - Polychaetes of the *Posidonia oceanica* (L.) Delile foliar stratum: comparative observations. In: *Int. Workshop on P. oceanica Beds*. CF. Boudouresque, A. Jeudy de Grissac et J. Olivier (eds), GIS Posidonie publ., 1: 101-108.
- GIANGRANDE A. (1986) - Policheti dei rizomi di *Posidonia oceanica* (L.) Delile (Helobiae, Potamogetonaceae di una prateria dell'isola di Ischia (Napoli). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem. Serie B*, 9: 195-206.
- HARMELIN J.G. (1964) - Étude de l'endofaune des « mattes » d'herbier de *Posidonia oceanica* Delile. *Rec. Trav. St. mar. Endoume*, 35 (51): 43-106.
- KERNEIS A. (1960) - Contribution a l'étude faunistique et écologique des herbiers de Posidonie de la region de Banyuls. *Vie Milieu*, 11 (2): 145-187.
- SAN MARTIN G., VIEITEZ J.M. (1984) - Anelidos Poliquetos de los rizomas de *Posidonia oceanica* en las costas de Cabo de Palos (Murcia, Espana). In: *Int. Workshop on P. oceanica Beds*. CF. Boudouresque, A. Jeudy de Grissac et J. Olivier (eds), GIS Posidonie publ., 1: 149-157.
- SOMASCHINI A., GRAVINA M.F. (1989) - Anellidi Policheti delle Alghe fotofile nel Lazio Settentrionale (Civitavecchia). *Oebalia*, XV-1, N.S.: 333-336.

A. SOMASCHINI\*

M.F.

GRAVINA\*\*

\* Dipartimento di Biologia animale e dell'Uomo dell' Università «La Sapienza»,  
Viale dell'Università 32, 00185 Roma (Italia)

\*\* Museo Civico di Zoologia, Via U. Aldrovandi 18, 00197 Roma (Italia)

## ANELLIDI POLICHETI DEI FONDI DURI DELL'INFRALITORALE FOTOFILO NEL LAZIO SETTENTRIONALE (CIVITAVECCHIA)

### Abstract

Polychaetes of hard infralittoral bottoms of the Latium coast

*The ecology and distribution of Polychaetes on hard infralittoral bottoms of Latium (Italy) were studied. The influence of the surrounding environmental conditions on the assemblage was investigated.*

**Key-words:** Polychaetes, photophilic algae assemblages, hard bottoms, Tyrrhenian Sea.

Viene presentata un'analisi della distribuzione degli Anellidi Policheti nella facies a *Corallina elongata* di moda battuta o semibattuta dei fondi duri dell'infralitorale fotofilo (AUGIER, 1982). Lo scopo è quello di evidenziare quei fattori ambientali che più direttamente influenzano la struttura del popolamento.

I prelievi, eseguiti a Nord di Civitavecchia con frequenza stagionale, sono stati effettuati in sei stazioni a 0.30 m di profondità (Fig. 1), in corrispondenza delle quali sono state campionate tre superfici di 400 cmq (STIRN, 1981).

Sono stati rinvenuti 116 taxa di Policheti per un totale di circa 20.000 individui. La famiglia più ricca per specie ed individui è quella dei Syllidae, prevalentemente rappresentati da: *Syllis prolifera*, *Elhersia ferrugina*, *Sphaerosyllis hystrix* e *Sphaerosyllis pirifera*. Queste specie, insieme alle altrettanto abbondanti *Platynereis dumerilii* e *Polyophthalmus pictus*, sono caratteristiche dell'orizzonte superiore della roccia infralitorale (PÉRÈS, 1954; BELLAN-SANTINI, 1969; BELLAN 1969). Altre specie molto abbondanti sono *Naineris laevigata*, *Theostoma oerstedii*, *Nematonereis unicornis* e *Lumbrinereis latreilli*, che prediligono acque calme e presenza di sedimento (BELLAN, 1969; 1980; BELLAN-SANTINI, 1969).

Nel nucleo centrale di stazioni (4N, 3N, 2N, 1), le specie dominanti e ricorrentemente presenti sono quelle legati ai substrati rocciosi (Syllidae e Nereidae)



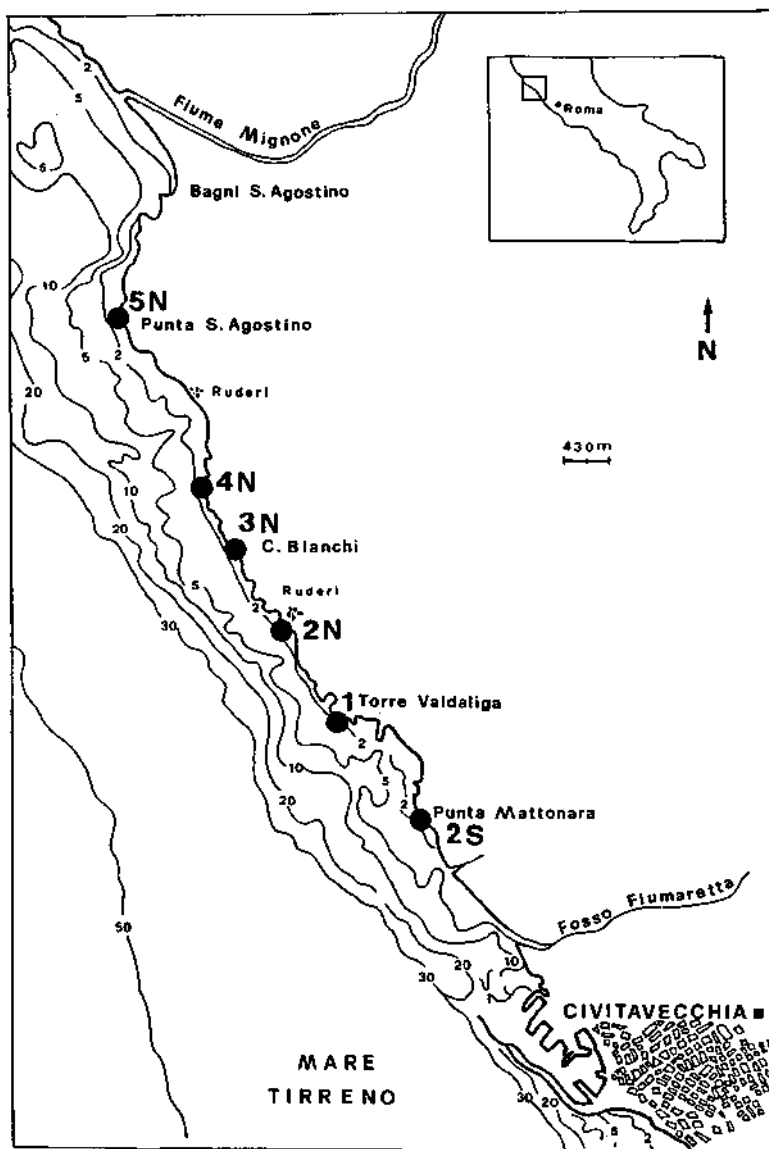


Fig. 1 - Stazioni di campionamento.

(Fig. 2). Nella stazione 5N, situata a Nord in prossimità della foce del fiume Mignone, e nella stazione 2S, posta a Sud vicino al porto di Civitavecchia, il popolamento presenta una diversa composizione: in entrambe non è dominato dai Syllidae bensì dagli Orbiniidae rappresentati da *T. oerstedii* e *N. laevigata*. Queste specie, oltre ad essere legate alla presenza del sedimento, sono già state segnalate per ambienti a bassa competizione biologica (BELLAN, 1980).

Le variazioni stagionali delle abbondanze delle specie più comuni evidenziano due diversi andamenti (Fig. 2): un primo gruppo (Orbiniidae, Capitellidae,

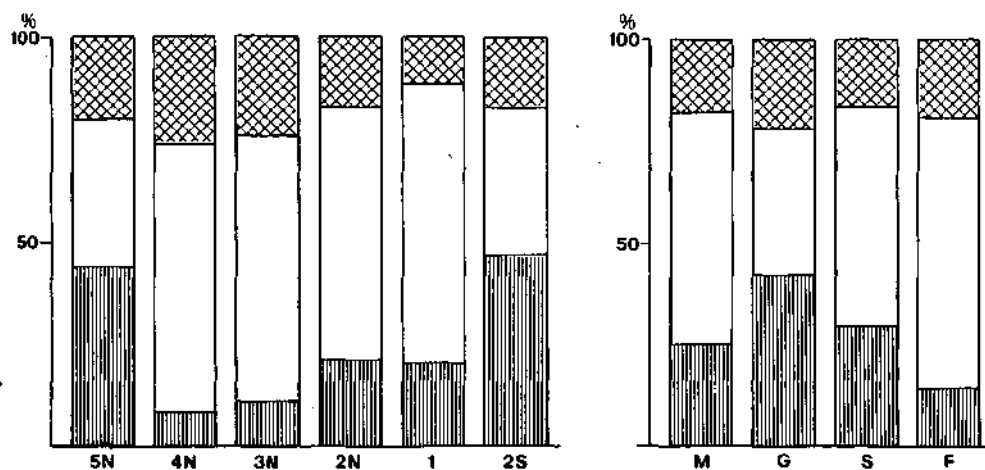


Fig. 2 - Composizione percentuale stagionale e stagionale (M marzo, G giugno, S settembre, F febbraio) delle specie di Policheti trovate.

▨ Specie legate alla presenza di sedimento (Orbiniidae, Cirratulidae, Capitellidae, Maldanidae). □ Specie legate ai substrati duri (Opheliidae, Syllidae, Nereidae, Serpulidae, Spirorbidae). ▩ Altre specie.

Cirratulidae, Maldanidae) risulta più abbondante nei campionamenti estivo ed autunnale mentre un secondo (Opheliidae, Syllidae, Nereidae, Serpulidae, Spirorbidae) presenta un picco di abbondanza in inverno.

I valori dell'indice di diversità (SHANNON & WEAVER, 1949) evidenziano un aumento del grado di strutturazione del popolamento procedendo verso Nord, in rapporto cioè all'allontanamento delle stazioni dai reflui della città di Civita-vecchia (Tab. 1); in corrispondenza della stazione 5N tuttavia, questo indice subisce un'accentuata diminuzione.

Tab. 1 - Valori dell'indice di diversità ( $H'$ ).

Stazioni	5N	4N	3N	2N	1	2S
Marzo	2,539	2,911	2,958	2,775	2,611	2,263
Giugno	2,540	3,056	2,726	2,466	2,316	1,888
Settembre	2,917	2,902	3,125	2,742	2,491	2,303
Febbraio	2,523	2,908	2,801	2,997	2,868	2,667

Dallo studio del syntaxon a Policheti si evidenziano lungo gli otto chilometri di costa seminati, due situazioni ambientali distinte:

— la zona centrale (4N, 3N, 2N, 1) caratterizzata da un popolamento tipico della biocenosi delle Alghe Fotofile con un buon grado di strutturazione dovuto alle condizioni ambientali favorevoli.

— Le stazioni estreme dell'area (5N e 2S) risentono invece dell'influenza del fiume Mignone e dell'abitato di Civitavecchia rispettivamente. Nella stazione 5N gli apporti sedimentari del fiume determinano una modificazione del popolamento qui dominato da specie di fondo mobile. Inoltre, il basso valore dell'indice di diversità fa supporre che la sedimentazione agisca come fattore di stress su un popolamento originariamente di fondo duro. Nella stazione 2S la dominanza delle medesime specie è da imputare all'eccessivo carico organico dovuto alla vicinanza del centro urbano che permetterebbe la colonizzazione delle specie più resistenti provocando, anche in questo caso, un abbassamento dell'indice di diversità.

## Bibliografia

AUGIER H. (1982) - Inventaire et classification des biocénoses marines benthiques de la Méditerranée. *Conseil de l'Europe, Section Publications ISBN 1982-92-871-0051-9*: 1-59.

BELLAN G. (1969) - Polychètes des horizons supérieurs de l'étage infralittoral rocheux dans la région provençale. *Téthys*, 1 (2): 349-366.

BELLAN G. (1980) - Annélides Polychètes de substrats solides de trois milieux pollués sur les côtes de Provence (France): Cortiou, Golfe de Fos, Vieux Port de Marseille. *Téthys*, 9 (3): 267-278.

BELLAN-SANTINI D. (1969) - Contribution à l'étude des peuplements infralittoraux sur substrats rocheux (étude qualitative et quantitative). *Rec. Trav. St. mar. Endoume*, 47 (63): 1-294.

PÉRÈS J. (1954) - Contribution à l'étude des Annélides Polychètes de la Méditerranée occidentale. *Rec. Trav. St. mar. Endoume*, 13 (2): 83-154.

SHANNON C, WEAVER W. (1949) - The mathematical theory of communication. The University of Illinois Press, Urbana: 1-117.

STIRN J. (1981) - Manual of methods in aquatic environment research. Part. 8. Ecological assessment of pollution effects. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 208: 1-70.

P. SORDINO \*

M.C. GAMBI \*\*

\* BIOSERVICE SOC. Coop. a r.l., Vico S. Domenico 9, 80134 Napoli (Italia)

\*\* Laboratorio di Ecologia del Benthos, Stazione Zoologica di Napoli,  
80077 Ischia Porto (Na) (Italia)

## IL POPOLAMENTO A POLICHETI DEL LAGO FUSARO

### Abstract

Polychaetes of the Fusaro lagoon

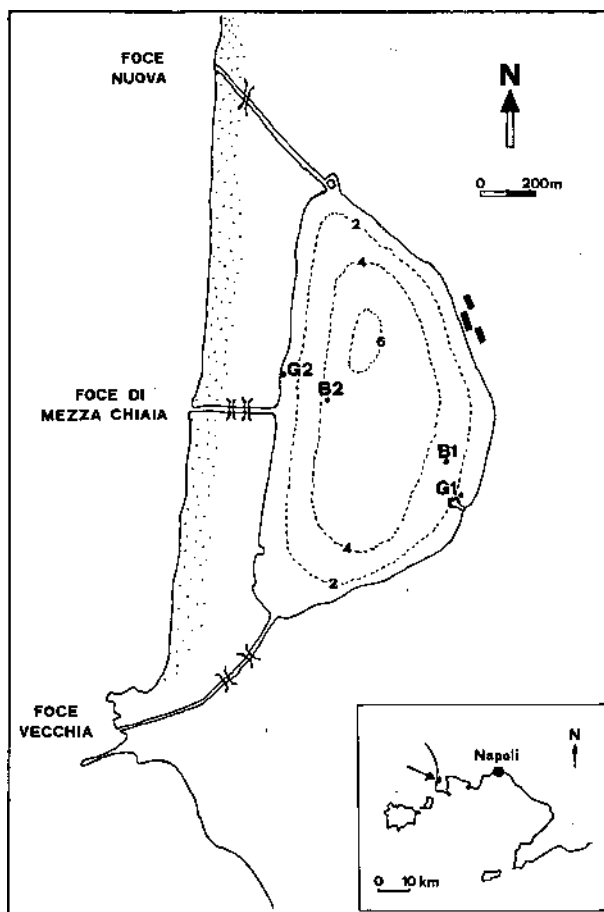
*A preliminary analysis of the spatial and temporal distribution of Polychaetes in two areas of an Italian coastal lagoon (Lago Fusaro) is reported. In the area closer to the sea, the community was richer in species and better structured than in the inner, more confined area. The differences were more pronounced in summer than in the other months, and in the deep soft-bottom stations than in the superficial hard-bottom ones.*

**Key-words:** Polychaetes, lagoons, Italy.

Nel quadro di un'indagine per la rivalutazione ambientale della laguna costiera campana del Fusaro, è stato intrapreso uno studio sulla dinamica delle comunità bentoniche e nel presente lavoro viene fornita un'analisi preliminare della distribuzione dei Policheti. Una discussione faunistica e strutturale più dettagliata della comunità polichetologica sarà oggetto di un prossimo lavoro (SORDINO *et al.*, in stampa). La descrizione generale della laguna studiata e di alcune sue caratteristiche salienti è riportata in CARRADA (1973), dati sulla distribuzione di alcune famiglie di Policheti del Lago sono reperibili in COGNETTI (1957) e BIANCHI (1983). I prelievi sono stati effettuati da Marzo 1985 a Maggio 1986 in 4 stazioni, poste in due aree del Lago, lungo un transetto interno (casina Vanvitelliana), esterno (Foce di Mezza Chiaja) (Fig. 1). Due stazioni, G1, G2) sono su fondo duro (banchina artificiale - 0,2 m) campionate tramite grattaggio di una superficie 20 x 20 cm; due stazioni (B1, B2) sono su fondo mobile (- 2 m circa), campionate tramite benna Ekman. Vengono qui riferiti, i dati relativi ai mesi di giugno, luglio, novembre 1985 e gennaio, marzo 1986.

Sono state rinvenute complessivamente 35 specie di Policheti rappresentanti di 16 famiglie e 32 generi per un totale di 136.962 individui. Il taxon dominante

è *Hydroides elegans* (Dominanza quantitativa superiore al 70% in tutti i mesi), specie lagunare distribuita uniformemente nei diversi substrati, nelle due aree del Lago e lungo l'arco temporale dei prelievi. Tra gli altri taxa, *Syllis gracilis*,



**Fig. 1** - Cartina del Lago Fusaro con indicate le stazioni di prelievo (B1, G1, B2, G2).

*Podarkeopsis capensis*, *Podarke pallida*, *Neanthes caudata*, *Schistomeringos rudolphii*, *Polydora ciliata*, *Prionospio multibranchiata*, *Cirriiformia tentaculata*, *Terebella lapidaria*, *Nainereis laevigata*, *Capitella capitata* e *Hydroides dianthus* hanno una Dominanza quantitativa superiore all'1% e sono anche presenti in quasi tutti i mesi. Questi taxa sono caratteristici sia di ambienti lagunari sia di aree a moda calma come porti o baie riparate.

Diciotto specie sono comuni tra i due tipi di prelievo e quindi tra i due substrati, 9 taxa sono invece tipici delle bennate ed 8 dei grattaggi. La St. B1 pre-

senta il minor numero di specie (tutte lagunari) tra tutti i prelievi. *H. elegans* e *N. caudata* sono sempre molto abbondanti e responsabili dei valori molto bassi di diversità specifica, che tuttavia aumentano dall'estate all'inverno (H', Fig. 2).

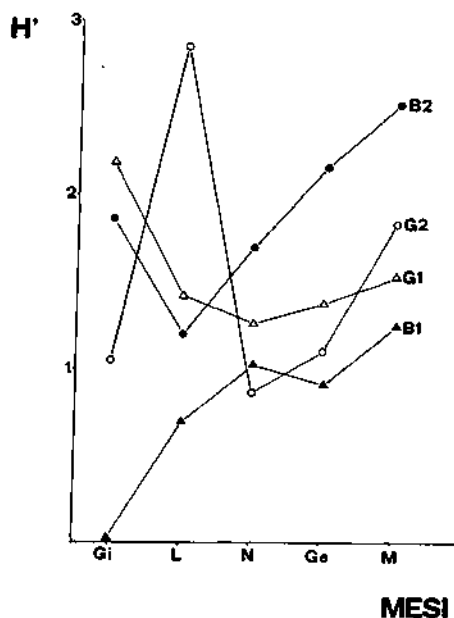


Fig. 2 - Andamento dell'indice di diversità specifica (H') del popolamento a Policheti nelle varie stazioni e nei vari mesi di prelievo.

La St. B2 è caratterizzata da specie lagunari e marine di cui 9 esclusive. La diversità presenta un minimo in luglio ed un sensibile aumento nei mesi successivi. La St. G1 presenta specie soprattutto lagunari, di cui *H. elegans*, *P. pallida* e *S. rudolphii* sempre molto abbondanti. La diversità, eccetto in giugno, si mantiene su valori relativamente bassi. La St. G2 presenta specie sia lagunari che marine tra le quali *S. gracilis* e *T. lapidaria* sono particolarmente abbondanti. La diversità mostra ampie oscillazioni con valori più bassi in alcuni mesi dovuti alla ridondanza di *H. elegans*.

Nel complesso, il periodo estivo, per l'instaurarsi di condizioni mesologiche critiche, è caratterizzato da una diminuzione del numero di specie e dalla ridondanza di alcune di queste. Questo impoverimento della comunità è molto più evidente nell'area interna del lago rispetto alla zona vicina alla foce, e nella stazione posta sul fondo (B1) rispetto a quella di grattaggio (G1) più superficiale. Nella zona di foce si osserva in generale una strutturazione maggiore del popolamento Polichetologico poiché quest'area, beneficiando di un maggior scambio idrico con il mare, presenta condizioni mesologiche migliori. Nel periodo autunno-invernale le condizioni del Fusaro migliorano, la diversità nel complesso

aumenta e il popolamento diviene più uniforme tra le zone considerate. Con questi trends i Policheti seguono abbastanza fedelmente il metabolismo della laguna e, soprattutto in estate, evidenziano anche l'esistenza di un gradiente di confinamento foce-interno.

### **Bibliografia**

BIANCHI C.N. (1983) - Serpuloidea (Annelida, Polychaeta) delle lagune costiere laziali e campane. *Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova*, 74: 231-243.

CARRADA G.C. (1973) - Profilo ecologico di una laguna salmastra flegrea: il Lago Fusaro. *Arch. Oceanogr. Limnol.*, 18 (suppl.): 145-164.

COGNETTI G. (1957) - I Sillidi del Golfo di Napoli. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 30: 1-100.

SORDINO P., GAMBI M.C., CARRADA G.C. (in stampa) - Spatio-temporal distribution of Polychaete populations in an italian coastal lagoon (Lago Fusaro). *Cah. Biol. Mar.*.

M. TOCCACELI\*

M.C. ALESSI \*\*

\* Laboratorio di Ecologia, Istituto di Zoologia dell'Università,  
Via Archirafi 18, 90123 Palermo (Italia)

\*\* Via Nuova 110, 90146 Palermo (Italia)

## CARTOGRAFIA BIOECENOTICA DELLE PRATERIE A FANEROGAME MARINE DELLA BAIA DI CARINI (SICILIA NORD-OCCIDENTALE)

### Abstract

Bionomical cartography of Carini bay (North-western Sicily)

*A detailed map showing the distribution of marine seagrasses in the Bay of Carini (N/W Sicily) has been produced. Artificial reefs have been built in this area to protect the bottom from excessive trawling. The results of our survey are reported in a community-map drawn to a scale of 1:10.000. The Posidonia oceanica beds in this area are quite healthy, although there is a regression of the upper and lower boundaries. A « récif-barrière », a rather infrequent formation along the coasts of Sicily is found in the central sector of the Bay.*

**Key-words:** Phanerogams, benthos, distribution, Mediterranean sea.

Questo lavoro è stato effettuato nell'ambito delle ricerche multidisciplinari condotte per il «Progetto Mare» dell'Amministrazione Provinciale di Palermo. Questo piano, iniziato nel 1985 ed ancora in corso, porterà alla realizzazione di oasi di barriere artificiali in varie aree del litorale palermitano e alla dislocazione di massi anti-strascico a protezione dalla pesca illegale. La baia di Carini è appunto una delle aree interessate dal progetto. Nel giugno 1986 è stato effettuato uno studio mirato alla conoscenza dell'estensione, della struttura e dei limiti batimetrici delle praterie a Fanerogame marine della baia di Carini, 10 km ad ovest di Palermo. È in corso uno studio sulle caratteristiche delle praterie attraverso il rilevamento dei parametri fenologici delle piante (GIRAUD, 1977) e lo studio degli epifiti foliari. La Baia di Carini (v. Fig. 1) si estende per circa 7 km in un'area compresa fra l'isolotto delle Femmine ad est e la Torre Muzza ad ovest. L'entroterra è fortemente antropizzata, insistendo nel territorio i comuni di Isola delle Femmine, Capaci, Carini e Torretta. Inoltre, durante la stagione estiva si aggiunge una grande massa di villeggianti che in questa zona ha edificato la seconda casa, fenomeno che negli ultimi 20 anni ha assunto una



notevole importanza per l'impatto esercitato sul territorio e sull'ambiente marino da parte di queste costruzioni, per lo più abusive e prive di fognature. Gli unici studi pubblicati in precedenza su quest'area sono stati effettuati da

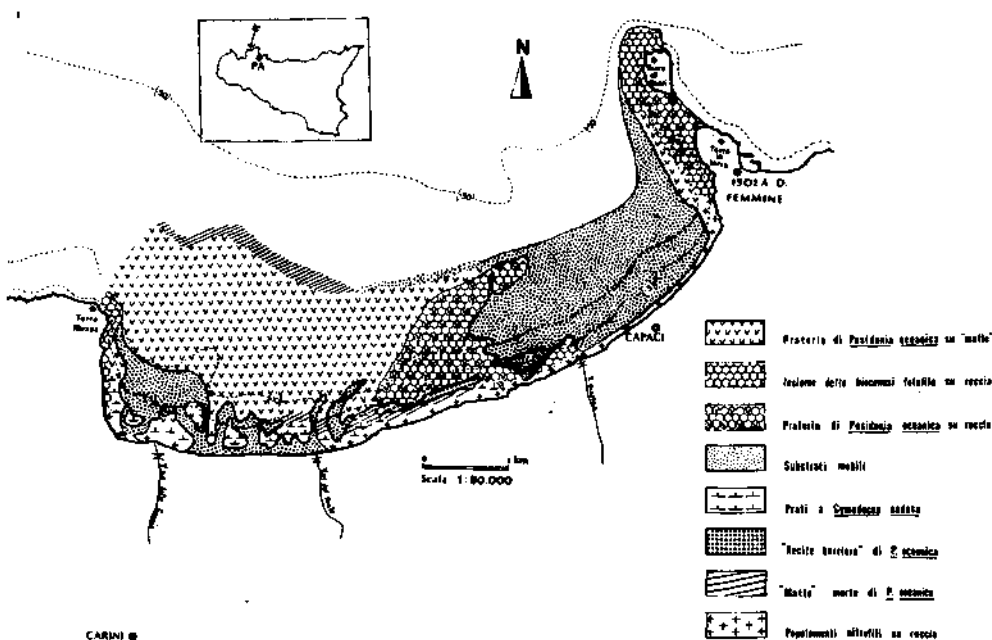


Fig. 1 - Cartografia della baia di Carini (PA).

GIACCONE & SORTINO (1964) sulla flora marina di Isola delle Femmine. Lo studio è stato condotto effettuando in immersione una serie di transeetti perpendicolari alla linea di costa, per l'identificazione dei limiti inferiore e superiore delle praterie di *Posidonia*: dalla barca appoggio si effettuava contemporaneamente il punto a terra con l'ausilio di una bussola di rilevamento. Inoltre ci si è avvalsi delle fotografie aeree fornite dalla S.A.S. (Società Aerofotogrammetrica Siciliana): essendo questo rilievo risalente al 1976, abbiamo effettuato una ricognizione aerea preliminare per verificare eventuali modificazioni nel tempo delle strutture vegetali sommerse. Tutte le macchie risultanti dalle foto aeree sono state quindi controllate in immersione per verificarne la natura. Si è notato che la penetrazione della luce, e quindi la definizione delle immagini, è efficace fino a profondità di circa 10-15 m. Si è quindi proceduto alla stesura di una carta biocenotica in scala 1:10.000 (qui è riportata in scala 1:50.000), utilizzando la simbologia introdotta da MEINISZ *et al.*, nel 1983. La prateria di *Posidonia oceanica* si estende per lo più nella parte centro-occidentale della baia, mentre è assente nella parte orientale di fronte le spiagge di

Capaci e Isola delle Femmine, per poi riprendere in corrispondenza dell'isolotto e del canale.

La profondità media a cui si spinge il limite inferiore della prateria è di circa 30 m: nella parte occidentale si è notata la presenza di estese «matte» morte fino a profondità di circa 32-35 m. In corrispondenza dell'isolotto e della parte centrale del golfo, la prateria di *Posidonia* si sviluppa su substrato roccioso, mentre nella parte occidentale si impianta su «matte» ed è attraversata da canali «intermatte». In acque meno profonde, soprattutto nella parte occidentale, dove l'idrodinamismo è mediamente meno accentuato e la sedimentazione è maggiore, anche per la presenza di alcune discariche di materiali risulta edilizio e di scarichi fognari, si determina una situazione sfavorevole all'impianto e allo sviluppo della prateria che presenta una regressione del limite superiore, attualmente a 7-10 m di profondità, testimoniata dalla presenza di estese «matte» morte. Questa regressione risulta abbastanza evidente anche dal confronto fra le foto aeree del 1976 e quelle da noi effettuate in via preliminare, anche se non è possibile stabilire con certezza se le macchie presenti sulle foto appartengono o meno a *P. oceanica*. Sulla sabbia fine e fangosa e sulle «matte» morte si insedia *Cymodocea nodosa* che crea degli estesi prati misti a *Caulerpa prolifera* e ad alghe nitrofile: in alcune zone il fondo è completamente ricoperto da *Ectocarpales* infestanti. Nella parte centrale è presente una formazione a «récif barriere» discontinua costituita da «matte» di *Posidonia* le cui foglie, soprattutto con la bassa marea, emergono sul pelo dell'acqua. Questa formazione è distante circa 100 m dalla riva e si estende in larghezza per circa una trentina di metri. All'interno si crea un bassofondo di tipo lagunare in cui predomina un prato a *Cymodocea nodosa* e *Caulerpa prolifera* su «matte» morte; all'esterno inizia, a partire da 2 m di profondità, un'estesa prateria di *Posidonia oceanica* su roccia. Dallo studio da noi condotto è emerso che le praterie di *Posidonia oceanica* sono ancora abbastanza estese e normalmente strutturate, anche se i dati strutturali sono ancora in fase di raccolta; tuttavia la presenza di estese «matte» morte sia al largo che, soprattutto, verso terra, è indice di squilibrio ambientale, soprattutto di natura sedimentaria per quanto riguarda le praterie più superficiali, che se non limitato può portare ad ulteriori danneggiamenti di questo importante ecosistema. L'avvio del programma di protezione dei fondali («Progetto Mare»), e la sistemazione delle rete fognante con la costruzione dei depuratori previsti, porterà presumibilmente ad un miglioramento delle condizioni ecologiche generali della fascia costiera, consentendo alle praterie di potersi rigenerare.

## Ringraziamenti

Si ringrazia la Dott.ssa Emilia Tornatore per il prezioso aiuto prestatoci nello svolgimento del lavoro.

**Bibliografia**

GIACCONE G., SORTINO M. (1964) - Flora e vegetazione algale di Isola delle Femmine. *Lav. ist. Bot. Giard. Col. Palermo*, XXI: 1-27.

GIRAUD G. (1977) - Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Del.. *Thèse Doct. Spec. Océanologie*, 1: 1-150.

MEINESZ *et al.* (1983) - Normalisation des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Méditerranée. *Ann. Inst. Oceanogr. Paris*, 59 (2): 155-172.

M. VETIERE \*

D. PESSANI \*

GRUPPO BIOLOGIA MARINA S.S.P. \*\*

\* Dipartimento di Biologia Animale,

Via Accademia Albertina 17, 10123 Torino (Italia)

\*\* Società Subacquei Piemontesi, c.so G. Galilei Ferraris 294, 10100 Torino (Italia)

## **LA PRATERIA DI *POSIDONIA OCEANICA* DI DIANO MARINA (LIGURIA): LA STRUTTURA «A CORDONI»**

### **Abstract**

*Posidonia oceanica* bed: a «corded» structure (Diano, Italy)

A particular structure, named «corded», has been observed in a band comprised between - 9 and -15 m in the *Posidonia oceanica* bed of Diano Marina (Ligurian Sea). This structure consists of both «matte» cords and hills, 1-2 m high and of semioval cross section. Sometimes both structures are thick and almost parallel, crossing one another and forming a reticulate structure. The morphology of this structure has been studied in relation to hydrodynamics.

**Key-words:** *Posidonia oceanica*, Ligurian Sea.

Nel golfo di Diano Marina, in zona a moda battuta e su fondo sabbioso uniforme di debole pendenza, è insediata una vasta prateria di *P. oceanica*. Essa si estende in lunghezza per tutto il golfo (circa 6 km), oltrepassando i promotori (c. Berta e c. Cervo) che lo delimitano, e in larghezza, per circa 1 km. In tutta l'estensione della prateria abbiamo osservato, in una fascia compresa fra - 9 e - 15 m, un'interessante struttura, da noi chiamata «a cordoni». Da - 15 m al limite profondo (compreso fra - 26 e - 32 m) si incontra una prateria su «matte» che inizia con le caratteristiche strutture del limite superiore eroso di altre praterie, nettamente separate ed inconfondibili dalle strutture cordonali rilevate. In entrambe le fasce la prateria si presenta in pieno rigoglio. Le strutture, cordoni e colline, sono state analiticamente rilevate e misurate (Fig. 1) lungo due transetti di 100 m, paralleli alla costa e realizzati per mezzo di sagole piombate. La zona «a cordoni» è costituita da veri e propri cordoni e colline di matte, entrambi di altezza compresa tra 1 e 2 m, orientati tutti secondo direzioni comprese tra 140° e 165° (cioè diretti dalla costa verso il largo) (Fig. 1 ; Fig. 2). I cordoni sono a sezione semi-ovale e sembrano quindi poggiati sul fondo piano. Le colline (Fig. 3)

sono talvolta alternate ai cordoni, ma prevalentemente sono poste al confine della zona cordonata, sia all'inizio della prateria sia in prossimità delle zone di sabbia che interrompono la successione dei cordoni. In ampie zone essi diventano fitti e subparalleli, appressandosi l'un l'altro fino ad intersecarsi secondo angoli molto piccoli; si determina così una complessa struttura grossolanamente reticolata (Fig. 4).

La zona «a cordoni» sembra possedere caratteristiche intermedie fra l'«herbier tigrée» (BLANPIED *et al.*, 1979) e l'«herbier de colline» (BOUDORESQUE *et al.*, 1985), ma né i cordoni lunghi chilometri e larghi centinaia di metri, paralleli alla costa di BLANPIED *et al.*, (1979) in Tunisia, né le colline di BOUDORESQUE *et al.*, (1985) in Corsica esauriscono la descrizione delle strutture da noi rilevate.

Pur non avendo ancora a disposizione dati sedimentologici e correntometrici, sulla base delle osservazioni effettuate e con il supporto di quanto riportato da altri autori, ci sembra possibile formulare qualche ipotesi preliminare su queste strutture. BLANC & JEUDY DE GRISSAC (1984) indicano una stretta correlazione fra le strutture di erosione che determinano la morfologia di una prateria ed i tipi di azione idrodinamica prevalenti in quella zona. Nel golfo di Dianio M. l'azione idrodinamica prevalente sembra esercitata dal moto ondoso di «tempesta media» (BLANC & JEUDY DE GRISSAC, 1984) e forte (mare compreso tra forza 3 e 5, mare superiore a forza 5) (STOCCHINO & TESTONI, 1979), con direzione dal quadrante di SW. Tenendo conto che i cordoni sono dovunque orientati quasi perpendicolarmente alla costa (Fig. 1) sembra ipotizzabile che essi siano originati dall'azione delle «correnti di scarico» (BLANC & JEUDY DE GRISSAC, 1984) derivanti da questo moto ondoso prevalente.

Inoltre bisogna rilevare che nella zona a cordoni e colline si incontrano alcune strutture in parziale disfacimento, rappresentate o da tratti di cordone ridotti a sola matre morta o da formazioni semicircolari con piante vive sulla parte esterna e morte all'interno. Queste ultime sembrerebbero confermare l'ipotesi del ciclo di formazione e di disfacimento delle colline a partire dalla loro sommità, espressa da BOUDORESQUE *et al.* (1985). D'altra parte invece il rinvenimento di tratti di cordone ridotti a sola «matre» morta in strutture pienamente vitali può far pensare ad episodi di caso di tempeste eccezionali a cui il golfo di Dianio M., zona a moda battuta, è particolarmente esposto.

Ciò sembra in pieno accordo con quanto sostengono BLANC & JEUDY DE GRISSAC (1984), secondo i quali «i periodi attivi di escavazione (nelle praterie) sono discontinui e relativamente brevi» ed esplicano «la loro massima azione in occasione di tempeste eccezionali». Proprio l'azione erosiva dovuta a questi fenomeni occasionali potrebbe essere responsabile inizialmente della formazione dei tratti di «matre» morta e quindi rendere possibile la frammentazione dei cordoni e, con esse, la formazione di colline. A sostegno di questa ipotesi potrebbe essere usato il dato che la distribuzione delle colline è periferica rispetto alla zona a cordoni; cioè esse si trovano nella zona dove l'energia idrodinamica non è attenuata dalla presenza delle piante di Posidonie.



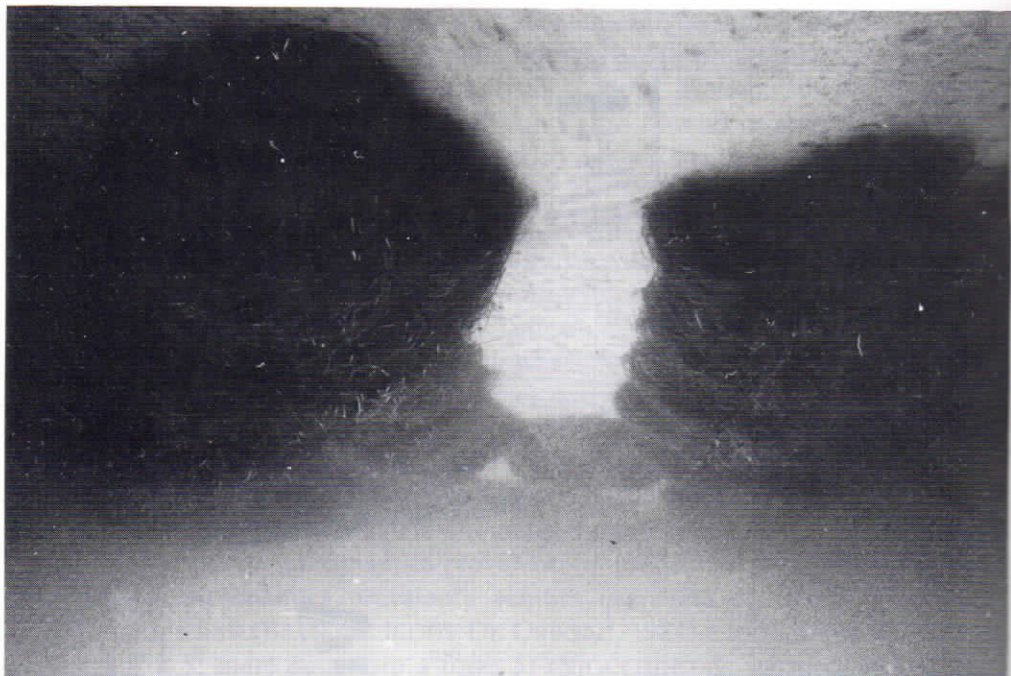


Fig. 2 - Tratto di cordone ridotto a sola «matte» morta.

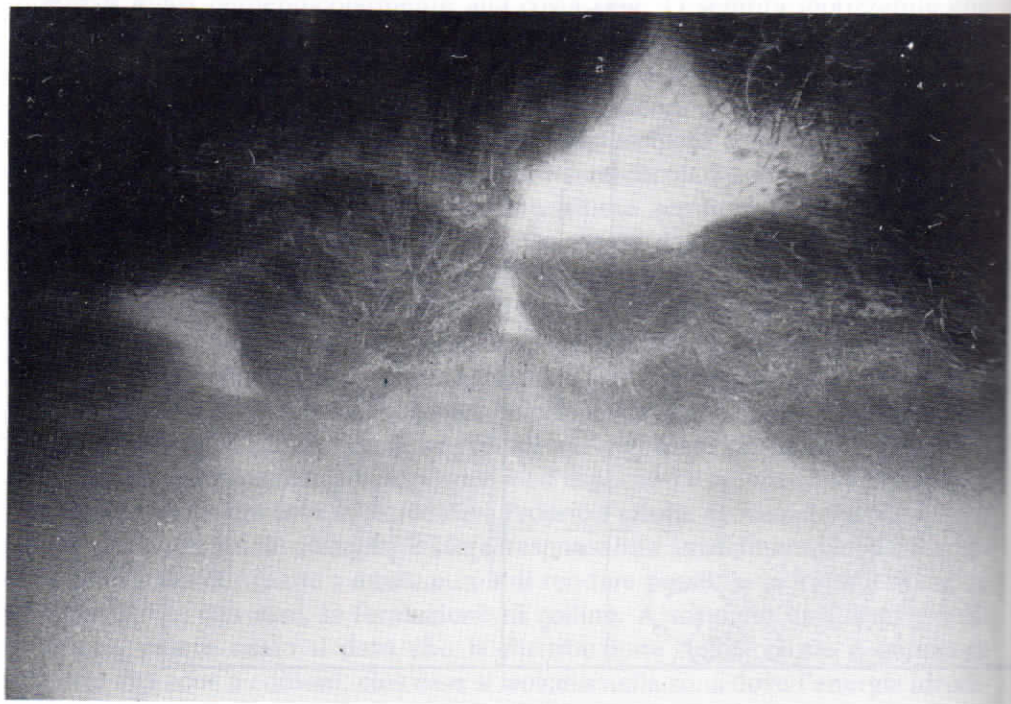


Fig. 3 - Tipiche formazioni collinari, ovoidali, a sezione semiovale, alte 1.4 m, contornate da fondo sabbioso privo di rizomi morti.



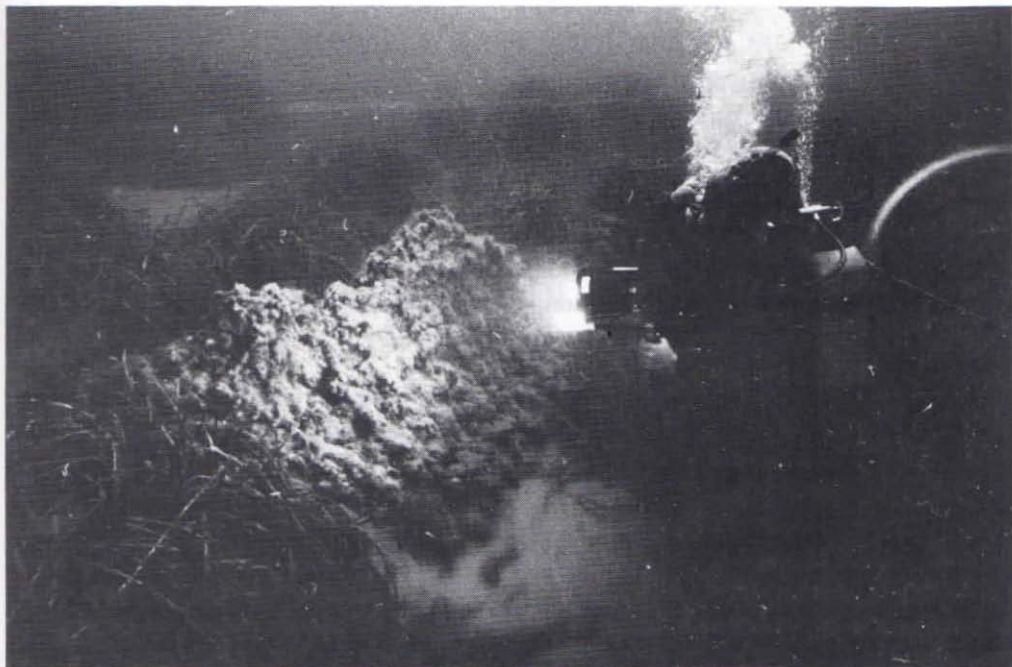


Fig. 4 - Cordoni paralleli fra loro e perpendicolari alla costa.



Fig. 5 - Zona a cordoni fitti e subparalleli: quattro cordoni, dei quali uno in via di frammentazione in colline.



**Bibliografia**

BLANC J.J., JEUDY DE GRISSAC A. (1984) - Erosions sousmarine des herbiers a *Posidonia oceanica* (Mediterranee). *Intern. Workshop on P. oceanica Beds*, GIS Posidonie, 1: 23-28.

BLANPIED C., BUROLLET P.F., CLAIREFOND P., SHIMI M.D. (1979) - La mer pelagienne. III. Sediments actuels et holocenes. *Ann. Univ. Prov.*, 6 (1): 61-82.

BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A, MEINESZ A. (1985) - Un nouveau type d'herbier a *Posidonia oceanica*: l'herbier de colline. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 29 (5): 173-175.

STOCCHINO C., TESTONI A. (1979) - Trasporto costiero nel Mar Ligure tratto da Ventimiglia al Promontorio di Piombino. *Ist. Idrogr. Mar.*, 3066: 1-30.

M. VETERE \*

D.

PESSANI \*

GRUPPO BIOLOGIA MARINA S.S.P. \*\*

\* Dipartimento di Biologia Animale dell'Università,  
Via Accademia Albertina 17, 10123 Torino (Italia)

\*\* Società Subacquei Piemontesi, c.so G. Ferraris 294, 10100 Torino (Italia)

## MORFOLOGIA E FRUTTIFICAZIONE DELLA PRATERIA DI *POSIDONIA OCEANICA* DI BERGEGGI (LIGURIA)

### Abstract

Morphology and fructification of a *Posidonia oceanica* bed

*The bearings of the Posidonia oceanica bed of Bergeggi (Ligurian Sea) have been taken, and the different structures, along a transect have been noted. For the first time fructification is reported for this bed.*

**Key-words:** *Posidonia oceanica*, morphology, fructification, Ligurian sea.

Il golfo di Noli ospita una prateria di *Posidonia oceanica* che si estende dall'Isola di Bergeggi fino a Spotorno. È stata condotta un'indagine preliminare ad W dell'I, di Bergeggi, eseguendo una serie di rilevamenti lungo un transetto (direzione 150°), ottenuto stendendo una sagola metrata sul fondo. I punti caratteristici sono stati rilevati per mezzo di una bussola da rilevamento (Fig. 1). Si è così potuto definire il profilo del fondale e le variazioni che lungo di esso si succedono (Fig. 2). Ad una prima fascia di detrito grossolano formata da ciottoli mobili, segue una zona, fra -7 e -9 m, costituita da un « mosaico » di « matte » viva e morta: su quest'ultima si incontrano talvolta chiazze di *Cymodocea nodosa* più frequenti verso P.ta del Maiolo. La « matte » si interrompe con un gradino che, nella zona del transetto, è alto 1m. Segue un ampio canale intermatte orientato nella stessa direzione dello stretto che separa P.ta del Maiolo dall'isola; in esso si riscontra una corrente di fondo, talvolta intensa, che determina il trasporto ed il deposito sul fondo sabbioso di detriti organogeni calcarei (SGCF, *sensu* PÉRÈS & PICARD, 1964). A -10 -11 m inizia la « matte » più estesa della prateria che prosegue fino a circa 500 m dalla costa (profondità: -19 m). Anche in questa zona è presente il « mosaico » di « matte » viva e morta: su quest'ultima sono stati spesso notati « praticelli » di *Udotea petiolata* che indicano la formazione di una facies precoralligena (PÉRÈS & PICARD, 1964). La

«matte» è sovente interrotta da zone intermatte molto varie sia nelle dimensioni (da 2 a 100 m di diametro) che nell'altezza del gradino (da 0.1 a 1 m), ma dove il fondale è caratterizzato da sabbie fini e grossolane con correnti di fondo,

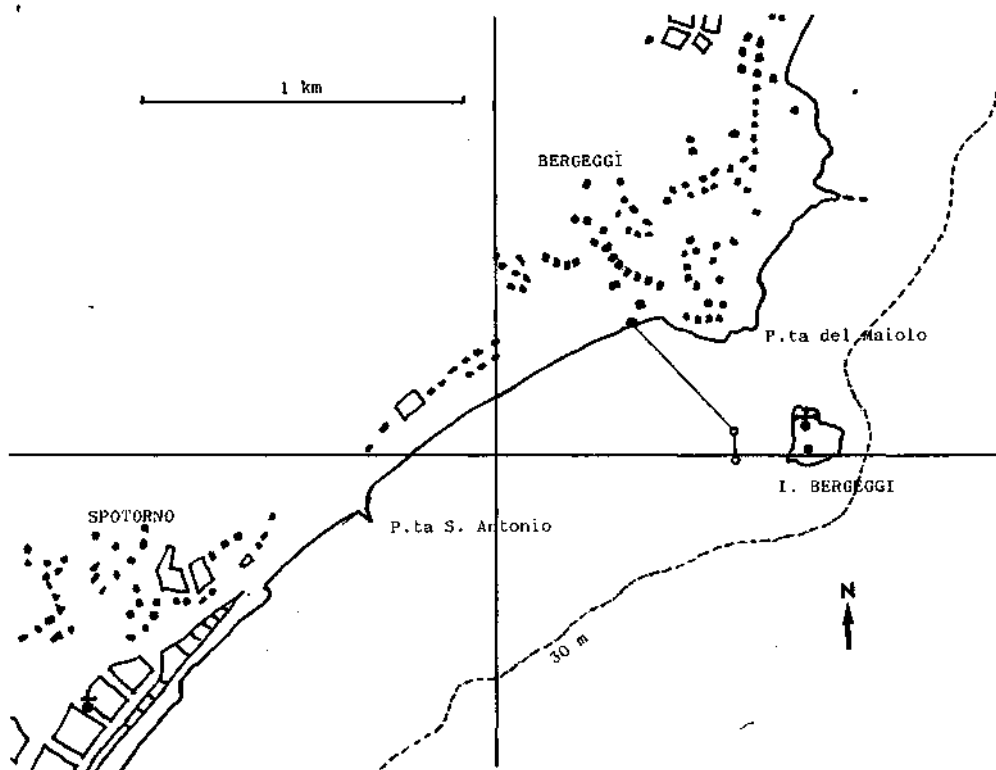
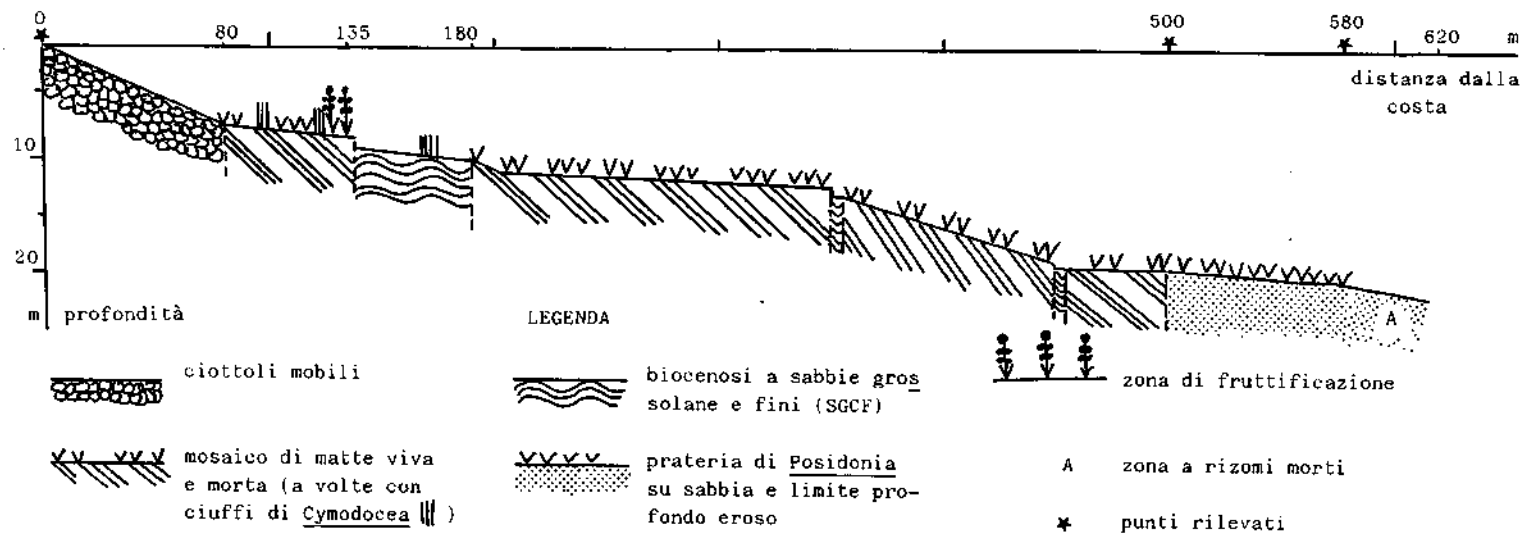


Fig. 1 - Carta della zona di rilevamento: golfo di Noli (Riviera Ligure di Ponente) e localizzazione del transetto (A-B-C = punti rilevati).

con abbondanza di detrito conchigliare proveniente dal popolamento a molluschi del posidonieto. Dopo i 19 m di profondità la prateria diventa rada su fondo sabbioso finché al limite profondo (-20 m) si trovano soltanto filari di rizomi morti con ciuffi di *P. oceanica*. Complessivamente la prateria, che inizia a circa 80 m dal litorale, si estende fino a 580 m dalla costa, ma il suo limite profondo è arretrato nel tempo almeno di 40 m, come indica il rinvenimento di rizomi morti sotto il sedimento a 620 m dalla costa (-22 m).

Alla fine del mese di aprile 1987 è stata notata e fotografata la presenza di frutti sulle piante delle chiazze poste a circa -8-9 m; nelle zone più profonde, viceversa, non n'è stata trovata alcuna traccia.

I frutti, di color verde intenso, si presentavano sovente ricoperti di alghe epifite e/o briozoi. Alcuni frutti erano marroni, ripiegati su se stessi e molli al tatto,



**Fig. 2** - Profilo del fondo lungo il transetto A-B-C.  
*Morfologia di una prateria di P. oceanica 353*

segno questo, probabilmente, di senescenza e morte. Si può presumere o che la fioritura si sia verificata alla fine di dicembre (ma in quel periodo non sono state compiute immersioni) o che l'infiorescenza, relativa ad una fioritura di settembre-ottobre, sia persistita a lungo sulla pianta. Il ritrovamento dei frutti comunque risulta tardivo rispetto alle segnalazioni relative sia al Tirreno meridionale (GAMBI *et al.*, 1984; MAZZELLA *et al.*, 1983) che a Villefranche-sur-mer ma in sincronia con quelle segnalate per altre zone della costa francese (CAYE & MEINESZ, 1984; GIRAUD, 1977).

È importante notare che, a parte una segnalazione di fioritura nella prateria di Albisola (Riviera Ligure di Ponente) nel 1880 (GIRAUD, 1977), una più recente nella prateria di Prelo (Riviera Ligure di Levante) (BAVESTRELLO, 1983) ed il rinvenimento di frutti spiaggiati a P.ta Garavano (confine italo-francese) da parte di uno di noi (D.P., aprile 1985), non si hanno notizie e testimonianze raccolte in immersione, su fenomeni di riproduzione sessuata di *P. oceanica* delle riviere liguri.

## Bibliografia

- BAVESTRELLO G. (1983) - Nuove osservazioni sulle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile del versante occidentale del Golfo Marconi (Riviera Ligure di Levante). *Boll. Mus. Ist. Biol Univ. Genova*, 50-51: 99-104.
- CAYE G., MEINESZ A. (1984) - Observations sur la floraison et la fructification de *Posidonia oceanica* dans la baie de Villefranche et en Corse du Sud. *Intern. Workshop Posidonia oceanica Beds, GIS Posidonie*, 1: 193-201.
- GAMBI M.C., RUSSO GR, CHESSA L.A. (1984) - Fioritura di *Posidonia oceanica* (L.) Delile in una prateria superficiale della rada di Porto Conte (Sardegna nord-oca). *Rendic. Semin. Fac. Sc. Univ. Cagliari*, 54 (suppl.): 189-196.
- GIRAUD G. (1977) - Recensement des floraisons de *Posidonia oceanica* (Linne) Delile en Mediterranee. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 24 (4): 127-130.
- MAZZELLA L., GAMBI M.C., RUSSO G.F., WITTMANN K.J. (1983) - Flowering in *Posidonia oceanica* (L.) Delile prairies around the island of Ischia (Gulf of Naples). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 28 (3): 117-119.
- MEINESZ A. *et al.* (1983) - Normalisations des symboles pour la representation et la cartographie des biocenoses bentiques littorales de Mediterranee. *Ann. Inst. Oceanogr., Paris*, 59 (2): 155-172.
- PÉRÈS J.M., PICARD J. (1964) - Nouveau manuel de bionomie bentique de la Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, 31 (47): 5-137.

M. INNAMORATI

Laboratorio di Ecologia, Dipartimento di Biologia Vegetale,  
dell'Università, Via Micheli 1, 50121 Firenze (Italia)

## PROPRIETÀ STATISTICHE E PROCESSI DI RINNOVO DEI NUTRIENTI E DEL FITOPLANCTON IN MARE

### **Biogenesi, dinamica e rapporti dei nutrienti**

Tra le proprietà delle distribuzioni statistiche (medie, varianze, coefficienti di correlazione, di regressione ecc.) della biomassa fitoplanctonica, della sua composizione elementare, dei nutrienti disciolti nell'acqua e la velocità dei loro processi di rinnovo, esistono legami per i quali dalle proprietà statistiche, considerando in media costante la composizione elementare del fitoplancton, o analizzandola, è possibile avere informazioni sulle caratteristiche dinamiche dei processi, le quali in genere vengono quantitativamente definite dalla velocità di accrescimento specifico del fitoplancton.

Ponendo in relazione la biomassa fitoplanctonica con la concentrazione dei nutrienti rilevati in mare, generalmente si ottiene un quadro che non lascia intravedere una qualche regolarità tra la variazione dell'una e dell'altra componente del sistema. È pur vero che una certa regolarità di variazione dei rapporti si può rilevare alla scala delle variazioni temporali dell'ordine stagionale, ma su quella delle variazioni spaziali a parità di tempo non c'è certamente da attendersi un incremento della biomassa secondo una qualche funzione dell'incremento dei nutrienti.

È noto ad esempio che nelle zone oligotrofiche si possono riscontrare concentrazioni al limite della sensibilità analitica, ma insieme a quantità di biomassa che, per quanto piccole, perdurano e non si direbbe che possano sopravvivere in tali condizioni. Ma anche in zone eutrofiche ed eutrofizzate si possono avere concentrazioni minime di nutrienti: quando sono stati completamente consumati dalla biomassa che si è fortemente accumulata.

Le difficoltà di rappresentare le relazioni che si vengono a realizzare tra la biomassa e i nutrienti durante le trasformazioni di assimilazione fitoplanctonica, trasferimento nella rete trofica e rigenerazione per escrezione, secrezione e degradazione microbica, queste difficoltà sono di vario tipo. A mio avviso è già molto seria quella della non corrispondenza tra i diversi metodi di «misura»

della biomassa, ed in minor grado lo è quella delle analisi dei nutrienti i cui metodi non sono così sensibili, precisi e specifici come sarebbe necessario per le bassissime concentrazioni che spesso si trovano in mare. Ma vi è poi quella della incongruenza tra metodi di misura degli incrementi di biomassa (cellule, clorofilla,  $O_2$ ,  $^{14}C$ ,  $^{15}N$ ,  $^{33}P$  ecc. ecc.) per stimare la produzione ( $P = dB/dt$  = produzione (istantanea) = velocità di accrescimento; la produzione (totale in un determinato periodo di tempo) annua, mensile, giornaliera è la somma integrale di  $P$  nel periodo di tempo considerato), nei confronti della quale EPPLEY (1981) faceva notare l'inutilità di reclamare delle dimostrazioni univoche rispetto a ciò che effettivamente si sta misurando con le diverse tecniche usate, poiché, nonostante il lavoro di anni per chiarire i concetti e i metodi, le dimostrazioni erano rimaste equivocate. E tuttora dobbiamo dire che la tecnica delle famose bottigliette non ha perduto l'attrattiva della comodità, sveltezza ed altissima sensibilità e precisione di misura, certamente del carbonio marcato, ma non degli incrementi di biomassa purtroppo: tant'è che ancora non sappiamo con certezza cosa effettivamente accada nelle bottigliette e cosa mai si stia misurando. Insomma non riusciamo a stimare adeguatamente e con misure dirette le velocità di flusso dei nutrienti tra le diverse componenti del sistema: queste velocità possono essere anche molto elevate, con periodi di rinnovo dell'ordine dei minuti e dei secondi, cioè molto brevi rispetto a quelli indagabili con i nostri ritmi di campionamento. Infatti nelle situazioni oligotrofiche si può dedurre indirettamente che vi debbano essere alte velocità di rinnovo della biomassa  $B$  (= velocità di accrescimento specifico = produttività  $\mu = dB/Bdt$ ) pur con una minima quantità di biomassa (GOLDMAN *et al.*, 1979).

Questa alta produttività è tuttavia una delle possibilità che si possono realizzare in particolari condizioni. Al variare di queste variano anche le velocità dei diversi passaggi, così da potersi avere tutto uno spettro di rapporti tra la biomassa ed i singoli elementi nutritivi, e di questi rapporti tra loro, che potrebbero essere certamente meglio compresi qualora alle misure delle concentrazioni, si potessero aggiungere, oltre a quelle delle velocità di flusso di cui sopra, quelle delle quantità che affluiscono e defluiscono in una determinata massa d'acqua e che vi vengono consumate e ripartite tra le diverse componenti del sistema. Al momento queste informazioni non sono disponibili specie per i mari che ci interessano.

D'altra parte, come suggerisce quella qual certa regolarità dei cicli stagionali, si può pensare che le situazioni che si hanno in certe aree marine, di ricchezza o povertà di biomassa fitoplanctonica, o di nutrienti, siano caratterizzate da determinate modalità di variazione spaziali e temporali dei fattori ambientali e della biomassa che, per grandi zone, approssimativamente si ripetono di anno in anno nella stessa zona e da zona a zona a parità di stagione. Si può pensare cioè che queste zone siano caratterizzate da determinate quantità e determinati flussi di nutrienti che controllano le variazioni medie delle concentrazioni e della biomassa.

Il problema è quindi quello di vedere in primo luogo se sulla base dei rilevamenti classici delle sole concentrazioni sia possibile ottenere una qualche regolarità nella distribuzione dei dati, che permetta di differenziare le diverse situazioni caratterizzandole rispetto ai rapporti della biomassa fitoplanctonica con i nutrienti e di questi tra loro, pur in modo semplicemente descrittivo e statico. In secondo luogo sarà da esaminare se ad una tale eventuale regolarità di differenziazione puramente descrittiva non sia associabile, o non ne possa essere dedotta, una qualche indicazione sulle caratteristiche dinamiche dei sistemi.

Una tale possibilità presuppone che in un determinato sistema, in una determinata fase del ciclo stagionale, il rapporto tra la biomassa fitoplanctonica e le concentrazioni nutritizie, od una qualche funzione di questo rapporto, vari casualmente attorno ad una costante del sistema ed entro certi limiti che sono definibili rispettivamente con la media e lo scarto quadratico medio, od una qualche funzione di tali rapporti che presuppongono, ai fini della loro stima, una sufficiente numerosità di campioni.

Questo modo di vedere è sostanzialmente lo stesso punto di vista dal quale si è posto Redfield nel 1934 (REDFIELD *et al.*, 1963) quando ha ricondotto la grande variabilità spaziale e temporale delle concentrazioni dei nutrienti ad una variazione statistica dei rapporti tra gli elementi attorno al loro rapporto medio. Egli ha considerato che nelle grandi masse d'acqua gli incrementi e decrementi dei nutrienti disciolti, operati rispettivamente dalla decomposizione microbica e dalla produzione, avvengano mantenendo costante il rapporto tra loro ed eguale a quello con il quale vengono assimilati nel plancton: nel fitoplancton, dal quale si origina praticamente tutta la biomassa marina, e nello zooplancton che, insieme, rappresentano il grosso di tutta la biomassa marina: ...«Elements are withdrawn from sea-water by the growth of marine plants in the proportions required to produce protoplasm of specific composition and are returned to it as excretions and decomposition products of an equally specific nature: while significant differences may occur in the requirements of different individuals and species, the statistical effects produced by the entire population present in any body of water have some regularity.»... «The proportions in which the elements of sea-water enter into the biochemical cycle is determined by the elementary composition of the biomass. Since the plankton comprises the bulk of the biomass these proportions are indicated by the analysis of plankton samples»... dalle quali risulta che il *rapporto di Redfield o di assimilazione* tra C:N:P è in atomi = 106:16:1, e in peso 42:7:1. Questi valori successivamente sono stati sempre riconfermati (REDFIELD *et al.*, 1963; HARRIS, 1986) e si ritrovano anche nella composizione delle acque al di sotto della zona eufotica.

«If the differences in the concentration of nutrient elements which are found at different depths in the ocean are due to the decomposition of organic matter synthesized near the surface, these differences should not only reflect the quantities of organic matter which have decomposed but also the proportions of the elements present in the plankton from which it has been derived. The latter expectation is confirmed by the data» (REDFIELD *et al.*, 1963).



Molte indagini sulle relazioni tra i nutrienti, il fitoplancton e la sua composizione elementare, hanno elaborato prospettive interpretative basate sul rapporto di Redfield. Quella citata di GOLDMAN *et al.* (1979), ad esempio, constata che tanto il fitoplancton in coltura, tenuto alla massima velocità di accrescimento specifico, quanto quello in natura nelle zone oligotrofiche, presentano entrambi il rapporto di Redfield, per cui ne deduce che anche quello in natura deve riprodursi ad alta velocità riciclando più volte i nutrienti nelle acque superficiali (EPPLEY & PETERSON, 1979).

Del rapporto di Redfield ne è stato fatto poi largo uso, ed abuso, come pietra di paragone per dedurre, dalla composizione dell'acqua e del fitoplancton, quale fosse il nutriente limitante. HARRIS (1986), in un volume di serrata analisi critica dei problemi e dei metodi dell'ecologia del fitoplancton, con una prospettiva che investe tutta l'ecologia, ha sottolineato la confusione che ne è anche derivata per non distinguere tra limitazione della biomassa e limitazione della velocità di accrescimento (con terminologia più precisa va detto: distinguere tra limitazione della produzione e limitazione della velocità di accrescimento specifico o produttività). Infatti un nutriente, con una bassissima concentrazione ed un rapporto squilibrato rispetto agli altri, può non produrre limitazione della velocità di accrescimento specifico del fitoplancton se viene rapidamente riciclato passando dal fitoplancton allo zooplancton, alle escrezioni ed alla degradazione rigenerativa, sempre nelle acque superficiali, in modo da essere nuovamente disponibile per il fitoplancton. Poiché le velocità di degradazione dei diversi composti differiscono tra loro, si ha che la minore concentrazione di un nutriente, che lo fa apparire limitante, possa essere compensata dalla sua maggiore velocità di riciclaggio. Questa può quindi permettere un'alta velocità di accrescimento specifico, con la riutilizzazione sempre dello stesso nutriente il quale non è però sufficiente a sostenere una produzione con un incremento di biomassa tale che ne rimanga un buon eccesso anche dopo che è stato pascolato dallo zooplancton, o in altri modi trasformato, o trasferito dallo strato superficiale, per sedimentazione, degradazione, emigrazione, morte ecc.. Con questo tipo di dinamica nelle acque oceaniche oligotrofiche si verrebbe quindi a limitare l'accumulo ma non la velocità riproduttiva di una piccola quantità di biomassa: la produzione, ma non la produttività.

Si è così profilata la tendenza a interpretare in modo nuovo, e più rispondente alle situazioni complesse rilevabili in natura, le relazioni dinamiche tra biomassa e nutrienti. HARRIS (1986) lo schematizza in un diagramma nel quale all'aumentare della biomassa in ascissa, passando da zone oligotrofiche a quelle eutrofiche nelle quali aumenta la disponibilità dei nutrienti, si avrebbe la diminuzione della velocità di accrescimento specifico, posta in ordinata, insieme a quella del pascolamento zooplanctonico nel mentre che le specie cambiano: da quelle a piccole dimensioni ed a veloce riproduzione passano a quelle più grandi che si riproducono appunto più lentamente.

A questo proposito Vollenweider (cfr. HARRIS, 1986), da elaborazioni statistiche dei rapporti tra i nutrienti e la biomassa, ha ottenuto dei risultati che

sono particolarmente interessanti sia per le relazioni generali che ai fini della caratterizzazione delle diverse masse d'acqua<sup>1</sup>

Vollenweider ha osservato che i decrementi  $\Delta C$ ,  $\Delta N$  e  $\Delta P$  del carbonio, azoto e fosforo inorganici disciolti nelle acque superficiali di vari laghi della zona temperata durante il regime di stratificazione estiva, potevano essere ben rappresentati da 3 rette di regressione ortogonale allometriche: del fosforo e dell'azoto, ciascuno in funzione del carbonio, e dell'azoto in funzione del fosforo. Dalle rette e dalle caratteristiche trofiche dei laghi si può osservare che in quelli più eutrofici, con alti decrementi di C e P, il rapporto tra questi decrementi è circa pari a quello tra C e P nel rapporto di Redfield ( $\Delta C/\Delta P)/(C/P) = 130/106 = 1,2$  mentre in quelli più oligotrofici ( $\Delta C/\Delta P)/(C/P) = 2500/106 = 23,5$ . Tenendo presente che in media la sostanza fitoplanctonica si forma secondo il rapporto di Redfield, nel caso dei laghi più eutrofici si ha che il P è assorbito alla stessa velocità del C, mentre in quelli più oligotrofici l'indicazione è che il P è riciclato almeno una ventina di volte durante il periodo di stratificazione. Carbonio e azoto hanno invece la stessa velocità indipendentemente dalla situazione trofica, mentre azoto e fosforo ripetono il risultato del carbonio e fosforo.

Dalle 3 rette interpolate VOLLENWEIDER & HARRIS (1985) ne hanno dedotta una unica (*depletion line*) nella forma  $\log(A C/A P) = b + k \log(A N/A P)$  che sintetizza tutta la variazione dei rapporti. Con i dati di oceani e laghi resi disponibili da altri autori, e relativi questa volta al C, N e P contenuti nel particellato, hanno collocato i valori dei rapporti C/P ed N/P nei diagrammi  $\log(C/P) = / (\log(N/P))$  ed hanno così constatato che anche i punti oceanici si addensavano attorno alla *depletion line* precedentemente ottenuta con tutti gli altri dati esclusivamente lacustri.

Tutto ciò indica: che la variazione delle modalità di assimilazione fitoplanctonica dei nutrienti dall'acqua è proporzionale al rapporto tra questi (ipotesi allometrica) ed allo stato trofico del sistema dal quale dipendono le differenti velocità di riciclaggio dei nutrienti; che le modalità di assorbimento dei nutrienti dall'acqua e la composizione del particellato sedimentabile e degradabile sono simili come simile è, per oceani e laghi, la legge generale di variazione dei rapporti tra nutrienti al variare dello stato trofico, rappresentata dalla *depletion line*, che dimostra che i processi dinamici che regolano i rapporti trofici sono unici: in particolare gli stessi per tutti i sistemi lacustri e marini.

<sup>1</sup> È qui da dire che, avendo la fortuna di conoscerlo ed avendogli mostrato questi risultati circa un anno prima che uscisse il libro di Harris, ci siamo accorti con una sorpresa che è stata piacevole anche per la riconferma della loro validità, che io avevo seguito nelle linee generali lo stesso metodo da lui già applicato in modo più ampio e diversificato allo studio di molti laghi. Al momento i suoi risultati e quelli da lui ottenuti con HARRIS (VOLLENWEIDER & HARRIS, 1985) non sono ancora pubblicati. La fonte, oltre che il libro di HARRIS (1986), a lui appunto dedicato e che ne tratta più particolareggiatamente nel cap. 7, sono anche i colloqui chiarificatori avuti con lui, per quanto vi siano dei punti dei rapporti tra i fenomeni che le rappresentazioni statistiche mettono in evidenza ed il cui significato non è ancora chiaro.

Per quel che ci riguarda è un successo del metodo che partendo da dati essenzialmente statici può chiarire le caratteristiche dinamiche dei processi trofici del fitoplancton.

Nel nostro caso abbiamo invece esaminato le distribuzioni dei rapporti di nutrizione, tra la biomassa fitoplanctonica ed i nutrienti, per caratterizzare le diverse aree di mare studiate e descrivere la variazione dei loro cicli stagionali al lume di queste caratteristiche trofiche. L'occasione è stata data dallo studio che è pubblicato in questo stesso volume (INNAMORATI *et al.*, 1989).

### **I rapporti tra la biomassa ed i nutrienti nei nostri mari**

Le elaborazioni che seguono riguardano i rilevamenti da noi effettuati durante le campagne oceanografiche: Ligure V, VI, VII e VIII, Elba I e II, Alto Tirreno Toscano I e II, e quella del mare antistante il litorale di S. Rossore, compreso tra l'Arno e il Serchio. Nelle Figg. 6 e 7 le campagne sono rispettivamente abbreviate: L5, L6, L7, L8, E1, E2, AT1, AT2, SR. I metodi di campionamento e analisi usati sono riportati nei nostri resoconti (INNAMORATI *et al.*, 1986; 1987).

I dati relativi all'Adriatico NW ed al Golfo di Napoli, abbreviati in A ed NA nelle Figg. 6 e 7, ci sono stati gentilmente forniti rispettivamente da A. Rinaldi e G. Montanari del battello «Daphne» della Regione Emilia-Romagna, e da V. Saggiomo della Stazione Zoologica di Napoli che qui si ringraziano nuovamente (RINALDI *et al.*, 1984; RIBERA D'ALCALA' *et al.*, 1985). Gli studi relativi all'Adriatico, al Golfo di Napoli ed al litorale toscano sono tra i pochissimi, se non i soli, svolti in Italia, che comprendono interi cicli stagionali della biomassa fitoplanctonica e dei fattori ambientali.

La biomassa fitoplanctonica, genericamente indicata con  $B$ , è stata stimata con l'abbondanza cellulare, cellule/litro, e con la clorofilla  $a$  più feopigmenti,  $\text{mg/m}^3$ . Poiché nella terminologia corrente esiste una certa confusione nell'uso dei termini, qui si ripete che per produzione si intende la velocità di accrescimento della biomassa  $P = dB/dt$ , e per produttività la velocità di accrescimento specifico  $dB/Bdt = \mu$ , cioè la capacità dell'unità di biomassa di produrre una certa quantità di biomassa nell'unità di tempo;  $\mu$  ha la dimensione di una frequenza, cioè l'inverso di un tempo. L'inverso della produttività a sua volta è quindi un tempo pari al periodo di rinnovo (*turn-over*): se per il calcolo è stato utilizzato il logaritmo in base 2 della biomassa e questa è stata stimata con il numero delle cellule, il periodo è pari al tempo che è necessario perché da una cellula se ne formi un'altra, o come si dice, da una se ne formino due.

Le regressioni sono state interpolate tutte come ortogonali in quanto: sia la  $y$  che la  $x$  sono variabili aleatorie; sono state entrambe campionate a caso; né la  $y$  né la  $x$  possono essere considerate l'una causa dell'altra. La retta è quindi il luogo dei punti della massima probabilità sia di  $x$  che di  $y$ . Anche nel caso del  $\log chl = f[\log(cell/l)]$  si tratta di una distribuzione bivariata che presuppone una doppia distribuzione di probabilità: quella dei valori di  $y$  per un valore di  $x$ , e, viceversa, anche una probabilità dei valori di  $x$ , in corrispondenza di un determi-

nato valore di  $y$ . Per cui la regressione è stata interpolata come ortogonale e non come la usuale condizionale: ciò anche se si può pensare che l'incremento del numero delle cellule possa essere considerato causa di quello della concentrazione della clorofilla. Infatti non è stato predeterminato uno stesso valore di cellule, più volte replicato e per ciascuna volta esaminata la serie dei valori di clorofilla casualmente oscillanti in corrispondenza della stessa identica condizione  $x$ .

Si è inoltre considerato che qualsiasi confronto di stima della biomassa fitoplanctonica dovesse essere fatto non con la misura, ma con il logaritmo della misura per il ben noto fatto che l'accrescimento è illimitato, anche se non tutta la biomassa è attiva, e gli incrementi sono proporzionali alla biomassa iniziale ( $dB/dt = \mu B$ ). Quindi a parità di azione delle stesse condizioni su biomasse differenti si hanno effetti differenti, perché proporzionali alla biomasse stesse: questa differenza di effetti viene eliminata dall'uso del logaritmo. Questo è poi reso necessario per l'elaborazione statistica e probabilistica in quanto, essendo l'incremento di biomassa funzione della stessa biomassa, anche lo scarto di un dato dalla media della biomassa è tanto maggiore, quanto maggiore è la media: si hanno incrementi maggiori per biomasse maggiori, gli scarti dalla media non sono indipendenti dalla media e quindi non sono casualmente distribuiti attorno ad essa, così come anche la varianza non è indipendente dalla media:  $s^2 = k\bar{x}$ . Al contrario il  $\log B$  è uguale all'accrescimento specifico, o relativo alla biomassa iniziale ed è quindi indipendente da questa, come la varianza dei  $\log B$  è indipendente dalla loro media. Inoltre il campo di variazione della distribuzione normale va da meno infinito a più infinito, mentre nelle misure di biomassa questa può variare da zero a più infinito ma se si utilizza il  $\log B$ , si ha che per  $B = 0$  il  $\log 0 = -\infty$  e ci si adegua così alla distribuzione lognormale. Ad esempio: se le misure in una zona omogenea campionata a parità di tempo, differiscono solo casualmente tra di loro e la zona può quindi essere considerata effettivamente omogenea, questo può essere valutato solo considerando il logaritmo delle misure.

Per cui tutte le elaborazioni che riguardano la biomassa fitoplanctonica debbono essere fatte usando sempre il suo logaritmo, che sostituisce alla biomassa  $B$  il puro numero di moltiplicazioni necessarie per ottenere  $B$ :  $\log_2 B = n^\circ$  di moltiplicazioni per 2 avutosi a partire da 1 cellula per formarne  $B$ .

Nelle elaborazioni che seguono è stato quindi posto:  $\log(B/P) = f[\log(B/N)]$  per osservare la distribuzione bivariata dei rapporti di nutrizione. Dal punto di vista probabilistico però, il fatto che si operi con lo stesso campione di biomassa è scorretto, perché tutti e 4 i campioni dei due rapporti dovrebbero essere indipendenti e la teoria vorrebbe che fossero raccolti se non in calate distinte di bottiglia (quattro con i due nutrienti), al minimo con quattro prelievi dalla stessa bottiglia:  $B1$ ,  $B2$ ,  $P3$ ,  $N4$ . In tal modo tutta la variabilità sarebbe casuale ed i campioni tutti e 4 indipendenti, quando non lo sono certamente le due biomasse poste al numeratore dei rapporti, perché sono esattamente la stessa. Ciò introduce una maggiore correlazione che è spuria perché data dall'elemento

comune tra le due variabili che non sono così totalmente aleatorie. Questo problema del doppio campionamento si pone anche per i risultati di VOLLENWEIDER (HARRIS, 1986), ma non può essere risolto al momento in quanto le elaborazioni riguardano campioni ormai raccolti e con anni di lavoro, ma anche per quanto riguarda il futuro purtroppo il raddoppio del campionamento è praticamente impossibile, poiché i tempi di filtrazione per l'analisi della clorofilla, durante la campagna e quelli poi di conteggio cellulare, significherebbero il raddoppio della durata della campagna e del lunghissimo tempo dell'analisi microscopica che è questione di anni ed è impensabile. Si deve però osservare che il raddoppio dell'analisi del sottocampione di clorofilla, proveniente dalla stessa acqua, campionata con la stessa bottiglia, introdurrebbe nella variazione generale solamente una piccola frazione di variabilità che è esclusivamente limitata a quella tra i replicati analitici, che è di per se quanto mai minima e praticamente nulla rispetto a quella legata al campionamento. Anche la replica del conteggio cellulare può introdurre una variabilità pur sempre trascurabile rispetto a quella del campionamento generale.

Tanto per dire che lo studio del processo di distribuzione dei rapporti di nutrizione, così come l'abbiamo effettuato, non può essere stravolto se venisse ripetuto seguendo il pur giusto consiglio del probabilista, anche perché la varianza teorica tra i replicati *B1* e *B2* resterebbe la stessa.

Il punto di vista deterministico consiglia però tutt'altro nello studio dei rapporti tra i componenti di un sistema (es. sostanze in un prodotto naturale o artificiale): i rapporti vanno sempre effettuati a parità di condizioni, cioè all'interno di uno stesso campione.

Dal punto di vista quantitativo i rapporti calcolati rispetto all'azoto presentano il difetto di essere sovrastimati in quanto l'azoto da noi considerato è dato dalla somma di quello nitroso e nitrico disciolto nell'acqua. Per economia di tempo durante le nostre campagne non è mai stata analizzata l'ammoniaca disciolta nell'acqua e quindi, specie sottocosta, questo comporta che i punti nei diagrammi risultino spostati più a destra, con i rapporti della biomassa rispetto all'azoto maggiori di quanto sarebbero se l'ammoniaca fosse stata sommata al denominatore. L'errore comunque è minore per le acque oceaniche ove minore è la concentrazione di ammoniaca. In ogni caso ciò non cambia il significato di buona caratterizzazione che tale metodo di valutazione delle situazioni trofiche sembra presentare. Anche i dati del Golfo di Napoli e dell'Adriatico NW sono stati elaborati senza ammoniaca per omogeneità di confronti.

La Fig. 1 e Tab. 1 illustrano che tra i due modi di stimare la biomassa fitoplanctonica, con la clorofilla o con le cellule, non sussiste proporzionalità diretta cioè costante (isometria), in quanto la variazione di clorofilla al variare delle cellule è proporzionale al rapporto tra clorofilla e cellule (allometria). In particolare, essendo  $k < 1$  ad un incremento di cellule tenuto costante all'aumentare delle cellule, corrisponde un incremento di clorofilla che va diminuendo, e quindi all'aumentare dell'abbondanza cellulare (es. da  $10^4$  a  $10^6$ ) diminuisce il contenuto di clorofilla delle cellule (rispettivamente da 40 a 8 pg/cellula).

Questo comportamento è sostanzialmente determinato dalle grandi fioriture delle zone eutrofiche con grande abbondanza cellulare e scarso contenuto di clorofilla per cellula, ma, come in tutte le espressioni matematiche che sintetizzano delle situazioni naturali, la regressione non deve essere considerata reale

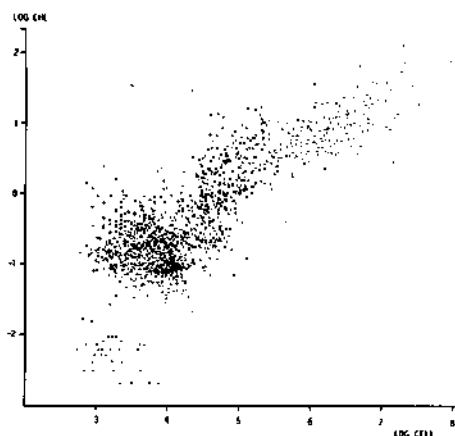


Fig. 1 - Distribuzione della concentrazione della clorofilla,  $\text{mg/m}^3$ , rispetto all'abbondanza cellulare, cellule/l.

in ogni suo punto, cioè la diminuzione di clorofilla per cellula sussiste certamente confrontando la parte destra con la sinistra del diagramma, ma non è da pensare, che il fenomeno avvenga in modo rigorosamente continuo come l'espressione imporrebbe. Per economia e brevità nella figura non sono stati

Tab. 1 - Parametri delle regressioni ortogonali  $\log y = \log b + k \log x$  degli strati e delle zone indicate:  $N^\circ$  = numerosità;  $r$  = coefficiente di correlazione.

Strati/zone	y	x	$N^\circ$	$\log b$	k	r
0 m-fondo	chl	cellule	1705	-3,79	0,78	0,79 (*)
0-50 m	cell/P	cell/N	1378	-0,37	1,26	0,70
100 m-fondo	cell/P	cell/N	68	1,00	1,13	0,75
S. Rossore	cell/P	cell/N	224	1,83	0,78	0,72
Adriatico NW	cell/P	cell/N	192	1,75	0,94	0,83
0-50 m	chl/P	chl/N	1709	0,84	1,63	0,52
100 m-fondo	chl/P	chl/N	202	1,07	0,93	0,86
S. Rossore	chl/P	chl/N	230	0,86	0,84	0,52
Adriatico NW	chl/P	chl/N	192	1,41	0,96	0,70
Golfo di NA	chl/P	chl/N	186	0,91	0,89	0,66

(\*) regressione condizionale:  $\log y = -3,23 + 0,65 \log x$ .

riportati i diversi colori assegnati ai punti delle diverse campagne oceanografiche che hanno messo in evidenza che le campagne Liguri e Tirreniche sono tutte comprese tra  $10^3$  e  $10^5$ , addensate attorno a  $10^4$  cellule/l, nell'intervallo di circa 0,05-0,10 mg/m<sup>3</sup> di clorofilla. Le misure al di sotto di tali valori appartengono allo strato al di sotto dei 200 m e non sono state incluse nella interpolazione della regressione a causa dei forti errori che si fanno all'analisi, per così bassi livelli di cellule e di clorofilla. Nessuna delle due distribuzioni marginali si presenta simmetrica e quindi non può essere lognormale, ma sembra che la simmetria, e forse la lognormalità, si possano supporre per i dati che appartengono ad una stessa zona, campionata durante una stessa campagna oceanografica, che si presentano quindi come più omogenei tra loro. Infatti i punti al di sopra di 100.000 cellule/l e 1 mg/m<sup>3</sup> di clorofilla appartengono quasi tutti alle due zone costiere eutrofiche che risentono degli apporti fluviali: quelle dell'Arno e del Po. Di quest'ultima sono quasi tutti i dati al di sopra di 1 milione di cellule/l e di 2,5 mg/m<sup>3</sup> di clorofilla. Sono quindi di queste zone eutrofiche le cellule a minor contenuto di clorofilla e ciò suggerisce una loro minore attività metabolica ed eventualmente fotosintetica che si accorda con lo schema di una minore produttività delle cellule delle zone eutrofiche ad alta biomassa.

Nei valori più bassi i dati di una stessa campagna-zona si addensano tra di loro, ma le nuvole di punti tendono a trasformarsi dalla forma ellissoide che presentano le zone costiere dell'Arno e del Po, a quella circolare con conseguente notevole diminuzione della correlazione lineare tra cellule e clorofilla. Ciò indica che le variazioni del contenuto di clorofilla delle cellule e dell'abbondanza cellulare a parità di tempo (entro 10-20 giorni di durata di una campagna) in una stessa area, sono sufficientemente contenute e casualmente distribuite, mentre i punti restano sufficientemente addensati attorno alle medie che distano anche molto l'una dall'altra mantenendo distinte le zone.

La variazione della struttura specifica dei popolamenti durante la successione stagionale nonché la diversa velocità di accrescimento specifico dei differenti popolamenti, sono certamente la causa della netta variazione di abbondanza cellulare e concentrazione di clorofilla nell'acqua durante i cicli annuali, mentre invece, a parità di tempo e di zona in pratica la variazione tra i campioni non sembra che riesca a superare quella dell'errore di conteggio e dosaggio. In altri termini: la variazione di clorofilla in una stessa zona, omogenea per le condizioni ambientali e nella stessa fase di successione, è apparentemente indipendente dall'abbondanza cellulare: i campioni sono sostanzialmente simili, quasi che fossero dei replicati, in realtà sono resi tali dall'ampiezza degli errori, vuoi di conteggio che di dosaggio, errori che sono relativamente tanto maggiori quanto minori sono sia l'abbondanza cellulare che la concentrazione di clorofilla.

A questo proposito va anche notato che, per questi 1705 dati, che non sono certo poco rappresentativi, i coefficienti di variabilità (c.v. =  $s/\bar{x}$ ) sono il 20% per le cellule e il 157% per la clorofilla, così da conferire una maggiore precisione al conteggio come stimatore di biomassa che non alla clorofilla.

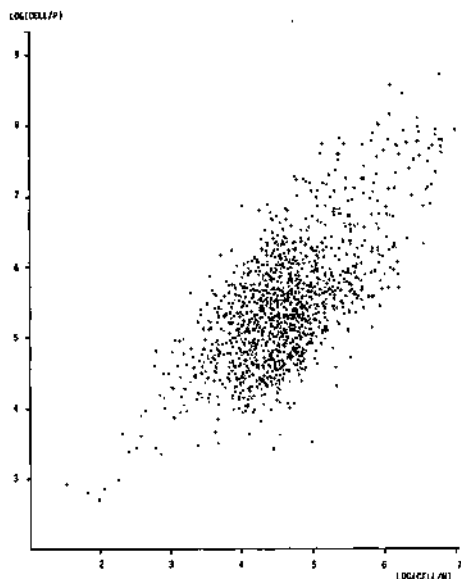


Fig. 2 - Distribuzione dei rapporti fra la biomassa, in cellule/litro, ed il  $P-PO_4$  ed  $N-(NO_2+NO_3)$  disciolti nell'acqua, in  $\mu\text{mol/l}$ , nello strato 0-50 m.

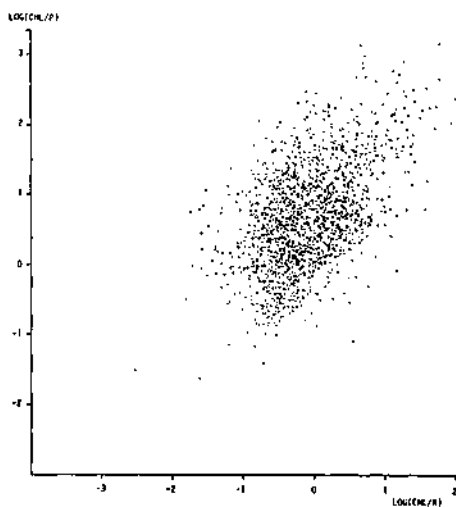


Fig. 3 - Distribuzione dei rapporti fra la biomassa, in  $\text{mg/m}^3$  di clorofilla, ed il  $P-PO_4$  ed  $N-(NO_2+NO_3)$  disciolti nell'acqua, in  $\mu\text{mol/l}$ , nello strato 0-50 m.

I logaritmi dei rapporti di nutrizione relativi al fosforo si distribuiscono in modo regolare e ordinato rispetto a quelli relativi all'azoto (Figg. 2, 3) e nel senso che gli uni tendono ad aumentare all'aumentare degli altri. I coefficienti di correlazione (Tab. 1) sono tutti molto significativamente ( $P < 0,001$ ) diversi da zero e positivi. Le stime effettuate con le cellule hanno in genere correlazione maggiore di quelle con la clorofilla ad eccezione dello strato 100 m-fondo. I coefficienti angolari  $k$  non sono molto differenti dall'unità, perché gli angoli di inclinazione sono compresi tra  $\pm 7^\circ$  per le cellule e  $+13,5^\circ$  e  $-5^\circ$  per la clorofilla, attorno a  $45^\circ$ . Si può quindi ravvisare una certa tendenza dell'allometria ( $k \neq 1$ ) a riportarsi verso l'isometria ( $k = 1$ ) e questo è particolarmente evidente negli strati profondi (Figg. 4, 5) e nel caso del ciclo annuale dell'Adriatico NW (Figg. 6-7). È da notare che quando  $k$  tende ad 1 questo significa che le variabilità (devianze, varianze, scarti quadratici medi della distribuzione e delle medie) delle due variabili aleatorie delle distribuzioni marginali tendono ad essere eguali. Ciò è da interpretarsi nel senso che la loro variazione è generata dalle stesse cause alle quali i rapporti di nutrizione reagiscono. A questo proposito il maggiore scostamento dall'unità che si ha negli strati superficiali ed il maggiore disordine è da mettere in relazione alla mutevole interazione tra la biomassa ed i nutrienti nello strato eufotico. Infatti è noto che negli strati profondi il rap-



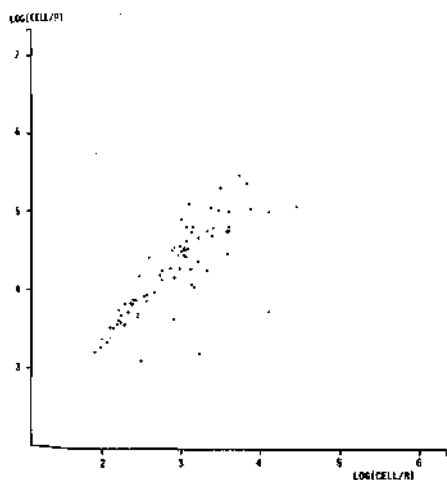


Fig. 4 - Distribuzione dei rapporti fra la biomassa, in cellule/l, ed il P-PO<sub>4</sub> ed N-(NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>) disciolti nell'acqua, in μmol/l, nello strato 100 m-fondo.

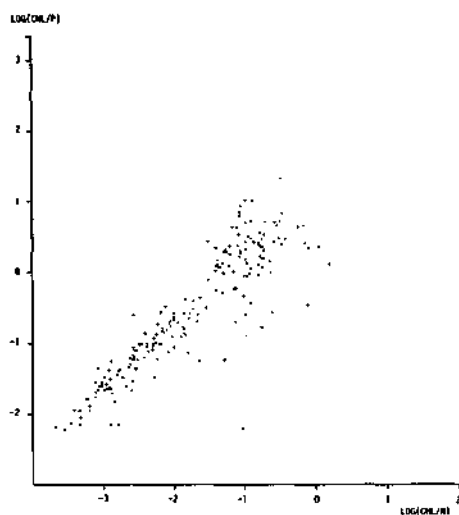
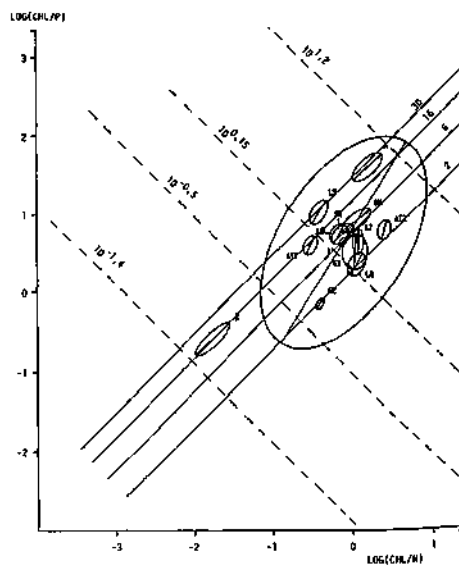
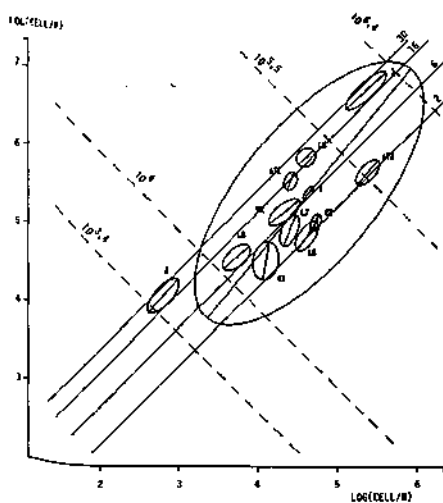


Fig. 5 - Distribuzione dei rapporti fra la biomassa, mg/m<sup>3</sup> di clorofilla, ed il P-PO<sub>4</sub> ed N-(NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>) disciolti nell'acqua, in μmol/l, nello strato 100 m-fondo.



Figg. 6-7 - Regressioni ortogonali dei rapporti di nutrizione. Le rette sono definite dagli assi delle ellissi fiduciarie. Le ellissi maggiori riguardano le distribuzioni di tutti i punti dello strato 0-50 m (Figg. 2 e 3); quelle più piccole sono i limiti fiduciarie delle medie: con 1 sono indicate le medie per lo strato 0-50 m; con 2 quelle per lo strato 100 m-fondo; con le sigle spiegate nel testo, quelle relative alle medie delle singole campagne. Per tutte le ellissi  $P = 0,05$ . Lungo le rette a 45° il rapporto N/P è costante e lungo quelle a - 45° è costante quello  $B/\sqrt{NP}$ ;  $B$  = biomassa. Sono indicate alcune rette con le rispettive costanti.

porto tra i nutrienti disciolti nell'acqua, che compongono la soluzione marina (rapporto di composizione) è spesso pari a quello di assimilazione di Redfield (come in Figg. 5 e 7 ed in Tab. 1 per il rapporto di nutrizione stimato con la clorofilla).

Se la variabilità delle due variabili aleatorie tende ad essere eguale così che  $k$  tende ad 1, allora la relazione allometrica espressa dalla retta ortogonale tende a diventare isometrica, cioè  $\log y = \log b + k \log x$  si trasforma in  $y = bx$ , ma nel caso nostro sparisce la biomassa e i rapporti di nutrizione danno luogo al rapporto di composizione tra l'azoto e il fosforo disciolti nell'acqua  $N = bP$  (Nelle Figg. 6 e 7 sono riportate sia le rette  $N/P = \text{cost.}$ , che le perpendicolari, per le quali è  $(B/P) (B/N) = \text{cost.}$ , nella forma  $B/\sqrt{NP} = \text{cost.}$ ). Per le acque superficiali eufotiche in genere non si ha possibilità di interpolare una relazione semplice tra  $N$  e  $P$  e anche considerando  $\log N$  e  $\log P$  non si ottengono distribuzioni regolari dai punti che facciano pensare ad una qualche relazione interpolabile. L'ordine viene invece portato esaminando, con i logaritmi dei rapporti di nutrizione, il rapporto contemporaneo tra la biomassa, il fosforo e l'azoto disciolti nell'acqua. Si può parafrasare la cosa dicendo che nella apparente mancanza di ordine nel processo di variazione spaziale e temporale dei rapporti tra i nutrienti, quest'ordine viene reso manifesto esaminando i nutrienti rispetto alla biomassa che è in definitiva l'organizzatore e il determinante del processo, in quanto i rapporti tra gli elementi sono quelli di composizione della biomassa. Infatti, anche se nello strato eufotico è particolarmente difficile ritrovare il rapporto elementare originario, tuttavia è da notare che in media il rapporto di nutrizione rispetto al fosforo è sempre maggiore di quello rispetto all'azoto, perché la composizione dell'acqua è determinata da quella della sostanza vivente dove «attorno» ad un atomo di  $P$  c'è sempre più biomassa che attorno ad uno di  $N$ .

Nonostante l'introduzione, tecnicamente inevitabile, di una frazione di correlazione spuria, causata dall'aver eseguito i rapporti con lo stesso campione di biomassa, anche il più rigoroso probabilista, deve tener conto, come già detto, che la frazione di variabilità mancante, è quella tra i replicati analitici che è minima specie rispetto a quella del campionamento. Non si può pensare che le correlazioni significative trovate possano essere prodotte dal calcolo dei logaritmi dei rapporti tra i valori di una qualsiasi serie casuale, invece di quelli di  $B$ , e quelli dei nutrienti, né tantomeno che alla correlazione spuria sia dovuta la regolarizzazione delle distribuzioni dei nutrienti, né i valori dei parametri delle regressioni.

Sul piano probabilistico si ha tuttavia che su 52 distribuzioni dei rapporti di nutrizione (qui non tutte riportate), e corrispondenti alle distribuzioni marginali (ascisse e ordinate) di quelle bivariate, 34 (65%) sono risultate non significativamente differenti dalla lognormale, mentre per le altre, spesso la bassa numerosità delle classi non ha permesso l'effettuazione del test. Ciò significa che la variazione specifica di biomassa rapportata a quella specifica del nutriente è casualmente distribuita attorno alla media che si presenta quindi come una costante caratteristica della zona.

Nei casi in cui ciò non avviene o può essere insufficiente la numerosità dei campioni, o è logico pensare che l'area di mare studiata non sia omogenea rispetto alla quantità e qualità della biomassa rapportata al nutriente considerato. Cioè che si tratta di zona comprendente sistemi differenti, diversamente ubicati nello spazio, o di zone soggette a variazioni temporali determinate da entrate o uscite di nutrienti e cenosi fitoplanctoniche con variazioni repentine.

È da notare che la frazione spuria della correlazione impedisce esclusivamente l'analisi probabilistica delle distribuzioni bivariate, ma non toglie alcun valore alla rappresentazione statistico-deterministica e descrittiva delle distribuzioni e delle regressioni.

Questi risultati, e non solo questi, illustrano infatti che la biomassa per ogni determinata situazione trofica si sviluppa, sia pur con una oscillazione casuale, ma con un tipo di distribuzione definito, che ha una determinata varianza, ed un determinato valore medio i quali sono a loro volta determinati dal rapporto che le specie componenti dei popolamenti assumono con i nutrienti in quelle condizioni ambientali.

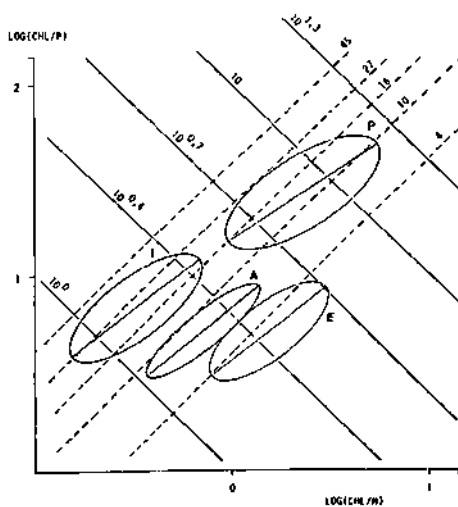
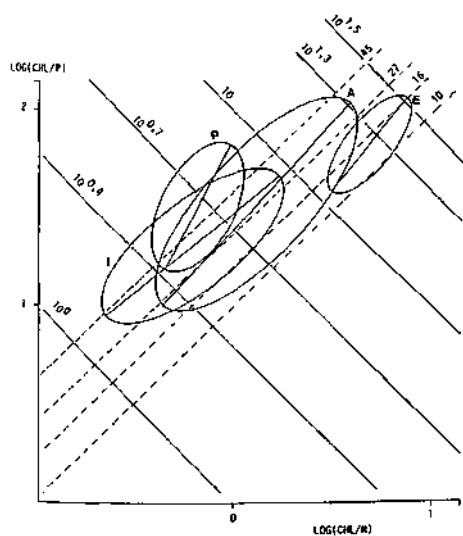
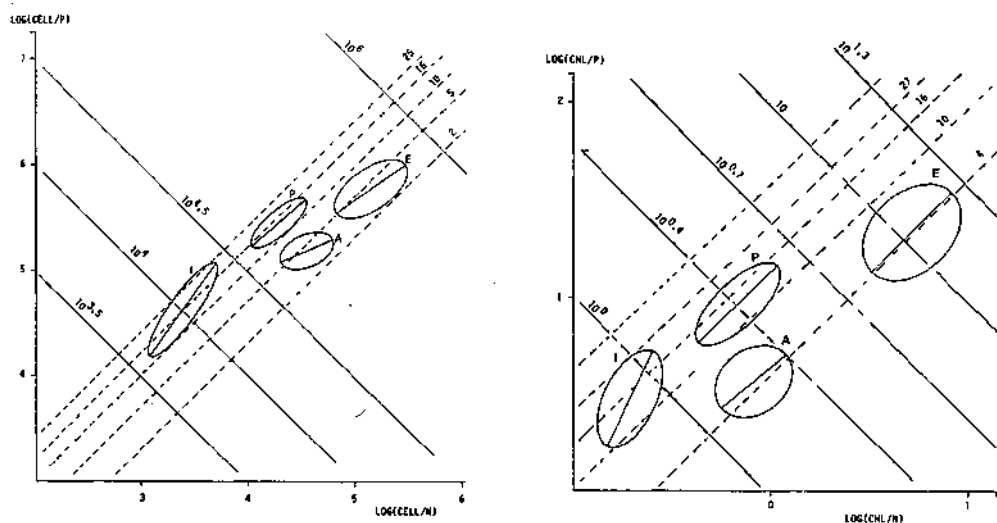
Le medie dei rapporti di nutrizione delle diverse zone e le rispettive parabole o rette si collocano in punti determinati rispetto alle rette dei rapporti dei nutrienti dell'acqua, in modo da permettere una stima quantitativa rispetto al fattore nutritivo limitante e della tendenza delle condizioni di limitazione della zona.

Anche se a rigore non si può considerare che i rapporti siano tra di loro casualmente distribuiti secondo la legge lognormale bivariata è tuttavia evidente che l'ambito di oscillazione delle medie (Figg. 6, 7) si presenta notevolmente ristretto.

È possibile riconoscere per le zone studiate una classificazione trofica sia rispetto alla quantità di biomassa per unità di nutriente sia rispetto alla situazione di limitazione nutritiva, dalla quale risulta:

- una collocazione oligotrofica di scarsa biomassa per unità di nutriente della maggior parte delle regioni di mare aperto Liguri e Tirreniche accompagnate da una generale tendenza alla limitazione da azoto (eccetto AT1 ed L5);
- una collocazione decisamente eutrofica ed a limitazione di fosforo per il litorale adriatico romagnolo (A).

Una più interessante rappresentazione delle distribuzioni dei rapporti di nutrizione deriva dalla loro variazione temporale durante il ciclo annuale a parità di zona. Particolarmente le Figg. 8 e 9 che riguardano il ciclo nelle acque costiere tra l'Arno e il Serchio illustrano che durante il ciclo le rette ortogonali (assi delle ellissi) tendono sempre a disporsi con una inclinazione che è sempre attorno ai  $45^\circ$ . Pur variando notevolmente i rapporti di nutrizione la loro variazione annuale è appunto ciclica. La biomassa per unità di nutriente aumenta dall'inverno all'estate e poi diminuisce dall'estate all'inverno, ma cambiano i rapporti N/P: più alti in inverno e primavera, diminuiscono man mano in periodo estivo ed autunnale per ritornare ai valori alti, vicini a quello di Redfield in inverno.



Anche le Figg. 10 e 11, Adriatico NW e Golfo di Napoli, presentano lo stesso tipo di ciclicità, che, pur con una diversa e specifica collocazione delle ellissi stagionali, percorre un circuito il cui schema è simile per le 3 zone.

Se si considerano i nutrienti disciolti nell'acqua ed i loro rapporti di composizione, ponderati con la biomassa, vengono misurati con il rapporto di Redfield, l'informazione che se ne ottiene nel nostro caso, in cui non è stato utilizzato il carbonio, ma due stimatori di biomassa, clorofilla e cellule, non ci sembra adeguata per trarne delle conseguenze quantitative sul numero di riciclaggi necessari ad un elemento per formare sostanza fitoplanctonica media, che abbia il rapporto di Redfield. Non si ottiene infatti, come è logico, dalla clorofilla e dalle cellule, la stessa informazione quantitativa. Tuttavia dal punto di vista della modalità di variazione del sistema, clorofilla e cellule forniscono una stessa informazione che caratterizza la dinamica temporale delle zone.

Le relazioni allometriche rilevate ipotizzano (REEVE & HUXLEY, 1947; RICHARDS & KAVANAGH, 1947) che le velocità di variazione specifica dei rapporti di nutrizione siano tra di loro proporzionali e dipendenti dagli stessi rapporti, e quindi dallo stato trofico del sistema. Tuttavia il fattore di proporzionalità non è molto distante da 1 nel qual caso non si ha variazione del rapporto di composizione dell'acqua pur avendosi la variazione di quelli di nutrizione e aumento o diminuzione di biomassa. Se si considerano le piccole differenze spaziali tra questi rapporti come differenze di età tra i popolamenti campionati, più vecchi quelli con più biomassa, scambiando lo spazio per il tempo, le rette interpolate con  $k$  tendente a 1 rappresentano situazioni di equilibrio in cui la biomassa cresce mantenendo inalterato il rapporto di composizione dell'acqua.

In tal caso è supponibile che se questo è squilibrato, l'equilibrio assimilativo sia riportato con le diverse velocità di riciclaggio dei nutrienti, e il ripristino di quello nella situazione ambientale, operato da apporti o consumi sarà anche indicato dalla variazione del  $k$  rispetto ad 1.

L'analisi dei rapporti tra biomassa e nutrienti nelle zone studiate e per i dati disponibili non può certo dirsi esaurita, molti altri aspetti restano da indagare su questi stessi dati, tuttavia l'elaborazione svolta ha permesso di evidenziare e definire le caratteristiche più salienti dei rapporti tra biomassa e nutrienti dei mari e litorali considerati.

## Summary

*Statistical analyses of nutrient concentrations and phytoplankton biomass and species composition data can furnish useful information on the dynamics regulating plankton communities. Redfield suggested that the spatial and temporal variability in nutrient concentrations at sea could be related to variations in the ratio between principal elements which oscillate around a mean value. In large water masses, an increment or decrease in nutrient concentrations due to decomposition or production occurs maintaining this ratio constant (Redfield ratio) and equal to*

the assimilation ratio found in phytoplankton which constitute the bulk of the biomass at sea. Vollenweider generated a series of statistical relations from which it is possible to deduce properties regarding the velocity of nutrient and biomass turnover as well as those regarding nutrient limitation in water masses.

This paper analyzes the statistical distribution of the nutrition ratios: biomass/nutrient (N, P). For data sampled in the Ligurian and Tyrrhenian Seas and in the North-West Adriatic Sea and Gulf of Naples, the distributions observed were regular, with means typical of the different areas considered; the regressions between nutrition ratios are allometric. Spatial and temporal variations of the trophic relations in the waters are well displayed.

## Bibliografia

EPPLEY R.W., PETERSON B.J. (1979) - Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. *Nature*, 282: 677-680.

EPPLEY R.W. (1981) - Relations between nutrient assimilation and growth in phytoplankton, with a brief review of estimates of growth rates in the Ocean. In: *Physiological bases of phytoplankton ecology*. Platt, T. (ed.), *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.*, 210: 251-263.

GOLDMAN C, MCCARTHY J.J., PEAVER D.G. (1979) - Growth rate influence on the chemical composition of phytoplankton in oceanic waters. *Nature*, 279: 210-215.

HARRIS G.P. (1986) - Phytoplankton ecology, structure, function and fluctuation. Chapman and Hall, London, N.Y.: 1-384.

INNAMORATI M., ALBEROTANZA L., DE POL M., MANNUCCI M. et al. (1986) - Popolamenti fitoplanctonici e condizioni idrologiche nel Mar Ligure. *Resoconti dei rilevamenti in mare*, n. 2, Firenze.

INNAMORATI M., ALBEROTANZA L., DE POL M., LAZZARA L., MANNUCCI M. et al. (1987) - Popolamenti fitoplanctonici e condizioni idrologiche nel Mar Ligure. *Resoconti dei rilevamenti in mare*, n. 3, Firenze.

INNAMORATI M., MORI G., LAZZARA L., CECCATELLI G., DE POL M., BUZZICHELLI S., CAVALIERI S. (1989) - Il fitoplancton nel mare inquinato dal fiume Arno (S. Rossore 1983-1986). *Oebalia*, XV-1 N.S.: 427-439.

REDFIELD A C KETCHUM B H., RICHARDS F.A. (1963) - The influence of organisms on the composition of sea water. In: *The sea*. Hill M.N. (ed.) vol. 2, Wiley Interscience, New York: 26-79.

REEVE E C R HUXLEY J S (1947) - Some problems in the study of allometric growth. In: *Essays on growth and form presented to d'Arcy Wentworth Thompson*. Le Gros Clark W.E., Medawar P.B. (eds). Oxford University Press, Oxford: 121-136.

RICHARDS O.W., KAVANAGH A.J. (1947) - The analysis of growing form. In: *Essays on growth and form presented to D'Arcy Wentworth Thompson*. Le Gros Clark W.E., Medawar P.B. (eds). Oxford University Press, Oxford: 188-230.

RIBERA D'ALCALÀ M., CARRADA G.C., CASOTTI R., MODIGH M., SAGGIOMO V., VESCIA S. (1985) - Osservazioni sulla distribuzione verticale di ossigeno e clorofilla *a*, nelle acque esterne al Golfo di Napoli. *Nova Thalassia*, 7 (suppl. 3): 129-135.

RINALDI A., MONTANARI G., BONI L. (1984) - Risultati e considerazioni ecc. In: Regione Emilia Romagna, Eutrofizzazione delle acque costiere. *Rapporto annuale 1983*, Tecnostampa Reggio Emilia.

VOLLENWEIDER R.A., HARRIS G.P. (1985) - Elemental ratios in marine and freshwater plankton (in preparazione).

L. BONI  
B.M. MANUZZI

M. RETI  
D. TACCONI

Dipartimento di Biologia Evoluzionistica e Sperimentale  
dell'Università, Via Irnerio 42, 40126 Bologna (Italia)

## **RICERCHE SUL POTENZIALE TROFICO DELLE ACQUE COSTIERE DELL'EMILIA-ROMAGNA MEDIANTE SAGGI ALGALI**

### **Abstract**

Algal growth potential of water from the Adriatic Sea

*The growth levels of *Cylindrotheca fusiformis* var. *fusiformis* Reimann & Lewin were examined in winter and summer water samples taken from the Adriatic Sea facing Emilia-Romagna.*

*It was found that: 1) The winter samples had algal growth potential higher than the summer ones. 2) The winter samples, collected 3 km off the coast, had higher algal growth potential than the coastal ones; the opposite applies in summer. 3) The P omission usually limited growth.*

**Key-words:** Bioassays, Adriatic Sea, algal growth.

### **Introduzione**

Il saggio algale è un metodo di studio della qualità di un corpo idrico che utilizza microalghe come indicatori biologici. Questa tecnica è stata ampiamente sfruttata all'estero per valutare il potenziale di crescita algale di vaste aree di oceano (SMAYDA, 1974; MAESTRINI *et al.*, 1984) ed è stata introdotta anche in Italia, per lo studio sia delle acque dolci che delle acque marine (CHIAUDANI & VIGHI, 1978). Non si tratta di una metodologia precisa, ma di un insieme di tecniche variabili da un autore all'altro anche in rapporto a ciò che si intende ottenere con l'esperimento. Può essere utilizzata per vari scopi, per esempio per valutare il potenziale di crescita algale di una massa d'acqua, cioè la massima biomassa raggiunta dall'alga incubata in presenza dei soli nutrienti naturali, per determinare quali siano i principali fattori limitanti o favorenti la crescita fitoplanctonica, per evidenziare la tossicità di alcune sostanze, ecc.



Scopo di questo lavoro è stato quello di valutare il potenziale trofico dell'acqua di stazioni diverse della costa dell'Emilia-Romagna. Ci si è infatti proposto di verificare la possibilità di utilizzare il saggio algale come tecnica di studio riguardo al problema dell'eutrofizzazione in Adriatico e di osservare se i risultati ottenuti con tale metodo possano essere paragonabili a quelli già avuti con altri tipi di indagini (MARCHETTI, 1983).

## Materiali e metodi

L'alga test usata è una diatomea proveniente da un'associazione naturale dell'Adriatico, da noi isolata nel 1983 e mantenuta in coltura con il terreno f/2 di Guillard e Ryther. In base ad un'approfondita indagine tassonomica condotta con il TEM presso la Stazione Zoologica di Napoli (MARINO *et al.*, 1988) risulta essere *Cylindrotheca fusiformis* var. *fusiformis* Reimann & Lewin.

Le stazioni esaminate sono riportate nella Fig. 1. I prelievi dei campioni d'acqua sono stati effettuati dalla motonave Daphne della regione Emilia-Romagna in due periodi: uno tra il 6-4-1984 e il 24-5-1984, l'altro tra il 31-8-1984 e il 12-9-1984.

I campioni d'acqua sono stati filtrati con il Millipore 0,45  $\mu\text{m}$  e conservati in freezer a  $-18^\circ\text{C}$  fino al momento dell'uso.

Per ogni stazione sono stati allestiti 4 esperimenti, ciascuno replicato 4 volte. Ogni replica era in beute da 250 ml con 100 ml di terreno di coltura e l'inoculo era per tutte di ca. 1000 cell/cc. Nel primo esperimento il terreno di coltura era costituito unicamente dall'acqua delle stazioni senza alcuna aggiunta di nutrienti, nel secondo era terreno f/2 di Guillard e Ryther preparato con l'acqua della stazione da esaminare, il terzo ed il quarto erano condotti con il terreno senza aggiunta rispettivamente di P ed N. Le colture di controllo erano allestite con acqua di mare oligotrofica prelevata dal basso Adriatico e con terreno f/2 preparato con la stessa acqua.

Le colture sono state mantenute in camera termostatica a temperatura di  $20^\circ\text{C}$  e luminosità di  $1600 \mu\text{w}/\text{cm}^2$ , con un ciclo di 16 ore di luce e 8 di buio.

La stima della biomassa algale è stata effettuata contando le cellule con emocitometro ogni 2 giorni. I prelievi per i conteggi consistevano in 2 ml che venivano fissati con Lugol e conservati in provetta fino al momento dell'uso, in genere pochi giorni più tardi.

## Risultati

Le colture di controllo sono state allestite per evidenziare variazioni eventuali dello stato fisiologico dell'alga test nel corso dell'esperimento. Poiché queste non si sono verificate si preferisce limitare la discussione ai risultati ottenuti con le acque delle diverse stazioni.

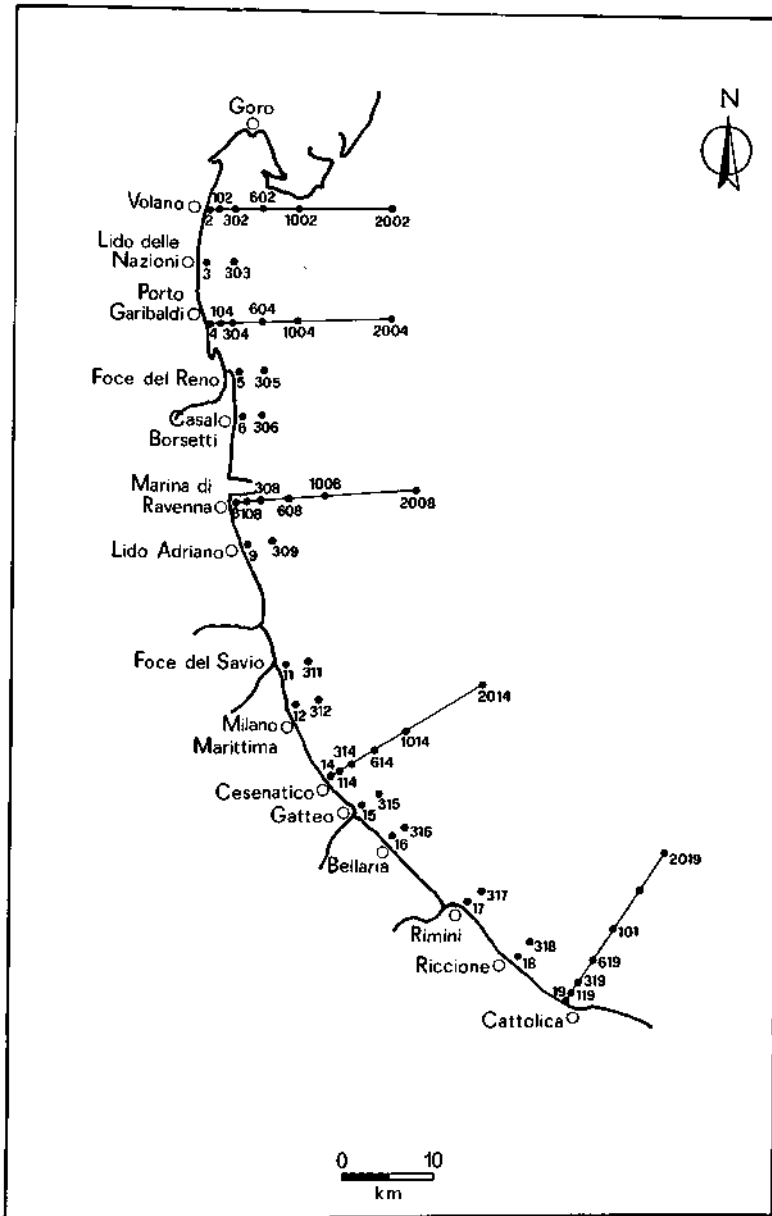


Fig. 1 - Ubicazione delle stazioni di prelievo.

I risultati sono riportati nelle Figg. 2-5, che mostrano la quantità di alghe ottenuta con le acque delle diverse stazioni e stagioni. Nella Fig. 2 si osserva che non vi erano, per le acque costiere, grosse differenze tra l'inverno e l'estate;

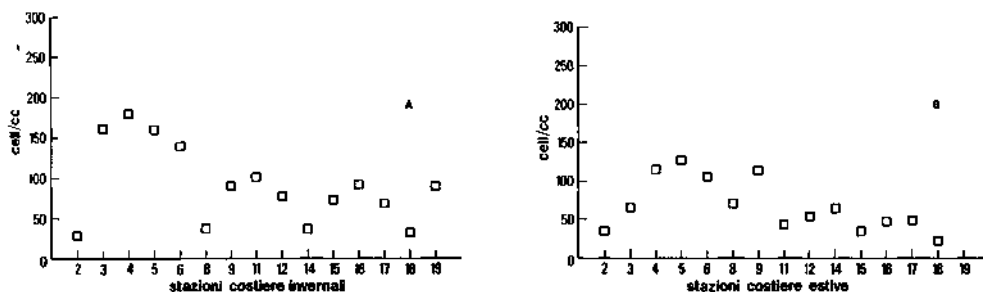


Fig. 2 - Biomassa algale ottenuta con acque costiere invernali (A) ed estive (B).

tuttavia si vede che l'acqua invernale delle stazioni 3, 4 e 5 favoriva maggiormente lo sviluppo della biomassa algale. Inoltre si è riscontrato che le stazioni settentrionali permettevano una crescita algale superiore rispetto a quelle più meridionali, sia in inverno che in estate, con la sola eccezione di Volano (staz. 2).

Nella Fig. 3 si osserva che l'acqua invernale delle stazioni a 3 km aveva un potenziale trofico maggiore rispetto a quella estiva.

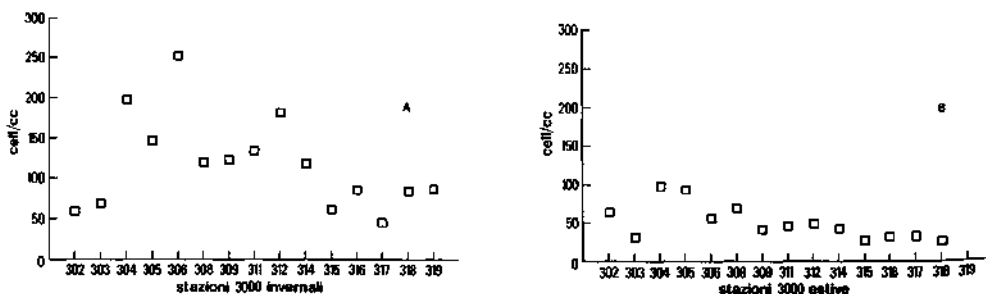


Fig. 3 - Biomassa algale ottenuta con acque invernali (A) ed estive (B) prelevate a 3 km.

Nella Fig. 4 è riportata la biomassa algale ottenuta con l'acqua delle direttrici, linee disposte perpendicolarmente alla costa fino ad una distanza di 20 km da essa. Lungo la direttrice di Volano (staz. 2) si riscontra una quantità di alghe più o meno omogenea per tutte le stazioni, con un picco massimo per la stazione 102 e per la 2002 nel solo periodo invernale. La direttrice di Porto Garibaldi (staz. 4) rivelava un picco di crescita per la stazione costiera e per la 304, entrambi più evidenti con l'acqua del periodo invernale. Lungo la direttrice

di Marina di Ravenna (staz. 8) si osserva un aumento di biomassa algale con le acque invernali dalla costa fino a 6 km, mentre l'acqua estiva favoriva la crescita in modo elevato nella stazione 8 e nella 308. Lungo la direttrice di Cesenatico (staz. 14) è stata riscontrata la quantità più elevata nella stazione 314 durante

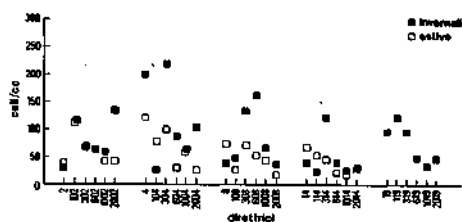


Fig. 4 - Biomassa algale ottenuta con acque invernali ed estive prelevate lungo le direttrici.

l'inverno; in entrambe le stagioni si osserva una diminuzione della crescita dalla costa verso il largo. Della direttrice di Cattolica (staz. 19) sono stati rilevati soltanto i valori riguardanti il periodo invernale ed anche in questo caso l'andamento indica una biomassa inferiore ottenuta con le acque del largo; si riscontra un picco nella stazione 119. Nella Fig. 5 sono rappresentati i risul-

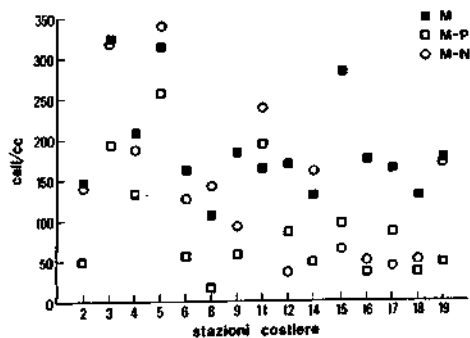


Fig. 5 - Biomassa algale ottenuta con terreni di coltura f/2 completo (M), senza aggiunta di P (M-P), senza aggiunta di N (M-N), preparati con acque costiere invernali.

tati delle colture allestite con mezzo f/2 preparato con l'acqua invernale delle stazioni costiere, completo e senza aggiunte rispettivamente di P e N. Si osserva un elevato incremento di biomassa nelle colture con terreno completo. La crescita algale ottenuta era generalmente inferiore nel terreno senza aggiunta di fosforo; nelle stazioni 12, 15 e 17 si ottenevano crescite basse con il terreno senza aggiunte di azoto.

## Conclusioni

Il metodo di studio utilizzato ha permesso di mettere in luce alcune differenze stazionali e stagionali nel potenziale trofico delle acque in esame. Si può rilevare (Fig. 2) una maggiore crescita algale nelle stazioni costiere settentrionali, confermando le osservazioni compiute nel corso di anni di studio (MARCKERN, 1983). La stazione 2 ha un potenziale di crescita algale scarso, rispetto alle altre del Nord, perché il gioco delle correnti in quel punto non permette l'accumulo di nutrienti (MARCHETTI, 1983); le stazioni dalla 3 alla 6 sono quelle con la biomassa algale più elevata. È stato anche evidenziato che sia le stazioni costiere che quelle a 3 km hanno un potenziale trofico più elevato d'inverno che d'estate; riteniamo che ciò sia dovuto al fatto che le condizioni di coltura hanno rimosso le limitazioni ambientali (luce e temperatura) che mantengono bassa in natura la quantità di alghe invernale, pur lasciando inalterata la qualità dell'acqua. Si osserva inoltre (Fig. 3) che le acque costiere estive hanno un potenziale trofico più elevato rispetto a quelle a 3 km, il contrario succede per le acque invernali. Ciò è dovuto evidentemente agli apporti costieri che sono più ingenti in estate, mentre in inverno le stazioni a 3 km sono quelle che maggiormente risentono degli apporti del Po. Le stazioni più al largo sono quasi sempre in condizioni di basso potenziale di crescita algale, come si osserva dai grafici delle direttrici (Fig. 4).

Benché non sia lo scopo di questo lavoro uno studio sui fattori limitanti, che dovrebbe essere condotto su un numero molto maggiore di parametri e non sui soli fosforo ed azoto (MAESTRINI et al., 1984), osserviamo che nella maggior parte delle stazioni si ottiene una biomassa algale inferiore nelle colture prive di fosforo rispetto a quelle prive di azoto. I risultati sin qui ottenuti sembrano convalidare l'ipotesi che il fosforo sia il principale responsabile delle fioriture algali. Riteniamo comunque che questa affermazione sia del tutto prematura e che sarebbe necessario ripetere l'esperimento con altre specie algali, soprattutto con dinoflagellate.

Questo tipo di approccio metodologico si è dimostrato valido nello studio dei problemi relativi all'«eutrofizzazione», permettendo infatti di valutare il grado di trofismo dell'acqua. Le sole analisi chimiche non danno indicazioni in merito; infatti si può osservare che acque a basso contenuto di nutrienti sono ad elevato potenziale trofico e il contrario. Il biosaggio tuttavia ci dà una valutazione del grado di trofismo di un corpo idrico in un determinato periodo, ma non ci dice che cosa lo determini. Sarebbe quindi auspicabile un'integrazione dei due metodi di ricerca.

Un limite pratico nell'applicazione in larga scala dei biosaggi come metodo di studio su problemi ambientali è dato dal grande numero di campioni da osservare ogni giorno e quindi dalla notevole quantità di tempo impiegato per il conteggio degli individui. A ciò tuttavia si potrebbe facilmente ovviare utilizzando altri metodi di valutazione della biomassa oppure un contatore automatico.

Il lavoro da noi svolto è del tutto preliminare e vuol essere solo una proposta di metodo. Riteniamo comunque che i biosaggi, se opportunamente approfonditi, possano dare validi risultati nello studio di vari corpi idrici.

## Ringraziamenti

Il lavoro è stato condotto con un finanziamento della Regione Emilia-Romagna (Assessorato alla Sanità).

## Summary

*The relation between phytoplankton and its nutritional environment is usually studied indirectly, drawing information from three kinds of measurements: concentration of the nutrients, phytoplankton biomass and phytoplankton biochemical activity. This approach, however, is lengthy since account must be taken of all the nutrients, in all their various chemical forms. The algal bioassay, on the contrary, is less time-consuming and can provide more exact data about the algal growth potential of a water body.*

*The water of Emilia-Romagna (northern Adriatic Sea) sampled from the coast to 20 km off-shore in winter and summer were bioassayed with *Cylindrotheca fusiformis* var. *fusiformis* Reimann & Lewin at four different nutrient enrichments each replicated 4 times: sea water without enrichment, f/2 medium of Guillard & Ryther prepared with sea water from the various stations, f/2 medium without P, f/2 medium without N.*

*The winter water samples, excluding the variations deriving from seasonal fluctuations in light and temperature, had a higher algal growth potential than the summer ones. Water collected at 3 km in winter had higher algal growth potential than coastal water; the opposite was observed in summer water. In addition, the northern sampling stations (excluding station 2 because of its peculiar position) had higher algal growth potential than the southern stations. Lastly, omission of P from cultures usually limited algal growth.*

*Although this work is still very preliminary, the results suggest that this method may be applied to practical problems associated with water management.*

## Bibliografia

CHIAUDANI G., VIGHI M. (1978) - Metodologia standard di saggio algale per lo studio della contaminazione delle acque marine. *Quaderni IRSA* : 7-25.

MAESTRINI S BONIN D.J., DROOP M.R. (1984) - Phytoplankton as Indicators of Sea Water Quality: Bioassay Approaches and Protocols. In *Algae as ecological indicators* L. Elliot Shubert (ed.), Academic Press: 71-121.

MARCHETTI R. (1983) - Quadro di sintesi delle indagini svolte dal 1978 sul problema dell'eutrofizzazione nelle acque costiere dell'Emilia-Romagna. *Eutrofizzazione dell'Adriatico, ricerche e linee d'intervento*, Bologna 18 maggio 1983.

MARINO D., TOSTI E., FORLANI G. (1988) - Prima segnalazione di *Cylindrotheca fusiformis* var. *fusiformis* Reimann & Lewin in Mediterraneo. *Giorn. Bot. Ital.*, 122: 31-34.

SMAYDA T.J. (1974) - Bioassay of the growth potential of the surface water of lower Narragansett Bay over an annual cycle using the diatom *Thalassiosira pseudonana* (oceanic clone 13-1). *Limnol. Oceanogr.*, 19: 889-901.

M. CABRINI\*

L. MILANI\*

S. FONDA UMANI \*\*

G.

HONSELL \*\*

\* Laboratorio di Biologia Marina, Sorgenti di Aurisina, 34100 Trieste (Italia)

\*\* Dipartimento di Biologia dell'Università,

Via A. Valerio 32, 34100 Trieste (Italia)

## RELAZIONI TROFICHE TRA FITOPLANCTON E MICROZOOPLANCTON NEL GOLFO DI TRIESTE

### Abstract

Phyto/microzooplankton relations in the Adriatic Sea

*The annual trend of phyto and microzooplankton in a sampling station in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea) is briefly described. Nanoplankton prevails all the year round, except in April and during the autumn bloom, when diatoms predominate. The microzooplankton consists mainly of tintinnids and other ciliates. The phytoplankton biomass was calculated by cell volume, and the mean microzooplankton ingestion rate was calculated from data reported elsewhere, and based on the size of the organisms. The analysis of data revealed that the nanoplankton biomass was limited by microzooplankton populations in spring and summer.*

**Key-words:** Microzooplankton, phytoplankton, ingestion rate, Gulf of Trieste.

### Introduzione

Nel Golfo di Trieste le ricerche sul plancton vengono condotte da più di 100 anni, ma solo nell'ultimo periodo (1986-87) sono stati presi in considerazione anche i popolamenti microzooplanctonici.

Soltanto negli ultimi anni le ricerche relative al microzooplancton hanno ricevuto un particolare impulso per l'importanza che oggi si ritiene esso rivesta nei trasferimenti energetici ai primissimi gradini della scala trofica. Già nel 1963 comunque MARGALEF segnalava il suo ruolo fondamentale; successivamente fra gli altri BEERS & STEWART (1969, 1971), HEINBOKEL (1978a), HEINBOKEL & BEERS (1979) hanno studiato le interazioni fra il fito e il microzooplancton in diverse zone. Più specificatamente RASSOULZADEGAN (1978, 1982) e RASSOULZADEGAN & ETIENNE (1981), CAPRIULO & CARPENTER (1980, 1983), LANDRY & HASSET (1982) e SCOTT (1985) si sono occupati del problema dell'ali-



mentazione e del prelievo effettuato sul fitoplancton da alcuni popolamenti microzooplanctonici o, più spesso, delle abitudini alimentari di una o poche popolazioni.

Quasi tutte le ricerche sono state effettuate in laboratorio e tendevano a determinare il tasso d'ingestione in relazione alle modificazioni ambientali indotte sperimentalmente, nonché ad identificare la frazione maggiormente predata. CAPRIULO & CARPENTER (1980) hanno cercato invece di determinare sperimentalmente con popolamenti naturali l'intensità del grazing effettuato dal microzooplancton, limitatamente però a brevi periodi dell'anno.

Dall'analisi dei dati bibliografici, più avanti specificati, risulta che i valori del tasso d'ingestione rilevati in condizioni sperimentali per alcune specie di tintinnidi e di ciliati diversi dai tintinnidi sono piuttosto variabili, sia in funzione del metabolismo proprio dell'organismo, sia in relazione alle diverse condizioni ambientali. Inoltre la densità e le dimensioni del popolamento fitoplanctonico possono avere un ruolo fondamentale. Di fatto i valori variano da un minimo di  $0,046 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{ind.}/\text{giorno}$  ad un massimo di  $1,30 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{ind.}/\text{giorno}$  rispettivamente per *Stenosemella ventricosa* (RASSOULZADEGAN & ETIENNE, 1981) e per *Tintinnopsis parva* (CAPRIULO & CARPENTER, 1983); questi ultimi riportano per una ventina di specie valori variabili da un minimo di 0,05 al massimo di  $1,30 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{ind.}/\text{giorno}$ , mentre per i ciliati diversi dai tintinnidi esiste solo il dato relativo a *Lohmaniella spiralis* (da 4.240 a  $15.721 \mu\text{m}^3/\text{ind.}/\text{ora}$ ) (RASSOULZADEGAN, 1982), limitatamente ai valori di grazing riferiti ai volumi cellulari fitoplanctonici. In linea generale si è visto che, a parità di condizioni ambientali e di disponibilità alimentare, il tasso d'ingestione varia in funzione del diametro del citostoma dei ciliati e del loro volume cellulare.

Recenti ricerche (LANDRY & HASSETT, 1982) hanno infine evidenziato che gli organismi microzooplanctonici effettuano il maggior prelievo sulle frazioni di dimensioni minori del fitoplancton (nanoplancton, costituito da cellule di dimensioni inferiori a  $30 \mu\text{m}$ ), di cui in precedenti ricerche è stata rilevata l'abbondanza nelle acque del Golfo di Trieste (FONDA UMANI, in stampa). Nel presente lavoro, oltre a descrivere le variazioni annuali dei popolamenti fito e microzooplanctonici, abbiamo tentato, sulla scorta delle indicazioni bibliografiche, una prima valutazione dell'impatto di questi ultimi sul nanoplancton.

## Materiali e metodi

Le pescate sono state effettuate dal marzo 1986 al marzo 1987, con cadenza generalmente quindicinale in una stazione fissa, posta circa 200 m al largo del promontorio di Miramare, su un fondale di 17 m. Contemporaneamente ai prelievi biologici sono stati rilevati i principali parametri fisici (temperatura e salinità), ad intervalli di 1 m mediante sonda Bekman 3RS Salinometer, e sono stati determinati l'ossigeno disciolto con il metodo Winkler e la clorofilla *a* (secondo STRICKLAND & PARSONS, 1972) ogni 5 m. Le raccolte sono state effettuate con

bottiglia di tipo Niskin della capacità di 5 l alle quote 0, 5, 10 e 15 m. Dai campioni d'acqua raccolti ad ogni quota sono stati prelevati 500 ml per l'analisi qualitativa e quantitativa del fitoplancton, che sono stati fissati con formaldeide neutralizzata al 4%. Le analisi quantitative sono state eseguite secondo il metodo di ÜTHERMÖL (1958). Inoltre è stato calcolato il volume cellulare delle singole specie e, successivamente, il volume totale del fitoplancton ad ogni quota per ogni prelievo (SMAYDA, 1978; TREVISAN, 1978). I valori dei volumi cellulari sono stati in parte ricavati dalla letteratura (VILICIC 1985; BARONE, 1982) ed in parte calcolati dalle misure lineari eseguite sulle specie presenti nei campioni.

Per l'analisi quali-quantitativa del microzooplancton, dal campione totale sono stati prelevati 2 litri, fissati in formaldeide neutralizzata al 4% e, dopo sedimentazione di 72 ore, conteggiati secondo il metodo di ÜTHERMÖL (1958). Per la stima del prelievo teorico abbiamo preferito usare un unico valore medio di tasso di ingestione pari a  $0,4 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{ind.}/\text{giorno}$ , riferito al biovolume cellulare, ricavato dai valori riportati in CAPRIULO & CARPENTER (1983) per specie di dimensioni paragonabili a quelle medie degli organismi da noi raccolti nel corso delle ricerche, anche perché in letteratura era possibile rinvenire dati sui tassi d'ingestione soltanto per 9 dei 40 taxa segnalati nelle acque del Golfo. Tale valore è ovviamente largamente indicativo e probabilmente sottostimato per quanto riguarda il prelievo reale soprattutto per i ciliati diversi dai tintinnidi.

## Risultati

### *Andamento annuale del fitoplancton*

Durante tutto il periodo esaminato prevalgono le diatomee e i microflagellati (\*), mentre i dinoflagellati sono sempre una frazione trascurabile.

L'andamento globale del fitoplancton (Fig. 1) è caratterizzato a tutti i livelli da un picco primaverile, quando inizia l'incremento termico superficiale, particolarmente alto in superficie (massimo assoluto del periodo pari a  $3,826 \times 10^6$  cell./l). Durante l'estate si segnalano fluttuazioni con picchi limitati alle quote superficiali. Invece durante l'autunno, soprattutto nel primo periodo, i valori più bassi si riscontrano generalmente alle quote intermedie, mentre i valori aumentano nelle acque di fondo, isolate da un netto picnoclino situato a circa 10 m, caratteristico di questo periodo in tutto l'Alto Adriatico (FRANCO, 1984). In tale nucleo d'acqua di fondo è attiva la rimineralizzazione della sostanza organica prodotta negli strati superficiali durante tutto il periodo precedente,

(\*) Sotto questo termine sono state raggruppate microalghe flagellate con diametro compreso tra i 3 e i 10  $\mu\text{m}$ , appartenenti a Cryptophyceae, Prasinophyceae, Chlorophyceae, Prymnesiophyceae - esclusi i Coccolitoforoidei - e Chrysophyceae - esclusi i Silicoflagellati.

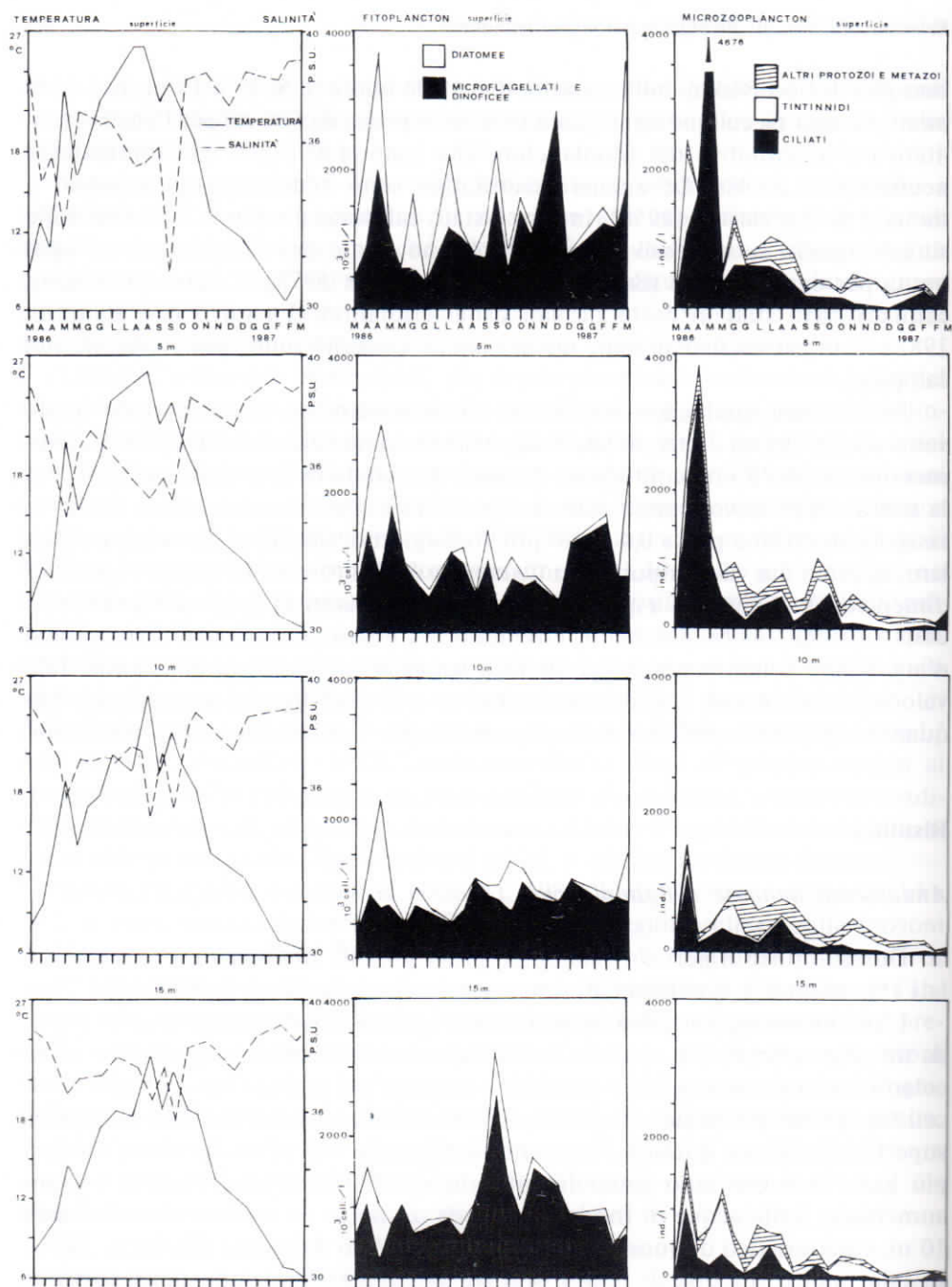


Fig. 1 - Nella figura sono riportati a sinistra i valori di temperatura e salinità rilevati ad ogni quota (superficie, 5 m, 10 m e 15 m) per ogni prelievo. Al centro è riportato l'andamento totale del fitoplancton espresso in cellule/litro, suddiviso in diatomee (in bianco) e microflagellati e dinoficee (in nero) - le dinoficee presentano sempre quantità insignificanti. A destra infine sono riportate le fluttuazioni dei popolamenti microzooplanctonici, espressi come individui/litro, suddivisi in ciliati diversi dai tintinnidi (in nero), tintinnidi (in bianco) e in un terzo gruppo costituito da uova e larve di metazoi e altri protozoi (superficie tratteggiata).

mentre la fotolimitazione è piuttosto scarsa per la grande trasparenza della colonna d'acqua sovrastante: queste condizioni permettono al popolamento fitoplanctonico profondo di raggiungere densità anche elevate, infatti in settembre si registrano valori anche di  $3,160 \times 10^6$  cell./l.

Nei mesi invernali (dicembre e febbraio) a tutte le quote il numero delle cellule si mantiene su valori relativamente alti.

I microflagellati costituiscono la frazione dominante del fitoplancton durante tutto l'anno, mentre soltanto in alcuni periodi le diatomee raggiungono percentuali considerevoli. Le densità cellulari dei microflagellati (Fig. 1) sono sempre elevate e sono comprese, in superficie, tra  $2,1 \times 10^5$  e  $2,8 \times 10^6$  cell./l. Il loro andamento non segue un chiaro ciclo stagionale ed è caratterizzato da una serie di fluttuazioni. Per quanto riguarda la loro distribuzione nella colonna d'acqua essi occupano prevalentemente le quote superficiali nei mesi invernali e primaverili e quelle profonde durante l'autunno.

Le diatomee presentano invece (Fig. 1) un evidente ciclo stagionale, con una fioritura primaverile ed una autunnale; nei mesi estivi si osservano valori elevati soltanto in superficie; i minimi vengono registrati in dicembre e febbraio. Nella fioritura primaverile dell'86 le diatomee raggiungono il massimo annuale ( $2,04 \times 10^6$  cell./l) nel mese di aprile: inizialmente le specie dominanti sono *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira* sp.p. e *Chaetoceros decipiens*, successivamente assume un ruolo sempre più importante *Nitzschia delicatissima* (\*\*) che, da sola, costituisce in aprile il 77% di tutte le diatomee. Durante l'estate questo gruppo presenta alcuni picchi limitati alle quote superficiali. In questi casi le specie dominanti sono *Thalassionema nitzschioides*, *Leptocylindrus danicus*, *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, *Nitzschia delicatissima* e *Thalassiosira* sp.p. che, nel picco di luglio, costituisce il 58% delle diatomee; durante la fioritura autunnale si trovano prevalentemente alle quote inferiori; specie dominanti sono *N. delicatissima* e *L. danicus*.

Durante i mesi invernali le diatomee presentano valori decisamente bassi. In febbraio ricompaiono *Skeletonema costatum* e *Thalassiosira* sp.p., che danno luogo alla fioritura di marzo in cui costituiscono rispettivamente il 22% e il 74% delle diatomee totali.

Per quanto riguarda i dinoflagellati, i valori più elevati vengono registrati in estate ( $44 \times 10^3$  cell./l in luglio) e quelli più bassi d'inverno. Specie dominanti nel periodo di maggiore abbondanza sono *Scrippsiella trochoidea*, *Prorocentrum triestinum*, *Gymnodinium* sp.p. e *Gyrodium* sp.p.

(\*\*) *Nitzschia delicatissima* è intesa in senso lato, come complesso *Nitzschia delicatissima* (HASLE, 1965).

### *Andamento annuale del microzooplancton*

I popolamenti microzooplanctonici (Fig. 1) presentano i valori massimi in maggio (con un massimo assoluto di 4676 ind./l), che seguono quelli fitoplanctonici di circa quindici giorni. Durante l'estate e l'autunno mantengono valori relativamente stabili e ancora piuttosto alti, mentre per tutto l'inverno e l'inizio della primavera si attestano sui minimi annuali (minimo assoluto 52 ind./l al fondo il 16-12-86).

In linea generale, per quanto riguarda la distribuzione batimetrica, i valori più alti si rilevano in superficie o a 5 m.

La composizione tassonomica varia sensibilmente durante il periodo di osservazione: infatti in primavera ed in estate dominano i ciliati diversi dai tintinnidi, i quali tintinnidi prevalgono soltanto in novembre e dicembre a tutte le quote (al fondo anche in maggio-giugno), anche se sono sempre presenti e abbondanti. Sono rappresentati essenzialmente dai generi *Tintinnopsis* (*T. beroidea*, *T. nucula*, *T. compressa*, *T. fracta*), *T. nana*, *Stenosemella* (*S. nivalis*, *S. ventricosa*), *Eutintinnus* (*E. lusus-undae*, *E. apertus*, *E. fraknoi*) e da *Salpingella rotundata*, *Helicostomella subulata* e *Metacylis jørgenseni*.

Per i ciliati diversi dai tintinnidi, com'è noto, esistono notevolissimi problemi relativi alla loro determinazione; comunque è stato possibile individuare tre generi: *Laboea*, *Lacrymaria* e *Strombidium*; quest'ultimo riveste un ruolo particolarmente significativo soprattutto in primavera.

Gli altri protozoi, presenti sempre in quantità piuttosto ridotte, sono costituiti da foraminiferi, acantari, radiolari e dinoflagellati (*Noctiluca miliaris*) e hanno una certa consistenza soltanto in superficie in luglio.

Tra le fasi larvali di dimensioni inferiori ai 200 µm degli organismi planctonici e bentonici presenti nella zona, prevalgono i nauplius di copepodi, ma sono numericamente consistenti anche le uova e le larve di altri invertebrati; la frazione costituita da uova e larve è particolarmente abbondante da giugno a tutto agosto, anzi ad alcune quote in giugno e luglio rappresenta la percentuale maggiore di tutto il popolamento microzooplanctonico.

### *Rapporti trofici tra fitoplancton e microzooplancton*

Secondo quanto specificato nei «Materiali e Metodi», abbiamo calcolato la richiesta alimentare teorica totale del popolamento microzooplanctonico (limitatamente ai ciliati diversi dai tintinnidi e ai tintinnidi) alle diverse quote e per ciascun prelievo (Tab. I). I valori variano da un minimo di  $10 \times 10^6$  (a 15 m il 16-12-1986) ad un massimo di  $1863 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{l/giorno}$  che corrisponde al massimo del popolamento in superficie il 19-5-1986.

Dei biovolumi fitoplanctonici calcolati abbiamo utilizzato soltanto quelli relativi alle cellule con diametri compresi tra i 3 e i 30 µm, che, secondo HEINBOCKEL (1978b), RASSOULZADEGAN (1978), RASSOULZADEGAN & ETIENNE (1981),

**Tab. I** - Richiesta teorica alimentare calcolata in base al tasso d'ingestione medio individuale espresso in  $\mu\text{m}^3 \times 10^6/\text{ind.}/\text{giorno}$  moltiplicata per il numero di individui, limitatamente a ciliati diversi dai tintinnidi e tintinnidi a ciascuna quota per ogni prelievo (i valori sono espressi in  $\mu\text{m}^3 \times 10^6/\text{l.}/\text{giorno}$ ).

	0 m	5 m	10 m	15 m
20. 3.1986	42	61	45	33
7. 4.1986	894	1035	566	595
21. 4.1986	666	1362	64	143
19. 5.1986	1863	523	126	267
26. 5.1986	179	296	243	455
16. 6.1986	468	310	280	212
30. 6.1986	260	59	102	30
9. 7.1986	286	166	70	146
6. 8.1986	226	233	215	194
20. 8.1986	250	94	164	183
5. 9.1986	94	120	84	34
18. 9.1986	144	294	94	64
6.10.1986	142	270	54	91
18.10.1986	86	74	87	38
11.11.1986	142	163	150	111
2.12.1986	145	58	72	78
16.12.1986	68	36	41	10
1.1987	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
10. 2.1987	124	52	60	44
25. 2.1987	58	27	18	50
25. 3.1987	199	92	23	20

e CAPRIULO & CARPENTER (1983), sono le sole che possono venir ingerite dal microzooplancton. Si notano profonde differenze tra l'andamento quantitativo alle varie quote dei valori di biovolume riferentisi a tutto il popolamento fitoplanctonico (riportati in Tab. II) e quelli limitati alla frazione inferiore ai 30  $\mu\text{m}$  (riportati in Tab. III). Infatti, nel primo caso il massimo assoluto si registra a settembre a 15 m (con  $8847 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{l.}$ ), altri massimi si osservano in superficie in giugno e in settembre e sono determinati prevalentemente da abbondanti popolazioni di *Leptocylindrus*, *Rhizosolenia* e *Chaetoceros*. Generalmente i valori più alti si osservano tra settembre e ottobre e in primavera.

Per quanto attiene invece alla frazione inferiore ai 30  $\mu\text{m}$  di diametro (Tab. III) che in termini di biovolume costituisce una percentuale molto esigua del

Tab. II - *Biovolume fitoplanctonico totale espresso in  $\mu\text{m}^3 \times 10^6/\text{l}$  calcolato ad ogni quota per ogni prelievo.*

	0 m	5 m	10 m	15 m
20. 3.1986	1114	379	297	584
7. 4.1986	1678	991	903	906
21. 4.1986	1242	1310	1207	802
19. 5.1986	190	518	190	98
26. 5.1986	351	523	230	124
16. 6.1986	6951	1310	1039	522
30. 6.1986	510	455	744	412
9. 7.1986	1531	261	50	159
6. 8.1986	1111	1742	1461	2493
20. 8.1986	130	206	310	174
5. 9.1986	6096	3743	1572	662
18. 9.1986	5318	1491	4858	8847
6.10.1986	3641	708	2136	1857
18.10.1986	2769	1935	2796	2344
11.11.1986	820	533	1011	2196
2.12.1986	954	266	469	1865
16.12. 240	240	452	478	559
1.1987	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
10. 2.1987	576	518	449	336
25. 2.1987	367	276	295	199
25. 3.1987	3292	644	547	1461

popolamento totale, i valori più alti si osservano da settembre in poi, variando in questo periodo da un minimo di  $126 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{l}$  ad un massimo di  $848 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{l}$ , mentre da marzo '86 ad agosto variano da un minimo di  $6 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{l}$  ad un massimo di  $303 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{l}$ .

In generale quindi si osserva che il nanoplancton (intendendo con ciò la frazione costituita da cellule di diametro inferiore ai  $30 \mu\text{m}$ ) è più consistente in autunno ed inverno quando la frazione microzooplanctonica da noi considerata è più scarsa.

## Conclusioni

In conclusione si osserva che il fitoplancton del Golfo di Trieste è costituito prevalentemente, in termini di abbondanze cellulari, dal nanoplancton per tutto

**Tab. III** - Biovolume fitoplanctonico del nanoplancton (cellule di dimensioni inferiori ai 30  $\mu\text{m}$ ) espresso in  $\mu\text{m}^3 \times 10^6/\text{l}$  calcolato ad ogni quota per ogni prelievo.

	0 m	5 m	10 m	15 m
20. 3.1986	15	20	6	17
7. 4.1986	72	84	46	68
21. 4.1986	227	51	78	10
19. 5.1986	92	69	32	33
26. 5.1986	27	39	247	31
16. 6.1986	85	50	89	19
30. 6.1986	16	50	76	23
9. 7.1986	303	60	51	29
6. 8.1986	57	37	26	18
20. 8.1986	32	25	63	32
5. 9.1986	265	374	279	507
18. 9.1986	558	130	289	789
6.10.1986	203	259	254	425
18.10.1986	432	216	359	272
11.11.1986	317	234	270	510
2.12.1986	848	126	234	396
16.12.1986	232	412	342	266
1.1987	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
10. 2.1987	386	504	252	266
25. 2.1987	358	252	270	144
25. 3.1987	522	252	252	198

l'anno e a tutte le quote, ma il contributo come biovolume dato da questa frazione sul volume totale dei popolamenti algali è estremamente ridotto, variando da un minimo di 0,25% ad un massimo di 13,62%.

Inoltre, si può notare che la frazione di dimensioni inferiori ai 30  $\mu\text{m}$  è meno consistente nel primo periodo dell'anno, quando invece è più abbondante il popolamento microzooplanctonico e di conseguenza è più alto anche il tasso di ingestione calcolato per tintinnidi e ciliati diversi dai tintinnidi. C'è da tener presente infine che i valori ottenuti con il metodo da noi usato molto probabilmente sono sottostimati rispetto al reale fabbisogno trofico giornaliero di tutti i ciliati. Infatti il valore medio utilizzato per il calcolo pari a  $0,4 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{ind.}/\text{giorno}$  è certamente più basso del reale per gran parte dei ciliati diversi dai tintinnidi di dimensioni maggiori, che, soprattutto in primavera ed in estate, sono una componente importante del popolamento microzooplanctonico. In prima-



vera e, anche se in misura minore, fino alla fine di agosto, la biomassa nanoplanctonica è insufficiente a garantire la razione giornaliera richiesta anche soltanto dalla frazione microzooplanctonica da noi considerata (Tab. III). In autunno-inverno, invece, la biomassa risulta largamente sufficiente rispetto alle esigenze trofiche stimate.

Comparando i nostri dati con quelli ottenuti da BURKILL (1982) per l'estuario di Southampton, nel nostro caso non solo non ritroviamo alcuna correlazione positiva tra nanoplancton e microzooplancton, ma anzi sembra prevalere un andamento in senso opposto; infatti la correlazione negativa tra richiesta alimentare calcolata e biovolume fitoplanctonico delle cellule di diametro inferiore ai 30  $\mu\text{m}$  risulta significativa (al 5%  $r = -0,2618$  con 78 gradi di libertà).

Sembra quindi che i popolamenti microzooplanctonici abbiano funzioni limitanti sulla frazione di diametro inferiore ai 30  $\mu\text{m}$  della biomassa fitoplanctonica, che, in periodo primaverile-estivo, è particolarmente bassa e tende ad aumentare a partire da settembre, nel momento in cui diminuisce il prelievo della frazione microzooplanctonica.

Da marzo a tutto agosto il prelievo teorico calcolato dei ciliati diversi dai tintinnidi e dei tintinnidi, come si è detto, è generalmente superiore alla biomassa nanoplanctonica disponibile, sulla quale inoltre insistono anche alcune componenti mesozooplanctoniche, quali ad esempio *Acartia clausi*; i popolamenti microzooplanctonici potrebbero perciò trovare altre fonti alimentari ad integrazione, quali ad esempio il picoplancton (cellule autotrofe di dimensioni inferiori ai 2  $\mu\text{m}$ ) di cui recentemente è stato messo in evidenza il ruolo come produttore primario anche in aree neritiche costiere (MAGAZZÙ *et al.*, 1989), oppure il detrito organico, piuttosto abbondante in queste aree, se non addirittura direttamente la sostanza organica disciolta.

Attualmente sono in corso ulteriori ricerche per chiarire i rapporti trofici tra la frazione animale e le componenti nano e picoplanctoniche, nonché sulla sostanza organica particellata, sia con osservazioni in campagna, sia con prove di grazing in laboratorio.

## Ringraziamenti

Si ringrazia sentitamente il prof. Ghirardelli per la lettura critica del manoscritto; un particolare ringraziamento va al Prof. Innamorati e al Dr. Lazzara per i preziosi suggerimenti che hanno voluto darci in fase di referee.

## Summary

*The relationships between phytoplankton and microzooplankton in the Gulf of Trieste (Italy, northern Adriatic Sea) during an annual cycle (March 1986-March 1987) were studied to estimate the assimilation of nanoplankton by microzooplankton.*

Throughout the study period the phytoplankton consisted mainly of diatoms and microflagellates, and dinoflagellates represented only a minor fraction. The highest cell numbers, due to diatom blooms, were observed in surface samples in spring and in bottom samples in autumn. The summer values presented marked fluctuations. Also during the winter relatively high cell concentrations of microflagellates were found.

The microzooplankton consisted mainly of tintinnids and other ciliates; larval forms of copepods and of invertebrates were numerous only during the summer. The abundance of microzooplankton presented its maximum in May 1986; it was then constant and relatively high during the summer and the autumn, with minimum values in winter.

The mean microzooplankton ingestion rate was calculated from experimental data reported in the literature, considering the size of the organisms. The total ingestion rate for each sample was obtained by this value ( $0.4 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{ind.}/\text{day}$ ) and individual abundance.

The analysis of data revealed that only in autumn and in winter could the nanoplankton standing crop sustain the microzooplankton growth, while in spring and in summer its values were too low, compared with the feeding demand of microzooplankters. It may be postulated that low spring and summer nanoplankton values are the result of limiting effects of rich microzooplankton populations. Alternatively, these populations could feed on other plankton fractions like picoplankton and bacterioplankton and on particulate and dissolved organic matter.

## Bibliografia

BARONE R. (1982) - Fitoplancton metodi di stima della biomassa. Studio globale delle inter-relazioni dinamiche dell'ecosistema pelagico dei mari meridionali italiani. *Rapp. N/O «Marsili»* 1982. *Dip. Biol. Anim. Ecol. Mar. Messina*, 1: 16.

BEERS J.R., STEWART G.L. (1969) - Micro-zooplankton and its abundance relative to the larger zooplankton and other seston components. *Mar. Biol.*, 4: 182-189.

BEERS J.R., STEWART G.L. (1971) - Micro-zooplankters in the plankton communities of the upper Waters of the Eastern Tropical Pacific. *Deep-Sea Res.*, 18: 861-883.

BURKILL P.H. (1982) - Ciliates and other microplankton components of a nearshore food-web: standing stocks and production processes. *Ann. Inst. Oceanogr. Paris*, 58 (suppl.): 335-350.

CAPRIULO G.M., CARPENTER E.J. (1980) - Grazing by 35 to 202 m micro-zooplankton in Long Island Sound. *Mar. Biol.*, 56: 319-326.

CAPRIULO G. M., CARPENTER E.J. (1983) - Abundance, species composition and feeding impact of tintinnid micro-zooplankton in Central Long Island Sound. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 10: 277-288.

FONDA UMANI S. (in stampa) - General features of the planktonic system in the Gulf of Trieste and their variations in the last decade. *II Workshop on Jelly-fish in the Mediterranean Sea. U.N.E.P.*

FRANCO P. (1984) - Fattori influenti sulla produttività primaria dell'Adriatico settentrionale. *Boll. Oceanol. teor. appl.*, 2 (2): 125-240.

HASLE G.R. (1965) - *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes. II. The group *Pseudonitzschia*. *Skr. Norske Vidensk.-Akad. I Mat.-Nat. Kl. N.S.*, 17: 1-45.

HEINBOKEL J.F. (1978, a) - Studies on the functional role of Tindinnids in the Southern California Bight. I. Grazing and growth ratio in laboratory cultures. *Mar. Biol.*, 47: 177-189.

HEINBOKEL J.F. (1978, b) - Studies on the functional role of tintinnids in the Southern California Bight. II. Grazing rates of field populations. *Mar. Biol.*, 47: 191-197.

HEINBOKEL J.F., BEERS J.R. (1979) - Studies on the functional role of tintinnids in the Southern California Bight. III. Grazing impact of natural assemblages. *Mar. Biol.*, 52: 23-32.

LANDRY M.R., HASSET R.P. (1982) - Estimating the grazing impact of marine micro-zooplankton. *Mar. Biol.*, 67: 283-288.

MAGAZZÙ G., BRUNI V., DECEMBRINI F., PANELLA S. (1989) - La produzione primaria del picoplancton fotosintetico nei mari italiani. *Oebalia*, XV-1 N.S.: 463-478.

MARGALEF R. (1963) - Rôle des ciliés dans le cycle de la vie pélagique en Méditerranée. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, 17 (2): 511-512.

RASSOULZADEGAN F. (1978) - Dimensions et taux d'ingestion des particules consommées par un tintinnide: *Favella ehrenbergii* (Clap. et Lachm.) Jörg., cilié pélagique marin. *Ann. Inst. Océanogr. Paris*, 54 (1): 17-24.

RASSOULZADEGAN F. (1982) - Dependence of grazing rate, gross growth efficiency and food size range on temperature in a pelagic oligotrichous ciliate *Lohmanniella spiralis* Leeg., feed on naturally occurring particulate matter. *Ann. Inst. Océanogr. Paris*, 58 (2): 177-184.

RASSOULZADEGAN F., ETIENNE M. (1981) - Grazing rate of the tintinnid *Stenosemella ventricosa* (Clap. and Lachm.) Jörg. on the spectrum of the naturally occurring particulate matter from a Mediterranean neritic area. *Limnol. Oceanogr.*, 26 (2): 258-270.

SMAYDA T.J. (1978) - From phytoplankton to biomass. In *Phytoplankton manual* Sournia (ed.), *UNESCO, Paris*: 273-279.

SCOTT J.M. (1985) - The feeding rates and efficiencies of a marine ciliate, *Strombidium* sp., grown under chemostat steady-state conditions. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 90: 81-95.

STRICKLAND J.D.H., PARSONS T.R. (1972) - A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*: 1-167.

TREVISAN R., (1978) - Nota sull'uso dei volumi algali per la stima della biomassa. *Riv. Idrobiol.*, 12 (3): 345-358.

UTERMÖHL H. (1958) - Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton methodik. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9: 1-38.

VILICIC D. (1985) - An examination of cell volume in dominant Phytoplankton species of the Central and Southern adriatic Sea. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 70 (6): 829-843.

S. CALVO

G.

GENCHI

Laboratorio di Ecologia Acquatica, Dipartimento di Scienze Botaniche  
dell'Università, via Archirafi 38, 90100 Palermo (Italia)

## CARICO ORGANICO ED EFFETTI EUTROFICI NEL GOLFO DI CASTELLAMMARE (SICILIA NORD OCCIDENTALE)

### Abstract

Organic load and eutrophic processes along the north-west coast of Sicily

*Preliminary results on eutrophication processes in the coastal sea water of the Gulf of Castellammare are reported. Calculated phosphorus and nitrogen loads within the catchment area indicate a marked contribution of industrial sources (61%) in the eastern part of the Gulf. Periodic algal blooms, mostly Peridineae and/or pleustophytes forms (Ulvales), are observed in the other areas in proximity of river and stream mouths receiving high nutritional inputs from urban sewage. During a green tide (June-July 1986) the main parameters of eutrophication were analyzed. The eutrophic processes, and specific composition of phytoplankton and pleustophytic populations supporting the blooms were evaluated.*

**Key-words:** Organic load, coastal seawater, eutrophication.

### Introduzione

Il Golfo di Castellammare si estende per circa 78 Km, secondo un asse Est-Ovest, da Capo S. Vito a Capo Rama, articolando la più profonda ed ampia insenatura lungo il profilo costiero siciliano.

Le estremità occidentali ed orientali del Golfo sono costituite da massicci calcarei appartenenti rispettivamente alle facies «Trapanese» e «Panormide». In particolare il massiccio occidentale raggiunge quota 1110 metri con il monte Sparagio, ospitando al proprio interno la Riserva Naturale Orientata dello Zingaro (L.R. 98/81)\*, mentre la propaggine orientale è caratterizzata dal promontorio di Capo Rama che precipita a picco sul mare da un'altezza di circa 30 m.

\* G.U.R.S. del 9 Maggio 1981 n. 23.

La parte centrale del Golfo, da Castellammare fino alla foce del Torrente Nocella, è invece costituita da terreni alluvionali e presenta una linea di costa bassa e sabbiosa.

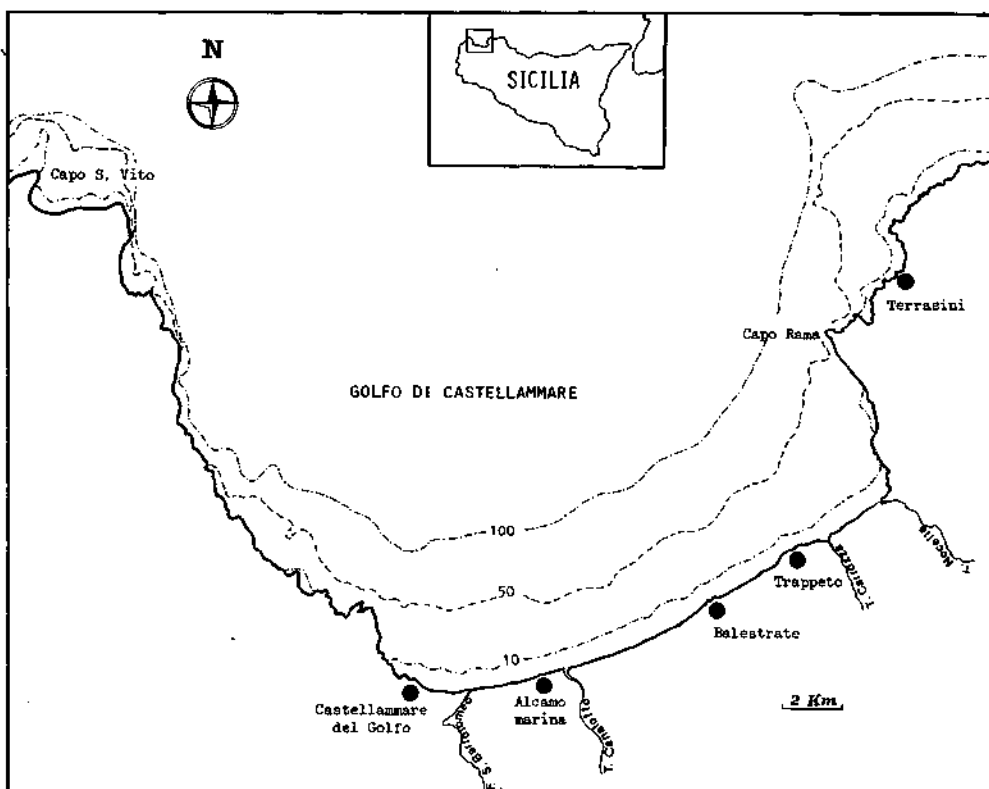


Fig. 1 - Il Golfo di Castellammare.

Il profilo batimetrico ripropone l'andamento della linea di costa. L'isobata dei 100 metri si rinviene oltre 5 Km al largo nella parte centrale del Golfo, mentre la piattaforma continentale è ridotta a qualche centinaio di metri nella parte occidentale, particolarmente in prossimità della Riserva dello Zingaro.

La corrente dominante, in accordo con la circolazione generale nel bacino meridionale del Mediterraneo, mostra direzione Ovest-Est.

A causa della morfologia dell'assetto costiero e del profilo batimetrico, le parti più interne del Golfo sono soggette ad un ridotto ricambio idrico che, particolarmente in periodo estivo, contribuisce ad esaltare i processi causati dalle attività antropiche esercitate nell'entroterra.

Questa indagine preliminare si inserisce nel quadro di una ricerca complessiva sullo stato trofico delle acque costiere siciliane (GENCHI *et al.*, 1982, 1983;

LUGARO & GENCHI, 1980) e prende lo spunto da periodiche manifestazioni di processi distrofici in alcuni tratti costieri del Golfo di Castellammare, tra Castellammare del Golfo ed Alcamo Marina.

Manifestazioni di processi eutrofici lungo le coste siciliane sono state oggetto di segnalazioni (Tab. 1) e descritte nella loro dinamica da parte di diversi autori (GANGEMI, 1973; GENOVESE, 1977, 1979).

Tali fenomeni, che in alcune aree hanno assunto carattere di periodicità, sembra che siano da ricondurre prevalentemente ad attività industriali, legate allo smaltimento di prodotti di rifiuto provenienti dalla lavorazione di fosforiti e da complessi petrolchimici (GENOVESE, 1977), ed in parte a scarichi urbani non trattati.

## Metodi e tecniche

Al fine di valutare il contributo eutrofizzante che perviene annualmente nel Golfo di Castellammare è stata effettuata una stima indiretta del carico di azoto e fosforo proveniente dall'entroterra, applicando i coefficienti unitari riportati da PROVINI *et al.* (1979) per ogni fonte quantificabile di nutrienti.

In particolare si è tenuto conto degli scarichi domestici, industriali e zootecnici, del suolo coltivato e del suolo non coltivato.

I coefficienti unitari reali per gli scarichi zootecnici sono stati corretti ad un valore più vicino alla realtà insulare adottando i pesi medi per le varie categorie di bestiame precisati nel 1985 dal I° Rapporto Nazionale sull'Eutrofizzazione \*.

Gli scarichi industriali sono stati calcolati anche come abitanti equivalenti utilizzando i «Coefficienti di Popolazione Equivalenti delle Attività Economiche» (FARNESI *et al.*, 1976) ed espressi in termini di BOD.

Nel corso della fioritura, manifestatasi tra giugno e luglio del 1986, ogni 12 ore (giorno/notte) e per la durata dell'evento (quattro giorni), sono stati monitorati, in 5 stazioni poste in prossimità della spiaggia di Alcamo Marina, tra le foci dei Torrenti S. Bartolomeo e Canalotto, i principali parametri di eutrofizzazione. *In situ* sono stati misurati la temperatura, l'ossigeno disciolto (YSI mod. 57) e la salinità (YSI mod. 33). I nutrienti algali sono stati analizzati secondo GRASSHOFF *et al.* (1983) e la clorofilla *a* è stata determinata dopo estrazione a caldo con estanolo 90% (NUSCH, 1980).

I parametri analitici rilevati nel Torrente Nocella (BOD, COD e nutrienti algali) sono stati determinati dal Laboratorio di Igiene e Profilassi di Palermo secondo le metodiche indicate sui manuali I.R.S.A.- CNR (1972).

\* Redatto dalla Commissione Nazionale sulla Eutrofizzazione istituita ai sensi dell'art. 3 della L.N. 16 Aprile 1983 n. 136.

Tab. 1 - Segnalazioni di fioriture algali lungo le coste siciliane.

LOCALITÀ	PERIODO (mese/anno)	ORGANISMI DOMINANTI	SEGNALAZIONI
Golfo di Patti	Luglio/1969 Estate/1977-78	<i>Chlamydomonas</i> -	Gangemi (1973) Genovese (1979)
Golfo di Milazzo	Luglio/1975 Estate/1977-78	- -	Genovese (1979) Genovese (1979)
Golfo di Palermo	Luglio/1966-71 Luglio/1982 Giugno-Agosto/1988	Peridinee Peridinee <i>Protoperdinium</i> sp.	Riggio (com. pers.) Osservazioni degli AA. Osservazioni degli AA.
Rada di Augusta	Gennaio/1971 Settembre/1974  Settembre/1977	<i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Peridinium trochoideum</i> <i>Pyrophacus horologium</i> <i>Peridinium trochoideum</i> <i>Thalassiosira</i> sp. <i>Skeletonema costatum</i>	Genovese (1979) Genovese (1979)  Magazzù [com. pers. in: Genovese (1979)]
Golfo di Gela	Settembre/1980 Settembre/1984 Agosto/1988	Dinoflagellati <i>Lophocladia lallemandii</i> <i>Ceramium codii</i> <i>Polysiphonia</i> spp.	Giaccone (com. pers.) Giaccone (com. pers.) Osservazioni degli AA.
Golfo di Castellammare	Giugno-Luglio/1983-85 Giugno-Luglio/1986-87  Giugno-Luglio/1988	- <i>Protoperdinium</i> sp. <i>Enteromorpha clathrata</i> <i>Enteromorpha clathrata</i>	Osservazioni degli AA. Osservazioni degli AA.  Osservazioni degli AA.



## Risultati e discussione

Il bacino idrografico sotteso al Golfo di Castellammare, esteso circa 1067 km<sup>2</sup>, ospita numerosi agglomerati urbani e si caratterizza per una intensa utilizzazione agricola ed industriale del territorio.

La popolazione residente nei 13 comuni che ricadono nel comprensorio è di 146.867 abitanti, cui sono da sommare un numero difficilmente valutabile di fluttuanti che, in periodo estivo alimentano il flusso turistico lungo la fascia costiera.

La densità per km<sup>2</sup>, tenuto conto soltanto della popolazione residente, è di 137 abitanti e colloca il Golfo di Castellammare tra le aree mediamente popolate del territorio siciliano.

L'agricoltura, basata prevalentemente sulla coltivazione della vite, occupa circa l'80% della superficie totale e supporta, peraltro, attività industriali legate alla lavorazione e commercializzazione del prodotto (cantine sociali) oltre che alla sua trasformazione (distillerie). Gli insediamenti produttivi presentano, comunque, carattere artigianale, con una elevata incidenza (56,2%) di addetti per impresa inferiore a 10 unità.

L'analisi dei risultati sui carichi teorici di azoto e fosforo provenienti dal bacino idrografico del Golfo di Castellammare indicano un totale di 320,8 ton./anno di fosforo, 1471,3 ton./anno di azoto e 20,3 ton./giorno di BOD (Tab. 2).

**Tab. 2** - Carichi teorici di azoto e fosforo (tonn./anno) e di BOD (tonn./giorno) rilevati nel bacino idrografico di Castellammare.

Fonte	Scarichi Domestici	Scarichi industriali	Scarichi zootecnici	Suolo coltivato	Suolo non coltivato	Totale
BOD	8,81	11,49	-	-	-	20,3
Fosforo	94	195	5,8	22	4	320,8
Azoto	317	685	39,4	403	26,9	1471,3

Gli scarichi industriali mostrano un'elevata incidenza sul carico totale, con un massimo del 61% per quanto riguarda il fosforo, a riprova dell'elevata capacità eutrofizzante delle imprese produttive che gravitano nel Golfo di Castellammare.

Scarsa e comunque poco efficiente si presenta la depurazione degli scarichi urbani ed industriali, i cui reflui, unitamente alle acque di dilavamento dei terreni agricoli, si connettono per la maggior parte al recapito terminale marino attraverso i torrenti Nocella, Canalotto e S. Bartolomeo.

Elevati sono infatti i valori di azoto inorganico e fosforo totale rilevati nel torrente Nocella, in prossimità della foce, tra il maggio 1985 ed il maggio 1987 (Fig. 2). In particolare il fosforo totale mostra picchi significativi durante il mese

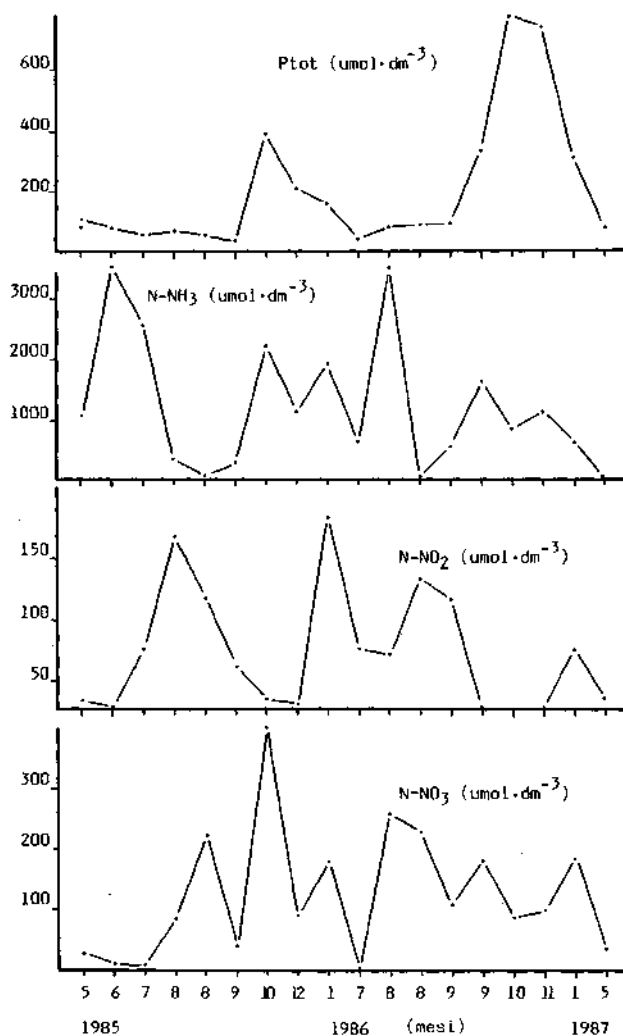


Fig. 2 - Concentrazione dei nutrienti algali rilevati nel Torrente Nocella in prossimità della foce.

di ottobre sia del 1985 che del 1986, in relazione con il massimo delle attività legate alla distillazione.

I valori estremamente alti di BOD e COD rilevati nello stesso periodo (Fig. 3) confermano che l'inquinamento è prevalentemente industriale, tenuto peraltro conto che nel Nocella scaricano una distilleria tra le più grosse d'Europa, circa 10 cantine sociali e le fogne di alcuni comuni dell'entroterra.

In accordo con il carattere distrofico del corso d'acqua non sono stati rilevati significativi valori di biomassa fitoplanctonica. Ciò è dovuto al notevole carico di nutrienti del corpo idrico nel suo complesso, causato da prodotti di scarto derivanti dalle industrie enologiche.

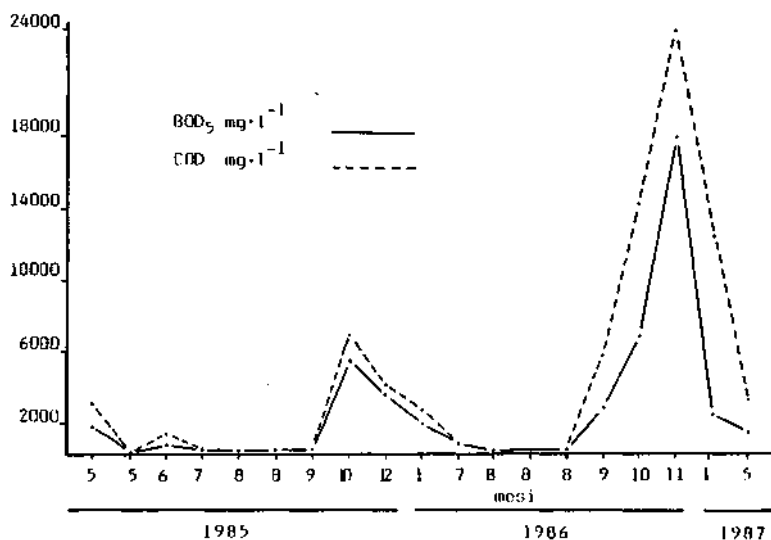


Fig. 3 - Valori di BOD e COD rilevati nel Torrente Nocella in prossimità della foce.

Di natura prevalentemente cloacale è invece l'inquinamento che interessa i torrenti S. Bartolomeo e Canalotto (stazioni 1 e 5 di figura 4), essendo state riscontrate, nel corso dell'evento eutrofico, unitamente a significative concentrazioni di azoto inorganico e fosforo reattivo, valori di biomassa fitoplanctonica corrispondenti rispettivamente a 31,47  $\mu\text{g/l}$  e 6,45  $\mu\text{g/l}$  di clorofilla *a*.

Il torrente Canalotto mostra, peraltro, concentrazioni di azoto inorganico e fosforo reattivo considerevolmente più elevati rispetto al torrente S. Bartolomeo, essendo utilizzato come recapito terminale del depuratore di Alcamo paese e di un numero imprecisato di scarichi abusivi, ed evidenzia nei valori di biomassa fitoplanctonica uno spiccato carattere distrofico.

Questo continuo e massivo apporto di sostanze inquinanti ed eutrofizzanti nel Golfo di Castellammare comporta delle ripercussioni sull'assetto ambientale dell'area, con particolare riferimento al sottocosta ed alla zone più interne soggette a periodi di stagnazione estiva.

Lunghi tratti di costa sono, infatti, preclusi alla balneazione, mentre in altre aree si articolano incrementi consistenti nella biomassa fototrofa che possono condurre a fioriture fitoplanctoniche ed a «maree verdi» a dominanza di forme Pleustofite.

È noto che in biotopi calmi ed a ridotto ricambio quali baie, porti, lagune, etc, forme aptofite appartenenti prevalentemente alle Ulvales, sottoposte ad un

forte input nutrizionale, perdono l'attacco al substrato ed assumono una forma acro-bentopleustofita. Trasportate dalle correnti e dai venti tendono ad ammassarsi ed a spiaggiare innescando, peraltro, un inquinamento di origine secondaria nella fase di decomposizione della sostanza organica.

Nel Golfo di Castellammare, durante gli ultimi 5 anni, si assiste, nel corso della stagione estiva, a periodiche manifestazioni di processi eutrofici che si articolano attraverso fioriture fitoplanctoniche e/o la comparsa improvvisa e massiva di pleustofite che interessano, per alcuni km e per un'ampiezza di 50-100 metri dalla linea di costa, le spiagge di Alcamo Marina e Castellammare del Golfo.

Il fenomeno presenta un carattere ciclico, manifestandosi più volte durante l'estate, ed è in parte funzione di specifiche condizioni meteomarine (brezza di levante).

In particolare, sembra che i fattori meteomarini rivestano un ruolo importante nel determinismo del processo eutrofico. Ciò è confermato dalle dimensioni più vistose che assume il fenomeno in relazione a situazioni climatiche estive più favorevoli.

Nel corso di uno di questi eventi eutrofici, verificatosi tra la fine di giugno ed i primi di luglio del 1986, sono state condotte una serie di osservazioni sui principali parametri ambientali e sulla componente biologica.

Il processo si articola dapprima con una fioritura fitoplanctonica a Peridinee in accordo, peraltro, con quanto già riportato per un'area limitrofa (il Golfo di Palermo) da GENOVESE (1979). Nel corso dello stesso giorno il fenomeno assume una forma più acuta evolvendosi in una « marea verde », a dominanza di forme pleustofite, della durata di 3 giorni circa.

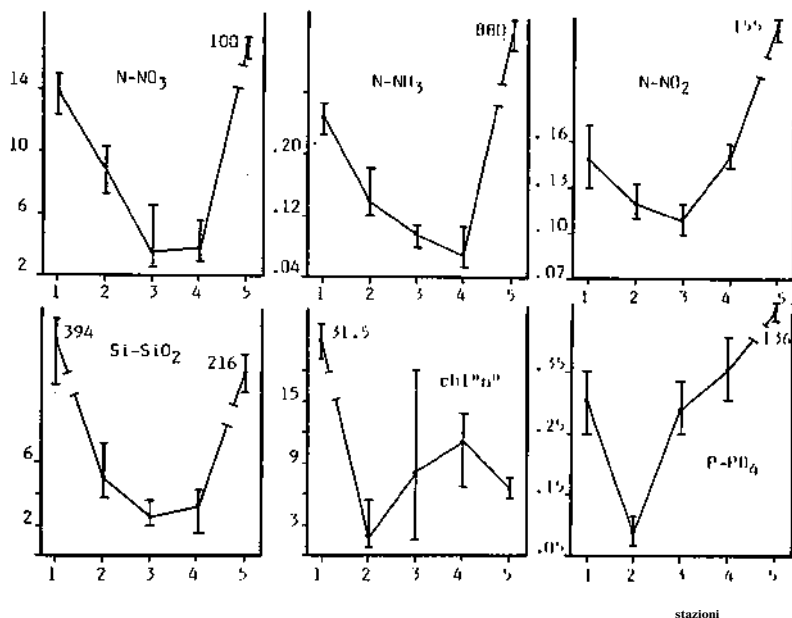
Le forme libere, spiaggiandosi in una fase successiva, interessano la battigia per un'ampiezza di circa 2 metri determinando, oltre che un danno estetico, anche timori e preoccupazioni nella popolazione.

Le osservazioni condotte sul materiale raccolto hanno permesso di definire la composizione specifica dei popolamenti vegetali che risultano costituiti, nella fase fitoplanctonica, da *Proto-peridinium* sp. (dominante) e *Prorocentrum micans* e, nella fase acro-bentopleustofita, per il 95% da *Enteromorpha clathrata*, accompagnata da *Cladophora aegagropila*, *Gracilaria verrucosa*, *Hypnea musciformis*, *Polysiphonia* sp. e *Chondria* sp.. All'osservazione microscopica le specie mostravano un discreto epifitismo a prevalenza di Cianobatteri filamentosi, Chaetophoraceae e Ceramiaceae.

Per tutta la durata del processo eutrofico, peraltro ripetutosi con le stesse modalità ma con maggiore intensità nell'estate del 1987 e del 1988, sono stati monitorati i principali parametri di eutrofizzazione (Fig. 4) in 5 stazioni localizzate alla foce dei Torrenti Bartolomeo (stazione 1) e Canalotto (stazione 5) ed in prossimità della riva (distanza massima dalla riva 10 m circa) tra lo sbocco dei due torrenti (stazioni 2, 3 e 4).

In queste ultime tre stazioni, nel corso dell'evento, il disco di Secchi evidenzia una trasparenza minima di 20 cm, l'ossigeno disciolto raggiunge punte di

saturazione intorno a 170%, i valori di temperatura oscillano intorno ai 26 °C mentre la salinità (37,8-38,2‰) sembra non risentire degli apporti fluviali.



**Fig. 4** - Andamento dei nutrienti algali ( $\mu\text{mol/l}$ ) e della clorofilla *a* ( $\mu\text{g/l}$ ) nel corso della fioritura [1 = foce T. S. Bartolomeo; 2 = in prossimità della stazione ferroviaria di Castellammare del Golfo; 3 = in prossimità dell'Hotel Battigia (Alcamo Marina); 4 = in prossimità della Tonnara (Alcamo Marina); 5 = foce T. Canalotto].

In relazione al carico di azoto e fosforo proveniente dai due corsi d'acqua, i dati rilevati nel corpo recettore (stazioni 2, 3 e 4 di figura 4) evidenziano una drastica caduta nei valori degli elementi nutritivi (dovuta probabilmente a processi di diluizione), la cui concentrazione non sembra giustificare biomasse algali, soprattutto a pleustofite, particolarmente elevate.

Al di là del ruolo che in tali circostanze possono svolgere indefiniti fattori di crescita (STIRN, 1973) di cui, peraltro, non è stata ancora accertata l'esistenza, STRICKLAND (1972), prendendo spunto da studi condotti da HOLMES *et al.* (1967) sulle fioriture a Dinoflagellati, interpreta il fenomeno basandosi sulla possibilità degli organismi di sfruttare volumi d'acqua notevolmente superiori a quelli materialmente interessati al fenomeno, attraverso migrazioni, anche rilevanti, delle biomasse algali.

A conferma di ciò, osservazioni condotte nel Golfo di Castellammare sulla natura dei fondali, tenuto conto del carattere prevalentemente bentonico e di substrato duro delle forme pleustofite che sostengono la «marea verde» e delle condizioni meteomarine prevalenti (brezza di levante) che si osservano nel corso del processo, portano a ritenere che l'origine del materiale biologico è da

individuare nel settore orientale del Golfo dove si localizzano, unitamente ad una maggiore presenza di substrati duri, le principali sorgenti di inquinamento.

## Conclusioni

I risultati presentati, sebbene abbiano carattere preliminare, evidenziano per alcune aree del Golfo di Castellammare situazioni di elevato grado di eutrofizzazione che si manifestano periodicamente, durante la stagione estiva, con incrementi notevoli ed improvvisi della biomassa algale fitoplanctonica ed a pleustofite.

Il fenomeno, oltre a riconfermare (GENOVESE, 1979) la rilevante influenza che le condizioni meteomarine esercitano nel determinismo del processo, è indice di un rapido deterioramento della qualità delle acque costiere e si ripete con intensità crescente già dal 1983 in relazione:

- alla irrazionale urbanizzazione della fascia costiera;
- alla mancanza di funzionali sistemi di depurazione delle acque di scarico;
- al notevole impulso dato all'agricoltura ed in particolare alla coltivazione della vite;
- all'incremento delle attività industriali legate alla coltivazione della vite (cantine sociali e distillerie).

Ciò ha indotto la regione Sicilia, nell'ambito del Piano Regionale di Risamento delle Acque, ad inserire il Golfo di Castellammare tra le aree del territorio insulare che manifestano una elevata tensione ambientale.

In tale ottica sono già stati predisposti gli strumenti legislativi e finanziari (L.R. 27/86)\* che consentiranno studi globali ed integrati finalizzati alla salvaguardia e recupero delle aree maggiormente degradate.

## Summary

*The preliminary results of a study of the trophic conditions of the Gulf of Castellammare (north-western coast of Sicily) are reported. The potential loadings of nitrogen and phosphorous from natural and anthropogenic land-based sources have been assessed to evaluate their influence on the trophic setting of the Gulf as a whole. Untreated industrial discharges (principally wine factory and distilleries) supply a relevant part of the global load. Extremely high values of BODS and COD were detected in the Nocella River during the productive peak of wine distillation, which confirms the direct relationship between industrial pollution and deterioration of natural conditions in the eastern part of the Gulf. On the other hand, in the cen-*

\* G.U.R.S. del 17 Maggio 1986 n. 25.

tral-western coastal area the major impact is primarily due to domestic sewage, and high phytoplanktonic biomasses are concentrated near the mouths of the St. Bartolomeo River and Canalotto Stream. In summer, periodic eutrophication processes affect this area, and phytoplankton blooms are rapidly followed by massive pleustophytic tides. Usually the phenomenon, which is closely related to particular meteomarine conditions, concerns a narrow coastal band limited to a short distance from the shore (30-50 meters) between the beaches of Alcamo Marina and Castellammare del Golfo. In June and July 1986, during the evolution of an algal bloom, characterized by a cyclic trend, the main monitoring parameters of eutrophication were analyzed. The phenomenon started to develop with a bloom of *Peridinieneae*; it was rapidly followed by a green tide that consisted almost entirely of *Enteromorpha clathrata* and, after 2-3 days, disappeared as algal material was deposited on the shore.

## Bibliografia

- FARNESI B., PUDDU A., SPAZIANI S.M. (1976) - Coefficienti di popolazione equivalente delle attività economiche. *Quaderni IRSA*, 33: 126.
- GANGEMI G. (1973) - Apparizione di «acque rosse» a Volvocolles sul litorale del Golfo di Patti (Messina). *Atti 5° Coll. int. Oceanogr. Med.* : 475-486.
- GENCHI G., DI BERNARDO F., LUGARO A., CALVO S., RAGONESE S., RIGGIO S. (1982) - Distrophic and eutrophic states of coastal seawater in Palermo Bay during season (August 1981). *VI Journées Etud. Pollutions, Cannes, C.I.E.S.M.*: 635-639.
- GENCHI G., LUGARO A., CALVO S., RAGONESE S. (1983) - Ecologia del Golfo di Palermo. I. Risultati preliminari su nutrienti, clorofilla, proteine e glucidi particellati. *Naturalista sicil.*, S. IV (suppl.), 3: 553-571.
- GENOVESE S. (1977) - Inquinamento microbico e processi di autodepurazione. *Atti del Convegno dei Lincei*, 31: 289-314.
- GENOVESE S. (1979) - L'eutrofizzazione delle acque costiere. *Atti del Convegno sulla Eutrofizzazione in Italia*, AC/2/59: 239-256.
- GRASSHOFF K., EHRHARDT K., KREMLING K. (1983) - Methods of seawater analysis. Verlag Chemie: 1-419.
- HOLMES R.W., WILLIAMS P.M., EPPLEY R.W. (1967) - Red water in La Jolla Bay, 1964-1966. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 503-512.
- IR.S.A. (Istituto di Ricerca sulle Acque) -1972 - Metodi analitici sulle acque. Vol.II e successivi aggiornamenti. CNR, Roma.
- LUGARO A., GENCHI G. (1980) - L'ambiente portuale di Trapani: dati chimico-fisici ed idrologici. *Mem. Biol. Mar. Oceanogr.*, 10 (suppl.): 411-412.

NUSCH E.A. (1980) - Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. *Arch. Hydrobiol. Beih. (Ergebn. Limnol.)*, 14: 14-36.

PROVINI A., MOSELLO R., PETTINE M., PUDDU A., ROLLE E., SPAZIANI F.M. (1979) - Metodi e problemi sulla valutazione dei carichi di nutrienti. *Atti del Convegno sulla Eutrofizzazione in Italia*, AC/2/52: 121-158.

STIRN J. (1973) - Ecological consequence of marine pollution. *Atti 5° Coll. int. Oceanogr. Med.* : 25-56.

STRICKLAND J.D.H. (1972) - Research on the marine planktonic food web at the Institute of Marine Resources. *Oceanogr. mar. Ann. Rev.*, 20: 349-414.



L. DE MARTINO

G. MARANO

N. CASAVOLA

Laboratorio Provinciale di Biologia Marina, 70100 Bari (Italia)

## **DISTRIBUZIONE QUANTITATIVA STAGIONALE DEI BATTERI ETEROTROFI NELL'AREA DI MARE ANTISTANTE LA CITTÀ DI BARI**

### **Abstract**

Quantitative seasonal distribution of heterotrophic bacteria in the sea facing the town of Bari

*The principal sea water characteristics, namely the nutrient concentration, were examined in three stations 0.5, 3 and 10 miles off the coast of Apulia. In addition, a count of heterotrophic marine bacteria has been carried out.*

*The data obtained confirmed a marked oligotrophy of the lower Adriatic Sea waters and quite low bacterial heterotrophic charges, with marked seasonal variations.*

**Key-words:** heterotrophic marine bacteria.

### **Introduzione**

Le conoscenze sulla presenza e la distribuzione dei batteri eterotrofi nel mare sono abbastanza limitate e nel Mediterraneo i dati a disposizione si riferiscono solo a indagini svolte in aree circoscritte.

Le indagini che tendono a studiare le caratteristiche talassografiche delle acque di mare presenti nei singoli bacini nonché studi sulla produttività, al fine di disporre di tutti i dati necessari per una completa valutazione, necessitano delle informazioni sulla distribuzione della flora batterica che, peraltro, svolge nell'ecosistema marino un ruolo di rilievo.

Già KRISS nel 1963 aveva evidenziato che i batteri eterotrofi organotrofi aerobi possono servire quali indicatori di aree interessate da depositi di sostanza organica; essi infatti si rivengono prevalentemente nella zona eufotica, area di forte concentrazione di fitoplancton e nei sedimenti del fondo, ove massiccia è la quantità di detriti organici (PERONI *et al.*, 1986).

Gli eterotrofi svolgono un ruolo importante operando la mineralizzazione di elementi biogeni, quali carbonio, azoto, silicio e fosforo esistenti come com-

posti organici provenienti da animali o da piante (VAN ES & MEYER-REIL, 1982; NIXON, 1981).

L'indagine è stata effettuata allo scopo di conoscere il tasso di concentrazione dei batteri marini nelle acque costiere dell'Adriatico meridionale e il ruolo che essi occupano nell'ecosistema marino e nella mineralizzazione delle sostanze organiche.

## Materiali e Metodi

Il prelievo dei campioni di acqua di mare è stato eseguito con cadenza mensile nel periodo compreso tra giugno 1984 e maggio 1985 a Nord di Bari in tre stazioni ubicate a 0,5 - 3 e 10 miglia dalla costa rispettivamente con batimetria di 40 m, 80 m e 110 m.

Si è scelto di operare a queste distanze dalla costa in quanto queste erano state adottate in precedenti campagne, alcune ancora in corso, effettuate lungo tutto il bacino adriatico riguardanti l'eutrofizzazione e più in generale le caratteristiche delle acque. Disponendo già di alcuni dati oceanografici era più facile rilevare l'eventuale correlazione tra i nutrienti e la concentrazione dei batteri.

A bordo dell'imbarcazione «Podon», di cui dispone il Laboratorio, sono stati effettuati, un totale di 72 campionamenti di acqua in superficie e in prossimità del fondo; si sono rilevate le condizioni meteomarine, la temperatura dell'aria, dell'acqua a intervalli di 10 m, la trasparenza e la quantità di ossigeno disciolto.

In laboratorio, su tutti i campioni raccolti, è stata effettuata, per inclusione, la conta dei batteri aerobi organotrofi utilizzando il terreno Bacto Marine Agar 2216 della Difco, preparato secondo la formula di ZOBELL (1941) e mantenuto, prima della semina a 42 °C. Le piastre, a diversa diluizione, sono state termostattate alla temperatura di 20 °C circa e l'incubazione è stata protratta fino a quindici giorni allo scopo di enumerare anche le colonie con crescita più lenta.

Inoltre, utilizzando le metodologie analitiche riportate da STRICKLAND & PARSON (1972), sono stati determinati i nutrienti ( $N-NH_4$ ,  $N-NO_2$ ,  $N-NO_3$ ,  $P-PO_4$ ,  $P_{tot}$  e  $Si-SiO_2$ ), nelle acque di superficie e di profondità e la clorofilla *a* nei campioni di superficie.

## Risultati

Il dato più saliente dell'indagine è la modesta presenza degli eterotrofi in concentrazione di 50-7000 unità/mi di acqua.

Rispetto ai dati bibliografici riguardanti l'Adriatico, riportati da CVIIC (1963, 1964), MELCHIORRI-SANTOLINI (1966), l'area meridionale risulta presentare una concentrazione di eterotrofi notevolmente inferiore.

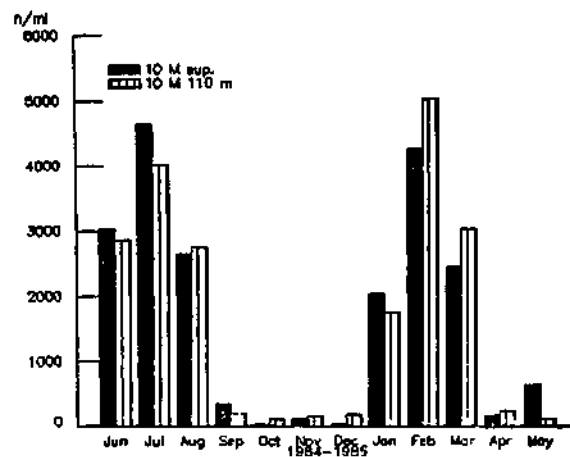
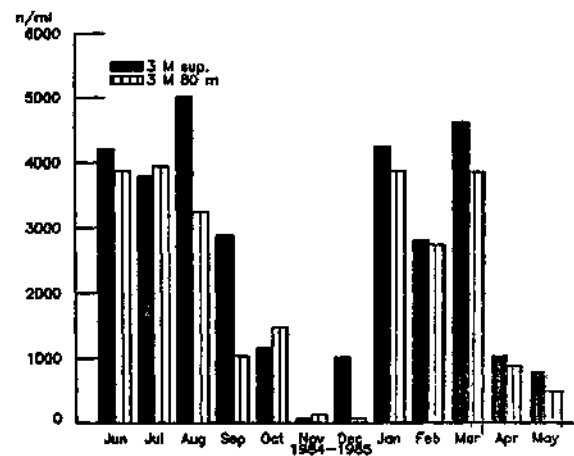
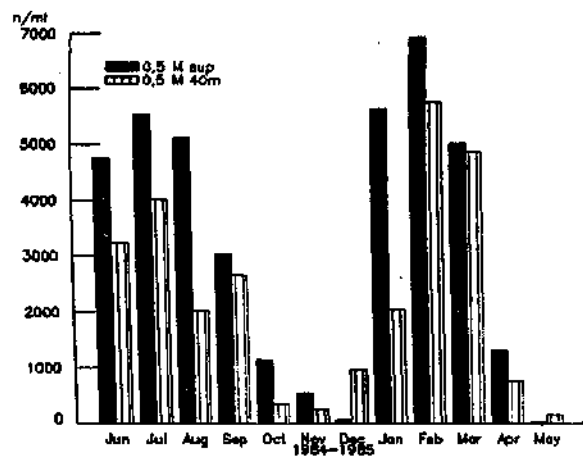


Fig. 1 - Confronto della carica batterica eterotrofa tra superficie e profondità nelle stazioni esaminate.  
Distribuzione quantitativa stagionale dei batteri eterotrofi 411

Si sono osservate variazioni batteriche stagionali sia nelle acque superficiali che in quelle di profondità, indifferentemente nelle aree più costiere, a 0,5 miglia e in quelle più al largo a 10 miglia, con un aumento della flora batterica nei periodi giugno-settembre e gennaio-marzo (Fig. 1).

Confrontando tra loro le concentrazioni dei batteri di superficie e di profondità, nelle tre stazioni di prelievo, come prevedibile, si è osservata una maggiore concentrazione di batteri in superficie che non in prossimità del fondo; si tratta, tuttavia, di un incremento modesto, come riportato in Fig. 1.

L'indagine ha confermato, inoltre, che gli eterotrofi sono maggiormente presenti sottocosta e diminuiscono gradatamente al largo (Fig. 2).

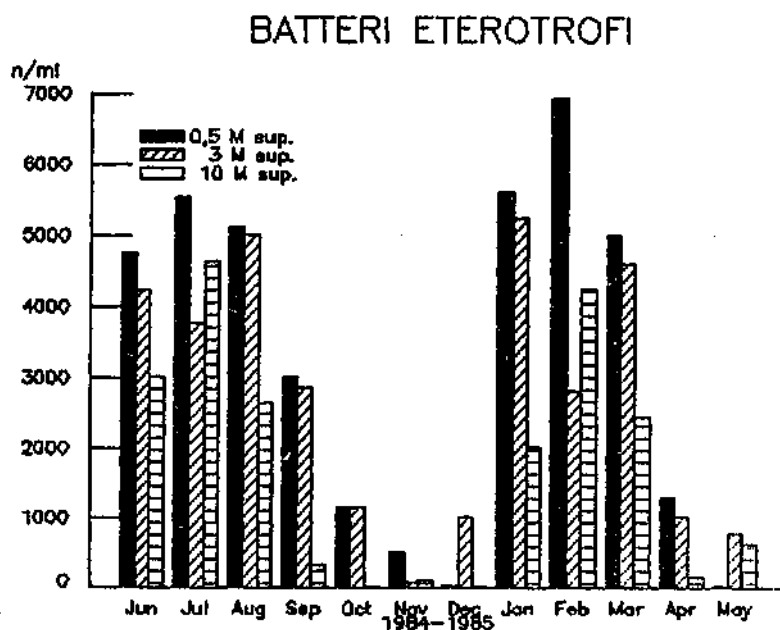
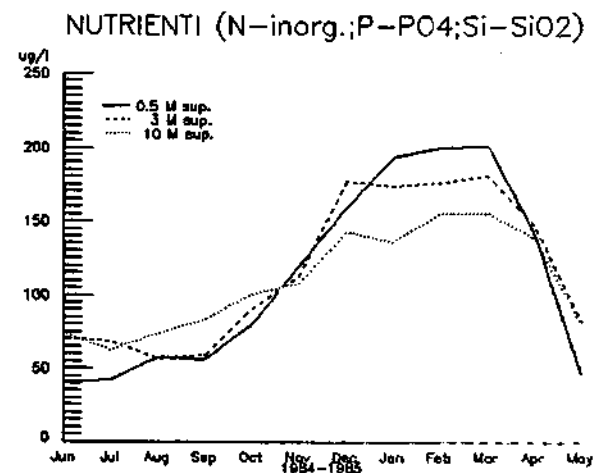
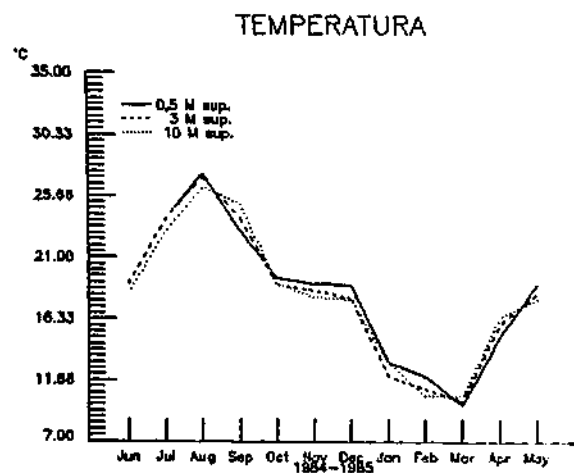
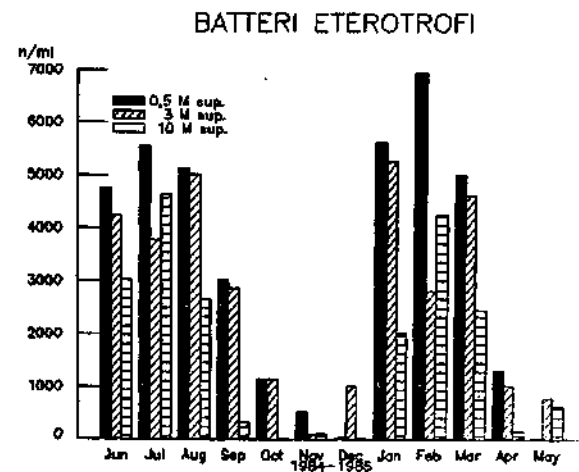
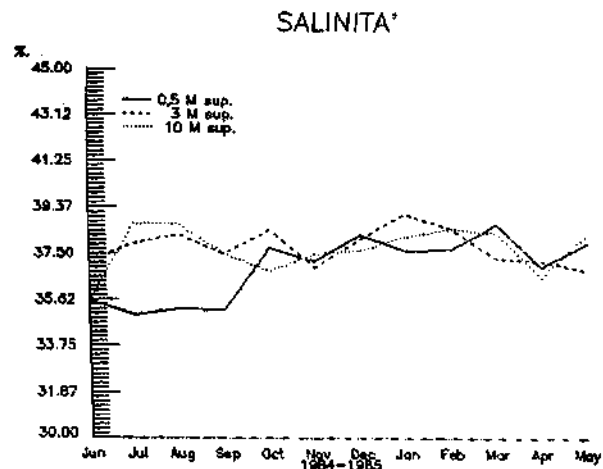


Fig. 2 - Distribuzione dei batteri eterotrofi nelle tre stazioni di prelievo.

Come già detto, oltre alle concentrazioni batteriche, si sono determinati alcuni parametri chimico-fisici. Nella Fig. 3 sono riportati gli andamenti della temperatura, della salinità e dei nutrienti; al momento non sembrano essere evidenti correlazioni tra questi parametri e il tasso dei batteri esaminati.

Le basse concentrazioni di azoto e fosforo, si tratta di acque certamente oligotrofiche (CASAVOLA *et al.*, 1983), probabilmente non influiscono in forma determinante sulle fluttuazioni stagionali della flora batterica. Altri Autori (GENOVESE, 1981) in acque eutrofiche, hanno rilevato tra nutrienti e batteri una evidente correlazione.

I dati relativi alla clorofilla *a* (Fig. 4), nonostante i modesti valori determinati (0,3-2  $\mu\text{g/l}$ ) mostrano oscillazioni stagionali; dette variazioni, tuttavia, non



**Fig. 3** - Fluttuazione mensile della salinità, della temperatura, dei nutrienti e dei batteri eterotrofi nelle stazioni di prelievo.  
Distribuzione quantitativa stagionale dei batteri eterotrofi 413

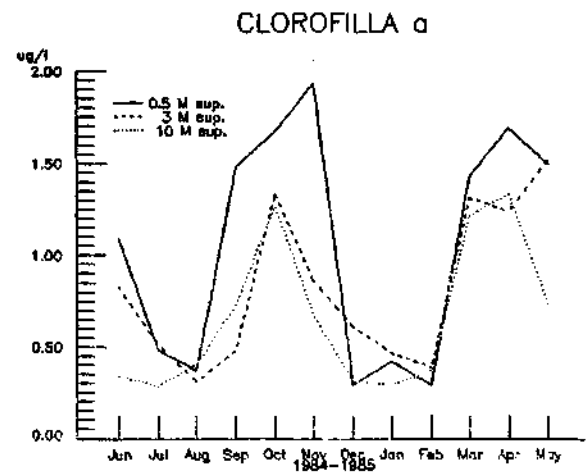
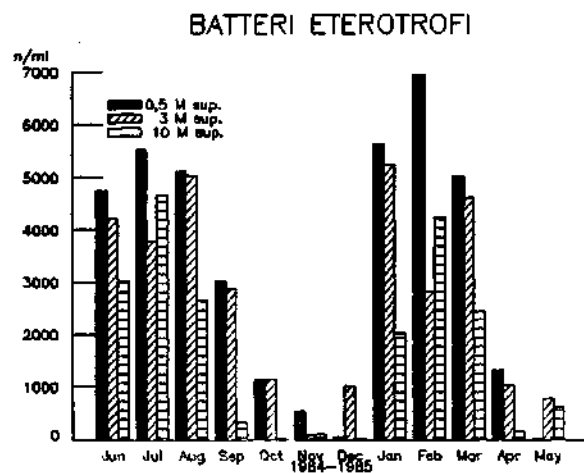
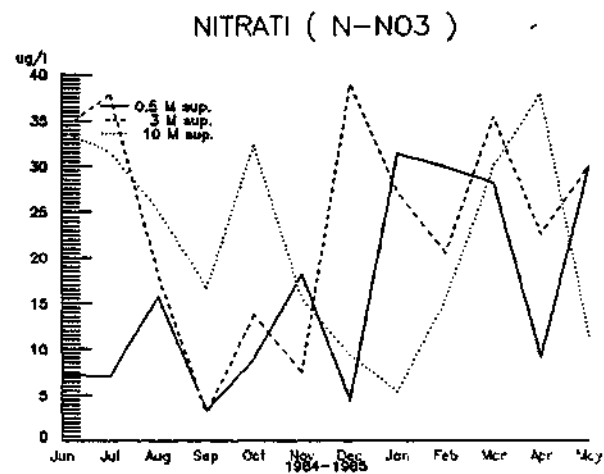
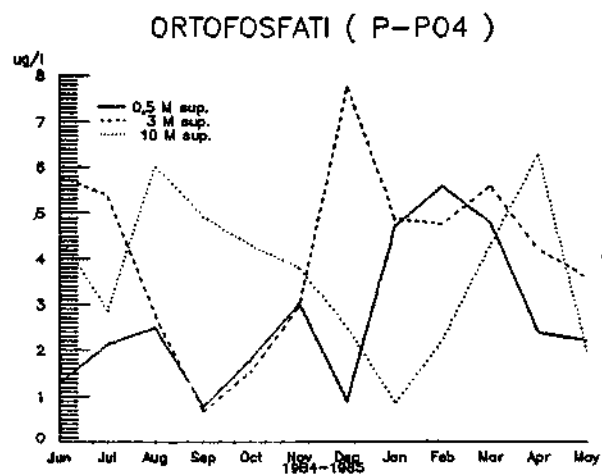


Fig. 4 - Fluttuazione mensile degli ortofosfati, della clorofilla-a e dei batteri eterotrofi nelle stazioni di prelievo.

solo non coincidono con l'incremento della flora batterica ma appaiono contrapposte. Si potrebbe ipotizzare un aumento consequenziale della flora planctonica con il decremento del tasso batterico.

## Conclusioni

L'indagine svolta ha permesso di confermare che le acque meridionali adriatiche presentano caratteristiche comuni agli altri mari meridionali, quali lo Ionio e il Tirreno, con concentrazioni modeste dei sali di azoto e fosforo nonché della flora microbica organotrofa che risulta sempre inferiore a 10.000 unità/mi, circa 1/10 di quella determinata in bacini ad alta produttività (Alto Adriatico) (PULICANÒ & DE DOMENICO, 1982; LEBEDEVA *et al.*, 1963).

Le basse concentrazioni dei batteri sono probabilmente da collegare alla oligotrofia delle acque. Le fluttuazioni batteriche però, nella nostra indagine, non seguono quelle dei nutrienti molto probabilmente a causa delle minime variazioni di questi ultimi, mentre, sembra esserci una crescita consequenziale della flora batterica con la diminuzione stagionale del fitoplancton.

Sarebbe opportuno estendere l'indagine ad un'area più ampia al fine di accertare eventuali correlazioni tra distribuzione delle flora batterica e i principali fattori abiotici dell'habitat marino.

Inoltre allo scopo di evidenziare correlazioni tra flora batterica, nutrienti e fitoplancton nelle acque oligotrofiche appare opportuno anche considerare il ruolo che eventualmente può svolgere il particellato organico fluttuante nelle acque.

## Summary

*The varied and very large range of coastal marine microbe species includes heterotrophic bacteria that play a crucial role in the mineralization of organic substances.*

*This study concerns the quantitative distribution of heterotrophic bacteria species in a sea area off the city of Bari. In the period between June 1984 and May 1985, samples of sea water were taken at monthly intervals from three points located 0.5, 3 and 10 miles from the coast. At each point, the condition of the sea, air and water temperature, water transparency and oxygen fixation were recorded.*

*Heterotrophic aerobic bacteria from the surface and deep water samples were bred and counted using the medium Bacto Marine Agar 2216 of Difco prepared according to ZoBELLES's formula.*

*As well as the bacterial density, the nutrients were measured (ammonia, nitrite and nitrate, total phosphorous and orthophosphate, silicates, chlorophyll a and salinity) using the methods of analysis described by Strickland and Parsons.*

The results show that the heterotrophic bacteria populations were present in very small quantities (from 50 to 7,000 bacteria/ml of water). It may be deduced that the levels of bacteria present tend to diminish progressively, going from the coast to the open sea. Microbe population increased in spring and autumn with a typical seasonal growth at each of the three locations at 0.5, 3 and 10 miles.

The low quantity of heterotrophic bacteria is very probably caused by the oligotrophy of the seas of Puglia which is related to the levels of nitrogen and phosphorous found there.

## Bibliografia

CASAVOLA N., DE MARTINO L., MARANO G., SARACINO C. (1983) - Nutrienti nelle acque antistanti la città di Bari. *Atti e Rel. Acc. Pugliese Scienze*, 41 (2): 1-15.

CVIIC V. (1983) - Distribution des bacteries et de la biomasse bactérienne dans l'Adriatique meridionale. *Acta Adriatica*, 10 (7): 1-15.

CVIIC V. (1964) - Contribution à la connaissance de la distribution de la biomasse bactérienne dans l'Adriatique moyenne. *Acta Adriatica*, 11: 56-64.

ES F.B. VAN, MEYER-REIL L.A. (1982) - Biomass and metabolic activity of heterotrophic marine bacteria. In *Advances in Microbiol Ecology*, K.C. Marshall (ed.), 6: 111-170.

GENOVESE S. (1981) - Distribuzione microbica negli ambienti marini in rapporto alle condizioni idrologiche. *Math. Models Mar. Ecosystem*: 41-48.

KRISS A.E. (1963) - Marine microbiology. Oliver and Body (eds), Londra, 43.

LEBEDEVA M.N., ANITCHENKO E.J., GORBENKO J.A. (1963) - Distribution of heterotrophic bacteria in some seas of the Mediterranean basin. *Symposium on Marine Microbiology*. C.M. Oppenheimer, C.C. Thomas (eds), Springfield. Jel.: 459-557.

MELCHIORRI-SANTOLINI V. (1966) - Pelagic heterotrophic bacteria in the Ligurian sea and Lago Maggiore. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 20: 261-283.

NIXON S.W. (1981) - Remineralization and nutrient cycling in coastal marine ecosystem. In *Estuaries and Nutrients* B.J. Neilson, L.G. Cronin (eds), Humana Press, Clifton: 111-138.

PERONI C, IZZO G., ROSSI G (1986) - Determinazioni microbiologiche sui sedimenti superficiali del litorale pugliese. *Indagine ambientale del sistema marino costiero della Regione Puglia* ENEA, La Spezia: 215-225.

PULICANÒ G., DE DOMENICO E. (1982) - Distribuzione dei nutrienti delle acque costiere del mare Ionio e del Canale di Sicilia. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 50 (suppl.): 299-305.

STRICKLAND J.D.H., PARSONS T.R. (1972) - A practical handbook of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 167 (2a ed.): 1-310.

ZoBELL C.E. (1941) - Bacteria of the marine water. *J. Marine Research*, 4: 42-173.



S. GERACI\*

V.

ROMAIRONE\*\*

\* C.N.R., Istituto Sperimentale Talassografico,  
Via Roma 3, 74100 Taranto (Italia)

\*\* C.N.R., Istituto per la Corrosione Marina dei Metalli  
Via Mercanzia 4, 16123 Genova (Italia)

## PRIME OSSERVAZIONI SULLE LARVE DEI CIRRIPIEDI NEL DELTA DEL PO

### Abstract

Preliminary observations on Cirriped larvae in the Po River delta

*Barnacle larvae were collected in a lagoon of the delta of the River Po and in the adjacent sea. The identification of the different naupliar stages and of the cyprids suggests a temporal-spatial pattern of larvae originating in a canal connecting the lagoon to the river. The larvae are transported outside the lagoon by the falling tide and are then dispersed into the sea. Some then sink towards the bottom and some are carried back into the lagoon by the rising tide.*

**Key-words:** Barnacle larvae, zooplankton, deltaic lagoons, Adriatic Sea.

### Introduzione

La sacca del Canarin è una laguna del Delta del Po interessata da apporti di acque dolci dai rami laterali del Po di Pila e del Po di Tolle; è in comunicazione con il mare attraverso un'ampia bocca (Fig. 1).

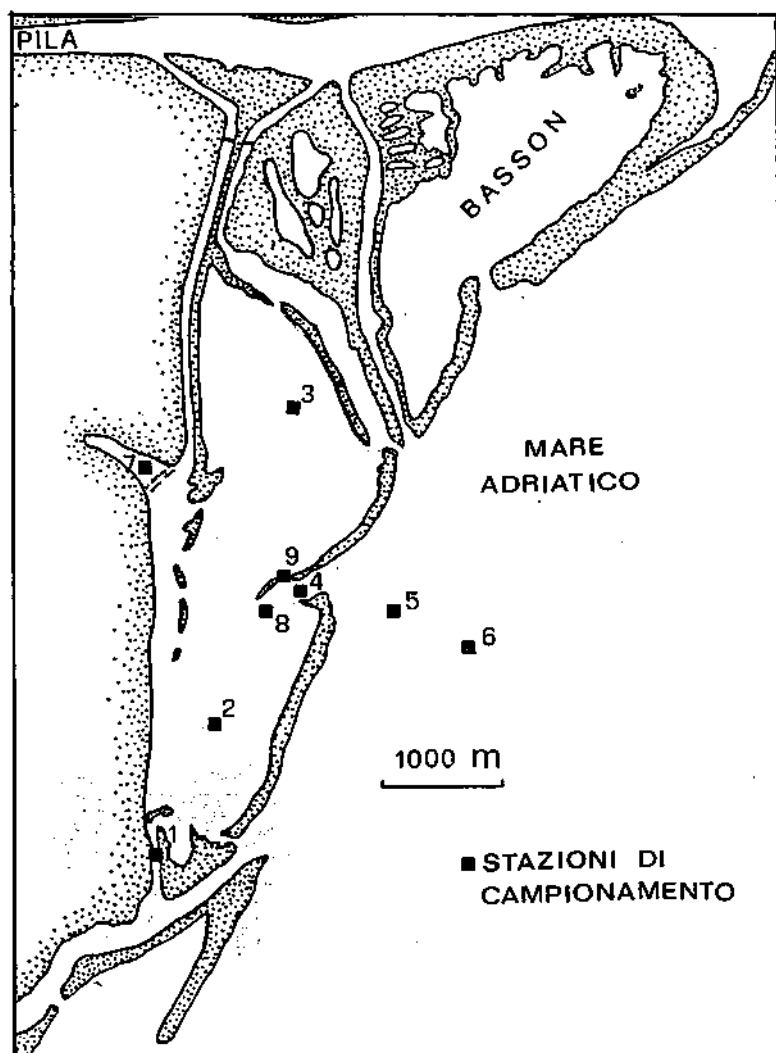
Numerose ricerche ecologiche vi sono state condotte, in particolare sulla struttura del popolamento zooplanctonico, a partire dal 1977 (AMBROGI *et al.*, 1985). Una componente importante dello zooplancton autoctono della laguna è rappresentata dalle larve di Cirripedi (FERRARI *et al.*, 1982), che comprendono tre specie: *Balanus improvisus*, *Balanus eburneus* e *Balanus amphitrite* (RELINI, 1980).

In questo lavoro sono riportati i risultati di una ricerca preliminare, condotta dal maggio all'ottobre 1986, sulla distribuzione delle larve di questi balanidi nella sacca e nel mare antistante. L'analisi è stata eseguita sui dati di densità dei diversi stadi naupliari e del cypris.

L'elaborazione dei dati ha consentito di valutare l'entità degli scambi che si attuano tra la laguna ed il mare nel breve tempo, in relazione ai cicli di marea.

### Materiali e metodi

Campioni di zooplancton sono stati raccolti nel corso di tre campagne condotte rispettivamente, dal 26 al 30 maggio, dal 17 al 20 giugno e dall'8 all'11 luglio 1986, nelle 11 stazioni indicate in Fig. 1. La stazione 1 è stata fissata in un piccolo canale, invaso dal canneto, che collega la sacca alla Busa di Bastimento,



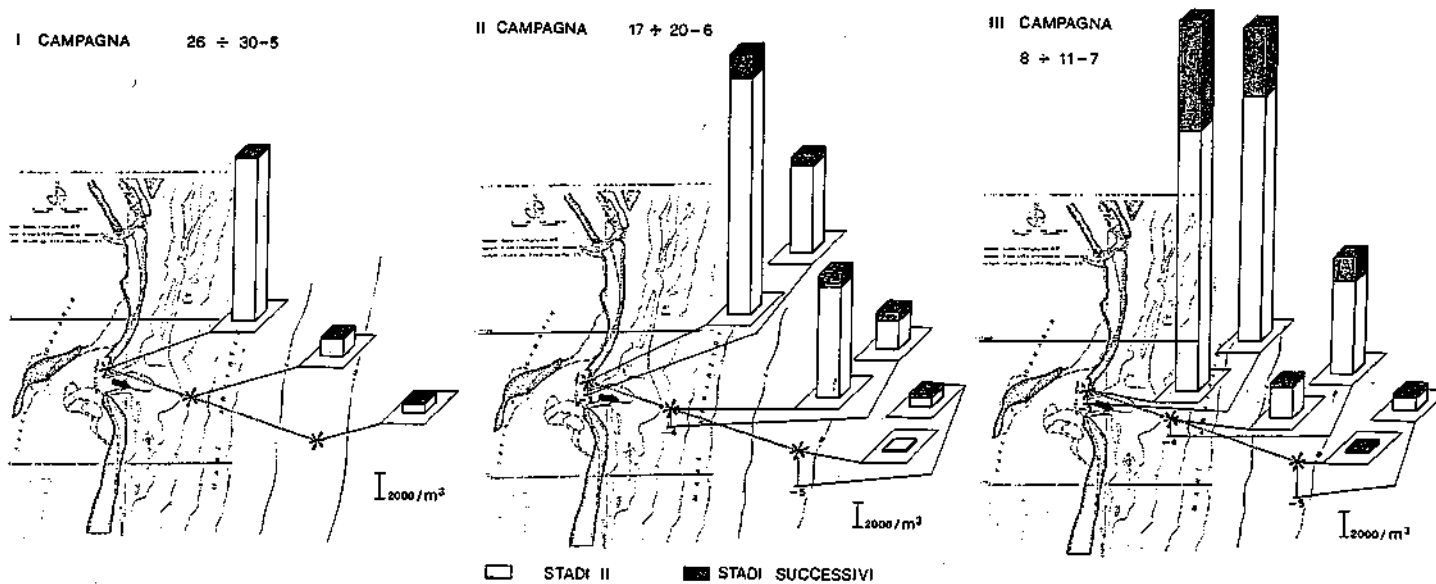
**Fig. 1** - Localizzazione delle stazioni di campionamento nella Sacca del Canarin e nel mare antistante.

un ramo laterale del Po di Tolle. Una stazione (st. 4) è stata fissata sulla bocca a mare della sacca, altre due (st. 5 e st. 6) in mare, a diversa distanza dalla costa, entro le due miglia. I prelievi sono stati eseguiti con pompa centrifuga provvista di misuratore di portata e filtrando l'acqua attraverso retini a maglie da 80  $\mu\text{m}$ . Il tubo di presa poteva essere calato dal natante fino ad una profondità di 5 m, massimo livello batiale in cui sono stati eseguiti i campionamenti nelle stazioni a mare. In queste ultime ed in prossimità della bocca erano raccolti due campioni distinti, ciascuno di 2 m<sup>3</sup>, uno dalla superficie e uno dallo strato d'acqua prossimo al fondo; nelle stazioni interne alla laguna, data la modesta profondità (0,5-1,5 m), veniva raccolto un solo campione ottenuto filtrando 1 m<sup>3</sup> d'acqua dallo strato superficiale e 1 m<sup>3</sup> dallo strato prossimo al sedimento. Complessivamente sono stati raccolti ed esaminati 85 campioni. I conteggi sono stati effettuati su subcampioni corrispondenti ad 1/10 del volume totale di acqua filtrata. L'osservazione e la determinazione dei diversi stadi naupliari veniva fatta mediante l'impiego di un microscopio rovesciato, sulla base delle esperienze acquisite a seguito degli allevamenti di laboratorio di tali organismi (GERACI & ROMAIRONE, 1986). Sulle tabelle non sono stati riportati gli stadi naupliari I a causa della loro assai breve vita, anche se la loro eventuale presenza massiva veniva annotata in quanto indice di emissioni appena avvenute e quindi della presenza di un popolamento di adulti nelle immediate vicinanze.

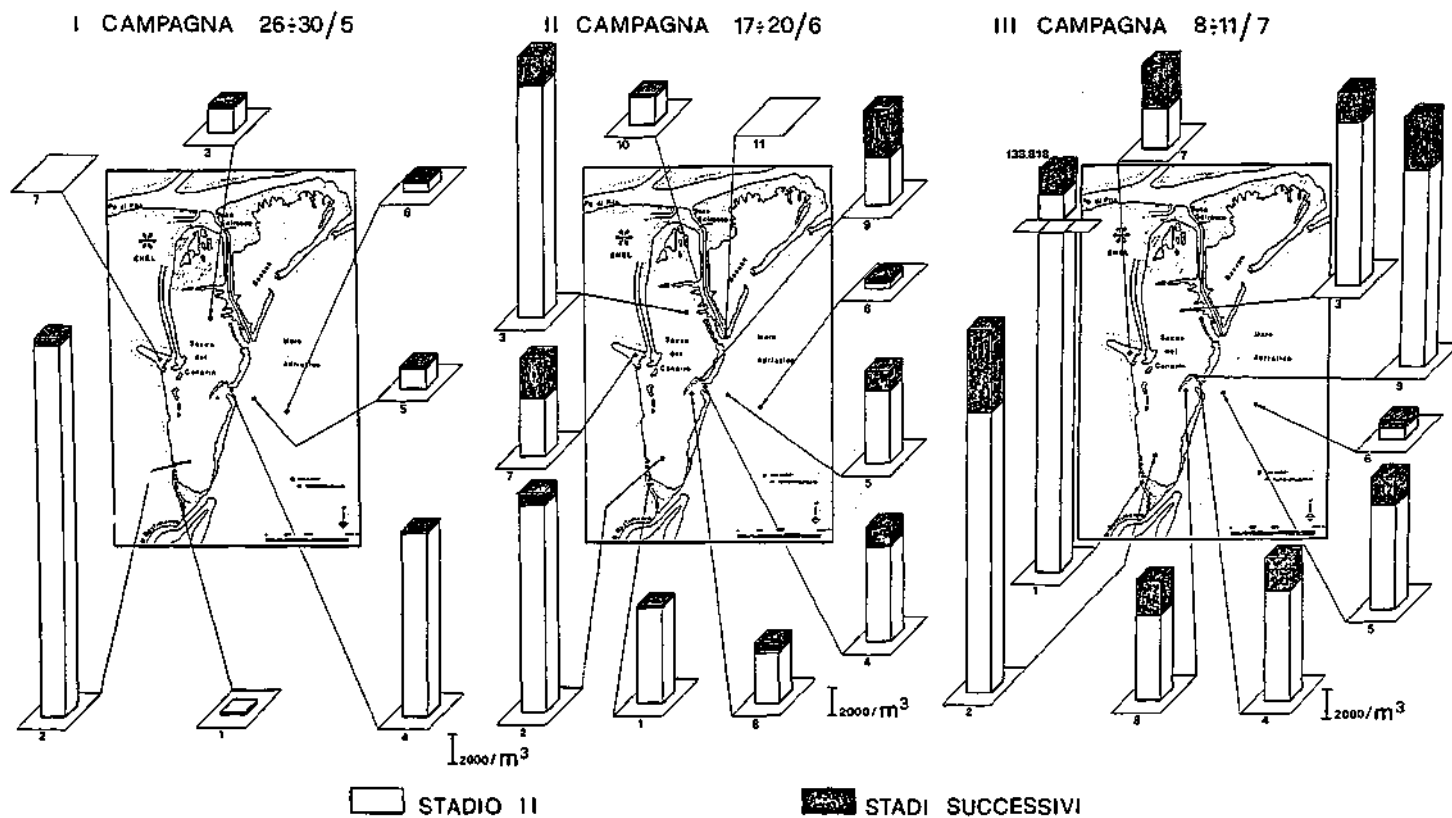
## Risultati

I risultati delle tre campagne (26-30/5; 17-20/6; 8-11/7) sono stati riassunti in Fig. 2 per quanto riguarda la densità di larve nelle diverse stazioni della sacca e del mare ed in Fig. 3 per quanto si riferisce alla loro dispersione nel mare antistante la sacca. Inoltre in Tab. 1 sono riportati i dati delle stazioni 4, 5, 6 e 8 che sono state seguite in particolare nella seconda campagna in cui fu possibile effettuare campionamenti sia a marea entrante che a marea uscente.

L'analisi dei dati mostra che alla fine di maggio, in corrispondenza della prima campagna di campionamenti, inizia un periodo di produzione massiva di larve, soprattutto nella parte meridionale della sacca e nella stazione 1, localizzata in un canale invaso da canne, densamente insediate di balani. Unicamente in questa stazione fu altresì riscontrato un relativamente alto numero di individui di I stadio naupliare, insieme al più alto numero in assoluto di individui di II stadio. In questa stessa stazione fu rilevato, durante la terza campagna, il numero più alto di larve: 122818/m<sup>3</sup>. Dalla Tab. 1 è poi possibile notare come il numero totale di larve di balani in uscita dalla sacca in riflusso di marea (R) è sempre più alto di quello registrato in flusso (F). Inoltre, mentre a marea montante esse sono mediamente più abbondanti nei campionamenti effettuati in prossimità del fondo, a marea calante questa tendenza si inverte. Occorre notare (Fig. 4) che, mentre le larve in uscita dalla sacca sono costituite per il 98,8% da naupli di II e III stadio e solo l'1,2% da stadi più tardivi (IV, V, VI, cypris), in



**Fig. 2** - Densità medie dei naupli di II stadio e degli stadi larvali successivi.  
 420 S. Geraci - V. Romairone



**Fig. 3** - Densità medie dei naupli di II stadio e degli stadi larvali successivi, relative alla superficie ed allo strato profondo, registrate alla bocca a mare della laguna e nelle due stazioni a mare.

*Prime osservazioni sulle larve di Cirripedi 421*

**Tab. 1** - Densità (ind./m<sup>3</sup>) dei diversi stadi larvali in superficie (s) e sul fondo (f), influsso (F) e riflusso (R) di marea, nelle stazioni 4, 5, 6 e 8 (Fig. 1) durante la campagna di campionamenti dal 17 al 20 giugno 1986.

STAZIONE n. 4 «Bocca»

Data	Stadi naupliari e cypris							Sal. ‰	T. °C	Marea	
	II	III	IV	V	VI	cypris	Tot.				
8/7	s	-	-	-	-	-	-	27	24,2	F	
	f	1150	200	83	58	17	17	1525	27		25,2
8/7	s	23450	9950	216	83	0	17	33316	22	25,5	R
	f	22000	5800	307	199	41	8	28355	24	25,6	
10/7	s	3500	600	108	8	8	17	4241	19	24	F
	f	-	-	-	-	-	-	-	21	26,6	
11/7	s	2350	250	25	0	0	0	2625	5	25,4	F
	f	-	-	-	-	-	-	-	9	24,9	
Medie	s	9767	3550	116	30	3	11	13394	18,2	24,8	
	f	8883	2200	166	88	22	14	11374	20,2	25,6	
STAZIONE n. 5 «Mareografo»											
10/7	s	4550	700	108	0	0	17	5375	17	25,2	F
	f	16450	3300	625	90	4	14	20483	26	24,3	
11/7	s	1100	50	13	0	0	0	1163	6	24,6	F
	f	400	200	0	0	0	0	600	27	24,7	
Medie	s	2825	375	60	0	0	8	3269	11,5	24,9	
	f	8425	1750	312	45	2	7	10541	26,5	24,5	
STAZIONE n. 6 «Mare»											
10/7	s	200	0	8	0	0	8	216	17	24,3	F
	f	1850	500	191	25	0	8	2574	30	25,4	
11/7	s	250	50	9	4	0	0	313	12	24,5	F
	f	450	100	58	8	0	0	616	32	23,4	
Medie	s	225	25	8	2	0	4	264	14,5	24,4	
	f	1150	300	124	16	0	4	1595	31	23,9	
STAZIONE n. 8 «Sud - banco»											
8/7	s	3550	1350	116	25	0	183	5224	23	25,1	F
	f	-	-	-	-	-	-	-	25	25,5	
8/7	s	25300	10700	258	110	5	27	36400	22	25,4	R
	f	-	-	-	-	-	-	-	25	24,9	
10/7	s	2700	450	91	8	0	25	3274	18	23,5	F
	f	2150	300	58	17	0	8	2533	18,1	24,6	
11/7	s	400	0	41	8	0	8	457	9,5	24	F
	f	-	-	-	-	-	-	-	9,4	24,7	
medie	s	7987	3125	126	38	1	61	11339	18,1	24,5	
	f	2150	300	58	17	0	8	2533	19,4	24,9	

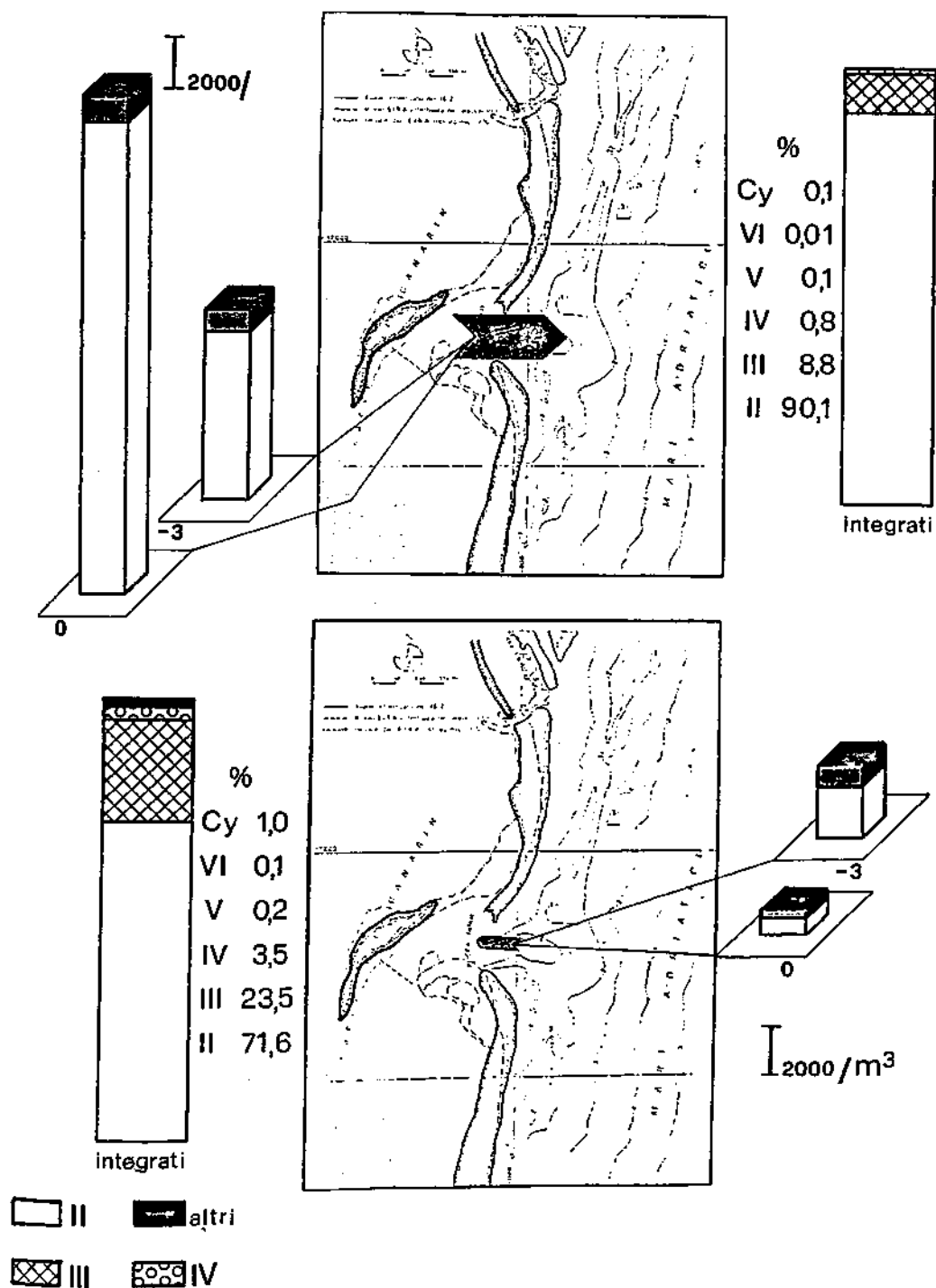


Fig 4 - Valori assoluti e percentuali dei diversi stadi larvali durante la seconda campagna nelle due fasi di marea. Marea calante: parte superiore della figura; marea montante: parte inferiore. Gli istogrammi tridimensionali rappresentano le densità relative dei diversi stadi naupliari in superficie e a -3 m, mentre quelli bidimensionali rappresentano l'incidenza percentuale dei singoli stadi, integrata alle due profondità.

entrata questi ultimi assumono valori percentuali relativamente più importanti, raggiungendo il 4,8%.

Lo stadio naupliare III in entrata ha un'incidenza percentuale tre volte maggiore che in uscita, mentre lo stadio II è più fortemente rappresentato in uscita (90,1%) che in entrata (71,6%). Ciò conferma un'esportazione di larve dalla sacca al mare (FERRARI & MAZZOCCHI, 1985) ed indica un rientro delle stesse che, pur se ridotto in valore assoluto, riporta in sacca, dopo la dispersione nel mare, una popolazione larvale in cui gli elementi più prossimi all'insediamento sono percentualmente in aumento.

## Discussione

Particolare considerazione merita il destino dei naupli che, usciti dalla sacca sotto la spinta del fiume, all'esaurirsi di tale spinta, tendono ad affondare in mare. Nei due campionamenti effettuati nella stazione 6 i naupli registrati a — 5 m sono circa 6 volte più abbondanti di quelli in superficie. Questa inversione di valori tra superficie e fondo (Fig. 3) è più immediata nella campagna di luglio in cui, per il dimezzarsi della portata del fiume rispetto alla campagna precedente, l'affondamento delle larve, dopo l'uscita dalla sacca avviene già alla stazione più vicina alla costa. È l'affondamento dei naupli dei Balanidi nel mare antistante la bocca che è responsabile dell'inversione di valori osservata nelle stazioni 4 e 8 (Tab. 1), situate al confine tra mare e sacca, a marea montante: i naupli sono sempre in maggior numero nei campioni di fondo che in quelli di superficie. Ciò induce a credere che le larve rientrino in sacca con le masse d'acqua più profonde in cui sono venute a trovarsi. Il loro rientro fa sì che la dispersione in mare sia inferiore al prevedibile in quanto parte di esse rientrano con il cuneo salino a marea montante, ritornando così nell'ambiente d'origine che viene ad essere sempre rifornito di stadi insedianti. La presenza di cypris nella stazione 1 (Fig. 1), ove è stata anche rilevata la maggior produzione di stati I e II, appare notevole e tale da mantenere il denso insediamento di balani nel canneto di questo canale.

Le considerazioni sull'affondamento delle larve in mare bene si accordano con quelle di BOUSFIELD (1955) e DE WOLF (1973). Il primo calcolò che la dispersione delle larve nel mare, a causa del suaccennato meccanismo di ritenzione, è oltre 10 volte inferiore al previsto.

## Summary

*Barnacle larvae are the most important components of autochthonous zooplankton of a coastal lagoon of the delta of the River Po. The identification of different naupliar and cyprid stages of these organisms gives an idea of their density and distribution at different tidal phases.*



***An examination of 85 zooplankton samples, collected from May to July 1986, showed: 1. A massive emission of barnacle larvae starting at the beginning of June and reaching its peak in July. 2. A higher density of larvae in the southern part of the lagoon, which mainly belonged to the species *Balanus improvisus* and *Balanus eburneus*.***

***The higher larval density found in this part of the lagoon is due to the settlement of Barnacle adults on the reed thickets in a canal between the lagoon and the river. At low tide the larvae leave the lagoon by means of surface waters that transport them to the sea. These larvae principally belong to the second naupliar stage and are more abundant (8-15 times) than those entering with the high tide.***

***Finally, there was a tendency of the larvae of the later naupliar stages to return to the lagoon at flood tide with the deepest waters. The reason for this is the sinking of the larvae towards the sea bottom after having left the lagoon, during ebb tide. Moreover, the sinking of the larvae depends on the river flow rate and consequently on the distance that the fresh water reaches in the sea.***

## Bibliografia

AMBROGI R., CURII L., PARISI V. (1985) - Le ricerche ecologiche nel delta del Po: stato delle conoscenze, problemi, obiettivi e coordinamento. *Nova Thalassia*, 7 (suppl. 2): 7-26.

BOUSFIELD E.L. (1955) - Ecological control of the occurrence of Barnacles in the Miramichi Estuary. *National Museum of Canada* **137** biol. ser., 46: 1-69.

DE WOLF P. (1973) - Ecological observations on the mechanism of dispersal of Barnacle larvae during planktonic life and settling. *Neth. J. Sea Res.*, 6 (1-2): 1-129.

FERRARI I., MAZZOCCHI M.G. (1985) - Composizione, dinamica e ruolo trofico dello zooplancton nel delta del Po. *Nova Thalassia*, 7 (suppl. 2): 187-214.

FERRARI L., CECCHERELLI V.U., MAZZOCCHI M.G., CANTARELLI M.T. (1982) - Seasonal and diel variations of zooplankton populations in a lagoon of the Po river delta. *Neth. J. Sea Res.*, 16: 333-334.

GERACI S., ROMAIRON V. (1986) - Larval stages and *Balanus* (Cirripedia) settlement in a port environment with a key to naupliar stages of Tyrrhenian species. *P.S.Z.N.I.: Marine Ecology*, 7 (2): 151-164.

RELINI G. (1980) - Popolamenti a Balani di un ambiente deltizio padano: tempi e densità d'insediamento. *Atti I Congr. Naz. Soc. It. Ecologia*, Salsomaggiore Terme, 21-24 ottobre 1980: 485-490.

M. INNAMORATI  
G. CECCATELLI

G. MORI  
M. DE POL  
S. CAVALIERI

L. LAZZARA  
S. BUZZICHELLI

Laboratorio di Ecologia, Dipartimento di Biologia Vegetale  
dell'Università, Via Micheli 1, 50121 Firenze (Italia)

## IL FITOPLANCTON NEL MARE INQUINATO DAL FIUME ARNO (SAN ROSSORE 1983-1986)

### Abstract

Phytoplankton in the coastal area polluted by the Arno River (San Rossore 1983-1986)

*The phytoplankton conditions in the sea facing the pine-wood of San Rossore, defoliated by the phytocide content of marine aerosol, were studied during 1983-1986. The biomass/nutrient ratio during 1983-85 was low despite very high nutrient concentrations. During 1986 high biomass concentrations occurred in summer, and taxonomic composition and diversity became similar to that of eutrophic situations.*

*Inhibition of phytoplankton growth by defoliating substances during 1983-85 and their absence from Arno river wastes during '86 is discussed.*

**Key-words:** Phytoplankton, nutrients, phytocide, aerosol, eutrophication.

### Introduzione

Tra le foci dell'Arno e del Serchio, la fascia della pineta esposta ai venti marini è stata defoliata e distrutta da sostanze contenute nell'aerosol marino. Quali principali responsabili sono stati indicati i tensioattivi dei detergenti sintetici portati a mare dai fiumi (LAPUCCI, 1968; LAPUCCI *et al.*, 1972; GELLINI *et al.*, 1983; GELLINI *et al.*, 1985; AA.VV., 1984; BETTI *et al.*, 1985; BARGAGLI *et al.*, 1986). Il processo di aerosolizzazione determina una estrazione preferenziale dei tensioattivi perché la loro attività di superficie li concentra all'interfaccia acqua/aria: nella superficie marina, nelle bolle di schiuma e nelle goccioline di aerosol originate dallo scoppio delle bolle (LOGGIO *et al.*, 1986a; LOGGIO *et al.*, 1986b).

Indipendentemente dalle indagini di identificazione di tali sostanze, per altro tuttora in corso, è stato sperimentalmente dimostrato: che l'aerosol proveniente dall'acqua marina campionata vicino alla foce dell'Arno durante gli anni '83-84 aveva un effetto inibente immediato sulla fotosintesi, al quale faceva seguito la

degradazione della clorofilla e quindi la morte degli aghi di pino. È stato inoltre osservato che i tensioattivi sintetici hanno certamente potere inibente, defogliante e fitocida, ma che non tutto l'effetto risulta quantitativamente imputabile soltanto ad essi (INNAMORATI *et al.*, 1987).

Stante la presenza di queste sostanze fitocide, pur fortemente diluite nell'acqua marina, ma più concentrate all'interfaccia acqua/aria ed acqua/particelle sospese, fitoplancton compreso, si è voluto esaminare in quale stato si trovasse il fitoplancton in questo tratto di mare inquinato.

In questa comunicazione vengono sintetizzati i principali risultati ottenuti.

## Materiali e metodi

I rilevamenti sono stati svolti, dal giugno 1983 all'ottobre 1986, in 9 stazioni disposte lungo l'isobata di 5 m a ca. 500 m da riva (Fig. 1). I campioni sono stati prelevati, con bottiglia Niskin da 10 l, in superficie e a 2,5 m di profondità. Sono state misurate: salinità, temperatura e ossigeno (MC5 Electronic Instrument; Ocean 7/401 Idronaut; 2712 Orbisphere). Durante i rilevamenti è stata misurata anche la velocità della corrente (Sensor Data SD4: gradazioni di 15°, 1 cm/sec) in superficie, a 2,5 e 4,5 m con motoscafo ancorato di prua e, dopo l'assestamento, anche di poppa. In tutte le stazioni nessuna delle medie vettoriali delle misure di corrente ha differito significativamente dallo zero. Poiché inoltre, a parità di stazione, le 3 medie, nelle stazioni da 2 a 9, e quelle dei 2,5 e 4,5 m nella stazione 1, non differivano significativamente tra di loro (ellissi fiduciarie per  $P = 0,05$  molto sovrapposte ed escludenti l'origine) sono state calcolate: un'unica media per lo strato 0-5 m, per ciascuna delle stazioni 2-9, e due per la stazione 1, una relativa allo strato superficiale e un'altra per quello di 2,5-5 m.

La biomassa fitoplanctonica è stata stimata sia come abbondanza cellulare (numero di cellule/volume), che come concentrazione di clorofilla *a*. L'analisi dell'abbondanza delle singole specie è stata eseguita fissando 250 ml (Lugol 1%) prelevati dal campione mescolato. In seguito, da questi ne venivano fatti sedimentare (Üthermöl) 10 ml, dei quali ne veniva esaminato al microscopio il sedimentato corrispondente a 3 ml. Le analisi della clorofilla *a* (UNESCO, 1966; filtrazione di 3-4 l di acqua su Whatman GF/C), dei solidi sospesi (STRICKLAND & PARSONS, 1972; filtrazione di 1 l su DAWP Millipore) e dei nutrienti  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{SiO}_4$  (STRICKLAND & PARSONS, 1972) sono state fatte entro 2-3 ore dal prelievo per evitarne la degradazione.

Dei risultati ottenuti, sono stati raggruppati e mediati insieme: quelli delle due profondità, perché non differenti significativamente; quelli delle stazioni 1, 5 e 9, più vicine alle foci, separatamente da quelli delle restanti, denominate rispettivamente di tipo «fluviale» e «marino», in quanto più omogenee rispetto alla salinità; quelli del periodo 83-85 separatamente a quelli del periodo 86, in quanto più omogenei in ciascun periodo e molto differenti tra loro; infine quelli relativi a ciascuna stagione.

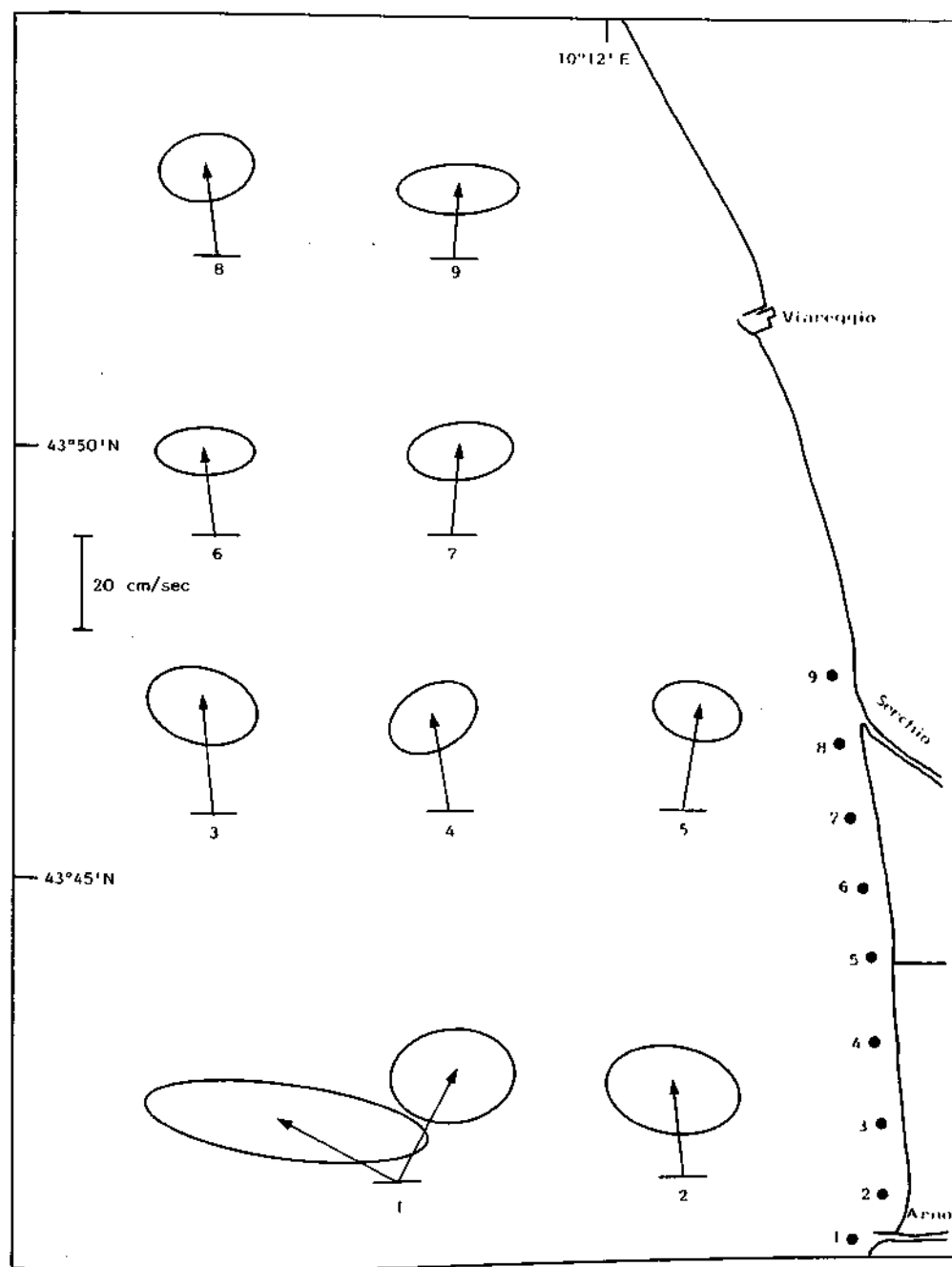


Fig. 1 - Ubicazione delle stazioni 1-9; medie ed ellissi dei limiti fiduciari ( $P = 0,05$ ) della velocità della corrente.

## Risultati

In generale temperatura, salinità, (Fig. 2 a, c) e ossigeno nelle stazioni marine presentano il normale andamento stagionale di una zona temperata costiera. A Bocca d'Arno l' aloclino comprende mediamente i primi 60 cm, ma già a 1 m si ritrovano valori di salinità simili a quelli lontani dalla foce. In tutte le stazioni le acque sono ben ossigenate in inverno, mentre quelle fluviali sono meno ossigenate in estate, soprattutto alla foce del fiume Morto e dell'Arno.

Nella zona, come generalmente lungo la maggior parte del Tirreno Orientale, la corrente di superficie prevalentemente durante tutto l'anno risale verso NW, parallelamente alla costa (I.I.M., 1982), deviando nello stesso senso i pennacchi dei fiumi: durante i nostri rilevamenti, ha sempre presentato in tutte le stazioni direzioni comprese nei quadranti settentrionali (Fig. 1). Il flusso dell'Arno, componendosi con quello marino di minore velocità, descrive un'ampia curva: piega prima a WNW, alla stazione 1, e poi verso N, al largo delle altre. Quelle marine risultano investite da una corrente proveniente da S ed a salinità maggiore (Fig. 2a), anche eguale a quella del mare aperto a parità di stagione, quindi poco mescolata con il flusso dell'Arno e transitata al di sotto, come indicano anche i rilievi batimetrici di velocità (Fig. 1) e salinità nello strato 2,5-5 alla stazione 1. L'orientamento della foce del Serchio (staz. 9), il suo debole flusso di uscita e quello ancor minore del Fiume Morto (staz. 5), per quanto chiaramente evidenziati dalla salinità, non hanno determinato deviazioni direzionali apprezzabili dallo strumento.

Le medie stagionali delle concentrazioni dei nutrienti (Fig. 2 b, d, f) sono in genere molto elevate e maggiori nelle stazioni fluviali e nell'86; fa eccezione il fosfato nelle stazioni fluviali che nell'83-85 sfasa il ciclo annuale presentando le medie stagionali più alte in estate-autunno. I massimi sono stati riscontrati quasi sempre a Bocca d'Arno con 65 e 80  $\mu\text{mol/l}$  per l'azoto, rispettivamente nell'aprile '84 e marzo '86 e di 7,24 e 10,69 per il fosfato, rispettivamente nell'ottobre e novembre '85.

Anche rispetto alla stime della biomassa (Fig. 2 e, g) le stazioni fluviali risultano in genere superiori a quelle marine a parità dei periodi annuali. Il ciclo stagionale dell'abbondanza fitoplanctonica nell'83-85 presenta nelle stazioni marine due modeste fioriture, primaverile ed autunnale, tra loro eguali, invece che decisamente differenti e a favore della primaverile come avviene in situazioni non perturbate. Nelle stazioni fluviali si ha invece un'unica fioritura autunnale. Nell'86 la fioritura è estiva, sia nelle fluviali che nelle marine, ed ha le maggiori medie stagionali, rispettivamente di 1150 e 330 cell./ml. La differente composizione tassonomica dei popolamenti nei due tipi di stazioni e nei due periodi conferisce alla clorofilla cicli differenti da quelli delle cellule. Il caso più evidente è dato dal massimo della clorofilla nell'83-85 nelle stazioni fluviali che, oltre ad essere estivo, invece che autunnale come nelle cellule, è anche superiore a quello dell'estate 86 in cui le cellule raggiungono la media stagionale più alta. Infatti in estate nelle stazioni fluviali nell'83-85 si hanno Clorofi-

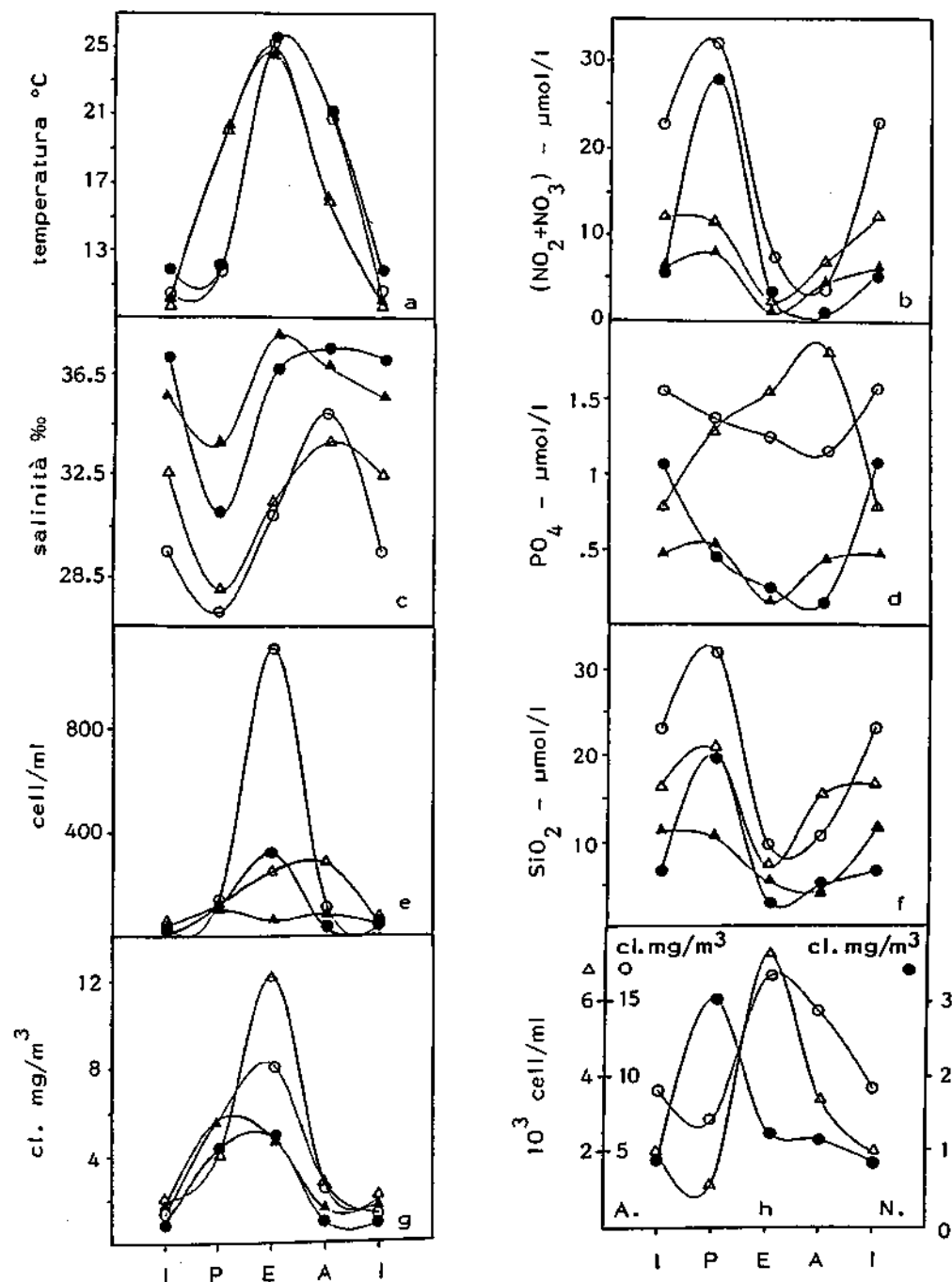


Fig. 2 - Cicli stagionali: a-g, dei fattori ambientali e della biomassa a S. Rossore (stazioni: fluviali,  $\Delta$  83-85,  $\circ$  86; marine,  $\blacktriangle$  83-85,  $\bullet$  86); h, della biomassa nell'Adriatico nord-occidentale (A:  $\Delta$  cellule;  $\circ$  clorofilla) e nel Golfo di Napoli (N:  $\bullet$  clorofilla).

cee di grandi dimensioni e specie di Bacillarioficee e Dinoficee, tutte a elevato contenuto cellulare di clorofilla, mentre nell'86 si ha la dominanza di una Cloroficeca di piccole dimensioni (*Coelastrum microsporum*) e con basso contenuto di clorofilla.

La sostanziale differenza tra il periodo 83-85 e l'86, è resa particolarmente evidente dalla struttura dei popolamenti fitoplanctonici (Fig. 3). Nell'83-85 le principali classi sono tutte abbastanza ben rappresentate in inverno ed in autunno, fatta eccezione per le Cloroficee in inverno. In primavera si assiste ad una dominanza di Dinoflagellate e Bacillarioficee, che permane in estate nelle stazioni marine, ma è sostituita da quella delle Cloroficee nelle fluviali. Nell'86 la presenza delle classi algali e le loro proporzioni sono completamente mutate. Tutte le cenosi, ad eccezione di quelle invernali nelle stazioni marine, sono praticamente costituite da un'unica classe che, durante tutto l'anno nelle stazioni marine, e in inverno e primavera nelle fluviali, è quella delle Bacillarioficee, quasi esclusivamente *Rhizosolenia*, mentre in estate ed autunno, sempre nelle fluviali, è quella delle Cloroficee. Anche le distribuzioni di abbondanza delle specie in funzione del loro rango evidenziano la differenza tra i popolamenti dei due periodi: nell'86 si ha uno stadio più giovane ed una diversità di 2,5 bits/cell. nelle stazioni fluviali e 2, 1 nelle marine; invece nell'83-85, rispettivamente: 3 e 3,2 bits/cell.

È noto che, esaminando in natura le modalità di variazione della biomassa fitoplanctonica in funzione della concentrazione dei nutrienti, non si riscontra alcuna proporzionalità, o una qualche regolarità che permetta di fare intravedere una relazione tra gli incrementi delle due variabili. Il problema cambia aspetto se si considerano le velocità di variazione specifica dei rapporti e quindi i loro incrementi specifici. Se il numero delle misure è statisticamente sufficiente e queste riguardano una zona con caratteristiche omogenee, allora la media e la varianza possono essere considerati come parametri costanti di quel sistema e caratterizzarlo rispetto ad altre analoghe costanti di altri sistemi. Si può constatare che tra gli incrementi specifici dei rapporti e le caratteristiche della dinamica trofica, esistono relazioni che, una volta statisticamente definiti i rapporti, permettono inversamente di dedurre le caratteristiche della dinamica trofica (HARRIS, 1987; INNAMORATI, 1989).

Nel caso presente, se si considera inizialmente il rapporto tra biomassa e nutrienti (rapporto di nutrizione), si può osservare che ad un livello di nutrienti disponibili che è sufficientemente elevato (medie generali: 9,53  $\mu\text{mol/l}$  per l'azoto; 1,02 per il fosfato) corrisponde una biomassa il cui valore assoluto può in sè stesso apparire normale rispetto ad analoghe situazioni litorali, ma non lo è rispetto alla quantità di nutrienti disponibili. Sotto questo aspetto S. Rossore si colloca in una parte del diagramma (Fig. 4) più vicina a quella normalmente occupata dalle zone oligotrofiche a riciclaggio veloce, caratterizzate da scarsa biomassa per unità di nutriente, ma determinata da bassissimi valori di biomassa e bassi valori di nutrienti. D'altro canto il ciclo stagionale degli incrementi specifici dei rapporti di nutrizione (Fig. 2 a, b) ripropone la differenza tra i

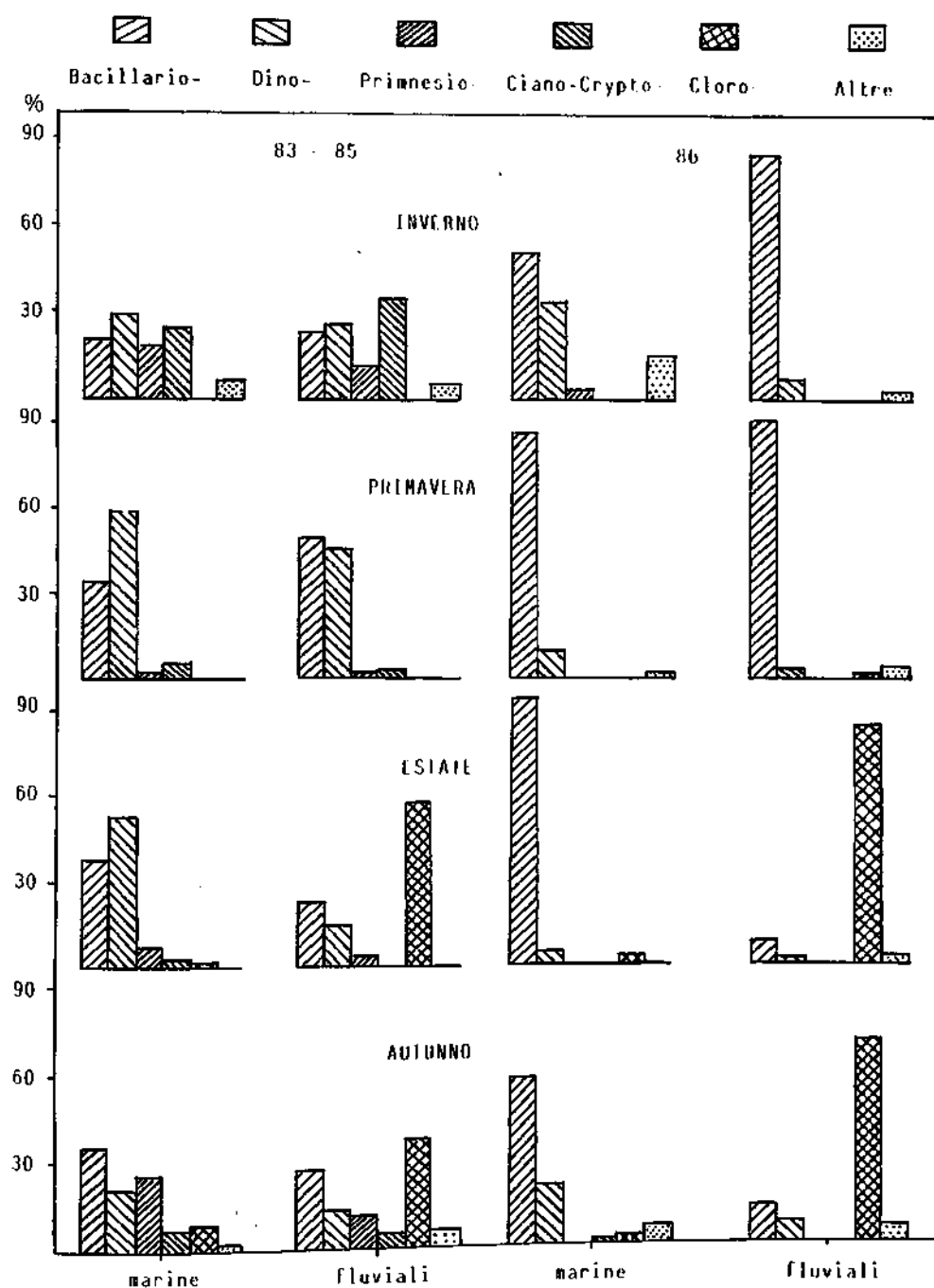
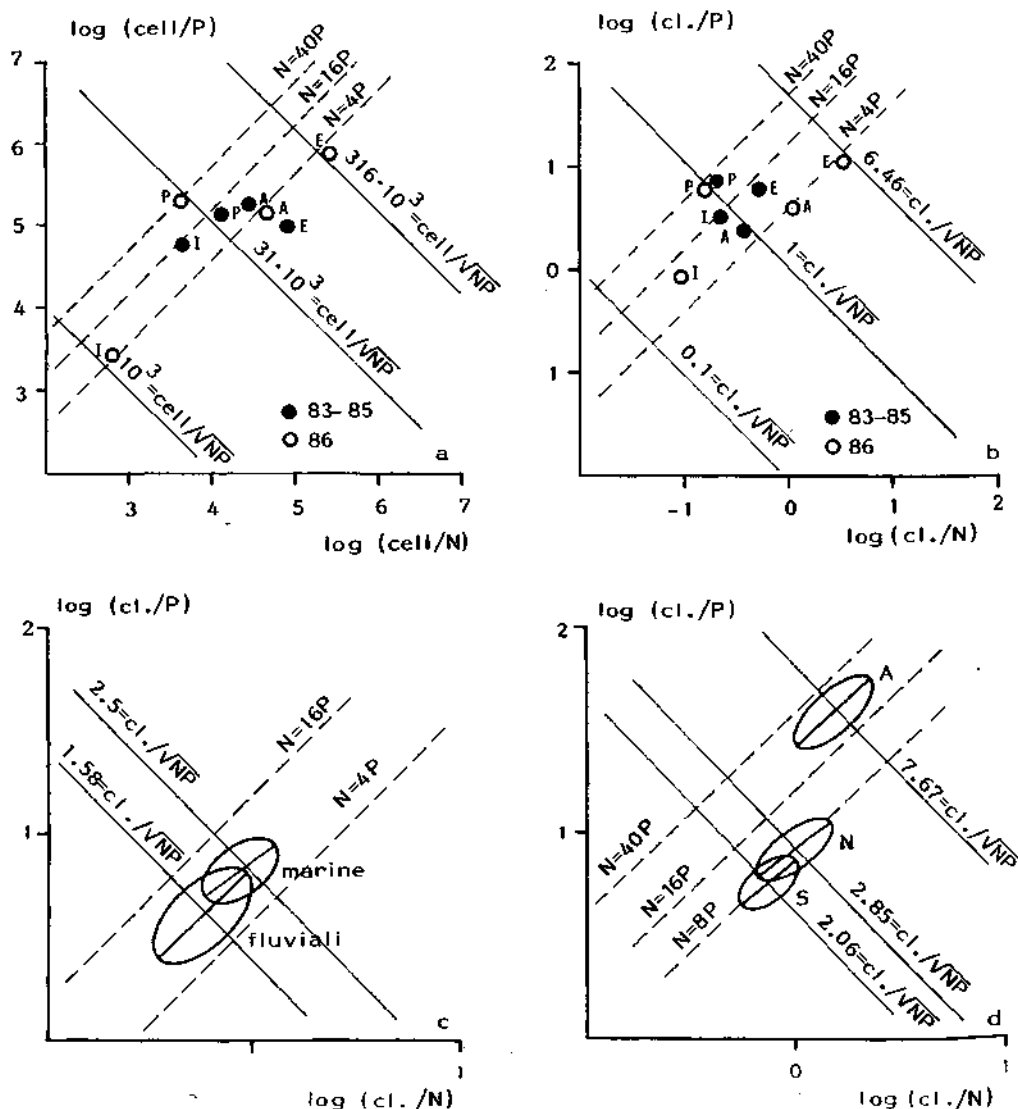


Fig. 3 - Abbondanza relativa delle principali classi fitoplanctoniche nelle stazioni marine e fluviali nei due periodi 1983-85, 1986.



due periodi: P83-85 rispetto all'86 presenta una variazione più raccolta lungo la direzione della diagonale dei diagrammi, corrispondente alle rette dei rapporti di assimilazione N/P (REDFIELD, *et al.*, 1963). Le altre rette, normali alle prime, rappresentano i rapporti di nutrizione (tra la biomassa B e la media geometrica delle concentrazioni dei nutrienti:  $B/ \sqrt{NP}$ ). Si può inoltre notare che i valori



**Fig. 4** - Rapporti tra la biomassa e i nutrienti: medie stagionali stimate con le cellule (a) e con la clorofilla (b); ellissi di confidenza ( $P = 0,05$ ) delle medie delle stazioni marine e fluviali (c) e delle medie generali di: (S) S. Rossore; (N) Golfo di Napoli; (A) Adriatico nord-occidentale (d).

dell'estate dell'86 tendono a spostarsi più in alto lungo la diagonale per un incremento del rapporto di nutrizione che tende verso situazioni più eutrofiche. Anche i due tipi di stazioni si distinguono, in quanto quelle fluviali (Fig. 4 c) assumono una posizione più bassa delle marine come se fossero più oligotrofiche, quando invece non lo sono né dal punto di vista dei nutrienti, né da quello della biomassa; questa è decisamente più scarsa per unità di nutriente, mentre in assoluto è generalmente maggiore che nelle stazioni marine: cioè si presenta come una situazione squilibrata rispetto alle situazioni normali.

Disponendo dei dati relativi all' $\text{N-NH}_4$ , i punti dei diagrammi risulterebbero slittati, ciascuno in vario grado, parallelamente all'ascissa e verso sinistra, rimanendo uguali i rapporti rispetto al fosfato e non diminuendo di molto quelli rispetto all'azoto, senza alterare le caratteristiche sostanziali del sistema di rapporti tra le medie del diagramma. Il quale comunque descrive la differenziazione dei sistemi analizzati rispetto ai parametri considerati.

## Discussioni e conclusioni

La situazione del litorale pisano è diversa nel ciclo stagionale della successione, oltre che degli schemi classici, da quella degli altri litorali tirrenici da noi esaminati (LENZI GRILLINI & LAZZARA, 1978, 1980; INNAMORATI *et al.*, 1979) ed è certamente sufficientemente singolare rispetto al rapporto di nutrizione. Tale singolarità risulta anche dalla comparazione con altri dati, tra i pochissimi disponibili per i mari italiani sui cicli stagionali dei nutrienti rilevati insieme alla biomassa fitoplanctonica: quelli del litorale adriatico nord-occidentale (Regione Emilia Romagna, 1983) e del Golfo di Napoli (RIBERA D'ALCALA *et al.*, 1985). Lungo il litorale adriatico nord-occidentale, che è soggetto ad eutrofizzazione, le concentrazioni dei nutrienti, pur molto elevate (medie annuali di  $9,0 \mu\text{mol/l}$  di  $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$  e  $0,3$  di  $\text{P}_0_4$ ), sono tuttavia inferiori a quelle del litorale di S. Rossore (rispettivamente:  $9,5$  e  $1,02$ ), ma in Adriatico si ha una biomassa fitoplanctonica che raggiunge medie annuali di  $3500 \text{ cell./ml}$  e  $12 \text{ mg/m}^3$  di clorofilla, con una massiccia fioritura estiva quasi esclusivamente di Diatomee; laddove a S. Rossore è di sole  $180 \text{ cell./ml}$  e la clorofilla di  $4 \text{ mg/m}^3$  (Fig. 2 h) e la fioritura cade in estate solo nelle stazioni fluviali nell'83-85 ed in tutte nell'86. Nel Golfo di Napoli, dove sono state rilevate medie annuali di circa  $1,53 \mu\text{mol/l}$  di  $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$  e  $0,12$  di  $\text{P}_0_4$ , la biomassa, è di  $1,62 \text{ mg/m}^3$  di clorofilla (Fig. 2 h). Nella Fig. 4d si può notare che la situazione di S. Rossore pur non essendo differente significativamente, è pur tuttavia inferiore a quella del Golfo di Napoli, che presenta quantità di nutrienti notevolmente più basse dell'Adriatico e di S. Rossore.

Ci sembra plausibile spiegare questa situazione del mare di S. Rossore nel senso che nell'83-85, e forse negli anni precedenti, la biomassa fitoplanctonica non abbia potuto sfruttare totalmente il potenziale nutritizio disponibile determinando così un accumulo di nutrienti nel sistema, perchè subiva l'effetto ini-

bitorio di quelle stesse sostanze che vengono concentrate nell'aerosol marino e vanno a defogliare e distruggere la vegetazione terrestre. Il diverso effetto, letale su questa e inibitorio sul fitoplancton marino, va visto tenendo presente: 1) che non solo i tensioattivi dei detersivi, ma anche altri fitocidi di uso agrozootecnico debbono essere implicati nella distruzione della vegetazione terrestre (INNAMORATI *et al.*, 1987); 2) che specialmente questi ultimi hanno un prevalente uso stagionale ed un conseguente scarico periodico nei fiumi e nel mare; 3) che gli effetti letali alle azioni periodiche permangono e si sommano nella vegetazione terrestre perenne, mentre colpiscono solo le, o alcune delle specie fitoplanctoniche che sono presenti contemporaneamente alla causa; 4) che la concentrazione di queste sostanze nell'aerosol, che viene convogliato sulle piante, è maggiore di quella presente in mare di svariati ordini di grandezza (CINI in AA.VV., 1984).

D'altra parte, nel 1986, l'aumento del rapporto di nutrizione determinato dall'aumento della biomassa, particolarmente nell'estate, e soprattutto l'alterazione del ciclo stagionale e di quello della struttura dei popolamenti, fanno pensare ad uno sblocco dell'inibizione e all'avvio di una condizione eutrofica del fitoplancton (la media estiva dell'86 a S. Rossore è di 6.46 mg clorofilla per  $\mu\text{mol}$  di media geometrica di N e P e quella dell'Adriatico è di 7.67). Da questa tuttavia non si è innescato un processo di eutrofizzazione, infatti l'ossigeno non ha presentato decremento né verticalmente, né sul fondo, né sono state rilevate mai situazioni di sovrassaturazione in superficie. Ciò certamente grazie al regime di mescolamento e ricambio delle acque sottocosta, rilevabile anche dalla loro elevata salinità. Lo sblocco dell'inibizione ci risulta confortato da prove da noi svolte nelle quali l'aerosol proveniente da acqua marina, raccolta sempre vicino alla foce dell'Arno, nel 1986 non ha più presentato il forte effetto inibitorio sugli aghi di pino. Con tale sblocco sono congruenti anche le notizie che nel 1987 la pineta ha presentato segni di ripresa vegetativa (GELLINI, com. pers.). A queste sono da aggiungere le segnalazioni di massicce fioriture algali più a nord lungo il litorale versiliese (NARESE-FILASTO, 1986). Ciò fa pensare che l'inibizione abbia sinora bloccato il forte sviluppo della biomassa ed eventuali processi di eutrofizzazione, i quali altrimenti avrebbero potuto, e tuttora possono, sopraggiungere, se all'eventuale diminuito uso di fitocidi entroterra, non fa seguito la diminuzione dello scarico in Arno delle sostanze azotate e fosfate che incrementano i nutrienti fitoplanctonici.

### **Ringraziamenti.**

Si ringrazia: la Direzione della Tenuta di S. Rossore e il gruppo Paracadutisti Incursori di Bocca d'Arno per la cordiale ospitalità e fattiva collaborazione; i dr. A. Rinaldi, G. Montanari, del Laboratorio «Daphne» della Regione Emilia-Romagna (Cesenatico), e V. Saggiomo della Stazione Zoologica di Napoli, per i dati che ci hanno gentilmente fornito.

## Summary

*The phytoplankton conditions in the sea facing the pine-wood of San Rossore, defoliated by the phytocide content of marine aerosol, were investigated during 1983-86 to ascertain the occurrence of alterations of phytoplankton ecology.*

*The hydrological situation and its seasonal cycle are similar to those of estuarine zones; but nutrient concentrations are very high, even when compared with the eutrophicated north-western Adriatic Sea. During 1983-85 the log (biomass/nutrient) was very low, the phytoplankton seasonal cycle showed a small bloom in spring in the marine stations and an autumnal bloom near the river mouth; the taxonomic classes were all well represented in the coenosis. In 1986 a different trend was observed. The log (biomass/nutrient) rose due to massive diatom blooms in summer, and taxonomic composition, structure and diversity of phytoplankton throughout the year became similar to that of eutrophicated areas. It is suggested that marine aerosol substances that have destroyed the pine-wood inhibited phytoplankton growth; in 1986, the concentrations of these substances diminished, thereby giving rise to biomass growth.*

## Bibliografia

AA.VV. (1984) - Degradazione delle vegetazione nella tenuta di S. Rossore. Relazione della Commissione di Studio al Sig. Presidente della Repubblica, Roma.

BARGAGLI R., D'AMATO M.L., IOSCO (1986) - Il degrado della vegetazione costiera di S. Rossore: possibile incidenza di alcuni elementi in tracce. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat.*, Mem. ser. B, 93: 133.144.

BETTI M COLOMBINI M.P., FUOCO R., PAPOFF P. (1985) - Determination of heavy metals in fresh and sea waters of S. Rossore park (Pisa). *Mar. Chem.*, 17: 313-322.

GELLINI R PANTANI F., GROSSONI P., BUSSOTTI F., BARBOLANI E., RINALLO C. (1983) - Survey of the Deterioration of the Coastal Vegetation in the park of S. Rossore in Central Italy. *Eur. J. For. Path.*, 13: 319-322.

GELLINI R PANTANI F., GROSSONI P., BUSSOTTI F., BARBOLANI E., RINALLO C. (1985) - Further investigation on the causes of disorders of the coastal vegetation in the park of S. Rossore (Central Italy). *Eur. J. For. Path.*, 15: 145-157.

HARRIS G.P. (1987) - Phytoplankton ecology. Structure, function and fluctuation. Chapman and Hall, London New York: 1-384.

INNAMORATI M., BOCHICCHIO A., GABBRIELLI R., LENZI GRILLINI C. (1979) - Effetti dell'incremento termico artificiale nel mare di Torre del Sale (Golfo di Follonica). Primi risultati. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat.*, Mem. Ser. B, 86, (suppl.): 190-198.

INNAMORATI M., MORI G., ROSSI A., MASELLI F. (1987) - Aerosol marino e tensioattivi nella degradazione della pineta litoranea tra l'Arno e il Serchio. *Atti III Congr. naz. S.IT.E.*, Siena 20 - 24-10-1987.

INNAMORATI M. (1989) - Proprietà statistiche e processi di rinnovo dei nutrienti e del fitoplancton in mare. *Oebalia*, XV-1: 355-374.

ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA (1982) - Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani. Istituto Idrografico della Marina di Genova, Genova.

LAPUCCI P.L. (1968) - Sull'inquinamento chimico dell'acqua di mare quale causa dei danni alle pinete costiere tirreniche. (Relazione alla Int. Conf. on «Oil Pollution of the Sea» (Roma, 1968)). *Rivista Ital. Ig.*, 28: 589.597.

LAPUCCI P.L., GELLINI R., PAIERO P. (1972) - Contaminazione chimica dell'acqua marina quale causa della moria dei pini lungo le coste tirreniche. *Ann. Acc. Ital. Sci. For.*, 21: 323-358.

LOGLIO G., COSTA M.G., GELSOMINI N., TESEI U., CINI R. (1986a) - Fenomeni di trasferimento e flocculazione all'interfase acqua-aria della superficie marina. *Bollettino di Oceanologia Teorica e Applicata*, IV, n. 1: 3-21.

LOGLIO G., TESEI U., CINI R. (1986 b) - Dissolved organic compounds in marine waters: characterization of adsorption processes by means of surface dilational properties. *Bollettino di Oceanologia Teorica ed Applicata*, IV, 2: 91-96.

LENZI GRILLINI C., LAZZARA L. (1978) - Ciclo annuale del fitoplancton nelle acque costiere del Parco Naturale della Maremma. I. Variazioni quantitative. *Giorn. Bot. Ital.*, 112 (3): 157-173.

LENZI GRILLINI C., LAZZARA L. (1980) - Ciclo annuale del fitoplancton nelle acque costiere del Parco Naturale della Maremma. II. Flora e variazioni delle comunità. *Giorn. Bot. Ital.*, 114 (5): 199-215.

NARESE-FILASTO' M. (1986) - Servizio Ambiente Regione Toscana. Comunicazione personale.

REDFIELD A.C., KETCHUM B.H., RICHARDS F.A. (1963) - The influence of organisms on the composition of sea-water. In *The Sea* N.H. Hill (ed.), 2, Wiley Interscience, New York: 26-79.

REGIONE EMILIA ROMAGNA (1983) - Eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia Romagna. Rapporto Annuale, Reggio Emilia.

RIBERA D'ALCALÀ M., CARRADA G.C., CASOTTI R., MODIGH M., SAGGIOMO V., VESCIA S. (1985) - Osservazioni sulla distribuzione verticale di ossigeno e clorofilla *a* nelle acque esterne al Golfo di Napoli. *Nova Thalassia*, 7 (suppl. 3): 129-135.

STRICKLAND J.D.H., PARSONS T.R. (1972) - A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. B. Can.*, 167.

U.N.E.S.C.O. (1966) - Determination of photosynthetic pigments in seawater. Monograph on oceanographic methodology. U.N.E.S.C.O., Parigi.

G. IZZO

Enea - Casaccia, C.P. 2400, 00100 Roma (Italia)

## IL RUOLO DELL' ATTIVITÀ MICROBICA DEI SEDIMENTI NELLE DISTROFIE DEGLI AMBIENTI ACQUATICI

### Abstract

Microbial activity in the sediments of an eutrophic lagoon

*The sulfate-reducing activity of an eutrophic lagoon was measured in the sediments at two-week intervals for a period of 7 months. The summer increase of this activity seems to be responsible for anoxic crises of the water column induced by the chemical oxidation of the produced sulphides. The daily cycle of the dissolved oxygen in the water column shows a strong night consumption. The redox profiles in sediments, which are considered indicators of microbial activity, seem to be influenced by internal water circulation. A water flow was induced artificially to prevent anoxic phenomena.*

**Key-words:** Microbial, sulfate reduction, sediments, lagoon.

### Introduzione

Lo scopo di questa ricerca è la comprensione del meccanismo che provoca l'anossia negli ambienti acquatici eutrofici, per poter pervenire ad un controllo precoce e se possibile ad una prevenzione di tale fenomeno. La ricerca è stata applicata alla laguna di Orbetello, cioè ad un ambiente di grande interesse paesaggistico ed economico, che da anni ricorrentemente è soggetta a crisi anossiche.

In ambienti acquatici poco profondi, i sedimenti sono la sede principale dei processi biogeochimici di mineralizzazione della sostanza organica (NEDWELL, 1984).

In tali processi è di fondamentale importanza la respirazione aerobica ed anaerobica dei microrganismi eterotrofi che ricavano energia dall'ossidazione di composti organici. L'ossigeno, il nitrato e il solfato sono i principali recettori di elettroni utilizzati sequenzialmente in questa reazione ossido-riduttiva e recenti

studi hanno dimostrato che, in ambiente marino, l'O<sub>2</sub> e l'SO<sub>4</sub><sup>-</sup> sono gli ossidanti maggiormente usati (JORGENSEN & SORENSEN, 1985). La letteratura, indica per alcuni sedimenti costieri un rapporto 1:1 tra questi due tipi di respirazione microbica (JORGENSEN, 1982). Poiché la solfato-riduzione è un tipo di metabolismo di microrganismi anaerobi obbligati, essa dovrebbe essere presente soltanto negli strati anossici dei sedimenti, mentre, in realtà, si riscontra anche negli strati ossidati; in tal caso è distribuita in micronicchie anaerobiche (JORGENSEN, 1977). Inoltre, la recente dimostrazione che molti ceppi solfato riduttori possono utilizzare facoltativamente il nitrato come accettore d'elettroni (MITCHELL, *et. al.*, 1986), potrebbe contribuire a giustificare il loro rinvenimento anche negli strati ossidati (dove i nitrati sono disponibili) e confermerebbe una più ampia valenza ecologica di tali microrganismi. Il solfuro prodotto dalla riduzione del solfato è riossidato fino al 95% (JORGENSEN, 1982) dall'ossigeno presente nella colonna d'acqua; tale processo, quindi, contribuisce al consumo di O<sub>2</sub> insieme alla respirazione degli organismi autotrofi ed eterotrofi.

Per i motivi elencati, è nostra opinione, che in ambienti acquatici eutrofici, l'attività solfato riduttrice dei sedimenti, favorita da cause come un improvviso apporto di sostanza organica e/o condizioni meteorologiche e idrodinamiche favorevoli, è la causa determinante l'anossia della colonna d'acqua.

Qui di seguito vengono descritti metodologie applicate e risultati acquisiti nel periodo marzo-settembre 1987.

## Materiali e metodi

La laguna di Orbetello ha una superficie di circa 2700 ettari ed ha una profondità massima di circa 1,5 m. Essa è divisa in due settori denominati laguna di Levante e laguna di Ponente, tra loro separati dal tombolo incompleto di Orbetello unito al monte Argentario da un ponte diga. Comunica con il mare attraverso 2 canali denominati di Nassa ed Ansedonia, risultando un terzo canale «Fibbia» in comunicazione con il fiume Albenga. Esiste, inoltre, un quarto canale, parallelo a quello di Nassa ed attualmente utilizzato come approdo turistico. I canali sono tutti provvisti di chiuse e lavorieri ed inoltre ad Ansedonia ed a Nassa esistono due impianti di idrovore, con aerazione forzata, in grado di movimentare complessivamente 8 m<sup>3</sup>/sec di acqua (Fig. 1).

### *Attività solfato-riduttrice*

Le misure di attività batterica solfato-riduttrice sono state effettuate con cadenza bimensile prelevando i sedimenti superficiali in due stazioni rappresentative del centro laguna di Ponente e del centro laguna di Levante. I prelievi sono stati effettuati mediante un campionatore che preleva in una siringa «disposable» da 50 cc una carotina orizzontale dello strato superficiale indisturbato. Il campione, subito dopo il prelievo viene conservato in un contenitore



anaerobico a 4 gradi centigradi ed immediatamente trasportato in laboratorio per le analisi; tutte le successive manipolazioni avvengono in camera anaerobica. Le analisi sono state condotte secondo il metodo di ROSSER & HAMILTON (1983). Tale metodo consiste nell'incubazione anaerobica del campione di sedi-

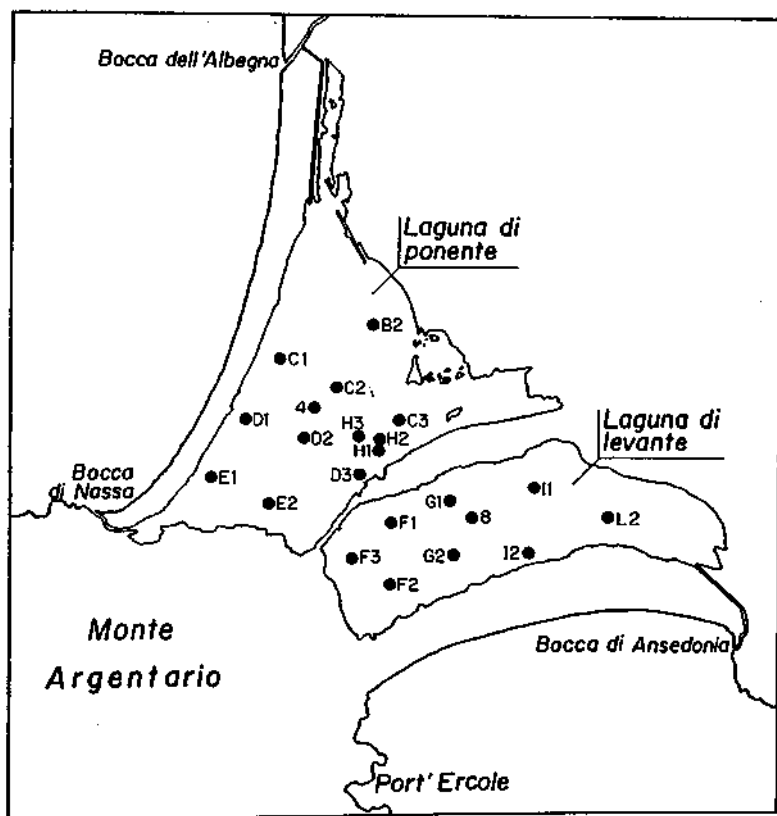


Fig. 1 - Area di campionamento.

mento ( $1 \text{ cm}^3$ ), per un tempo prestabilito, dopo l'aggiunta di  $^{35}\text{S}$ -solfato (Amersham, cat. sj 162) (attività  $1 \mu\text{Ci}$ ). Il solfato trasformato biologicamente in solfuro marcato è catturato su una trappola di acetato di zinco la cui radioattività viene apprezzata strumentalmente. Ogni risultato è stato fornito come media di 10 repliche.

### ***Profili redox dei sedimenti***

Parallelamente, abbiamo determinato la misura del potenziale redox della colonna di sedimenti, per valutare l'utilità di questo parametro come rappresentazione del bilancio tra consumo biologico di ossidanti e la loro rigenerazione ad

opera di processi chimico-fisici e biologici (BILLEN & VERBEUSTEL, 1979), ed anche allo scopo di verificare se tale misura nei sedimenti fosse sufficientemente sensibile a rappresentare l'equilibrio dinamico tra consumo e diffusione degli ossidanti prodotti o pervenuti nella colonna d'acqua. Inoltre, poiché esso può essere espressione anche di una condizione di substrato favorevole allo sviluppo di attività batterica anaerobica, abbiamo provato ad utilizzarlo come segnale di preallarme di eventi distrofici.

La misura dei profili redox dei sedimenti è stata effettuata *in situ* mediante una sonda ad elettrodi multipli di nostra progettazione. In breve, essa consiste di una sonda di acciaio inox di 1 cm di diametro ed un metro di lunghezza dalla quale sporgono ad intervalli di 10 cm elettrodi di platino di circa 7 mm di lunghezza e 1 mm di spessore. L'elettrodo di riferimento è a solfuro d'argento. La sonda è stata manovrata dall'alto tramite un manico lungo circa 3 metri al quale era collegato lo strumentino di misura. Le letture analogiche in millivolt sono state corrette per il valore caratteristico dell'elettrodo di riferimento (+233); pertanto i valori riportati sono quelli dell'Eh.

#### *Ossigeno disciolto e temperatura*

L'ossigeno disciolto è stato misurato direttamente *in situ* mediante lo strumento Oxiliquid mod. 22 (Idronaut-Milano) che adotta un sensore polarografico.

La temperatura dell'acqua è stata misurata *in situ* con una termocoppia che equipaggiava uno strumentino portatile (Idronaut).

### **Risultati**

I risultati delle misure di attività solfato riduttrice dei campioni di sedimenti analizzati sono riassunti nel grafico di Fig. 2. Essi evidenziano un netto

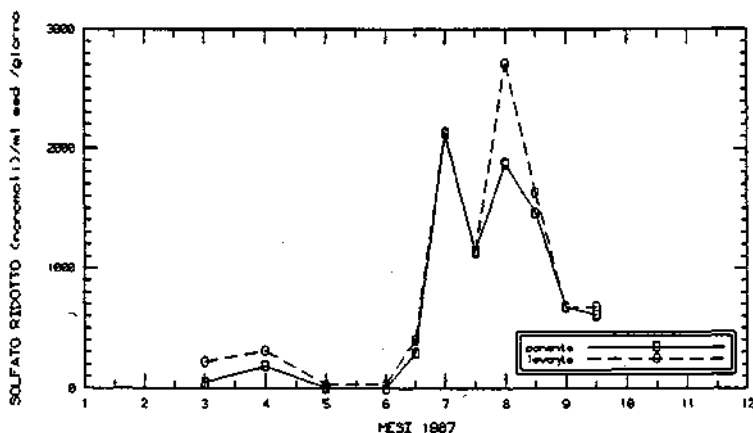


Fig. 2 - Variazione stagionale dell'attività solfato-riduttrice.

incremento stagionale per i mesi estivi fino a valori di circa  $3 \mu\text{M}/\text{cm}^3/\text{giorno}$ . I nostri risultati sono stati confrontati con quelli ottenuti da altri ricercatori (EDENBORN *et al.*, 1987) e si pongono tra i massimi misurati. Dal grafico di Fig. 3 appare evidente l'influenza della temperatura sull'attività microbica.,

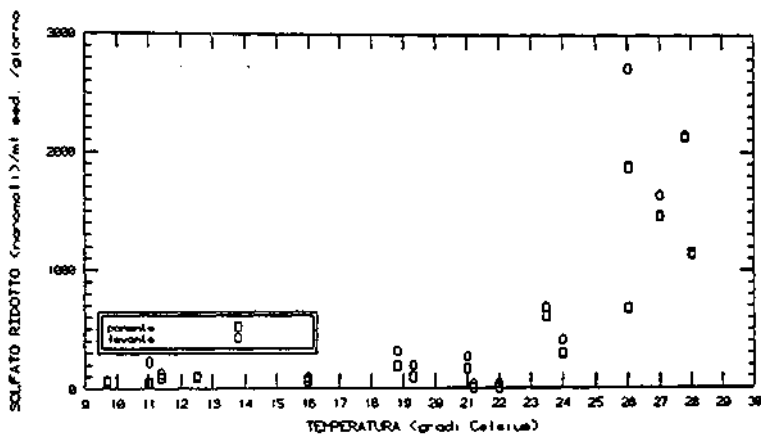


Fig. 3 - Relazione tra attività solfato-riduttrice e temperatura.

Inoltre, se si considera che l'aumento di temperatura diminuisce la solubilità dell'ossigeno e che durante i mesi più caldi sono frequenti le condizioni climatiche del ristagno di correnti d'aria che favoriscono gli scambi turbolenti acquaria, sembra plausibile che la coincidenza di tali fattori può determinare un'anossia, probabilmente notturna, in mancanza di produttività primaria. Nel mese di agosto è stata determinata la concentrazione dell'ossigeno disciolto, nelle due lagune, in un ciclo di 24 ore. I risultati sono rappresentati in Fig. 4. Essi evidenziano la marcata differenza che si verifica tra il giorno e la notte, soprattutto a levante.

Nel mese di giugno è stata effettuata una campagna di misure dei profili redox dei sedimenti. I risultati ottenuti sono rappresentati nelle Figure 5 e 6 relative alle stazioni della laguna di Ponente ed a quella della laguna di Levante. Da tali dati è evidente la differenza dei sedimenti delle due lagune: p.u ossidati a Ponente e quasi completamente anossici a Levante.

Ancora più evidente risulta la rappresentazione di Fig. 7 dove si è rappresentato l'insieme spaziale dei risultati attribuendo un codice convenzionale alla diffeente profondità di viraggio dell' Eh da positivo a negativo. Il codice usato, se pur del tutto arbitrario, risponde ad una logica di classificazione delle aree della laguna in zone dove l' RPD (ossia il viraggio dell' Eh ha positivo a negativo) dei

SALVATORI, 1988) e dai dati riportati in uno studio precedente (COGNETTI *et al.*, 1978) che individuavano in tale laguna condizioni di distrofia con evidenti bloom algali.

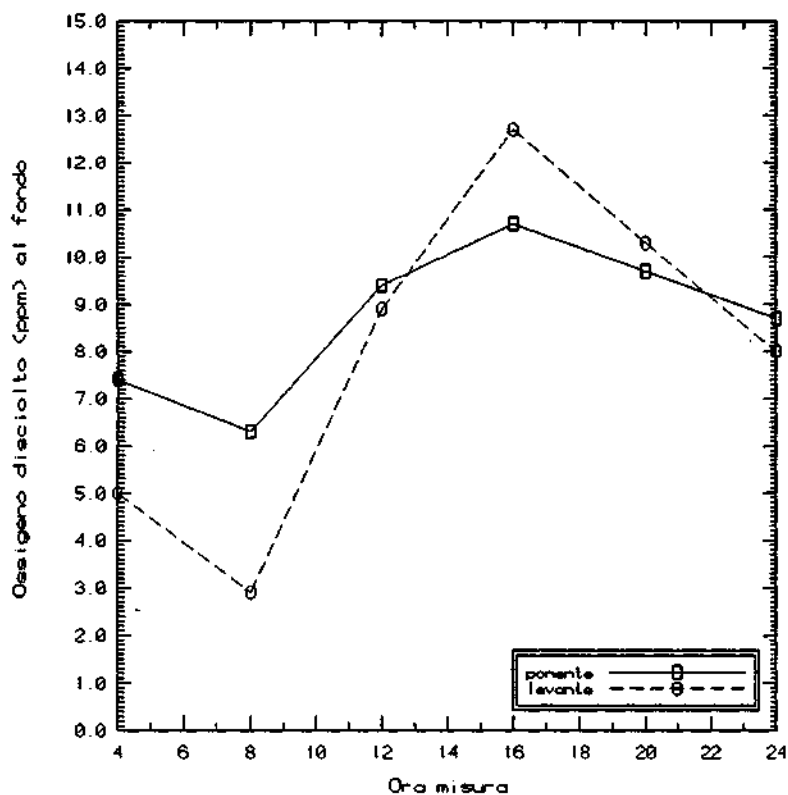


Fig. 4 - Ciclo dell'ossigeno disciolto misurato nelle 24 ore ad Agosto 1987.

Durante la primavera 1987 la laguna di ponente è stata sede di estesi bloom di cloroficee (*Chaetomorfa linum*) mentre ciò non si è verificato a levante tranne che in qualche piccola area vicino ai tomboli. La macrofita più diffusa, invece, a levante era una rodoficea (*Gracilaria confervoides*). Questa differente distribuzione, a nostro parere, è condizionata dai valori dell'Eh all'interfaccia sedimenti-acque, che dove sono più bassi potrebbero aver favorito lo sviluppo di un'alga che utilizza l'azoto in forma chimica ridotta, dove sono più elevati, favoriscono lo sviluppo di alghe che utilizzano l'azoto in forma ossidata. A conferma di questa osservazione, basta ricordare che il nitrato scompare del tutto ad un valore di Eh minore di +200 (BILLEN & VERBEUSTEL, 1979; NEDWELL, 1984) e i valori da noi riportati per la laguna di Levante (Fig. 6) erano tutti inferiori a tale minimo. In accordo con questi risultati, anche le misure di attività solfa-

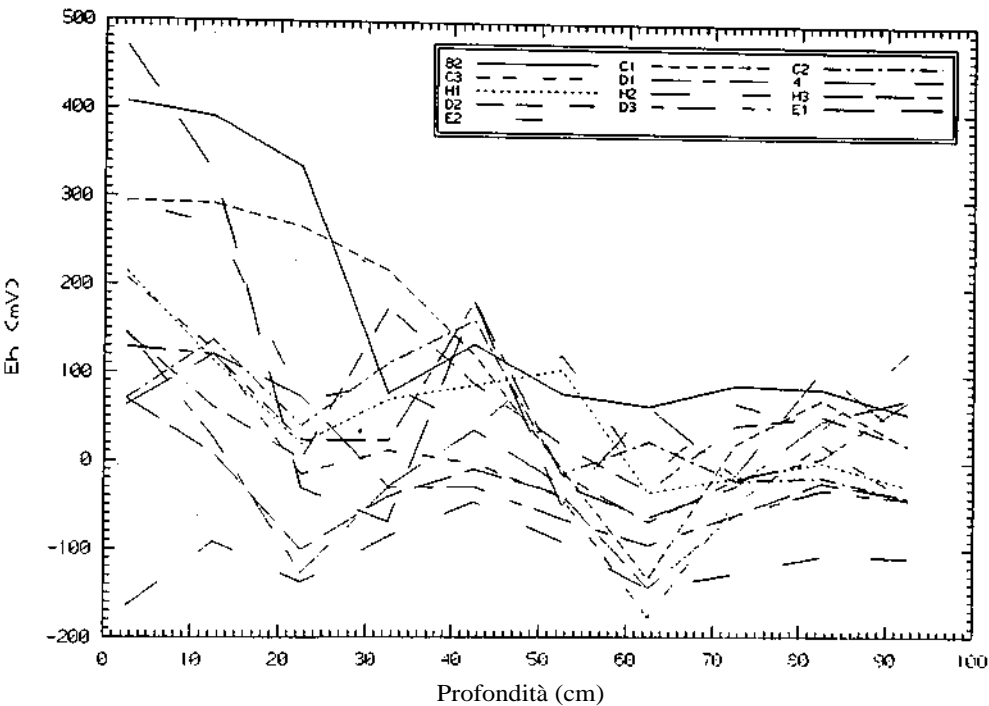


Fig. 5. - Profili redox dei sedimenti della laguna di Ponente.

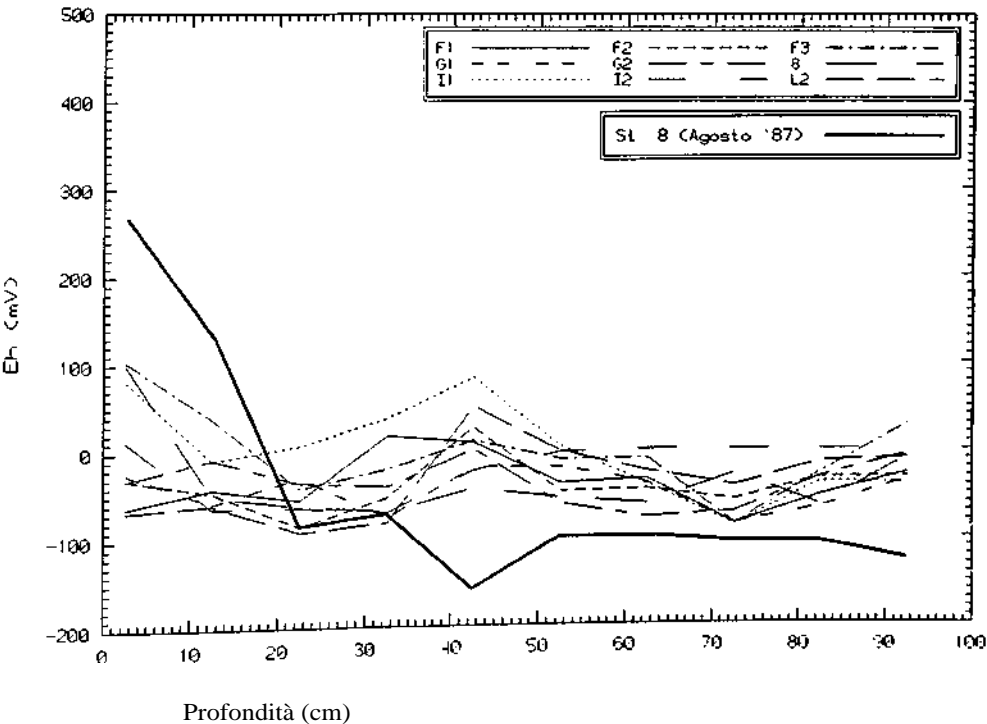


Fig. 6. - Profili redox dei sedimenti della laguna di Levante.

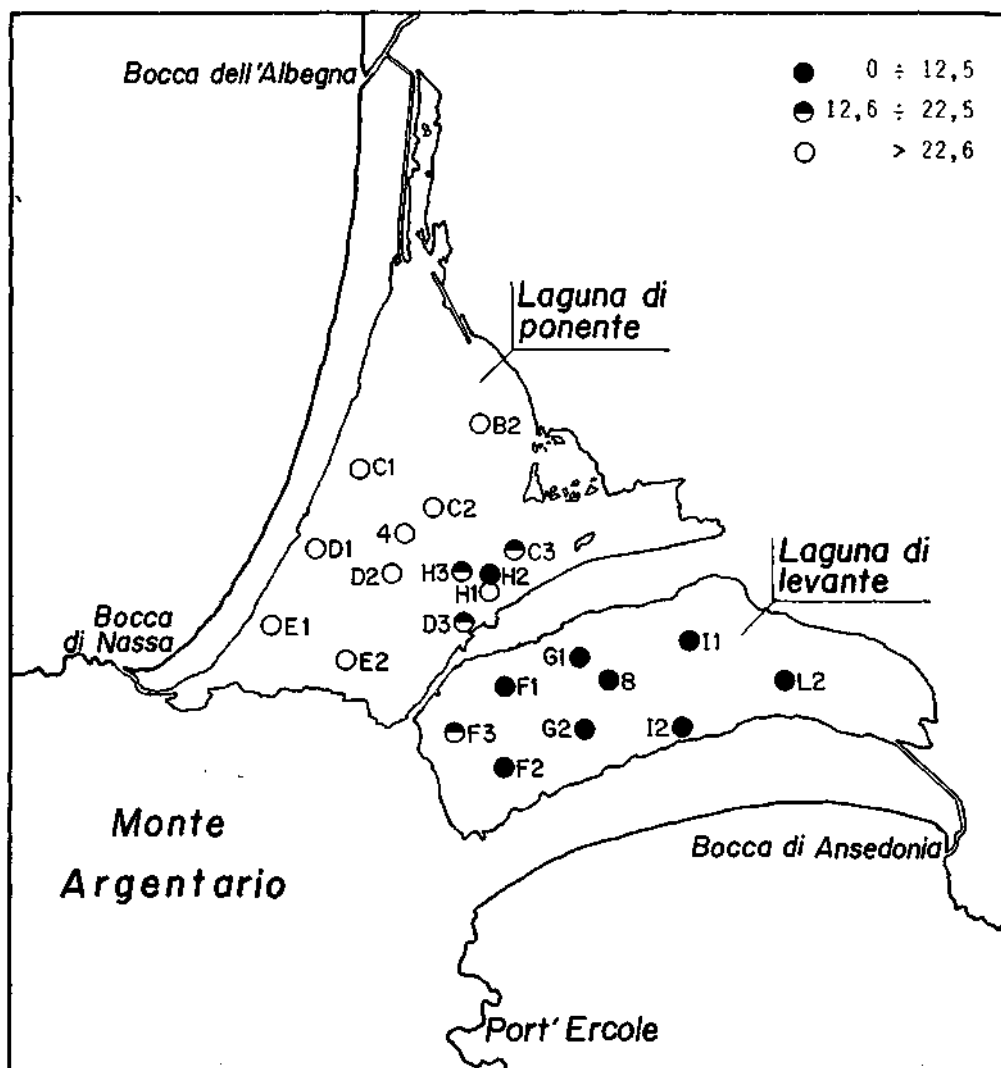


Fig. 7 - Profondità di inversione del potenziale redox (cm).

to-riduttrice, mostrano valori sempre maggiori a Levante (Fig. 2). Se consideriamo che gli apporti sono maggiori nella laguna di Ponente, come anche le misure dei nutrienti confermano (CAPRIOLI *et al.*, 1988), la spiegazione di questa differenza, a nostro parere, è da ricercarsi in una differente circolazione delle acque. Ciò pare confermato dai dati sedimentologici dello studio di Brambati (in COGNETTI *et al.*, 1978) che individua nella laguna di Levante un minore idrodinamismo confermato dalla presenza di una maggiore percentuale della frazione argillosa. In conclusione sembrerebbe che la presenza nella laguna di

Ponente dei due canali di Fibbia e Nassa permetta un migliore scambio con le acque marine, mentre ciò avverrebbe in minor misura nella laguna di Levante, provvista dell'unico canale di Ansedonia. Sarebbe significativo, a tal proposito lo stato di ossidazione del profilo B2 (Fig. 5) che si trova vicino al canale

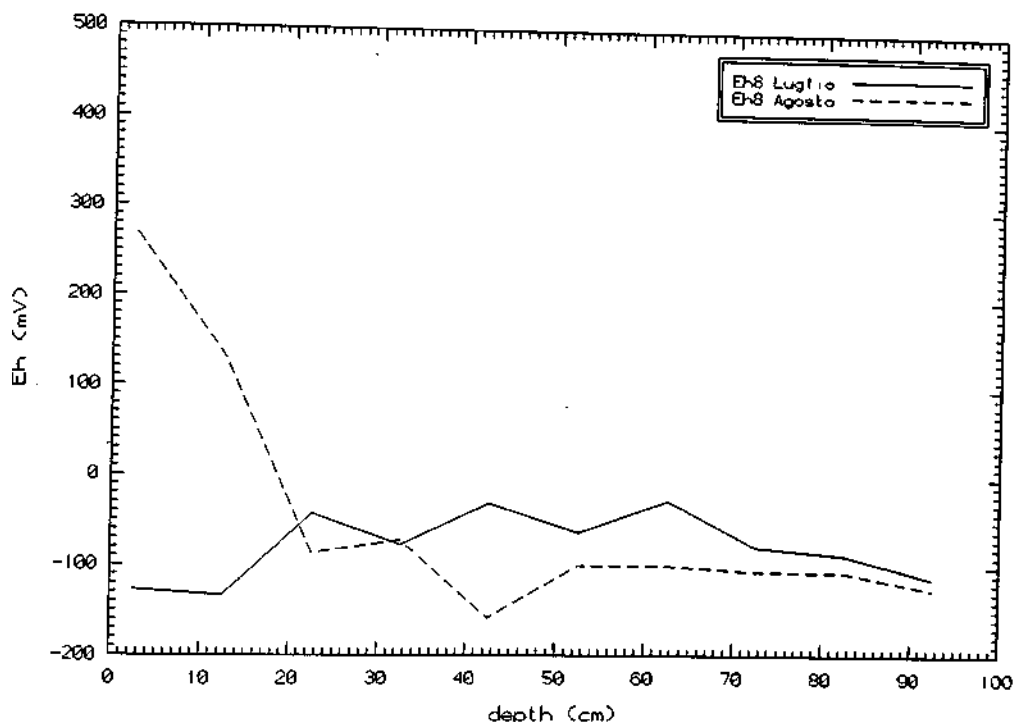


Fig. 8 - Confronto tra i profili redox misurati a luglio ed agosto nel centro della laguna di Levante.

di Fibbia dove sono state misurate portate fino a  $8 \text{ m}^3/\text{sec}$  (BUCCI *et al.*, 1988) e che dalla precedente indagine sedimentologica di Brambati risulta come l'area a maggior idrodinamismo.

Da tali dati appare che la misura del profilo dell' Eh dei sedimenti potrebbe essere utile come parametro rappresentativo del bilancio tra il consumo biologico di ossidanti e la loro rigenerazione ad opera di processi fisico-chimici e biologici.

Basandoci sui dati dei profili di Eh avvalorati anche dai dati dell'attività solfato-riduttrice, abbiamo considerato la distribuzione della figura 7 come una mappa di rischio o «distrofia» ed abbiamo suggerito degli interventi di ricambio forzato. Tali interventi attuati con l'uso delle idrovore consistevano in una immissione continua di acque da Ansedonia e da Nassa, mentre il canale di Fibbia rimaneva in flusso naturale. Complessivamente, tale operazione ha consentito di immettere da Ansedonia circa 12 milioni di  $\text{m}^3$  e da Nassa 6 milioni di  $\text{m}^3$ , nel giugno-settembre (Bucci *et al.*, 1988).

Il profilo di Eh rimisurato ad agosto nel centro laguna di Levante ha messo in evidenza un miglioramento delle condizioni di ossidazione (Fig. 6); l'incremento di temperatura dei mesi estivi lasciava prevedere un generale peggioramento per l'aumento delle attività batteriche nei sedimenti, come i dati in Fig. 2 dimostrano. Inoltre a levante in tale periodo si sono sviluppate cloroficee, in zone dove in primavera erano presenti soltanto rodoficee. Queste osservazioni ci hanno indotto a considerare positivamente gli interventi effettuati.

## Conclusioni

Le prime conclusioni che si possono trarre da tale studio sono:

- la solfato riduzione batterica aumenta di circa 10 volte in periodo estivo fino a giungere a valori che sono tra i più alti riportati in letteratura; ciò conferma la notevole influenza che può avere questo processo nel sottrarre ossigeno all'ambiente in esame.
- La misura dei profili di Eh nei sedimenti appare essere un parametro descrittore altamente significativo per la caratterizzazione degli ambienti acquatici e pare che consenta una diagnosi precoce del rischio «distrofia».
- L'ipotesi sulle cause dell'anossia, proposta nella premessa, trova conferme in questi primi risultati ma richiede approfondimenti interdisciplinari quantitativi per essere validata.
- Gli interventi di emergenza attuati quest'anno, sulla base di questi dati preliminari insieme con gli altri citati nel lavoro, sembrano aver prevenuto l'insorgenza del fenomeno anossico.

## Ringraziamenti

Tale ricerca si è resa possibile grazie alla collaborazione del Comune di Orbetello, del Comitato Gestione Peschiere e del Laboratorio Ittiogenico di S. Liberata ai quali rivolgo i miei ringraziamenti.

## Summary

*The Orbetello lagoon periodically undergoes anoxic crises. In order to understand and possibly prevent this phenomenon, a study was carried out in which the (35S) sulfate-reduction activity was measured in the sediments every 15 days for 7 months. A ten-fold increase of this activity during summer months was observed. The maximum of activity ( $3 \mu\text{M}/\text{cm}^3/\text{day}$ ) suggests the primary role of this process in the anoxic phenomenon. The Eh profiles of the sediments were also determined throughout the lagoon with a one-meter long probe. The accordance between these*



*data and a previous sedimentological analysis shows the importance of water circulation in preventing anoxia of the sediments. An artificially induced internal water flow increased the Eh profile of the most reduced sediments.*

## Bibliografia

- BILLEN G., VERBEUSTEL S. (1979) - Distribution of microbial metabolisms in natural environments displaying gradients of oxidation-reduction conditions. *Colloques Internationaux du C.N.R.S.*, 293: 291-300.
- BUCCI M., BRANDIMARTE U., FARNETI G., GORELLI V., VINCENZI D. (1988) - Studi idrologici ed idrogeologici nella laguna di Orbetello. *Rapporti Tecnici Enea* (in stampa).
- CAPRIOLI R., GHIARA E., MIGNUZZI C., ORLANDI C. (1988) - Ciclo stagionale dei nutrienti (Marzo-Dicembre 1987) e caratteristiche geochimiche delle acque della Laguna di Orbetello. *Rapporti Tecnici Enea* (in stampa).
- COGNETTI G., DE ANGELIS M., ORLANDO E., BONVICINI PAGLIAI A., VARRIALE A., CREMA R., MARI M., MAURI A., TONGIORGI E., ZUNARELLI R., DE FRAJA FRANGIPANE E., BRAMBATI A., GIACCONE G., OLIVOTTI R. (1978) - Risanamento e protezione dell'ambiente idrobiologico delle lagune di Orbetello. Regione Toscana, Comune di Orbetello.
- EDENBORN H.M., SILVERBERG N., MUCCI A., SUNDBY B. (1987) - Sulfate reduction in deep coastal marine sediments. *Mar. Chem.*, 21: 329-345.
- JORGENSEN B.B. (1977) - Bacterial sulfate reduction within reduced microniches of oxidized marine sediments. *Mar. Biol.*, 41: 7-17.
- JORGENSEN B.B. (1982) - Mineralization of organic matter in the sea bed - the role of sulphate reduction. *Nature*, 296: 643-645.
- JORGENSEN B.B., SORENSEN J. (1985) - Seasonal cycles of  $O_2$ ,  $NO_3^-$  and  $SO_4^{2-}$  reduction in estuarine sediments: the significance of an  $NO_3^-$  reduction maximum in spring. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 24: 65-74.
- LENZI M., SALVATORI R. (1988) - Eutrofizzazione, distrofie e produzione ittica nella Laguna di Orbetello. *Atti Mus. Civ. St. Nat. Grosseto* (in stampa).
- MITCHELL G. J., JONAS J. G., COLE J. A. (1986) - Distribution and regulation of nitrate and nitrite reduction by *Desulfovibrio* and *Desulfotomaculum* spp. *Arch. Microbiol.*, 144: 35-40.
- NEDWELL D.B. (1984) - The input and mineralization of organic carbon in anaerobic aquatic sediments. In *Advances in Microbial Ecology* Plenum Press, New York and London, 7: 93-131.
- ROSSER H.R., HAMILTON W.A. (1983) - Simple assay, for accurate determination of (35S) sulfate reduction activity. *Appl. Environ. Microbiol.*, 45 (6): 1956-1959.

L. LAZZARA  
A.R. MAZZOLI

M. INNAMORATI  
G.

C. NUCCIO  
CECCATELLI

Laboratorio di Ecologia, Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università,  
Via Micheli 1, 50121 Firenze (Italia)

## POPOLAMENTI FITOPLANCTONICI DELL'ARCIPELAGO TOSCANO IN PERIODO ESTIVO

### Abstract

Summer phytoplankton populations in the Arcipelago Toscano

*Surface phytoplankton populations of the Arcipelago Toscano were studied in October 1982 and July 1983 in relation to environmental conditions. In both periods, the taxonomic composition was mainly characterized by the presence of dinoflagellates. In October the community structure was generally in the third phase of succession, sensu Margalef. A coastal phytoplanktonic system with diatoms and blue-green algae persisted in the area, in both periods. The geographical distribution of the major phytocoenoses has been interpreted according to the hydrodynamic characters of this area.*

**Key-words:** Phytoplankton, coenoses, summer distribution, Arcipelago Toscano.

### Introduzione

Gli studi di oceanografia planctonica realizzati nell'Alto Tirreno hanno preso particolare sviluppo negli ultimi anni. In particolare il fitoplancton è stato studiato nella sua dinamica spazio-temporale ed in relazione alle condizioni ambientali ma solo in situazioni costiere: la costa del Parco Naturale della Maremma (LENZI GRILLINI & LAZZARA, 1978; 1980), il Golfo di Follonica (INNAMORATI *et al.*, 1979; INNAMORATI & FARGION, 1981) ed il litorale pisano (INNAMORATI *et al.*, 1989). Per approfondire la conoscenza biologica dell'Alto Tirreno,

si è reso necessario prendere in esame anche la situazione al largo ed i rapporti esistenti tra i sistemi di mare aperto e quelli costieri.

Dal 1982 è iniziato uno studio del mare dell'Arcipelago Toscano, basato su di un programma pluriennale e volto alla conoscenza della distribuzione spazio-temporale della biomassa e dei popolamenti fitoplanctonici, in relazione alle condizioni idrodinamiche e trofiche.

Vengono qui riportati i risultati relativi ad una prima analisi dei dati raccolti durante due campagne oceanografiche con particolare riferimento alla distribuzione della struttura e della composizione specifica dei popolamenti fitoplanctonici di superficie.

## Metodi

I rilevamenti sono stati svolti nel corso delle campagne oceanografiche Elba I (1-9 ottobre 1982; N/O «L.F. Marsili» C.N.R.) ed Elba II (5-16 luglio 1983; N/O «Bannock» C.N.R.) su stazioni disposti a reticolo (maglia di 5 Mn) come risulta dai punti nella Fig. 1.

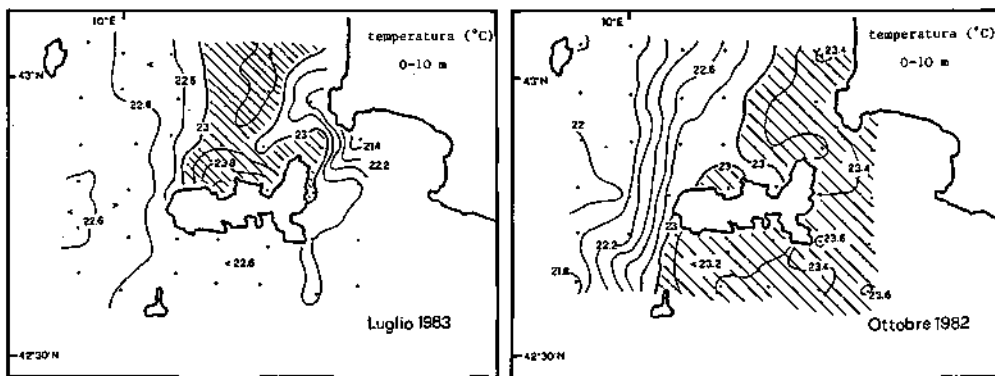


Fig. 1 - Isotherme superficiali (0-10 m).

I campioni sono stati prelevati con bottiglie Niskin (10 l) alle profondità di 0, 10, 25, 50, 100, 200, 300, 400 m. Sono state eseguite le misure di: temperatura e salinità (sonda MC5 - Electronic Instruments e salinometro Autosol-Guildline, ottobre '82 e batissonda CTD Neil Brown, luglio '83), ossigeno disciolto (ossigenometro Orbisphere 2712), immergendo la sonda all'interno della bottiglia immediatamente dopo il prelievo; pH (pHmetro Metrohm E510). Sono state effettuate le analisi di nitriti, nitrati, ortofosfati e silicati direttamente a bordo, secondo le metodiche riportate da STRICKLAND & PARSONS (1972), e della clorofilla *a* e dei feopigmenti (filtrazione di 4 l ca di acqua su filtri Wathman GF/C, estrazione in acetone 90%; UNESCO, 1966 e LORENZEN, 1967).

Le analisi microscopiche dei campioni di fitoplancton (250 ml, Lugol 1%, microscopio Zeiss IM35), sono state effettuate secondo il metodo di sedimentazione di Üthermöl, su sottocampioni di 50-80 ml, dei quali 10-12 interamente osservati. Le determinazioni sistematiche effettuate fino al livello di specie, (ad eccezione delle classi Criptoficee e Cianoficee), fanno riferimento ai testi citati in INNAMORATI *et al.*, 1987).

Le distribuzioni di abbondanza specifica in funzione del rango, per ogni stazione, sono state classificate secondo gli stadi di successione fitoplanctonica di Margalef, come indicato da Frontier (QUÉGUINER & TRÉGUER, 1984).

È stata esaminata inoltre per ogni stazione la distribuzione di abbondanza relativa in funzione delle principali classi fitoplanctoniche così ordinate e raggruppate in ascissa: Bacillarioficee, Dinoficee, Primnesioficee, Ciano-Criptoficee, Cloroficee e rimanenti classi. I diagrammi ottenuti per ogni stazione sono stati inizialmente raggruppati in dieci tipi, ciascuno ottenuto secondo l'ordine decrescente delle classi presenti con almeno il 5% dell'abbondanza totale. Questi tipi, a causa della somiglianza tra alcuni, sono stati ulteriormente raggruppati in sei tipi di cenosi nettamente differenziate tra di loro e così di seguito denominate e simboleggiate: cenosi a «Dinoficee» (D), cenosi a «Dino-Cianoficee» (DC), cenosi a «Dino-Primnesioficee» (DP), cenosi a «Dino-Primnesio-Cianoficee» (DPC), cenosi a «Dino-Bacillarioficee» (DB), ed infine cenosi a «Primnesio-Dino-Bacillarioficee» (PDB).

## Risultati

Oltre al luglio '83 anche l'ottobre '82 è caratterizzato da condizioni meteorologiche e idrologiche tipiche del periodo estivo: alta pressione, mare calmo, presenza di un forte termocline che isola uno strato superficiale con temperature comprese tra 21,4 e 23,8°C (Fig. 1) ed il cui spessore varia da 10 m in luglio a 25 in ottobre. Nel luglio '83 la zona più calda (>23°C) situata a nord dell'Isola d'Elba è circondata da acque più fredde ad ovest e ad est; nell'ottobre '82 un unico fronte occidentale separa le acque orientali più calde da quelle più fredde dei Canali di Corsica e d'Elba. La salinità si presenta più elevata in ottobre (38 0-38 5‰) che in luglio (37,85-38,0 ‰) con dei massimi situati per entrambi i periodi nel Canale di Piombino, lungo la costa orientale dell'Elba e a SE di

Le concentrazioni dei nutrienti fitoplanctonici sono anch'esse tipiche della stagione estiva per entrambi i periodi, cioè generalmente basse nello strato 0-10 m sia per nitrati e nitriti (la cui somma in media è 0,25 µg at/l in luglio e 0,23 in ottobre) che per gli ortofosfati (in media 0,11 µg at/l in luglio e 0,32 in ottobre); mentre sul piano verticale esiste una stratificazione corrispondente a quella termoalina ed in particolare per l'azoto si osservano, a cominciare dallo strato tra 100 e 200 m, concentrazioni anche 10 volte superiori ai valori di superficie.

La distribuzione superficiale della clorofilla *a* (Fig. 2a) mette in evidenza una generale scarsità (in media 0,084 mg/m<sup>3</sup> in luglio e 0,112 in ottobre); le zone caratterizzate dai valori più elevati (0,14-0,24 mg/m<sup>3</sup> sono la costa setten-

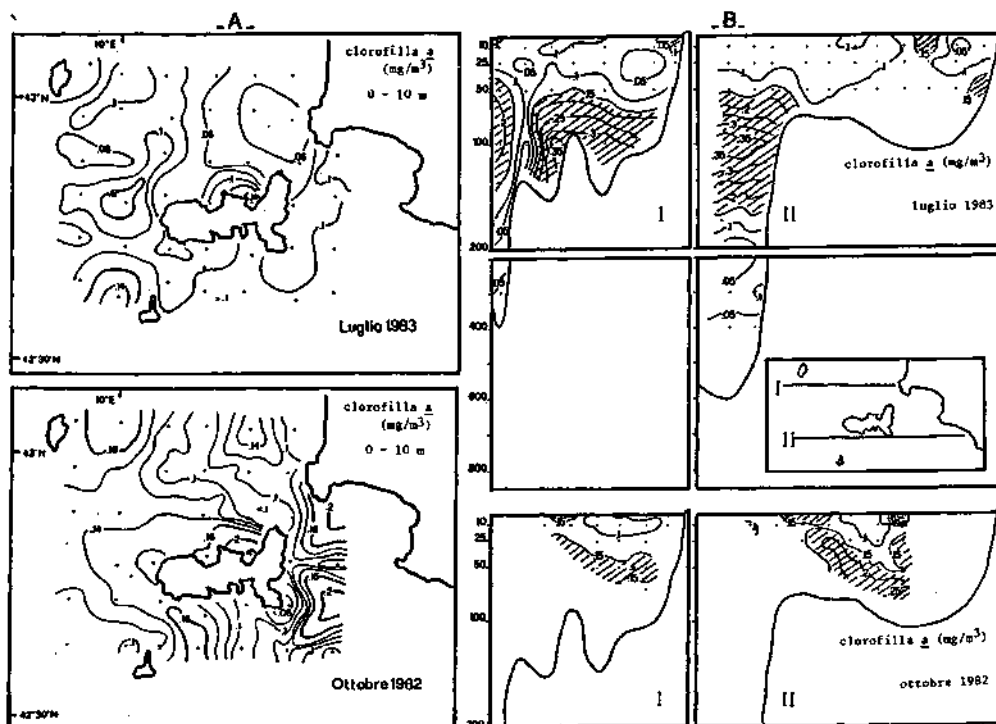


Fig. 2 - (A) Isopelte della concentrazione della clorofilla *a* in superficie (0-10). - (B) Isopelte della concentrazione della clorofilla *a* per le sezioni verticali I e II indicate in figura.

trionale dell'Elba, la zona a sud del Canale di Piombino e quella tra Pianosa e Capraia. La distribuzione verticale in entrambi i periodi (Fig. 2b), presenta, chiaramente osservabile, uno strato più ricco in clorofilla situato in prossimità del limite inferiore del termoclino, tra 50 e 100 m, dove le concentrazioni sono mediamente 4-5 volte maggiori che in superficie.

La bassa abbondanza fitoplanctonica caratteristica di questa stagione, risulta comunque più elevata in luglio (in media 11400 cell/l) che in ottobre (2050 cell/l) e le zone di massimo coincidono generalmente con quelle già individuate per la clorofilla *a*: ad ovest tra Pianosa e Capraia e ad est nel Canale di Piombino ad eccezione della costa settentrionale elbana.

Le stazioni a Dinoficee sono state confrontate rispetto a tutte le restanti considerate insieme, sulla base delle condizioni nutritive e del contenuto cellulare in clorofilla. Le condizioni nutritive sono state esaminate e sinteticamente rap-

presentate sulla base delle variazioni dei rapporti di nutrizione (clorofilla/N e clorofilla/P; INNAMORATI *et al.*, 1989). La situazione risulta ugualmente azoto carente rispetto al rapporto di assimilazione ottimale di Redfield ( $N/P = 16$ ), in entrambi i periodi ( $N/P = 2,5$  in luglio e  $2,8$  in ottobre), e senza alcuna differenza apprezzabile tra le stazioni a Dinoficee e le altre. Si osserva invece una notevole differenziazione in funzione della profondità: gli strati da 0 a 50 m sono tutti ugualmente azoto carenti e nel luglio '83, dove sono disponibili i dati per le profondità maggiori di 100 m, si osserva un netto passaggio verso rapporti di assimilazione vicini a quello ottimale che si mantengono costanti fino alle maggiori profondità raggiunte (400 m).

Il contenuto cellulare in clorofilla *a* (Fig. 3) presenta medie più elevate in ottobre (70 pg/cell) rispetto al luglio (7,5 pg/cell) e in particolar modo è più ele-

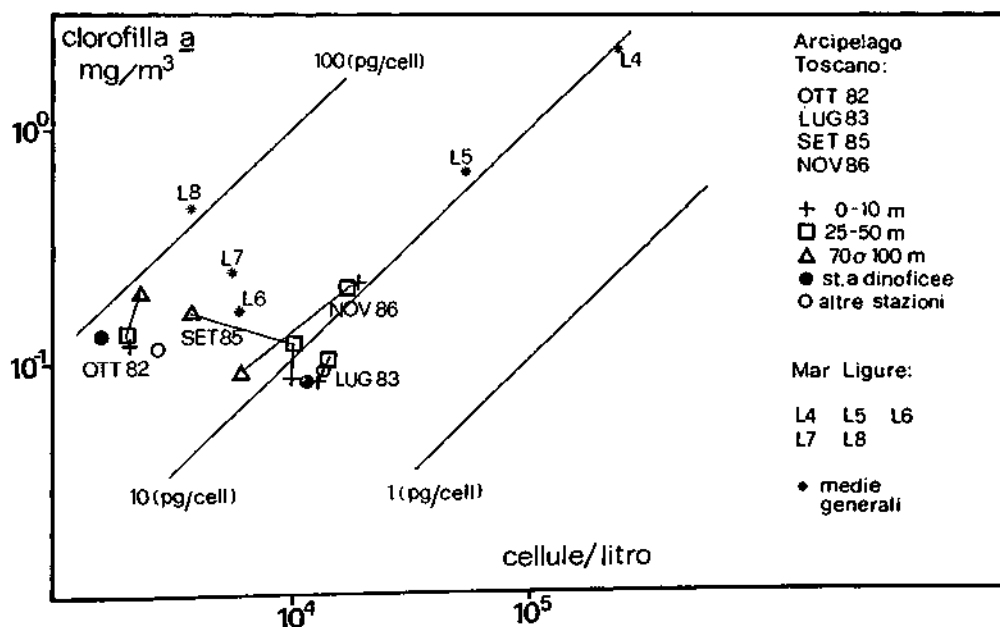


Fig. 3 Contenuto cellulare di clorofilla *a* nelle campagne oceanografiche svolte nell'Arcipelago Toscano (suddiviso per profondità) e nel Mar Ligure (medie generali).

vato nelle stazioni a Dinoficee (90 pg rispetto a 50), restando comunque nell'ambito dei valori riscontrati in altre situazioni naturali. Queste differenze sono in parte dovute alle variazioni del volume cellulare medio, che nel mese di ottobre risulta circa 2 volte maggiore che in luglio.

Tra le specie osservate, quelle con le abbondanze più elevate sono state nel luglio '83, per le Dinoficee: *Gymnodinium variabile*, *G. simplex*, *Amphidinium globosum* e dinospore di specie non identificate; per le Primmesioficee: *Calyp-*

*trospheera globosa*, *C. insignis* e Prymnesioficee n.i., mentre, nell'ottobre '82, rispettivamente *Prorocentrum balticum*, *P. nanum*, *Gymnodium variabile*, *G. simplex* e *Lohmannosphaera adriatica*, *L. paucoscyphos*, *Calyptrosphaera sphaeroides* e *Anacystis* sp. per le Cianoficee.

La diversità specifica di Shannon è generalmente elevata e simile in luglio ed in ottobre: la maggior parte dei valori è compresa tra 3 e 3,5 bits/cell in entrambi i periodi, anche se il numero totale di specie è maggiore in ottobre (189 rispetto a 156). L'unica eccezione si ha nella stazione del Canale di Piombino, in ottobre, nella quale l'abbondante presenza di piccole Cianoficee del genere *Anacystis* abbassa, eccezionalmente, l'indice di diversità ad 1,5 bits/cell.

Dall'esame degli stadi di successione, identificati per ogni stazione, appare evidente la preponderanza di stazioni al 2° stadio nel mese di luglio (25 su 40) e di stazioni al 3° in ottobre (21 su 40). Se si considera anche che in ottobre si hanno maggiori dimensioni cellulari e numero di specie, il sistema fitoplanctonico si presenta generalmente più maturo che in luglio.

L'analisi della distribuzione spaziale delle cenosi (Fig. 4) ci permette di osservare che le più diffuse in entrambi i periodi sono tre: quella dominata da Dinoficee D, e quelle caratterizzate anche dalla presenza delle Primnesioficee DP e DPC, la prima situata a N e a SE dell'Isola d'Elba in luglio, ma a NW e S dell'Elba in ottobre, le ultime presenti sia ad E che ad W, ma con netta prevalenza nella zona occidentale in luglio ed orientale in ottobre. Le altre cenosi invece si presentano con maggiore costanza nella stessa zona: quelle caratterizzate dalla presenza di Bacillarioficee DPB e PDB, sono situate soprattutto in prossimità della costa continentale ed in particolare del promontorio di Piombino, così come quella caratterizzata dalla presenza di Cianoficee DC, si presenta sempre in prossimità della costa dell'Elba, a NW e ad E dell'Isola di Pianosa.

## Discussione e conclusioni

L'analisi dei popolamenti fitoplanctonici realizzata finora ha consentito di constatare una sostanziale costanza della composizione sistematica a distanza di un anno nei due periodi: sia nel luglio '83 che nell'ottobre '82 le cenosi predominanti sono quelle a Dinoficee seguite da quelle a Dino-Primnesioficee o Dino-Primnesio-Cianoficee.

La distribuzione geografica delle cenosi appare, in entrambi i periodi (Fig. 4), strutturata in tre zone ben distinguibili: il sottocosta, il mare aperto ed una fascia intermedia parallela alla costa continentale. Solo nel caso della zona sottocosta, principalmente localizzata intorno al promontorio di Piombino e in corrispondenza di alcuni tratti delle coste delle isole d'Elba e Pianosa, le cenosi DBP, PDB e DC vanno a costituire un sistema fitoplanctonico costiero che si presenta identificabile in entrambi i periodi in quanto alla ubicazione, anche se variamente espansa verso il largo o ritratta verso la costa. Nella zona intermedia

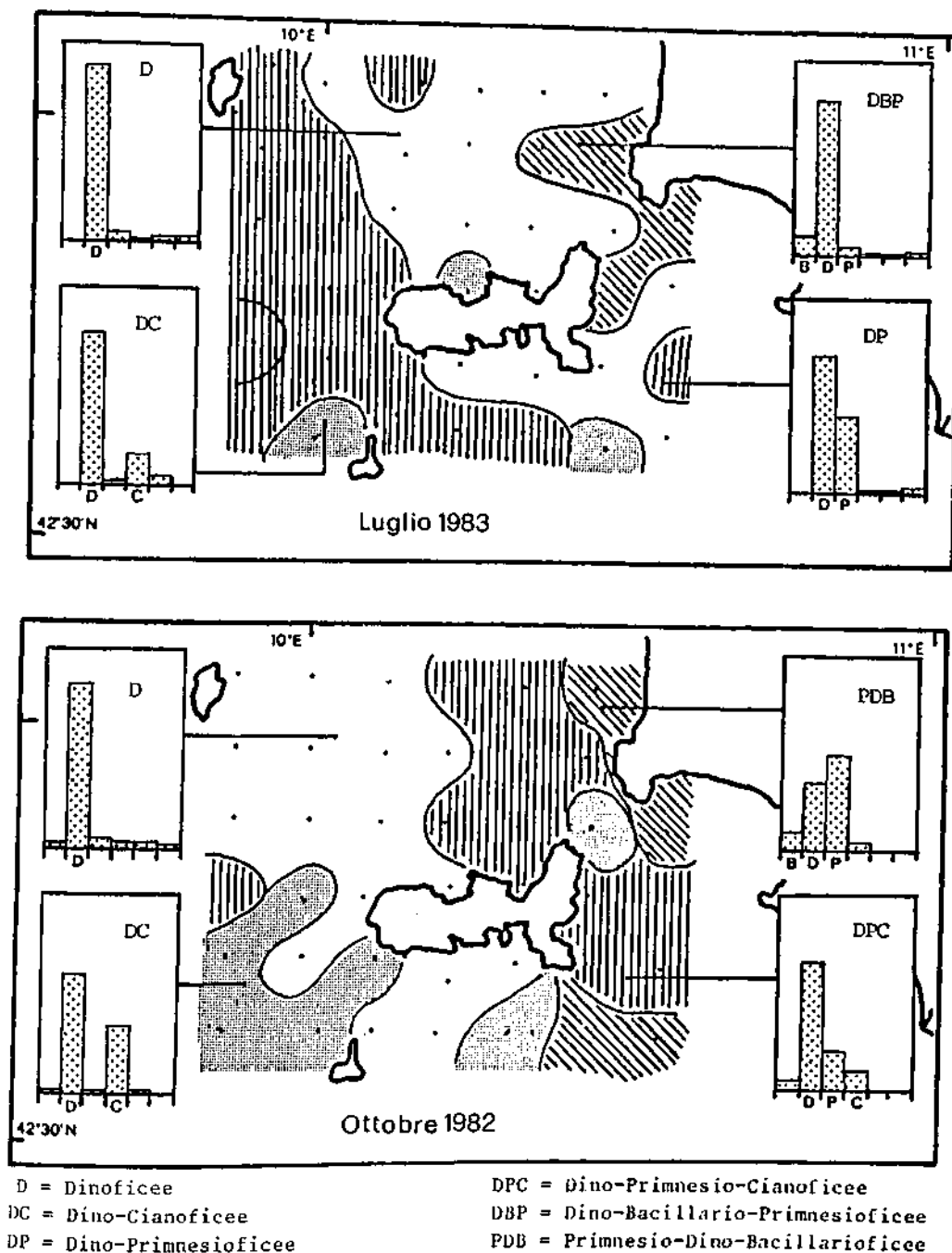


Fig. 4 - Distribuzione spaziale delle sei cenosi fitoplanctoniche di superficie e rispettivi istogrammi di abbondanza relativa.



si trovano le cenosi a Dinoficee in luglio e a Dino-Primnesio-Cianoficee in ottobre, entrambe prevalentemente nel secondo stadio di successione. Nella zona di mare aperto invece si presentano diverse cenosi ed in vari stadi di successione: quella a Dino-Primnesioficee in luglio nei tre diversi stadi, quella a Dinoficee in ottobre prevalentemente nel terzo stadio.

La maggiore maturità del sistema fitoplanctonico osservata in ottobre rispetto a luglio (stadio di successione, dimensioni cellulari e numero di specie) è in accordo con quella delle condizioni fisiche e chimiche.

Se si considera ciascuno dei due periodi come un campione rappresentativo di fasi successive di uno stesso ciclo stagionale medio, in tal caso la variazione della distribuzione spaziale delle cenosi a Dinoficee (Fig. 4) può essere messa in relazione alla direzione generale delle correnti estive nella zona, in quanto le cenosi si presentano come appartenenti a masse d'acqua termicamente individuabili, che le delimitano dalle altre. Infatti le correnti locali, prosecuzione del ramo orientale della corrente proveniente dal Tirreno Centrale, sono deviate nel loro percorso dai fondali in risalita dell'Arcipelago, dalle controcorrenti superficiali e dai venti, in misura stagionalmente variabile, ed imprimono, in estate, un moto verso occidente alle acque meridionali e settentrionali dell'Elba (STOCCHINO & TESTONI, 1968). In questa schematizzazione dinamica sarebbero da includere anche le cenosi caratterizzate dalle Primnesioficee che, col progredire della stagione, sembrano estendersi nella zona orientale e quasi scomparire in quella occidentale.

La situazione stagionale estiva in entrambi i periodi e la conseguente stratificazione verticale, comportano un generale depauperamento delle risorse nutritive ed una maggiore omogeneità nella distribuzione superficiale, perciò non stupisce l'assenza di relazioni evidenti tra la distribuzione geografica dei popolamenti fitoplanctonici e quella delle condizioni nutritive nello strato superficiale.

Esiste, invece, una notevole variazione batimetrica sia delle condizioni nutritive, che presentano al di sotto dei 100 m un rapporto N/P vicino a quello ottimale, che del contenuto cellulare in clorofilla *a*. Infatti, la quantità di clorofilla per cellula (Fig. 3) aumenta da 0 a 100 m nelle tre campagne realizzate in periodo di stratificazione (il settembre '85, oltre alle due oggetto di questo studio), come atteso per il fitoplancton che permane in condizioni luminose limitanti mentre, in autunno (novembre '86), rimane costante al variare della profondità, dato il rimescolamento in atto nella colonna d'acqua. La variazione di questi parametri ecofisiologici in funzione della profondità, collegata con la situazione di stratificazione estiva, suggerisce di verificare l'esistenza di una diversificazione nella composizione tassonomica, oltre che nelle esigenze ambientali, tra il fitoplancton di superficie e quello sottostante al termoclino.

## Summary

Preliminary results on the distribution of the structure and taxonomic composition of surface phytoplankton populations in the Arcipelago Toscano in October 1982 and July 1983 are reported. Hydrological, chemical and biological conditions were typical of summer in both periods with surface layers isolated by a marked thermocline and low levels of nutrients, chlorophyll *a* and phytoplankton biomass.

In both periods, the taxonomic composition of phytoplankton populations consisted mainly of Dinophyceae. Six typical phytocoenoses were identified due to the relative abundance of the main phytoplankton classes: two were the same in both periods, the others were slightly different. Three geographical areas, i.e. the coastal area, the open sea and the intermediate zone, characterized by different phytocoenoses, were clearly identified in both periods. Only the coastal area, around the promontory of Piombino and around some coastal areas of Elba and Pianosa, was a permanent system and was characterized by the presence of Dino-Bacillariophyceae, Dino-Cyanophyceae and Prymnesio-Dino-Bacillariophyceae coenoses, in July and October. The intermediate area was occupied by Dinophyceae in July and Dino-Prymnesio-Cyanophyceae in October, both mainly at the second stage of succession, whereas the open sea area was characterized by Dino-Prymnesiophyceae in July at various stages of succession, and by Dinophyceae in October, mainly at the third stage. Therefore, the phytoplanktonic system was more mature in October than in July, taking into consideration the stage of succession, the cell size and the species number, and also from a physical and chemical point of view.

The variation in the geographical distribution of the coenoses can be related to the surface water summer circulation, which induces a westward movement to the northern and southern waters surrounding the Isle of Elba.

In the whole area and in both periods, there was a homogeneous nitrogen deficiency; the Dinophyceae coenoses showed a slightly higher chlorophyll cell content, due to the higher cell volume, in October. A sharp bathymetric difference was present in these two parameters: below the thermocline, N/P ratios were similar to that of Redfield ratio, chlorophyll *a* concentrations per cell were higher, as expected in reduced light conditions. This suggests the presence of a deep phytoplankton population, differing from the surface one in taxonomic composition and in environmental requirements.

## Bibliografia

INNAMORATI M., BOCHICCHIO A., GABBRIELLI R., LENZI GRILLINI C. (1979) - Effetti dell'incremento termico artificiale nel mare di Torre del Sale (Golfo di Follonica). *Primi risultati. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem.*, ser. B, 86 (suppl.): 190-198.

INNAMORATI M., FARGION G. (1981) - Analisi specie delle successioni fitoplanctoniche in acque sottoposte ad incremento termico. *Giorn. Bot. Ital.*, 115, (6). 346-347.

INNAMORATI M., ALBEROTANZA L., DE POL M., LAZZARA L., MANNUCCI M., MORI G., BURACCHI G., NUCCIO C., SENESI P. (1987) - Popolamenti fitoplanctonici e condizioni idrologiche nel Mar Ligure. *Resoconti dei rilevamenti in mare*, n. 3, Dip. Biol. Veg., Università di Firenze.

INNAMORATI M., MORI G., LAZZARA L., CECCATELLI G., DE POL M., BUZZICHELLI S., CAVALIERI S. (1989) - Fitoplancton e condizioni ambientali nel mare antistante la pineta degradata del litorale pisano. *Oebalia*, XV-1, N.S.: 427-439.

LENZI GRILLINI C., LAZZARA L. (1978) - Ciclo annuale del fitoplancton nelle acque costiere del Parco Naturale della Maremma. I. Variazioni quantitative. *Giorn. Bot. Ital.*, 112 (3): 157-173.

LENZI GRILLINI C., LAZZARA L. (1980) - Ciclo annuale del fitoplancton nelle acque costiere del Parco Naturale della Maremma. II. Flora e variazioni delle comunità. *Giorn. Bot. Ital.*, 114 (5): 199-215.

LORENZEN C.J. (1967) - Determination of chlorophyll and pheophytin spectrophotometric equation. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 343-346.

QUEGUINER B., TREGUER P. (1984) - Studies on the Phytoplankton in the Bay of Brest. *Bot. Mar.*, 27 (10): 449-459.

STOCCHINO C., TESTONI A. (1968) - Le Correnti nel Canale di Corsica e nell'Arcipelago Toscano. Istituto Idrografico della Marina F.G. 1036, Genova.

STRICKLAND J.D.H., PARSONS T.R. (1972) - A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. B. Can.*, 167.

UNESCO (1966) - Determination of photosynthetic pigments in seawater. In *Monographs on oceanographic methodology*, UNESCO, Parigi.

G. MAGAZZÙ\*

V.

BRUNI\*

F. DECEMBRINI \*

S.

PANELLA \*\*

\* Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina dell'Università,  
Contrata Papardo, Sperone, 98100 Messina (Italia)

\*\* Laboratorio Centrale di Idrobiologia,  
Via Del Caravaggio 107, 00147 Roma (Italia)

## LA PRODUZIONE PRIMARIA DEL PICOPLANKTON FOTOSINTETICO NEI MARI ITALIANI

### Abstract

The contribution of picoplankton to primary production in Italian seas

*The incidence of the picoplankton autotrophic fraction ( $< 2.0 \mu\text{m}$ ) on the total assimilation rate of  $^{14}\text{C}$  was on average 65% in six coastal and open sea areas of Italian seas. The highest percentages were found in the open sea of the Sicily Channel. In the upper Adriatic Sea the influence of the diluting waters of the River Po seemed to determine a clear decrease in the photosynthetic activity of the picoplanktonic fraction. In a brackish water environment, the primary picoplankton production, less than that estimated in the sea, reached maximum percentages at low irradiation values.*

**Key-words:** Picoplankton, primary production, Italian seas.

La presenza nell'ambiente marino di organismi autotrofi di dimensioni estremamente ridotte era già nota all'inizio di questo secolo e LOHMANN (1911) introdusse il termine «nannoplankton» per definire quelle alghe di dimensioni molto piccole che nelle normali condizioni di campionamento sfuggivano attraverso le maglie più fini di un retino da fitoplancton.

La descrizione dettagliata della struttura interna ed esterna di questi organismi ha dovuto attendere una sessantina d'anni prima che studi sistematici potessero essere condotti grazie alle tecniche della microscopia elettronica. Tuttavia è con i lavori di JOHNSON & SIEBURTH (1979) e WATHERBURY *et al.* (1979) che fu riconosciuta l'importanza del picoplankton fotosintetico, ed in particolare dei Cianobatteri per l'ecosistema marino ed è iniziato l'interesse e lo studio di questi organismi, abbondantemente distribuiti in tutti i mari ed oceani, da parte

Il termine di picoplankton fu introdotto da SIEBURTH *et al.* (1978) per indicare quegli organismi capaci di attraversare membrane di  $2,0 \mu\text{m}$  e che potevano

essere trattenuti su membrane con porosità di 0,2  $\mu\text{m}$ . Taluni Autori, d'altra parte, preferiscono indicare in 1  $\mu\text{m}$  la dimensione superiore del picoplancton (PLATT *et al.*, 1983; JOINT *et al.*, 1986). Nella discussione che segue si è preferito utilizzare le dimensioni fornite da SIEBURTH *et al.* (1978) e comunemente accettate.

Le prime misure relative all'attività fotosintetica del picoplancton nel Mar Mediterraneo sono state effettuate nel 1982 da ricercatori del Bedford Institute of Oceanography e del Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina (Università di Messina) nell'area dello Stretto di Messina (MAGAZZÙ *et al.*, 1983). Tuttavia, contrariamente a quanto verificato per altri mari ed oceani, in cui gli studi sul picoplancton hanno raggiunto a partire dal 1980 un rapido incremento (PLATT & LI, 1986), per il Mar Mediterraneo a tutt'oggi sono disponibili solo due pubblicazioni (BERMAN *et al.*, 1984; AZOF, 1986) e nessuna per i mari italiani. Nella prima fase della ricerca ci è parso utile approfondire il contributo di questi organismi alla produzione primaria totale nel quadro, non ancora del tutto chiarito, del bilancio trofico ed energetico di questo mare.

## Materiali e metodi

I campioni utilizzati per la stima del tasso di assimilazione del  $^{14}\text{C}$ , di cui si riferisce in questo studio, sono stati prelevati in superficie mediante bottiglie Niskin e suddivisi in contenitori di policarbonato (Nalgene) da 500 ml, chiari e scuri. A ciascun sub-campione sono stati aggiunti subito dopo il prelievo 3 ml di una soluzione di  $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$  per un'attività totale di circa 30  $\mu\text{C}$ . I contenitori chiari e scuri sono stati, quindi, immersi in un bagno a circolazione d'acqua di mare di superficie ed esposti sul ponte alla radiazione solare diretta.

Questa procedura è stata parzialmente modificata per le crociere nello Stretto di Messina, durante le quali i sub-campioni sono stati incubati in bottiglie di vetro da 150 ml, addizionati di 1 ml di soluzione radioattiva (10  $\mu\text{Ci}$ ) ed esposti a luce costante (circa 900  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ ) in un flusso di acqua di mare di superficie.

Dopo l'incubazione, protratta mediamente per quattro ore, i campioni sono stati suddivisi in tre aliquote di 150 ml ciascuna e filtrati separatamente su filtri con porosità di 0,5  $\mu\text{m}$  (Wathman GF/F), 1,0 e 2,0  $\mu\text{m}$  (Nuclepore), rispettivamente al fine di ottenere le tre distinte frazioni del popolamento complessivo campionato (tecnica del «frazionamento dopo incubazione»). La misura della radioattività incorporata nelle singole frazioni è stata effettuata mediante uno scintillatore Beckman mod. L.S. 7550, usando come liquido di scintillazione 10 ml di «Aquasol» della NEN.

## Risultati e discussione

### Mar Ligure

Per quest'area sono disponibili i risultati di due campagne, entrambe effettuate durante il periodo invernale (dicembre 1985 e febbraio 1987).

La produzione primaria totale per le sette stazioni campionate è risultata compresa fra un minimo di  $0,13 \mu\text{gC/l/h}$  ed un massimo di  $0,77 \mu\text{gC/l/h}$  con una media generale di  $0,46 \mu\text{gC/l/h}$ .

Il contributo del picoplancton fotosintetico alla produzione primaria è stato più elevato a dicembre con una media, per la frazione compresa fra  $2,0$  e  $0,5 \mu\text{m}$ , del 79%. Fra le due classi dimensionali di questa frazione, quella compresa fra  $1,0$  e  $0,5 \mu\text{m}$  è apparsa la più attiva, con una percentuale del 65,5%, mentre quella compresa fra  $2$  e  $1 \mu\text{m}$  non ha superato il 14%. Il fitoplancton di dimensioni superiori a  $2 \mu\text{m}$  ha contribuito con il 21% all'attività fotosintetica totale.

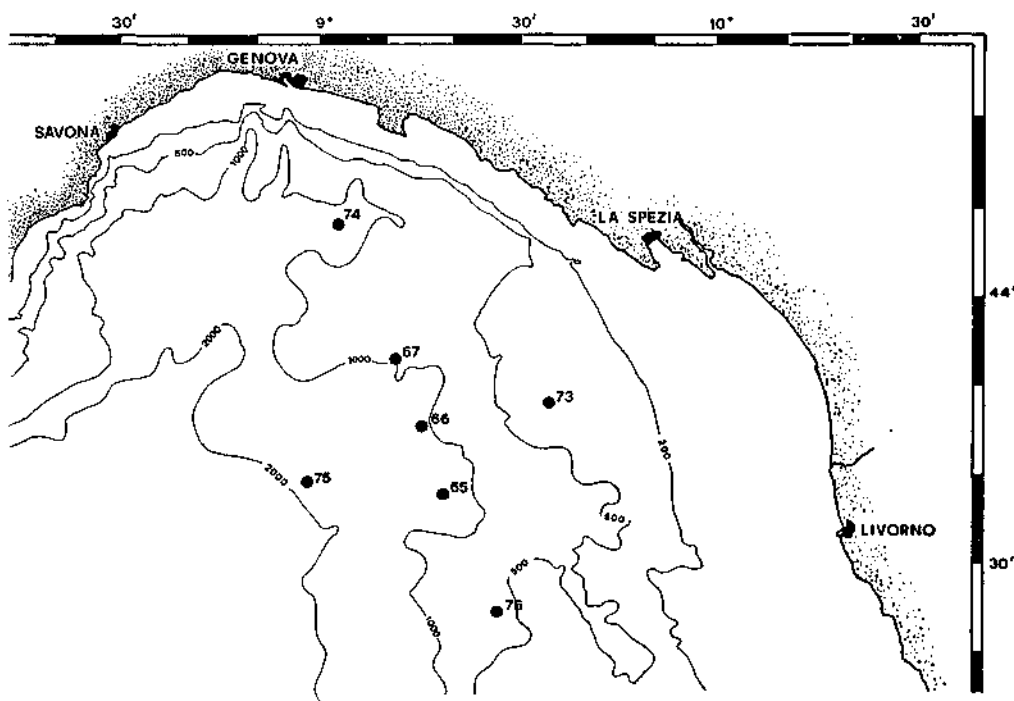


Fig. 1a - Posizione delle stazioni. Mar Ligure.

A parte una singola stazione (76, v. Fig. 1a), in cui è stato misurato il valore percentuale minimo (52,8%), del tasso di assimilazione imputabile al picoplancton, in quest'area non sono state osservate differenze significative fra i diversi punti di campionamento.

A febbraio il contributo del picoplancton è risultato, comparativamente al periodo precedente, inferiore di circa un quarto con una media per tutte le stazioni del 58%, di cui il 48,5 ascrivibile alla frazione dimensionale più piccola e il 9,5 a quella intermedia. Le proporzioni relative a queste due frazioni, tuttavia, si

sono mantenute costanti con un rapporto di 5 a 1 in favore della prima frazione sia a dicembre che a febbraio. In questo secondo periodo si sono evidenziate sensibili differenze tra le diverse stazioni con un minimo di 30,9% ed un massimo di 73,2%. Tali oscillazioni non sembrano potersi collegare in alcun modo, con gli altri parametri idrografici misurati nella stessa area.

I valori della produzione primaria rilevati nello stesso periodo sono risultati, inoltre, sensibilmente più elevati di quelli osservati nella precedente campagna, con una media per tutte le stazioni di 1,25  $\mu\text{gC/l/h}$ , un minimo di 0,5 ed un massimo di 1,94  $\mu\text{gC/l/h}$ .

#### *Basso Tirreno (Golfo di Milazzo)*

In quest'area, in passato notevolmente interessata da fenomeni di eutrofia e da inquinamento industriale, (MAGAZZÙ & ANDREOLI, 1973; MAGAUDDA *et al.*, 1979) la percentuale media del tasso fotosintetico imputabile alla frazione inferiore a 2,0  $\mu\text{m}$ , con un valore di 61,8%, è apparsa paragonabile a quella delle altre aree studiate.

La produzione primaria totale è rimasta compresa fra un massimo di 9,27  $\mu\text{gC/l/h}$  ed un minimo di 0,23  $\mu\text{gC/l/h}$  con una media per tutta l'area di avam-

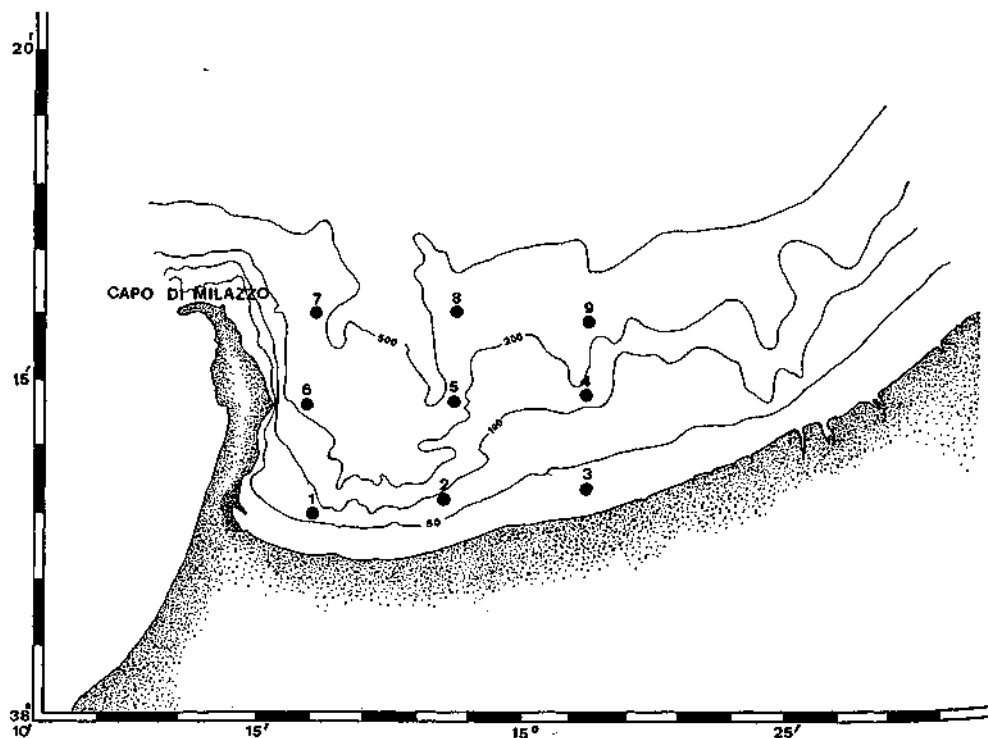


Fig. 1 b - Posizione delle stazioni. Golfo di Milazzo.

porto di  $1,76 \mu\text{gC}/1/\text{h}$ . La distribuzione superficiale del parametro ha evidenziato un netto gradiente positivo procedendo dal largo verso la costa.

L'incidenza della frazione pico in due delle tre stazioni costiere è apparsa modesta (37%) se confrontata con quella ottenuta nel resto del golfo. Come ipotesi non si può escludere che nella fascia strettamente costiera, interessata al momento dei prelievi da condizioni estremamente diversificate rispetto alle altre zone esaminate anche in ragione della presenza di alcuni sversamenti civili e industriali (fra cui quelli di una centrale termoelettrica e di una raffineria di petrolio), la componente fitoplanctonica  $> 2,0 \mu\text{m}$  sia stata favorita a detrimento di quella più piccola. D'altra parte, la percentuale di produzione attribuibile alla frazione intermedia, compresa fra  $2,0$  e  $1,0 \mu\text{m}$ , è risultata mediamente più elevata (18%) di quella della frazione  $< 1 \mu\text{m}$  con un rapporto fra le due classi dimensionali di  $2,4 : 1$ ; ciò sembra indicare che in questa particolare area, caratterizzata dalle suddette condizioni, sono gli organismi di dimensioni minori di  $1 \mu\text{m}$ , probabilmente i Cianobatteri, quelli che contribuiscono in misura minore alla produzione primaria.

### *Stretto di Messina*

Successivamente alle prime indagini, effettuate nel 1982, gli studi in quest'area particolare del Mediterraneo sono continuati, sebbene in modo discontinuo, nel 1984 e nel 1986 in corrispondenza di due delle cinque stazioni originarie, ciò al fine di meglio approfondire gli effetti dei fenomeni di turbolenza, tipici dello Stretto di Messina, sull'attività fotosintetica del picoplancton autotrofo. Per uniformità con le prime misure, in queste indagini è stata presa in considerazione soltanto la frazione inferiore ad  $1 \mu\text{m}$ . La media generale è risultata del 60,2%, significativamente più elevata di quanto misurato nel 1982 (MAGAZZÙ *et al.*, 1983). Nella stazione situata nella zona dei vortici e caratterizzata dalla massima turbolenza il contributo del picoplancton autotrofo alla produzione totale è apparso generalmente inferiore a quello della stazione posta all'imbocco N dello Stretto di Messina. Il dato sembra confermare l'ipotesi precedentemente formulata (MAGAZZÙ *et al.*, 1987), che in condizioni di turbolenza il picoplancton manifesta una riduzione della sua capacità fotosintetica. In proposito va segnalato che i campionamenti nella Prima stazione sono stati sempre eseguiti in condizioni di massima corrente montante (direzione S-N), durante le quali le acque ioniche profonde invadono la soglia sotto la spinta della marea. Sembra pertanto plausibile avanzare l'ipotesi che le cellule del picoplancton presenti nella zona disfotica, una volta trascinate in superficie dai moti di divergenza, possano subire uno shock luminoso capace di attenuare l'attività fotosintetica. Una ulteriore ipotesi, collegata al trascinamento negli strati superficiali delle cellule picoplanctoniche, Potrebbe riallacciarsi al fatto che le stesse, adattatesi in zona disfotica, o addirittura afotica, in qualche misura alla funzione eterotrofica, non siano in



grado, per il breve periodo durante il quale ritornano negli strati ben illuminati, di riprendere immediatamente le tipiche funzioni metaboliche della fotosintesi.

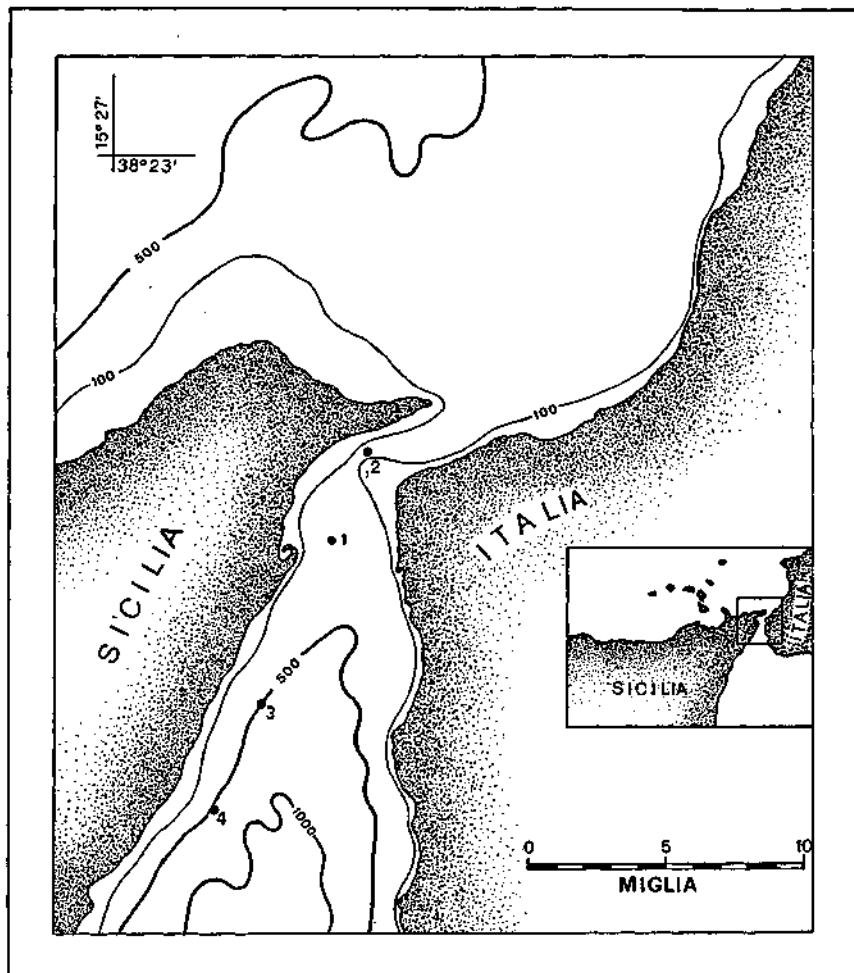


Fig. 1 c - Posizione delle stazioni. Stretto di Messina.

#### *Canale di Sicilia*

I rilevamenti effettuati in questo settore alla fine del giugno 1987, hanno evidenziato le percentuali più elevate di produzione da parte del picoplancton rispetto alle altre aree dei mari italiani studiati. La media generale per le 18 stazioni esaminate è stata dell'82%, con un minimo di 52,5% ed un massimo di 90,4%. Il contributo della frazione più piccola ha rappresentato la parte percentualmente più cospicua (72%), mentre la quota fornita da quella intermedia (2-1  $\mu\text{m}$ ) è risultata del 10,4, con un rapporto fra le due frazioni di 6,9:1.

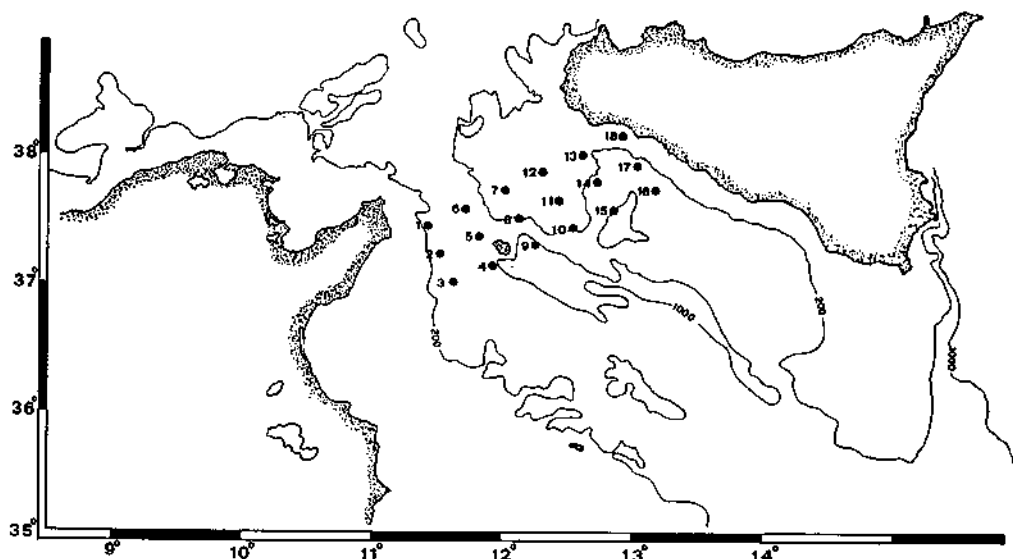


Fig. 1 d - Posizione delle stazioni. Canale di Sicilia.

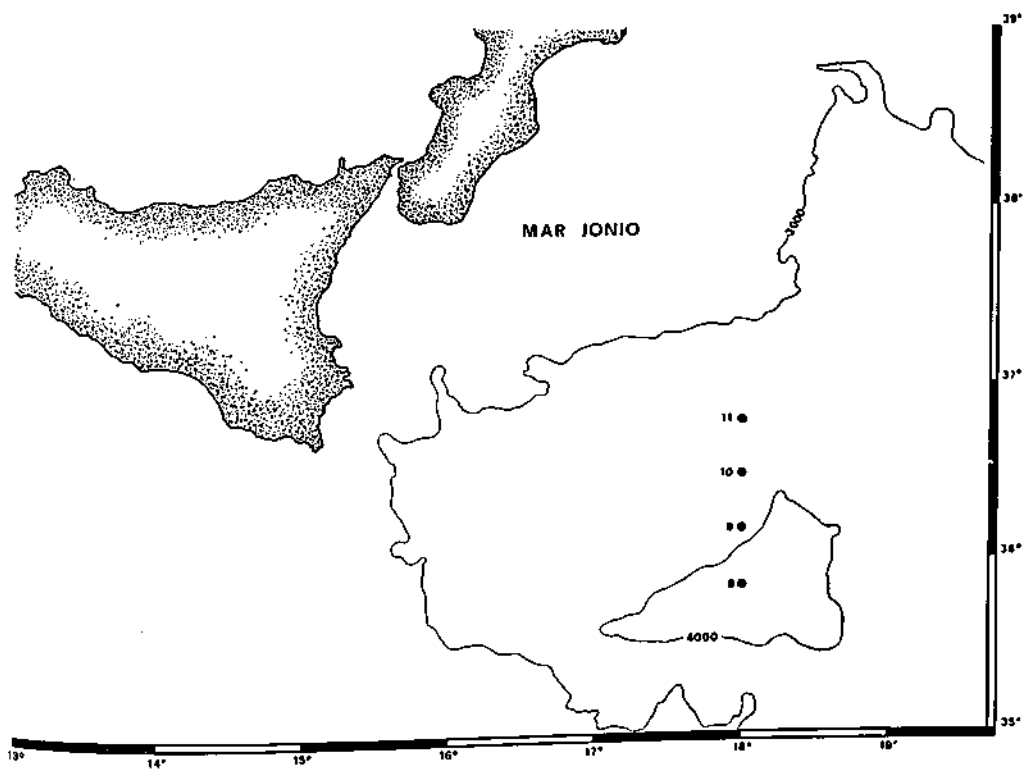


Fig. 1 e - Posizione delle stazioni. Mar Jonio.

La produzione primaria totale è variata nell'intervallo di 0,35-1,32  $\mu\text{gC/l/h}$  con una media per le 18 stazioni di 0,73  $\mu\text{gC/l/h}$ , molto vicina al valore di 0,56  $\mu\text{gC/l/h}$  misurato nelle stesse acque del Canale di Sicilia nel giugno del 1982, in occasione di uno studio precedente (AUTORI VARI, 1985).

### *Mar Jonio*

In questo mare è stato effettuato un campionamento in un transetto di quattro stazioni situate a circa 100 miglia dalle coste siciliane. Il contributo percentuale della produzione primaria del picoplancton è risultato compreso fra un minimo di 37,5 e un massimo di 66,5%, con una media generale di 56,7%. Anche in questo caso il contributo maggiore è dovuto alla frazione  $< 1,0 \mu$ , con il 48% del totale, mentre quella compresa fra 2 e  $1 \mu\text{m}$  ha contribuito soltanto per l'8,7%. Il rapporto fra le due classi dimensionali è risultato pari a 5,5:1.

La produzione totale delle quattro stazioni è apparsa uniforme e compresa fra 0,24 e 0,50  $\mu\text{gC/l/h}$  con una media di 0,41  $\mu\text{gC/l/h}$ .

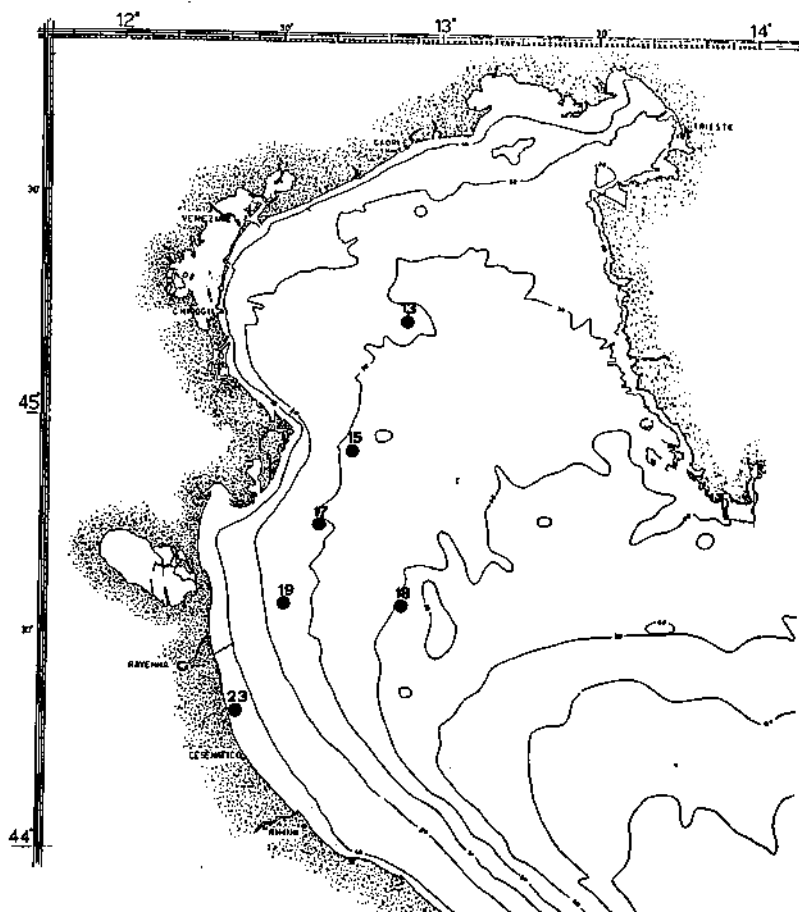
### *Alto Adriatico*

Per questa zona sono disponibili i risultati di due campagne effettuate la prima in aprile e la seconda nel settembre 1986. Sono state campionate stazioni situate lungo un transetto di circa 60 miglia esteso da un settore a N della foce del Po fino alle latitudini di Cesenatico. Una sesta stazione è stata fissata nelle acque del largo nel corso della seconda campagna.

L'andamento della produzione primaria ha evidenziato che l'assimilazione del carbonio raggiunge i suoi massimi quasi sempre nei primi tre metri e in corrispondenza sia della foce del Po sia della costa emiliano-romagnola.

Ad aprile il tasso di assimilazione del carbonio è risultato compreso tra 2,4 e 9,2  $\mu\text{gC/l/h}$  con una media generale di 5,3  $\mu\text{gC/l/h}$ . Nella seconda campagna il tasso di produzione è aumentato e la stazione più produttiva è risultata quella situata alla foce del Po (16,0  $\mu\text{gC/l/h}$ ), mentre il minimo è stato misurato nella stazione del largo con 1,79  $\mu\text{gC/l/h}$ , con una media per tutte le stazioni di 7,4  $\mu\text{gC/l/h}$ .

L'analisi dell'assimilazione del  $^{14}\text{C}$  delle diverse frazioni ha confermato per l'Alto Adriatico che la frazione più produttiva della biocenosi autotrofa è quella compresa tra 2,0 e  $0,45 \mu\text{m}$  il cui contributo è stato del 62% e 51,7% rispettivamente per le campagne di aprile e settembre. Nel complesso, l'insieme dei due periodi fornisce un valore medio del 57% di cui il 40,7% è dovuto alla frazione compresa fra 1,0 e  $0,45 \mu\text{m}$  e il 16,3% a quella intermedia, con un rapporto di 6,5:1 fra le due.

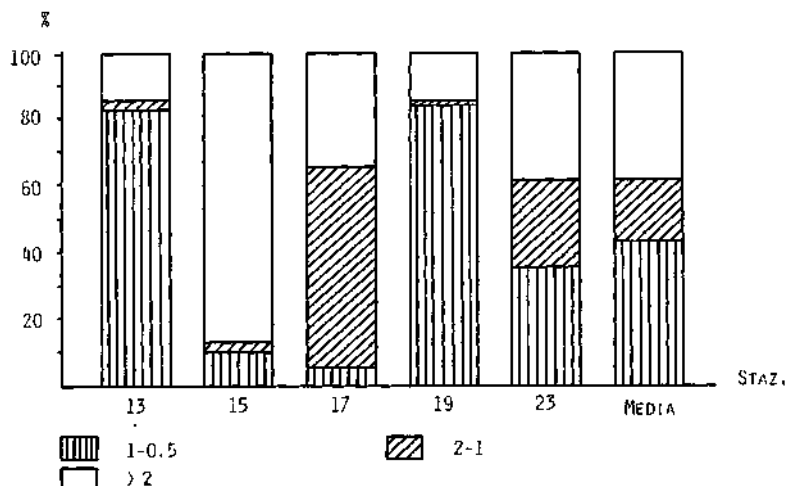


**Fig. 1 f** - Posizione delle stazioni. Alto Adriatico.

L'andamento della produzione picoplanctonica delle singole aree illustrato nella fig. 2, ha inoltre posto in evidenza che l'azione diluente delle acque del Po opera una ben definita selezione fisiologica sull'intera biocenosi fitoplanctonica. Infatti, mentre in aprile il contributo alla produzione totale della frazione più piccola ( $1,0-0,5 \mu\text{m}$ ) diminuisce nettamente (10,7 e 5,4%) nelle due stazioni situate in corrispondenza della zona di maggiore diluizione fluviale, in settembre quando l'apporto delle acque continentali risulta più contenuto, se pure ancora rilevabile (37,0 e 28,2%), non assume le dimensioni registrate nel precedente periodo.

Per verificare le relazioni fra produzione del picoplancton e tasso di diluizione è stata eseguita l'analisi di regressione lineare fra salinità e percentuale di

assimilazione delle diverse frazioni. In tutti i casi la correlazione, compresa fra 0,75 e 0,89, è risultata altamente significativa (95% del limite fiduciale) indicando che la salinità può rappresentare un fattore determinante (probabilmente per fenomeni osmotici) sull'attività fotosintetica del picoplancton.



**Fig. 2** - Percentuali di produzione primaria delle diverse frazioni del plancton fotosintetico in una sezione dell'Alto Adriatico, le stazioni 15 e 17 sono situate a circa 15 miglia dalla foce del Po. Aprile 1986.

A conclusioni simili, peraltro, si è pervenuti anche in uno studio della distribuzione dell'assimilazione del  $^{14}\text{C}$  da parte del picoplancton fotosintetico effettuato in un'area del canale di Mozambico nettamente influenzata dall'azione diluente dei fiumi durante la stagione delle piogge (MAGAZZÙ & HULL, 1985).

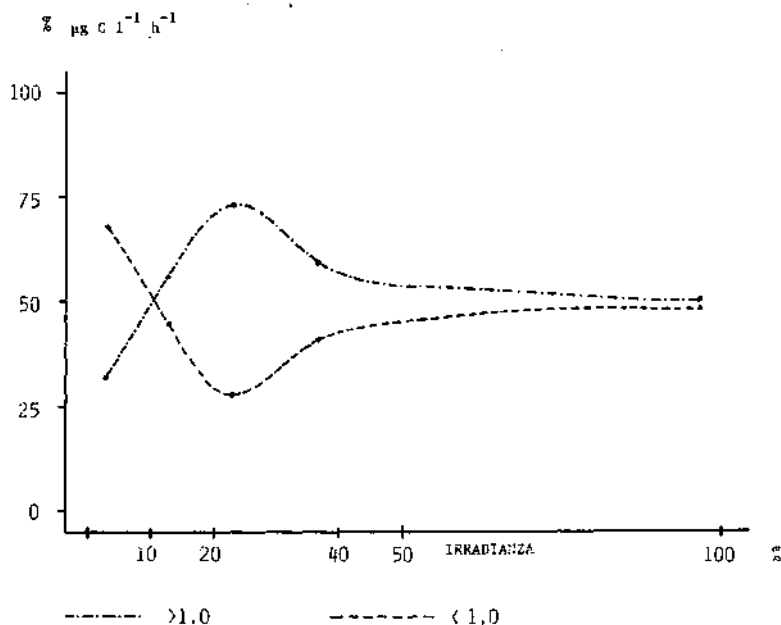
### *Lago del Faro*

È una laguna salmastra meromittica situata ad una decina di chilometri da Messina ed è caratterizzata da condizioni idrologiche particolari fra cui la presenza di  $\text{H}_2\text{S}$  nell'ipolimnio e di una fascia d'acqua rossa (dovuta a solfobatteri fototrofi) che separa quest'ultimo dall'epilimnio ben ossigenato (GENOVESE *et al.*, 1963).

Nel corso del 1986 è stato effettuato un ciclo di osservazioni che per il picoplancton fotosintetico è stato limitato a quattro campionamenti (marzo, luglio, settembre e dicembre).

L'andamento del ciclo stagionale sembra evidenziare una netta diminuzione del tasso fotosintetico della frazione  $< 1,0 \mu\text{m}$  nei mesi estivi con 20 e 28%

rispettivamente a luglio e settembre, mentre in corrispondenza dei campionamenti invernali la percentuale raggiunge in media il 63%, valore confrontabile con quelli ottenuti nelle acque adiacenti dello Stretto di Messina. L'andamento



**Fig. 3** - Andamento della percentuale d'assimilazione del  $^{14}\text{C}$  ( $> 1 \mu\text{m}$  per il fitoplancton,  $< 1 \mu\text{m}$  per il picoplancton) a diversi valori d'irradianza. Lago del Faro, media di tutte le misure.

medio del tasso d'assimilazione delle due frazioni in rapporto all'intensità luminosa (e quindi alla profondità) (Fig. 3) sembra evidenziare anche per l'ambiente salmastro di Faro che la frazione autotrofa  $< 1,0 \mu\text{m}$  risulta più efficiente alle basse intensità luminose contrariamente a quanto si verifica con le biocenosi fitoplanctoniche di dimensioni maggiori.

Tab. 1 - *Percentuali relative al totale dell'assimilazione del  $^{14}\text{C}$  nelle diverse frazioni del plancton fotosintetico.*

	Dimensioni delle frazioni in $\mu\text{m}$			
	> 2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	2,0-0,5
Mar Ligure (7) media	31,5	11,5	57,0	68,5
dicembre 1985	21,0	13,5	65,5	79,0
febbraio 1987	42,0	9,5	48,5	58,0
Alto Adriatico (6) media	43,0	16,3	40,8	57,0
aprile 1986	33,7	18,6	43,7	62,3
settembre 1986	48,3	14,0	37,7	51,7
Basso Tirreno (9)	38,2	18,1	43,7	61,8
maggio 1986				
Canale di Sicilia (18)	17,7	10,4	72,0	82,4
giugno 1987				
Mar Jonio (4)	43,3	8,7	48,0	56,7
maggio 1987				
Stretto di Messina (2)	39,8*	-	60,2	-
ottobre 1982				
Media generale	34,7	13,0	52,3	65,3

\* Organismi < 1,0  $\mu\text{m}$ .

(..) Numero delle stazioni per area.

La frazione minore di 1  $\mu\text{m}$ , probabilmente ascrivibile ai Cianobatteri, raggiunge la percentuale del 52%, mentre il contributo degli organismi superiori a 1  $\mu\text{m}$  ma inferiori a 2  $\mu\text{m}$  è valutabile intorno al 13% con un rapporto di 4:1 fra le due frazioni. In definitiva il fitoplancton superiore a 2  $\mu\text{m}$  risulta contribuire solamente per circa il 35% alla produzione primaria complessiva. Questi valori percentuali trovano peraltro conferma anche nei corrispettivi valori dei pigmenti clorofilliani e dell'ATP che evidenziano sorprendenti concordanze con le percentuali dei tassi di assimilazione del  $^{14}\text{C}$  delle diverse frazioni fitoplanctoniche (DECEMRINI & MAGAZZÙ, in stampa).

Alcune ipotesi possono essere inoltre avanzate circa l'attività delle frazioni fitoplanctoniche in rapporto alle condizioni ambientali. In Alto Adriatico l'influenza delle acque diluenti del Po appare decisiva nel procurare una diminuzione nella percentuale dell'assimilazione del  $^{14}\text{C}$  da parte della frazione pico anche se la produzione in valore assoluto aumenta in rapporto alle condizioni eutrofiche della zona.

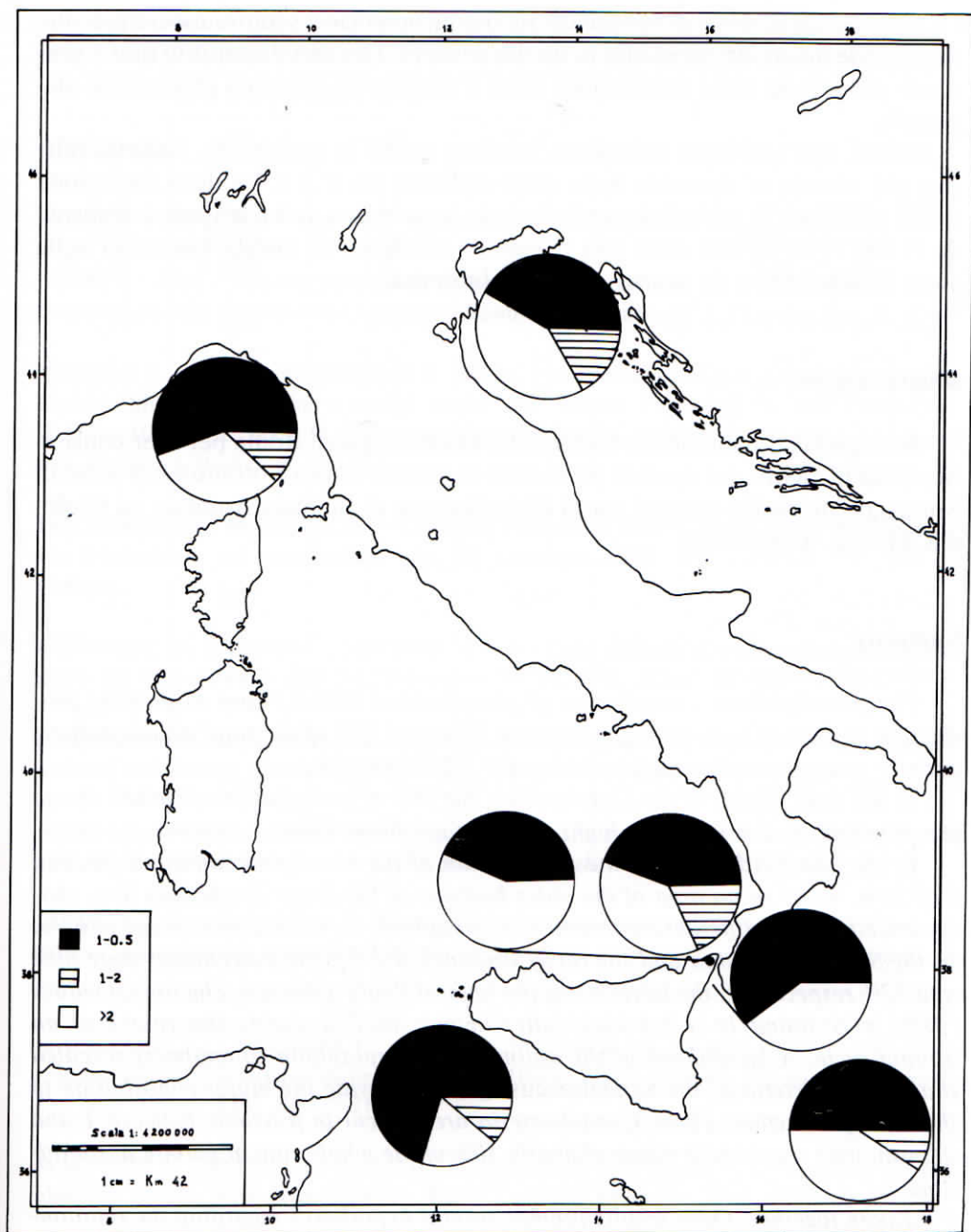


Fig. 4 - Aree di campionamento e percentuali dell'assimilazione del  $^{14}\text{C}$  delle diverse frazioni del plancton fotosintetico.



In generale il tasso di assimilazione del picoplancton sembra essere più rilevante nelle acque del largo che in quelle costiere. Dai dati disponibili non è possibile però trarre delle conclusioni circa il periodo di massima produzione stagionale.

Infine, nell'ambiente salmastro, studiato anche in profondità, l'attività relativa più elevata si riscontra nella zona disfotica tra il 3 e 1% della radiazione totale incidente in superficie confermando, ancora una volta, le ipotesi avanzate da PLATT *et al.* (1983) circa una maggiore efficienza di questa biocenosi nella zona caratterizzata da scarsa intensità luminosa.

### Ringraziamenti

Si ringrazia il Laboratorio Centrale di Idrobiologia di Roma per aver consentito l'uso di alcuni dei risultati presentati in questo lavoro e ottenuti nel corso di campagne di studio comuni con il Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina di Messina.

### Summary

*The photosynthetic contribution of picoplankton (2.0-0.5  $\mu\text{m}$ ) to primary production in Italian seas averages between 50% and 70% of the total photosynthetic activity gauged on the surface using the  $^{14}\text{C}$  technique.*

*In the open waters of the Ligurian Sea, the rate of assimilation of carbon due to the fraction  $< 2.0 \mu\text{m}$  was high, the average being 68%.*

*In the upper Adriatic Sea the contribution of the same picoplanktonic fraction was 57%, while in an area of the outer harbour of the lower Tyrrhenian Sea, characterized by very different environmental conditions, it reached an average of 62%. In the Strait of Messina and the Sicily Channel, the relative percentages were 60% and 82% respectively, the latter being the highest figure obtained. The lowest values (38%) were found in a brackish water lagoon studied during the course of an annual cycle. A breakdown of the autotrophic picoplankton components revealed that Cyanobacteria of the Synechococcus genera provide the major contribution to the total production. These Cyanobacteria are present in fractions between 1 and 0.5  $\mu\text{m}$ , with an average value of nearly 50% of the whole rate of carbon assimilation.*

*Taken together, these results prompt several hypotheses regarding the relationship between the activity of these biocoenoses, the environment and the seasonal cycle. In the upper Adriatic Sea the influence of the diluting waters of the River Po appears to be decisive for the decrease in the relative percentage of the photosynthetic rate of the picoplankton production even if the absolute value of the total primary production increases. In general, the relative rate of assimilation of picoplankton increases in the open sea with respect to coastal waters.*

Finally, in a brackish water environment, the highest relative activity was found in the disphotic area between 3% and 1% of the radiation occurring on the surface.

## Bibliografia

AUTORI VARI (1985) - *Dip. Biol. Anim. Ecol. Mar., Rapporti 1*: 1-54.

AZOV Y. (1986) - Seasonal patterns of Phytoplankton productivity and abundance in near-shore oligotrophic waters of the Levantine Basin (Mediterranean). *J. Plankton Res.*, 8: 41-43.

BERMAN T., AZOV Y., TOWNSEND D. (1984) - Understanding oligotrophic oceans: can the Eastern Mediterranean be a useful model? In: *Marine Phytoplankton and Productivity*. O. Holm-Hansen, L. Bolis, R. Gilles (eds), Springer-Verlag, Berlin, Lectures Notes on Coastal and Estuarine Studies, 8: 101-112.

DECEMBRINI F., MAGAZZÙ G. - Clorofilla, Numero di Assimilazione e ATP del fitoplancton fotosintetico nei mari italiani. *Atti XX Congresso SIBM, Vibo Valentia, sett. 1988* (in stampa).

GENOVESE S., RIGANO C., MACRI G. (1963) - Ciclo annuale di osservazioni microbiologiche nel lago di Faro. *Atti Soc. Peloritana Sc. Fis. Mat. Natur.*, IX, III/IV: 293-329.

JOHNSON P.W., SIEBURTH J. McN. (1979) - Chroococcoid cyanobacteria in the sea: a ubiquitous and diverse phototrophic biomass. *Limnol. Oceanogr.*, 24: 928-935.

JOINT I.R., OWENS N.J.N., POMROY A.J. (1986) - The seasonal production of picoplankton and small nanoplankton in the Celtic Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 28: 251-258.

LOHMANN H. (1911) - Über das Nannoplankton und die Zentrifugieren kleinstre Wasserphroben zur Gewinnung desselben in lebenden Zustände. *Int. Revue Ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 4: 1-38.

MAGAUDDA P.L., FARAONE U., ABATE D., MAGAZZÙ G., MOJO L. (1979) - Concentrazione di origine industriale e civile nel golfo di Milazzo (Basso Tirreno). *Atti Soc. Peloritana Sc. Fis. Mat. Natur.*, XXV, II: 177-213.

MAGAZZÙ G., ANDREOLI C. (1973) - Ciclo annuale della produzione primaria e del fitoplancton in una zona di avamposto. *Atti V Coll. Int. Oceanogr. Med. Messina*: 379-398.

MAGAZZÙ G., BRUNI V., PICCIONI A., PLATT T., IRWIN B., SUBBA RAO D.V (1983) - Picoplankton: Contribution to Phytoplankton production in the Strait of Messina. *V<sup>th</sup> Conference of the European Soc. Comparat. Physiol. Biochem.* September 5-8 Taormina (Italy): 27-28.

MAGAZZÙ G., HULL V. (1985) - Picoplankton Contribution to the primary production in the NW coast of Madagascar (Mozambico Channel). *Mem. Biol. Mar. Ocean.*, 15: 207-222.

MAGAZZU' G., BRUNI V., PICCIONE A., PLATT. T., IRWIN B., SUBBA RAO D.V. (1987) - Picoplankton: contribution to phytoplankton production in the Strait of Messina. *P.S.Z.N.I.: Marine Ecology*, 8: 21-31.

PLATT T., LI W.K.W. eds (1986) - Photosynthetic picoplankton. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.*, 214: 1-583.

PLATT T., SUBBA RAO D.V., IRVIN B. (1983) - Photosynthesis of picoplankton in the oligotrophic ocean. *Nature*, 301: 702-704.

SIEBURTH J. McN., SMETACEK V., LENZ J. (1978) - Pelagic ecosystem structure: heterotrophic behaviours of plankton and their relationship to plankton size-fractions. *Limnol. Oceanogr.*, 23: 1256-1263.

WATERBURY J.B., WATSON S.W., GUILLARD R.R.L., BRAND L.E. (1979) - Widespread occurrence of cellular, marine, planktonic, cyanobacterium. *Nature*, 277: 2293-294.

M.G. MAZZOCCHI \*

P. MASCELLARO \*

M. SCARDI \*\*

\* Stazione Zoologica di Napoli, Villa Comunale, 80121 Napoli (Italia)

\*\* BIOSERVICE SOC. coop. a r.l., Via Belvedere 212, 80127 Napoli (Italia)

## LO ZOOPLANKTON NEI GOLFI DI NAPOLI E DI SALERNO: PRIMI DATI PER UNO STUDIO DI DISTRIBUZIONE SPAZIALE

### Abstract

Spatial distribution of zooplankton in the Gulfs of Naples and Salerno (Tyrrhenian Sea)

*Preliminary results of the spatial distribution of zooplankton communities obtained in November 1986 in the Gulfs of Naples and Salerno are reported. Both areas showed a marked homogeneity in community structure notwithstanding differences in phyto- and zooplankton biomasses.*

**Key-words:** Zooplankton, spatial distribution, Mediterranean Sea.

### Introduzione

La variabilità del popolamento zooplanctonico a media scala spaziale e la dinamica dei rapporti fra comunità costiera e del largo vengono seguite attraverso crociere stagionali nei Golfi di Napoli e di Salerno, ambienti che presentano caratteristiche morfologiche e idrologiche abbastanza diverse. Entrambi i golfi sono piuttosto profondi (circa 200 m in media), ma a differenza del Golfo di Napoli, quello di Salerno è molto aperto e più esposto all'influenza dell'acqua tirrenica esterna (MARINO *et al.*, 1984). Nel Golfo di Napoli, inoltre, la presenza di cospicui insediamenti urbani determina, lungo la fascia costiera, una situazione di elevata eutrofia, soprattutto nelle zone orientale e nord-occidentale (CARRADA *et al.*, 1980). Nel Golfo di Salerno, invece, il carico antropico è più limitato e su gran parte dell'area si stabiliscono, particolarmente nei mesi autunnali (CARRADA *et al.*, 1982), condizioni di oligotrofia sostanzialmente omogenee.

L'obiettivo principale della presente ricerca è individuare la risposta dello zooplankton alle differenti condizioni ambientali derivate dal diverso input

energetico, di natura fisica e chimica, che interessa il sistema pelagico nei due golfi.

Vengono qui presentati i dati relativi alla prima crociera, condotta nell'autunno 1986.

### Materiali e metodi

Il campionamento è stato effettuato dal 15 al 21 novembre 1986 in 41 stazioni nei Golfi di Napoli e di Salerno (Fig. 1). In 23 stazioni sono stati raccolti due campioni di zooplancton, entrambi fissati in formalina: uno per la determinazione della biomassa, espressa come peso secco dopo essiccazione in stufa a 70 °C fino al raggiungimento del peso costante; l'altro per il conteggio degli individui che è stato effettuato su sub campioni varianti da 1/2 a 1/64. Per l'analisi tassonomica sono stati determinati a livello specifico i Copepodi, i Cladoceri, i Chetognati ed i Sifonofori e a livello di ordine o sottoclasse il resto della comunità. Per il primo campione è stata effettuata una doppia pescata obliqua da circa 70 m alla superficie mediante un campionario «Bongo net» di 20 cm di diametro e maglie da 230  $\mu$ m, munito di flussometro. Il secondo campione è stato raccolto lungo la verticale da 50 m alla superficie con un retino Nansen del diametro di

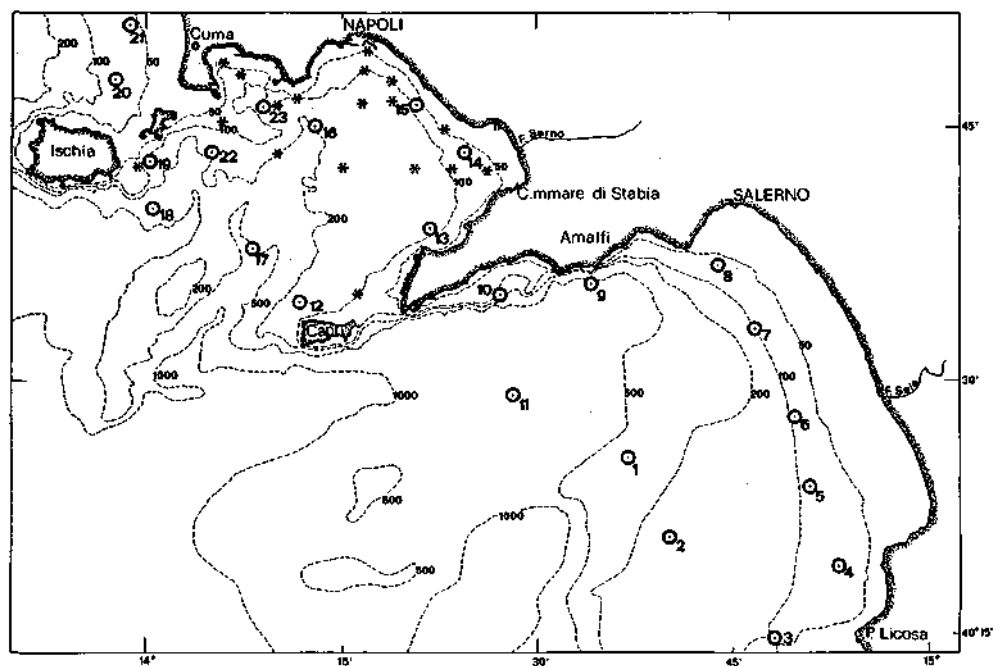


Fig. 1 - Stazioni di campionamento:  $\odot$  parametri idrografici, clorofilla e zooplancton; \* parametri idrografici e clorofilla.

133 cm e maglie da 200  $\mu\text{m}$ . Su tutte le 41 stazioni sono state rilevate, lungo la colonna d'acqua, temperatura e salinità con una sonda automatica CTD e sono stati raccolti campioni superficiali per la determinazione delle concentrazioni della clorofilla *a* con metodo spettrofotometrico (SCOR-UNESCO, 1966).

I dati relativi alla frazione a Copepod (escluse specie o generi presenti con una percentuale media inferiore all'1%) sono stati elaborati mediante l'Analisi Fattoriale delle Corrispondenze (BENZECRI, 1973). La significatività degli assi fattoriali è stata testata secondo il metodo proposto da FRONTIER (1974). Gli stessi dati sono stati utilizzati per un clustering con vincolo di contiguità spaziale basato sull'algoritmo del legame singolo (LEGENDRE, 1987); il criterio scelto per definire la contiguità delle stazioni è quello della rete di Gabriel (GABRIEL & SOKAL, 1969). Tale procedura di clustering è stata applicata alla struttura delle distanze delle stazioni le cui componenti quantitativa e qualitativa sono state rappresentate rispettivamente mediante l'uso di matrici di distanze euclidee e di Jaccard. Infine, l'ipotesi di indipendenza delle matrici di correlazione fra le specie nelle stazioni dei Golfi di Napoli e di Salerno è stata sottoposta al test di Mantel (MANTEL, 1967).

## Risultati

Dall'analisi dei profili idrografici rilevati risulta che in entrambi i golfi la colonna d'acqua è rimescolata fino a 50-55 m di profondità. I valori di salinità misurati in superficie sono compresi fra 37,89 (nella rada di Napoli) e 38,15, con una media di  $38,09 \pm 0,05$ . Nel Golfo di Salerno la concentrazione media della clorofilla *a* superficiale è  $0,18 \pm 0,07 \text{ mg/m}^3$  e non si evidenzia un gradiente costa-largo; nel Golfo di Napoli i valori sono nettamente più alti ( $0,85 \pm 0,72 \text{ mg/m}^3$ ), con un massimo di  $2,63 \text{ mg/m}^3$  sotto costa e una graduale diminuzione verso il largo (Fig. 2).

Anche la comunità zooplanctonica presenta notevoli differenze quantitative tra i due golfi. La Figura 3 mostra infatti che, mentre su quasi tutta l'area del Golfo di Salerno si riscontrano bassi valori di densità, nel Golfo di Napoli questi risultano mediamente doppi (più di 1000 individui per  $\text{m}^3$ ) e sono particolarmente elevati lungo la fascia costiera. Le massime abbondanze (oltre  $1500 \text{ N/m}^3$ ) sono state però misurate alle stazioni a nord del Golfo di Napoli (Cuma), in una zona dove affluisce la maggior parte degli scarichi urbani della città. La biomassa, espressa come peso secco, presenta un'analoga distribuzione spaziale; i valori vanno da 1,05 a  $12,58 \text{ mg/m}^3$  e nel Golfo di Napoli sono in media considerevolmente più alti ( $6,97 \pm 3,29 \text{ mg/m}^3$ ) di quelli del Golfo di Salerno ( $2,75 \pm 1,07 \text{ mg/m}^3$ ).

Dal punto di vista qualitativo lo zooplankton è costituito prevalentemente da Copepod, che rappresentano, in media, l'80% dell'intera comunità (Tab. 1); solo alla stazione 23 la loro importanza è inferiore al 50% per la significativa presenza del Cladocero *Evadne spinifera*. Fra gli altri taxa sono da segnalare solo i

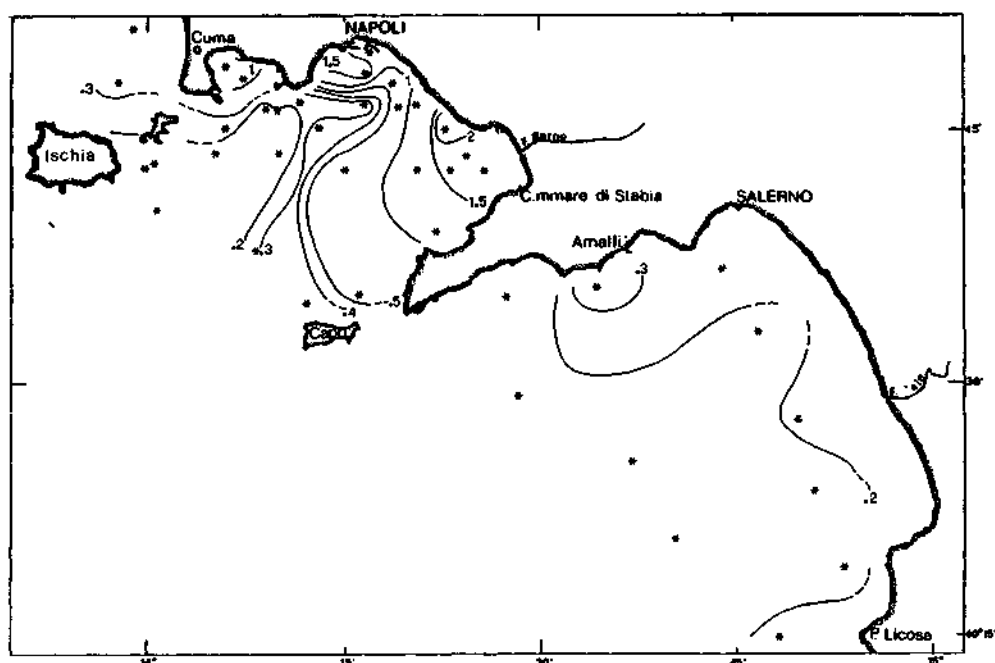


Fig. 2 - Distribuzione dei valori superficiali di concentrazione della clorofilla *a* ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

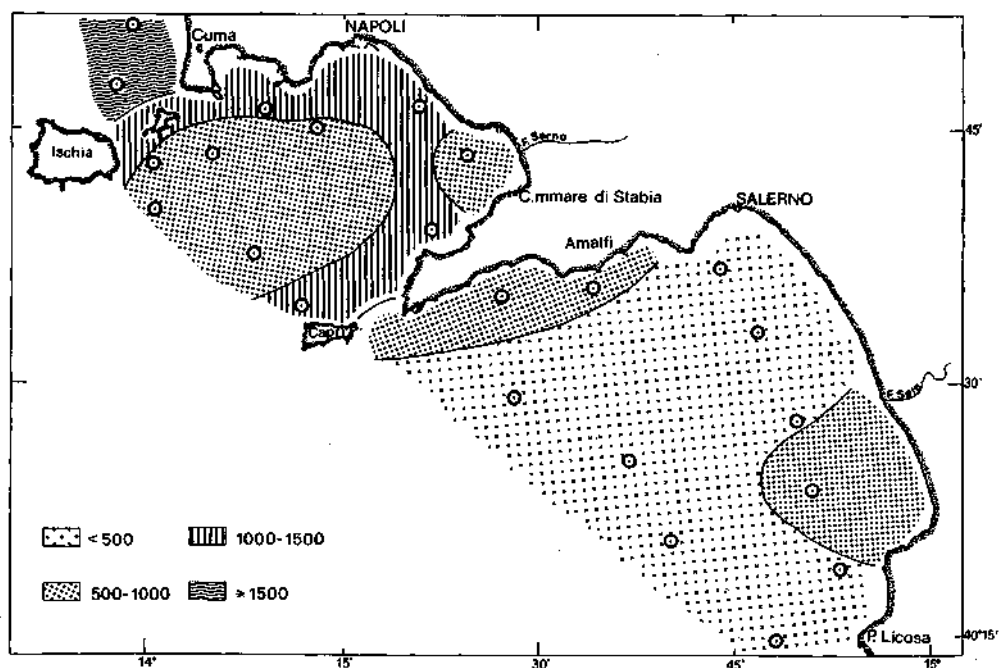


Fig. 3 - Densità ( $\text{N}/\text{m}^3$ ) del popolamento zooplanctonico.

Tunicati (*Doliolum nationalis*, *Oikopleura* spp., *Fritillaria pellucida* e *Fritillaria* spp.) ed i Gasteropodi (*Creseis acicula*, *Limacina* spp. e veliger). Per quanto riguarda la struttura del popolamento a Copepodi, le specie più importanti sono *Temora stylifera* e *Clausocalanus furcatus*, tipicamente autunnali. Altre specie di discreto rilievo quantitativo sono *Clausocalanus paululus*, *Paracalanus parvus*, *P. nanus*, *Corycella rostrata*, *Oncaea media*, *Oithona plumifera* e *Calocalanus pavo*. Fra le 80 specie di Copepodi conteggiate non si osservano comunque nette dominanze e, nel complesso, il popolamento risulta essere ovunque ben strutturato, come appare dagli alti valori dell'indice di diversità specifica (Tab. 2).

Sui dati di abbondanza relativi all'intera comunità zooplanctonica e su quelli della sola componente a Copepodi è stata effettuata un'Analisi Fattoriale delle Corrispondenze (AFC). Gli ordinamenti ottenuti nei due casi appaiono sostanzialmente simili, ma la quota di varianza spiegata dai primi due assi fattoriali è maggiore se si considerano solo i Copepodi (62,5% rispetto a 46,5%). I risultati dell'AFC relativi a questo gruppo vengono presentati in Fig. 4. Nello spazio negativo del primo asse si localizzano le stazioni di Cuma (20 e 21) e quelle della parte orientale del Golfo di Napoli (12, 13, 14, 15) e fra le specie associate

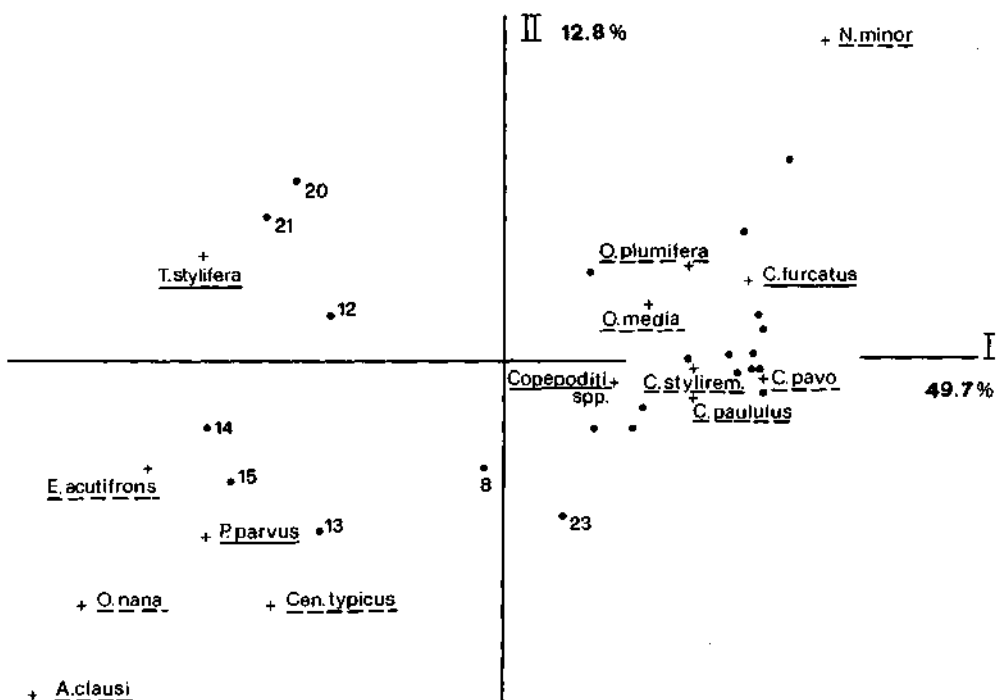


Fig. 4 - AFC: modello di ordinamento nel piano definito dai primi due assi fattoriali. Analisi effettuata sui Copepodi (46 taxa e 23 stazioni). Vengono riportate solo le specie con contributo assoluto al I asse compreso fra 0,01 e 0,1 (—) e maggiore di 0,1 (—).



Tab. 1 - Densità ( $N/m^3$ ) del popolamento zooplanctonico totale e incidenza percentuale dei principali taxa.

Aree	GOLFO DI SALERNO											GOLFO DI NAPOLI										CUMA	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	22	23	20	21
Stazioni																							
Zooplankton tot.	407	356	437	428	604	499	478	308	853	851	258	1073	1306	833	1092	980	645	551	813	633	1097	1555	1681
Copepodi	75,3	81,5	88,3	87,0	72,0	82,2	82,0	82,9	85,3	85,3	86,8	82,7	80,6	87,1	87,9	75,1	85,2	76,7	78,4	79,6	47,5	76,0	77,2
Cladoceri	0,1	0	0,1	0,6	2,2	0	1,0	0,1	0,1	0,2	0	1,8	2,4	0,3	3,0	13,0	2,3	7,6	2,8	0,1	44,6	3,2	0,2
Ostracodi	2,4	2,5	0,4	0,3	0,4	0,5	2,3	0,5	1,3	0,6	1,9	0,5	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3	1,2	1,0	0,8	0,3	0,6	0,2
Gasteropodi	3,8	1,9	1,8	2,0	3,5	1,6	1,9	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,4	0,9	1,6	2,4	2,4	3,7	1,5	2,1	1,6	0,9	1,7
Chetognati	2,8	3,0	1,5	1,6	2,9	1,9	1,0	0,9	1,0	1,0	2,7	0,8	0,8	0,3	0,3	0,8	1,8	2,3	0,8	2,3	0,3	1,0	1,7
Tunicati	13,5	7,0	6,4	5,6	16,3	7,5	7,5	9,4	8,2	7,7	5,3	7,0	10,8	8,3	5,3	5,8	4,9	5,6	13,5	10,5	4,3	15,8	15,6
Altri gruppi	2,1	4,1	1,5	2,9	2,7	6,3	4,3	5,0	2,7	3,6	1,5	5,3	2,8	2,9	1,5	2,7	3,1	2,9	2,0	4,6	1,4	2,5	3,4

Tab. 2 - Valori dell'indice di diversità specifica  $H'$  calcolato, secondo la formula di Shannon-Weaver (PATIEN, 1962), sui dati relativi al popolamento a Copepodi (solo adulti).

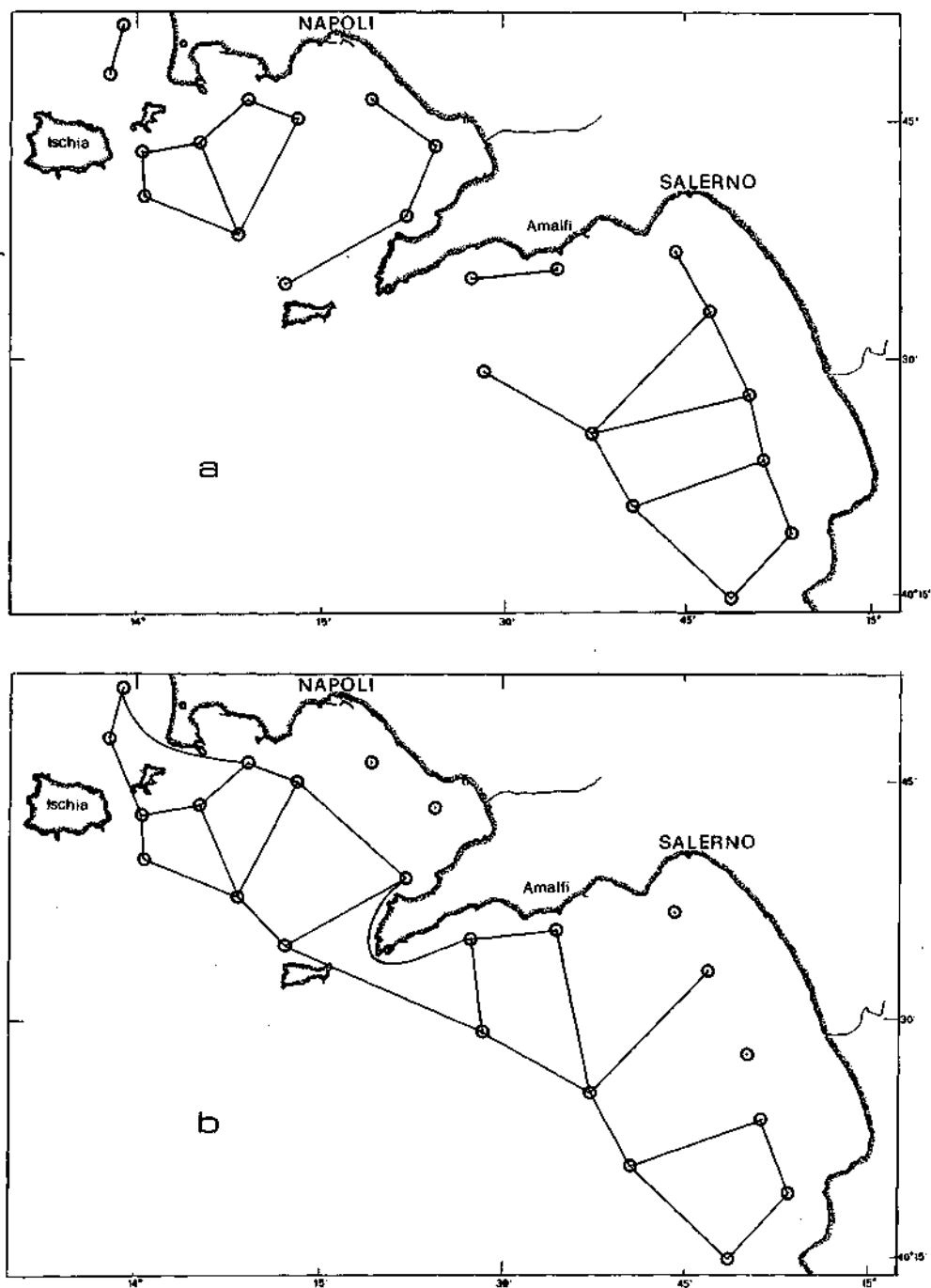
Stazioni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	22	23	20	21
N. di specie	47	47	44	54	52	42	49	35	49	54	47	48	47	39	45	52	43	52	62	50	59	59	50
$H'$	3,49	3,68	3,32	3,84	3,80	3,80	3,74	3,69	3,38	3,76	3,77	3,74	3,49	3,93	3,74	3,76	3,65	3,93	4,32	3,33	3,92	4,01	4,05
$H$ min.	0,09	0,11	0,08	0,10	0,09	0,07	0,10	0,17	0,07	0,07	0,10	0,05	0,04	0,07	0,05	0,06	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,05	0,04
$H$ max.	5,55	5,55	5,46	5,75	5,70	5,39	5,61	5,13	5,61	5,75	5,55	5,58	5,55	5,28	5,49	5,70	5,42	5,70	5,95	5,64	5,88	5,88	5,64
R	0,38	0,34	0,40	0,34	0,34	0,30	0,34	0,29	0,40	0,35	0,33	0,33	0,37	0,26	0,32	0,34	0,33	0,32	0,28	0,42	0,34	0,32	0,28

a queste stazioni *T. stylifera* e *P. parvus* presentano il contributo assoluto più alto. Lungo il primo semiasse positivo si raggruppa in modo compatto la maggior parte delle altre stazioni, caratterizzate da *C. furcatus* e da Copepoditi spp. Le stazioni 8 e 23, ordinate in posizione centrale, danno al primo asse fattoriale i contributi assoluti più bassi. Le aree di maggiore omogeneità strutturale del popolamento a Copepodi, che risulta essere ben rappresentativo dell'intera comunità zooplanctonica, sono state identificate mediante l'analisi di clustering vincolato. Dal punto di vista quantitativo si individuano cinque aree di omogeneità: Cuma, la zona orientale del Golfo di Napoli, il resto del golfo, la zona amalfitana e tutto il resto del Golfo di Salerno (Fig. 5a). Utilizzando i dati qualitativi il sistema mostra invece una notevole uniformità e si separano solo quattro stazioni costiere (6 e 8 nel Golfo di Salerno, 14 e 15 nel Golfo di Napoli), le sole non raggiunte da alcune delle specie di largo (*Neocalanus gracilis*, *Clausocalanus lividus*, *Heterorhabdus papilliger*, *Paracandacia simplex*) presenti in tutte le altre stazioni (Fig. 5b). Il test di Mantel, applicato alle matrici di correlazione fra le specie di Copepodi del Golfo di Napoli e quelle del Golfo di Salerno, per rilevare eventuali differenze fra gli aspetti funzionali dei popolamenti campionati, ha permesso di rigettare l'ipotesi di indipendenza dei due sistemi ( $P = 0,999$ ).

## Discussione

Nel periodo considerato tutta l'area campionata presenta una notevole omogeneità nelle condizioni idrologiche: la colonna d'acqua è rimescolata fino a 50-55 m ed entrambi i golfi sono interessati dall'ingressione di acqua tirrenica esterna, come dimostrano i valori della salinità, tipici dell'«Acqua Tirrenica Superficiale» (CARRADA *et al.*, 1980). Si può tuttavia osservare nei due golfi un diverso trofismo, evidenziato dalla marcata differenza fra le concentrazioni medie della clorofilla *a*, parametro sintetico dei rapporti all'interfaccia fra comparti fisico-chimico e biologico. A tale situazione lo zooplancton risponde solo con marcate differenze quantitative, mentre la struttura, analizzata per la frazione a Copepodi, rappresentativi dell'intera comunità, è sostanzialmente uniforme. Questo emerge anche dai risultati dell'analisi del clustering vincolato, ed il test di Mantel conferma ulteriormente la sostanziale omogeneità, nei due golfi, degli aspetti funzionali del popolamento a Copepodi.

Generalmente negli studi sullo zooplancton degli ambienti costieri si tende ad evidenziare la variabilità della sua distribuzione spaziale che viene spesso direttamente correlata con i parametri idrografici (HAURY *et al.*, 1978; THOMAS & EMERY, 1986). I nostri dati indicano invece che le associazioni zooplanctoniche presentano una certa «stabilità», la capacità cioè di assorbire fluttuazioni imposte dalla variabilità ambientale (STEELE, 1976) senza che l'assetto funzionale ne venga alterato. Ciò potrebbe essere la risultante delle articolate interazioni, difficilmente misurabili, di numerosi fattori, ecologici e comportamentali,



**Fig. 5** - Clustering con vincolo di contiguità spaziale. Partizione in 5 clusters ottenuta dall'analisi delle distanze fra le stazioni calcolate su: a) dati quantitativi ( $N/m^3$ , distanze euclidee) e, b) dati quantitativi (presenza-assenza, distanze di Jaccard) della componente a Copepodi.

la cui importanza è stata spesso sottolineata (STAR & MULLIN, 1981; BOUCHER, 1984; BOUCHER *et al.*, 1987).

Nel quadro di fondamentale omogeneità presentato dallo zooplancton nei due golfi studiati si differenziano tuttavia le zone di Cuma e di Napoli est, le cui stazioni, caratterizzandosi per il particolare arricchimento dovuto agli apporti da terra (EUROSTAFF, 1973), si separano da tutte le altre lungo il primo asse dell'AFC. Sono queste le sole stazioni in cui diventano importanti i Copepodi più strettamente costieri fra cui, ad esempio, *P. parvus*, responsabile di picchi zooplanctonici in aree (MADHUPRATAP & ONBÈ, 1986) o periodi (SCOTTO DI CARLO *et al.*, 1985) in cui prevalgono condizioni di eutrofia. I risultati di questa prima serie di campionamenti sembrano dunque indicare che solo condizioni ambientali molto particolari possono influire sul popolamento zooplanctonico di un'area alterandone sostanzialmente la struttura. L'analisi delle crociere successive permetterà di verificare la «stabilità» strutturale della comunità zooplanctonica in altri periodi stagionali, quali l'estate, in cui i gradienti ambientali sono molto marcati, anche su scale spaziali notevolmente più ridotte.

## Summary

*Seasonal cruises are being conducted in the Gulfs of Naples and Salerno (Tyrrhenian Sea) to study the meso-scale spatial variability of zooplankton populations and the relationship between inshore and offshore communities. Here we discuss the results of the first cruise carried out in November 1986.*

*Zooplankton was sampled at 23 stations from 0-50 m; temperature, salinity and chlorophyll a concentrations were measured at these and 18 other stations.*

*The areas investigated differ in their morphology and hydrological regime. The Gulf of Naples is a partially closed embayment subjected to local eutrophication, whereas the Gulf of Salerno is more open and exposed to external Tyrrhenian waters.*

*In November, the water column was homogeneous down to about 50-55 m depths and the entire area was influenced by the incursion of external Tyrrhenian surface waters. Marked differences were observed in mean chlorophyll a concentrations and zooplankton abundances. The values recorded for the Gulf of Naples were almost twice those observed for Salerno. Copepods were the dominant group comprising about 80% of the total zooplankton. None of the 80 species recorded were dominant as indicated by the high and relatively uniform values for diversity index. The data analyses performed on copepod populations (Correspondence Analysis, Constrained Clustering, Mantel Test) confirmed the existence of a marked uniformity in spatial structure for zooplankton communities in both Gulfs notwithstanding striking quantitative differences. Nonetheless, our results indicate that the stations characterized by conspicuous enrichment due to land runoff do not conform to this general scheme. This suggests that anomalous environmental conditions may have a significant role in altering community structure.*

## Bibliografia

BENZECRI J.P. (1973) - L'analyse des donnees. I, II, Dunod ed., Paris.

BOUCHER J. (1984) - Localization of zooplankton populations in the Ligurian marine front: role of ontogenic migration. *Deep-Sea Res.*, 31 (5): 469-484.

BOUCHER J., IBANEZ F., PRIEUR L. (1987) - Daily and seasonal variations in the spatial distribution of zooplankton populations in relation to the physical structure in the Ligurian Sea front. */. Mar. Res.*, 45: 133-173.

CARRADA G.C., HOPKINS T.S., BONADUCE G., IANORA A., MARINO D., MODIGH M., RIBERA D'ALCALÀ M., SCOTTO DI CARLO B. (1980) - Variability in the hydrographic and biological features of the Gulf of Naples. *P.S.Z.N.I.: Marine Ecology*, 1: 105-120.

CARRADA G.C., MARINO D., SAGGIOMO V., ZINGONE A. (1982) - Popolamenti fitoplanctonici e condizioni ambientali nel Golfo di Salerno. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 50 suppl.: 139.

EUROSTAFF (1973) - Studio sull'inquinamento del Golfo di Napoli. Amministrazione Provinciale di Napoli.

FRONTIER S. (1974) - Contribution a la connaissance d'un ecosysteme neritique tropical; etude descriptive et statistique du peuplement zooplanctonique de la region de Nosy-Be (Madagascar). These Doctorat, Univ. Aix-Marseille: 628.

GABRIEL K.R., SOKAL R.R. (1969) - A new statistical approach to geographic variation analysis. *Syst. Zool.*, 18: 259-278.

HAURY L.R., MCGOWAN J.A., WIEBE P.H. (1978) - Patterns and processes in the time-space scales of plankton distributions. In *Spatial pattern in plankton communities* J.N. Steele (ed.), Plenum Press, New York: 277-327.

LEGENDRE P. (1987) - Constrained clustering. In *Developments in Numerical Ecology*, P. Legendre, L. Legendre (eds), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, NATO A.S.I. Series, G14: 289-307.

MADHUPRATAP M., ONBÈ T (1986) - Structure and species diversity of the zooplankton community of the Inland Sea of Japan. *Estuarine, Coastal Shelf Sci.*, 23: 725-737.

MANTEL N. (1967) - The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Res.*, 27: 209-220.

MARINO D., MODIGH M., ZINGONE A. (1984) - General features of phytoplankton communities and primary production in the Gulf of Naples and adjacent waters. In: *Marine Phytoplankton and Productivity*. O. Holm-Hansen, L. Bolis, R. Gilles (eds), Springer-Verlag, Berlin, Lecti Notes Coastal Estuarine Stud., 8: 89-100.

PATTEN B.C. (1962) - Species diversity in net plankton of Raritan Bay. *J. Mar. Res.*, 20: 57-75.

SCOR-UNESCO (1966) - Determination of photosynthetic pigments in sea water. *Monographs on Oceanographic Methodology*: 1-64.

SCOTTO DI CARLO B., TOMAS C.R., IANORA A., MARINO D., MAZZOCCHI M.G., MODIGH M., MONTRESOR M., PETRILLO L., RIBERA D'ALCALÀ M., SAGGIOMO V., ZINGONE A. (1985) - Uno studio integrato dell'ecosistema pelagico costiero del Golfo di Napoli. *Nova Thalassia*, 7 (suppl. 3): 99-128.

STAR J.L., MULLIN M.M. (1981) - Zooplankton assemblages in three areas of the North Pacific as revealed by continuous horizontal transects. *Deep-Sea Res.*, 28 (11): 1303-1322.

STEELE J.H. (1976) - Patchiness. In *The Ecology of the Sea*, D.H. Cushing, J.J. Walsh (eds), Oxford: 98-115.

THOMAS A.C., EMERY W.J. (1986) - Winter hydrographic and plankton distribution on the southern British Columbia continental shelf. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 1249-1258.

M. RIBERA D'ALCALÀ \*                      M. MODIGH \*                      M. MORETTI \*\*  
V. SAGGIOMO \*                      M. SCARDI \*\*\*                      G. SPEZIE \*\*                      A. ZINGONE \*

\* Stazione Zoologica, Villa Comunale, 80121 Napoli (Italia)

\*\* Istituto di Meteorologia e Oceanografia,

Istituto Universitario Navale, Via Acton 38, 80133 Napoli (Italia)

\*\*\* BIOSERVICE Soc. Coop. a r.l., Vico S. Domenico 9, 80134 Napoli (Italia)

## UNA STORIA INFINITA. EUTROFIZZAZIONE NELLA BAIÀ DI NAPOLI

### Abstract

A never-ending story. Eutrophication in the Bay of Naples

*A one-year sampling program of weekly cruises was conducted in 1987 at 35 surface stations to study the evolution of the distribution of chlorophyll a and physico-chemical parameters in the inner Gulf of Naples. The data collected for the first four months showed several spatial patterns of different length scales. No univocal relationship was observed between biomass distribution and spatial structure for salinity and inorganic nutrients in the surface layer. A never-ending sequence of different conditions, each connected only with the previous one, is one of the main features of the system under study.*

**Key-words:** Chlorophyll distribution, eutrophication, coastal hydrography.

### Introduzione

*Il problema*

Nell'ultima decade sono apparsi nella letteratura oceanografica molti lavori in cui i processi biologici vengono accoppiati a quelli idrodinamici. Questo orientamento, che ha avuto, per il fitoplancton, la prima esaustiva giustificazione teorica con MARGALEF (1978), mette in risalto che l'energia (luce) e la materia (metaboliti) necessari al mantenimento e alla riproduzione dei produttori primari sono più o meno facilmente disponibili in dipendenza di situazioni idrodinamiche diverse.

Poiché, d'altra parte, l'energia idrodinamica è distribuita su uno spettro di frequenze (tempo) o di numeri d'onda (spazio), è ragionevole supporre che coesistano numerosi processi con diverse scale spaziali e temporali correlati con le corrispondenti scale spaziali e temporali dello spettro dell'energia idrodinamica

(LEGENDRE & DEMERS, 1984). Tuttavia, una grandezza dinamica come l'andamento della distribuzione della biomassa fitoplanctonica non è derivabile direttamente dai campi vettoriali e scalari che caratterizzano in un certo istante l'ambiente osservato (HARRIS, 1980), né dalle loro medie su un certo intervallo di tempo, bensì è correlata con l'andamento (spettro) dei campi stessi, a meno di un ritardo, probabilmente variabile. Il che impone, per la Comprensione dei processi fitoplanctonici, l'osservazione di serie temporali significativamente lunghe rispetto alla scala dei fenomeni che si vogliono interpretare.

La relativa prevedibilità dei popolamenti fitoplanctonici nel tempo e la corrispondenza generalmente riscontrata tra valori medi dei fattori ambientali e valori medi delle biomasse vanno pertanto interpretate come capacità delle comunità, proprio sulla base della loro diversità e struttura dinamica, di sfruttare di volta in volta le varie forme dei flussi energetici che entrano nel comparto, ovvero come risultato di un processo (tentativo) infinito per armonizzare lo spettro delle specie con lo spettro ambientale con una minima dissipazione di energia.

La casualità intrinseca dei processi naturali impedisce in genere il verificarsi di questa risonanza fra le componenti del sistema. Un ulteriore ostacolo è rappresentato dall'attività umana, che porta a modificazioni rapidissime sia nelle forme che nelle ampiezze dei flussi ambientali. In molte aree costiere ci si trova perciò di fronte ad un problema duplice. Si tratta da un lato di mettere in relazione spettri ambientali e spettri di specie (evoluzione storica del plancton), dall'altro di seguire attentamente la relazione tra spettri di specie e spettri ambientali in ambienti fortemente antropizzati, e quindi con caratteristiche di ampiezza e frequenza delle oscillazioni (evoluzione del plancton per eutrofizzazione) del tutto nuove rispetto ai ritmi «naturali» precedenti.

L'obiettivo che ci siamo posti, in un primo anno di osservazioni, è quello di misurare le ampiezze delle oscillazioni di alcune delle grandezze in gioco (biomassa come clorofilla *a* da un lato, parametri idrografici dall'altro) e le frequenze caratteristiche del sistema in esame con la risoluzione di una settimana e di mezzo miglio rispettivamente nel tempo e nello spazio. Da questi dati si cercherà di inferire la dimensione di domini omogenei rispetto alle varie proprietà e di osservarne la stabilità rispetto a differenti quadri dinamici e nelle varie stagioni. In questo lavoro vengono discussi alcuni risultati relativi alle prime 17 crociere condotte dal 25 febbraio al 15 giugno 1987.

### *L'area studiata*

Precedenti indagini sul Golfo di Napoli (GON), condotte sia alla Stazione Zoologica di Napoli (SCOTTO DI CARLO *et al.*, 1985 e lavori ivi citati) che all'Istituto Universitario Navale (DE MAIO *et al.*, 1985 e lavori ivi citati), hanno fornito un primo quadro che può essere così sintetizzato:



1. Il GON può essere suddiviso in due sottosistemi funzionali, uno di acque aperte, che riproduce dinamiche analoghe a quelle del mar Tirreno, ed un altro costiero, caratterizzato da alta diversità spaziale e temporale della biomassa planctonica e dei parametri idrografici.

2. La circolazione interna presenta un'evoluzione media con un periodo variabile dai 3 ai 7 giorni.

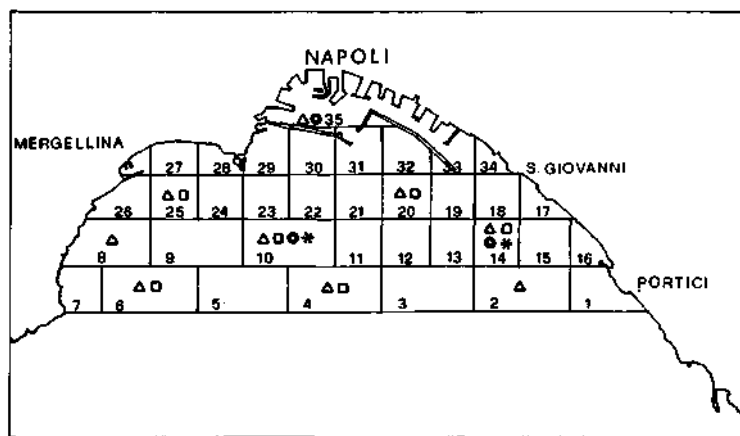
3. Nostri precedenti studi indicano che il sottosistema costiero è generalmente caratterizzato da alti valori di biomassa (fino a  $50 \mu\text{g}$  di clorofilla  $a/l$ ), con popolamenti molto diversificati tra di loro e, talora, anche con alta diversità specifica, e mostra elevata variabilità su piccola scala spaziale ( $\sim 1 \text{ km}$ ) e temporale  $< 1$  settimana).

4. Nel sottosistema costiero i processi di produzione primaria si realizzano per buona parte dell'anno e in misura più rilevante nello strato 0-10 m.

Al tempo stesso manca finora informazione di base sui quadri dinamici possibili, ovvero sul set delle funzioni andamento dei vari parametri per intervalli di tempo prefissati.

## Materiali e metodi

Nell'ambito del GON si è prescelta un'area di circa dieci miglia quadrate, quasi tutta interna al sottosistema costiero, prospiciente la città di Napoli (Fig. 1). Si è suddivisa quest'area in quadrati di mezzo miglio di lato e, al centro di ciascuno o di due accoppiati, si è effettuato in superficie un campionamento settimanale per i diversi parametri (Salinità,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_3$ ,  $\text{P}_4$ ,  $\text{Si}_4$ ), la clorofilla  $a$  e la feofitina. Su sei di questi punti sono state inoltre campionate,



**Fig. 1** - Griglia di campionamento: (•) stazione verticale, (A) profilo CTD, (\*) stazione correntometrica, (O) fitoplancton.

per gli stessi parametri, altre tre quote comprese nei primi 10 m della colonna d'acqua. Su nove stazioni sono stati effettuati profili di conduttività, temperatura, concentrazione di ossigeno e luce dalla superficie al fondo con un CTD «Speedy Seven» della Idronaut. Dal 15 aprile 1987, alle stazioni 10 e 14 sono stati posti, a - 5 e a - 35 m, quattro correntometri Aandera RCM4 a registrazione magnetica, con intervallo di registrazione di 10 minuti. A causa dei numerosi danneggiamenti provocati dal traffico dei natanti, la registrazione dei dati alla stazione 10 è stata sospesa dal 28 maggio.

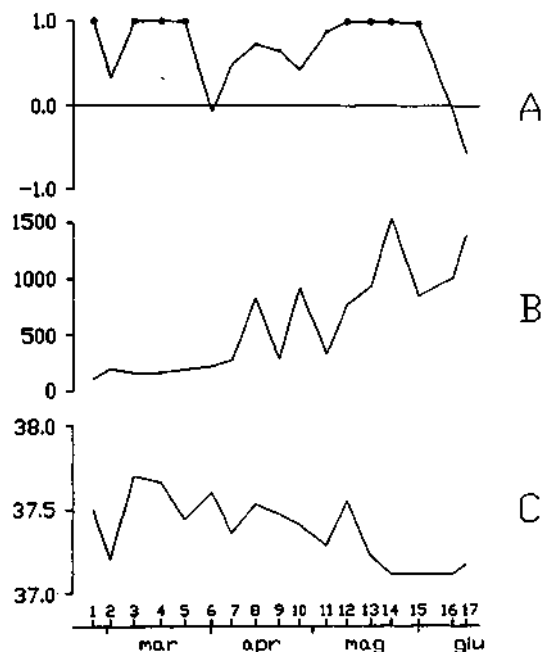
La salinità è stata misurata con salinometro Autosol della Guildline. Le analisi dei nutrienti sono state effettuate con AutoAnalyzer Technicon seconda generazione, secondo le metodiche riportate in SCOTTO DI CARLO *et al.* (1985). Le concentrazioni dei pigmenti sono state misurate a mezzo di un fluorimetro Turner 111 (YENTSCH & MENZEL, 1963). Per i campioni sulla colonna sono state effettuate anche analisi spettrofotometriche (SCOR-UNESCO, 1980).

I dati relativi alle 8 variabili considerate sono stati utilizzati per calcolare, per ciascuna crociera settimanale, una matrice di distanze fra le 35 stazioni, espresse mediante la metrica di Canberra (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983). La metrica scelta in questa prima fase, a differenza di altre (es. trasformazione logaritmica), ha il pregio di non essere basata su assunzioni non verificabili sulla natura dei dati e sulle proprietà statistiche dei descrittori considerati, fornendo al tempo stesso una misura di distanza a cui ogni parametro contribuisce in proporzione alla propria scala di variazione. Tutte le matrici di distanza delle 35 stazioni nello spazio dei descrittori sono state sottoposte al test di MANTEL (1967), al fine di valutare, settimana per settimana, il grado di strutturazione del sistema. Il test di Mantel, infatti, consente di ottenere un indice ( $Z$ ) ed un livello di probabilità ad esso associato, che forniscono una stima del grado di «sovrapponibilità» di due matrici di distanza o di similarità. In questa applicazione, in particolare, si è utilizzata una forma standardizzata di  $Z$ , che quindi può assumere valori compresi fra - 1 e + 1, con lo stesso significato di una misura di correlazione. Sulla base della medesima metrica sono state inoltre realizzate delle stratificazioni dei grafi di distanza relativi a ciascuna crociera (BELLACICCO & LABELLA, 1979). Per la definizione dei grafi sono state utilizzate delle reti di Gabriel (GABRIEL & SOKAL, 1969), mentre il livello di stratificazione è stato fissato a 0,5. Le rappresentazioni ottenute evidenziano essenzialmente le discontinuità, essendo collegati tra loro solo i punti corrispondenti a stazioni fra le quali la distanza nello spazio dei descrittori non supera la soglia prescelta.

## Risultati e discussione

L'andamento temporale dei valori standardizzati della statistica  $Z$  derivata dal test di Mantel ed i relativi livelli di probabilità (Fig. 2a) forniscono informazioni sulla dinamica del sistema, analizzato in termini di tendenza alla destrutturazione ed alla strutturazione su grande scala spaziale. Considerata la forma

approssimativamente semi-ellittica dell'area studiata, lo stato totalmente strutturato deriverà necessariamente dalla presenza di un gradiente nell'insieme delle variabili non solo dalla costa verso il largo, ma anche lungo l'asse maggiore dell'ellisse, cioè lungo la direzione est-ovest.



**Fig. 2** - Andamenti temporali. A: Z standardizzato (Mantel). (O)  $P > 99\%$ , (•)  $P > 94\%$ . B: clorofilla *a* ( $\mu\text{g/l}$ ), media superficiale. C: salinità, media superficiale.

I punti evidenziati da un cerchio nero piccolo o grande contraddistinguono le settimane nelle quali l'ipotesi nulla di indipendenza fra la matrice di distanza nello spazio dei descrittori e quella nello spazio geografico è stata rigettata, rispettivamente al livello di probabilità del 95% o del 99%. Ciò si verifica quando ad elevate distanze nello spazio geografico corrispondono, in media, elevate distanze nello spazio dei descrittori. I rimanenti punti sono invece relativi a situazioni in cui l'ipotesi nulla non è stata rigettata. I valori non significativi, in particolare quelli prossimi allo zero, sono relativi a casi in cui non esiste corrispondenza fra la struttura delle distanze nei due spazi ed inoltre, nel caso dei valori negativi, esiste una certa tendenza ad osservare le distanze maggiori nello spazio dei descrittori fra punti geograficamente vicini.

Risulta evidente che per 11 dei 17 campionamenti presi in esame esiste una correlazione tra distanze geografiche e distanze nello spazio delle variabili significativa almeno al 95%, cioè nel 65% delle osservazioni il sistema si presenta strutturato nello spazio nel senso sopra detto. Nell'intervallo di tempo fra i cam-

pionamenti 6 e 11 il grafico mostra invece un disturbo più o meno marcato della struttura spaziale a larga scala, lasciando supporre la presenza di parti che non seguono l'andamento generale delle variazioni. In due casi  $Z$  assume valori intorno allo zero, ovvero vi è assoluta mancanza di struttura alla scala considerata, mentre in altri tre casi  $Z$  assume valori intermedi tra 0 e 1 o addirittura valore negativo. Si tratta evidentemente di situazioni in cui sono presenti zone più o meno ampie di omogeneità e/o gradienti locali o sottosistemi indipendenti di scala più piccola e simili tra di loro. Va inoltre rilevato che il piano di campionamento è disegnato come compromesso tra le scale spaziali e temporali, desumibili da informazioni precedenti sull'area, e lo sforzo di campionamento realizzabile. La conseguenza è un'informazione sulla coerenza spaziale del sistema, alla scala considerata, migliore di quella sull'evoluzione temporale delle sue parti, potendo facilmente risultare l'intervallo scelto troppo ampio rispetto alla velocità di crescita e rimozione della biomassa. D'altra parte, è comunque ottenibile un quadro dell'evoluzione temporale della coerenza spaziale del sistema nel suo insieme, dato da utilizzare come punto di partenza per indagini a scale diverse.

Gli andamenti delle medie delle concentrazioni di clorofilla  $a$  e della salinità in superficie (Fig. 2b,c) forniscono ulteriori informazioni sulla dinamica del sistema considerato globalmente. Il grafico della clorofilla mostra tre distinti periodi. Fino al campionamento 7 vi è un leggero progressivo accumulo di biomassa in superficie, con valori compresi tra 1 e 2,5  $\mu\text{l}$ . Il secondo periodo, che arriva fino al campionamento 13, è caratterizzato da ampie oscillazioni tra i livelli raggiunti alla prima fioritura primaverile (campionamento 8) e quelli invernali. Il terzo periodo, infine, mostra anch'esso oscillazioni, ma con massimi decisamente più elevati. Ciò implica che, in quest'ultimo periodo, i processi di rimozione della biomassa dalle acque superficiali della baia sono meno efficienti rispetto alla produzione o all'importazione.

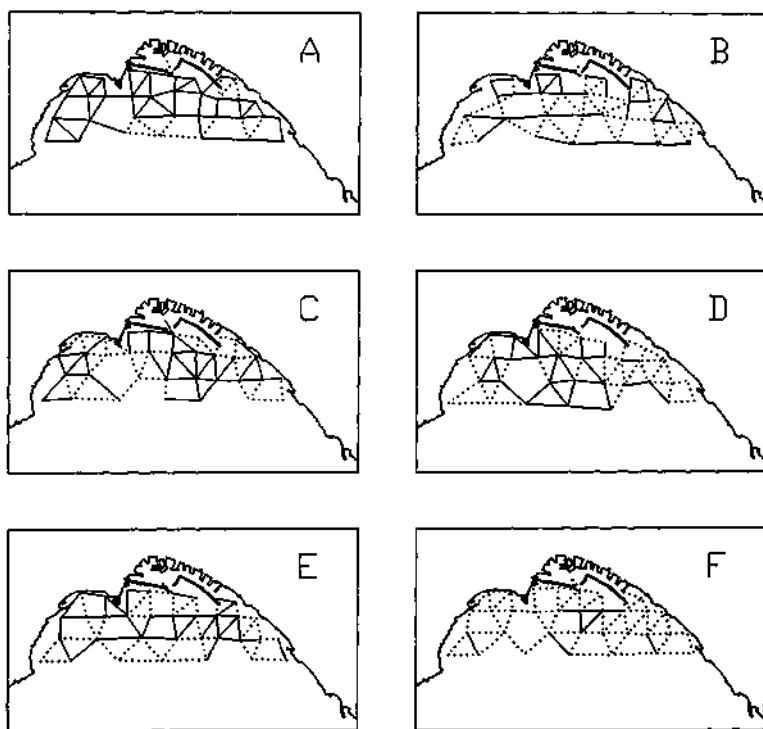
L'andamento della salinità (Fig. 2c) mostra, a partire dal campionamento 3, una tendenza generale alla diminuzione, caratteristica di questo periodo tardo invernale in conseguenza della scarsa evaporazione e delle precipitazioni di questa stagione, che determinano nello strato superficiale un accumulo di acqua dolce, di cui una parte significativa proveniente da terra. Si evidenziano inoltre quattro eventi più marcati in cui si assiste o ad un brusco aumento della salinità (campionamento 3 e 12) o ad un altrettanto brusca diminuzione (campionamenti 2, 5 e 7).

Dall'analisi comparata degli andamenti in Fig. 2 si può osservare che non esiste una relazione univoca tra il cambiamento nel tempo di struttura spaziale e la variazione della salinità media. Mentre ad esempio l'oscillazione fra il campionamento 1 e 3 sembra essere accoppiata ad una forte immissione di acqua dolce, al campionamento 6 succede l'inverso. Al campionamento 12 come al 3, invece, il brusco innalzarsi della salinità corrisponde ad una strutturazione del sistema piuttosto che ad una destrutturazione. Una corrispondenza ancor meno significativa appare fra l'andamento della clorofilla e quello della struttura spa-

ziale, né si evidenzia una relazione significativa fra le fluttuazioni della salinità e della clorofilla. Infatti le variazioni tra due osservazioni consecutive delle due grandezze, mediate sullo spazio, hanno talvolta andamento omologo talvolta opposto. Inoltre la correlazione inversa sul lungo periodo che si osserva tra la clorofilla *a* e la salinità superficiali medie, non trova riscontro a scala più piccola, dove, da stazione a stazione, le due variabili si combinano in molteplici modi.

Non approfondiamo, in questa sede, i rapporti causa-effetto tra i vari fattori, e tra questi e fattori collegati come la stabilità, l'energia cinetica ecc., limitandoci a riaffermare sia la diversità interna al sistema, sia l'importanza dei fattori di scala spaziale e temporale. In altre parole, pur esistendo una tendenza alla strutturazione del sistema, il disaccoppiamento fra le due variabili più rappresentative, rispettivamente la dinamica fisica e quella biologica, è probabilmente dovuto a processi differenziati a scala più piccola.

Una rappresentazione sintetica, per la valutazione dei fattori di scala, delle possibili strutture è mostrata in Fig. 3, dove sono riportati, per alcuni campiona-

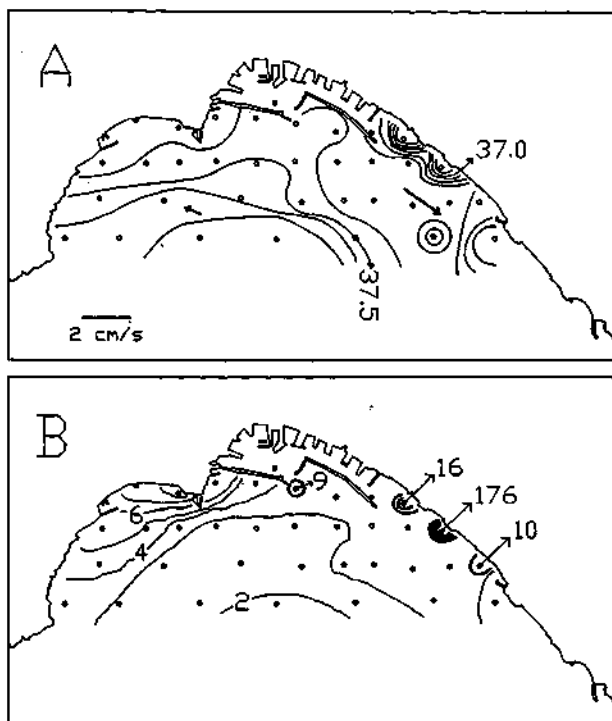


**Fig. 3** - Grafi stratificati rappresentativi di diverse situazioni. Sono evidenziati i gradienti complessi che presentano maggiore continuità. A: campionamento 2 (2-3-87). B: campionamento 3 (9-3-87). C: campionamento 8 (14-4-87). E: campionamento 10 (27-4-87). F: campionamento 15 (1-6-87).

menti, i grafi di distanza stratificati al livello di 0,5. In essi sono evidenziate le discontinuità tra sottoaree all'interno delle quali il gradiente non presenta discontinuità significative.

Il campionamento 2 rivela una notevole similarità fra le stazioni, cosa che concorda con l'assenza di struttura evidenziata dal test di Mantel. Si delinea tuttavia una separazione fra la zona ovest e la più ampia zona est, con una discontinuità tra la stazione 5 e la 10. Il campionamento 3 presenta invece una situazione meno frequente, con una prevalenza in intensità del gradiente nord-sud rispetto a quello est-ovest. Si nota inoltre la separazione in due gruppi delle stazioni a ridosso della zona orientale. I dati idrografici consentono di attribuire questa conformazione ad un significativo flusso di acqua esterna più salata lungo le isobate, che genera un ordinamento spaziale delle stazioni. Il campionamento 6, notevolmente destrutturato, con numerose stazioni significativamente diverse dalle vicine, mostra con estrema chiarezza la suddivisione in tre aree funzionali: zona occidentale, zona centro-orientale e stazioni nella zona orientale e portuale. Il campionamento 8 presenta una distribuzione delle variabili ancora diversa, confermando la tendenza a separarsi delle stazioni sotto la costa est ma evidenziando un grosso patch di stazioni simili al centro della baia. Infine nel campionamento 15, ultimo di una serie di 4 completamente strutturati sulla base del test di Mantel, la rottura di quasi tutti i legami del grafo va interpretata come accentuazione dei gradienti ordinatori che portano le differenze tra le stazioni vicine oltre la soglia prescelta di 0,5. Dal punto di vista della dinamica del sistema, una situazione del genere è spiegabile sulla base di un incremento della velocità dei processi di accumulo ovvero di un rallentamento dei processi di dispersione e di omogeneizzazione.

Particolarmente significativo è il campionamento 10, per il quale l'analisi strutturale (Fig. 3 e) mostra una diffusa disomogeneità spaziale e numerose discontinuità, fra cui quelle del gruppo di stazioni sud-orientali. In figura 4 sono riportate le isoplete superficiali della clorofilla *a* e della salinità, insieme con i vettori velocità della corrente a - 5 m mediati nelle 48 ore precedenti il campionamento. I dati dinamici suggeriscono la presenza di un flusso divergente in prossimità della costa che separa una parte ristretta della zona est dal resto della baia, invece più statica si presenta l'imboccatura del porto. Mentre la zona occidentale è interessata da un forte rilavaggio, meno efficace sotto costa, il gruppo di stazioni orientali mostra in superficie e per i primi 4-5 m, dei quali sono disponibili i profili verticali, uno strato di acqua a più bassa salinità con valori di clorofilla intorno a 3-4 µg/l, con un massimo di 170 µg/l alla stazione 17. Il dato più rilevante di questo campionamento è la dimensione delle macchie di clorofilla, frequentemente inferiore alla maglia del campionamento, e il prevalere di un gradiente di salinità e clorofilla *a* perpendicolare alla linea di costa, compresente ad un flusso divergente.



**Fig. 4** - Campionamento 10 (27-4-87). A: isolinee della salinità. B: isolinee della clorofilla *a* ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ).

### Prime conclusioni

Pur essendo le considerazioni fatte più sopra eminentemente qualitative e sommarie, è tuttavia possibile trarre un primo quadro sintetico.

Il sistema è prevalentemente pilotato dall'apporto di acque dolci cariche di metaboliti, provenienti dalla zona orientale, che crea il gradiente principale e ne determina la struttura spaziale. Questa struttura viene modificata talvolta con la sovrapposizione di un gradiente costa-largo. In entrambi i casi nei quali è stata osservata quest'ultima situazione, la zona orientale era differenziata nettamente da quella centrale e occidentale, mostrando un accumulo di clorofilla *a*.

In circostanze simili, dal punto di vista dinamico, la risposta del fitoplancton è esplosiva o appena osservabile, dando origine a blooms marcati o a deboli gradienti, in relazione alla stagione ed alla fase precedente del popolamento. Per cui, pur potendosi ipotizzare per l'area osservata un limitato numero di possibili modelli di circolazione, le differenze di fase e di forma degli andamenti delle altre grandezze che determinano la biomassa fitoplanctonica, non esclusa la componente idrodinamica ad alta frequenza, producono, nello spazio delle variabili, infiniti quadri dinamici che in prima approssimazione risultano concatenati solo con il quadro precedente.

Risulta inoltre evidente che la scala temporale significativa per i singoli eventi (formazione-mantenimento-dispersione di un bloom) è certamente inferiore alla settimana, mentre la scala spaziale varia da qualche miglio a qualche frazione di miglio, non risolvibile quest'ultima distanza sulla base del piano di campionamento prescelto.

Ai fini dello studio dei processi « elementari » dell'ecologia del plancton, sarà necessario intensificare il campionamento nel tempo e magari confinare le osservazioni ad una delle sub-aree individuate, preferibilmente quella orientale, dove le ampiezze dei fenomeni sono maggiori. Ai fini della descrizione e comprensione della dinamica dell'area sarà necessaria una più approfondita analisi delle informazioni strutturali in relazione con quelle dinamiche, su tutta la serie temporale programmata.

### **Ringraziamenti**

Si ringraziano il Sig. V. Tramontano, comandante della M/B LORAN, la cui competenza e disponibilità hanno reso possibile l'attuazione di questo progetto, e i Sigg. F. Campilli e F. Corato per la preziosa e competente collaborazione nei prelievi a mare e nelle analisi di laboratorio.

### **Summary**

*The relationship between the hydrodynamic energy spectrum and phytoplankton dynamics has attracted increasing attention over the last ten years. Several authors have suggested that different time and space scales of biological processes may correspond to equivalent time and space scales of physical processes and that plankton succession and distribution is part of a multivariate spectrum including physical, chemical and biological factors. Long-term observations are necessary to discern characteristic frequencies and length scales of an ecosystem. A one-year sampling program was begun in the inner Gulf of Naples in February 1987 to study the evolution of phytoplankton biomass (chlorophyll a) and of several physical and chemical variables of the system. Thirty-five surface stations, half a mile apart, were sampled once a week for nutrient concentration, salinity and chlorophyll a. Information about the vertical structure and field of mass were obtained from nine CTD profiles and six hydrocasts. A mooring with two currentmeters (- 5 and - 35 m) was located in the eastern part of the Bay, where the main inflow of land runoff had been observed. Existence of characteristic spatial patterns was tested with both the test of Mantel and a stratification of distance graphs for each cruise. Canberra metrics was used to compute distances between stations. Comparison between the temporal trend of Mantel Z, mean surface chlorophyll and salinity shows, for the first 17 weeks, a dominant east-west gradient in the space of variables, which gives the system a preferred spatial structure. Approximately 1/3 of the*



time this simple structure becomes more complex and diversified, showing smaller scale structures. The biomass distribution and magnitude showed no evident relationship with either spatial structure, in the space of variables, or hydrographic characteristics of the surface layer. A never-ending sequence of different states, each connected only with the previous one, is one of the main features of the system under study.

## Bibliografia

BELLACICCO A., LABELLA A. (1979) - Le strutture matematiche dei dati. Feltrinelli, Milano: 1-630.

DE MAIO A., MORETTI M., SANSONE E., SPEZIE G., VULTAGGIO M. (1985) - Outline of marine currents in the bay of Naples and some considerations on pollutant transport. *Il Nuovo Cimento*, 8 (6): 955-969.

GABRIEL K.R., SOKAL R.R. (1969) - A new statistical approach to geographical variation analysis. *Syst. Zool.*, 18: 259-278.

HARRIS G.P. (1980) - Temporal and spatial scales in phytoplankton ecology. Mechanism, methods, models, and managements. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 877-900.

LEGENDRE L., DEMERS S. (1984) - Towards dynamic biological oceanography and limnology. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41 (1): 2-19.

LEGENDRE L., LEGENDRE P. (1983) - Numerical Ecology. Elsevier, Amsterdam: 1-419.

MANTEL N. (1967) - The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Res.*, 27: 200-220.

MARGALEF R. (1978) - Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanol. Acta*, 1 (4): 493-509.

SCOR-UNESCO (1980) - Determination of chlorophyll in seawater. *SCOR-UNESCO Technical papers in Marine Science*: 1-20.

SCOTTO DI CARLO B., TOMAS C.R., IANORA A., MARINO D., MAZZOCCHI M.G., MODIGH M., MONTRESOR M., PETRILLO L., RIBERA D'ALCALÀ M., SAGGIOMO V., ZINGONE A. (1985) - Uno studio integrato dell'ecosistema pelagico costiero del Golfo di Napoli. *Nova Thalassia*, 7 (suppl. 3): 99-128.

YENTSCH L.S., MENZEL D.W. (1963) - A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep-Sea Res.*, 10: 221-231.

E. TOSTI

L. VOLTERRA\*

G. FORLANI

Stazione Zoologica, Villa Comunale, 80121 Napoli (Italia)

\* Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena 299, 00161 Roma (Italia)

## **INTERAZIONI DI CRESCITA TRA DUE DIATOMEAE, *CYLINDROTHECA FUSIFORMIS* VAR. *FUSIFORMIS* REIMANN E LEWIN E *THALASSIOSIRA ALLENII* TAKANO E BATTERI INDICATORI DI INQUINAMENTO FECALE**

### **Abstract**

Growth interactions between two diatoms and faecal bacteria

*The growth interactions between two diatoms: Cylindrotheca fusiformis var. fusiformis, Thalassiosira allenii and bacteria indicators of faecal pollution are examined. Laboratory experiments indicate antibiotic activity by C. fusiformis var. fusiformis observed in situ, whereas T. allenii has no influence on the strains of bacteria examined. The bacteria exerted no stimulating or inhibitory effect on algal growth.*

**Key-words:** Diatoms, faecal bacteria, growth interactions.

### **Introduzione**

È ben nota in letteratura l'esistenza di reciproche influenze di crescita tra organismi. Molto ben documentate sono le interazioni tra alghe fitoplanctoniche e batteri marini (AUBERT *et al.*, 1980-81). Le reciproche influenze possono manifestarsi in diversi modi che vanno dalla competizione alla produzione di nutrienti fino ad arrivare al rilascio di sostanze stimolanti o inibenti la crescita, da parte di entrambi gli organismi (COLE, 1982; FABREGAS & VEIGA, 1984).

Poco si sa, invece sulle interazioni di crescita fra alghe fitoplanctoniche e batteri terrigeni, provenienti da liquami di scarichi urbani ed agricoli che arrivano a mare senza trattamento. SIEBURTH & PRATT (1962) notavano una spiccata attività anti *E. coli* da parte di *Skeletonema costatum* nella baia di Narraganset (Rhode Island, USA). Questa attività antibiotica fu riscontrata in seguito anche in esperimenti di laboratorio.

Nel corso di una campagna di controllo della qualità igienico-sanitaria dell'acqua delle coste romagnole, si è osservato che acque che ricevevano scarichi di tipo agricolo e domestico e che presentavano mediamente tassi di batteri indicatori di inquinamento fecale anche di  $10^6$ - $10^7$  unità formanti colonie/100 ml, in seguito a fioriture della diatomea *Cylindrotheca fusiformis* var. *fusiformis* risultavano prive di questi stessi batteri. Ciò ha fatto ipotizzare l'esistenza di una attività antibiotica di *C. fusiformis* per cui sono stati effettuati esperimenti di laboratorio al fine di verificare se questa attività fosse presente anche in coltura.

Esperimenti analoghi sono stati effettuati su una microalga planctonica proveniente dal golfo di Napoli, che è un ambiente, al pari delle coste romagnole, sottoposto a scarichi fecali e che ha presentato nel tempo zone costantemente contaminate, con valori di batteri indicatori anche di  $7 \times 10^3$  Coliformi fecali/100 ml (TOSTI & VOLTERRA, 1981). La scelta della specie da studiare è caduta su *Thalassiosira allenii*, una piccola diatomea presente in alte concentrazioni nel plancton costiero tardo primaverile (MARINO & MODIGH, 1981). In entrambi i casi, sia per *C. fusiformis* che per *T. allenii*, è stata saggiata l'attività antibiotica su due ceppi puri di batteri indicatori di inquinamento fecale: *Streptococcus faecium* ed *Escherichia coli*. Per la sola *T. allenii* è stato inoltre valutato l'effetto dei batteri sulla crescita algale, in considerazione anche del fatto che è stata evidenziata un'azione inibitrice degli stessi batteri sulla crescita di *Coolia monotis* (Dynophyceae) proveniente dal golfo di Napoli (TOSTI, dati non pubblicati).

## Materiali e metodi

*C. fusiformis* e *T. allenii* sono state isolate nel periodo di fioritura, portate in coltura monoclonale in terreno f/2 (GUILLARD, 1975) e mantenute a temperatura di 20 °C in celle termostate con fotoperiodo 12:12 e 60-70  $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}$  di luce bianca.

Le colture algali (con concentrazioni di ca  $10^6$  cellule/l) sono state mischiate a sospensioni batteriche contenenti ceppi puri di *Streptococcus faecium* ed *Escherichia coli* con concentrazioni variabili da  $10^4$  a  $10^5$ /ml.

Tali ceppi sono stati isolati dall'ambiente e classificati secondo il sistema API. Per ogni prova è stato preparato un controllo batterico, inoltre ogni esperimento è stato replicato al buio totale.

La crescita batterica è stata eseguita con conte giornaliera inoculando gocce tarate di campione su terreni solidi: M. Eterococcus agar (Difco) a 37 °C per 48 h per *Streptococcus faecium* e Mc Conkey agar (Oxoid) a 37 °C per 24 h per *Escherichia coli*.

Il tasso di crescita di *T. allenii* in presenza dei ceppi batterici è stato calcolato mediante conte giornaliera al microscopio ottico con camera di Thomas iniziando da una concentrazione algale pari a quella della fase iniziale della sua normale curva di crescita (LAWS & WONG, 1978).

## Risultati

La spiccata attività antibiotica di *C. fusiformis* nei confronti dei batteri fecali, già osservata in natura, è stata confermata anche per l'alga di coltura. Le conte batteriche ottenute (Tabella 1) mostrano che, partendo da un inoculo iniziale di  $10^5$  batteri/ml, al terzo giorno della prova nel campione alla luce si ha la scomparsa totale sia di *S. faecium* che di *E. coli* a differenza del controllo che resta sulle concentrazioni iniziali. Diversa è invece la risposta della prova al buio, ove l'attività antibiotica scompare, bilanciata forse dai prodotti forniti dal disfacimento delle cellule algali.

Differenti risultati si hanno per *T. allenii* che non mostra alcuna attività inibitrice la crescita batterica. I batteri misti all'alga si comportano alla luce come i rispettivi controlli decrescendo lentamente a causa dell'ambiente sfavorevole mentre, come osservato negli esperimenti con *C. fusiformis*, nella prova al buio hanno una sopravvivenza maggiore rispetto al controllo (Tab. 2).

Si può infine notare come *T. allenii* non sia a sua volta influenzata in alcun modo dall'azione dei batteri. Le curve di crescita infatti (Fig. 1 e 2) presentano

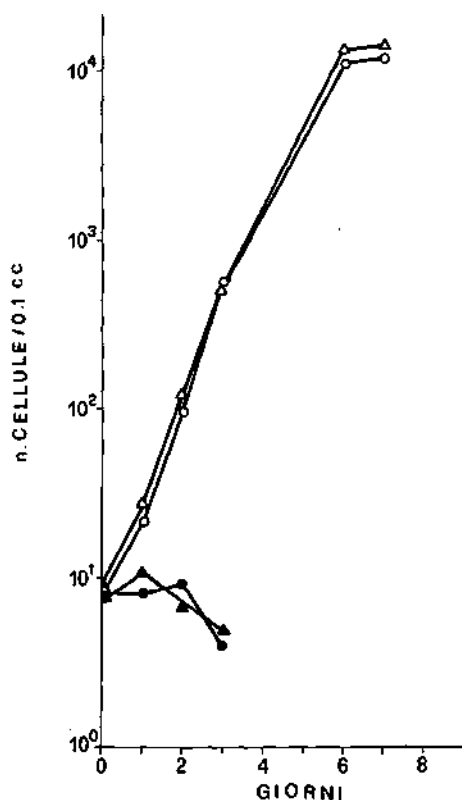


Fig. 1 - Curva di crescita di *Thalassiosira allenii*; Δ = alla luce; ▲ = al buio. Mista a *Streptococcus faecium*; ○ = alla luce, ● = al buio.

**Tab. 1** - Andamento dei valori di batteri formanti colonie/ml in colture miste a *Cylindrotheca fusiformis*.

	GIORNI		
	0	3	4
<i>Streptococcus faecium</i>			
Luce	$10^5$	0	0
Controllo luce	$10^5$	$10^5$	$10^5$
Buio	$10^5$	$10^5$	$10^5$
Controllo buio	$10^5$	$10^5$	$10^5$
<i>Escherichia coli</i>	0	3	4
Luce	$10^5$	0	0
Controllo luce	$10^5$	$10^5$	$10^5$
Buio	$10^5$	$10^5$	$10^5$
Controllo Buio	$10^5$	$10^5$	$10^5$

**Tab. 2** - Andamento dei valori di batteri formanti colonie/ml in colture miste a *Thalassiosira allenii*.

	GIORNI					
	0	1	2	3	4	7
<i>Streptococcus faecium</i>						
Luce	$10^5$	$10^5$	$10^4$	$10^4$	$10^4$	$10^2$
Controllo luce	$10^5$	$10^5$	$10^4$	$10^4$	$10^4$	$10^3$
Buio	$10^5$	$10^5$	$10^5$	$10^5$	$10^5$	$10^5$
Controllo buio	$10^5$	$10^4$	$10^4$	$10^4$	$10^3$	-
<i>Escherichia coli</i>	0	1	2	3	4	7
Luce	$10^4$	$10^4$	$10^4$	$10^3$	$10^3$	0
Controllo luce	$10^4$	$10^4$	$10^3$	$10^3$	$10^3$	$10^2$
Buio	$10^4$	$10^4$	$10^4$	$10^4$	$10^4$	$10^4$
Controllo buio	$10^4$	$10^4$	$10^3$	$10^3$	-	10

una fase esponenziale di ca 7 giorni e una costante di una crescita di 1,5 divisioni per giorno, sia nella coltura mista che nel controllo per la prova alla luce, mentre non si osserva crescita al buio.

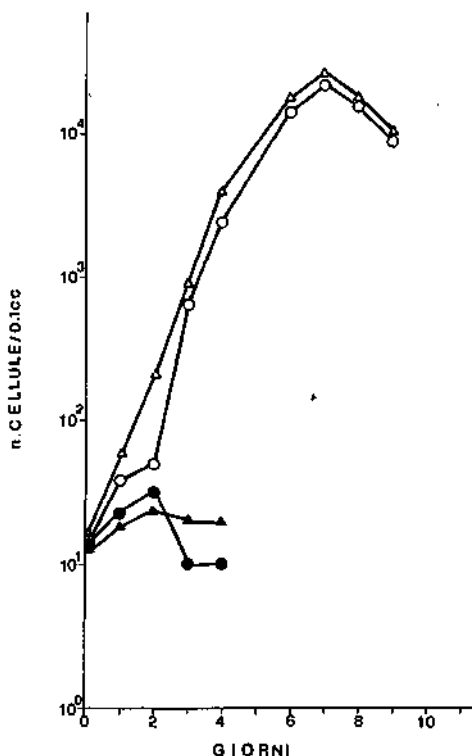


Fig. 2 - Curva di crescita di *Thalassiosira allenii*; Δ = alla luce; ▲ = al buio. Mista a *Escherichia coli*; ○ = alla luce, ● = al buio.

## Discussione

I risultati ottenuti, che mettono in evidenza una spiccata attività inibitrice sulla crescita dei batteri fecali, da parte di *Cylindrotheca fusiformis* pongono svariati interrogativi. L'abbattimento di questi batteri ad opera di alghe fitoplanctoniche può essere ritenuto un vantaggio sotto l'aspetto igienico-sanitario anche se non si può affermare che essi rappresentino tutto il carico inquinante che arriva a mare. Essi sono infatti considerati solo indicatori d'inquinamento (D.P.R. 1982) dato il rapporto più o meno fisso che è stato riscontrato tra la loro presenza e quella dei batteri patogeni.

Resta inoltre da verificare se l'azione battericida che viene esercitata su organismi così diversi tra loro come *E. coli* e *S. faecium* possa essere espletata

anche sui batteri patogeni e sui virus che arrivano a mare con i liquami anche se in misura inferiore agli indicatori.

Si può infine ipotizzare che, se l'antibiosi è ascrivibile a qualche sostanza rilasciata dall'alga, questa possa agire solo alla luce o essere inattivata al buio.

La differente risposta fornita da *T. allenii* isolata dalle acque del golfo di Napoli rispetto a *C. fusiformis* mette in evidenza una diversità fisiologica tra due generi appartenenti alla stessa classe delle Bacillariophyceae. Ulteriori ricerche effettuate su colture di specie isolate da ambienti diversi potranno indicare se, in acque con differenti caratteristiche ecologiche, possano selezionarsi popolazioni di specie morfologicamente non distinte, ma capaci di risposte fisiologiche diverse.

Infine l'aver osservato che i batteri terrigeni presi in esame non hanno alcuna influenza sullo sviluppo di *T. allenii*, a differenza di quanto già notato per *Coolia monotis*, induce a considerare la necessità di estendere le indagini alle reciproche interazioni tra microalghe responsabili di fioriture, o dominanti in diversi periodi dell'anno, e batteri terrigeni, non solo indicatori, responsabili della costante contaminazione dell'ambiente marino costiero.

## Ringraziamenti

Si ringrazia il Dr. Donato Marino per l'opera di coordinamento della ricerca e la revisione critica del manoscritto.

## Summary

*During a cruise in spring 1985 undertaken to assess the quality of ordinarily polluted coastal waters along the coast of Emilia-Romagna, we observed that with Cylindrotheca fusiformis var. fusiformis blooms, bacterial counts indicating faecal pollution were close to 0 versus normal values of  $10^4$ - $10^5$  bacterial colonies/100 ml. Laboratory experiments using monoclonal cultures of this algal species in a mixture with a pure strain of the bacteria Streptococcus faecium and Escherichia coli indicated marked antibiotic activity by the alga.*

*Similar studies are being conducted in the Gulf of Naples using the small diatom species Thalassiosira allenii that is particularly abundant in coastal waters in late spring. We have also assessed the effect of bacteria on algal growth. The results obtained to-date show that unlike C. fusiformis, T. allenii does not exert antibiotic activity. The bacteria did not appear either to stimulate or to inhibit any algal growth.*

*Differences in the physiological activity of the two algal species indicate that such studies have to be extended to other diatom species in coastal waters in the Gulf of Naples, an area that does not show the dominance of a single algal species.*

## Bibliografia

AUBERT M., GAUTHIER M., AUBERT J., BERNARD P. (1980-81) - Nature et fonction de telemediateurs reglant les interactions entre micro-organismes marins. *Rev. Int. Ocean. Med., LCX-LXI* (3): 107-158.

COLE J.J. (1982) - Interactions between bacteria and algae in aquatic ecosystems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 13: 291-314.

Decreto del Presidente della Repubblica. 8 Giugno 1982, n. 470. Attuazione della direttiva (CEE) n. 76-160 relativa alla qualità delle acque di balneazione. *Gazzetta Ufflciale n. 203* 26/7/82.

FABREGAS J., VEIGA M. (1984) - Effect of extracellular and endocellular products from the marine microalgae *Tetraselmis suecica* and *Navicula levissima* on the growth of four marine bacteria. *Rev. Int. Oceanogr. Med., LXXIII-LXXIV*: 59-64.

GUILLARD R.R.L. (1975) - Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. In *Culture of Marine Invertebrate Animals* W.L. Smith, M.H. Chanley (eds), *Plenum Press, N.Y., Lond.*: 338.

LAWS E.A., WONG D.C.L. (1978) - Studies of Carbon and Nitrogen metabolism by three marine phytoplankton species in nitrate limited continuous culture. *J. Phycol.*, 14: 406-416.

MARINO D., MODIGH M. (1981) - An annotated check-list of planktonic diatoms from the Gulf of Naples. *P.S.Z.N.I Marine Ecology*, 2 (4): 317-333.

SIEBURTH J.M., PRATT D.M. (1962) - Anticoliformis activity of sea water associated with the determination of *Skeletonema costatum* blooms. *Trans. N.Y. Acad. Scienc*, 24: 498-501.

TOSTI E., VOLTERRA L. (1981) - Water quality along the Neapolitan coast. *Water, Air and Soil Pollution*, 16: 433-444.



A. VALBONESI \*

L. GUGLIELMO \*\*

\* Dipartimento di Biologia Cellulare dell' Università,  
Via Camerini 2, 62032 Camerino (Italia)

\*\* Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina dell'Università,  
Contrada Papardo, Sperone, 98100 Messina (Italia)

## OSSERVAZIONI PRELIMINARI SU UNA COMUNITÀ ZOOPLANCTONICA DI UN AMBIENTE LAGUNARE INFESTATA DAL PERITRICO *ZOOTHAMNIUM INTERMEDIUM*

### Abstract

Preliminary observations on a lagoon zooplanktonic community infested with the Peritrich *Zoothamnium intermedium*

*The zooplankton community collected in mid-June 1985 from the lagoon Valle Fossa di Porto (Ferrara) consisted of four species of copepods: Acartia clausi, A. latisetosa, Calanipeda aquaedulcis, Euterpina acutifrons, and of zoeae of the shrimp Hippolyte longirostris. With the exception of E. acutifrons, all the other species were found infested with the colonial peritrich Zoothamnium intermedium. Specimens of A. clausi of either sex constituted 92.4% of the whole zooplankton community, and 99.3% of them carried Z. intermedium over the entire body surface.*

**Key-words:** Epizoic Peritrichs, *Zoothamnium*, host-symbiont relationships.

### Introduzione

Numerose specie di *Zoothamnium* sono epibionti comuni su diversi gruppi di Crostacei. Esse sono state trovate su copepodi - *Euchaeta*, *Limnocalanus*, *Eurytemora* (STEUER, 1932), *Pleuromamma* (KAHL, 1935; SEWELL, 1951), *Cyclops* (KAHL, 1935; NENNINGER, 1948), *Acartia* (HERMAN & MIHURSKY, 1964; NAGASAWA, 1986, 1988), *Centropages* (NAGASAWA, 1986, 1988) -, su Anfipodi - *Carinogammarus* (KAHL, 1935; NENNINGER, 1948; STILLER, 1971), *Dicergammarus* (STILLER, 1971), *Gammarus* (PRECHT, 1935; NENNINGER, 1948; FENCHEL, 1965; STILLER, 1971; BIERHOF & ROSS, 1976), *Corophium* (STILLER, 1971), *Microdeutopus* (PRECHT, 1935) -, sui Isopodi - *Asellus* (KAHL, 1935; PRECHT, 1935; NENNINGER, 1948; STILLER, 1971), *Jaera*, *Idothea*, *Sphaeroma* (PRECHT, 1935) - e su Decapodi - *Carcinus* (KAHL, 1935; PRECHT, 1935), *Crangon*, *Leander* (PRECHT, 1935), *Astacus* (NENNINGER, 1948), *Penaeus* (FOSTER et al., 1978;

SONG, 1986). La maggior parte dei lavori sopra citati descrive l'infestazione di un singolo o di pochi individui presenti nei campioni analizzati. Indagini di tipo quantitativo sono solo quelle condotte da HERMAN & MIHURSKY (1964) e NAGASAWA (1986, 1988), rispettivamente sulle comunità zooplanctoniche delle foci del fiume Patuxent (Maryland) e del lago salato Shinhamako (connesso alla baia di Tokyo).

Nel presente lavoro si riportano alcune osservazioni preliminari sul grado di infestazione prodotto da *Z. intermedium* sulla comunità zooplanctonica che nel giugno 1985 popolava il bacino Valle Fossa di Porto (Ferrara).

## Materiali e metodi

I campioni di zooplancton studiati provengono da pescate orizzontali di superficie eseguite il 15 giugno 1985 nella Valle Fossa di Porto per mezzo di un retino del tipo WP2 con maglie da 200  $\mu\text{m}$ . Durante ogni pescata sono stati filtrati circa 7 m<sup>3</sup> di acqua e portati ad un volume di 250 ml. I campioni così prelevati venivano immediatamente fissati con formalina al 5%. Contemporaneamente ai prelievi di zooplancton sono stati rilevati i seguenti parametri chimico-fisici dell'acqua: temperatura, 21 °C; salinità, 29,5 ‰; pH, 8,2.

In laboratorio è stato prelevato da ogni campione un'aliquota di 10 ml per determinare la concentrazione ed il grado di infestazione degli organismi zooplanctonici e tale procedura è stata ripetuta tre volte per ottenere dei valori medi. Nell'elaborazione dei dati relativi al grado di incidenza delle colonie di *Z. intermedium* sull'ospite abbiamo fissato dei valori arbitrari che ci hanno consentito di distinguere due livelli di infestazione: «lieve» (da 1 a 10 colonie per Copepode, da 1 a 100 colonie per zoea) e «massiva» (oltre 10 colonie per Copepode, oltre 100 colonie per zoea).

Gli esemplari per il microscopio elettronico a scansione sono stati tolti dalla formalina, lavati con tampone cacodilato 0,1 M, fissati con la soluzione Parducz (6 ml di OsO<sub>4</sub> al 2%, 1 ml di soluzione satura di HgCl<sub>2</sub>), disidratati in alcool etanolo ed in CO<sub>2</sub> liquida (portata successivamente ad evaporazione per mezzo di un «critical point-drier Emscope CPD 750»), ricoperti con una sottile pellicola (350-400 Å) di oro (in un «Agar Aids Sputter coater apparatus») ed infine osservati con un Cambridge Stereoscan 200.

Per l'osservazione dell'apparato nucleare di *Z. intermedium* gli esemplari sono stati colorati con aceto-orceina.

## Risultati e discussione

### *Caratteristiche morfologiche di Zoothamnium intermedium*

*Z. intermedium* ha una struttura coloniale con ramificazioni di tipo dicotomico (Tav. I, 1). Il numero di individui (zoidi) che compongono una colonia è in

media otto, ma questo numero può variare molto in relazione al grado di sviluppo della colonia stessa. Le colonie maggiormente sviluppate possono consistere anche di 28 zoidi. Questi hanno tipicamente una forma a campana rovesciata e sono lunghi in media 40  $\mu\text{m}$ . La loro larghezza varia da 10-12  $\mu\text{m}$  a livello del polo aborale a 20-24  $\mu\text{m}$  a livello del polo orale. La regione orale, o peristomio, è delimitata da «labbra peristomiali» e porta impiantate numerose cilia disposte su due file circolari concentriche (Tav. I, 2). La superficie dello zoide presenta numerose striature circolari, regolarmente distanziate le une dalle altre di circa 0,5  $\mu\text{m}$  (Tav. I, 3). Il peduncolo è di forma tubulare con un diametro di circa 8,5  $\mu\text{m}$  e presenta una superficie liscia. Nel suo interno è alloggiato lo spasmonema che interconnette tutti gli zoidi della colonia determinandone la simultanea contrazione.






L'apparato nucleare di *Z. intermedium* consta di un macronucleo a forma di «C» e di un micronucleo sferico, entrambi situati al di sotto del peristomio ( riquadro di Fig. 1).

#### Composizione ed infestazione della comunità zooplanctonica

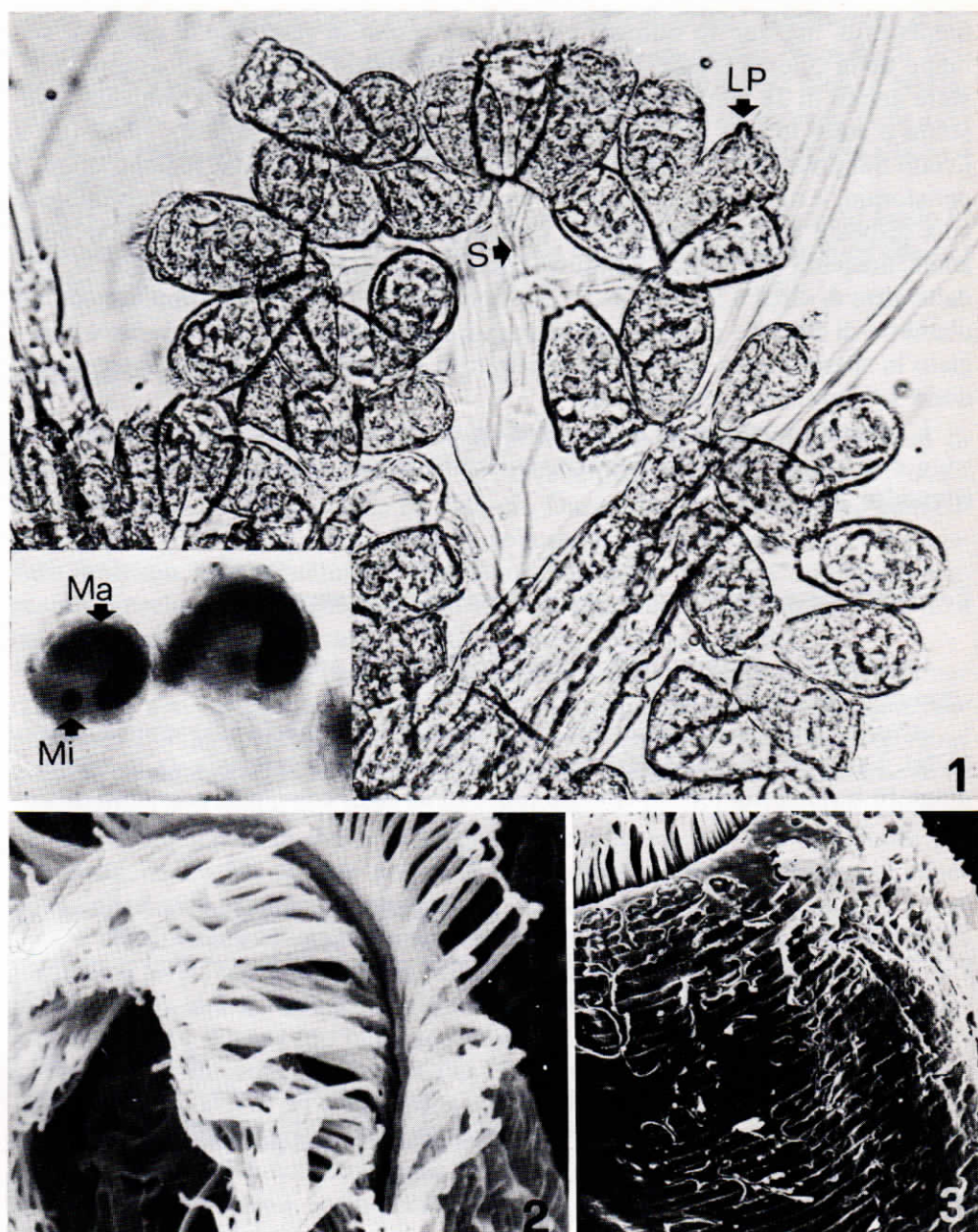
In Tabella 1 è riportata la composizione ed il grado di infestazione della comunità zooplanctonica.

*Acartia clausi*, con una densità di 3282 ind./m<sup>3</sup> è la specie più rappresentativa (92%). La quasi totalità degli esemplari (99,3%) risulta infestata da *Z. intermedium*. In base al numero di colonie presenti su ogni Copepode possiamo distin-

Tab. 1 - Composizione ed infestazione da *Zoothamnium intermedium* della comunità zooplanctonica presente nella Valle Fossa di Porto (15 giugno 1985).

Specie	ind./m <sup>3</sup> (*)		% di esemplari infestati	
			0	100
<i>Acartia clausi</i>	3282	(92,4%)		
<i>Acartia latisetosa</i>	42	(1,2%)		
<i>Calanipeda aquaedulcis</i>	3	(0,1%)		
<i>Euterpina acutifrons</i>	46	(1,3%)		
<i>Hyppolyte longirostris</i> (stadio di zoea)	175	(4,9%)		

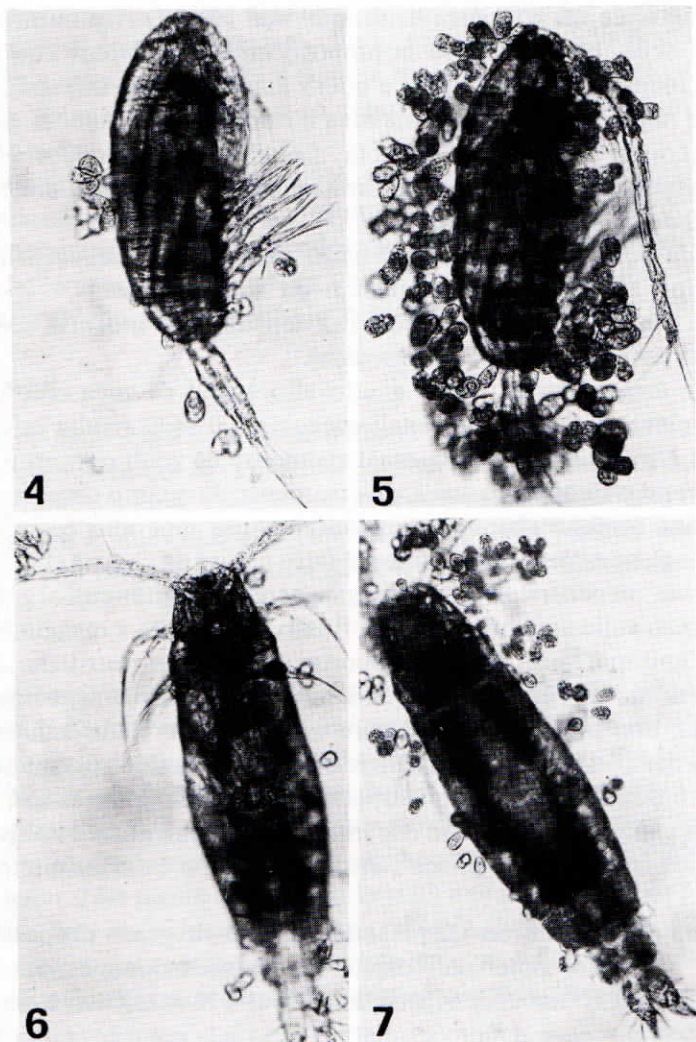
(\*) numero medio approssimato per difetto; □ lieve infestazione; ■ massiva infestazione.



Tav. I - 1: Colonia di *Zoothamnium intermedium* osservata al microscopio ottico; LP, labbra peristomiali; S, spasmonema ( $\times 450$ ). Nel riquadro (in basso a sinistra) è mostrato l'apparato nucleare degli zoidi; Ma, manonucleo, Mi, micronucleo ( $\times 700$ ). 2: Particolare della ciliatura orale di uno zoide osservato al microscopio elettronico a scansione ( $\times 7000$ ). 3: Particolare della superficie di uno zoide osservato al microscopio elettronico a scansione ( $\times 4000$ ).



guere due gradi di incidenza: lieve (Tav. II, 4), osservata in circa il 31,6% e massiva (Tav. II, 5) osservata nel restante 67,7%. Nel caso di incidenza lieve l'infestazione è dovuta principalmente a zoidi primari, cioè ad individui che non hanno ancora evoluto una organizzazione coloniale, mentre nel caso di incidenza massiva le colonie, in media 26 per individuo, sono tutte ben sviluppate. In entrambi i casi, le colonie e gli zoidi primari sono ugualmente distribuiti su tutta la superficie dell'ospite senza alcuna apparente preferenza per una partico-



Tav. II - 4: Individuo di *Acartia clausi* lievemente infestato con *Z. intermedium* ( $\times 75$ ). 5: Individuo di *Acartia clausi* massivamente infestato con *Z. intermedium* ( $\times 75$ ). 6: Individuo di *Acartia latisetosa* lievemente infestato con *Z. intermedium* ( $\times 75$ ). 7: Individuo di *Acartia latisetosa* massivamente infestato con *Z. intermedium* ( $\times 75$ ).

lare regione corporea. Analogamente, non sembra esserci alcuna particolare correlazione fra il grado di incidenza ed il sesso dell'ospite: su un campione di 100 individui, tutti ugualmente infestati, è stato calcolato un rapporto di 1,17 fra femmine e maschi. In tutti i campioni osservati, gli individui di *A. clausi* erano rappresentati da forme adulte e da copepoditi degli stadi avanzati per cui non è stato possibile stabilire se esiste una correlazione fra grado di infestazione ed i diversi stadi di sviluppo dell'ospite.

*Acartia latisetosa* è una specie poco rappresentata avendo una densità di soli 42 ind/m<sup>3</sup> (corrispondente all'1,2%). Analogamente a quanto osservato in *A. clausi*, la stragrande maggioranza degli individui (91,8%) risulta infestata da *Z. intermedium*, sebbene sia diversa la proporzione fra individui che presentano una lieve incidenza, 83,4 (Tav. II, 6) e quelli massivamente infestati, 8,4% (Tav. II, 7). Inoltre nei casi di incidenza massiva il numero delle colonie risulta sensibilmente inferiore, mediamente la metà, a quello osservato in *A. clausi*. Sembrerebbe pertanto esistere una certa limitazione all'espandersi delle colonie di *Z. intermedium* su questo ospite.

*Calanipeda aquaedulcis* è rappresentato da 3 ind/m<sup>3</sup> (0,1%). Gli esemplari osservati erano tutti lievemente infestati da zoidi primari.

*Euterpina acutifrons* è presente con una densità di 46 ind/m<sup>3</sup> (1,3%). Nessun individuo era infestato da *Z. intermedium*.

*Hyppolyte longirostris* è presente solo allo stadio di zoea con 175 ind/m<sup>3</sup> (4,9%). Una elevata percentuale di tali zoeae, circa il 96%, risulta infestata da *Z. intermedium*. L'infestazione è data essenzialmente da zoidi primari e da colonie non ancora bene sviluppate le quali, diversamente da quanto osservato nei copepodi, si trovano preferenzialmente impiantate sulle appendici (essenzialmente, appendici toraciche e pleopodi). Come già fatto notare da CLAMP (1973) per *Lagenophrys lunatus*, un peritrico epizoico su gamberetti appartenenti al genere *Palaeomontes*, l'attacco sulle appendici, dove il flusso di corrente è maggiore, potrebbe garantire all'epibionte un maggior apporto di sostanze nutritive. Sebbene il numero di colonie di Peritrichi presenti sopra ogni zoea si aggiri mediamente sulle 80 unità, non possiamo considerare questo valore come indicativo di una incidenza massiva, in quanto la superficie corporea delle zoeae presenta vaste aree del carapace e dell'addome completamente prive di *Z. intermedium*. Verosimilmente, il breve intervallo di tempo che intercorre tra una muta e l'altra, durante i diversi stadi di zoea, non favorisce l'insorgere di una infestazione massiva.

I dati sopra esposti indicano la presenza di un certo grado di specificità fra *Z. intermedium* ed i suoi potenziali ospiti. Tale conclusione è in accordo con quanto riportato da HERMAN & MIHURSKY (1964) e NAGASAWA (1986, 1988) per le specie di *Zoothamnium* da loro studiate. Tuttavia la mancanza di informazioni sugli andamenti stagionali, relativi sia alla densità che al grado di infestazione delle specie presenti nella Valle Fossa di Porto, non ci permette di stabilire in modo univoco se la maggiore diffusione di *Z. intermedium* su *A. clausi* sia imputabile a fenomeni di specie-specificità, oppure dipenda dalla temporanea

colonizzazione dell'ambiente da parte di questa specie. Inoltre, la mancanza di esperimenti su animali vivi non ci ha permesso di valutare quali siano le conseguenze prodotte sull'ospite da questo tipo di infestazione. Come già fatto notare da HERMAN & MIHURSKY (1964) e HENERBY & RIDGEWAY (1979), una presenza massiva di epibionti potrebbe interferire negativamente sulle capacità natatorie degli ospiti i quali risulterebbero così maggiormente esposti alla predazione. Infestazioni massive di *Zoothamnium*, localizzate a livello branchiale in gamberetti del genere *Penaeus*, sono state ritenute responsabili delle alte mortalità per asfissia, osservate in alcuni impianti di crostaceicoltura in Texas e Luisiana (JOHNSON *et al.*, 1973; OVERSTREET, 1973). A tale proposito HERMAN & MIHURSKY (1964) hanno ipotizzato che la sostituzione della specie dominante *A. tonsa* con *A. clausi*, osservata nel mese di Aprile alle foci del fiume Patuxent (Maryland), poteva essere messa in relazione con la massiva infestazione di *Zoothamnium* sp. su *A. tonsa*.

L'individuazione di una comunità zooplanctonica massivamente infestata con *Z. intermedium*, come quella presente nella Valle Fossa di Porto, costituisce un buon presupposto per intraprendere uno studio più approfondito che tenga conto sia dell'andamento stagionale del processo di infestazione sia dei meccanismi che, a livello ultrastrutturale e biochimico, regolano questa simbiosi.

### Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare il Prof. P. Luporini (Università di Camerino) e i due anonimi Referees per i preziosi consigli dati nella stesura del manoscritto. Si ringrazia inoltre il Prof. Andreoli per averci fornito i campioni di zooplankton. Il presente lavoro è stato eseguito con i fondi 60% del Ministero della Pubblica Istruzione e con un contributo del CNR (P. F. IPRA, sottoprogetto No. 1746).

### Summary

*During an ecological investigation carried out in mid-June 1985 in the lagoon Valle Fossa di Porto (Ferrara, Italy), a large number of epizoid Peritrichs, identified as Zoothamnium intermedium, were observed attached to the copepods Acartia clausi, A. latisetosa, Calanipeda aquaedulcis and to the zoeae of the shrimp Hippolyte longirostris. Z. intermedium forms dichotomously branching colonies. The bell-shaped zooids averaged 40 µm in length and 20-24 µm in width, measured at the oral region. This region is encircled by a lip and bears a complex ciliary wreath. The body surface shows annular striae regularly spaced 0.5 µm from each other. The stalks contain a continuous spasmoneme connecting all the daughter zooids. The nuclear apparatus consists of a C-shaped macronucleus and a roundish micronucleus.*

*Within the zooplanktonic community, A. clausi was by far the most common species (92.5%), and 99.3% of them hosted Z. intermedium. Whereas in the copepods Z. intermedium was found distributed over the whole body surface of both sexes, in the shrimp zoeae, it appeared preferentially attached to the appendages.*

## Bibliografia

- BIERHOF M.J., ROSS P.J. (1976) - Sedentary ciliates from two Dutch freshwater *Gammarus* species. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 46: 151-170.
- CLAMP J.C. (1973) - Observations on the host-symbiont relationships of *Lagenorhynchus lunatus* Imamura. *J. Protozool.*, 20: 558-561.
- FENCHEL T. (1965) - On the ciliate fauna associated with the marine species of the amphipod genus *Gammarus* J.G. Fabricius. *Ophelia*, 2: 281-303.
- FOSTER C.A., SARPHE T.G., HAWKINS W.E. (1978) - Fine structure of the peritrichous ectocommensal *Zoothamnium* sp. with emphasis on its mode of attachment to penaeid shrimp. *J. Fish. Dis.*, 1: 321-335.
- HENERBY M.S., RIDGEWAY B.T. (1979) - Epizoic ciliated protozoa of planktonic copepods and cladocerans and their possible use as indicators of organic water pollution. *Trans. Amer. Micros. Soc.*, 98: 495-508.
- HERMAN S.S., MIHURSKY J.A. (1964) - Infestation of the copepod *Acartia tonsa* with the stalked ciliate *Zoothamnium*. *Science*, 146: 543-544.
- JOHNSON S.K., PARKER J.C., HOLCOMB H.W. (1973) - Control of *Zoothamnium* sp. on penaeid shrimp. *Proceedings of the 4th Annual Workshop, World Mariculture Society*: 321-331.
- KAHL A. (1935) - Urtiere oder Protozoa. I: Wimpertier oder ciliata (Infusoria). 4. Peritricha und Chonotricha. In: *Die Tierwelt Deutschlands* F. Dahl (ed.), 30. G. Fisher, Jena: 651-864.
- NAGASAWA S. (1986) - The peritrich ciliate *Zoothamnium* attached to the copepod *Centropages abdominalis* in Tokyo Bay waters. *Bull. Mar. Sci.*, 38: 553-558.
- NAGASAWA S. (1988) - The copepod *Centropages abdominalis* as carrier of stalked ciliate *Zoothamnium*. *Hydrobiologia* (in stampa).
- NENNINGER U. (1948) - Die Peritrichen der Umgebung von Erlangen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Wirtsspezifität. *Zool. Jb., Abt. Syst.*, 77: 169-266.
- OVERSTREET R.M. (1973) - Parasites of some penaeid shrimps with emphasis on reared hosts. *Aquaculture*, 2: 105-140.
- PRECHT H. (1935) - Epizoen der Kieler Bucht. *Nova Acta Leopoldina*, 3: 405-474.
- SEWELL R.B.S. (1951) - The epibionts and parasites of the planktonic Copepoda of the Arabian Sea. *Scient. Rep. John Murray Exped.*, 9: 255-394.
- SONG W. (1986) - Ecological studies on the Peritrichs attaching on *Penaeus orientalis* Kis. from beach of Bohai Bay and Yellow Sea. *J. of Shandong college of Oceanol.*, 16: 86-97.
- STILLER J. (1971) - Peritricha - Szàjkoszorus Csillósok. *Fauna Hungariae*, 105: 1-245.
- STEUER A. (1932) - Copepoda: *Pleuromamma* Giesbr. 1898 der Deutschen Tiefsee-Expedition. *1898-1899*, 24: 1-119.



G. BELMONTE\*

G. BENASSI\*\*

I. FERRARI\*\*\*

\* Dipartimento di Biologia dell'Università,

Via Prov.le Lecce-Monteroni, 73100 Lecce (Italia)

\*\* Istituto di Ecologia dell'Università, Viale delle Scienze, 43100 Parma (Italia)

\*\*\* Istituto di Zoologia dell'Università, Via Borsari 46, 44100 Ferrara (Italia)

## L'ASSOCIAZIONE DI QUATTRO SPECIE DI ACARTIA NEL LAGO DI ACQUATINA (BASSO ADRIATICO)

### Abstract

*Acartia* species association in a southern Adriatic lagoon

*Zooplankton samples were collected monthly from March to November 1987 in Acquatina Lake, a coastal lagoon in the southern Adriatic Sea. Biocoenosis is mainly represented by meroplankton forms and four congeneric species of copepods: Acartia latisetosa Kriczaguin, A. margalefi Alcaraz, A. josephinae Crisafi and A. italica Steuer. The highest densities of Acartia (up to  $10^4$  ind.  $\bullet$  m $^{-3}$ ) occur in the zones of the lagoon characterized by a higher trophism. The dominant species are A. margalefi from March to July and A. latisetosa in the other months.*

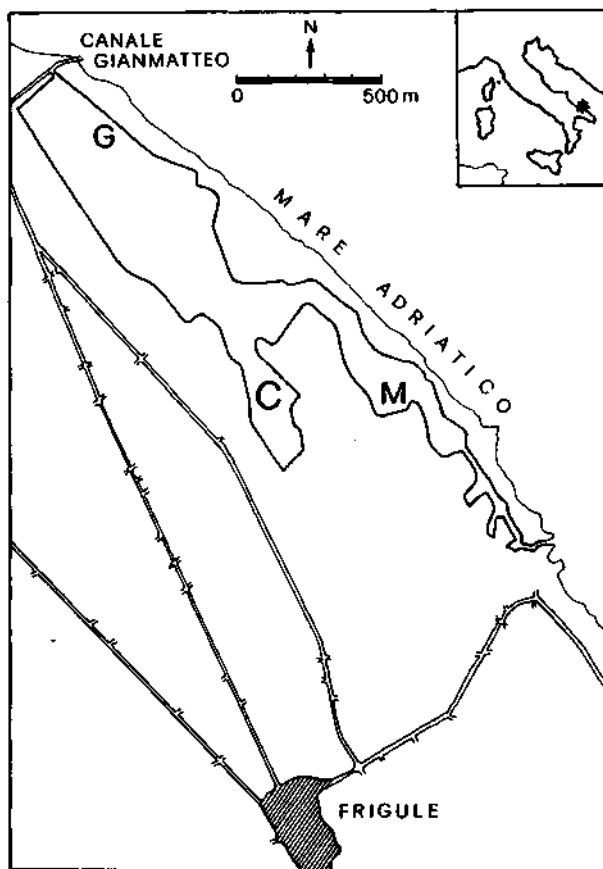
**Key-words:** coastal lagoons, zooplankton, *Acartia*.

### Introduzione

Il lago di Acquatina (area 45 ha, profondità media circa 1 m) si estende, parallelamente alla linea di costa, a NE di Lecce, nel Basso Adriatico. Presenta uno spiccato gradiente idrologico da SE, dove il bacino è in diretta comunicazione con il mare, a NW dove riceve acque dolci da un canale. Su questo lago costiero sono stati eseguiti, con periodicità mensile, dal marzo al novembre 1986, campionamenti di zooplankton in tre stazioni (Fig. 1) e, contemporaneamente, rilevamenti di parametri idrologici, in particolare di stato trofico delle acque (ossigeno disciolto, potenziale redox, concentrazione dei nutrienti). Lo zooplankton è stato campionato con retino Apstein standard ad apertura di maglia di 200  $\mu$ m.

Nel periodo considerato la salinità varia entro un range compreso tra il 15‰ ed il 37‰ e la temperatura da un minimo di 11,9 °C a un massimo di 30,8 °C. Lo zooplankton è principalmente rappresentato da due componenti, meroplankton

e Copepodi. Il meroplancton comprende larve di Policheti, di Molluschi, di Cirripedi, di Decapodi, di Ascidiacei e di Foronidei. Tra i Copepodi è nettamente dominante *Acartia*; solo in alcuni campioni compaiono Arpacticoidi fitali o ben-



**Fig. 1** - Il lago di Acquatina: sono indicate le stazioni di campionamento dello zooplancton.

tonici dei generi *Metis*, *Canuella*, *Harpacticus* e *Tisbe*. *Acartia* è presente con quattro specie tipiche di ambienti lagunari e costieri: *A. latisetosa* Kriczaguin, *A. margalefi* Alcaraz, *A. josephinae* Crisafi e *A. italica* Steur.

Questa associazione appare del tutto inedita rispetto a quelle descritte dai pochi autori che si sono occupati della distribuzione di *Acartia* in aree costiere italiane. In realtà, delle quattro specie rinvenute nel Lago di Acquatina, solo *A. latisetosa* è nota per essere ampiamente diffusa, spesso con alte densità, lungo tutte le coste del Mediterraneo.

*A. margalefi* è stata segnalata per la prima volta in Italia nel 1984 nel Golfo di Napoli, nei laghi Pontini (COEN & MAZZOCCHI, 1985) e nel Delta del Po

(FERRARI *et al.*, 1985); è presente anche nella Laguna di Venezia (COMASCHI, com. pers.) e nella Laguna di Caorle.

*A. italica* è stata rinvenuta per la prima volta agli inizi del secolo da Steuer nel porto di Brindisi (CARLI & CRISAFI, 1983); CRISAFI & CRESCENTI (1972) hanno esaminato esemplari di questa specie provenienti dal Porto di Milazzo e dalla Rada di Augusta.

*A. josephinae* è stata identificata da CRISAFI (1974) in campioni di plancton di acque costiere siciliane e spagnole; più recentemente è stata segnalata da VALBONESI & GUGLIELMO (1982) lungo la costa trapanese; non era mai stata trovata in Adriatico.

Nel Lago di Acquatina i valori mediamente più alti di densità totale di *Acartia* (copepoditi e adulti) si hanno nelle stazioni più interne, dove meno risentita è l'influenza del mare e più alto è il grado di trofia delle acque: la densità massima (sui  $10^4$  ind  $\cdot$  m $^{-3}$ ) è stata trovata in luglio nella stazione C (Fig. 2). Si osserva lo stesso trend successionale delle specie in tutte le stazioni: *A. margalefi* è dominante da marzo a luglio, *A. latisetosa*, da luglio a novembre; *A. italica* mostra un evidente massimo di abbondanza in agosto; sempre assai contenuta è l'importanza numerica di *A. josephinae*.

Questi primi risultati sollecitano un approfondimento della ricerca in più direzioni. Rispetto al problema della successione *A. margalefi* - *A. latisetosa* (la prima specie è di taglia nettamente inferiore) sembra importante un'indagine sulle interazioni trofiche che legano il complesso delle specie di *Acartia* da un

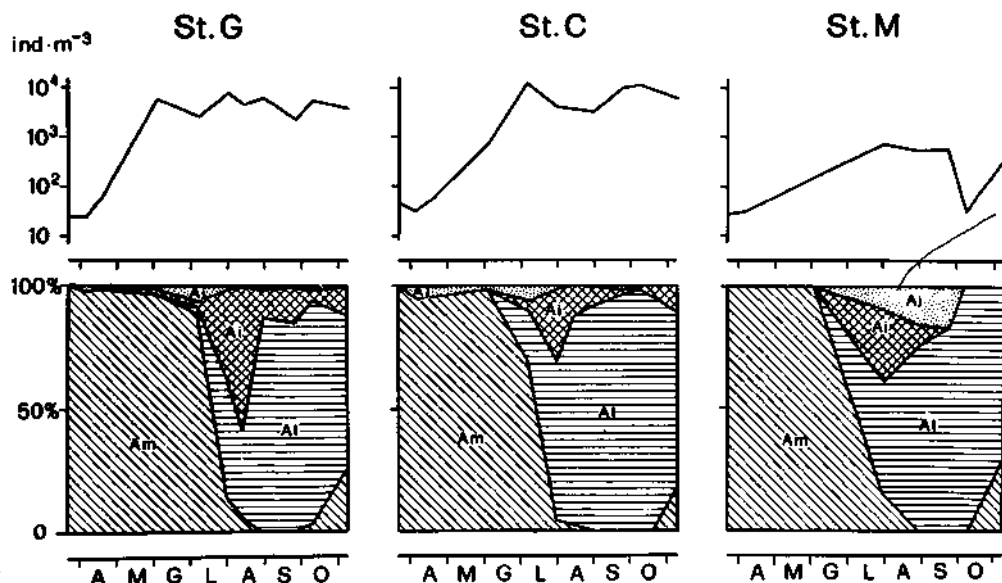


Fig. 2 - Densità di *Acartia* (copepoditi e adulti) nelle tre stazioni e incidenza percentuale degli adulti di ciascuna delle 4 specie (Am: *A. margalefi*, Al: *A. latisetosa*, Ai: *A. italica*, Aj: *A. josephinae*).

lato alla disponibilità (e alla struttura dimensionale) del cibo particellato, dall'altro alla predazione selettiva da parte di organismi planctofagi. Un altro tema di rilevante interesse riguarda l'analisi di tratti fondamentali della «life history» delle singole specie, ad esempio la comparsa di forme di resistenza (uova durature) in una determinata fase del ciclo stagionale. Più in generale, i risultati di questo lavoro richiamano l'opportunità di sviluppare un programma coordinato di ricerche sulla distribuzione di *Acartia* nelle nostre aree costiere, sui gradienti di confinamento delle diverse specie negli ambienti lagunari, sui tipi ricorrenti di associazione.

### Bibliografia

CARLI A., CRISAFI P. (1983) - Copepodi lagunari. C.N.R., AQ/1/230, 11: 1-125.

COEN R., MAZZOCCHI M.G. (1985) - Ritrovamento di *Acartia margalefi* ALCARAZ, 1976 (Copepoda: Calanoida) nel Golfo di Napoli ed in laghi costieri laziali. *Oebalia*, 11: 789-791.

CRISAFI P. (1974) - Inquinamento e speciazione: *Acartia josephinae* e *A. enzoi* (Copepoda, Calanoida), specie nuove del Mare Mediterraneo. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 29: 5-10.

CRISAFI P., CRESCENTI M. (1972) - Comportamento, morfologia, sviluppo, misure, confronti e revisione di otto specie della famiglia Acartiidae, incontrate in acque marine inquinate soprattutto da scarichi industriali. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 27: 221-254.

FERRARI L., CARRIERI A., COEN R. (1985) - Distribuzione delle taxocenosi planctoniche a Copepodi e Cladoceri nella Sacca di Scardovari. *Oebalia*, 11: 187-201.

VALBONESI A., GUGLIELMO L. (1982) - Struttura della comunità zooplanctonica in un ambiente costiero trapanese. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 50: 360-367.

G.B. PALMEGIANO  
CNR - CSAAPZ, Via Nizza 52, 10126 Torino (Italia)

## IL RUOLO DELLA NUTRIZIONE IN ACQUACOLTURA

**Key-words:** Nutrition, chronobiology, feedstuff, biological value.

### Introduzione

Nel novembre dello scorso anno, nell'introduzione ad un convegno di crostaceicoltura, fu presentato uno schema degli elementi di giudizio per la selezione di aree idonee allo sviluppo di tale allevamento (LUMARE, 1986). Gli elementi componenti lo schema in questione sono: il clima, la tradizione, il costo del lavoro, la disponibilità di novellame, il costo del terreno, la stabilità politica ed il know how. Si tratta di un elenco sostanzialmente esaustivo, estensibile alla maggior parte delle produzioni di acquacoltura.

Comparando, sia pure superficialmente, le situazioni di aree a clima temperato con quelle a clima tropicale o subtropicale mi pare evidente che queste ultime siano nettamente favorite per questo tipo di produzioni in confronto alle nostre aree. Soprattutto se si tiene conto del fatto che sia la crostaceicoltura, sia la molluschicoltura sia la vallicoltura, nonostante i correttivi introdotti con la cosiddetta «vallicoltura moderna», sono modelli «a bassa tecnologia». I paesi tropicali possono contare su un maggior numero di mesi a temperature medio alte che consentono più raccolti all'anno e su un più ricco e facile reperimento naturale di novellame. Si tenga poi conto che da tempo la FAO ha avviato progetti di sviluppo dell'acquacoltura nordafricana e mediorientale e che tecnici di quelle nazioni si stanno addestrando in vari paesi europei. La previsione è che nel medio e lungo termine si avrà sul mercato nazionale pesce pregiato a prezzi più bassi rispetto a quelli attualmente praticati in Italia.

Ma allora l'acquacoltura marina è già una partita persa per l'Italia? No, evidentemente, se e finché si sarà in grado di mettere a punto sistemi di produzione a forte contenuto tecnologico. Proprio l'alimentazione e la nutrizione possono rappresentare la chiave per ottenere quei risultati innovativi che, una volta consolidati, consentano all'Italia di svolgere un ruolo nell'acquacoltura mediter-

reana. Ci sono poi alcuni temi di ricerca che vanno affrontati o approfonditi perché rappresentano gli argomenti più promettenti di risultati applicativi quali la valutazione dei ritmi temporali di assunzione delle varie componenti chimiche, del valore nutritivo delle materie prime, dell'effetto del numero dei pasti giornalieri, della manipolazione tecnologica delle materie prime e delle formulazioni sulla conversione alimentare. Tutti questi elementi interagiscono, unitamente alla temperatura di allevamento, nella determinazione della qualità delle derrate, che deve diventare uno degli obiettivi di chi si occupa di alimentazione in acquacoltura.

La maggior parte delle ricerche sui problemi della nutrizione è stata condotta a sostegno della troficoltura e genericamente degli allevamenti dulciacquicoli. Inoltre, sotto l'aspetto degli studi nutrizionali, l'acquacoltura è forse il settore meno avanzato della zootecnica. È importante prenderne atto anche se non necessariamente ciò è uno svantaggio, poichè l'esperienza della zootecnica classica, quella dei grandi animali per intenderci, ma anche quella dei Salmonidi, può farci da utile guida nella pianificazione del nostro lavoro.

È certo ormai che è finito il tempo della «buona cucina» nell'alimentazione degli organismi acquatici. È finito il tempo delle esperienze puramente empiriche. Non si può più rimandare l'avvio di programmi di studio che affrontino su basi nutrizionali i problemi dell'alimentazione in acquacoltura marina se si vuole che essa finalmente decolli come settore economico. Questa relazione è certamente limitata rispetto all'ampiezza dei problemi dell'alimentazione degli organismi in allevamento. In realtà, dopo aver caratterizzato il corredo enzimatico dell'organismo che si vuole studiare, si dovrebbe poter seguire il percorso del pellet che si somministra, e la cui composizione si è formulata dal momento dell'assunzione fino alle destinazioni che le varie componenti raggiungono nell'organismo, al netto delle dispersioni dovute all'azione dinamico specifica, al movimento o all'eliminazione dei residui con le feci ecc. Si dovrebbe anche poter discutere di alimentazione naturale degli organismi in allevamento, ma non più solamente in senso ecologico cioè di numero di specie predate in un ambiente con un pascolo definito, bensì nel senso della composizione chimica delle specie predate e quindi in termini di proteine, lipidi ecc.

## *Il digiuno*

Come spesso avviene nel nostro settore, occorre partire, dallo studio dell'organismo in natura. La domanda è: «Durante il digiuno, quale utilizzo, ad esempio, fanno i pesci dei grassi accumulati durante il periodo favorevole?»

È stato osservato che la completa ossidazione di un acido grasso polinsaturo a catena lunga (PUFA) rende, in termini energetici, poco meno dell'ossidazione di un suo omologo saturo di medesima lunghezza di catena.

Perciò JEZIERSKA *et al.* (1982) hanno ipotizzato che sia più vantaggioso per l'organismo mobilitare preferenzialmente gli acidi grassi saturi (SFA) per fornire energia metabolica durante il digiuno. La verifica sperimentale ha suppor-

tato questa ipotesi: dai tessuti dei visceri di trota iridea, durante i primi 27 giorni di digiuno vengono di preferenza mobilizzati gli acidi grassi saturi. Invece, dal fegato e dal muscolo vengono preferenzialmente mobilizzati quelli monoinsaturi (in sequenza decrescente C18, C16 e C20), nonostante che la quantità totale di acidi grassi saturi del fegato e del filetto sia più alta (Fig. 1) e quindi rappresenti la riserva energetica più ampia (JEZIERSKA *et al.*, 1982). È a tutti

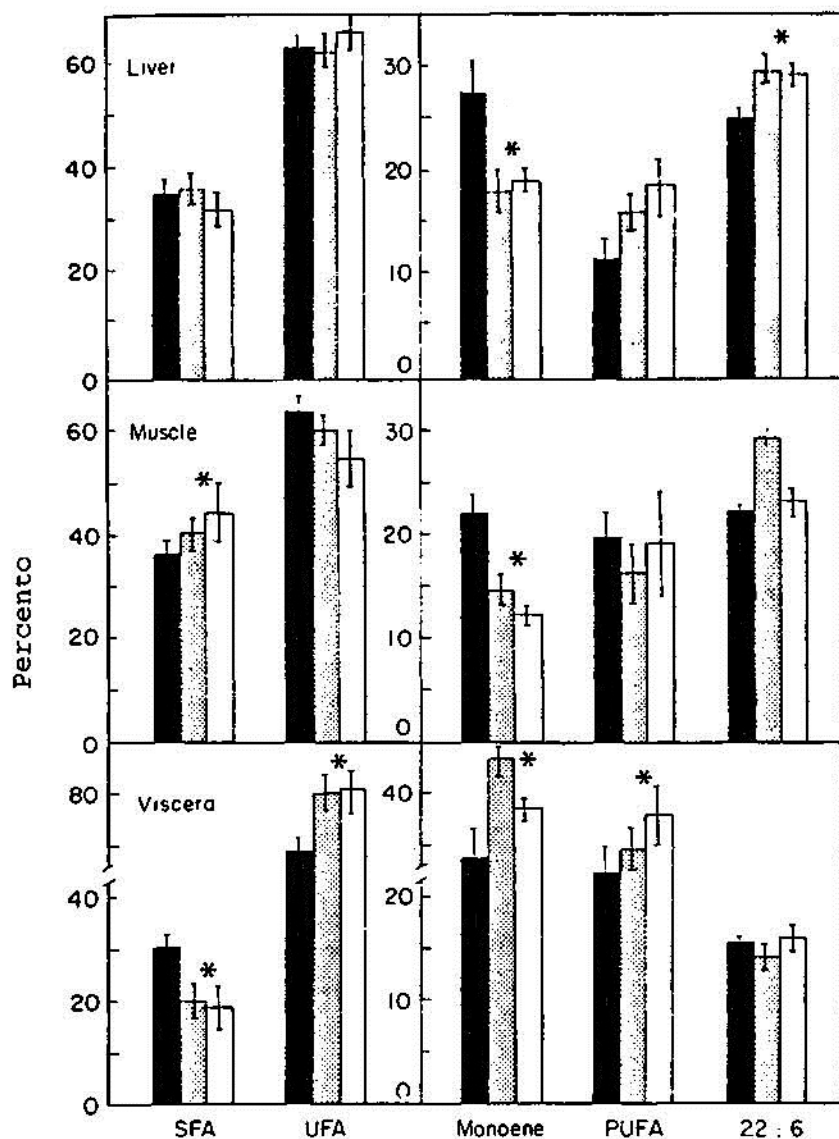


Fig. 1 - Composizione in acidi grassi di fegato, visceri e filetto di trote iridee alimentate (in nero), dopo 27 giorni di digiuno (in grigio) e dopo 48 giorni di digiuno (in bianco). SFA: acidi grassi saturi; UFA: acidi grassi insaturi; PUFA: acidi grassi polinsaturi (da: JEZIERSKA *et al.*, 1982).

noto che esistono due famiglie di acidi essenziali (EFA): quella dell'acido linoleico (w6) e quella dell'acido linolenico (w3); ciascuna di queste due famiglie è necessaria nella dieta perché non può essere sintetizzata dall'organismo a partire da precursori. Da questi acidi grassi, e per successive desaturazioni ed allungamenti della catena, gli organismi giungono a sintetizzare l'acido eicosapentoico o timnodonico (C20:5w3) e l'acido docosesenico o clupanodico (C22:6w3) (Fig. 2). Le funzioni degli EFA, e di questi due ultimi in particolare,



Fig. 2 - Storia delle interconversioni tra PUFA. (Da: GALLI, 1987).

sono di tre tipi: strutturali nelle membrane cellulari, di trasporto e ossidazione del colesterolo, e di formazione di prostaglandine e di leucotrieni. La funzione strutturale è di gran lunga la più importante. Tutte le membrane cellulari animali (mitocondriali, lisosomiali ecc.) contengono EFA nei fosfolipidi. Una limitata scarsità di EFA determina la formazione di membrane difettose. Proprio questo ruolo nella costituzione delle membrane biologiche motiva il ritardo con cui gli EFA ed il C22:6w3 vengono mobilizzati dai pesci. In particolare gli EFA sono esterificati principalmente in posizione beta e la rimozione da questa posizione per idrolisi è meno semplice che non dalle posizioni alfa o alfa'.

L'altra funzione importante ai fini dietetici riguarda il trasporto del colesterolo all'interno delle cellule per mezzo di lipoproteine a bassa densità (LDL) ed il suo eccesso è rimosso da lipoproteine ad alta densità (HDL), che lo trasportano al fegato dove viene ossidato dagli acidi biliari e escreto con la bile. Il colesterilinoleato viene molto più prontamente trasportato, per esempio, del colesteriloleato. ILLINGWORTH *et al.* (1984) hanno trovato che gli acidi grassi w3 abbassano il livello del colesterolo del plasma riducendo la sintesi delle LDL. BAUDET *et al.* (1984) hanno provato una riduzione delle LDL con diete ad alto rapporto tra PUFA e grassi saturi. In altre parole una maggior quota di EFA o comunque un alto rapporto tra PUFA e SFA favorisce lo smaltimento del colesterolo o ne riduce la possibilità di accumulo.



*Cronobiologia: modificazione dell'ora di somministrazione e del numero dei pasti*

Già da tempo i farmacologi si sono resi conto che la dose può risultare «giusta» ad un dato momento e sbagliata in un altro. Inoltre poiché esiste una serie di ritmi temporali, a questo fenomeno nel suo complesso è stato dato il nome di cronobiologia. Un animale, dunque, dal punto di vista fisiologico, è un organismo differente a differenti ore del giorno e perciò dà risposte biologiche molto diverse agli stimoli, in funzione dell'ora del giorno e talora anche della stagione dell'anno (SPIELER, 1977). Secondo AIKEN *et al.* (1982) il fotoperiodo e la stagione modificano i tempi e le percentuali di metamorfosi degli astici (*Homarus americanus*).

Come appare anche dalle Tabelle 1 e 2 e dalla Figura 3, le maggiori sopravvivenze percentuali si ottengono con fotoperiodo LD 1:23; aggregando i dati per

**Tab. 1** - Sopravvivenza cumulativa di larve di *Homarus americanus* ai tre fotoperiodi sperimentali.  $N_1 = 1^\circ$  stadio larvale;  $N_4 = 4^\circ$  stadio larvale. (da: AIKEN *et al.*, 1982).

	01:23	12:12	23:01	Totals
$N_1$	29,000	26,000	29,000	84,000
$N_4$	12,745	10,247	10,101	35,522
%S	44	39	35	39

**Tab. 2** - Sopravvivenza per mese e per fotoperiodo. In assenza di significatività i dati sono raggruppati ed i valori medi relativi sono riportati in parentesi (da: AIKEN *et al.*, 1982).

	Feb			Mar			Apr			May			Totals
	01:23	12:12	23:01	01:23	12:12	23:01	01:23	12:12	23:01	01:23	12:12	23:01	
$N_1$	4,000	4,000	4,000	2,000	2,000	2,000	5,000	4,000	5,000	4,000	4,000	4,000	44,000
$N_4$	1,909	1,547	1,467	1,108	958	916	2,618	1,917	1,958	2,235	2,381	1,945	20,960
%S	48	39	37	55	48	46	52	48	39	56	60	49	48
	—(38)—			—(38)—									
	Jun			Jul			Aug			Sep			Totals
	01:23	12:12	23:01	01:23	12:12	23:01	01:23	12:12	23:01	01:23	12:12	23:01	
$N_1$	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	2,000	4,000	2,000	2,000	2,000	40,000
$N_4$	1,417	1,989	1,420	400	271	271	1,869	857	1,730	517	327	394	11,562
%S	35	50	36	10	7	7	49	43	43	26	16	20	29
	—(35)—			—(7)—			—(43)—						

stagione risulta che in inverno ed all'inizio della primavera le maggiori sopravvivenze si ottengono con fotofase a luce ridottissima (LD 1:23). In maggio e giugno, invece, la sopravvivenza migliore si ottiene con fotoperiodo LD 12:12. Per meglio confrontare i dati, e poiché la sopravvivenza media era dell'80%, gli autori hanno ricalcolato le percentuali dei tempi necessari al raggiungimento del IV stadio considerando come tetto proprio il valor medio di sopravvivenza e cioè l'80%; risulta allora che i giovani astici raggiungevano la metamorfosi in

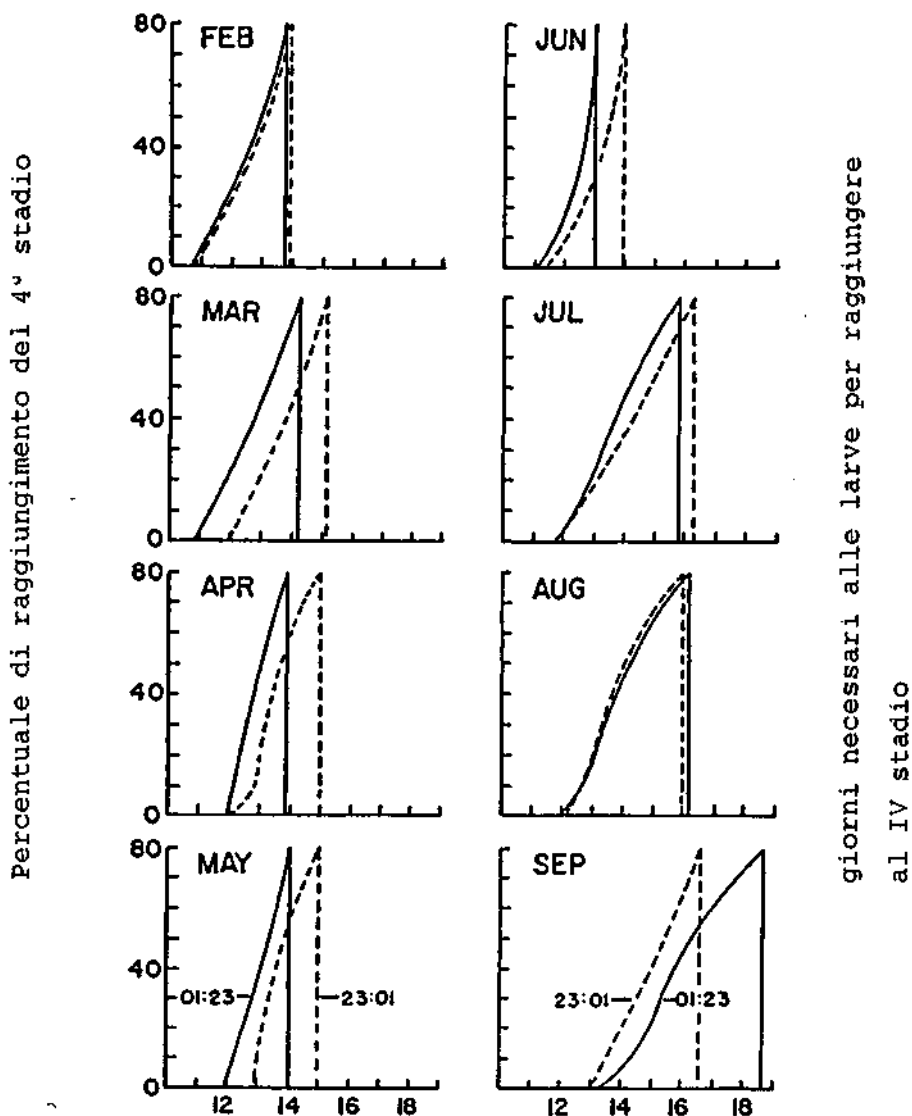


Fig. 3 - Variazione del tasso di sviluppo larvale a differenti fotoperiodi. La linea verticale interseca le curve di sviluppo al punto corrispondente al completamento della metamorfosi all'80%. (da: AIKEN *et al.*, 1982).

minor tempo se allevati con una fotofase LD 1:23 in primavera e LD 23:1 nella tarda estate. In generale le larve nate nella tarda estate impiegavano più tempo a raggiungere il IV stadio di quelle schiuse in primavera. Si tratta quindi di un fenomeno macroscopico. Ma la cronodisponibilità caratterizza non solo i farmaci, ma anche cibo e bevande.

Secondo alcune esperienze (LUQUET *et al.*, 1981) la somministrazione del pasto a certe ore del giorno favorisce la crescita corporea, a certe altre favorisce l'ingrasso. In altre parole siamo non solo ciò che mangiamo, ma anche «quando» mangiamo.

SUNDARARAY *et al.* (1982) hanno osservato che una stessa quantità di alimento, somministrato durante un pasto di 30', provoca nel pescegatto una perdita di peso se distribuito durante il giorno o all'inizio della fase di buio; al contrario, la stessa quantità di alimento sostiene una certa crescita se somministrata durante la notte.

SPIELER (1977) con esperimenti su *Carassius* sp. ha verificato (Fig. 4) un maggiore incremento di peso ed un contemporaneo incremento del cibo consumato

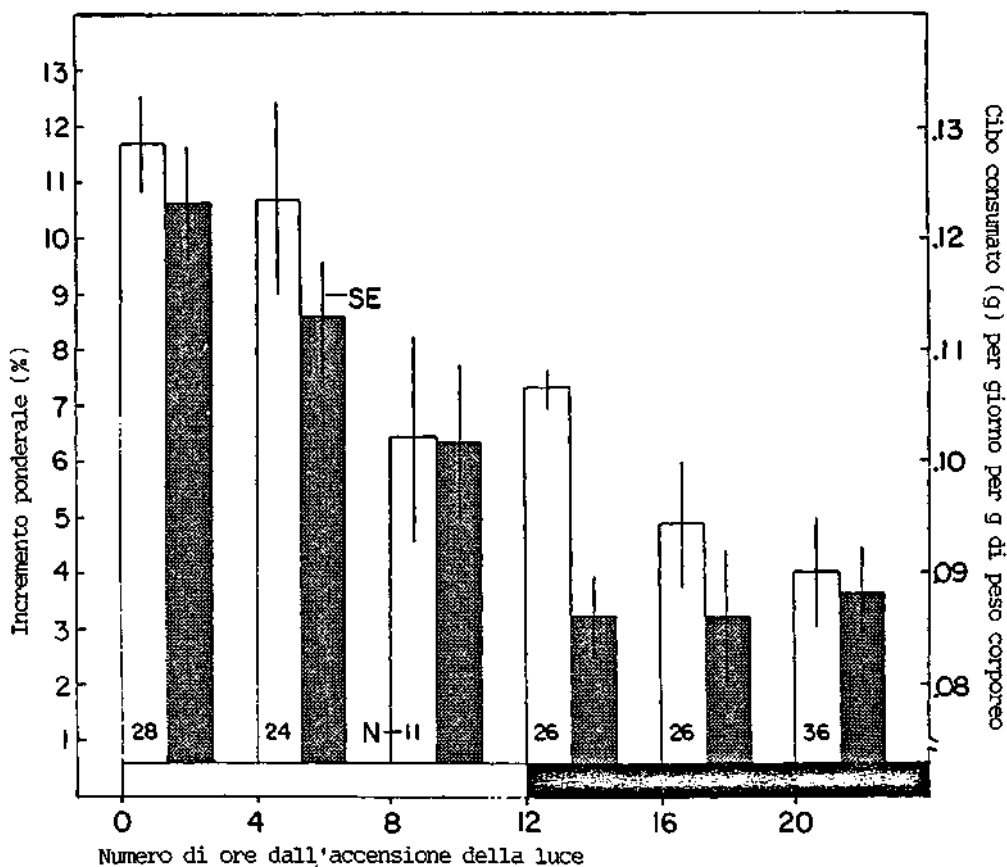


Fig. 4 - Incremento corporeo (in bianco) e cibo consumato (in g) di pesci rossi alimentati ad libitum. (da: NOESKE *et al.*, 1981).

anche se l'elaborazione dei dati non conferma la correlazione tra quantità di cibo consumato e incremento di peso, come potrebbe apparire a prima vista dalla figura. Secondo NOESKE *et al.* (1981) questa correlazione esiste (Tab. 3). Anche secondo questi autori i pesci rossi, al contrario delle carpe, mangiano di preferenza a luce appena accesa, ma non consumano più cibo di quelli alimentati 16 ore dopo l'accensione della luce. Gli autori di entrambi gli esperimenti suggeriscono che, indipendentemente dall'esistenza della correlazione, il maggior incremento di peso sia dovuto ad una migliore utilizzazione del cibo. Dunque ci può essere un'ora del giorno ottimale per alimentare i pesci rossi sia in termini di appetito, sia di consumo, sia di indice di conversione alimentare (ICA), e

**Tab. 3** - Incremento ponderale medio e razione alimentare di *Carassius sp.* alimentato a differenti ore del giorno (da: NOESKE *et al.*, 1981).

$a = p < .001$ ;  $b = p < .05$ ;  $c$  = errore standard; tra parentesi medie covariate;  $d$  = le linee orizzontali uniscono i gruppi non significativamente diversi.

Time of feeding (h after light onset)	Number of fish	% Weight gain		Food consumed/day			
		Midpoint <sup>a</sup>	Final <sup>b</sup>	1st 4 wk <sup>a</sup>	2nd 4 wk <sup>a</sup>		
0	51	12.27 ± .56 <sup>c</sup> (12.26)	5.29 ± .40 (5.44)	4.26 ± .21	2.73 ± .16		
4	49	12.91 ± .50 (12.73)	6.86 ± .61 (6.84)	4.90 ± .24	3.47 ± .20		
8	51	14.60 ± .53 (14.61)	5.65 ± .49 (5.83)	5.51 ± .25	3.19 ± .19		
12	50	11.24 ± .34 (11.13)	4.74 ± .39 (4.74)	4.03 ± .22	2.30 ± .14		
16	51	10.17 ± .44 (10.30)	2.24 ± .38 (2.06)	3.57 ± .22	2.08 ± .15		
20	51	10.85 ± .47 (10.99)	2.48 ± .32 (2.37)	3.71 ± .19	2.04 ± .13		
% weight gain midpoint		16	20	12	0	4	8 <sup>d</sup>
final		16	20	12	0	8	4
food consumed/day							
1st 4 wk		16	20	12	0	4	8
2nd 4 wk		20	16	12	0	8	4

quindi, per ottenere una crescita massima per unità di cibo somministrata. Per quanto riguarda la composizione della derrata, NOESKE-HALLIN *et al.* (1985) hanno condotto una sperimentazione su pescigatto alimentati a diverse ore del giorno. I risultati hanno identificato che gli individui alimentati solo la mattina (h 7:30) crescevano di più in peso e lunghezza ed avevano anche il miglior ICA; quelli alimentati solo la sera (h 16:00) avevano una maggiore quantità di grasso addominale; infine quelli che consumavano il cibo, ripartito in due rate, una meta alle 7:30 ed un'altra alle 16:00 avevano un peso ed un ICA equivalente a quelli alimentati solo alle 7:30, mentre la quantità di grasso addominale non differiva da quella dei pesci alimentati alle ore 16:00 (Fig. 5).

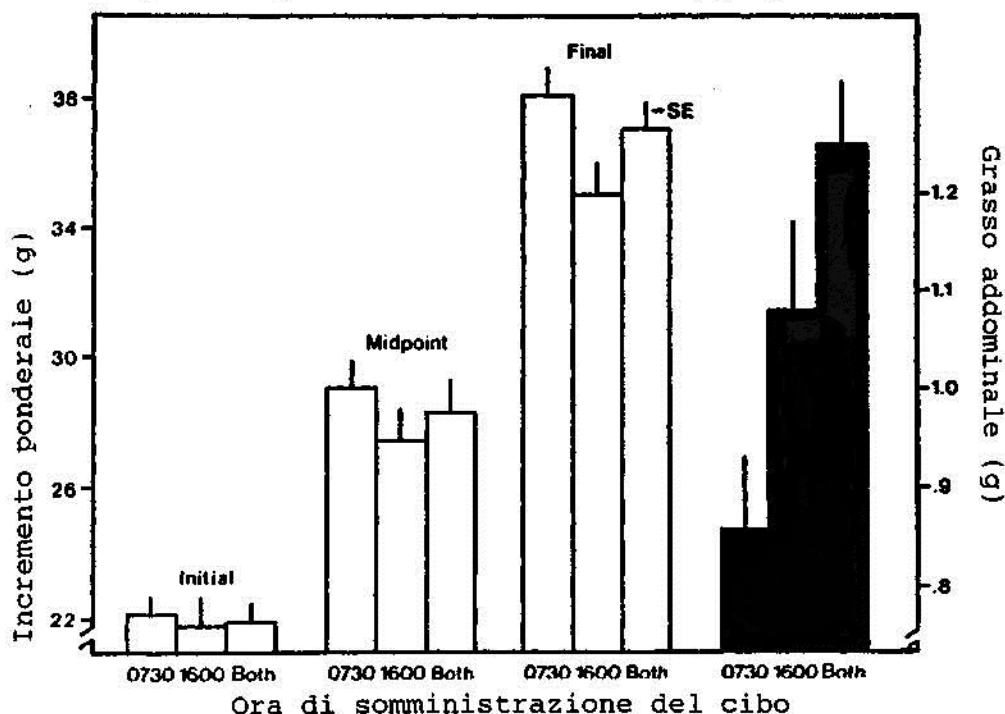


Fig. 5 - Incremento corporeo (in bianco) ed accumulo di grasso addominale in funzione dell'ora di somministrazione del cibo. (da: NOESKE-HALLIN *et al.*, 1985).

Si tenga presente che la scelta delle ore di somministrazione è stata fatta in base agli orari di lavoro dell'azienda dove si è svolto il lavoro. La crescita e, per quanto appena detto, la composizione corporea possono essere influenzate anche dal numero dei pasti. Infatti, l'aumento della frequenza dei pasti si traduce in un miglioramento del consumo e della crescita, ma non in un incremento dell'efficienza alimentare. Oltre una certa soglia, 4 pasti al giorno, l'efficienza alimentare diminuisce nella trota di taglia inferiore a 100 g. Nella carpa aumenta fino a 18 somministrazioni al giorno e richiede all'atto pratico dell'allevamento la distribuzione in continuo o a richiesta (FAUCONNEAU & LUQUET,

1984). Per trote oltre 150 g pare che una frequenza di distribuzione superiore a due pasti al giorno non induca un miglioramento né a livello della cattura dell'alimento, né a livello dell'indice di consumo, né a quello della crescita (CHUBERT *et al.*, 1984).

#### *Effetto dei processi tecnologici sulla composizione della derrata*

Dopo aver sottolineato l'importanza dello studio del corredo enzimatico al fine di stabilire i fabbisogni, è opportuno mettere in relazione questi studi con i possibili processi tecnologici di trasformazione delle materie prime e delle formulazioni in toto, per poter modificare la qualità della derrata. È noto che i Salmonidi non sono in grado di digerire in percentuali elevate glucidi composti quali gli amidi, e l'impiego di zuccheri semplici nelle diete di tipo commerciale non è proponibile per motivi economici. D'altro canto alimenti come i cereali, ricchi in amidi, vengono mal utilizzati (digeribili solo al 25%). Con il processo di estrusione (immissione di vapore a 60-70 °C ed una rapida compressione che fa salire ulteriormente la temperatura a 100-170 °C) si provoca uno stiramento od una rottura delle molecole di amido con formazione di destrine più facilmente digeribili dai Salmonidi. Nelle Tabelle 4, 5 e 6 sono riportati i risultati di un'espe-

**Tab. 4** - *Performances di trote iridee ed efficienza nutrizionale di differenti diete. (da: BOCCIGNONE *et al.*, 1986).*

Dieta	Mais crudo	Mais estruso	Farina pesce
Peso medio iniziale	209,7	206,7	203,2
Peso medio finale	312,8	331,5	321,7
Incremento medio	103,1	124,8	118,4
Alimento assunto (S.S.)	4761,5	4757,9	4511,0
Proteine assunte (S.S.)	1709,4	1740,9	2047,5
Sopravvivenza %	98,1	98,1	99,1
Conversione (FCR)	1,35	1,12	1,09
Efficienza proteica (PER)	2,08	2,49	2,01
Valore biologico (PPV) %	39,9	45,3	37,9

$$\text{FCR} = \frac{\text{Alimento (peso secco)}}{\text{Incremento (peso umido)}}$$

$$\text{PER} = \frac{\text{Incremento (peso umido)}}{\text{Proteine assunte}}$$

$$\text{PPV} = \frac{\text{N. trattenuto}}{\text{N. assunto}} \times 100$$

Tab. 5 - Composizione centesimale di trote iridee alimentate con mais crudo, mais estruso e farina di pesce. (da: BOCCIGNONE *et al.*, 1986).

Dieta	Mais crudo	Mais estruso	Farina pesce
<i>Muscolo</i>			
Sostanza secca	23,51	23,58	23,49
Proteine	19,19	18,36	18,91
Grassi	2,13	3,50	2,68
Ceneri	1,28	1,27	1,26
E.I.	0,94	0,46	0,64
<i>Visceri</i>			
% Peso corporeo	5,46	4,92	4,60
Sostanza secca	37,83	43,43	34,28
Proteine	11,88	13,07	9,89
Grassi	24,21	21,56	24,83
Ceneri	0,94	1,03	0,66
E.I.	0,80	7,77	-
<i>Fegato</i>			
% Peso corporeo	1,83	1,72	1,01
Sostanza secca	22,25	23,29	25,00
Proteine	16,10	15,96	17,33
Grassi	1,60	1,39	2,37
Ceneri	1,52	1,43	1,52
E.I.	3,03	4,51	3,78

**Tab. 6** - *Contenuto in acidi grassi della parte edibile di trote iridee in funzione del tipo di dieta (da: BOCCIGNONE et al., 1986).*

Acidi	Mais crudo	Mais estruso	Farina pesce
12:0	0,02	0,01	0,02
13:0	0,01	0,01	0,01
14:0	1,93	2,10	2,27
14:1	0,27	0,08	0,10
15:R	0,11	0,11	0,11
15:0	0,26	0,24	0,30
16:0 iso	0,09	0,13	0,11
16:0	17,99	18,11	18,12
16:1	5,28	6,31	5,43
17:0	0,35	0,36	0,41
17:1	0,37	0,48	0,47
18:0	5,29	5,14	5,33
18:1	26,61	27,53	27,55
18:2w6	15,24	13,09	13,64
18:3w3	0,54	0,41	0,38
20:1	3,44	3,65	4,06
18:4w3	0,88	0,90	0,87
20:2w6	0,97	0,80	0,93
20:3w6	1,10	0,81	0,66
22:1	2,63	2,52	2,60
20:4w3	0,28	0,35	0,49
20:5w3	1,97	2,11	2,24
24:1	0,79	0,77	0,83
22:5w6	0,35	0,41	0,33
22:5w3	0,72	0,69	0,89
22:6w3	12,70	12,63	12,06
Saturi	23,98	26,94	26,68
Mono	34,41	34,39	33,34
Poli	41,61	39,37	39,98
w3/w6	0,86	1,13	1,09



rienza di BOCCIGNONE *et al.* (1986) sulla somministrazione di prodotti così trattati sulla qualità della derrata. Le differenze più significative sono un incremento della biomassa prodotta, un aumento dei grassi del filetto di trote alimentate con mais estruso e un aumento degli estrattivi inazotati (E.I.) nel fegato e nei visceri, anche se il peso di questi ultimi due non differisce in funzione del tipo di alimento; in termini pratici il prodotto scartato dalla massaia, al momento della cucina, non aumenta. Si noti (Tab. 6) la buona qualità di questi grassi con una elevata percentuale di C22:6w3 e con un buon rapporto tra w3 e w6 (migliore nelle trote alimentate con mais estruso rispetto a quelle alimentate con mais crudo).

### *Effetto della temperatura*

Durante il congresso dell' European Aquaculture Society, svoltosi di recente ad Amsterdam, HARRISON *et al.* (1987) hanno avanzato l'ipotesi che a basse temperature i crostacei tendano a sintetizzare acidi grassi polinsaturi a catena lunga in misura maggiore dei monoinsaturi e dei saturi. Infatti gli animali marini che vivono nelle acque fredde contengono in maggior quantità acidi grassi a catena lunga della serie w3, derivati in ultima analisi dal fitoplancton. Questi sono principalmente proprio il timnodonico ed il clupanodonico; le percentuali rispettive sono: 12 e 11 nel maccarello, 10 e 12 nell'aringa, 10 e 11 nel salmone e 9 e 20 nel tonno.

Confrontando i risultati di prove di alimentazione di Peneidi condotte in acquario (PALMEGIANO *et al.*, 1986) e replicate in vasche di ampie dimensioni (ZIINO *et al.*, 1987) sono state notate delle differenze nella composizione in acidi grassi non giustificabili dai risultati biometrici, non dissimili tra le due situazioni. Nella Tab. 7 sono accostati, per confronto, i risultati delle analisi sulla composizione delle carni di Peneidi allevati in acquario a 23-25 °C e in vasche da 20 m<sup>3</sup> a 16-20 °C. Le differenze sono nette anche se, e occorre sottolinearlo più volte, possono esistere molti motivi che giustificano le differenze, quali ad esempio la scala sperimentale e le modalità di gestione. Ma il fatto che gli indici biometrici sembrino escludere un effetto di questi parametri, permette di non respingere l'ipotesi di un effetto della temperatura. Se esperimenti opportunamente pianificati dovessero confermare la realtà di questa differenza, si aprirebbero prospettive operative non irrilevanti; nel settore della crostaceicoltura, ad esempio, basterebbe differire il raccolto di una o due settimane per ottenere un prodotto di maggior valore nutritivo.

### *Relazione tra qualità della derrata e alimentazione umana*

La qualità della derrata ha un'importanza diretta nell'alimentazione umana; poterla modificare, intervenendo sui processi produttivi in intensivo,

significa poter immettere sul mercato un prodotto più caratterizzato qualitativamente.

Si consideri dunque l'effetto della qualità della derrata sulla salute dell'uomo. Secondo SINCLAIR (1985) la speranza di vita nel mondo occiden-

**Tab. 7** - *Confronto fra gli acidi grassi a catena lunga di Peneidi allevati a diverse temperature.*

	16°-20 °C	23°-25 °C
<b>18:0</b>	<b>7,03 ± 0,39</b>	<b>6,81 ± 0,92</b>
<b>18:1w9</b>	<b>20,25 ± 0,58</b>	<b>24,02 ± 0,92</b>
<b>18:2w6</b>	<b>11,40 ± 1,24</b>	<b>10,23 ± 0,75</b>
<b>18:3w3</b>	<b>0,17 ± 0,03</b>	<b>0,18 ± 0,02</b>
<b>20:5w3</b>	<b>8,80 ± 1,13</b>	<b>6,61 ± 1,08</b>
<b>22:6w3</b>	<b>8,31 ± 0,21</b>	<b>3,04 ± 0,58</b>
<b><i>Totali</i></b>		
<b>Saturi</b>	<b>31,36 &lt; 3,16</b>	<b>38,89 &lt; 2,69</b>
<b>Monoinsaturi</b>	<b>33,08 ± 1,72</b>	<b>32,51 ± 1,71</b>
<b>Polinsaturi</b>	<b>34,46 &lt; 2,28</b>	<b>25,41 &lt; 2,92</b>
<b>w3/w6</b>	<b>1,36 &lt; 0,30</b>	<b>0,92 &lt; 0,23</b>
<b>Ins/Sat</b>	<b>2,15</b>	<b>1,49</b>

tale è cresciuta molto poco in quest'ultimo secolo a dispetto dello sviluppo della medicina. Ed è stupefacente che per un quarantacinquenne inglese del 1841 la speranza di vita era di 23,3 anni, mentre nel 1981-83 è risultata di 28,9 anni; e ancora nel 1841 la maggior parte degli uomini moriva di tubercolosi o di polmonite, mentre le malattie cronico-degenerative erano molto rare. Queste malattie sono dovute, secondo Sinclair, ad un'alterazione della qualità dei grassi della nostra dieta; consumiamo carne di maiale trattata in maniera innaturale, quando non adulterata, nella quale gli acidi grassi essenziali (EFA) si sono convertiti in stabili acidi grassi saturi a lunga catena o nei loro trans isomeri. Sinclair segnala tutta una serie di malattie umane collegate più o meno strettamente con una deficienza di EFA o con un basso rapporto di EFA

e saturi. Un punto interessante è proprio questo: la quantità giornaliera di grassi saturi consumati dagli inglesi è simile a quella assunta dagli esquimesi (circa 50 g), ma il rapporto tra EFA e saturi è di 0,2 nei primi e di 1,0 nei secondi. Nella Tab. 8 sono riportati i valori degli acidi grassi di alcune specie di organismi marini con evidenziati i rapporti tra acidi grassi saturi ed insaturi (FORNERIS *et al.*, 1983). Le malattie degenerative sono pressoché sconosciute tra gli esquimesi, mentre molto alte sono in tutte le popolazioni del mondo occidentale. Perciò quest'ultima tabella può essere un invito al consumo di pesce.

### *Insilati di pesce*

Un ultimo argomento degno di nota è quello dei sistemi di conservazione per insilamento o idrolisi degli scarti di lavorazione dell'industria della trasformazione della pesca, per le implicazioni tra alimentazione e ambiente, anche se non rientra perfettamente nel tema della presente relazione. Si immagini che laddove si preparano surgelati di cefalopodi esiste un problema di smaltimento dei residui della spellatura e della eviscerazione, che sono molto ricchi in PUFA e che quindi troverebbero un'applicazione immediata nella produzione di mangimi per Peneidi. Si pensi che la sola cooperativa pescatori di Goro ha uno scarto annuo di circa 1000 quintali di questo prodotto, oltre a 4000 quintali di scarti della filettatura di pesce azzurro. Non sono facilmente reperibili i dati riguardanti l'intera costa adriatica, ma certamente le marinerie delle Marche, dell'Abruzzo e della Puglia sbarcano notevoli quantità degli stessi prodotti. Tutto questo scarto rappresenta un problema di ordine sanitario perché le discariche accettano malvolentieri tali prodotti.

Inoltre, per problemi di regolarità di approvvigionamento, è difficoltoso trasformarlo in farine. Una soluzione da valutare è quella del suo insilamento in bidoni a tenuta d'aria con acidificazione a pH 4 con l'aggiunta del 3,5% di acido formico o del 2,5% di acido solforico. In questo modo è possibile conservare fino a 35 giorni un prodotto non eccessivamente grasso fino a 28 giorni i prodotti a tenore lipidico superiore al 3%. L'insilato di pesce può essere non solo utilizzato direttamente come integratore di diete per pesci, ma anche, dopo l'aggiunta del 5% di cereali, nelle diete per animali genericamente in produzione zootecnica.

### **Conclusioni**

L'alimentazione ha complesse interazioni con altre discipline e con la produzione. La possibilità di influire sulle qualità dietetiche della derrata mediante il digiuno, la variazione del numero dei pasti e la loro somministrazione a ore particolari, l'introduzione di nuovi trattamenti tecnologici, aprirebbe la strada alla produzione ed all'esportazione di prodotti qualificati ad alto valore

Tab. 8 - Composizione acidica percentuale dei lipidi corporei di animali marini.

Acidi grassi	Ghiozzo	Rondinella	Cefalo	Passera	Pagaro	Nasello	Scorfano									
	1	2	3	4	5	6	7	Buga	Cappone imperiale	Orata	Tracina	Triglia	Suro	Seppia	Calamaro	Polpo
12:0	0,30	0,23	0,07	0,14	0,20	0,06	0,24	0,15	0,02	0,16	0,11	0,15	0,10	0,05	0,04	0,02
13:0	0,09	0,05	0,07	0,05	0,05	0,06	0,07	0,03	0,02	0,01	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
14: iso	0,03	-	-	-	0,03	0,02	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
14:0	2,96	5,48	4,32	2,87	3,14	3,62	2,33	3,45	2,42	2,48	2,73	2,06	3,64	2,43	2,62	0,98
14:1	0,42	0,30	0,49	0,62	0,35	0,34	0,30	0,16	0,17	0,17	0,11	0,40	0,48	0,20	0,08	0,07
15: R	0,19	1,60	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	-	-
15:0	1,05	1,30	2,63	1,36	1,18	1,77	0,75	1,18	0,94	0,66	0,82	0,95	0,69	0,96	0,98	0,53
16: iso	0,44	0,39	1,04	0,55	0,48	0,30	0,68	0,26	0,60	0,25	0,46	0,46	0,44	0,35	0,35	0,56
16:0	15,38	17,74	13,78	13,98	14,51	15,99	20,60	20,38	26,48	18,96	17,78	16,34	16,15	14,48	20,42	16,03
16:1	9,99	9,10	13,82	8,54	8,00	5,59	7,19	10,54	4,69	9,46	8,11	6,33	8,41	4,05	2,23	2,05
17:0	1,14	1,72	5,76	2,22	2,16	2,27	1,43	3,25	2,16	0,93	1,61	2,03	1,43	1,99	1,82	1,82
17:1	2,45	2,18	2,15	2,79	1,65	1,50	1,58	1,21	1,87	0,90	1,40	1,37	1,44	1,71	0,94	1,53
18:0	5,90	7,15	7,22	4,89	7,24	5,30	10,09	8,01	12,91	8,66	7,94	8,04	8,62	8,58	6,66	6,45
18:1	23,74	14,61	10,32	16,80	16,97	12,44	17,80	24,52	16,47	32,39	24,84	14,99	22,03	9,11	6,94	5,60
19:0	0,24	0,60	-	0,71	0,71	0,86	0,20	1,05	0,97	-	-	0,63	0,20	0,58	0,56	0,05
18:2	3,27	1,62	1,91	2,64	1,86	2,16	1,44	1,03	1,39	2,86	2,33	1,75	2,09	1,20	0,67	0,64
18:3w3	0,24	0,63	0,82	0,39	0,64	0,50	0,33	0,45	0,38	0,46	0,40	0,44	0,53	0,34	0,13	0,24
20:1	2,56	3,15	1,18	6,25	3,24	1,50	1,58	1,94	1,05	4,09	2,75	2,55	2,85	4,06	2,96	3,06
18:4	0,95	0,79	1,66	1,03	0,91	1,09	0,29	0,52	0,39	1,70	0,83	0,49	1,02	0,22	0,15	0,08
20:2	0,11	0,19	0,53	0,79	0,34	0,20	0,36	0,20	0,16	0,14	0,18	0,45	0,25	0,37	0,28	0,34
non id.	0,03	0,08	0,05	0,10	0,03	-	0,03	-	0,12	-	-	0,02	0,03	0,04	0,03	-
20:3	0,25	0,26	0,21	0,20	0,33	0,11	0,28	0,10	0,43	0,3	0,10	0,37	0,32	0,33	0,16	0,12
20:4w6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22:1	4,07	3,37	3,59	2,60	4,30	1,97	7,71	2,93	3,37	3,00	3,31	6,81	2,79	3,22	3,22	6,67
20:4w3	0,59	0,50	0,53	1,20	0,77	0,37	0,42	0,22	0,26	0,88	0,59	0,54	0,52	0,42	0,20	0,23
20:5	11,65	8,05	16,50	14,78	7,48	6,75	5,45	7,55	4,92	4,91	5,25	7,88	9,71	19,94	14,57	13,75
22:4	1,44	1,58	0,85	2,33	2,39	1,66	3,39	1,13	1,87	1,22	2,07	2,80	1,50	1,05	1,01	1,42
24:1	-	-	-	-	-	0,50	-	-	0,52	0,10	0,29	0,47	0,25	-	0,38	0,10
22:5w6	0,55	0,96	0,61	0,61	1,33	1,58	1,39	0,23	0,84	1,02	0,78	1,36	0,62	0,55	1,12	0,71
22:5w3	3,81	3,33	2,75	4,11	2,29	0,96	1,48	3,12	0,74	2,11	1,89	2,41	2,42	2,60	0,80	1,60
22:6	5,83	13,75	5,75	6,91	17,04	30,98	12,06	5,99	13,82	1,89	13,22	17,78	11,77	20,90	30,44	21,57
non id.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,19
non id.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,91
Ins/sat	2,60	1,77	1,81	2,71	2,35	2,30	1,73	1,64	1,13	2,01	2,14	2,24	2,19	2,38	1,97	2,78

aggiunto. La domanda di ricerca è ancora alta, ma solo l'approfondimento sperimentale può far fare all'acquacoltura un definitivo salto di qualità.

## Summary

*To date, the principal objectives in aquaculture are to acquire information concerning the biology of species to be reared. In the past, research focused on problems regarding the productive biology of these species and transferring the information obtained from the laboratory to the farm. However, the feeding and nutritional biology have been poorly developed; only empirical experiences have been carried out and the specific problems of biochemistry and physiology of nutrition have been delayed. Marine aquaculture is a good example of this situation: under the pressure of aquafarmers who needed the practical and rapid solution of their problems, biologists adapted the basic information acquired in trout farming to marine fish farming in general. The advances in animal husbandry nutrition can represent a good guide for aquaculture nutritionists.*

*Dietetic value of feedstuff, nutritive value of raw materials, chronobiological evaluation of feed intake are the basic elements to plan a complete study in marine fish feeding. In particular, table values for feedstuff composition for fish are needed. This is one of the most important ways to develop marine aquaculture as a productive field.*

## Bibliografia

AIKEN D.E., ROWE W.J., MARTIN-ROBICHAUD D.J., WADDY S.L. (1982) - Seasonal differences in the effect of photoperiod on survival and development of larval american lobster (*Homarus americanus*). *J. World Maricul. Soc.*, 13: 287-293.

BAUDET M.F., DACHEF C., LASSERE M. (1984) - Modification in the composition and metabolic properties of human low density and high density lipoproteins by different dietary fats. *J. Lipid Res.*, 25: 456-468.

BOCCIGNONE M., FORNERIS G., PALMEGIANO G.B., SARRA C. (1986) - Variazione dei parametri chimico-bromatologici in trote alimentate con mangimi a diversa digeribilità. Presentato al XL Convegno SISVET, Alghero Settembre 1986 e pubblicato sugli *Annali della Facoltà di Medicina Veterinaria di Torino*, XXX: 1-7.

CHOUBERT C., BLANC J.M., LUQUET P. (1984) - Influence de la fréquence de distribution des repas sur la digestibilité du régime alimentaire *Ann. Zootech.*, 33 (2): 255-262.

FAUCONNEAU B., LUQUET P. (1984) - Influence de la fréquence de distribution des protéines sur la croissance et l'efficacité alimentaire chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* R.). *Ann. Zootech.*, 33 (2), 245-254.

FORNERIS G., MORISIO GUIDETTI L., SARRA C. (1981) - Determinazione quantitativa dell'acido eicosapentenoico in alcune specie di animali acquatici. *Riv. Soc. It. Sc. AL*, 10 (3): 155-158.

GALLI C. (1987) - Grassi del pesce e arteriosclerosi. *Aggiornamento Medico*, 11.3.1987: 189-195.

HARRISON K.E., CASTELL J., COOK H.W., ACKMAN R.G. (1987) - Effects of temperature and dietary PUFA on fatty acids metabolism in the lobster (*Homarus americanus*). *Aquaculture Europe '87 International Conference*, Amsterdam, June 1987.

ILLINGWORTH D.R., HARRIS S.W., CONNOR W.E. (1984) - Inhibition of low density lipoprotein synthesis by dietary omega-3 fatty acids in humans. *Arteriosclerosis*, 4: 270-275.

LUQUET P., RENOU P., KAUSHIK S.J. (1981) - Influence du nombre de repas journaliers et du jeûne hebdomadaire sur la croissance chez la truite arc-en-ciel. *Ann. Zootech.*, 30 (4): 411-424.

LUMARE F. (1986) - The current status of shrimp culture worldwide. *International Workshop on Marine Crustacean Culture. Development and management*, Venezia.

JEZIEWSKA B., HAZEL J.R., GERKING S.D. (1982) - Lipid mobilization during starvation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* R., with attention to fatty acids. *J. Fish Biol.*, 21: 681-692.

NOESKE T.A., ERICKSON D.A., SPIELER R.E. (1981) - The time-of-day goldfish receives a single daily meal affects growth. *Proc. World Mar. Soc.*, 12: 73-77.

NOESKE-HALLIN T.A., SPIELER R.E., PALMER N.J., SUTTLE M.A. (1985) - Feeding time differentially affects fattening and growth of channel catfish. *J. Nutr.*, 115: 1228-1232.

PALMEGIANO G.B., ZIINO M., SALVO F., FORNERIS G., SARRA C. (1986) - Ottimizzazione di diete secche per Peneidi. *Nova Thalassia*, 8 (suppl. 3): 613-614.

SINCLAIR H. (1985) - Essential fatty acids in human nutrition. *Lecture della SIBS, della SIFSIOL e della SINU*. Pisa, settembre 1985.

SPIELER R.E. (1977) - Diel and seasonal changes in response to stimuli: a plague and a promise for mariculture. *Proc. World Mar. Soc.*, 8: 865-882.

SUNDARARAY B.I., NATO P., HALBERG F. (1982) - Circadian meal timing in relation to lighting schedule optimizes catfish body weight gain. *J. Nutr.*, 112: 1085-1097.

ZIINO M., PALMEGIANO G.B., FORNERIS G., LEUZZI U., SALVO F., SARRA C. (1987) - Improving dry diet for Peneids. *Aquaculture, Europe '87, International Conference, Amsterdam, June 1987*.

G. ALESSIO \*

N.E. BALDACCINI \*

G.N. BALDACCINI \*\*

P. BIANUCCI\*\*

A. DUCHI\*

\* Istituto di Zoologia, Nuovo Insediamento Universitario, 43100 Parma (Italia)

\*\* U.S.L. n. 3, Versilia, 55049 Viareggio (LU) (Italia)

## RIMONTA DEL PESCE NOVELLO E POSSIBILITÀ DI UTILIZZAZIONE AI FINI DELL'ALLEVAMENTO NELL'AREA VIAREGGINA

### Abstract

Fry ascent utilization for culture in the Viareggio area

*A two-year study was conducted in the Viareggio area on the ascent of fry suitable for culture. The results show: (i) the ascent is still very abundant; (ii) there are no local specialized rearing farms for its utilization; (iii) a balanced collecting on the fry may be used for aquaculture.*

*Surveys to assess to local possibilities of using this natural resource showed that the Viareggio area has a great potential for the development of mariculture, specialized fish-culture, or both.*

**Key-words:** Fry, ascent, rearing, Tyrrhenian coast.

### Premessa

La produzione di proteine nobili per uso alimentare negli ultimi tempi è andata assumendo un ruolo fondamentale nell'economia di quasi tutti i paesi, in particolar modo quelli mediterranei. D'altro canto dato che la via di sintesi industriale appare tuttora onerosa, quantitativamente poco produttiva e talora inadeguata, il metodo ottimale di ottenimento non può che consistere nell'utilizzazione preordinata e programmata di risorse naturali di elevato interesse economico e commerciale.

Studi e sperimentazioni in questa direzione sono pertanto stati sviluppati nell'ultimo decennio, finalizzati, fra l'altro, all'impostazione ed all'introduzione di nuove e moderne forme di acquacoltura marina, salmastra e d'acqua dolce, incentrate sulla produzione ittica intensiva. I risultati conseguiti in tale settore rivestono un'importanza certamente non trascurabile se riferiti alla contingente realtà italiana, soprattutto in relazione alla presente situazione economica ed

altresì alle caratteristiche geografiche della penisola, che ben si presta allo sviluppo ed alla realizzazione di iniziative imprenditoriali basate su interventi biologici controllati, tesi a favorire sia i processi naturali sia le rese quantitative del prodotto ittico globalmente disponibile. Infatti in Italia sono tutt'altro che infrequenti le aree che ben si prestano all'impianto di piscicoltura altamente produttive, anche se con finalità ed obiettivi talora assai differenziati, poichè strettamente legati alle contingenti situazioni ambientali locali.

Per quanto riguarda specificamente il settore della maricoltura, occorre sottolineare che, ai fini della programmazione di impianti di piscicoltura, si deve tener conto della reale situazione di mercato: oggi l'offerta di specie ittiche è inadeguata alla richiesta, e quest'ultima risulta in costante aumento, in rapporto dell'accresciuto consumo. Soprattutto per le specie marine di elevato pregio e particolarmente ricercate, il divario offerta-domanda appare esasperato, come dimostrano le massicce e crescenti importazioni dall'estero di spigole, orate, sogliole, ecc. (oltre che di bivalvi e crostacei).

Lo sviluppo di imprese produttive in questo settore può quindi portare a valori di redditività altamente interessanti, tanto più qualora vengano prese in considerazione specie di particolare pregio commerciale, per le quali sono stati messi a punto, sperimentati e verificati efficaci metodi di allevamento intensivo ad elevata tecnologia.

Nel comprensorio della Versilia, ed in particolare nell'area Viareggina, fino ad oggi non è stata avviata alcuna iniziativa tesa a sfruttare convenientemente ed in termini economicamente validi il notevole patrimonio delle acque quivi esistente.

Se è vero che, anche in un recente passato, sono stati fatti da parte di privati alcuni sporadici tentativi in tal senso, i quali non hanno portato a concreti risultati forse perché non sufficientemente sostenuti sia dagli indispensabili supporti tecnico-scientifici sia da adeguati finanziamenti, è pur vero che l'area Viareggina non risulta meno dotata di altre. Pertanto, di fronte a zone ove tuttora sono in via di sviluppo nuove tecnologie per l'ottenimento di prodotti marini alimentari, per contro quest'area ancor oggi è caratterizzata da profondo immobilismo. Ciò induce fondate perplessità, dal momento che si ritiene che essa risulti particolarmente dotata di risorse naturali, come è stato evidenziato da studi specifici effettuati per conto del Ministero della Marina Mercantile da parte dell'Unità Operativa territorialmente competente (ALESSIO *et al.*, 1986; 1987a e 1987b).

## Materiali e metodi

In oltre due anni di indagini (nov. 84 - dic. 86) sono stati effettuati numerosi campionamenti, a scadenza mensile, lungo il canale Burlamacca, che collega il lago di Massaciuccoli al mar Tirreno. In corrispondenza della stazione di campionamento, posta a circa 2 km dalla foce, il canale è navigabile ed ha un'ampiezza



di 20-25 metri, con una profondità di 180-300 cm; vi è una notevole presenza di imbarcazioni e vi sboccano numerosi scarichi di varia natura.

Il novellarne in rimonta è stato catturato facendo uso sia di reti fisse (lavoriero e bertovelli) che di reti mobili (ripaiola e bilancia); quindi fissato e conservato in formaldeide al 4%. Successivamente, in laboratorio, gli individui raccolti sono stati suddivisi per specie, misurati e pesati; è stato inoltre calcolato il fattore di condizione,  $K$ , ed è stato determinato lo stadio di pigmentazione delle ceche di anguilla (secondo Böetius, 1976 e cfr. ELIE *et al.*, 1982).

Contemporaneamente alle catture ad intervalli fissi sono state effettuate misurazioni puntuali di fattori ambientali (stato meteorologico, pressione atmosferica, forza e direzione del vento, torbidità e livello dell'acqua, direzione e velocità della corrente, temperatura dell'aria e del mare; inoltre sia in superficie che in profondità sono stati rilevati i valori di temperatura, salinità, pH e ossigeno disciolto del canale).

Parallelamente ai campionamenti sono state svolte indagini ed inchieste sull'attività di pesca professionale del novellarne, le quali, pur incontrando difficoltà e resistenze, hanno permesso di delineare un quadro indicativo del prelievo operato nella zona e di conoscere i problemi ad esso legati.

Infine sono stati effettuati sopralluoghi nel territorio viareggino allo scopo di ottenere le prime informazioni e le indicazioni di base relativamente all'entità, ubicazione e caratterizzazione delle aree più direttamente vocate all'impianto di attività di acquacoltura.

## Risultati

In Tab. 1 per i vari mesi della campagna di ricerca sono riferiti il numero di campionamenti effettuati e, per le specie di maggior interesse economico, il numero di catture per unità di campionamento e la lunghezza standard media registrata. La composizione percentuale delle catture, ripartite per specie, è invece riportata in Fig. 1.

Dall'elaborazione dei dati è stato inoltre possibile definire un calendario di comparsa delle varie specie nella zona in esame, di non trascurabile interesse applicativo (Fig. 2).

Benché i campionamenti in questa prima fase siano stati effettuati con un'ottica prevalentemente qualitativa, e pertanto con lo scopo primario di definire le modalità ed i meccanismi biologici della migrazione anadroma in relazione ai parametri ambientali (ALESSIO *et al.*, 1987a), dal confronto con i risultati ottenuti dalle altre Unità Operative è emerso che la rimonta nell'area Viareggina è tuttora cospicua sia per quanto riguarda le ceche ed i mugilidi sia per quanto concerne specie più pregiate quali la spigola, *Dicentrarchus labrax*. In particolare per questa ultima specie si sono registrate le maggiori quantità di catture per l'area dell'alto Tirreno (ALESSIO *et al.*, 1987b). Infatti nel primo anno di indagini le catture di spigole sono ammontate a poco meno di un

Tab. 1 - Numero di campionamenti effettuati (NC), numero di catture per unità di campionamento (CPUC) e lunghezza standard media (LS) di ogni singola specie durante i vari mesi dell'intera campagna di rilevamenti.

		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
NC		3	3	4	3	3	3	2	1	3	1	4	4
<i>Mugil cephalus</i>	CPUC	23	28	6	-	0,3	-	-	-	0,3	66	331	44
	LS	23,3	22,3	27,2	-	38,0	-	-	-	28,0	19,1	21,8	22,1
<i>Liza ramada</i>		238	700	1252	16	3	-	-	-	-	-	8	86
	LS	16,0	17,5	18,2	18,5	21,1	33,1	-	-	-	-	14,3	15,1
<i>Liza aurata</i>		-	4	6	1	11	18	3	1	-	-	-	0,25
	LS	-	23,2	23,7	25,0	31,2	36,5	51,2	53,0	-	-	-	24,0
<i>Liza saliens</i>	CPUC	5	9	32	19	8	2	-	-	8	588	245	65
	LS	29,9	26,2	32,0	35,2	39,2	40,8	-	-	28,0	25,6	31,5	36,4
<i>Chelon labrosus</i>	CPUC	-	-	-	511	65	6	-	-	-	-	-	-
	LS	-	-	-	19,3	19,3	27,0	-	-	-	-	-	-
<i>Dicentrarchus labrax</i>	CPUC	-	-	-	215	203	82	12	-	-	-	-	-
	LS	-	-	-	19,7	20,8	32,7	45,6	-	-	-	-	-
<i>Anguilla anguilla</i>	CPUC	469	478	287	80	29	25	4	7	10	78	77	136
	IP	0,12	0,12	0,25	0,27	0,51	0,72	0,59	0,86	0,37	0,19	0,19	0,17

IP - indice di pigmentazione (per le ceche).

decimo del pescato globale; si sono invece ridotte di un terzo nell'anno successivo.

Infine le indagini svolte sulla pesca professionale del novellarne ed i frequenti sopralluoghi hanno consentito di accertare che nella zona versiliese, e

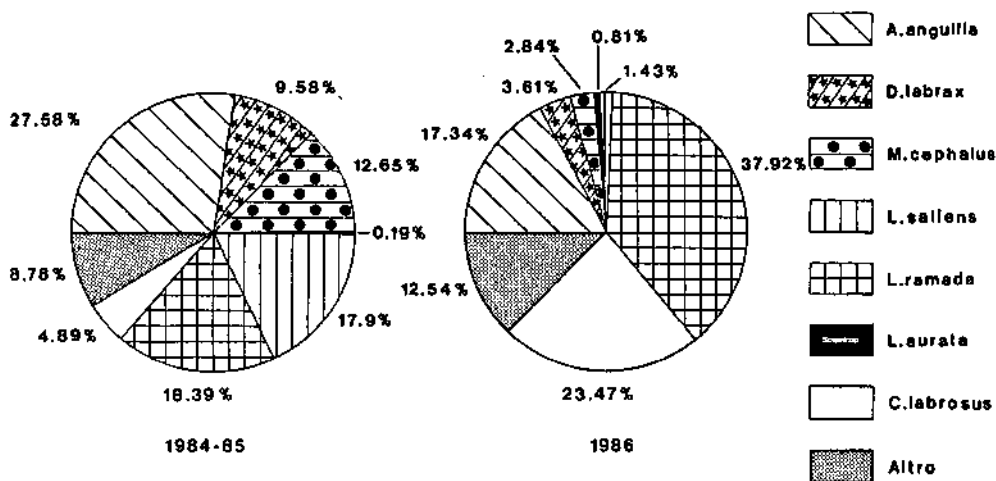


Fig. 1 - Composizione percentuale delle catture, ripartite per specie, effettuate durante la campagna di ricerche.

precisamente lungo la fascia costiera, viene attuato altresì un prelievo non trascurabile di oratelle, *Sparus aurata*, da avviare ad impianti specializzati di allevamento.

## Discussione e conclusioni

Dati il tipo e l'entità della rimonta nell'area viareggina e tenuto conto sia delle reali possibilità di affermazione individuale sia delle limitate capacità biogenetiche naturali degli ambienti disponibili, gran parte di questo novellarne difficilmente risulta in grado di trovare adeguate condizioni di sviluppo e di accrescimento e pertanto andrebbe irrimediabilmente perduta. Per un corretto ed economico sfruttamento delle risorse naturali, e più precisamente di tale prezioso materiale biologico, GANDOLFI (1980), GANDOLFI *et al.* (1981) e Rossi (1981) suggeriscono che esso debba essere catturato dai pescatori e destinato alla semina ed all'allevamento.

L'equilibrato sfoltimento programmato dal novellarne non costituisce dunque una spoliatura ambientale ma piuttosto un recupero ed una valorizzazione delle risorse ittiofaunistiche. Il prelievo di novellarne deve tuttavia essere opportunamente regolamentato così da risultare commisurato alle effettive

capacità ittioricettive ed all'estensione degli ambienti colonizzabili. L'operazione derivante sarebbe tutt'altro che limitativa, anzi, economicamente positiva e conveniente, poiché consentirebbe di destinare ad allevamenti specializzati ed

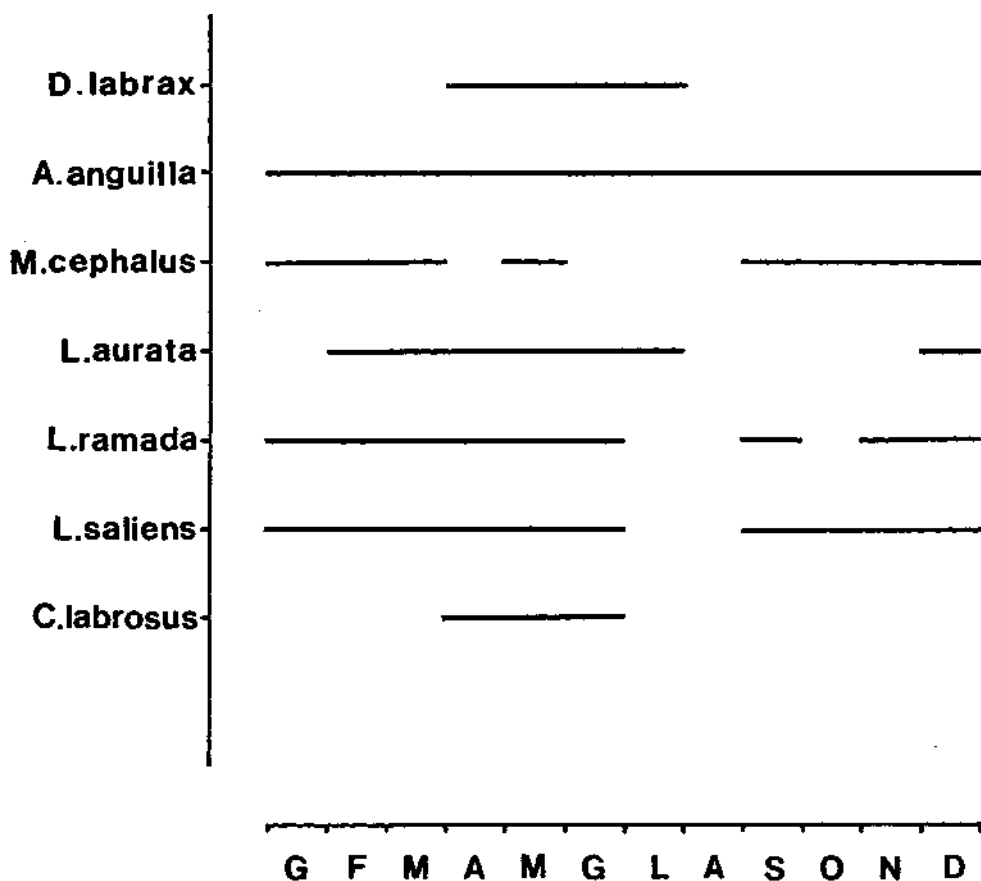


Fig. 2 - Calendario di comparsa delle varie specie in rimonta nella zona in esame.

appositamente attrezzati il surplus di rimonta, con costi di approvvigionamento e di recupero molto contenuti.

Per quanto riguarda l'area di studio, il novellarne catturato dai pescatori professionisti per indisponibilità di adeguate strutture di stabulazione e mantenimento deve essere avviato in tempi brevissimi ad allevamenti specializzati, per lo più ubicati in località extraregionali. Purtroppo le varie operazioni (cattura, stivaggio, trasporto, ecc.), a causa delle frequenti manipolazioni e degli innumerevoli ed inevitabili traumi, comportano comunque una certa perdita, di diversa entità, del materiale ittico recuperato, che in tal modo non risulta conveniente-

mente utilizzato. Infine la pesca professionale del novellarne vede impiegati prevalentemente o quasi esclusivamente operatori non locali e stagionali, poco interessati e scarsamente foranei di benefici alla pesca ed all'economia della zona.

Sarebbe pertanto auspicabile che tali allevamenti specializzati e ad alta tecnologia venissero impiantati nella stessa area versiliese, da un lato con indubbi vantaggi a livello locale, dall'altro lato con perdite assai più contenute, per un migliore e più razionale impiego del materiale ittico.

Le ricerche svolte hanno evidenziato ampie possibilità di sfruttare convenientemente, su larga scala, le risorse ittiofaunistiche locali. Infatti l'estrema diversificazione degli ambienti, esaminati nel corso della campagna di prelievi e campionamenti, consente l'attuazione di differenti tipi di interventi in relazione sia a precisi obiettivi produttivi sia a preordinati programmi commerciali. L'area si presta dunque ottimamente per specifici impianti di piscicoltura, prevalentemente marina e/o salmastra ma anche d'acqua dolce.

Sulla base delle acquisizioni disponibili e delle conoscenze relative al territorio è attualmente possibile individuare, in via prioritaria, tre linee principali ove convogliare gli sforzi per la valorizzazione ed il recupero delle risorse naturali viareggine, e precisamente:

*a) Pesca, selezione, stabulazione, mantenimento temporaneo e commercializzazione del novellarne*

Al momento la pesca del novellarne non viene esercitata con metodi e criteri tecnicamente soddisfacenti. Operano infatti nella zona singoli pescatori professionisti o cooperative di novellanti, che svolgono un'attività sporadica e frammentaria, non sempre in linea con i dettami previsti dalle concessioni di pesca. Di conseguenza le catture ed i prelievi, seppur individualmente redditizi, non risultano inquadrabili in una precisa ottica di sfruttamento bilanciato e coordinato del patrimonio naturale, né possono costituire una misura valida per la stima oggettiva della convenienza economica di un'impresa di pesca massiva di novellarne.

Benché venduto immediatamente, il novellarne ottenuto subisce inevitabili shock e traumi, di vario tipo e non sottovalutabili, che ne pregiudicano almeno in parte la successiva sopravvivenza e resa a livello di allevamento. Ciò a causa da un lato di innumerevoli carenze relative a sistemi, tempi, attrezzature di cattura, dall'altro lato dell'assoluta mancanza *in loco* delle strutture basilari e dei supporti indispensabili per il mantenimento e la conservazione del novellarne, che pertanto deve essere immediatamente esitato e ceduto a terzi in qualsiasi condizione ed a qualunque prezzo.

Siffatta situazione, attualmente di importanza economica irrilevante ma che potrebbe essere rivalutata e ridimensionata in un'ottica imprenditoriale allargata, comporta fra l'altro la cessione di materiale ittico eterogeneo, non selezionato per taglia né più spesso per specie, il quale nonostante il suo elevato valore

commerciale non può quindi spuntare prezzi di mercato concorrenziali e remunerativi.

D'altro canto poiché il periodo di rimonta e di cattura di ogni singola specie risulta sufficientemente esteso, di volta in volta vengono destinati all'allevamento soggetti di pezzatura quanto mai varia: all'inizio del periodo si prelevano infatti individui appena allo stadio di avannotto o nella prima fase giovanile; verso la fine del periodo vengono invece recuperati soggetti più sviluppati, per i quali le richieste sono più insistenti e che ottengono le migliori valutazioni.

L'installazione localmente di un impianto per la cattura, la stabulazione ed il mantenimento del novellarne risolverebbe evidentemente tali problemi, poiché consentirebbe la disponibilità e la fornitura di materiale biologico monospecifico ed al giusto sviluppo richiesto sul mercato, quindi di elevato pregio poiché più interessante e redditizio per scopi di semina. Ne risulterebbe altresì favorito l'impiego di manodopera locale specializzata, in grado di intervenire ed operare al momento opportuno, in corrispondenza alle fasi massime di rimonta e non saltuariamente ed occasionalmente. Infine verrebbe garantito un recupero organico, efficiente e consistente del novellarne in migrazione trofica androma, e verrebbero anche ad esso evitati danni diretti ed indiretti, causa di decadimento qualitativo e di deprezzamento.

In aggiunta e/o in alternativa alle citate possibilità di utilizzazione, il pesce novello recuperato dal surplus potrebbe essere destinato al ripopolamento di aree speciali quali quelle marine protette o tutelate ai fini del riposo biologico per la ricostruzione ed il ripristino delle popolazioni ittiche.

#### *b) Allevamento in condizioni naturali*

A tal fine potrebbero essere recuperati ed utilizzati molteplici corpi d'acqua tuttora di scarso interesse produttivo: canalizzazioni, cave, piccoli bacini, laghi costieri, ecc., trascurati o addirittura abbandonati a se stessi senza alcun intervento di manutenzione o opera di conservazione ed assai numerosi nella zona. La quantità di pabulum endogeno in essi prodotto ed adatto all'alimentazione dei pesci è notevole; il giusto indirizzo per il loro sfruttamento si focalizza dunque nell'allevamento in condizioni controllate.

Inoltre, dagli accertamenti effettuati, per lo loro caratteristiche ecologiche e biologiche molte di queste acque appaiono idonee non solo per forme di piscicoltura a bassa tecnologia ma anche per sistemi di allevamento con gabbie galleggianti, per la stabulazione e l'accrescimento di molteplici specie di pesci.

Tuttavia prima di qualsiasi iniziativa a vasto raggio e di concreto impegno dovranno essere condotte adeguate sperimentazioni di fattibilità e di idoneità per la stima della produzione ottenibile, dei costi e dei redditi, delle difficoltà tecniche ed operative ambientali.

In quest'ambito oltre a specie eurialine (spigole, mugilidi, orate, ecc.) potrebbero inoltre essere allevate specie dulcicole di elevato interesse econo-

mico. Tale tipo di allevamento assume quindi la configurazione prevalente di piscicoltura in acqua dolce.

*c) Piscicoltura marina intensiva*

Dati i requisiti ambientali dell'area viareggina appare giustificato anche l'allevamento di specie ittiche marine pregiate fino a taglia commerciale mediante moderni processi produttivi ad elevata tecnologia. Infatti le esigenze di approvvigionamento e di reperimento di cibo artificiale calibrato, possono essere pienamente soddisfatte grazie al recupero in natura, dal momento che la rimonta permane ancora cospicua. Marginale risulterebbe invece il problema della reperibilità e della raccolta di cibo naturale qualora ve ne fosse eventuale necessità.

In via del tutto indicativa le specie allevabili, in ordine di importanza, sono: spigola, orata ed alcuni mugilidi (soprattutto il cefalo). Esse risultano infatti perfettamente adattate alle acque viareggine, e pertanto adeguate oltre che convenienti. La loro presenza è stata frequentemente riscontrata nei sopralluoghi; tali specie costituiscono altresì un'aliquota importante del pescato locale.

Questo tipo di piscicoltura rientra nell'ambito dell'acquacoltura marina e/o salmastra.

Tuttavia, qualora si intenda dare nuovo impulso ad una politica di acquacoltura nell'area viareggina, per evidenti ragioni ed esigenze tecniche si rivelano indispensabili sia opportuni sopralluoghi finalizzati sia l'acquisizione di ulteriori dati ed informazioni, basilari per una corretta impostazione delle relative problematiche e per l'individuazione delle soluzioni ottimali e più convenienti, strettamente connesse alle peculiarità ed agli obiettivi degli impianti produttivi.

In conclusione esistono in Viareggio notevoli possibilità di intraprendere ed avviare attività di maricoltura su vasta scala, o di piscicoltura specializzata in generale, data anche la facilità di approvvigionamento degli stadi giovanili indispensabili. Tali possibilità non dovrebbero essere sottovalutate, ma piuttosto concretizzate, soprattutto in tempi brevi: non è infatti da escludersi che, data la situazione ed in mancanza di interessi locali, altri possano essere stimolati ad analoghe iniziative nella medesima area, ovviamente in termini competitivi se non addirittura esclusivi.

Occorrerà tuttavia, data l'ampia rosa di interventi prospettabili, effettuare innanzitutto scelte oculate e ponderate, in rapporto alle contingenti situazioni ambientali e faunistiche, al fine di contenere il più possibile i costi iniziali di investimento e di gestione degli impianti. Sulla base di tali scelte dovranno essere effettuate sufficienti verifiche, adattando alla realtà viareggina soluzioni tecniche avanzate già sperimentate ed utilizzate con profitto altrove.

## Summary

*A two-year study was conducted in the Viareggio area on the ascent of fry suitable for aquaculture. Periodical samplings were performed within the framework of program financed by the Mercantile Marine Ministry.*

Field observations, local surveys and interviews to fishermen, and the analysis of samples prompted the following conclusions:

— The ascent is still very abundant especially for the sea-bass, *Dicentrarchus labrax*, the elvers, *Anguilla anguilla*, and some mugilids (the commercially most valuable species are *Mugil cephalus* and *Liza aurata*).

— Due to the absence of local suitable rearing farms, collected fry must be immediately, irrespective of their conditions, shipped to specialized farms mostly outside the region.

— Fry collecting, if correctly planned and conducted, should not affect the carrying capacity of the waters concerned or the maintenance of the local resources. It should be limited to the available surplus production.

To plan a correct exploitation of this natural resource we are evaluating the possibilities of using several local sites conforming to the following criteria:

a) Netting, selecting, stocking, temporary keeping and transportation of fry for culture must be programmed with the aim of building suitable structures for mono-specific supplies of the size required. Care should be taken to avoid stress and to provide adequate sanitary conditions.

b) Culture in natural conditions is recommended. Local canals, coastal lakes, sand and gravel pits, ponds, etc. are readily available and constitute an economically valuable possibility for exploitation.

c) Intensive culture and rearing to the appropriate size of economically valuable fish species is also recommended. The production of some economically valuable species will be initiated. Naturally occurring fry could be used and some pilot experiments will be conducted.

The Viareggio area is suitable for the development of diversified activities related to the production of highly specialized mariculture and/or fish-culture.

## Bibliografia

ALESSIO G., BALDACCINI G.N., BIANUCCI P., DUCHI A., BALDACCINI N.E. (1986) - La rimonta del novellame di spigola, *Dicentrarchus labrax* (L.), in Burlamacca (Viareggio, LU): dati preliminari. *Boll. Zool. suppl.* 53: 94.

ALESSIO G., BALDACCINI G.N., BIANUCCI P., DUCHI A., BALDACCINI N.E. (1987a) - Dati preliminari sulla rimonta in Burlamacca (Viareggio, LU) di novellame per allevamento. *Atti Conv. UU.OO., M.M.M., Roma, febb.* 87: 19 (in stampa).

ALESSIO G., BALDACCINI G.N., BIANUCCI P., DUCHI A. (1987b) - Ricerche sulla rimonta del novellame di spigola, *Dicentrarchus labrax* (L.), nell'area viareggina. *Nova Thalassia* (in stampa).

BÖETIUS J. (1976) - Elvers, *Anguilla anguilla* and *Anguilla rostrata* from two danish localities. Size, body weight, developmental stage and number of vertebrae related to time of ascent. *Meddr. Danm. Fisk.-og Havunders.* 7: 157-166.



ELIE P, LECOMTE-FININGER R, CANTRELLE I, CHARLON N. (1982) - Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* (Poisson téléostéen anguilliforme). *Vie Milieu*, 32: 149-157.

GANDOLFI G. (1980) - Problemi relativi all'approvvigionamento di novellarne dagli ambienti naturali. *Nova Thalassia*, 4: 87-96.

GANDOLFI G., ROSSI R., TONGIORGI P. (1981) - Osservazioni sulla montata del pesce novello lungo le coste italiane. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, 3: 215-232.

ROSSI R. (1981) - La pesca del pesce novello da semina nell'area meridionale del delta del Po. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, 3: 23-36.

R. BAINO

B. REALE

Istituto Scientifico e Tecnico di Idrobiologia e Pesca  
Via dell' Ambrogiana 2, 57127 Livorno (Italia)

## CONFRONTO TRA CURVE DI CRESCITA INDIVIDUALI VALUTATE CON PROCEDURE INDIPENDENTI

### Abstract

Comparison of two computing techniques of the Von Bertalanffy growth parameters

*Individual growth parameters (Von Bertalanffy Growth Formula) for hake and pandora in the north Tyrrhenian Sea were searched for by both ageing techniques and length frequency analysis. Differences between the results from the ETAL and ELEFAN computer programs are negligible except for extremely old, and rare, specimens. Sources of error are sagittae / scales reading and misusing of the programs. Acquired skill with the ELEFAN program is usually more cost-effective for fish management purposes.*

**Key-words:** Age and growth, ELEFAN, Tyrrhenian Sea.

### Introduzione

Una completa conoscenza biologica delle specie ittiche, nonché molti dei più potenti modelli popolazionistici, necessitano di una curva di crescita individuale tipica della specie considerata.

Sebbene sia comunemente accettato il noto modello di Von Bertalanffy (VBGF) le procedure per la determinazione dei parametri della curva sono quanto mai varie e discusse. Nel presente lavoro sono confrontati i risultati ottenuti da una parte con l' ETAL che utilizza le Age-Length-Keys ricavate dalla lettura di otoliti e scaglie, dall'altra, tramite il programma ELEFAN per l'estrazione dei parametri di crescita mediante interpolazione dei dati di lunghezza-frequenza.

Mentre il programma in basic ETAL (GASCHUTZ *et al.*, 1980) rappresenta una delle ultime estensioni dei metodi classici (vedi in RICKER, 1975) applicabile nei casi in cui l'età dell'individuo è determinabile, l'algoritmo dell'ELEFAN (PAULY & DAVID, 1981) è il più potente strumento disponibile che si basa sulla

distribuzione di lunghezza del campione (rappresentativo della popolazione) tramite un complesso meccanismo di interpolazione multidimensionale. La natura non parametrica del metodo rende indispensabile l'interattività uomo-programma per identificare la soluzione ottimale.

## Materiali e metodi

Durante il triennio 1985-1987, l'ISTIP ha condotto un trawl survey per la valutazione delle risorse ittiche demersali nell'Alto Tirreno. Sono state effettuate 148 cale nel periodo primaverile (88) e estivo (60), tutte con una rete a strascico tradizionale (sacco con maglia stirata di 40 mm) in aree a profondità tra 12 e 600 m.

Su gran parte degli organismi catturati sono state eseguite misurazioni della lunghezza totale e prelevate scaglie o otoliti per la valutazione dell'età.

In particolare per quanto riguarda il nasello (*Merluccius merluccius*) sono state ricavate circa 27000 misurazioni di lunghezza comprese tra 3 e 58 cm in classi di 1 cm, e prelevati in totale 860 otoliti.

Gli otoliti del nasello sono stati letti con luce riflessa in bagno di alcool; quando lo spessore della sagitta impediva una sicura determinazione dell'età questa veniva sottoposta a sezione trasversale e letta con luce radente dopo aver cosperso la parte sezionata con olio di cedro. L'ultimo accorgimento ha evitato nella maggior parte dei casi il ricorso all'arrostimento del campione, più lungo e laborioso.

Per quanto riguarda il pagello (*Pagellus erythrinus*), sono state utilizzate 1500 misurazioni di lunghezza tra 4 e 33 cm (in classi di 5 mm) e prelevati 390 otoliti e/o scaglie. Gli otoliti solitamente non sono stati sezionati. La lettura delle scaglie, poste su vetrino ed immerse in alcool, è inoltre risultata più agevole e raramente dubbia.

Dagli otoliti e scaglie di ogni classe d'età è stata calcolata la media delle corrispondenti lunghezze totali individuali e la relativa deviazione standard.

Tali Age-Length-Keys (ponderate con il numero di osservazioni di ognuna) sono state fornite al programma ETAL per il calcolo della VBGF.

I valori di lunghezza-frequenza sono stati raggruppati in classi di 2 cm per il nasello e di 1 cm per il pagello, quindi utilizzati con l'ELEFAN. Individuate poi le più significative combinazioni dei parametri K, Loo della VBGF tradizionale «speciale», si è presa in considerazione la forma più generale (PAULY, 1979) con l'aggiunta dei parametri C, WP e D=1 per tenere conto di eventuali fluttuazioni stagionali di crescita.

Particolare attenzione è stata posta nella scelta degli steps di ricerca per ogni parametro: iniziando con steps di 1 per Loo e di 0,05 per K, C, e Wp si è saggiata rozzamente l'area delle soluzioni biologicamente accettabili, poi i passi sono stati via via ridotti fino a valori di 0,02 e 0,001.

I maschi e le femmine sono stati elaborati insieme sia per i cambiamenti di sesso che, con frequenza, si verificano nel pagello, sia perché, allo stato attuale della gestione delle risorse ittiche italiane, la divisione dei sessi comporta maggiori complicazioni che vantaggi.

## Risultati

L'applicazione dell'ETAL alle ALK del nasello è immediata ma fornisce un valore di Loo piuttosto elevato rispetto alla lunghezza massima osservata (86 contro 58 cm): è stato quindi forzato il valore di Loo a 60. I parametri e i risultati di entrambe le VBGF sono tabulati nelle prime colonne di Tab. 1 ed in Fig. 1.

**Tab. 1** - *Lunghezze in cm ad età e parametri della VBGF del nasello secondo i vari metodi e da bibliografia.*

Anni	Età	ETAL	ELEFAN	Girardin	Andaloro
1	0+	4,00	5,24	3,50	4,22
2	1+	9,05	10,66	12,12	9,11
3	2+	13,41	15,08	18,71	13,26
4	3+	17,17	18,68	23,74	16,78
5	4+	20,42	21,61	27,59	19,78
6	5+	23,22	24,00	30,53	22,32
7	6+	25,64	25,95	32,77	24,49
8	7+	27,73	27,53	34,49	26,32
9	8+	29,54	28,82	35,80	27,88
10	9+	31,09	29,88	36,80	29,21
11	10+	32,44	30,73	37,57	30,34
12	11+	33,60	31,43	38,15	31,29
13	12+	34,60	32,00	38,60	32,11
14	13+	35,47	32,46	38,94	32,80
15	14+	36,21	32,84	39,20	33,38
16	15+	36,86	33,15	39,40	33,88
Loo		40,93	34,50	40,05	36,70
K		0,15	0,21	0,27	0,16
To		-0,20	-0,30	-0,16	-0,25
C		0	0,40	0	0
Wp		0	0	0	0
ESP/ASP			616		

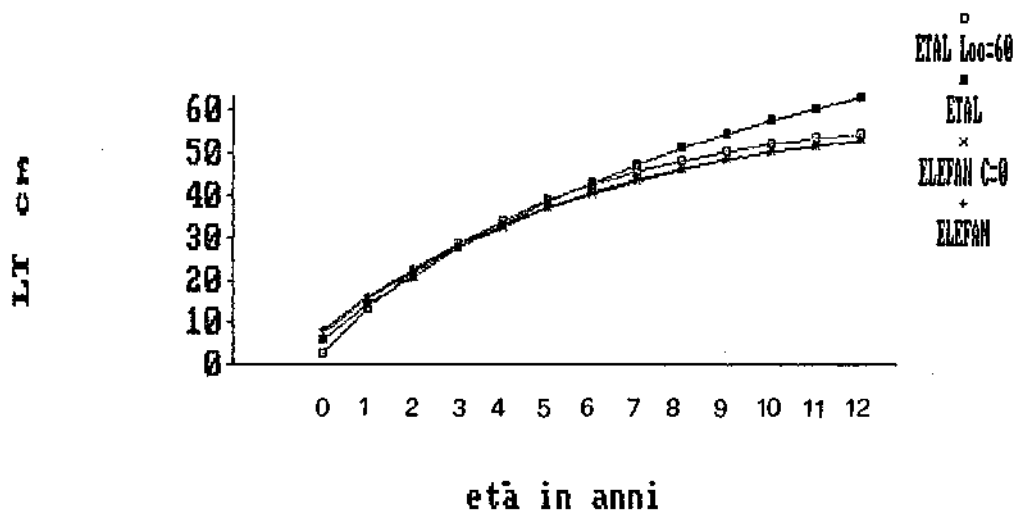


Fig. 1 - Curve di crescita del nasello.

La ricerca con l'ELEFAN è stata condotta attraverso 130 «base points» con Loo tra 61 e 77 cm e K fino a 0,5. Il rapporto tra Experimental Sum of Points/Available Sum of Points ha raggiunto il valore di 0,695; inserendo la fluttuazione stagionale si è migliorato il risultato ottenendo un  $ESP/ASP = 0,749$  con  $C = 0,9$  e  $Wp = 0,02$ .

Quest'ultimo risultato indica una forte stagionalità nella crescita del nasello con rallentamento invernale evidente in Fig. 2. La stagionalità non è necessaria-

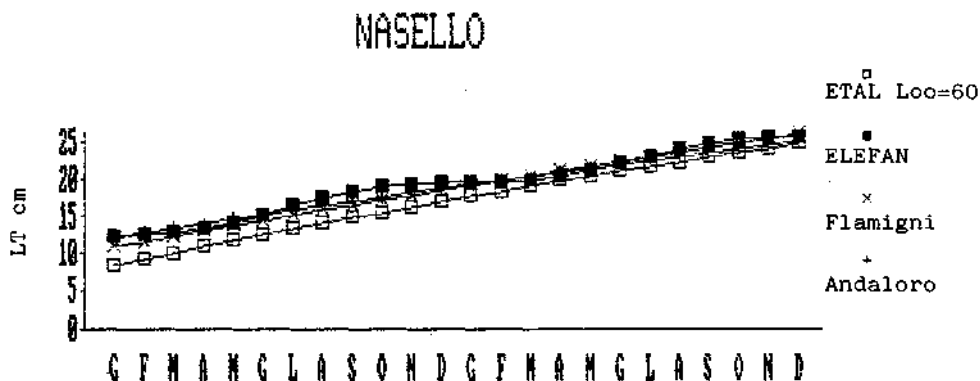


Fig. 2 - Curva di crescita «stagionale» del nasello ottenuta con l'ELEFAN a confronto con quelle risultanti dall'ETAL e dalla letteratura più recente.

mente imputabile alle sole fluttuazioni termiche ambientali bensì anche ad altri fattori quali la disponibilità alimentare o il ciclo riproduttivo della specie.

In Tab. 1 e Fig. 2 sono confrontati questi risultati con i più recenti studi sulla specie nei mari italiani (ANDALORO *et al.*, 1985; FLAMIGNI 1984). Nel range rappresentativo del campione esaminato (2-8 anni) le differenze sono trascurabili.

Con il pagello, l'ETAL è stato condotto su circa 100 «base points» usando Loo tra 34 e 40 cm e K esteso fino al valore di 0,35. Il risultato migliore si ottiene con la combinazione  $K = 0,21$ ,  $L_{\infty} = 34,5$ ,  $C = 0,4$  e  $W_p = 0$  cui corrisponde un  $ESP/ASP = 0,616$ . L'effetto di C è costante nel range da 0,3 a 0,5, comunque inferiore a quello ottenuto per il nasello ( $C = 0,9$ ), e quindi nella crescita rispecchia una stagionalità meno accentuata.

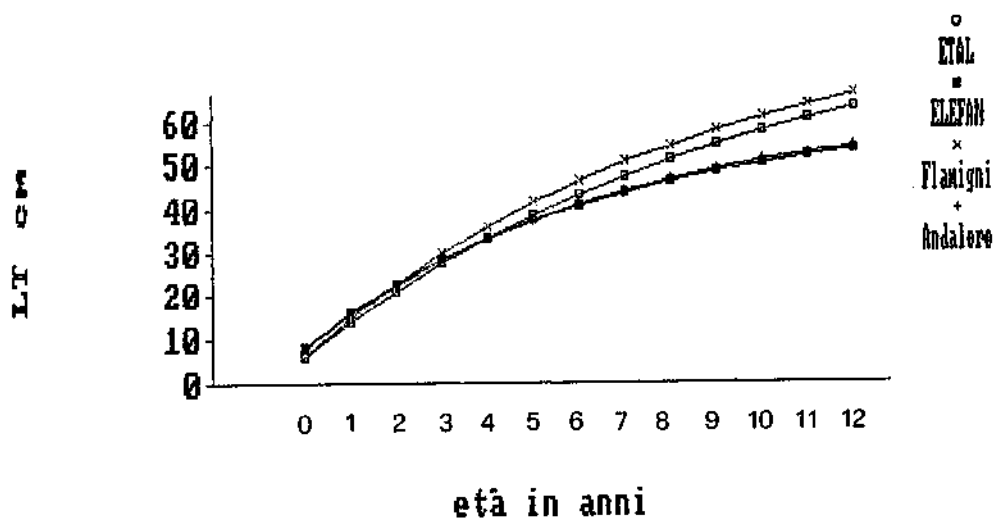


Fig. 3 - Curve di crescita del nasello calcolate e da letteratura.

Anche nel pagello l'ETAL fornisce una  $L_{\infty}$  superiore a quella ottenuta alle distribuzioni di lunghezza, sebbene la differenza sia minore di quanto osservato nel nasello risultando evidente solo ad età superiori a 9 anni (Tab. 2 e Fig. 4).

Il confronto con i dati di crescita di altri autori evidenzia una fortissima corrispondenza con i risultati di ANDALORO *et al.*, (1985) mentre sono chiaramente distinti da quelli ottenuti da GIRARDIN (1981) nel Golfo del Leone.

Nel successivo grafico di Fig. 5 sono rappresentati i dati di lettura delle scaglie e/o otoliti confrontati sia con le VBGF da noi ottenute che con quella di Girardin.

È evidente come la curva ricavata dall'ETAL tende a rettificare la VBGF e conseguentemente ad elevare l' $L_{\infty}$  fino al valore ottenuto da Girardin. Tale distorsione è tipica del programma utilizzato per interpolare dei dati smor-

**Tab. 2** - *Lunghezze in cm ad età e parametri della VBGF del pagello secondo i vari metodi e da bibliografia.*

Anni	Età	ETAL	ELEFAN	Girardin	Andaloro
1	0+	4,00	5,24	3,50	4,22
2	1+	9,05	10,66	12,12	9,11
3	2+	13,41	15,08	18,71	13,26
4	3+	17,17	18,68	23,74	16,78
5	4+	20,42	21,61	27,69	19,78
6	5+	23,22	24,00	30,53	22,32
7	6+	25,64	25,95	32,77	24,69
8	7+	27,73	27,53	34,49	26,32
9	8+	29,54	28,82	35,80	27,88
10	9+	31,09	29,88	36,80	29,21
11	10+	32,44	30,73	37,57	30,34
12	11+	33,60	31,43	38,15	31,29
13	12+	34,60	32,00	38,60	32,11
14	13+	35,47	32,46	38,94	32,80
15	14+	36,21	32,84	39,20	33,38
16	15+	36,86	33,15	39,40	33,88
Loo		40,93	34,50	40,05	36,70
K		0,15	0,21	0,27	0,16
To		-0,20	-0,30	-0,16	-0,15
C		0	.40	0	0
Wp		0	0	0	0
ESP/ASP			616		

zando la curvatura della VBGF interpolata sui valori estremi (vedi anche JONES, 1984).

La natura e le conseguenze applicative di errori di lettura degli otoliti sono state già ampiamente studiate da GULLAND (1955), BRANDER (1973), MORTERA & LEVI (1982), ecc.

Sui nostri dati, si è osservato che un evidente bias riduttivo viene inserito durante la lettura degli anelli su scaglie e sagitte. Talvolta un anello dubbio o

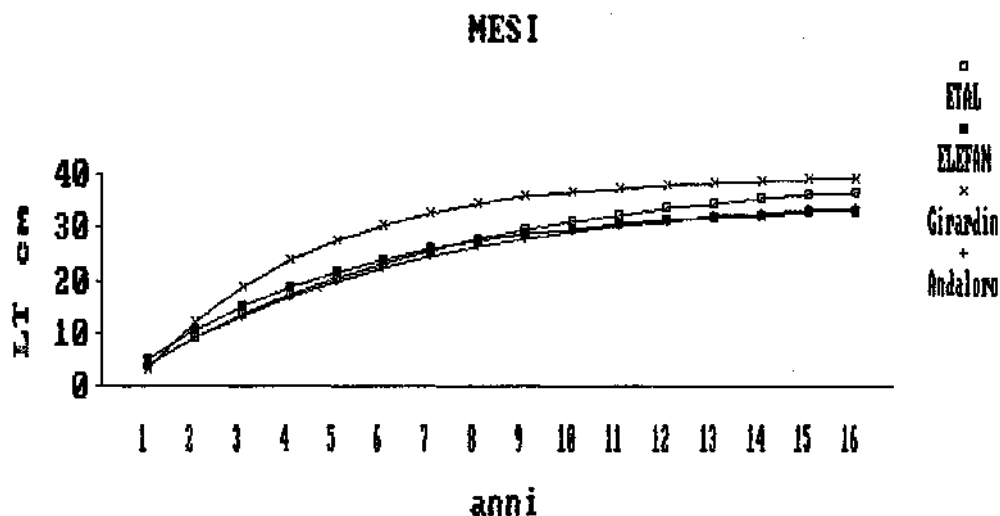


Fig. 4 - Curve di crescita del pagello calcolate e da bibliografia. La scala temporale indica con 1 la minima dimensione, coincidente con la classe 0+ (vedi Tab. 1).

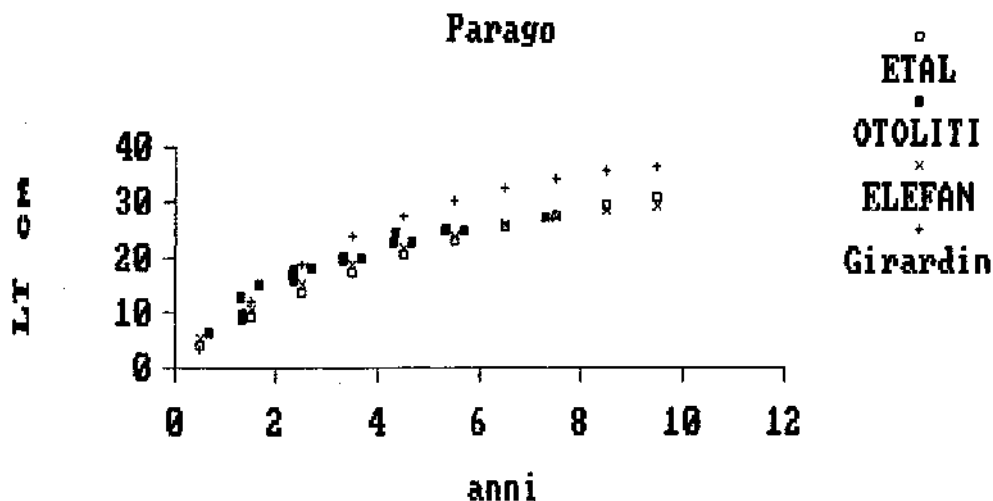


Fig. 5 - Dati di età-lunghezza (raggruppati per survey) a confronto con le curve di crescita calcolate e da letteratura.

appena sospettabile, per prudenza, non è considerato: ne consegue che gli anelli mal formati possono essere esclusi e tali individui assegnati alla classe d'età inferiore.

Con l'eliminazione degli outliers non si risolve il problema, perché può essere utile a ridurre la varianza totale ma non il bias di tale natura.



## Conclusioni

Entrambe le metodologie si sono rivelate vantaggiosamente applicabili tanto al nasello che al pagello; le differenze tra i parametri prima descritti, sono sicuramente inferiori alla variabilità riscontrabile tra gli individui delle due popolazioni ittiche (ANDALORO *et al.*, 1985), considerando l'ampiezza dei limiti fiduciali di + 5 cm per il nasello e di + 3 cm per il pagello. Tali differenze risultano inoltre ininfluenti per varie applicazioni gestionali. Ad esempio, si è calcolata la catch-curve del pagello utilizzando le due VBGF e stimata M con l'approssimazione di PAULY (1983), il tasso di sfruttamento dello stock che ne deriva è coincidente.

Quanto siano simili i risultati ottenuti con i due metodi è ancora più evidente se si considera che la maggior parte degli individui campionati appartiene a sole 4 o 5 classi d'età, mentre le curve divergono ad età superiori. A queste ultime appartiene una minima parte della popolazione (<0,01%) che solitamente non è catturabile con la rete a strascico (ORSI & ROMEO, 1984).

Utilizzando le distribuzioni di frequenza, il tempo necessario in laboratorio è fortemente ridotto rispetto al prelievo, preparazione e lettura degli otoliti; successivamente però la ricerca dei parametri risulta più impegnativa.

Globalmente, con l'uso delle lunghezze-frequenze, la ricerca della VBGF è più veloce, ma molto dipende dall'abilità specifica del ricercatore così nella lettura degli otoliti come nell'interattività con l'ELEFAN.

Per quanto riguarda le possibilità di fornire un risultato errato sono note le difficoltà associate alla lettura delle sagitte o scaglie e soprattutto le differenze che esistono nella lettura degli stessi campioni operate da persone diverse (MORALES & PAINE, 1985) ed è altrettanto evidente che una ricerca insufficiente o con passi errati porti ad accettare nell'ELEFAN un rapporto ESP/ASP che non è il massimo se non localmente.

In ogni caso, mentre la lettura degli otoliti (scaglie o vertebre) è impossibile per molte specie e comunque richiede sempre un tempo considerevole, la durata della ricerca con l'ELEFAN molto si riduce con l'esperienza: se i dati sono significativi e dispersi in più mesi, alcuni giorni sono sufficienti per la determinazione dei parametri della VBGF di una specie.

## Summary

*Biological knowledge of fish species is a prerequisite for most analytical models and ecological descriptions of a commercial fishery. One of the most investigated aspects is average individual growth, i.e. the Von Bertalanffy growth parameters, both in the classical formula and in some recent adaptations.*

*This study concerns the comparison of two different approaches applied to a large number of pandoras and bakes collected during a two-year trawl survey off the coast of Tuscany.*

*Length-frequency analysis of several thousands of specimens were carried out with the ELEFAN algorithm. The absolute age of hundreds of specimens was estimated by otolith and scale reading; these data, with the ETAL computer program, result in an independent set of parameters of the Von Bertalanffy growth formula for hake and pandora.*

*No significant difference was found between the two methods, however, the ETAL approach often determined straighter curves (i.e. lower K and higher L<sub>∞</sub>).*

*At least one or two hundred base points are necessary for a good search with the ELEFAN program. Although this is arduous, it is less time-consuming than reading a large number of otoliths. The best strategy seems to be a preliminary estimate with a few absolute ages and a subsequent fine-tuning by means of the length-frequency samples.*

## Bibliografia

ANDALORO F., ARENA P., PRESTIPINO S. (1985) - Contribution to the knowledge of the age, growth and feeding of hake *Merluccius merluccius* (L.) in the Sicilian Channel. *FAO Fish. rep.*, 336: 93-97.

BRANDER K. (1973) - The effects of age-reading errors on the statistical reliability of marine fishery modelling. In *Ageing of fish*. W.D. Bagenal, (eds):

FLAMIGNI C. (1984) - Preliminary utilization of trawl survey data for hake (*Merluccius merluccius* L.) population dynamics in the Adriatic Sea. *FAO Fish. Rep.*, 290: 109-115.

GASCHUTZ G., PAULY D., DAVID N. (1980) - A versatile BASIC program for fitting weight and seasonally oscillating length growth data. *ICES CM 1980/D:6 Statistics Cttee*: 14.

GIRARDIN M. (1981) *Pagellus erythrinus* et *Boops boops* du Golfe du Lion. *These*, Université des Sciences et Techniques du Languedoc: 1-286.

GULLAND J.A. (1955) - Estimation of growth and mortality in commercial fish populations. *Fish. Invest. Agric*.

MORALES B.Y., PAINE A.I.L., 1985 - A note on the interpretation of Hake otoliths. *Coll. Sci. Pap. ICSEAF*(1985): 69-79.

MORTERA J., LEVI D. (1982) - Bias in age reading and consequences on age/length key, on growth curve and in virtual population analysis. *FAO Fish. Rep.*, 257: 73-84.

ORSI RELINI L., ROMEO G. (1984) - Vertical distribution, age, growth and mortality of *Pagellus erythrinus* on trawled coastal areas of the Ligurian Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer. Medit.*, 29, 8.

PAULY D. (1979) - Gill size and temperature as governing factor in fish growth: a generalization of von Bertalanffy's growth Formula. *Ber. Institut f. Meereskunde (Kiel University)*, 63: 156 p.

PAULY D., DAVID N. (1981) - ELEFAN 1, a basic program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Sonderdruck aus Bdd.*, 28: H. 4, S: 205-211.

PAULY D. (1983) - Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fish. tech. Pap.*, 234: 1-52.

RICKER W.E. (1975) - Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 191: 1-382.

R. BAINO

F. SERENA

R. AUTERI

Istituto Scientifico e Tecnico di Idrobiologia e Pesca  
Via dell'Ambrogiana 2, 57127 Livorno (Italia)

## UN AGEVOLE PROCEDIMENTO PER LA DEFINIZIONE DELL'AREALE DELLE SPECIE DEMERSALI

### Abstract

An easy mapping method for bottom living species

*A new development of the Shepard interpolation methods has been applied to ground-fish stocks using spreadsheets on personal computers. The main computation problems were solved with resolution, range and reliability indices. Various examples show the features and possibilities of the method: i.e. fishing maps, stock definition and applicability to investigations on various species.*

**Key-words:** Biogeography, trawl-fishery, stock-assessment, spatial analysis.

### Introduzione

La distribuzione spaziale degli individui di una popolazione nell'ambiente disponibile è stata oggetto di controversie più o meno complesse, condizionate dalla ricerca di quei fattori determinanti lo stato popolazionistico delle specie.

Tali fattori sono fondamentalmente riconducibili a tre distinti gruppi di natura biologica, fisica e antropica; congiuntamente, separatamente oppure influenzandosi in maniera reciproca questi elementi intervengono nella delimitazione degli spazi di interesse della popolazione.

Con la realizzazione di trawl-surveys, pur differenti per finalità e «design», si dispone generalmente di numerosi dati di rendimento con cui definire non solo l'areale di presenza delle specie, ma anche una mappa delle abbondanze.

Con l'algoritmo qui illustrato e le CPUE di ogni cala è possibile definire i rendimenti più probabili in ogni punto dell'area investigata, in altri termini una «superficie dei rendimenti».

Esiste un'ampia varietà di metodi numerici per determinare una superficie partendo da una serie di punti noti distribuiti sul piano. Una trattazione appro-

fondita dei modelli più diffusi è disponibile in DAVIS (1963); WRITTEN (1972) e PRENTER (1975). SCHUMAKER (1976) distingue fundamentalmente due approcci al problema:

1) La ricerca di una funzione che interpoli esattamente i dati, applicabile quando i rilevamenti siano molto precisi e si desideri mantenerli invariati.

2) La funzione viene costruita in modo che approssimi i dati: il procedimento, che rappresenta uno «smoothing» bidimensionale, è vantaggioso quando i dati - è il caso dei rendimenti di pesca - sono associati ad un errore stocastico.

Utile è un'ulteriore distinzione tra i metodi globali (si veda DE BOOR, 1962 e PRICE & SIMONSEN, 1962), in cui ogni punto interpolato dipende da tutti i dati disponibili, e i metodi locali in cui il punto dipende solo dai dati appartenenti ad un suo intorno più o meno ampio (AKIMA, 1974).

I dati di cattura dei trawl-surveys sono sempre associati ad una elevata variabilità (GROSSLEIN, 1969), e inoltre il risultato di una cala è generalizzabile soltanto ad un intorno limitato, per cui il tentativo di definizione dell'areale di una specie non può realizzarsi che attraverso un metodo di «approssimazione locale».

## Materiali e metodi

Le procedure descritte sono applicabili su PC sia con una programmazione lineare quali in BASIC o FORTRAN (approccio continuo) che con l'uso dei fogli elettronici come Visicalc o Multiplan (approccio discreto).

Gli esempi riportati sono ricavati da 5 campagne di pesca a strascico condotto nell'Alto Tirreno durante gli anni dal 1985-87, per un totale di 148 cale a profondità variabili tra 10 e 620 m e su una superficie utile di 9000 km<sup>2</sup> (la posizione di ogni cala è illustrata in Fig. 1a) e la elaborazione è stata condotta con un Personal Computer (512 Kbyte RAM) ed il package FRAMEWORK II.

L'algoritmo, derivato dal metodo di interpolazione locale di SHEPARD (1964), si compone in due parti successive: la prima con la trasformazione dei dati di rendimento (kg per cala) irregolarmente dispersi sul piano in una griglia regolare, la seconda, con la traduzione dei valori della griglia (kgS) in una scala di intervalli (curve di livello o isoplete).

Nella definizione di kgS l'influenza dei punti noti ( $W_c$ ) è espressa come funzione diretta della distanza: nell'approccio continuo si utilizza una relazione lineare o preferibilmente di grado superiore, nell'approccio discreto un'approssimazione «a gradini» quale ad esempio quella della Fig. 2.

Stabilito che valori di risoluzione ed espansione sufficientemente bassi rendono ininfluyente il tipo di funzione scelta per calcolare  $W_c$ , la formula di inter-

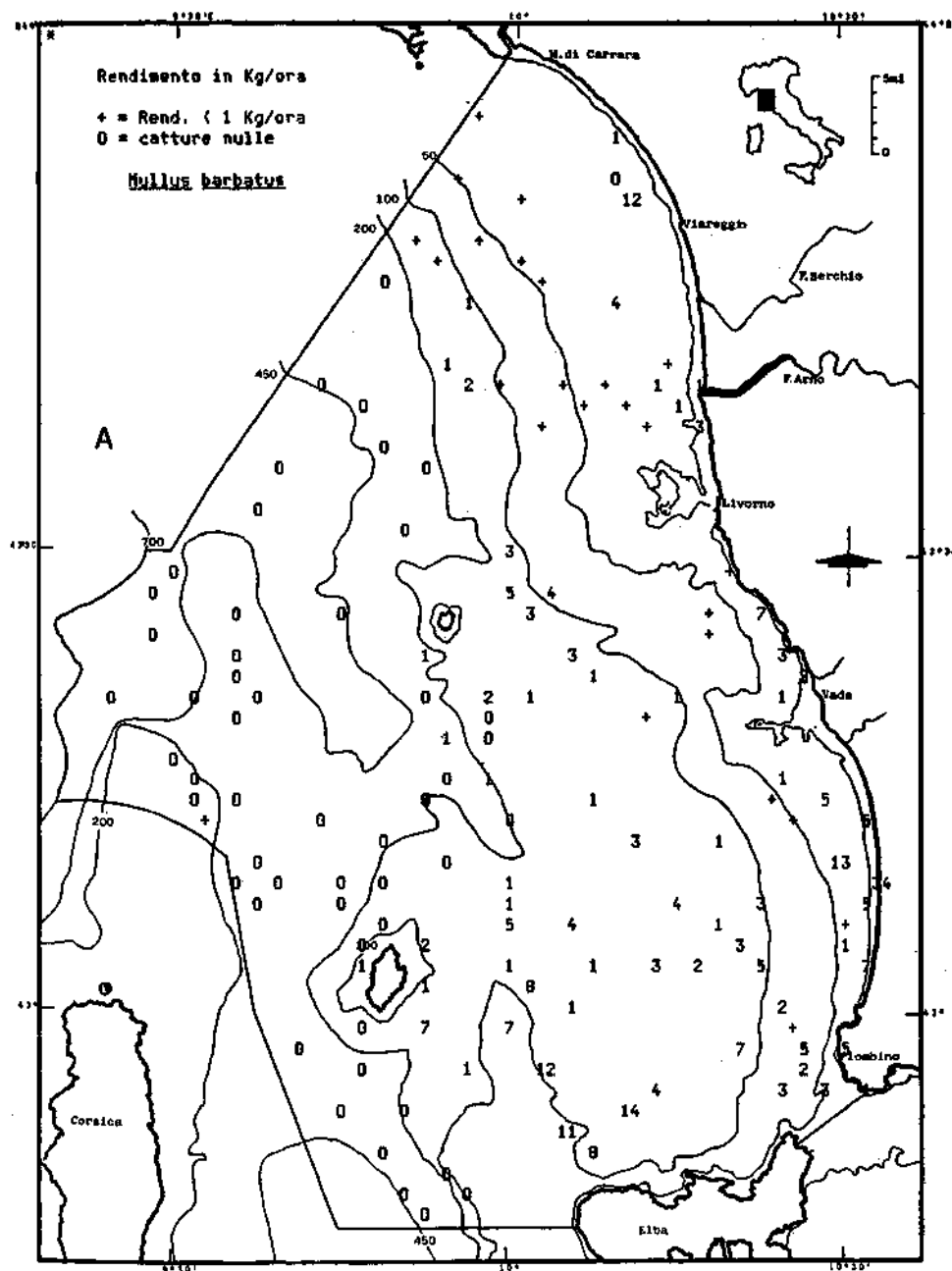


Fig. 1 a - Rendimento di cattura per ogni cala.

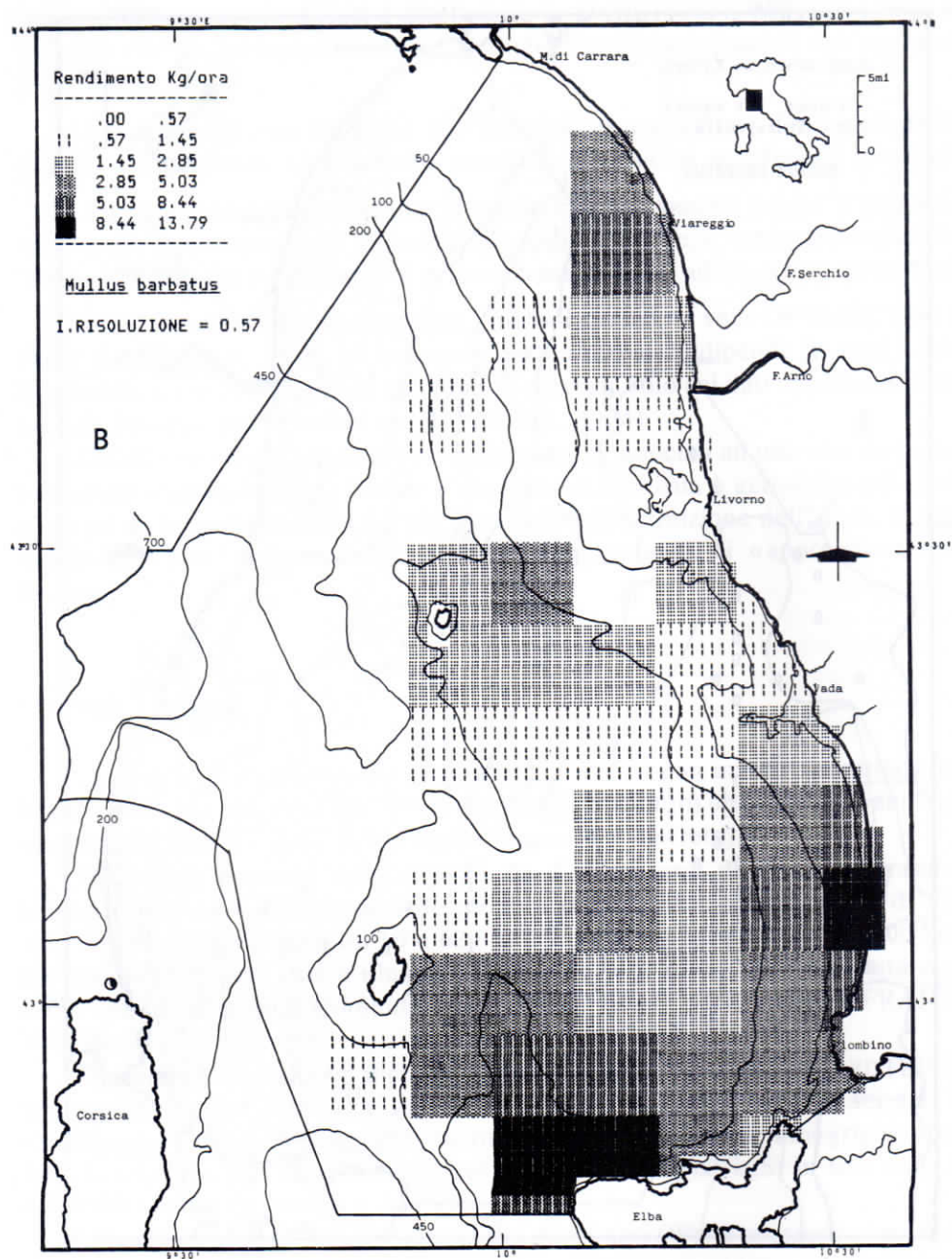


Fig. 1b - Rendimento di cattura definito con Indice di Risoluzione crescente: IR = 0,57.

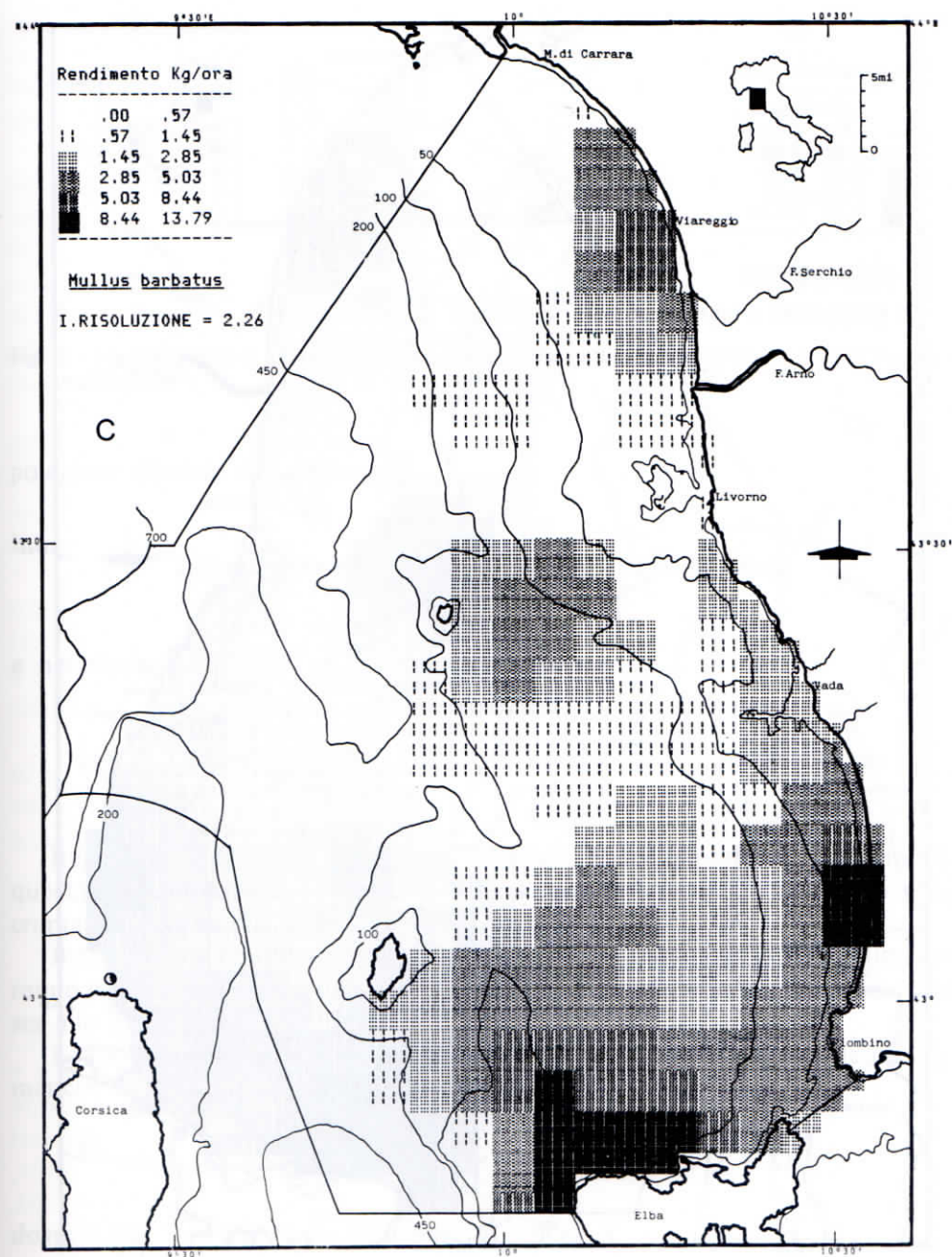


Fig. 1c - Rendimento di cattura definito con Indice di Risoluzione crescente: IR = 2,26.



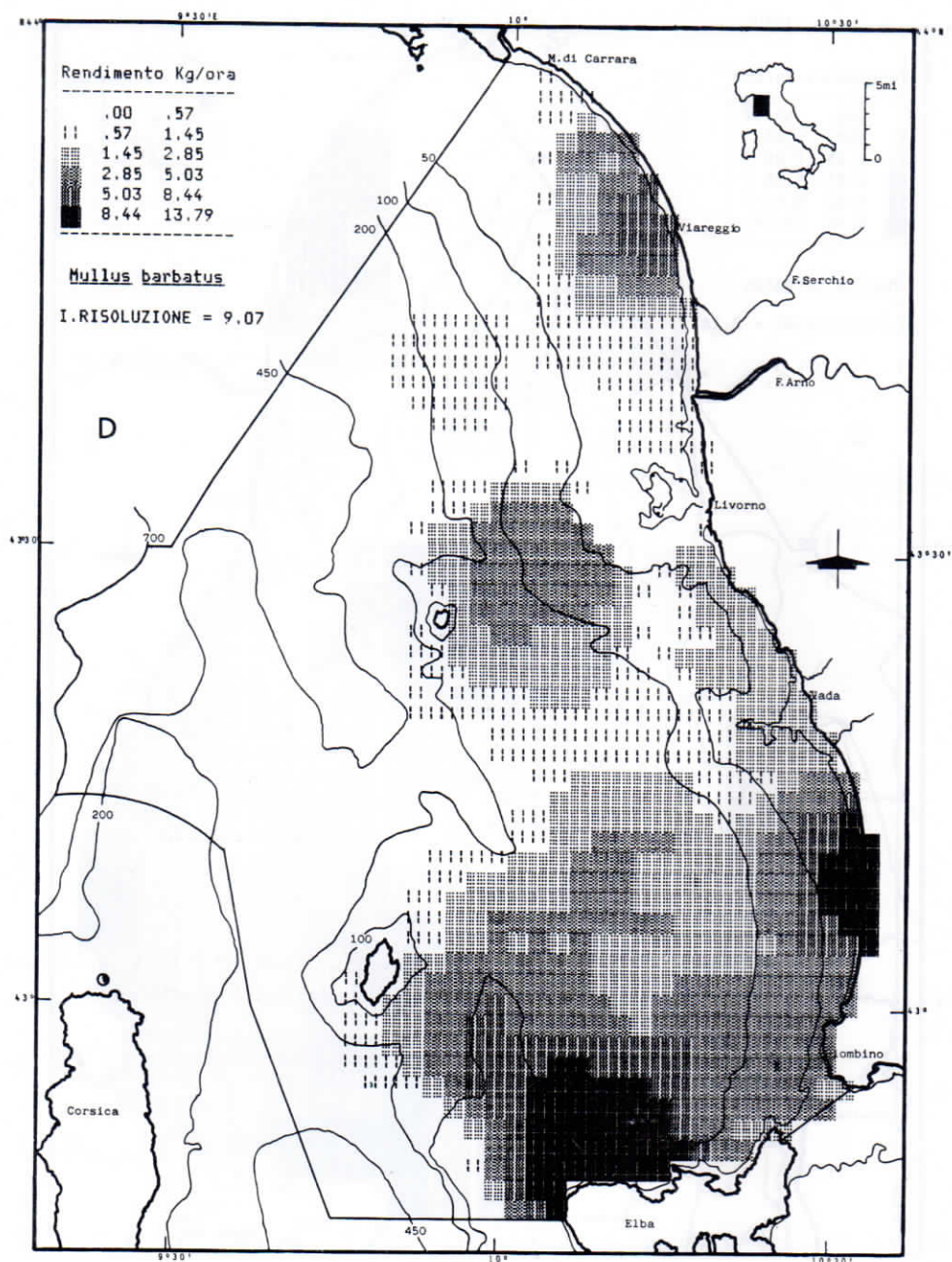


Fig. 1 d - Rendimento di cattura definito con Indice di Risoluzione crescente: IR = 9,07.

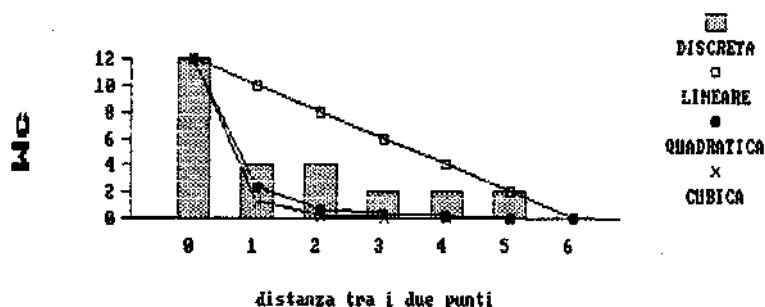


Fig. 2 - Varie funzioni di influenza ( $W_c$ ) tra punti noti e punti stimati utilizzabili nel calcolo degli areali.

polazione diventa nel continuo:

$$kgS = \sum_{j=1}^c (kg_j / W_{c_j}) \times \prod_{j=1}^c W_{c_j} / \sum_{j=1}^c \left[ \prod_{j=1}^c (W_{c_j} / (W_{c_j})) \right]$$

e nel discreto

$$kgS = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{W_c} kg_{ij} / \sum_{j=1}^c W_{c_j} \quad \text{dove } c \text{ è il numero di cale}$$

Realizzata così, punto per punto, la griglia fondamentale dei rendimenti, questa viene tradotta in una scala di  $N$  livelli che definiscono, a piacere, la scala cromatica o le curve di livello.

Il fatto che i rendimenti per cala non siano distribuiti in modo gaussiano rende preferibile l'uso di una scala logaritmica che meglio si adatta sia alle alte sia alle basse densità della specie.

La formula seguente realizza nel contempo un uniforme bilanciamento cromatico:

$$L(X) = \text{INT} [1 + N / \ln(1 + X_{\max} + \varepsilon) \times \ln(1 + X)]$$

dove:  $L(X)$  = livello da assegnare al valore  $X$

$X$  = valore di  $kgS$

INT = arrotondamento per difetto

$N$  = numero di livelli

$X_{\max}$  = massimo della scala

$\varepsilon$  = epsilon piccolo a piacere

Il merito del metodo risiede nell'uso di tre indici che caratterizzano la definizione dell'areale: l'Indice di Risoluzione (I.R.) pari al rapporto tra i punti calcolati e i punti noti, l'Indice di Espansione (I.E.) pari alla distanza di influenza dei punti noti, e da ultimo, l'Indice, o mappa di Affidabilità (I.A.) che determina per quali zone l'interpolazione è sicura o incerta.

L'indice di Risoluzione rappresenta la quantità di Informazione aggiunta nel tracciare i confini di densità, in altri termini misura la generalizzazione indotta.

L'Indice di Espansione è definito come la distanza massima in cui  $W_c > 0$  (nel discreto) o  $W_c > \alpha$  (nel continuo, dove  $\alpha$  è un limite sufficientemente piccolo, ad esempio 5%). In termini biologici l' I.E. rappresenta la distanza massima di movimento della specie e di conseguenza, in applicazioni su specie relativamente stanziali, come quelle bentoniche, è preferibile un l' I.E. più basso che in quelle pelagiche solitamente più mobili.

Quanto più l' I.E. è basso tanto maggiore sarà la definizione «locale» della specie, ovvero minore è lo «smoothing».

Quale corollario, si può rilevare che bassi I.E. determinano areali con massimi molto accentuati, mentre ad alti I.E. corrisponde un maggior appiattimento.

L'Indice di Affidabilità si differenzia dai precedenti in quanto è definito localmente, non è cioè rappresentabile da un valore, ma da una mappa di valori come quella rappresentata in Fig. 3. La forma più semplice che può assumere è il numero di punti noti utilizzati nel calcolo di ogni punto stimato, globalmente rappresenta quindi l'inverso dell' I.R.

Tale mappa risulta fondamentale per l'analisi critica di qualunque areale in quanto identifica immediatamente le zone più sicure (in cui le stime sono basate su un buon numero di dati) e le zone «a rischio» dove l'interpolazione è più spinta per la carenza di punti noti.

## Risultati

In Fig. 1 è illustrato l'areale della triglia (*Mullus barbatus*) con 3 diversi I.R.: nel caso b (I.R. = 0,57) il numero di punti stimati (generalizzati a quadrati) è inferiore al numero di cale fatte, cioè ogni stima deriva in media da circa due punti noti. Nei successivi esempi la definizione dell'areale aumenta ma, nel caso d (I.R. = 9,07) ogni punto noto ne determina in media altri 9. È possibile, spingendo ancora oltre la risoluzione, giungere ad areali graficamente perfetti, contemporaneamente però si rischia di perdere, in termini di corrispondenza con la realtà ambientale, il senso concettuale del metodo.

Nell'areale definito per il *Parapenaeus longirostris* (Fig. 4a) con I.E. = 4,8 miglia sono evidenti nuclei di concentrazione della specie che vengono invece generalizzati elevando l' I.E. a 9,5 miglia (Fig. 4b).

Gli areali ottenuti permettono anche la formulazione di alcune ipotesi biologiche: consideriamo ad esempio i due areali dell'argentina (*Argentina sphy-*

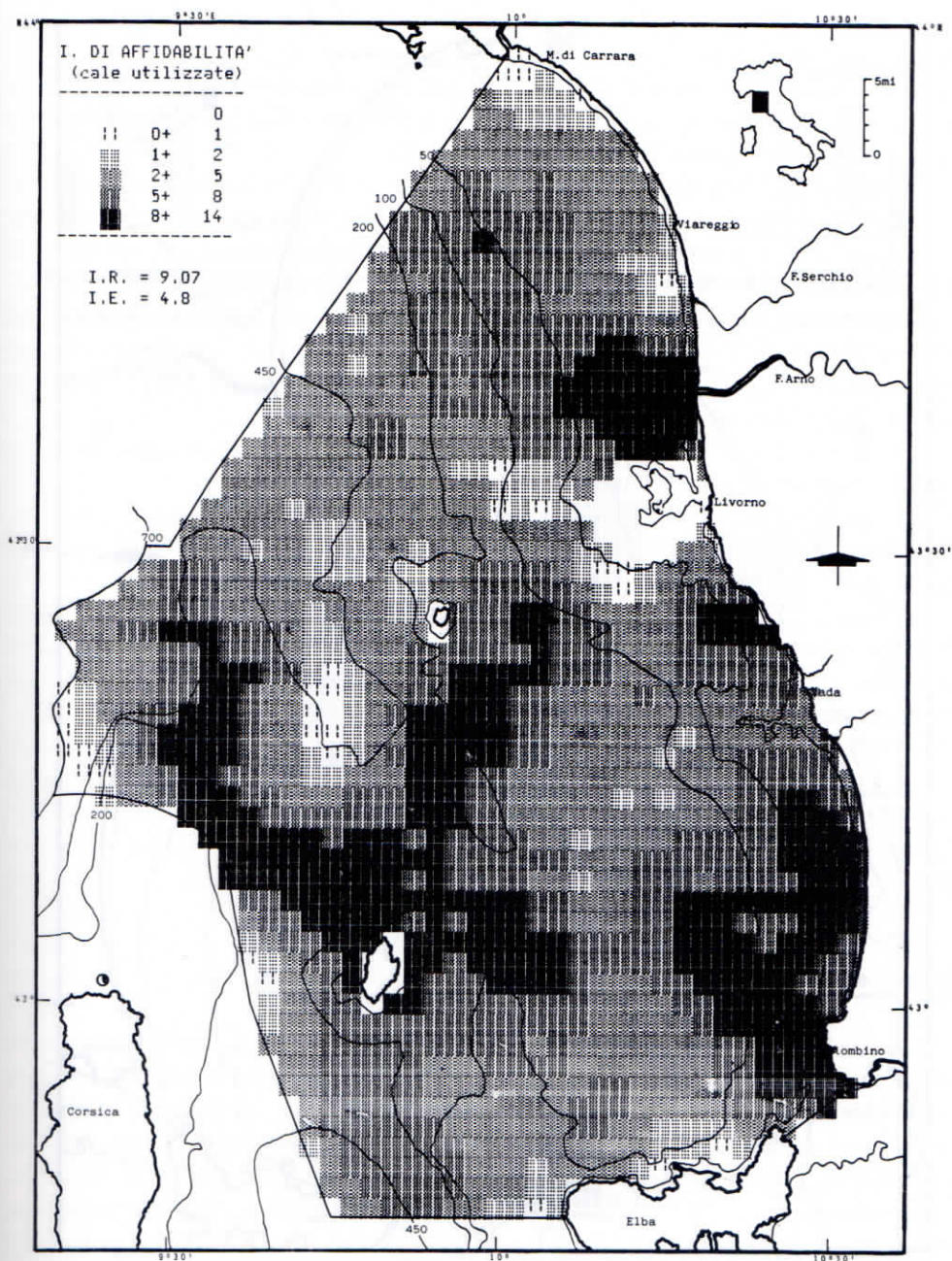


Fig. 3 - Mappa di affidabilità. Le aree scure sono quelle più sicure, perché a maggiore concentrazione di cale.



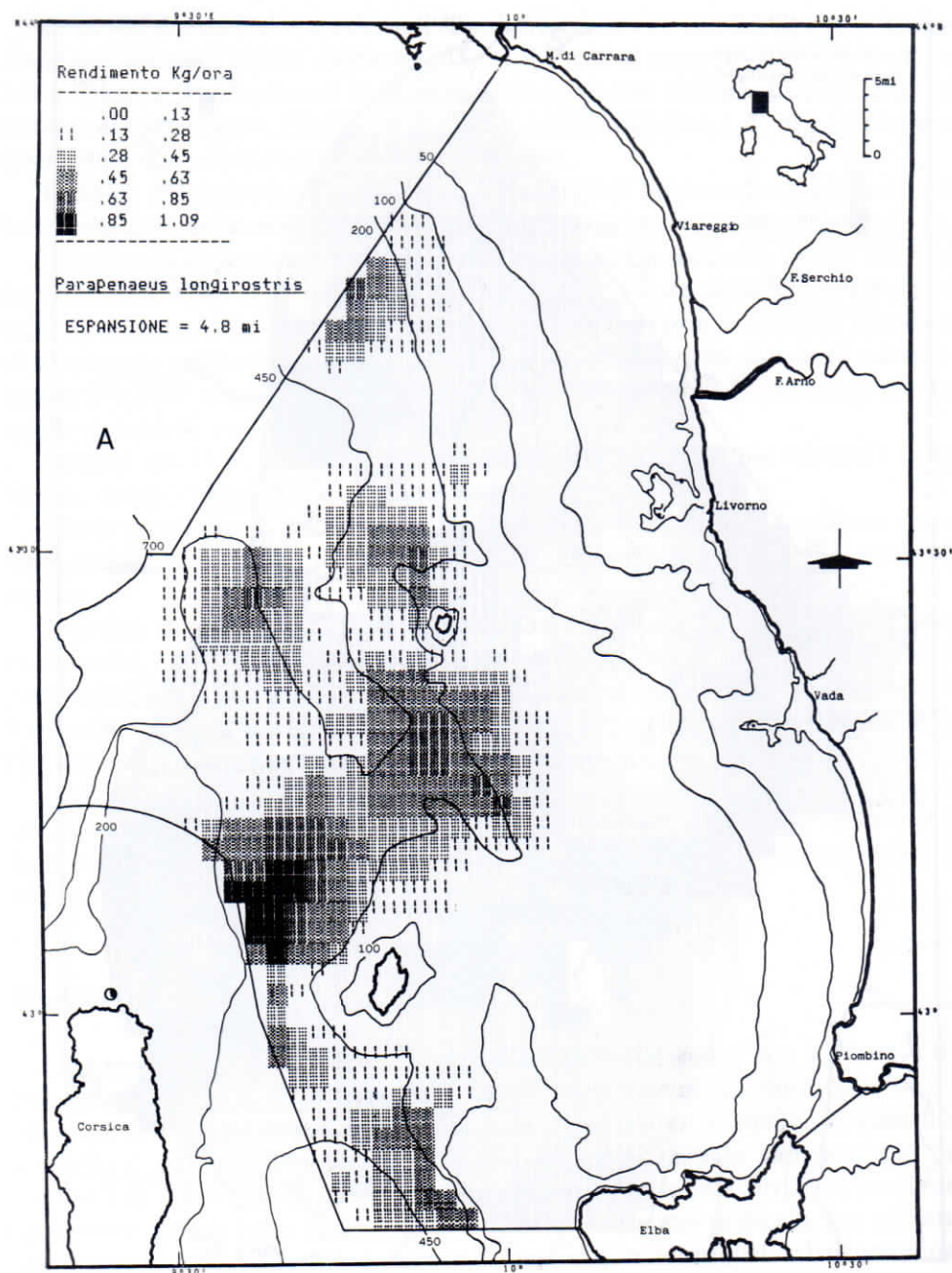


Fig. 4 A - Diversa rappresentazione della distribuzione del gambero bianco con Indici di Espansione differenti: IE = 4,8 mi.

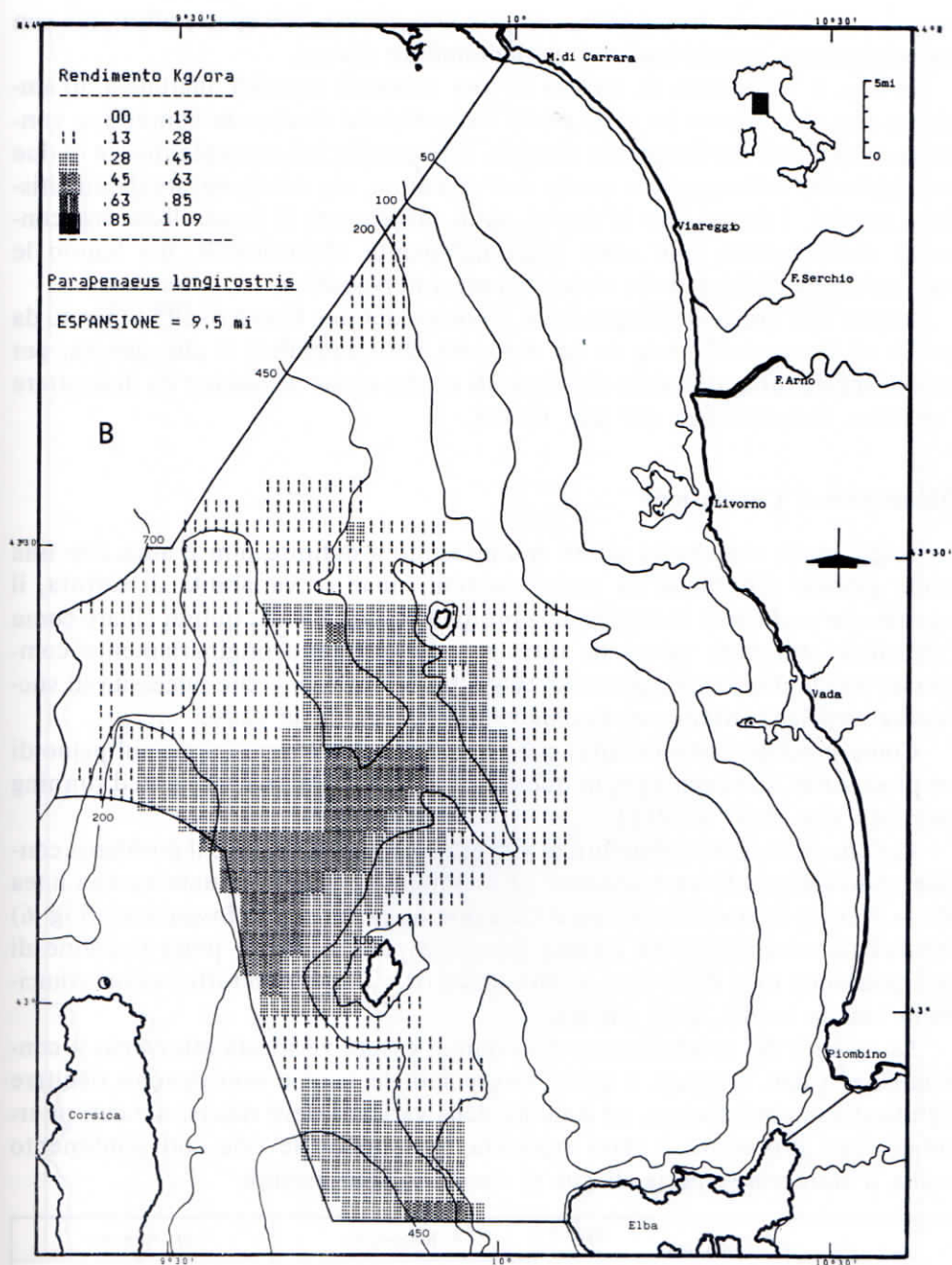


Fig. 4 B - Diversa rappresentazione della distribuzione del gambero bianco con Indici di Espansione differenti: IE = 9,5 mi.

raena) e del «lingua liscia» (*Glossanodon leioglossus*), due specie affini, ma con comportamenti popolazionistici evidentemente diversi.

In Fig. 5 l'argentina fa mostra di una notevole capacità adattativa all'ambiente fisico: si ritrova in varie realtà batimetriche risultando comunque concentrata nell'area tra Gorgona e Capraia. Il lingua liscia è presente invece in due zone ristrette, sovrapposte a quella dell'argentina, ma caratterizzate da un'altissima densità. I fattori che in questi punti favoriscono il lingua liscia nei confronti dell'argentina non sono immediatamente identificabili, ma hanno le caratteristiche tipiche della competizione interspecifica.

Inoltre nell'areale del lingua liscia il nucleo di Capo Corso risulta separato da quello di Gorgona-Capraia da un evidente iato geografico il che denota, per questa specie, una probabile divisione di stocks anche se rimane da dimostrare l'effettiva indipendenza dei due nuclei.

## Discussione e Conclusione

Negli areali, ciò che in effetti noi andiamo a definire non è altro che una realtà globale schermata da molti elementi quali la variabilità di cattura, il legame con particolari biocenosi o la profondità, etc. Risulta quindi chiaro come l'algoritmo utilizzato agisca da filtro su un fenomeno originariamente complesso, rivelandone una caratteristica - il trend spaziale - che necessita di successive verifiche attente e conclusive per spiegarne le cause.

Come precedentemente enunciato il metodo è la trasposizione sul piano di un processo di «smoothing», in questo caso particolare una «weighted running average» con pesi: 1122211.

Per illustrare il procedimento di verifica è utile semplificare il problema considerando solamente un transetto: ad esempio le 8 cale effettuate su una linea SE → NO tra le isole di Capraia e Gorgona: le catture di *P. longirostris* (Fig. 6) presentano una variabilità elevata ( $\sigma = 0,33$ ) che si riduce nella funzione di interpolazione ( $\sigma = 0,25$ ) fino ad annullarsi ( $\sigma = 0$ ) quando tutti i valori coincidono con la media delle catture.

La validità del procedimento può quindi essere verificata attraverso il confronto tra i dati originali e quelli interpolati: le maglie non devono risultare significativamente diverse, ed il valore della varianza deve ridursi nei dati interpolati. Tale procedura è stata applicata, escludendo le cale con rendimento nullo, a numerose specie di cui si riportano due esempi:

Specie	<i>P. longirostris</i>		<i>M. barbatus</i>	
	Origin.	Interp.	Origin.	Interp.
<b>Dati</b>				
<b>Numero di cale considerate</b>	0,72	0,72	0,115	0,115
<b>Rendimento medio in kg/ora</b>	0,28	0,27	1,52	1,49
<b>Deviazione standard</b>	0,51	0,27	2,94	1,31

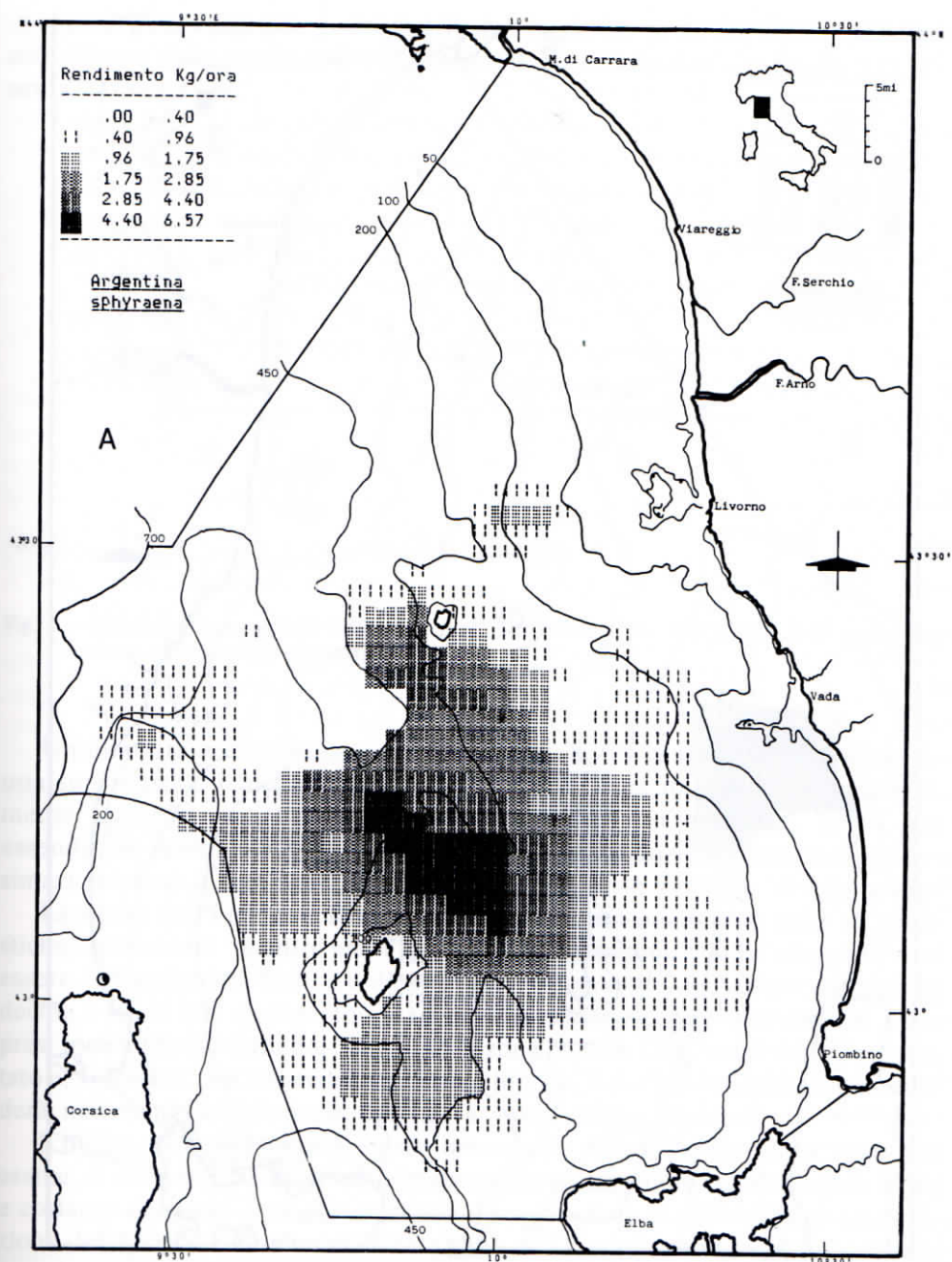


Fig. 5 A - Aree di distribuzione dell'argentina.



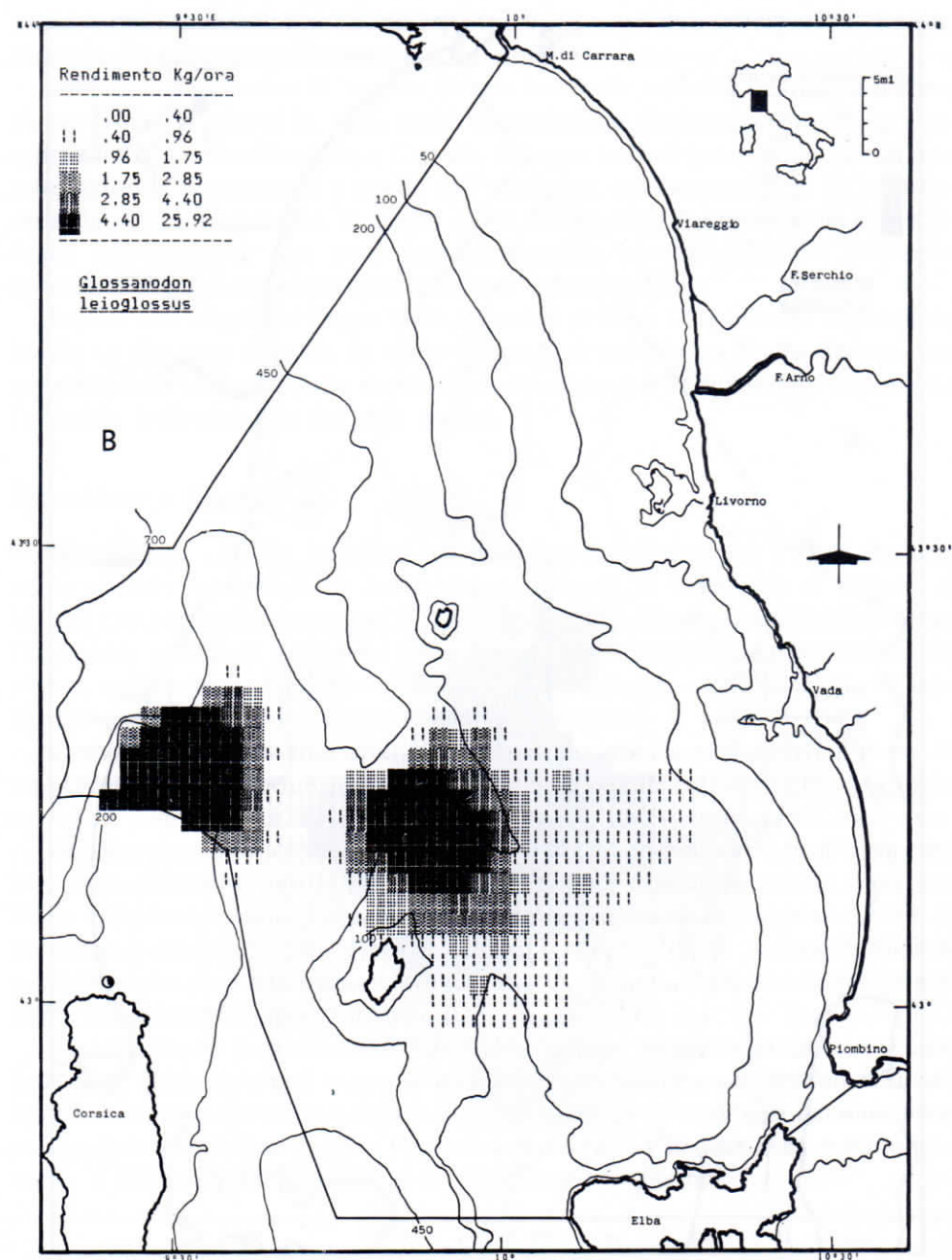


Fig. 5 B - Areale di distribuzione del lingua liscia.

La verifica, realizzata con il test  $t$ , ha permesso di confermare l'ipotesi di coincidenza delle medie, per cui è possibile affermare che il metodo non presenta «bias».

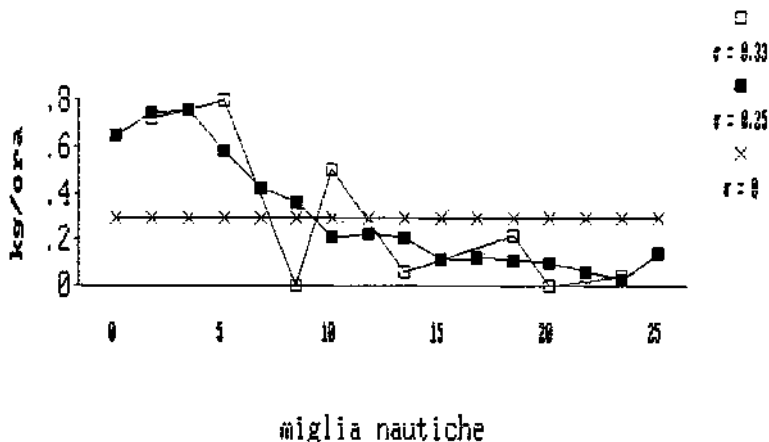


Fig. 6 - Rendimento osservato e interpolato di *P. longirostris* su un transetto di 25 miglia nautiche. (Spiegazione nel testo).

Un ulteriore test per saggiare quanto il metodo sia valido ad «ammorbidire» una superficie, è realizzabile analizzando la sua capacità di riprodurre esattamente superfici polinomiali di ennesimo grado (SCHUMAKER, 1976), ma essendo più adatto ai metodi di interpolazione esatta anziché a quelli di approssimazione, non è sembrato opportuno addentrarsi in verifiche di tale natura.

La scelta dell'Indice di Risoluzione dipende principalmente dalle caratteristiche ambientali: quanto più l'ambiente è omogeneo, tanto maggiore può essere l'I.R. adottato. Nel caso di trawl-surveys mediterranei, estesi tra qualche decina e più di 500 m di profondità, risultano soddisfacenti valori dell'I.R. compresi tra 7 e 10. Ovviamente, trattando la zona batiale, l'I.R. potrà essere aumentato e, viceversa, per un'analisi sulla zona litorale, l'elevata variabilità locale renderà necessaria la riduzione dell'I.R. a valori anche inferiori a 3.

L'Indice di Espansione è legato invece alle caratteristiche della specie in esame. È comunque consigliabile mantenerlo su un valore relativamente basso e costante per tutte le specie in modo da evidenziare le differenze di aggregazione delle popolazioni descritte: un raggio di 4-8 miglia sembra adeguato per la maggior parte delle specie demersali italiane.

Va precisato, da ultimo, che il procedimento descritto è generalizzabile, è applicabile cioè ad una vasta serie di dati di altra natura, purché di «tipo ordinale». Ad esempio utilizzando il numero di individui delle specie indicatrici per caratterizzare le biocenosi oppure, se applicato alla classe d'età 0+, la definizione delle «nursery» è immediata; anche nella descrizione dei flussi trofici un utile

aiuto può derivare dagli areali nella forma di percentuale della sovrapposizione spaziale tra le specie, e così via.

## Summary

*A common result of trawl surveys is the set of data Catch Per Unit Effort (CPUE), which are variously distributed in the points where tows were carried out. The species abundance along the surveyed area can be mapped from these data based on a few assumptions.*

*The algorithm used here derives from the Shepard local interpolation method: the original abundance data are firstly transformed into a regular grid by means of a distance-function. This can be either a continuous function (e.g. polynomial) or a discrete one. In either case, while estimating a grid node, closer points are weighted more than the others and distant points are not considered at all. The grid values are then turned into colour or contour levels using a logarithmic scale, and mapped onto a standard geographical map.*

*Resolution index (the ratio between known points and estimated grid nodes) in the 7-10 range determines a good fit for the Mediterranean area. Expansion index (the considered radius around the grid nodes) of 4-8 nautical miles seems acceptable for most demersal species. A simple reliability map allows a quick local confidence estimate of the abundance computed with the given data.*

*A few examples with different species, resolutions and expansions illustrate the main features of the method and some further applications are suggested.*

## Bibliografia

- AKIMA H. (1974) - Bivariate interpolation and smooth surface fittings based on local procedures. *Comm. ACM.*, 17: 26-31.
- DAVIS P.J. (1963) - *Interpolation and Approximation*, Blaisdell, New York.
- DE BOOR C. (1962) - Bicubic spline interpolation. *J. Mat. and Phys.*, 41: 212-218.
- GROSSLEIN M.D. (1969) - Groundfish survey methods. *NMFS Woods Hole, Mass. Laboratory Ref.*, 69: 1-34.
- PRENIER P.M. (1975) - *Splines and Variational Methods*, Wiley-Intersciences, New York.
- PRICE J.F., SIMONSEN R.H. (1962) - Various methods and computer routines for approximation, curve fitting and interpolation. *Boeing Rpt. D1-82-0151*.

SHEPARD D. (1964) - A two-dimensional interpolation function for irregularly spaced data. *Proc. ACM Nat. Conf.*, 517-524.

SCHUMAKER L.L. (1976) - Fitting surfaces to scattered data. In: *Approximation Theory*, Chui, Schumaker and Lorenz (eds), John Wiley, New York, 203-269.

WHITTEN E.H.T. (1972) - The practical use of trend-surface analyses in the geological sciences. In: *Display and Analysis of Spatial Data*, Davis and McCullagh (eds), John Wiley, New York, 282-297.

R. BAINO

F. SERENA

R. AUTERI

Istituto Scientifico e Tecnico di Idrobiologia e Pesca  
Via dell'Ambrogiana 2, 57100 Livorno (Italia)

## VALUTAZIONI DI BIOMASSA: ALCUNI METODI APPLICABILI E LORO AFFIDABILITÀ

### Abstract

Biomass estimates: some methods and their reliability

*Trawl survey Catch Per Unit Effort (CPUE) from a three-year program was used to determine abundance indices for the main groundfish species in the northern Tyrrhenian Sea. The statistical design and the distribution hypothesis allow the comparison of the results with both stratified and transformed computations. The variance characteristics suggest a bottom dispersion of the species and explain the large range of confidence limits observed.*

**Key-words:** Trawl-fishery, stock-assessment, variance, fish-distribution.

### Introduzione

Una delle stime più immediate della biomassa di specie demersali è ottenibile con il «metodo dell'area strascicata» (HOLDEN & RAITT, 1974) sintetizzabile dalla formula:

$$\text{Biomassa Reale} = A/a \times [q \times IB + \epsilon]$$

dove: IB = indice di Biomassa

A/a = rapporto tra l'area totale e l'area di 1 cala

q = coefficiente di catturabilità

$\epsilon$  = errore stocastico di stima

Mentre il rapporto A/a può essere facilmente reso costante, i parametri q ed  $\epsilon$  risultano dipendere da numerose variabili. In particolare, per ogni specie, si possono attribuire a «q» i fattori densità-dipendenti quali la stagionalità della

specie, la capacità degli individui ad evitare la cattura, l'apertura verticale della rete, la porzione di biomassa presente nelle aree non trascinabili, ecc. Il parametro rappresenta l'errore di misurazione e può quindi essere quantificato con precisione attraverso gli opportuni limiti fiduciali di I.B.

La stima della biomassa reale a meno della costante  $q$  è definibile come «biomassa vulnerabile»; questa risulta già sufficiente per molti usi gestionali (GROSSEIN 1971, CLARCK 1979), e può essere perfezionata successivamente quando si disponga di ulteriori informazioni sulla selettività della rete, sulla velocità degli individui, sulle fluitazioni nictemerali e stagionali e su tutti quegli altri fattori che possono influenzare la catturabilità della specie.

Con riferimento specifico a trawl surveys random-stratificati, in questo lavoro si è concentrata l'attenzione su tre aspetti determinanti nella stima dell'indice di biomassa (I.B):

- 1) la post-stratificazione più opportuna
- 2) la trasformazione più efficace a normalizzare i dati
- 3) come la distribuzione spaziale delle specie influenza la precisione dell'indice di biomassa.

Gli esempi qui riportati prendono in considerazione quattro specie con caratteristiche marcatamente differenti: il polpo (*Octopus vulgaris*), il nasello (*Merluccius merluccius*), il gattuccio (*Scyliorhinus canicula*) e lo scampo (*Nephrops norvegicus*). Le procedure e le conclusioni sono però generalizzabili a molte altre specie purché presentino catture quantitativamente significative.

## Materiali e metodi

I dati sono stati raccolti durante 5 campagne di pesca sperimentale, a strascico nell'area compresa tra la Foce del Magra e l'Isola d'Elba. Il montepesca e la rete sono quelli tradizionali della marineria labronica (80 TSL, 400 HP, maglie al sacco da 40 mm).

Le cinque campagne sono state condotte tre in primavera (1985, 86, 87) e due in estate (1985, 86) seguendo un «design random» stratificato. L'area totale è stata suddivisa nei 17 blocchi statistici raffigurati nella cartina di Fig. 1. Questi sono stati definiti a priori attraverso un'analisi sia batimetrica che delle bioce-nosi e dei rendimenti commerciali cercando di isolare le zone a più elevata diversità.

All'interno di ogni blocco sono state randomizzate le cale in numero proporzionale sia all'area che alla densità delle specie bersaglio secondo la formula di Neyman (da MACKETT, 1973).

In Tab. 1 sono riportati per ogni blocco statistico le caratteristiche batimetriche, di estensione, i rendimenti medi e le relative deviazioni standard per ognuna delle quattro specie qui considerate.

Per aumentare la precisione dell'I.B è opportuno raggruppare i blocchi statistici con rendimenti simili in due o più strati cercando la combinazione che minimizza l'E. I requisiti per ridurre al massimo l'ampiezza fiduciale seguono

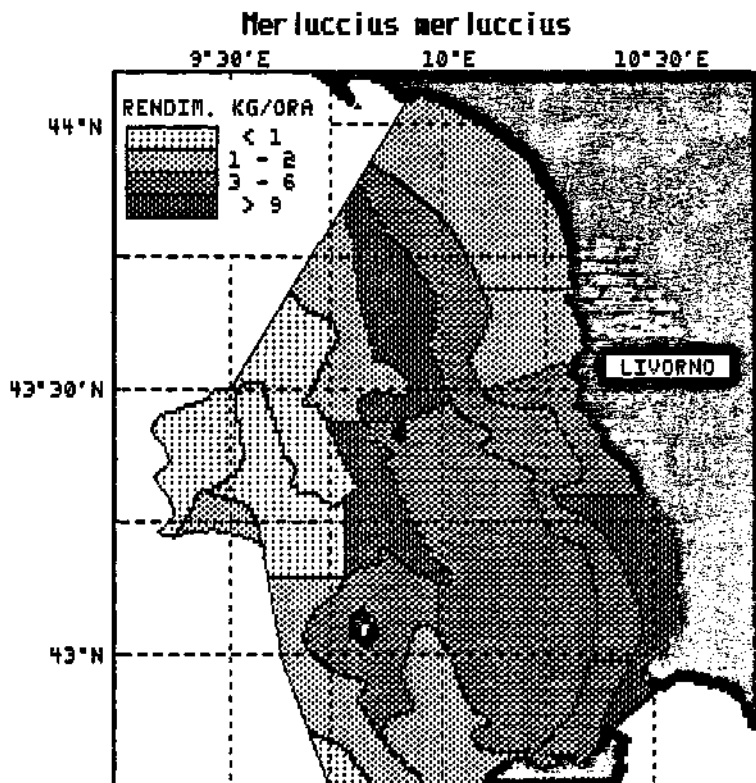


Fig. 1 - Area di indagine con i confini di ogni blocco statistico.

due regole contrastanti: suddividere i blocchi con rendimento diverso in altrettanti strati, e aumentare in ogni strato il numero di cale.

Quindi si è cercato per ogni specie il numero e la combinazione ottimale di blocchi statistici da assegnare ad ogni strato. Ciò è stato realizzato con prove successive considerando da 1 a 5 strati ed inoltre con una post-stratificazione secondo le fasce batimetriche 0-100-200-450-700 m.

La normalità dei dati è condizione necessaria per ottenere con tecniche parametriche una stima affidabile dell'I.B e dell'E prima descritti: è indispensabile cioè che la frequenza di cale per classi di abbondanza sia una curva normale (o normalizzata).

Al totale di 148 cale disponibili vanno sottratte quelle dei blocchi dove la specie è costantemente assente (es. i blocchi a profondità minori di 100 m per lo

Tab. 1 - *Caratteristiche salienti di ogni blocco statistico e rendimenti delle quattro specie considerate.*

Blocchi	Prof	kmq	Cale	Cale/kmq	Gattuccio		Polpo		Scampo		Nasello	
					kg/ora	ds	kg/ora	ds	kg/ora	ds	kg/ora	ds
A12	0-50	787	13	,017	0	0	0,15	0,29	0	0	1,16	1,16
A3	0-50	286	5	0,01	0,02	0,05	0,60	0,56	0	0	1,70	1,28
A4	0-50	173	5	0,029	0	0	0,96	1,56			3,82	3,41
A56	0-50	352	10	0,028	0,04	0,11	1,20	1,69			9,41	18,99
B12	50-100	892	9	0,010	1,03	3,10	0,88	1,33			4,33	4,72
B3	50-100	174	5	0,029	1,14	0,92	2,76	4,07	0	0	4,39	3,35
B45	50-100	357	7	0,020	2,43	4,55	0,42	0,41	0	0	1,00	0,99
C1	100-200	387	8	0,021	3,44	3,51	0,25	0,40	0	0	9,23	12,11
C2	100-200	1763	24	0,014	9,21	7,75	0,15	0,29	00	0,03	3,91	3,46
C3	100-200	519	11	0,021	1,13	1,67	0	0	0,01	0,03	5,09	7,24
C4	100-200	107	4	0,038	8,06	3,45	0,60	1,20	0,17	0,14	1,47	0,91
D1	200-450	465	5	0,011	0,62	0,85	0	0	0,66	0,32	1,96	1,89
D2	200-450	264	10	0,038	12,85	17,98	0	0	0,26	0,33	15,58	14,28
D3	200-450	558	7	0,013	0,46	1,04	0	0	1,61	1,42	0,25	0,30
D4	200-450	488	14	0,029	1,16	2,50	0	0	4,20	2,97	1,00	1,55
E1	450-700	522	4	0,008	0,11	0,23	0	0	1,28	1,04	0,26	0,53
E23	450-700	382	7	0,018	0	0	0	0	1,49	1,39	0,38	0,73



scampo o i blocchi a profondità maggiori di 200 m per il polpo). Le cale utili risultano quindi 103 per il gattuccio, 90 per il polpo, 86 per lo scampo e 148 per il nasello.

In assenza di post-stratificazione si può verificare in ogni caso la normalità dei dati ma, con il raggruppamento dei blocchi in due o più strati, il numero di cale localmente disponibili si riduce, per cui la verifica dell'ipotesi gaussiana non è più possibile.

Le trasformazioni di normalizzazione sono state comunque realizzate per ogni specie sia con, sia senza la post-stratificazione. In particolare sono state utilizzate la trasformazione logaritmica  $[\ln(x+1)]$  e la trasformazione delta  $[\ln(x)]$  per i soli casi  $k > 0$ .

Collegarsi al comportamento spaziale della specie si rivela utile per comprendere meglio le caratteristiche di popolazione e di conseguenza le ragioni della variabilità osservata sia nei rendimenti, sia negli IB.

Similmente a quanto è stato realizzato da ALMEIDA *et al.* (1986), tale problematica è stata affrontata con l'identificazione di un modello della distribuzione spaziale che spiega come un insieme di individui si disperdono nell'ambiente. La valutazione del fenomeno di aggregazione popolazionistica viene realizzata su un modulo unitario di campionamento pari a un'ora di strascicata (5 ha), in modo da definire, col confronto tra i moduli, le dimensioni dei gruppi di individui (clusters) che si costituiscono per ogni specie.

Sebbene l'area strascicata sia anche più estesa dei «clusters» di pesci, è applicabile un semplice principio di inferenza statistica: a pari densità di popolazione (kg/kmq) la variabilità tra le cale non è costante: è maggiore quanto più la specie è raggruppata (distribuzione contagiosa con  $\sigma > \mu$ ), o minore se la specie costituisce gruppi più piccoli e dispersi (distribuzione più uniforme con  $\sigma < \mu$ ).

Il simbolismo utilizzato in Fig. 2 illustra graficamente il modello di tale realtà: la densità tra le specie è diversa nelle due cale (aree ombreggiate), ma per alcune specie, la variabilità è molto accentuata (nasello) e per altre scarsa (scampo).

La definizione dell'aggregazione (o nel suo inverso, la dispersione spaziale degli individui) è basata sui dati di cattura riportati in Tab. 1.

La varianza tra le cale è stata qui ottenuta considerando i singoli blocchi, ma è ancora perfezionabile utilizzando la tecnica dello Jackknife (SOKAL & ROHLF, 1981).

Una regressione tra le densità medie e le varianze corrispondenti permette di filtrare l'effetto della densità, quindi di verificare se le differenze tra le specie sono significative e giungere ad una prima definizione globale dello stato di aggregazione della specie ittica.

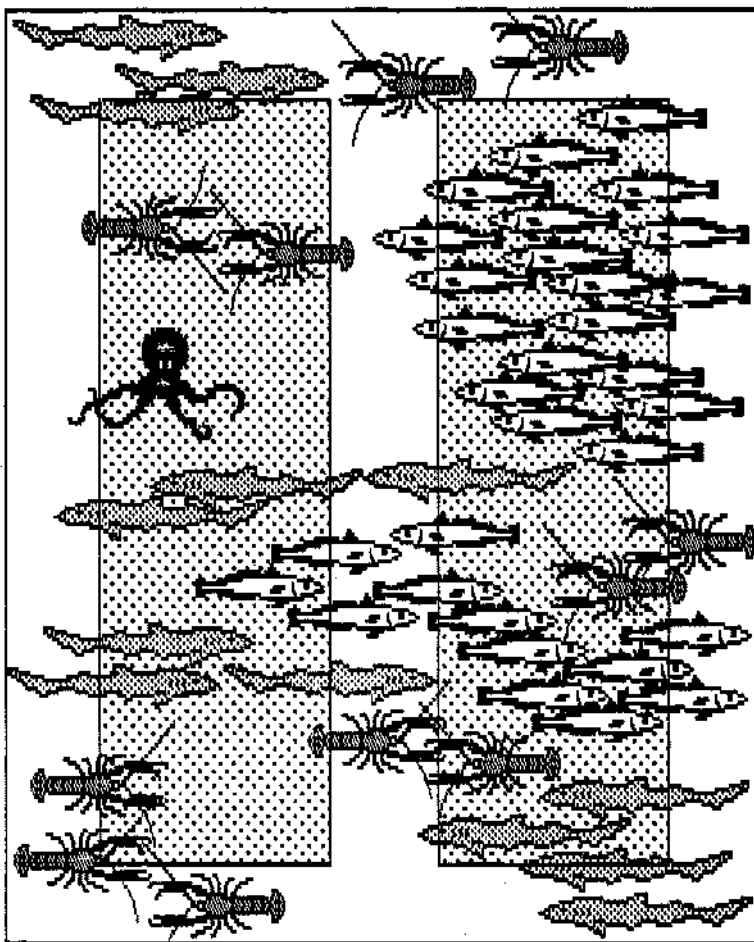


Fig. 2 - Rendimento di due ipotetiche strascicate (spiegazione nel testo).

## Risultati

Per le specie qui considerate una post-stratificazione in 3-5 livelli fornisce la minore ampiezza fiduciale come è evidente in Fig. 3 : un numero di livelli maggiore può causare una sensibile perdita di precisione (es. polpo) o comunque nessun guadagno (es. le altre specie).

La post-stratificazione in 5 livelli, secondo un criterio batimetrico, appare scarsamente efficace (valori dell'ascissa BAT in Fig. 3), risulta migliore solamente del caso di un unico strato.

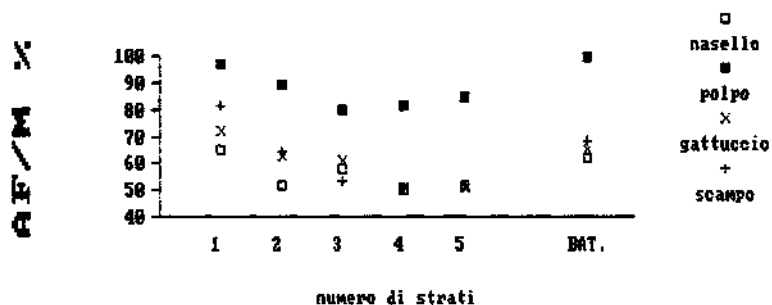


Fig. 3 - Ampiezza fiduciale come percentuale del valore medio (AF/M%) per le specie considerate e vari livelli di post-stratificazione.

La distribuzione dei dati originali non è normale per nessuna specie, né lo è dopo la trasformazione logaritmica. Nel caso della trasformazione delta, le distribuzioni si avvicinano molto più alla normalità (esempio di Fig. 4): il test di Kolmogorov-Smirnov rileva una non-normalità ( $P > 95\%$ ) solamente nel nasello e gattuccio.

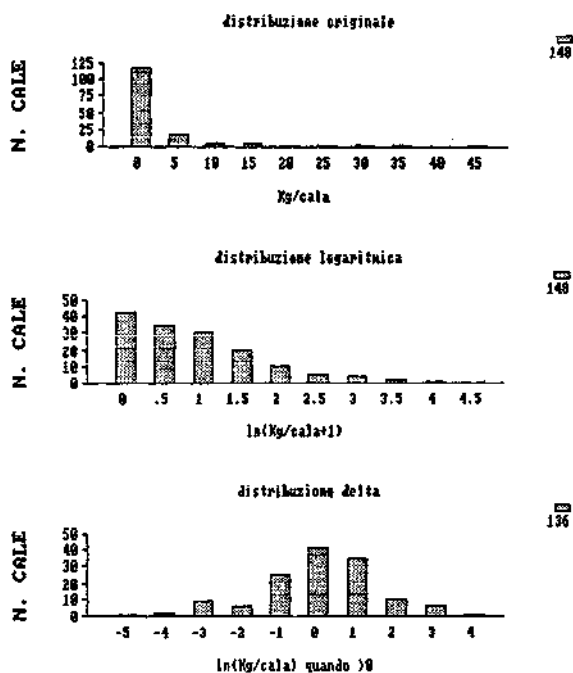


Fig. 4 - Distribuzione di frequenza dei dati trasformati del nasello.

Stabilita la stratificazione ottimale per ogni specie (ad esempio quella di Fig. 5 per il nasello) si sono applicati i 6 metodi di stima dell' I.B che hanno fornito i risultati sintetizzati in Tab. 2. Il pattern dei risultati, raffigurato per il nasello in Fig. 6, è comunque simile per ogni specie. In sintesi quindi:

- a) La post stratificazione aumenta la precisione usando i dati originali.
- b) La post-stratificazione diminuisce la precisione se applicata ai dati delta-trasformati.
- c) Con la trasformazione logaritmica sia l' I.B che la sua ampiezza fiduciale risultano significativamente inferiori agli altri casi.
- d) Gli I.B con la trasformazione delta sono superiori a quelli in assenza di post-stratificazione.

**Tab. 2** - *Stima dell'Indice di Biomassa in tonnellate con i vari metodi: O = dati Originali; L = trasformazione Logaritmica; D = trasformazione Delta; s = con post-Stratificazione.*

	Nasello				Gattuccio				Scampo				Polpo			
	Med.	af%	If+	If-	Med.	af%	If+	If-	Med.	af%	If+	If-	Med.	af%	If+	If-
O	638	65	846	429	498	72	677	318	98	81	138	58	57	97	85	29
Os	542	50	677	408	456	51	572	340	83	53	104	31	49	80	68	29
L	170	31	198	146	122	39	148	101	53	29	61	46	48	21	53	43
Ls	183	49	234	144	164	48	208	129	55	38	67	46	47	33	55	40
D	798	56	1053	604	655	71	926	464	125	90	193	80	56	66	78	41
Ds	733	111	1260	448	560	139	1117	339	109	143	212	57	55	133	105	31

Utilizzando la stratificazione ottimale sui dati originali, si è valutato l' I.B e i limiti fiduciali per ogni campagna. Le differenze non sono mai significative (Fig. 7) ad esclusione di un caso nel gattuccio e due nello scampo.

Per le quattro specie qui considerate, si è applicata la regressione logaritmica tra la media e la deviazione standard dei rendimenti nei blocchi statistici: la regressione risulta sempre significativa ( $r > 94$ ,  $P > 99,9\%$ ) a conferma della stretta dipendenza tra i due parametri.

Ciò che viene così definito è la costante di proporzionalità esistente tra il valore della media ( $\mu$ ) dei rendimenti e la sua deviazione standard ( $\sigma$ ).

In pratica nella condizione  $\mu = k \sigma$ , tipica delle specie demersali (PENNINGTON & GROSSLEIN, 1978) si determina per ogni specie, il valore del coefficiente di proporzionalità «k», che altro non è che la pendenza della retta di regressione passante per l'origine del piano  $\mu$ - $\sigma$  di Fig. 8.

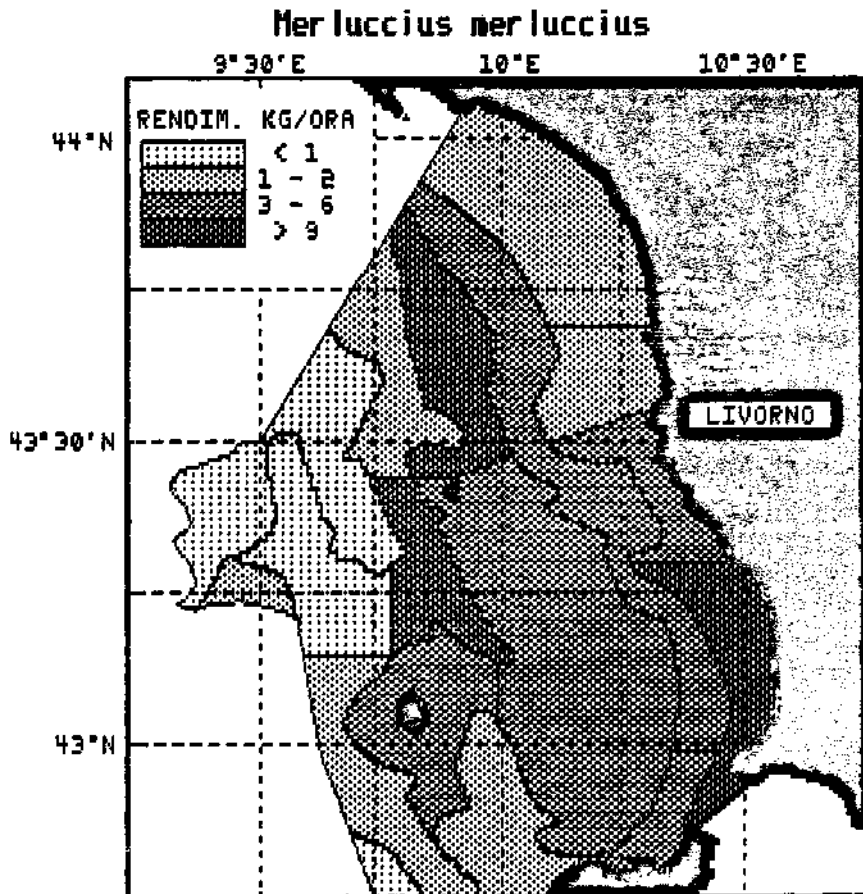


Fig. 5 - Raggruppamento di blocchi statistici nella post-stratificazione ottimale adottata per il nasello.

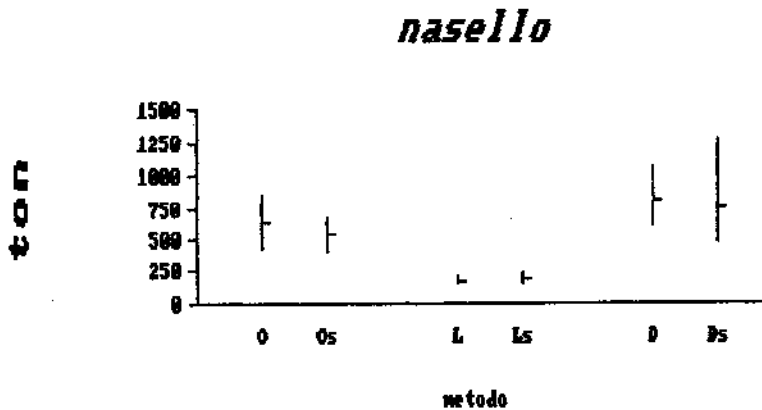


Fig. 6 - Indice di biomassa e ampiezza fiduciale (95 %) per ogni metodo applicato (vedi Tab. 2).

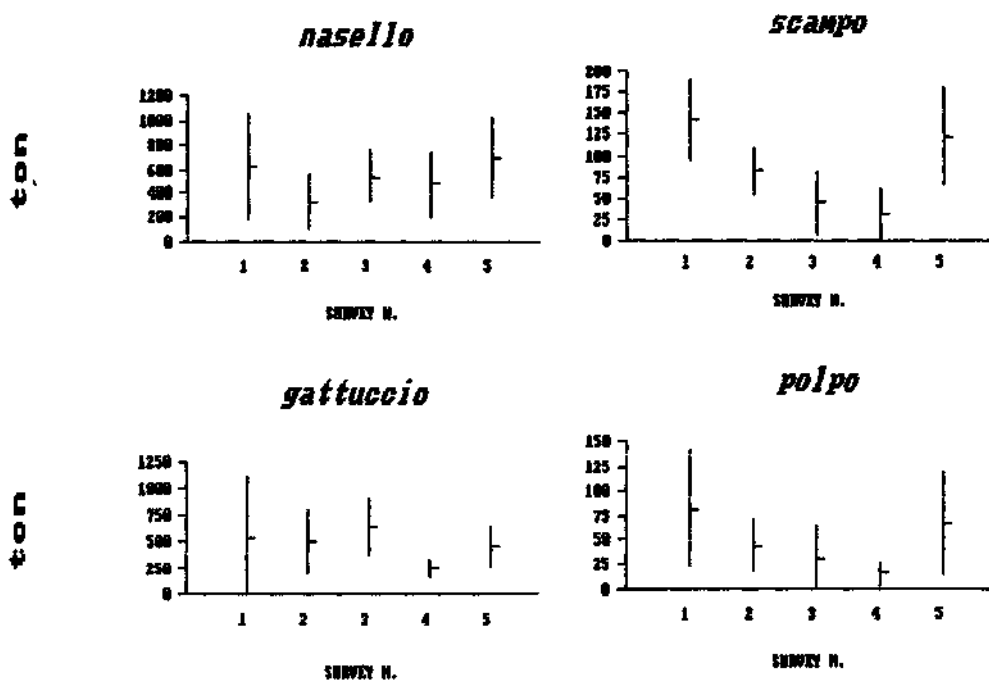


Fig. 7 - Indici di Biomassa e Ampiezze Fiduciali per ogni survey.

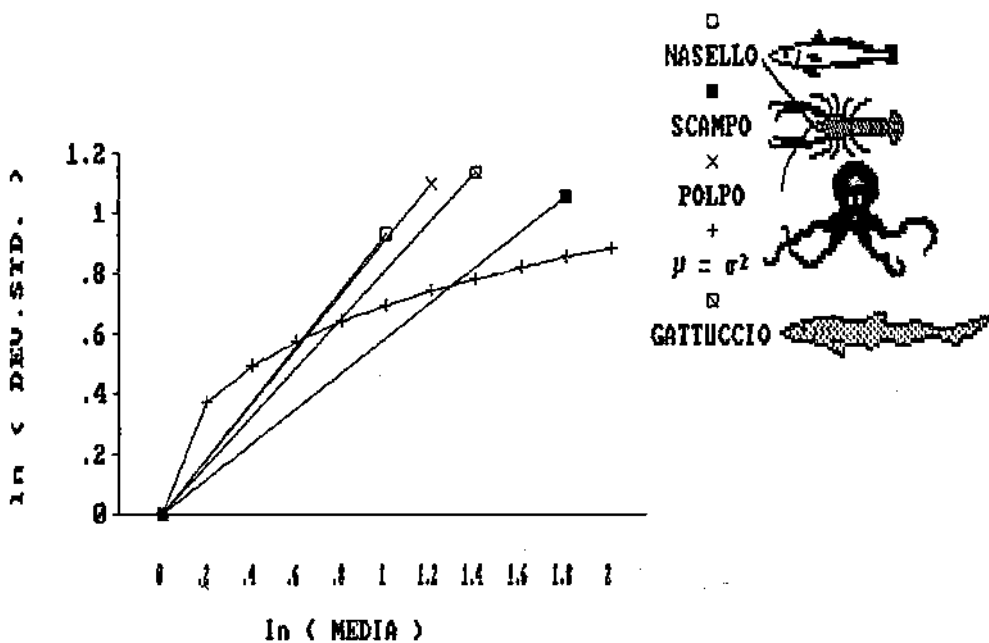


Fig. 8 - Rette di regressione tra catture medie e relative deviazioni standard per le specie considerate, confrontate con la condizione di distribuzione casuale.

In definitiva, maggiore è la pendenza della retta di regressione, maggiore risulterà il fenomeno aggregativo che si verifica nella popolazione e di conseguenza minore sarà la dispersione a cui la specie è soggetta.

In Fig. 8 si mette a confronto la condizione di casualità ( $\mu = \sigma$ ) con il comportamento delle 4 specie, che risultano logicamente differenti a seconda della biologia popolazionistica di ognuna.

L'elevato coefficiente angolare della regressione lineare nel nasello evidenzia che questo si distribuisce, nell'area a sua disposizione, con spiccate modalità aggregative.

Viceversa lo scampo si comporta in maniera nettamente diversa: il minore coefficiente angolare esprime una tendenza a distribuirsi più uniformemente.

## Conclusioni

Sebbene l'ipotesi di normalità dei dati (anche trasformati) non sia sempre soddisfatta e gli I.B. abbiano ampi limiti fiduciali, si possono ottenere comunque utili stime della biomassa vulnerabile di ogni specie.

L'uso della trasformazione delta dà le massime garanzie di correttezza della procedura e rispetto delle ipotesi (PENNINGTON, 1983), ma è applicabile solo nel caso di un unico o pochissimi post-strati in quanto l'eliminazione delle cale nulle riduce spesso in modo determinante il numero dei dati. In generale tale approccio risulta vantaggioso con « design random » non-stratificati a priori o, se stratificati, con allocazione proporzionale all'area.

Nel caso di « design » più sofisticati, quali il metodo di Neyman, con un basso numero di cale disponibili (<200) è preferibile la poststratificazione applicata direttamente ai dati originali. Si evita in tal modo l'effetto di amplificare i limiti fiduciali o introdurre una sovrastima della biomassa totale.

La trasformazione logaritmica [  $\ln(x+1)$  ] è da scartare in ogni caso: non normalizza i dati e solitamente causa forti sottostime (bias).

L'imprecisione degli I.B. ottenuti è evidente dall'elevata ampiezza fiduciale (generalmente superiore al 50 % della media) ed è attribuibile ai fenomeni aggregativi tipici delle specie demersali che sono però misurabili attraverso la correlazione tra medie e varianze dei rendimenti.

Il modello di aggregazione che si ottiene, è in ultima analisi influenzato da vari fattori tra i quali la velocità di nuoto, le modalità riproduttive, i momenti di competizione, la dispersione delle classi di età all'interno della popolazione stessa etc.

L'estensione di un'analisi di questo tipo sembra particolarmente promettente, non solo per una migliore pianificazione delle campagne sperimentali, ma anche per una più precisa definizione dei caratteri popolazionistici delle specie demersali.

## Summary

*Trawl-survey data are often used to assess the catchable biomass of demersal species through the swept-area-method. These biomass indices have been computed for four species of the north Tyrrhenian Sea namely: European hake, smallspotted catshark, Norway lobster and octopus. Catch data are from 5 trawl surveys carried out in 1985-86-87.*

*The statistical design is a random stratified one with 17 blocks where 148 tows were distributed with the Neyman formula (proportional both to blocks area and to average density). Abundance indices were computed without post-stratification and with 1 to 5 post-strata: grouping the blocks into 3-4 strata usually gives the best results.*

*Tow catches were not normally distributed but highly right-skewed, and the logarithmic transformation was used at the beginning. However, since the data often contained a large proportion of zeros, the delta transformation was more appropriate.*

*When the confidence limits were considered, the original and the delta-transformed data gave similar estimates, while the logarithmic transformation always showed a strong bias to lower values. Even in the best cases, the confidence interval was large for all the species (usually more than 50% of the mean). This high variability can be linked to the contagious distributions of the fish. The fish were more or less grouped according to species behaviour, and in any case, they were never randomly distributed.*

*The regression line between the mean catch and its standard deviation is highly significant on the log-log transformed plane. When fish aggregation is stronger (the groups are larger), catch-per-tow variation is higher, and consequently the regression line is steeper. The regression lines were computed for the four species: hake showed the greater clumps (steeper line), lobster the smaller ones (flatter line).*

## Bibliografia

ALMEIDA F.P., FOGARTY M.J., CLARCK S.H., IDOINE J.S. (1986) - An evaluation of precision of abundance estimates derived from bottom trawl surveys off the Northeastern United States. *ICES Statistics Committee CM. 1986/G*, 91: 1-19.

CLARK S.H. (1979) - Application of bottom-trawl survey data to fish stock assessment. *Fisheries*, 4 (3): 9-15.

GROSSLEIN M.D. (1971) - Some observations on accuracy of abundance indices derived for research vessel surveys. *ICNAF Res. Doc.*, 71 (59): 249-266.

HOLDEN M.J., RAITT D.F.S. (1974) - Manual of fisheries science. Part 2 - Methods of resource investigation and their application. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 115: 1-214.



MACKETT D.J. (1973) - Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal. Part 3 - Standard methods and techniques for demersal fisheries resources surveys. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 124: 1-38.

PENNINGTON M.R., GROSSLEIN M.D. (1978) - Accuracy of abundance indices based on stratified-random trawl surveys. *ICNAF res. Doc.*, 78/VI/77: 1-43.

PENNINGTON M. (1983) - Efficient Estimators of Abundance, for Fish and Plankton Surveys. *Biometrics*, 39: 281-286.

SOKAL R.R., R.R., ROHLF F.J. (1981) - *Biometry*. W.H. Freeman & C, New York, 1: 859.

G.C. CARRADA\*

L.A. CHESSA\*\*

N. PLASTINA\*\*\*

M. SCARDI\*\*\*

\* Dipartimento di Zoologia dell'Università,  
Via Mezzocannone 8, 80134 Napoli (Italia)

\*\* Istituto di Zoologia dell'Università,  
Via Muroli 25, 07100 Sassari (Italia)

\*\*\* Bioservice Soc. Coop. a r.l., Vico S. Domenico 9, 80134 Napoli (Italia)

## UN METODO DI DESCRIZIONE SINTETICA DELLA DINAMICA DELLA RIMONTA DEL NOVELLAME

### Abstract

A method for a synthetic description of the dynamics of the fish fry ascent

*The ascent of the fry of five species of Mugilidae (Mugil cephalus, Liza aurata, L. ramada, L. saliens and Chelon labrosus) at the mouth of the River Sele (southern Tyrrhenian coast) and at the River Coghinis (northern Sardinia) was analyzed by Mantel tests. The pairwise tests were performed on similarity matrices based on the size ranges of the populations of the different species within the seasonal dynamics of the ascent.*

**Key-words:** Mugilidae, fry ascent, Tyrrhenian coast, Mantel test.

### Introduzione

La rimonta del novellame di Teleostei è un fenomeno biologico complesso, le cui caratteristiche possono essere descritte mediante il cosiddetto calendario di montata, in cui sono riassunte tutte le informazioni di ordine quantitativo e qualitativo che definiscono l'avvicinarsi delle strutture demografiche delle specie presenti. Il valore di tali informazioni, però, è tanto maggiore quanto più specifico ed omogeneo è il contesto da cui sono derivate: in altre parole, è possibile descrivere in maniera efficace il fenomeno della montata solo se si dispone, in un sito specifico, di una serie sufficientemente lunga di osservazioni fra loro confrontabili (o dell'esperienza di un vecchio novellantel!).

A causa di ciò, i dati usualmente disponibili sono difficilmente utilizzabili per comparare serie temporali o spaziali, soprattutto a causa delle limitazioni che possono derivare dalla eventuale inadeguatezza delle tecniche di cattura

e delle cadenze di campionamento, le quali incidono sulla rappresentatività statistica dei campioni stessi.

Tali limitazioni non impediscono, tuttavia, di fare ricorso ad una lettura sintetica della dinamica della rimonta, basata esclusivamente sulla componente qualitativa della struttura demografica delle popolazioni studiate. Infatti, la già accennata inadeguatezza delle tecniche di campionamento è dovuta alla selettività assoluta o relativa di qualsiasi tipo di attrezzo, che a sua volta si somma alla variabilità dei siti ed alla diversa capacità ed esperienza di ciascun operatore.

In un contesto metodologicamente così incerto l'unica proprietà definibile con certezza per l'insieme delle specie catturate è la presenza di ciascuna di esse nell'ambito di ciascun campione. Non è superfluo aggiungere a questo proposito che l'interpretazione del significato delle assenze non può prescindere, invece, dalle limitazioni metodologiche già accennate e da più complessi fenomeni legati alla biologia di ciascuna specie.

In questa sede si propone un trattamento dei dati che consente di ottenere una descrizione sintetica delle relazioni fra i calendari di montata delle singole specie anche disponendo di informazione relativa alla sola presenza/assenza delle specie o delle classi di taglia di ciascuna di esse. Tale descrizione ha la struttura di una matrice di «correlazione» fra le presenze/assenze, che può essere utilizzata anche ai fini di un confronto fra siti differenti o fra intervalli di tempo diversi per lo stesso sito.

Nell'ambito di quest'approccio metodologico, si è fatto ricorso ad un'analisi e ad un confronto dei dati di montata del novellarne di Mugilidi relativi ai fiumi Sele e Coghinas, raccolti nell'ambito del programma di ricerca sulla valutazione degli stocks e della dinamica delle popolazioni naturali del novellarne destinabile all'allevamento del Ministero della Marina Mercantile, per il periodo 1985-1986. Per un'illustrazione dettagliata dei siti di raccolta e dell'andamento generale del calendario di rimonta delle varie specie si veda CARRADA (1988) e CHESSA *et al.* (1988).

## Materiali e metodi

I campioni analizzati sono stati prelevati, nel corso di un ciclo (febbraio 1985 - novembre 1986), alle foci dei fiumi Sele (Campania) e Coghinas (Sardegna): sono disponibili campioni prelevati in 9 mesi differenti per il primo sito ed in 13 per il secondo.

Le specie su cui è stata condotta l'analisi dei dati sono *Mugil cephalus*, *Liza aurata*, *Liza ramada*, *Liza saliens* e *Chelon labrosus*.

Per quanto riguarda i dati relativi alla foce del fiume Sele, per ciascuna specie è stata espressa la presenza/assenza in ciascun campione delle classi di taglia comprese fra 15 e 50 mm, con intervalli di 1 mm (Tab. 1). Per quanto riguarda, invece, i dati utilizzati per il confronto fra Sele e Coghinas, è stato considerato, per ciascuna delle quattro specie presenti nei due siti, solo il range delle taglie



presenti in entrambe le serie di campioni. Tutte le serie di dati sono state sottoposte ad un procedimento di regolarizzazione prima di essere analizzate: in particolare, sono state trasformate in presenze tutte le singole assenze e le coppie di assenze comprese fra dati di presenza. Ciò ha consentito di minimizzare l'effetto dell'assenza casuale di una classe di taglia dal campione.

Per ciascuna specie e per ciascun sito è stata quindi calcolata una matrice di similarità fra campioni (mesi), utilizzando gli indici di Jaccard e di Rogers & Tanimoto per i dati relativi alle cinque specie del fiume Sele e solo il secondo per quelli relativi alle quattro specie presenti nel fiume Coghinas ed utilizzate per il confronto con il fiume Sele.

È opportuno sottolineare, a questo proposito, che la scelta di un indice di associazione fra i campioni deve essere basata su considerazioni ben precise sulla natura dei dati e sul livello di accuratezza degli stessi. Per quanto riguarda gli indici di similarità impiegati in questo contesto a titolo di esempio, la differenza principale è costituita dal fatto che l'indice di Jaccard non considera le doppie assenze, al contrario di quello di Rogers & Tanimoto, il quale attribuisce inoltre un maggior peso alle discordanze. Ciò implica una maggiore sensibilità di quest'ultimo verso i casi in cui l'assenza di una determinata classe di taglia da uno o più campioni non è dovuta ad una reale assenza delle stessa dall'ambiente studiato, ma piuttosto imputabile ad una variazione nell'efficienza o nella selettività dei diversi strumenti e procedimenti di cattura.

In altre parole, l'indice di Jaccard utilizza essenzialmente il livello più elementare e, quindi, più affidabile dell'informazione disponibile, cioè il dato di presenza; mentre l'indice di Rogers & Tanimoto è influenzato da un tipo di informazione, cioè il dato di assenza, che non sempre è univocamente interpretabile. Nel primo caso, dunque, si sacrifica parte della sensibilità del metodo in favore di una maggiore attendibilità dei risultati; nel secondo caso si sfrutta in maniera più completa l'insieme di dati disponibili accettando, però, che i risultati siano vincolati alla validità di alcune assunzioni teoriche.

A tutte le coppie di matrici di similarità calcolate è stato quindi applicato il test di Mantel (MANTEL, 1967), allo scopo di verificare l'ipotesi nulla di indipendenza delle stesse all'interno di ciascuna coppia. I valori della statistica  $Z$  ed i relativi livelli di probabilità, calcolati sulla base di 1000 permutazioni aleatorie, sono stati riportati in forma di matrici triangolari, rispettivamente superiore ed inferiore. È stato così possibile esprimere in forma sintetica il grado di corrispondenza fra i calendari di montata delle specie prese in considerazione.

I valori di  $Z$  più elevati in valore assoluto indicano, in funzione del segno, una tendenza alla concomitanza (segno positivo) o alla reciproca esclusione (segno negativo) di strutture demografiche simili in due specie differenti. Il livello di probabilità associato ad ogni valore di  $Z$  fornisce una stima della attendibilità di questa tendenza e si deve considerare come significativo (cioè calendari di montata non indipendenti) per valori prossimi allo zero o all'unità, come in qualsiasi test di significatività a due code.

Bisogna sottolineare, infine, che si è scelto di utilizzare valori di  $Z$  non standardizzati a causa delle omogeneità del formato dei dati utilizzati. Sono tuttavia possibili diverse modalità di standardizzazione di questa statistica, che possono essere impiegate nei casi in cui i dati originali o le matrici di associazione non siano omogenei (HUBERT, 1985).

## Risultati

La matrice dei valori  $Z$  e dei relativi livelli di probabilità che descrivono le correlazioni fra le cinque specie campionate alla foce del fiume Sele ottenuta sulla base dell'indice di similarità di Jaccard è riportata in Tab. 2; quella ottenuta sulla base dell'indice di similarità di Rogers & Tanimoto è riportata in Tab. 3.

**Tab. 2** - Risultati dei test di Mantel su tutte le coppie di specie in montata al fiume Sele (analisi basata su matrici di similarità di Jaccard). La matrice triangolare superiore contiene i valori di  $Z$ , mentre quella inferiore contiene i livelli di probabilità ad essi associati.

	<i>M. cephalus</i>	<i>L. aurata</i>	<i>L. saliens</i>	<i>L. ramada</i>	<i>C. labrosus</i>
<i>M. cephalus</i>	-	-0,053	0,055	-0,182	-0,058
<i>L. aurata</i>	0,501	-	-0,248	0,413	0,498
<i>L. saliens</i>	0,902	0,254	-	-0,155	-0,085
<i>L. ramada</i>	0,259	0,966*	0,349	-	-0,116
<i>C. labrosus</i>	0,823	0,814	0,923	0,793	-

**Tab. 3** - Risultati dei test di Mantel su tutte le coppie di specie in montata al fiume Sele (analisi basata su matrici di similarità di Rogers & Tanimoto). La matrice triangolare superiore contiene i valori di  $Z$ , mentre quella inferiore contiene i livelli di probabilità ad essi associati.

	<i>M. cephalus</i>	<i>L. aurata</i>	<i>L. saliens</i>	<i>L. ramada</i>	<i>C. labrosus</i>
<i>M. cephalus</i>	-	-0,149	0,739	-0,211	-0,228
<i>L. aurata</i>	0,295	-	-0,202	0,573	0,403
<i>L. saliens</i>	0,916	0,293	-	-0,340	-0,343
<i>L. ramada</i>	0,207	0,924	0,151	-	0,139
<i>C. labrosus</i>	0,463	0,918	0,189	0,666	-

Nel primo caso si può notare come l'unico valore significativo ( $P = 0,979$ ) sia quello positivo fra *L. aurata* e *L. ramada*, mentre buona parte delle rimanenti si avvicina alla soglia di significatività, senza però raggiungerla. Nel secondo caso, invece si osservano valori di  $Z$  positivi e significativi per due coppie di specie, Af *cephalus*-*L. saliens* e *L. aurata* - *L. ramada*, pur restando la struttura generale della matrice sostanzialmente identica a quella appena descritta.

L'unica differenza nel segno di  $Z$  osservata fra le due matrici ottenute è quella relativa al confronto fra *C. labrosus* e *L. ramada*, che era negativo per le similarità di Jaccard e positivo nel caso delle similarità di Rogers & Tanimoto. Va tuttavia sottolineato, a questo proposito, il fatto che entrambi i valori sono assai lontani dalla soglia di significatività.

Per quanto riguarda il confronto fra i fiumi Sele e Coghinas, si può notare come le matrici, presentate nelle Tabelle 4 e 5 nella stessa forma delle precedenti, mostrino alcune differenze. In particolare, si nota come quella relativa al fiume Sele mostri un valore di  $Z$  positivo e significativo per il confronto *L. aurata* - *L. saliens*.

**Tab. 4** - Risultati dei test di Mantel su tutte le coppie di specie in montata al fiume Coghinas (analisi basata su matrici di similarità di Jaccard). La matrice triangolare superiore contiene i valori di  $Z$ , mentre quella inferiore contiene i livelli di probabilità ad essi associati.

	<i>M. cephalus</i>	<i>L. aurata</i>	<i>L. saliens</i>	<i>L. ramada</i>
<i>M. cephalus</i>	-	-0,026	0,577	0,026
<i>L. aurata</i>	0,632	-	-0,192	0,135
<i>L. saliens</i>	0,960*	0,148	-	0,089
<i>L. ramada</i>	0,620	0,836	0,236	-

**Tab. 5** - Risultati dei test di Mantel su tutte le coppie di specie in montata al fiume Coghinas (analisi basata su matrici di similarità di Rogers & Tanimoto). La matrice triangolare superiore contiene i valori di  $Z$ , mentre quella inferiore contiene i livelli di probabilità ad essi associati.

	<i>M. cephalus</i>	<i>L. aurata</i>	<i>L. saliens</i>	<i>L. ramada</i>
<i>M. cephalus</i>	-	-0,198	0,194	-0,161
<i>L. aurata</i>	0,100	-	-0,264	0,460
<i>L. saliens</i>	0,836	0,024*	-	-0,222
<i>L. ramada</i>	0,344	0,828	0,296	-

La matrice relativa alla foce di Coghinas ha anch'essa un solo valore di  $Z$  significativo, che è quello, negativo, ottenuto dal confronto *L. aurata* - *L. saliens*. Per contro, la coppia *M. cephalus* - *L. saliens* in questo caso, pur mostrando un valore positivo e piuttosto elevato di  $Z$ , non risulta essere correlata in maniera significativa. Nel complesso, tuttavia, le matrici relative ai due siti posseggono la stessa struttura, ad eccezione dei valori, peraltro molto vicini allo zero, ottenuti per la coppia *M. cephalus* - *L. ramada*. Ciò è probabilmente da attribuirsi al fatto che quest'ultima specie è presente in uno solo dei campioni prelevati alla foce del fiume Coghinas e con pochi esemplari.

## Discussione e conclusioni

I risultati ottenuti hanno confermato la diversa efficacia dei due indici di similarità impiegati e, più in generale, il ruolo centrale della scelta di un appropriato indice di associazione, tanto in rapporto alla natura ed alla codifica dei dati, quanto al grado di rappresentatività dei campioni analizzati rispetto alla dinamica del fenomeno studiato, ciò che è, come già detto, essenzialmente funzione dell'adeguatezza delle metodiche e degli strumenti di campionamento.

A conferma di ciò si può osservare come l'uso dell'indice di Rogers & Tanimoto, che assegna pari importanza al dato di presenza ed a quello di assenza, presupponendo che quest'ultimo rifletta un reale fatto biologico e non un difetto di campionamento, fornisca due valori significativi invece dell'unico ottenuto mediante l'uso dell'indice di Jaccard. Quest'ultimo, infatti, utilizza il livello più basso dell'informazione disponibile, essendo il dato di presenza il solo certamente oggettivo in ogni caso.

Per quanto riguarda il confronto effettuato tra i set di dati di Sele e Coghinas, è necessario sottolineare ancora una volta come questi, al di là delle procedure di campionamento standardizzate, riflettano comunque la diversa incidenza di variabili legate all'operatore ed all'efficienza dell'attrezzo in rapporto alle caratteristiche del sito. Nel complesso, il confronto effettuato fra i calendari di montata dei due siti mostra come, pur nel quadro di una sostanziale identità della dinamica del fenomeno della montata, siano presenti delle diverse tendenze all'associazione o alla dissociazione della montata delle specie considerate.

Al di là delle considerazioni appena esposte, riteniamo che il metodo qui presentato offra un potenziale di trattamento dell'informazione relativa alla dinamica della montata del novellarne assai più ampio e flessibile, soprattutto in presenza di dati non omogenei. Il problema della non omogeneità dei dati è tutt'altro che secondario, poiché la selettività e la resa di un attrezzo, oltre alle note limitazioni di carattere generale proprie di qualunque procedura di campionamento in ecologia acquatica, pongono l'ulteriore complicazione di una notevole sensibilità al sito ed al periodo di operazione. Inoltre, anche nel caso di dati raccolti nell'ambito di procedure standardizzate, la codifica degli stessi (ad



esempio, la scelta degli intervalli delle classi di taglia) può essere effettuata secondo criteri diversi e tali comunque da rendere difficile od impossibile un loro raffronto sulla base delle consuete tecniche di analisi e/o rappresentazione.

Il metodo qui presentato, pur non potendo, come è ovvio, sopperire ad eventuali carenze dei dati di base, offre tuttavia la possibilità di superare gli ostacoli menzionati attraverso l'utilizzazione di un più elevato livello di integrazione dell'informazione disponibile.

## Summary

*The ascent of the fry of five species of Mugilidae (Mugil cephalus, Liza aurata, L. ramada., L. saliens and Chelon labrosus) at the mouth of the River Sele (southern Tyrrhenian coast) and at the River Coghinas (northern Sardinia) is described. The biological material consisted of a series of seasonal samplings carried out in the above sites during February 1985 - November 1986. The structure of the populations was represented in terms of presence/absence of each size class in the range 15-50 mm. Two similarity matrices were computed for each site. The ascent of the species was compared on a pairwise basis by the Mantel test. The results are given in terms of both the Z statistics and the probability levels. The overall ascent patterns of the two studied sites do not show relevant differences and the correlations between some couples of species (e.g. M. cephalus and L. saliens) are constant.*

*The above procedure provides a more objective evaluation of the relationships among species within the ascent dynamics for a given site and, at the same time, allows easy comparison between ascent patterns for different sites, attenuating the biases due to different sampling strategies.*

## Bibliografia

CARRADA G.C. - Primi dati sulla rimonta del novellame destinabile ad allevamento alla foce del fiume Sele. *Atti seminari delle unità operative responsabili dei progetti di ricerca promossi nell'ambito dello schema preliminare di piano per la pesca e l'acquacoltura*. Ministero della Marina Mercantile/CNR, Roma, II: 911-927.

CHESSA L.A., CASU S., DELITALA G.M., CORSO G., VACCA R.A., PALA M., PAIS A., LIGIOS S. (1988) - Osservazioni sulla montata del novellame destinabile ad allevamento alla foce del fiume Coghinas (Nord Sardegna) nell'anno 1985. *Atti seminari delle unità operative responsabili dei progetti di ricerca promossi nell'ambito dello schema preliminare di piano per la pesca e l'acquacoltura*, Ministero Marina Mercantile/CNR, Roma, II: 715-736.

HUBERT L.J. (1985) - Combinatorial data analysis, association and partial association. *Psychometrika*, in stampa.

MANTEL N. (1967) - The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Research*, 27 (2): 209-220.

A. CARRIERI \*

M. CAGGIANO \*\*

R. MACCAGNANI \*

R. ROSSI\*

\* Istituto di Zoologia dell'Università, Via L. Borsari 46, 44100 Ferrara (Italia)

\*\* ITTICA UGENTO S.p.A., Via Parini 2, 73100 Lecce (Italia)

## **PRIME OSSERVAZIONI SULL'INFLUENZA DI MANGIMI A DIFFERENTE COMPOSIZIONE SULL'ACCRESIMENTO E LA SOPRAVVIVENZA DELL'ORATA (*SPARUS AURATA* L.) ALLEVATA A DUE DIVERSI REGIMI TERMICI\***

### **Abstract**

Effects of temperature and different diets on growth and survival of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.): preliminary results.

*The effect of temperature and diet composition on growth and survival of intensive reared gilthead sea bream (Sparus aurata L.) was studied.*

**Key-words:** Aquaculture, fish nutrition, growth, *Sparus aurata* L.

### **Introduzione**

Negli ultimi anni sono state condotte numerose esperienze che hanno dimostrato la buona adattabilità dell'orata anche alle condizioni di allevamento intensivo (MAZZOLA & RALLO, 1981; EISAWY & WASSEF, 1984; CORBARI *et al.*, 1986; Pitt *et al.*, 1977; PORTER *et al.*, 1986). Parallelamente si è cercato di definire le esigenze dietetiche di questa specie (SABAUT & LUQUET, 1973; MARAIS & KISSIL, 1979; KISSIL *et al.*, 1981; 1982; TANDLER *et al.*, 1982; ALLIOT & PASTOU-REAUD, 1984) al fine di migliorarne le rese produttive.

Scopo della ricerca, di cui si riportano i primi risultati, è un confronto dell'efficienza di mangimi a composizione diversa sull'accrescimento e la sopravvi-

\* Lavoro condotto nell'ambito del progetto Strategico «Acquicoltura» del C.N.R., Contributo n.85.02711.40.11.

venza di orate nel primo anno di allevamento intensivo, mantenute a due regimi termici differenti, utilizzando gli impianti e le metodiche normalmente usate per la produzione commerciale della specie.

## Materiali e metodi

La ricerca, svolta presso l'impianto dell' ITTICA UGENTO S.p.A, sul litorale ionico della Puglia, ha avuto la durata di circa un anno (dal 17.04.1986 al 31.03.1987). La prova è stata condotta su 500 avannotti di orata, di circa 200 giorni di età ( $P_{\text{medio}} = 23.5 + 5.07 \text{ g}$ ), provenienti da riproduzione artificiale, distribuiti inizialmente in 10 vasche rettangolari (50 animali per vasca) con un volume d'acqua di circa 300 l e un ricambio idrico di 3 l/min per vasca. Dopo tre mesi, per l'aumento della taglia e quindi del carico di allevamento, gli animali sono stati diradati raddoppiando il numero delle vasche da 300 l. Per lo stesso motivo, dopo tre mesi, gli animali sono stati trasferiti in 2 vasche quadrate di circa 25 m<sup>2</sup> (ricambio idrico di 60 l/min) opportunamente suddivise in 5 settori uguali. Durante i mesi di marzo-giugno '86 e gennaio-marzo '87 metà delle vasche sperimentali sono state alimentate con acqua a temperatura di 3-4°C più elevata rispetto a quella ambientale.

Si sono utilizzati 5 mangimi commerciali di cui 3 normalmente impiegati per l'allevamento di spigola (A) ed anguilla (D ed E) e 2 (B e C) appositamente formulati dalle case produttrici per l'orata. A e B erano in forma di pellet e venivano somministrati tal quali; gli altri erano somministrati come pastone umido (60% di farina e 40% di acqua). Tutti gli alimenti venivano distribuiti a mano 2-3 volte al giorno in base a razioni giornaliere preparate periodicamente. La razione di partenza è stata del 4% di sostanza secca sul peso degli animali vivi ed è stata variata nel corso della ricerca in funzione della temperatura, della taglia e dell'appetito dei pesci.

I tassi di accrescimento giornaliero (SGR), le conversioni alimentari (C) ed i fattori di moltiplicazione del peso (M) sono stati calcolati con le seguenti formule:

$$\text{SGR} = 100 \times (\ln P_t - \ln P_{t_0}) / (t - t_0)$$

con  $P_{t_0}$  = peso medio ad inizio esperienza e  $P_t$  = peso medio alla fine;

**C = Mangime somministrato/incremento di biomassa;**

**M = Peso medio finale/peso medio iniziale.**

Al fine di rendere i risultati ottenuti per i due gruppi a differenti temperature tra loro confrontabili, i pesi medi finali dei gruppi ad acqua riscaldata sono stati divisi per la frazione di gradi giorno ricevuti in più rispetto a quelli a temperatura ambiente (6602 contro 6115 °C giorno). Si sono, quindi, ricalcolati i tassi di crescita giornalieri (SGR/°C).

## Risultati

### Analisi chimiche dei mangimi

Le composizioni percentuali dei 5 mangimi sono riportate nella Tabella 1. Il contenuto minimo di proteine riscontrato è del 46,8% (dieta A), superiore, comunque, al 40% che, secondo SABAUT & LUQUET (1973), è il minimo richiesto per il buon accrescimento dell'orata. La dieta B è risultata essere la più ricca in proteine con un contenuto proteico (58,02%) decisamente superiore alle altre che, invece, mostrano valori tra loro confrontabili. Il contenuto lipidico è molto più variabile andando dal 6,37% (D) all' 11,1% (A). Questi valori sono, a parte la

Tab. 1 - Composizione percentuale dei mangimi usati.

Mangime		A	B	C	D	E
Umidità	%	9,47	11,13	9,08	9,04	9,69
Ceneri	% s.s.	11,45	15,84	9,62	7,18	7,17
Protidi grezzi	% s.s.	46,83	58,02	51,00	48,33	47,23
Lipidi grezzi	% s.s.	11,09	7,73	9,10	6,37	10,36
Carboidrati (per diff.)	% s.s.	30,63	18,14	30,28	38,12	35,21
Energia grezza *	kcal/kg s.s	4980	4782	5013	4934	5128

\* Equivalenti usati: proteine 5.65; lipidi 9.45; carboidrati 4.2.

dieta D, superiori al fabbisogno minimo ( $\approx 8\%$ ) per la crescita ottimale della specie giapponese affine (*Chrysophrys major*) (YONE *et al.*, 1971). Spicca, infine, il basso contenuto in carboidrati della dieta B (18 %) che è quasi la metà di quello delle altre. Trattandosi, però, di mangimi commerciali, non è stato possibile risalire alla natura delle materie prime usate per la formulazione delle varie diete.

### Accrescimenti ponderali

Nella Tabella 2 sono riportati i pesi medi e le biomasse finali per ciascuna condizione sperimentale.

L'analisi della varianza condotta su questi dati mostra differenze altamente significative sia tra le vasche tenute a temperatura diversa ( $F = 53,31$ ,  $P < 0,001$ ) che tra le diete testate ( $F = 17,98$ ,  $P < 0,001$ ).

I gruppi allevati ad acqua riscaldata hanno moltiplicato complessivamente il loro peso di 10,1 volte contro le 8,7 dei gruppi ad acqua non riscaldata con un incremento di biomassa prodotta rispettivamente di 46,3 e 35,1 kg, ed un tasso

Tab. 2 - Risultati dell'allevamento dell'orata a differenti temperature e diete.

DIETE	A	B	C	D	E
+ 4 °C					
N	50	46	46	45	32
Peso medio (g)	252,41	280,71	214,41	219,53	217,66
D.S.	48,25	56,85	37,41	36,08	30,67
Biomassa (g)	12620,25	19912,58	9863,00	9879,00	6965,00
Incr. Biomassa (g)	11445,25	11737,58	8688,00	8704,00	5790,00
C	2,98	3,05	3,17	3,07	4,35
SGR	0,690	0,721	0,643	0,650	0,647
SGR/°C	0,688	0,699	0,620	0,627	0,625
M	10,74	10,99	8,39	8,41	5,93
Sopravvivenza (%)	100	92	92	92	0,64
T° ambiente					
N	47	48	44	41	20
Peso medio (g)	194,20	229,82	194,86	195,27	213,65
D.S.	19,02	43,83	28,25	36,57	29,07
Biomassa (g)	9127,30	11031,18	8574,00	8006,00	4273,00
Incr. Biomassa (g)	7952,30	9856,18	7399,00	6831,00	3098,00
C	3,14	2,75	3,25	3,26	5,82
SGR	0,614	0,663	0,615	0,616	0,642
M	7,77	9,39	7,30	6,81	3,64
Sopravvivenza (%)	94	96	88	82	40

di crescita giornaliero (SGR) di 0,673 contro 0,629 g/giorno per i gruppi con acqua a temperatura ambiente.

Tra le diete, gli accrescimenti migliori si sono ottenuti con la dieta secca B sia in acqua calda, dove gli individui alimentati con questa dieta hanno raggiunto la taglia commerciale di 280,7 g (SGR = 0,712), che in acqua a temperatura ambiente (P medio = 229,8 g, SGR = 0,663) (Tab 2). Buoni accrescimenti si sono ottenuti, tra i gruppi ad acqua riscaldata, anche con la dieta secca A (P medio = 252,41 g, SGR = 0,690) e, tra quelli ad acqua non riscaldata, con la dieta umida E (P medio = 213,65 g, SGR = 0,642) (Tab 2). Quest'ultima, però, ha fatto registrare elevate mortalità (60 %) e, quindi, basse aree in termini di biomassa prodotta.

In termini di conversioni alimentari, ad eccezione della dieta E per la quale, per i problemi già detti, si sono ottenute conversioni alimentari decisamente elevate, non si sono riscontrate grosse differenze tra le diete testate, anche se si notano efficienze lievemente migliori per quelle secche (Tab. 2). Se, infatti, si cumulano i dati per le due diete in pellet (A e B) e per le due migliori umide (C e D), si ottengono conversioni alimentari leggermente più favorevoli per quelle secche tanto in acqua riscaldata che a temperatura ambiente ( $C = 3,01$  e  $C = 2,98$ , rispettivamente) in confronto alle altre ( $C = 3,12$  e  $3,25$ ).

Nella Tab. 3 sono riportati i parametri delle regressioni lineari tra i vari componenti delle diete e i relativi tassi di crescita «depurati» dall'effetto del riscaldamento dell'acqua ( $SGR/0^{\circ}C$ ). Questi ultimi risultano essere correlati positivamente con il contenuto proteico delle diete impiegate, confermando quanto ottenuto da SABAUT & LUQUET (1973). Dalla Fig. 1 si nota, poi, che la dieta più ricca in proteine (la B con il 58%) è quella che dà anche gli accrescimenti migliori, mentre la più povera (la A con il 46,8%) dà risultati contrastanti nelle due condizioni termiche. Particolare è il comportamento della dieta C che dà accrescimenti che sono decisamente inferiori rispetto a quelli attesi in base

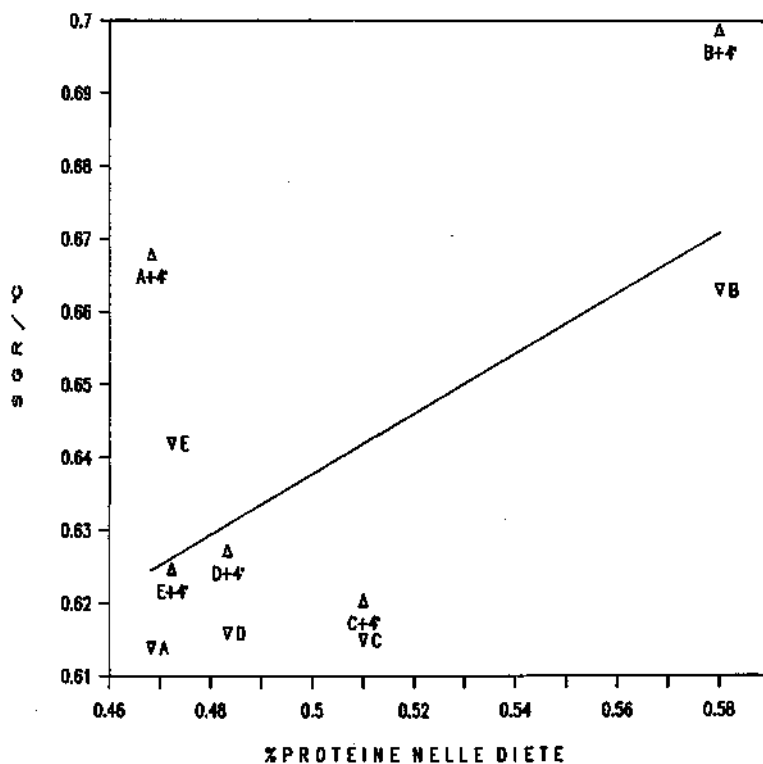


Fig. 1 - Regressione lineare tra il contenuto proteico delle varie diete e i relativi tassi di crescita giornalieri.

**Tab. 3** - Parametri delle regressioni lineari tra i vari componenti delle diete e i relativi tassi di crescita giornalieri.

X	Y	r	a	b	Se	t	P
% Prot.	SGR/°C	0,628	0,431	0,413	0,181	2,282	0,052
% Lip.	SGR/°C	-0,057	0,647	-0,090	0,599	0,163	0,874
% Carb.	SGR/°C	-0,723	0,727	-0,288	0,097	2,958	0,018
Energia	SGR/°C	-0,589	1,345	0,142	0,069	2,061	0,073

al contenuto proteico. Per quanto riguarda i lipidi, questi non sembrano influire sulla crescita (Tab. 3). Al contrario l'aumento del contenuto in carboidrati ha una influenza decisamente negativa sul tasso di crescita (Tab. 3). Si notano, infine, velocità di crescita più elevate con diete a minor contenuto energetico, in accordo con quanto riportato da MARAIS & KISSIL (1979). Mancando, però, informazioni sulla fonte e sulla qualità delle materie prime usate per la formulazione delle varie diete, i risultati ottenuti sono di difficile interpretazione, e andranno, quindi, rivisti qualora le case produttrici siano in grado di fornire i dati mancanti.

### *Sopravvivenza*

Nella Tabella 2 sono riportate le percentuali di sopravvivenza registrate nelle diverse condizioni sperimentali che risultano essere, nel complesso, abbastanza elevate essendo, mediamente, 83,8% (minimo 40%, massimo 100%).

L'analisi di questi dati evidenzia una differenza significativa sia tra le vasche tenute a diverse temperature ( $X^2(1) = 5,32$ ,  $P = 0,021$ ), con percentuali maggiori per i gruppi ad acqua riscaldata (87,6% contro 80%), che tra le singole diete tanto in acqua calda che a temperatura ambiente ( $X^2(1) = 34,76$  e  $66,25$  rispettivamente,  $P < 0,001$ ). Da notare, però, che quest'ultima differenza risulta essere quasi completamente a carico della dieta E che, infatti, ha fatto registrare le mortalità più elevate sia in acqua calda (36%) che in acqua a temperatura ambiente (60%).

Si osservano, infine, sopravvivenze maggiori per i gruppi alimentati con le diete in forma di pellet (95,5%) rispetto a quelli alimentati con pastone (76%) ( $X^2(1) = 33,61$ ,  $P < 0,001$ ).

### **Discussione e conclusione**

Vengono confermati i risultati ottenuti da altri autori sull'effetto positivo di più elevate temperature ambientali per la crescita dell'orata (CORBARI *et al.*, 1986).

I tassi di crescita ottenuti (SGR) variano da 0,721 a 0,614 g/giorno con una media generale di 0,654 g/giorno. Il peso medio finale è di 222,58 g ed è raggiunto in circa 12 mesi di allevamento. Questi dati sono da considerarsi decisamente buoni se paragonati a quelli ottenuti sia in ambienti naturali di allevamento estensivo (BARBARO *et al.*, 1983; EISAWY & WASSEF, 1984), sia in allevamento intensivo (CORBARI *et al.*, 1986; MAZZOLA & RALLO, 1981; KISSIL *et al.*, 1982) e sono solo di poco inferiori a quelli ottenuti in gabbie a mare, che risultano essere i migliori fatti registrare per questa specie (PITT *et al.*, 1977; PORTER *et al.*, 1986).

I mangimi impiegati hanno dato risultati differenti sia in termini di accrescimento che di efficienza alimentare. Queste differenze, però, sono solo in parte interpretabili sulla base della semplice composizione percentuale, entrando in gioco, probabilmente, altre variabili legate sia alle qualità delle materie prime impiegate che alla forma delle diete stesse che ne influenzano l'efficienza finale. È infatti possibile che nel caso del mangime sotto forma di pastone, sicuramente più solubile del pellet, non tutta la razione somministrata venga effettivamente ingerita dai pesci, e che non tutti i componenti nutritivi si mantengano inalterati dal momento della preparazione fino alla ingestione. D'altra parte è noto che anche la qualità di tali componenti esercita un ruolo importante nell'efficienza finale dei mangimi stessi (SABAUT & LUQUET, 1973; MARAIS & KISSIL, 1979; KISSIL *et al.*, 1982; COWEY & SARGENT, 1979).

Infine, le sopravvivenze ottenute, eccetto il caso della dieta E per altro difficilmente interpretabile con i dati in nostro possesso, sono risultate elevate per tutte le condizioni sperimentali e superiori a quelle riportate in letteratura (MAZZOLA & RALLO, 1981; CORBARI *et al.*, 1986) con livelli leggermente superiori nei gruppi ad acqua riscaldata e per quelli alimentati con diete secche. Quest'ultimo dato è probabilmente, da collegare al maggior intorbidimento dell'acqua provocato dai mangimi in pastone rispetto a quelli in pellet, fattore che sembra favorire l'insorgere di infezioni batteriche (malattia bronchiale, GHITTINO, 1983) e quindi aumentare la probabilità di mortalità.

## Summary

*The influence of temperature and diet on growth and survival of fingerlings of gilthead sea bream (Sparus aurata L.), obtained by artificial reproduction, 200 days old and weighing about 23.5 g, was investigated. The fishes were fed five commercial diets (indicated A, B, C, D, E), differing in chemical composition and in form (two as dry pellet, and three as wet food) for about a year. During winter, half of the experimental groups were reared in water with a higher temperature (3-4 °C) than the environmental one.*

*The general mean weight was 222.58 g attained after 12 months of intensive rearing, which is a good result compared with those obtained in the natural environment, or in intensive rearing. The results show the positive influence of warm*



water for each diet tested: the warm-water reared groups multiplied their weight 10.1 times (8.7 times for the groups at environmental temperature), with a final biomass increment of 46.3 and 35.1 kg, respectively. The best growth rate (SGR = 0.721) was obtained with diet B, i.e. highest protein (58%) and lowest energy content (4782 kcal/kg). General survival rate was 83.8% with higher ratios for warm water (87.6 vs 80%) and dry pellet fed groups (95.5 vs 76%).

## Bibliografia

- ALLIOT E., PASTOUREAUD A. (1984) - Les besoins alimentaires et leur couverture chez le bar et la daurade. In *L'Aquaculture du Bar et des Sparides*. G. Bernabé et R. Billard (eds), Paris: 337-349.
- BARBARO A., FRANCESCON A., GUIDASTRI R. (1983) - Allevamento in una valle della laguna Veneta di *Sparus aurata* L. ottenuta da riproduzione artificiale. *Nova Thalassia*, 6 (suppl.): 281-286.
- CORBARI L., CAGGIANO M., DE MURTAS I., PONTICELLI A. (1986) - Allevamento intensivo di orata (*Sparus aurata* L.) a due regimi termici. *Nova Thalassia*, 8 (suppl. 3): 355-363.
- COWEY C.B., SARGENT J.R. (1979) - Nutrition. In: *Fish Physiology*, VIII. *Bioenergetic and Growth*. W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (eds). Academic Press, New York: 58-69.
- EISAWY A., WASSEF E. (1984) - Preliminary studies on rearing of the gilthead seabream, *Sparus aurata* (L.). in brackish water ponds. *Aquaculture*, 38: 255-260.
- GHITTINO P. (1983) - Tecnologia e patologia in acquacoltura. Patologia. 2, P. Ghittino, Torino, 1: 444.
- KISSIL G. Wm., COWEY C.B., ADRON J.W., RICHARDS R.H. (1981) - Pyridoxine requirements of the gilthead bream, *Sparus aurata*. *Aquaculture*, 23: 243-255.
- KISSIL G. Wm., MEYERS S.P., STICKNEY R.R., GROPP J. (1982) - Protein-energy ratios in the feed of the gilthead bream (*Sparus aurata*) *Proc. Warmwater Fishculture Workshop*, Spec. Pubbl., 3: 145-152.
- MARAIS J.F.K., KISSIL G. Wm. (1979) - The influence of energy level on the feed intake, growth, food conversion and body composition of *Sparus aurata*. *Aquaculture*, 17: 203-219.
- MAZZOLA A., RALLO B. (1981) - Further experiences in the intensive culture of seabream (*Sparus aurata*). *J. World Maricult. Soc.*, 12 (2): 137-142.
- PORTIER C.B., KROM M.D., GORDIN H. (1986) - The effect of water quality on the growth of *Sparus aurata* in marine fish ponds. *Aquaculture*, 59: 299-315.

PITT R., TSUR O., GORDIN H. (1977) - Cage culture of *Sparus aurata*. *Aquaculture*, 11: 285-296.

SABAUT J.J., LUQUET P. (1973) - Nutritional requirements of the gilthead bream *Chrysophrys aurata*. Quantitative protein requirements. *Mar. Biol.*, 18: 50-54.

TANDLER A., BERG B.A., KISSIL G.Wm. (1982) - Effect of food attractants on appetite and growth rate of gilthead bream, *Sparus aurata* L. *J. Fish Biol.*, 20: 673-681.

YONE Y., FURUICHI M., SAKAMOTO S. (1971) - Studies on nutrition of red sea bream. III. - Nutritive value of optimum content of lipids in diet. *Rep. Fish. Res. Lab. Kyushu Univ.*, 1: 49-60.

M. CERVELLI

C.N.R. - Istituto di Biologia del Mare, Castello 1364/A, 30122 Venezia (Italia)

## VARIABILITÀ GENETICA IN ORATA. EFFETTI DELL'INTRODUZIONE IN VALLE SU DI UNO STOCK DI RIPRODUZIONE ARTIFICIALE

### Abstract

Genetic variability in gilthead obtained by induced spawning

*A stock of fries, obtained by induced spawning and aged 70 days, was introduced into a pond of a «valle da pesca», in the lagoon of Venice. In this stock, the allelic frequencies of four polymorphic enzymatic loci, used as markers, were known. After a seven-month growth period, significant differences were found in PGM-2, and at a lower level in PGD in a sample of fishes with respect to the onset of the experiment. Two samples of the population from the north Adriatic Sea showed a greater stability in the frequency of the same loci. It is suggested that the environment of the pond produced differential survival of genotypes in the introduced stock.*

**Key-words:** Aquaculture, enzymatic polymorphism, genetic variability, *Sparus aurata*.

### Introduzione

Nell'evoluzione dello studio sulle tecniche di allevamento di una specie ittica gli indirizzi di ricerca che vengono considerati prioritari vertono sullo sviluppo delle metodologie per ottenere il novellarne e sulle tecniche più idonee per il loro accrescimento fino a taglia commerciale. Vi sarà quindi un intensificarsi degli sforzi, da un lato per mettere a punto sistemi di riproduzione artificiale, qualora il reperimento di novellarne selvatico non fosse più sufficiente a coprire il fabbisogno, dall'altro per ottimizzare le tecniche di ingrasso nei vari

sistemi di allevamento. Solo in un secondo tempo l'interesse volge verso lo studio delle caratteristiche genetiche della specie allo scopo di ottenere ceppi ad alta resa o adatti a condizioni di allevamento particolari.

In realtà la conoscenza della costituzione genetica di un organismo fin dal principio potrebbe rappresentare un'utile informazione contribuendo a spiegare i risultati ottenuti nelle varie condizioni di allevamento.

Lo svolgimento del Progetto Finalizzato IPRA, ha fornito l'occasione di affiancare allo studio delle tecniche di riproduzione artificiale ed allevamento di *Sparus aurata* una ricerca sulle caratteristiche genetiche di questa specie. Da questa sono emersi dapprima una stima della variabilità genetica della orata (CERVELLI *et al.*, 1983). In seguito sono stati puntualizzati alcuni problemi insiti nei metodi correnti di riproduzione artificiale per l'ottenimento degli stock da semina (CERVELLI *et al.*, 1985); infatti è stato evidenziato che gli stock ottenuti possono presentare caratteristiche genetiche alterate rispetto alle popolazioni naturali.

Per spiegare questo fenomeno era stata avanzata l'ipotesi che entrassero in causa fattori quali la deriva genetica e l'effetto «bottle-neck». Probabilmente tali fenomeni non sono limitati solo ai loci analizzati, bensì questi potrebbero fungere da marcatori di una situazione estesa a tutto il genoma, compresi anche geni con un valore spiccatamente adattivo.

Si può quindi supporre che avannotti con caratteristiche genetiche così cambiate possiedano capacità adattative diverse da quelle ben stabilizzate nelle popolazioni selvatiche da un lungo processo selettivo; immessi in una valle da pesca, essi potrebbero presentare una ridotta capacità di superare la pressione ambientale.

Lo scopo di questo lavoro consiste nel tentativo di verificare la reale consistenza degli effetti che può avere, su avannotti ottenuti con la riproduzione artificiale, l'introduzione ed il mantenimento in un ambiente vallivo.

## Materiali e metodi

La ricerca è stata eseguita utilizzando uno stock di avannotti di orata ottenuto con la riproduzione artificiale nello stabilimento della S.I.R.A.P. di Pellestrina-Venezia nel 1984. Sono stati introdotti, a metà aprile, 1500 individui di circa 70 giorni di età in un laghetto di circa 2 ha dove si sono accresciuti sfruttando soltanto le potenzialità trofiche del bacino. Questo, situato in Val Dogà nella parte settentrionale della laguna di Venezia, era privo di esemplari di orata preesistenti e, dopo l'immissione del lotto di avannotti, è stato chiuso con griglie per evitare l'immigrazione di esemplari estranei. Alla conclusione della prima stagione di accrescimento, alla fine di novembre, poiché la popolazione non aveva risposto al richiamo, è stato necessario ricorrere alla pesca col tramaglio per ricattare 38 esemplari che avevano nel frattempo raggiunto la taglia di 90 grammi circa.

Per ottenere un termine di paragone con individui provenienti da popolazioni naturali, sono stati analizzati due gruppi di orate pescate in Alto Adriatico nel 1985 e di dimensioni equivalenti alla taglia iniziale e finale del lotto di riproduzione artificiale. In particolare, è stato utilizzato un numero di avannotti selvatici piuttosto consistente, da un minimo di 148 individui secondo l'enzima considerato, per ottenere dei buoni risultati nei confronti statistici.

Sono stati utilizzati come marcatori genetici quattro loci enzimatici caratterizzati da un alto grado di variabilità: una glucosio-fosfato isomerasi (GPI-I), una isocitrato deidrogenasi (ICD-2), la 6 fosfo-gluconato deidrogenasi (PGD), una fosfo-gluco-mutasi (PGM-2).

La metodologia utilizzata è stata quella dell'elettroforesi orizzontale su gel di amido; per le tecniche di separazione di questi isoenzimi si veda CERVELLI *et al.* (1985), per i sistemi di colorazione si rimanda alla descrizione fatta in SHAW & PRASAD (1970).

I confronti statistici sono stati eseguiti con il test G consigliato da SOKAL & ROHLF (1969).

## Risultati

Le frequenze alleliche dei quattro loci enzimatici studiati sono riassunte nella Tab. 1; qui di seguito vengono riportati i risultati per ciascuno di essi.

GP-1. Per questo locus i quattro campioni si sono mantenuti piuttosto simili nelle frequenze alleliche, nonostante che nei due provenienti dall'impianto di riproduzione non appaia l'allele più veloce. Infatti questo costituisce anche in natura una variante piuttosto rara. Dai confronti statistici reciproci non è risultata nessuna differenza significativa.

ICD-2. Questo locus ha mostrato in natura tre varianti alleliche distinte, mentre nel lotto proveniente dalla S.I.R.A.P. (A1 e A2) ne sono state trovate due sole, con perdita della più veloce. Questo fatto ha in pratica diviso i campioni in due blocchi: da una parte quelli di allevamento, statisticamente simili tra loro, dall'altra quelli naturali, pure omogenei tra loro.

PGD. In questo enzima è stata osservata una differenza significativa tra le frequenze negli avannotti selvatici e in quelli di riproduzione artificiale, con una maggiore frequenza dell'allele più veloce in questi ultimi. Alla fine del periodo di accrescimento in valle le frequenze del lotto di origine artificiale sembrano scostarsi dai valori accertati all'inizio ( $P < 0,05$ ) con un ulteriore aumento percentuale del primo allele.

PGM-2. In questo locus è stata osservata nei campioni di riproduzione artificiale la perdita dell'allele più lento, raro tuttavia anche in natura. Inoltre nel campione di individui giovanili dell'Adriatico (S2) è comparsa in un unico caso una variante più veloce delle altre che è stata assimilata all'allele 1 per ragioni statistiche. Il campione di avannotti A1 ha mostrato delle frequenze alleliche significativamente diverse rispetto a quello dei selvatici ( $P < 0,005$ ); queste frequenze

**Tab. 1** - Frequenze alleliche ed eterozigosi nei diversi campioni. A1: avannotti di riproduzione artificiale provenienti dalla SIRAP. A2: giovanili di riproduzione artificiale ricatturati in val Dogà. S1: avannotti selvatici provenienti dal Nord-Adriatico. S2: giovanili selvatici provenienti dal Nord-Adriatico. (N° = numero di individui esaminati; He = eterozigosi attesa; Ho = eterozigosi osservata).

	A1	A2	S1	S2
<b>GPI-1</b>				
(N°)	(80)	(38)	(172)	(60)
Allele 1	-	-	0,0145	0,025
2	0,7687	0,658	0,7587	0,7
3	0,125	0,197	0,1453	0,1667
4	0,1	0,092	0,0581	0,0833
5	0,0062	0,053	0,0233	0,025
He	0,3834	0,517	0,3991	0,4740
Ho	0,375	0,552	0,3837	0,4833
<b>ICD-2</b>				
(N°)	(80)	(38)	(148)	(60)
Allele 1	-	-	0,0811	0,1
2	0,5875	0,645	0,6757	0,6333
3	0,4125	0,355	0,2432	0,2667
He	0,4847	0,458	0,4777	0,5178
Ho	0,525	0,5	0,4595	0,4333
<b>PGD</b>				
(N°)	(80)	(38)	(171)	(60)
Allele 1	0,3562	0,513	0,2690	0,2917
2	0,6437	0,487	0,7310	0,7083
He	0,4587	0,500	0,3933	0,4132
Ho	0,4875	0,553	0,4094	0,3833
<b>PGM-2</b>				
(N°)	(80)	(38)	(172)	(60)
Allele 1	0,175	0,368	0,3430	0,2666
2	0,825	0,632	0,6453	0,7083
3	-	-	0,0116	0,025
He	0,2887	0,465	0,4657	0,4355
Ho	0,3	0,526	0,4826	0,4407

però non sono state mantenute alla fine del periodo trascorso in valle; anzi, il campione di giovanili di riproduzione artificiale A2 è risultato significativamente diverso da quello A1, mentre è risultato simile ai campioni di provenienza marina.

Per quanto riguarda il confronto tra il campione di orate giovanili pescate in Adriatico (S2) e gli avannotti della stessa provenienza (S1) si è evidenziata una condizione di completa omogeneità in tutti e quattro i loci ( $0,9 > P > 0,05$  per GPI-1, ICD-2 e PGD;  $0,5 > P > 0,1$  per PGM-3).

Nella Tab. 2 sono riassunti tutti i confronti incrociati tra le frequenze alleliche dei quattro campioni per i diversi enzimi; in essa vengono riportati i livelli di significatività ottenuti con il test G.

**Tab. 2** - Grado di significatività, ottenuto con il test G, nei confronti incrociati tra campioni, (n.s. = non significativo; \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,005$ ; \*\*\*\* =  $P < 0,001$ ).

	A2	S1	S2		A2	S1	S2
<b>GPI-1</b>				<b>ICD-2</b>			
A1	n.s.	n.s.	n.s.	A1	n.s.	****	****
A2	-	n.s.	n.s.	A2	-	***	***
S1	-	-	n.s.	S1	-	-	n.s.
	A2	S1	S2		A2	S1	S2
<b>PGD</b>				<b>PGM-2</b>			
A1	*	**	n.s.	A1	***	****	*
A2	-	****	***	A2	-	n.s.	n.s.
S1	-	-	n.s.	S1	-	-	n.s.

Sono stati, inoltre, paragonati in tutti i loci i livelli di eterozigosi osservati con quelli attesi secondo l'equilibrio Hardy-Wenber, nonché le frequenze genotipiche osservate con le attese. In nessun caso sono state riscontrate differenze significative.

## Discussione e conclusioni

I risultati ottenuti in questo lavoro mostrano come, nel periodo di accrescimento nella valle da pesca, il lotto introdotto nel bacino sia stato caratterizzato

da un grado di sopravvivenza piuttosto ridotto (140 ripescati in totale rispetto ai 1500 seminati); il numero di individui catturati certamente non corrisponde al totale dei sopravvissuti, tuttavia costituisce una buona approssimazione visto il grosso sforzo di pesca prodotto.

Oltre ciò, nel campione studiato le frequenze alleliche sono mutate rispetto a quelle che gli avannotti presentavano all'uscita dall'impianto di riproduzione artificiale. Analizzando il cambiamento avvenuto si può notare che due dei loci studiati hanno mostrato delle differenze significative rispetto all'inizio. Nel locus PGM-2 i valori che mostravano grosse differenze con la popolazione adriatica a livello di avannotto sono ritornati ad essere omogenei con essa allo stadio giovanile. Diversamente, le frequenze alleliche della PGD, già dappprincipio differenti da quelle della popolazione selvatica, sembrerebbero divergere, con un basso livello di significatività, ancor più da esse nel corso della prova.

Le possibili cause della drastica riduzione numerica e del mutamento della costituzione genetica del lotto di orate potrebbero essere dovute a diversi fattori sia intrinseci alla costituzione dei pesci, sia di carattere esogeno, cioè insiti nell'ambiente di accrescimento.

È stato dimostrato che le tecniche di riproduzione artificiale e di allevamento larvale possono indurre negli avannotti vari tipi di deformazione: a livello scheletrico ne sono stati descritti a carico della bocca, dell'opercolo, della colonna vertebrale, a livello degli organi è stata notata la mancanza della vescica natatoria (KIRPICHNIKOV, 1981; BARBARO *et al.*, 1986; BARBARO & FRANCESCON, dati personali). Cause come queste possono spiegare un basso tasso di sopravvivenza, ma non sembrano legate a fattori genetici e quindi ad un effetto di selezione di particolari genotipi.

Quest'ultimo potrebbe essere ipotizzato con un meccanismo di selezione in base all'età; a questo scopo è stata studiata l'evoluzione delle frequenze alleliche degli stessi loci nella popolazione selvatica dell'Adriatico, analizzando un gruppo di orate di età equivalente ai giovanili di Val Dogà. Come è possibile vedere nelle Tab. 1 e 2 le proporzioni degli alleli si sono mantenute costanti nel tempo escludendo così tale possibilità.

I fattori di tipo ambientale, caratteristici di una valle da pesca, che possono influire negativamente sulla sopravvivenza dei pesci possono essere di diverso tipo. Possono sopravvenire fenomeni di Parassitosi, oppure insorgere affezioni virali o batteriche, infine, più semplicemente, possono essere le caratteristiche chimico-fisiche estreme del bacino o gli eventi meteorologici ad incidere sugli stock presenti. È plausibile perciò pensare che, escluse le eventualità discusse precedentemente, si possa vedere in questi la ragione dei risultati ottenuti, ipotizzando che si sia originata una pressione selettiva sui genotipi del lotto di avannotti di riproduzione artificiale da parte dell'ambiente in cui sono stati introdotti.

Dai dati raccolti sulla variabilità genetica dell'orata (CERVELLI *et al.*, 1985) risulta che le popolazioni delle coste italiane presentano caratteristiche genetiche costanti nel tempo e nello spazio, a differenza di altre specie che presen-



tano variazioni annuali oppure un frazionamento in popolazioni con caratteristiche genetiche diverse (SMITH, 1979; COMPARINI *et al.*, 1983; MORK & SUNDNESS, 1985). Sembra, cioè, che sia stata raggiunta una struttura genetica che ha ottimizzato la «fitness» di questo organismo per le condizioni ambientali che esso incontra durante il suo sviluppo, sia in mare dove si riproduce, sia nelle acque salmastre dove migra nel periodo primaverile estivo per ragioni trofiche. A fronte di ciò è stato notato come, col metodo della riproduzione artificiale, si possano indurre involontariamente fluttuazioni notevoli nelle frequenze alleliche, con la possibilità di influenzare il grado di adattabilità degli avannotti all'ambiente naturale, come sembra essersi verificato in questo caso.

Le variazioni che si sono verificate nei due isoenzimi sembrerebbero dare risposte contraddittorie; infatti, mentre nella PGM-2 sembra vi sia il ristabilirsi delle frequenze originali dell'ambiente naturale, nella PGD sembrerebbe che la mortalità differenziale tra i diversi genotipi porti, come effetto, all'affermarsi di frequenze alleliche diverse da quelle stabilizzatesi nella popolazione selvatica.

Esistono già indicazioni sulla possibilità che nei pesci certi loci enzimatici svolgano un ruolo diretto nei processi di selezione (SMITH *et al.*, 1978; GRAVES & SOMERO, 1982; GRAVES *et al.*, 1983); nel caso della PGM-2 dell'orata l'ipotesi potrebbe essere avvalorata dall'aumento significativo della produzione di eterozigoti, fatto che suggerisce per essi una condizione di eterosi e quindi una situazione più favorevole nei confronti di un ambiente selettivo.

Una possibilità alternativa, e forse più probabile, è che i loci studiati siano strettamente correlati ad altri con accentuate caratteristiche di adattatività e che le variazioni di frequenza riscontrate riflettano quelle di questi ultimi; infatti i quattro loci erano stati scelti come marcatori, e non perché in essi fosse stato riconosciuto un particolare valore adattativo.

Il disegno sperimentale seguito ha ovviamente i suoi limiti, insiti soprattutto nell'aleatorietà delle pratiche caratteristiche della vallicoltura estensiva. Ci si riferisce in particolare al fatto che in questa occasione non si sono instaurate le condizioni che portano al fenomeno del «richiamo», cioè della migrazione autunnale che porta le orate presenti nei bacini interni lagunari a tornare verso il mare, e che permette la loro cattura nelle valli da pesca. Questo ha portato ad ottenere un campione costituito da un numero insoddisfacente di esemplari, e non ha permesso di effettuare dei confronti maggiormente approfonditi.

I risultati di questo lavoro non vogliono, quindi, assumere un valore assoluto; restano, comunque, come valida indicazione delle implicazioni inerenti alle metodiche utilizzate per la produzione industriale di novellarne, e della sua successiva utilizzazione in valle da pesca, alla luce delle capacità di adattamento all'ambiente lagunare interno degli stock di avannotti ottenuti.

## Summary

*In a previous project we studied the genetic variability in the fries of gilthead sea bream obtained by induced spawning in a farm of Pellestrina (Venice), and used for re-stocking of growth basins. This practice overcomes the difficulty of collecting wild animals.*

*We have now studied the evolution of a stock of fries after the time spent in the production farm. The aim of the study was to verify whether, in the artificial population, their introduction in the lagoon environment affects their genetic characteristics.*

*Fries (1500 specimens) from the S.I.R.A.P. farm were put in a brackishwater pond of Val Doga (in the Venice lagoon). The allelic frequencies of four enzymatic polymorphic loci (GPI-1, ICD-2, PGD, PGM-2) of this stock were known and used as genetic markers.*

*After six months only 140 fishes could be caught. A sample of 38 items was analyzed and significant differences in the allelic frequencies of two loci (PGD and PGM-2) were found.*

*A comparison between fries and juveniles of the wild population from the north Adriatic Sea, age-matched to the two samples of induced spawning, showed a great stability in the same enzymatic loci. It may therefore be concluded that, in this period of life of gilthead sea bream, there are no variations in the studied genes related to growth or to selective pressure of the environment.*

*Thus, it is reasonable to suppose that the extreme environmental conditions of the basin resulted in differential mortality of the genotypes of the introduced stock of fish, with changes in the genetic structure of the population.*

## Bibliografia

BARBARO A., FRANCESCON A., BERTAGGIA R., ANTONINI G. (1986) - Crescita, sopravvivenza e produzione in ambiente vallivo di una popolazione di *Sparus aurata* riprodotta artificialmente. *Quad. Civ. Staz. Idrobiol. Milano*, 13: 21-29.

CERVELLI M., COMPARINI A., RIZZO' TTI M., RODINO E. (1983) - Dati preliminari sull'analisi genetica di *Sparus aurata* L. condotta col metodo elettroforetico. *Nova Thalassia*, 6 (Suppl.): 261-268.

CERVELLI M., COMPARINI A., FAVA R., RODINO E. (1985) - Prime ricerche di genetica biochimica applicate all'acquacoltura di Orata (*Sparus aurata* L.). *Oebalia*, XI N.S.: 49-58.

COMPARINI A., SCATTOLIN N., RODINO E. (1983) - Genetic differentiation among some populations of the cyprinodont *Aphanius fasciatus* Nardo. *Nova Thalassia*, 6 (Suppl.): 261-268.

GRAVES J.E., SOMERO G.N. (1982) - Electrophoretic and functional enzymatic evolution in four species of eastern Pacific barracudas from different thermal environments. *Evolution*, 36 (1): 97-106.

GRAVES J.E., ROSENBLATT R.H., SOMERO G.N. (1983) - Kinetic and electrophoretic differentiation of lactate dehydrogenases of teleost species-pairs from the Atlantic and Pacific coasts of Panama. *Evolution*, 37 (1): 30-37.

KIRPICHNICOV V.S. (1981) - Genetic bases of fish selection. Springer-Verlag, Berlin, 1-410.

MORK J., SUNDNESS G. (1985) - Haemoglobin polymorphism in Atlantic cod (*Gadus morhua*): Allele frequency variation between year classes in a Norwegian fjord stock. *Helgolander Meeresunters.*, 39: 55-62.

SHAW C.R., PRASAD R. (1970) - Starch gel electrophoresis of enzymes - A compilation of recipes. *Biochem. Genet.*, 4: 297-320.

SMITH P.J., FRANCIS R.I.C.C., PAUL L.J. (1978) - Genetic variation and population structure in the New Zealand snapper. *N. Z. J. mar. Freshwat. Res.*, 12: 343-350.

SMITH P.J. (1979) - Esterase gene frequencies and temperature relationships in the New Zealand snapper *Chrysophrys auratus*. *Mar. Biol.*, 53: 305-310.

SOKAL R.R., ROHLF F.J. (1969) - Biometry. W.H. Freeman & C, San Francisco: 1-776.

L. CORBARI \*

F. BARBATO \*

A. LAZZARI \*\*

\* ITTICA UGENTO S.p.A., Via Parini 2, 73100 Lecce (Italia)

\*\* ENEA, Laboratorio di Acquacoltura, CRE Casaccia, 00060 Roma (Italia)

## INTRODUZIONE E ALLEVAMENTO DELL'ORATA GIAPPONESE O MADAI (*CHRYSOPHRYS MAJOR*) IN ITALIA

### Abstract

The introduction and rearing of the Japanese red sea-bream (*Chrysophrys major*) in Italy

*Embryonic eggs and fry of red sea bream (Chrysophrys major) have been imported from Japan and reared intensively using the same techniques as for Sparus aurata. About 50% of the eggs hatched, while the survival rate at the larval stage was 4%. C. major reached an average weight of 174.8 g after 407 days of rearing with a survival rate of 54%. Studies on this species are still in progress but the results obtained to date indicate that the red sea bream is suitable for intensive rearing in southern Italy.*

**Key-words:** Aquaculture, larval rearing, *Chrysophrys major*.

### Introduzione

Il madai o orata giapponese (*Chrysophrys major*) è nel suo Paese di origine una delle specie più allevate e più richieste dal mercato per la bontà delle sue carni. Nel solo 1985 sono stati prodotti 40 milioni di avannotti di cui 23 utilizzati per il ripopolamento e 17 per l'allevamento intensivo (KITAJIMA, 1987), mentre la produzione commerciale di quest'ultimo comparto aveva raggiunto già nel 1979 le 15.000 t apprestandosi ad eguagliare la produzione della pesca (KAFURU & IKENOUE, 1983).

Lo scopo del presente lavoro consiste nella introduzione del madai in Italia per verificarne l'allevabilità alle condizioni locali; si tratta della prima fase di una ricerca ENEA/ITTICA UGENTO che si pone l'obiettivo di allestire per tale specie un modulo produttivo economicamente valido. L'esperienza è stata condotta presso l'impianto della ITTICA UGENTO S.p.A, situato sul litorale jonico leccese, e si suddivide in due distinte sperimentazioni: una avente come oggetto l'incubazione ed il successivo allevamento larvale e post-lar-

vale di uova embrionate e l'altra l'allevamento di avannotti, entrambi importati dal Giappone.

## Materiali e metodi

### *incubazione ed allevamento larvale*

Circa 260.000 uova embrionate sono state importate da un centro di riproduzione giapponese. Il trasporto è avvenuto per via aerea, in 4 sacchi di polietilene, contenenti 5 litri di acqua (a 17,5° C e 28 ppt di salinità) e 10 litri di ossigeno, racchiusi in scatole di polistirolo espanso.

L'incubazione è stata effettuata per 50.000 uova in una vasca troncoconica da 2 mc a 18°C e con salinità di 28 ppt, mentre le restanti uova sono state messe in 3 schiuditoi cilindrici da 60 litri a 22°C e con salinità di 33 ppt. L'allevamento larvale è proseguito nella stessa vasca di schiusa da 2 mc per le larve derivanti dalle prime uova, con una densità di circa 17 larve /l, ed in una vasca quadrata da 25 mq per le larve ottenute negli schiuditoi, con una densità di 12 larve/l. Le vasche sono state alimentate con acqua di mare filtrata con cartuccia da 50 micron e trattata con sterilizzazione U.V..

Al quarto giorno dalla schiusa è iniziata la somministrazione di rotiferi (*Brachionus plicatilis*), in misura di 7 individui/ml nella vasca da 2 mc e di 4/ml nella vasca grande. Dal decimo giorno, a causa di un inquinamento delle colture di rotiferi, si è iniziata la somministrazione di naupli di *Artemia salina*, rispettivamente con densità di 0,5 e 1,3 naupli/ml.

Periodicamente, su campioni significativi di larve, è stata rilevata la lunghezza totale al microscopio con oculare micrometrico; inoltre, mediante il conteggio su volumi campione, è stata stimata la sopravvivenza nelle due vasche.

### *Allevamento degli avannotti*

1.000 avannotti di madai di circa 45 giorni con peso medio di 0,41 g, provenienti da un centro di riproduzione giapponese, sono stati importati via aerea nel luglio 1986 con le stesse modalità delle uova e con densità nei sacchi di 10 avannotti/l, in acqua a 18°C e salinità di 25‰.

L'allevamento è avvenuto in una vasca in cemento da 25 mq, dotata di aerazione ed alimentata con acqua di mare (4 ricambi/die). La temperatura dell'acqua è stata quella ambiente dall'inizio della prova (17.07.1986) fino al gennaio 1987; da tale mese sino a tutto marzo 1987 si è invece impiegata acqua riscaldata (+5°C, Fig. 1), utilizzando un impianto di ricircolo con filtro biologico e sterilizzazione a raggi U.V.. Nell'aprile 1987 si sono selezionati per taglia i madai, formando due gruppi che sono stati allevati fino all'agosto '88 in due vasche da 25 mc, alimentate con acqua marina a temperatura ambiente (circa 5 ricambi/die).

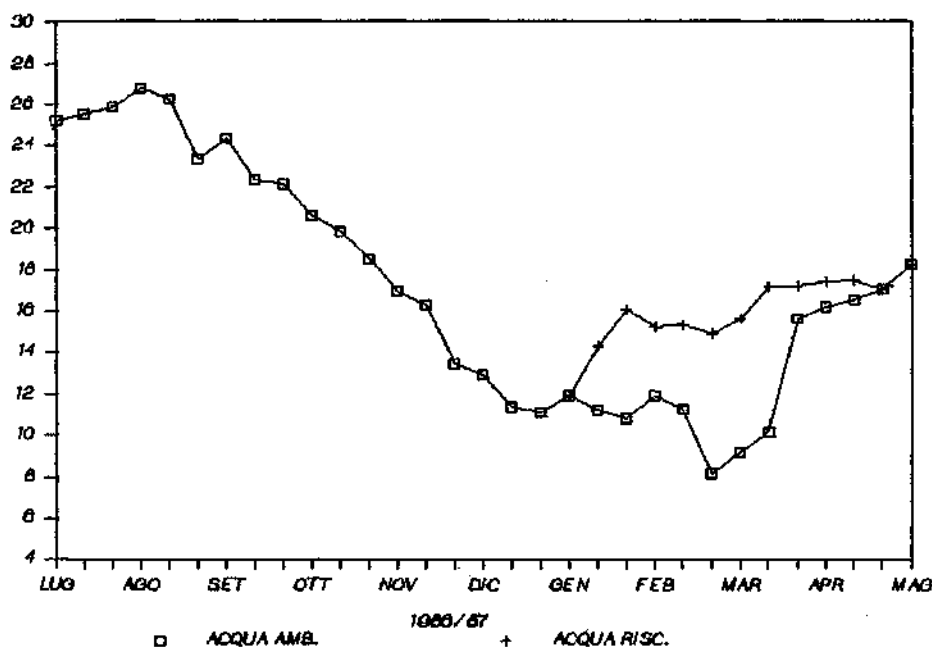


Fig. 1 - Temperatura dell'acqua. Medie decadali.

L'alimentazione è consistita in un pastone umido, ottenuto impastando 6 parti di farina con 4 parti d'acqua, ed un mangime pellettato; in Tab. 1 sono riportate le composizioni sia della farina che del pellet; la prima è un mangime commerciale formulato per l'orata *Sparus auratus*, mentre il secondo è stato appositamente formulato per il madai seguendo i parametri di un mangime giapponese specifico (YONE, 1976).

Periodicamente si sono effettuati i rilievi biometrici su campioni di pesci anestetizzati con acetonecloroformio.

Tab. 1 - Composizione dei mangimi utilizzati.

% su	Dieta		Pellet	
	s.s.	t.q.	s.s.	t.q.
Umidità	-	9,08	-	11,13
Ceneri	9,62	8,75	15,84	14,08
Protidi grezzi	51,00	46,37	58,02	51,56
Lipidi grezzi	9,10	8,27	7,73	6,87
Cellulosa (fibra grezza)	2,85	2,59	3,29	2,92
Estratt. inazotati (diff.)	27,43	24,94	15,12	13,44

## Risultati

All'arrivo all'impianto le uova di madai si presentavano in buone condizioni, erano di colore rossastro dato l'avanzato sviluppo embrionale raggiunto ed avevano un diametro di 0,9 mm. Il tasso di schiusa ottenuto è stato del 47%, che è da considerarsi buono dato il lungo trasporto.

Alla schiusa le larve avevano una lunghezza di 2,1 mm e dopo 3 giorni si evidenziava la pigmentazione degli occhi e l'apertura della bocca. Durante le prime fasi larvali il madai è più attivo rispetto all'orata, compiendo movimenti più frequenti che si traducono in un maggiore numero di tentativi di predazione dell'alimento vivo somministrato.

In Fig. 2 sono evidenziati gli accrescimenti registrati nei primi 26 giorni di allevamento, confrontati con quelli dell'orata *Sparus auratus*. La crescita ottenuta delle larve di madai è sovrapponibile a quelle che si riscontrano in Giappone (GIOVANARDI, 1980) ed è inoltre evidente una maggiore velocità di crescita rispetto all'orata autoctona.

In Fig. 3 sono indicate le sopravvivenze ottenute che riflettono la serie di fattori negativi che si sono venuti a verificare durante l'allevamento larvale. In particolare la già citata scarsa disponibilità di rotiferi rispetto alle necessità (FUKUSHO *et al.*, 1977; SMITH & HATAYA, 1982), verificatasi attorno al sesto giorno di vita, ha dato luogo ad una forte perdita di larve, evidenziata nel grafico. Inoltre è da segnalare la successiva forte mortalità avvenuta attorno al quindicesimo giorno, nonostate le larve si nutrissero abbondantemente di naupli. I sintomi che precedevano la morte erano la perdita dell'equilibrio con nuoto vorticoso, l'inappetenza e la consunzione.

### *Allevamento degli avannotti*

All'arrivo in aeroporto, dopo circa 20 ore di volo, gli avannotti erano in buono stato e la mortalità trascurabile. Giunti in impianto dopo un ulteriore trasporto via terra di 8 ore, i pesci apparivano invece molto debilitati e si riscontrava una mortalità del 16,8%. Nei tre giorni successivi si registrava una ulteriore mortalità, dovuta allo stress da trasporto, del 12,1% (Fig. 4). La sopravvivenza registrata alla fine del primo anno è stata del 54%, con una mortalità derivante dal solo allevamento del 24%.

Sin dall'arrivo i due mangimi utilizzati, pastone e pellet, sono stati ben appetiti dagli avannotti, con una certa preferenza per il primo. Il fattore di conversione alimentare complessivo, ottenuto dal rapporto fra la quantità di mangime somministrato e l'incremento della biomassa, è risultato di 2,39.

Nella Fig. 5 è indicata la curva di crescita in peso. Dopo 407 giorni di allevamento il peso medio è passato da 0,41 g a 205, 5 g per il lotto di taglia maggiore e a 166,7 per il lotto più piccolo, per un peso medio complessivo 174,8 g ed un tasso di crescita giornaliero dell'1,49%.

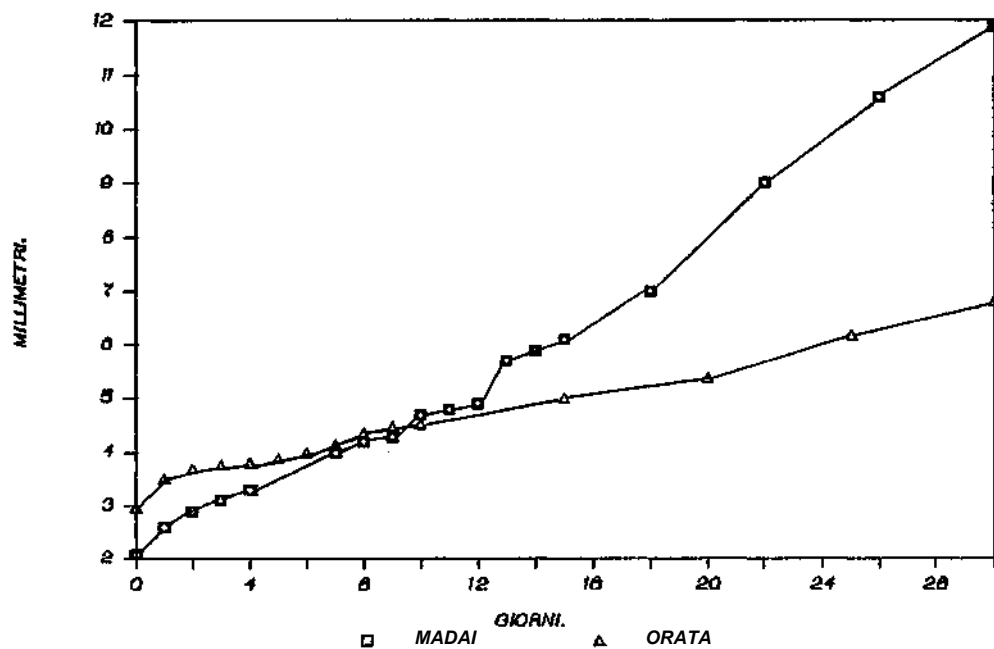


Fig. 2 - Curve di crescita larvali.

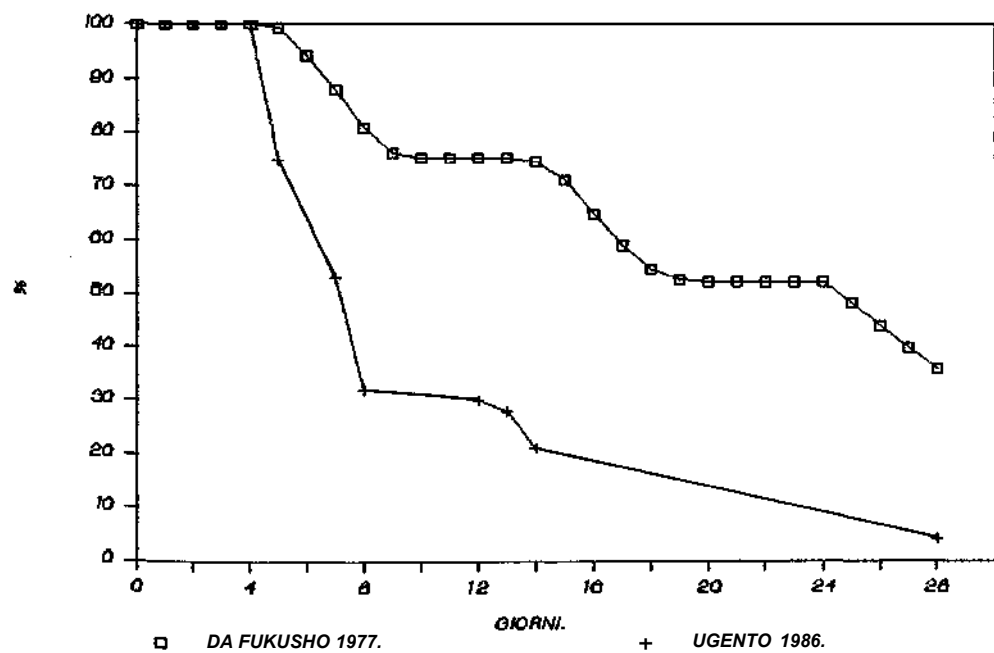


Fig. 3 - Sopravvivenza larvale.



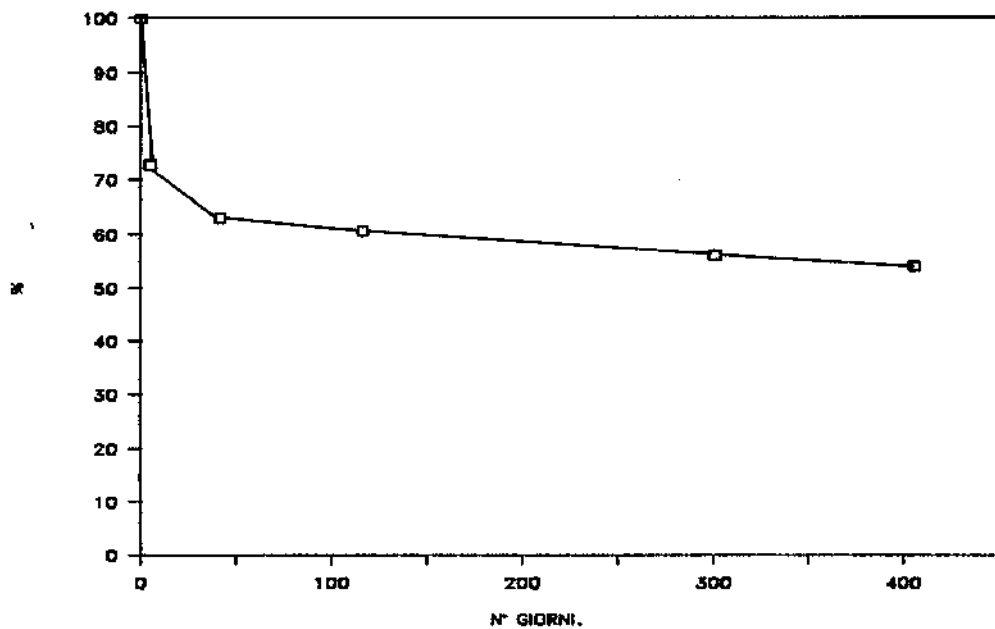


Fig. 4 - Sopravvivenza degli avannotti.

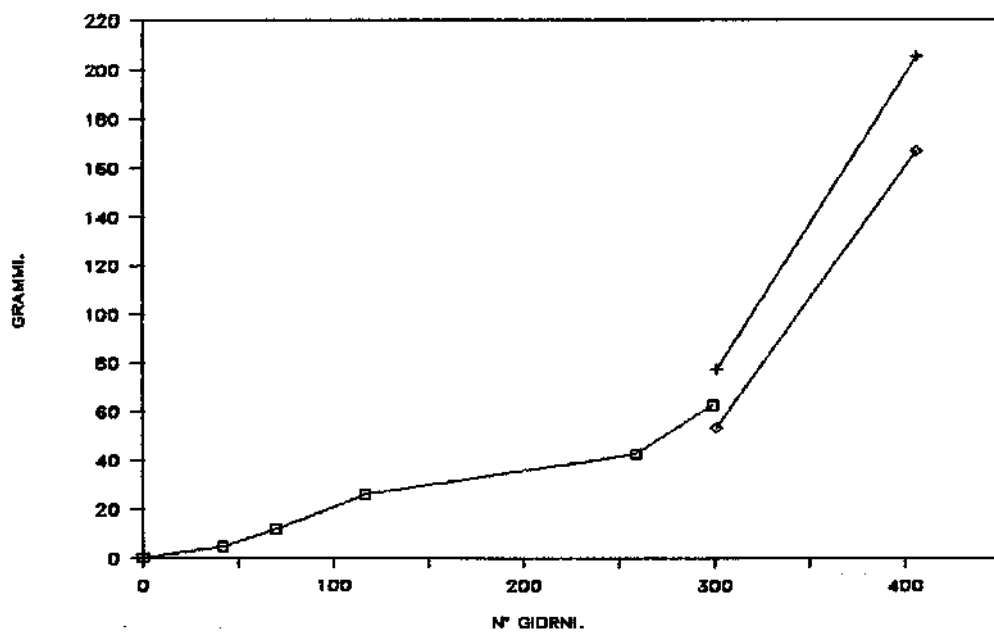


Fig. 5 - Curva di crescita degli avannotti.

## Conclusioni

Dai risultati sopra esposti si evidenzia che il madai od orata giapponese è una specie che si presta all'allevamento intensivo in vasca alle condizioni ambientali del Sud Italia. Il rapido accrescimento e le buone conversioni alimentari, unitamente alla mancata insorgenza di patologie alimentari, testimoniano che le esigenze nutrizionali della specie sono sufficientemente coperte dai due mangimi completi utilizzati.

L'elevata sopravvivenza registrata indica che le condizioni sperimentali utilizzate, in larga misura assimilabili a quelle normalmente impiegate nell'allevamento commerciale dell'orata autoctona, sono valide e che in prospettiva potranno essere applicate su più ampia scala.

I risultati ottenuti dell'allevamento larvale in questa prima parte della ricerca, seppur modesti, sono importanti e costituiscono una buona base su cui impostare gli approcci futuri; la sopravvivenza ottenuta è infatti incoraggiante se si considera che si tratta della prima esperienza e se si confronta con i risultati in termini di sopravvivenza che si ottengono nell'allevamento larvale dell'orata autoctona, che sono ancora aleatori e discontinui dopo oltre quindici anni di ricerche ed esperienze.

Per il futuro della ricerca, i temi sui quali occorrerà rivolgere i maggiori sforzi sono quelli della riproduzione controllata e del successivo allevamento larvale, oltre all'affinamento della mangimistica ed allo studio delle eventuali patologie.

## Summary

*In its country of origin, the Madai or Japanese red sea-bream is one of the most widely reared species. The high commercial demand is due to the superior quality of its flesh and the high level reached by the breeding and rearing technology.*

*The aim of this research is to evaluate the technical and economic viability of the rearing of such a species in Italy.*

*In June and July 1986, 260,000 embryonic eggs and 1,000 fry (average weight 0.41 g) were successfully imported from Japan by air.*

*The rearing experiments were conducted at the ITTICA UGENTO S.p.A. fish farm, situated in Puglia, in southern Italy.*

*The incubation of the eggs and the successive larval rearing were conducted in cement and fiberglass tanks using filtered sea water at ambient temperature. The diet consisted, for the first ten days, of rotifers and, afterwards, of artemia naupli and inert food.*

*About 47% of the eggs hatched while the survival rate at the larval stage was very low (about 4%). However the rate of growth was higher, about double that normally obtained with Sparus aurata at a temperature of about 20°C. The rearing of the fry was carried out in a 25 m<sup>3</sup> tank. Food consisted of wet mash and dry*

crumbs, resulting in a food conversion of 2.39. After 407 days the Madai had reached an average weight of 174.8 g with a growth rate of 1.49% per day. No particular pathology was evident. An overall survival of 54% was obtained, which rose to 76%, excluding transportation mortality.

The research, which is still in progress, has shown that the Madai is suitable for the intensive rearing in tanks under the climatic conditions of southern Italy.

## Bibliografia

FUKUSKO K., HARA O., WAMOTO M. (1977) - Estimation of daily amount of the rotifer *Brachionus plicatilis* fed by a larva of sea bream during mass rearing, using large scale outdoor tanks. *Bull. Nagasaki Pref. Inst. Fisher.*, 3: 45-51.

GIOVANARDI O. (1980) - Aspetti della maricoltura in Giappone con particolare riferimento alla piscicoltura marina. *Riv. It. Piscic. Itiop.*, 15 (4): 109-121.

KAFUKU T., KENOVE H. (1983) - Red sea bream (*Pagrus major*). *Modern methods of aquaculture in Japan*. Elsevier, 11: 107-117.

KITAJIMA C. (1978) - Acquisition of fertilized eggs and mass culture of juveniles of red sea bream *Pagrus major*. *Special Report of Nagasaki Pref. Inst. Fish.*, 5: 1-8.

SMITH P. J., HATAYA M. (1982) - Larval rearing and receding of red sea bream (*Chrysophrys major*) in Japan. *New Zealand Min. Agric. Fish. - Fish. Res. Div. Occasional Publication*, 39: 19.

YONE Y. (1976) - Nutritional studies of red sea bream. *Rep. of Fish. Res. Labor. Kyushu University*, 3: 87-101.

S. GRECO \*

A. CAVALIERE \*

G. LO PARO \*\*

A. MANGANARO \*\*

G. STURNIOLO \*\*\*

\* Istituto Sperimentale Talassografico CNR,  
Spianata S. Ranieri, 98100 Messina (Italia)

\*\* Dipartimento di Biologia animale ed Ecologia marina dell'Università  
sal. Sperone 31, S. Agata, 98100 Messina (Italia)

\*\*\* Facoltà di Medicina Veterinaria, Via S. Cecilia 30, 98100 Messina (Italia)

## EFFETTI DI DIETE BILANCIATE NELL'ALLEVAMENTO INTENSIVO DI *PAGELLUS BOGARAVEO* (ROVELLO)

### Abstract

Intensive rearing of black spot sea bream

*The effects of two experimental diets (dry and moist) were estimated on the growth of Pagellus bogaraveo. Fry caught in the summer season were divided into two groups of 150 each, transferred to tanks and pre-fattened. The two groups were studied for 210 days. This species reached commercial size after 180 days, and an appropriate dietary supplement resulted in improved productive yield and flesh quality. Therefore, P. bogaraveo is a suitable species for intensive aquaculture.*

**Key-words:** Aquaculture, sparids, growth, fish-diets.

### Introduzione

Il progressivo sviluppo della ricerca applicata nel settore dell'acquacoltura richiede particolare attenzione alle tecniche ed alle strategie di alimentazione negli allevamenti intensivi. Un'itticoltura, perché sia produttiva dal punto di vista economico, deve anche poter contare su una costante reperibilità di alimenti a basso costo e di elevata qualità nutritiva. I mangimi devono conseguentemente essere formulati in modo da soddisfare i fabbisogni nutritivi delle specie allevate soprattutto in termini di proteine, lipidi, vitamine e minerali.

Seguendo un collaudato disegno di ricerca, si è orientato il presente studio alla valutazione degli effetti di due diete sperimentali sull'accrescimento di *Pagellus bogaraveo* (BRUNNICH, 1768 - Sparidae) verificandone contemporaneamente l'idoneità dell'allevamento intensivo. La specie prescelta è presente in stocks numerosi nel Mar Ligure, medio e basso Tirreno ed è il solo sparide (conosciuto come «daurade» e «red sea bream») frequente nei mari dell'Eu-

ropa settentrionale (TORTONESE, 1975). Nella nostra zona di studio (Stretto di Messina) la si riscontra su fondali sabbiosi o fangosi in prossimità della costa nel primo anno di vita mentre gli adulti si spostano a profondità maggiori ma sempre con una tendenza fortemente gregaria. È di ottimo pregio alimentare e per questo apprezzata su quasi tutti i mercati, specie meridionali, dove raggiunge alti valori commerciali.

## Materiali e metodi

Il reperimento di novellarne naturale nella stagione estiva (luglio-agosto '86) ha consentito, dopo una fase di stabulazione e di preingrasso, di effettuare su due lotti, di 150 esemplari ciascuno, una sperimentazione a lungo periodo (7 mesi) presso l'impianto di acquacoltura dell'Istituto Talassografico del CNR di Messina. I bacini di allevamento (settori circolari da 12 m<sup>2</sup>) erano alimentati con acqua di mare a circuito aperto con due ricambi giornalieri e senza aerazione forzata.

Le due prove, a parità delle altre condizioni sperimentali, si differenziavano per il regime dietetico adottato. Il primo gruppo (lotto A) veniva alimentato con un mangime composto integrato della Hendrix S.p.A, (dieta A, Tab. 1). Date le abitudini prettamente bentoniche del *P. bogaraveo*, la razione giornaliera, fissata al 5% della biomassa della popolazione, è stata somministrata sotto forma di pellets secchi affondanti.

Il secondo gruppo (lotto B) era alimentato invece con un pastone umido sperimentale (dieta B, Tab. 1) in razioni giornaliere pari al 20% della biomassa. Nella formulazione della dieta umida sono stati utilizzati sottoprodotti della pesca secondo una composizione modificata qualitativamente e quantitativamente rispetto all'alimento impiegato in prove precedenti su *Puntazzo puntazzo* e *Diplodus vulgaris* (FARANDA *et al.*, 1983a), *Pagellus acarne* (FARANDA *et al.*, 1983b). L'alimento, ottenuto mediante miscelazione e successiva triturazione dei componenti la dieta, era confezionato, senza uso di leganti, in buste di plastica e congelato a - 28°C. Si è inoltre ritenuto opportuno, in sede di somministrazione giornaliera, bilanciare tale dieta con una miscela vitaminica e minerale (Tab. 1) che compensasse le eventuali perdite dovute alla manipolazione e stoccaggio ed integrasse l'alimento con fattori di crescita accertati (GOTTARDI, 1980).

All'inizio della prova sperimentale e, successivamente, con periodicità mensile i rilevamenti ponderali sono stati effettuati su un campione randomizzato, pari al 20% di ogni lotto (30 esemplari). In funzione degli accrescimenti rilevati venivano proporzionalmente modificate le razioni alimentari.

## Risultati

I valori dei parametri fisici e chimici nell'acqua delle vasche hanno oscillato in funzione del periodo stagionale senza rivelare situazioni di alterazione

**Tab. 1** - *Composizione delle diete sperimentali.*

Dieta A: *Farina di pesce, farina di aringhe, farina di sangue, solubili di pesce essiccato, solubili di distilleria essiccati, amido pregelatinizzato di frumento, farina di soia, farina di carne, farinaccio di grano, olio di pesce, lecitina di soia, fosfato bicalcico biidrato.*

Dieta B: *accinghe (50%), sarde (25%), cefalotorace di gambero (25%).*

**INTEGRAZIONE VITAMINICO-MINERALE**

	Dieta A	Dieta B
Vit. A	36000,00 U.I./kg	6000,00 U.I./kg
Vit. D3	2000,00 »	400,00 »
Vit. K3	/ »	1,00 mg/kg
Vit. E	240,00 mg/kg	10,00 mg/kg
Vit. B1	68,00 »	5,00 »
Vit. B2	64,00 »	5,00 »
Vit. B6	40,00 »	1,00 »
Vit. PP	440,00 »	200,00 »
Ac. D-pant	128,00 »	5,00 »
Ac. folico	5,00 »	0,50 »
Vit. H	0,40 »	0,03 »
Colina	2000,00 »	/ »
Vit. B12	0,04 »	0,01 »
Vit. C	/ »	50,00 »
Mn	16,00 mg/kg	7,50 mg/kg
Fe	16,00 »	7,50 »
Zn	20,00 »	7,50 »
Cu	3,00 »	0,75 »
Co	0,55 »	0,07 »
I	0,60 »	0,75 »
Se	0,10 »	/ »
Ca	/ »	2,56 »
P	/ »	1,95 »
Na	/ »	1,44 »
Mg	/ »	0,14 »

dell'ambiente di allevamento rispetto a quello naturale. La temperatura, ad esempio, ha avuto limiti estremi di 13,7°C e 25,3°C con una escursione tipica della zona di mare antistante l'impianto sperimentale.

Non è stata registrata alcuna mortalità per l'intera durata della prova.

In Fig. 1 sono rappresentati i valori del peso medio raggiunto nei due lotti durante il periodo sperimentale, con indicazione dei limiti fiduciali per  $P < 0,05$ .

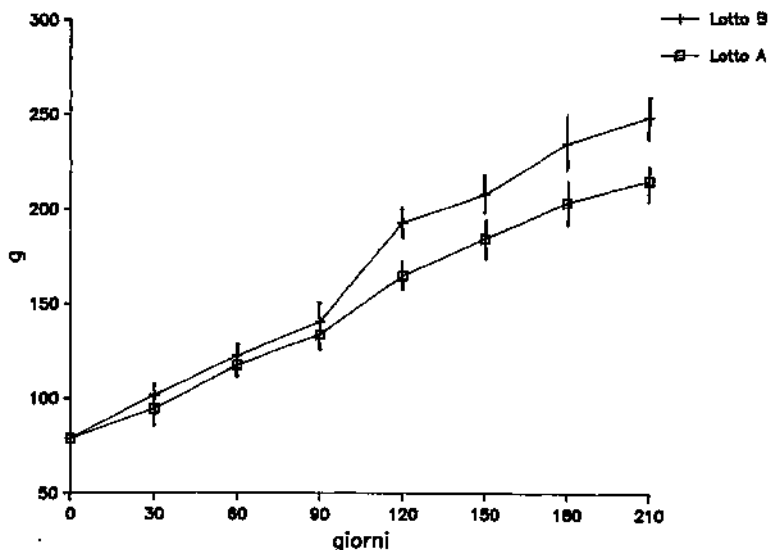


Fig. 1 - Tasso di crescita in *Pagellus bogaraveo*.

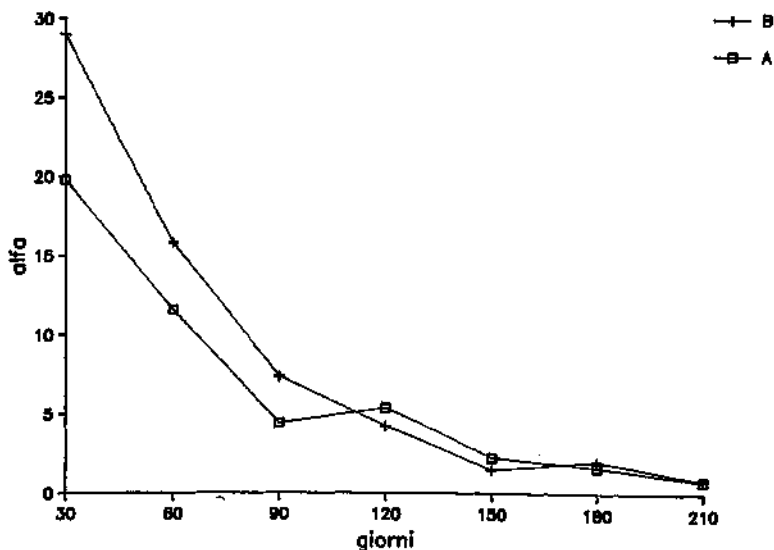


Fig. 2 - Coefficiente di crescita specifica.

Si mette in evidenza come già a 120 gg. le differenze tra i pesi medi risultano significative.

La rappresentazione di Fig. 2 consente di comparare i ritmi di crescita dei due lotti e di notare come il lotto B nei primi rilevamenti ponderali abbia un valore più alto del lotto A. Da maggio in poi, invece, l'andamento delle due curve si approssima ad un valore comune, dimostrando come, a prescindere

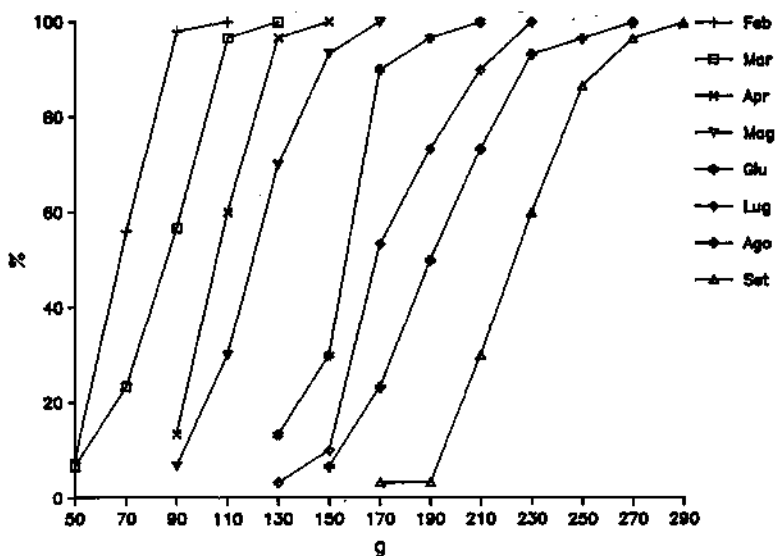


Fig. 3 - Lotto A: Distribuzione in classi di peso.

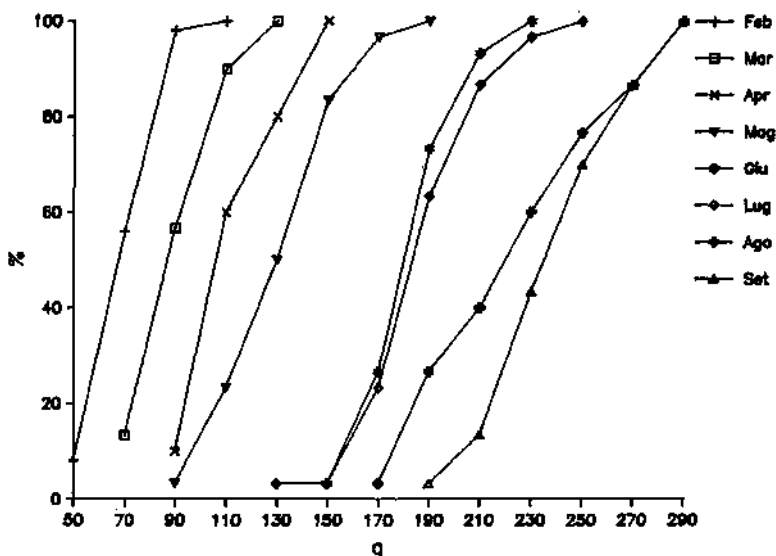


Fig. 4 - Lotto B: Distribuzione in classi di peso.



dalle già evidenziate differenze significative di crescita, le due diete rivelino uguale appetibilità.

Nelle curve cumulate di frequenza percentuale in classi di peso di Fig. 3 e 4, pur con le differenze nelle distribuzioni delle due popolazioni, si nota intanto una generale omogeneità di crescita individuale senza che le taglie estreme influiscano eccessivamente sullo spostamento del valore medio legato alla maggioranza del gruppo. Un altro fenomeno da sottolineare è che in tutti e due i lotti, nelle ultime pesate, la distribuzione individuale non si è modificata in maniera significativa.

Questo dimostra come già a 180 giorni la specie in esame possa raggiungere la taglia commerciale ed induce a ritenere non conveniente proseguire gli accrescimenti oltre tale periodo.

### **Discussione e conclusioni**

Con l'integrazione vitaminica nel pastone umido si è intanto voluto prevenire una deficienza di tiamina indotta dalla somministrazione di pesci crudi; nei visceri di questi sembra infatti che sia presente un' antivitaminasi, la tiaminasi, in grado di distruggere la maggior parte di vitamina  $B_1$  della dieta (GHITTINO, 1983). Mentre per la prevenzione delle sindromi anemiche è stata affidata al menadione (vit.  $K_3$ ) ed all'acido folico (HALVER, 1978). L'osservazione autopistica, e quella istologica ancora in corso, hanno infatti rivelato la presenza non casuale di focolai emorragici nel fegato dei soggetti alimentati con mangime secco.

Inoltre la presenza dell'acido ascorbico nella miscela umida, ben noto quale fattore antistress e di promozione della velocità di sintesi proteica, può aver contribuito a differenziare i risultati ottenuti (LOHMANN, 1987).

Nell'integrazione minerale, effettuata anch'essa per evitare carenze e squilibri, si è tenuta presente la scarsa biodisponibilità, nei confronti degli utilizzatori, dei macro e microelementi contenuti negli ingredienti della dieta (WATANABE, 1984). Si è quindi posta particolare attenzione all'equilibrio calcio/fosforo, quest'ultimo scelto nella forma più solubile, ed alla presenza degli oligoelementi necessari quali attivatori enzimatici per i diversi processi metabolici (CHOW, 1978).

I risultati legati al regime trofico obbligato rendono necessarie più approfondite e diversificate ricerche sui fabbisogni alimentari per ciascuna specie allevata.

L'accentuato ritmo di crescita insieme alla buona adattabilità all'ambiente segregato ed alla tolleranza ai fattori di stress, inducono infine a ritenere questa specie una delle più idonee per l'acquacoltura intensiva, avendo verificato inoltre su di essa gli effetti positivi di opportuni integratori alimentari sull'incremento della resa produttiva finale e sulla qualità delle carni.

## Summary

*The development of applied research in aquaculture requires particular attention to feeding techniques in intensive rearing. The feed must therefore be formulated in such a way as to satisfy the nourishment needs of the species reared, above all in terms of proteins, lipids, vitamins and minerals.*

*We studied the effects of two experimental diets on the growth of *Pagellus bogaraveo*. This species is present in numerous stocks in the Ligurian Sea and middle and low Tyrrhenian Sea and is frequent in northern European seas. In our study zone (Straits of Messina) it is found in sandy or muddy bottoms. It is of good nourishment value and has a high commercial value. Fry caught in summer were divided into two groups of 150, transferred to tanks and prefattened. The first group (group A) were fed on compound integrated dry feed, while group B received an experimental moist mash made up of fish by-products supplemented by a vitamin and mineral mixture. Both groups were studied for 210 days. Physical and chemical parameters showed that environmental rearing conditions in the tanks were similar to those in natural conditions. No specimen died during the observation period. Our study shows that the species examined can reach commercial size after only 180 days on the regimes tested. However, further studies are required to ascertain the nourishment needs of each species reared. The enhanced rhythm of growth, the good adaptability to the segregated environment and tolerance to stress factors, together with the positive effect of appropriate feed supplement on productive yield and on the quality of the flesh, indicate that *P. bogaraveo* is one of the most suitable species for intensive aquaculture.*

## Bibliografia

- CHOW K.W. (1978) - The minerals. In: *Fish feed technology*. FAO/UNDP Training course (9/10-11/12), College of Fisheries, University of Washington, Seattle.
- FARANDA F., CAVALIERE A., LO PARO G., MANGANARO A. (1983a) - Accrescimento di *Puntazzo puntazzo* e *Diplodus vulgaris*. Comparazione di due diverse diete. *Mem. Biol. Mar. Ocean.*, XIII: 37-53.
- FARANDA F., CAVALIERE A., LO PARO G., MANGANARO A. (1983b) - Accrescimento di *Pagellus acarne* alimentato con due diverse diete. *Mem. Biol. mar. Ocean.*, XII: 55-63.
- GHITINO P. (1983) - Tecnologia e patologia in acquacoltura. Vol. 1, E. Bono, Torino, pp. 532.
- GOTTARDI G. (1980) - Composizione dei mangimi del commercio per le specie ittiche. *Informatore zootecnico*, 2.
- HALVER T. (1978) - The vitamins. In: *Fish feed technology*. FAO/UNDP Training course (9/10-11/12), College of Fisheries, University of Washington, Seattle.

LOHMANN (1987) - Nutrizione del pesce: la vitamina C. *Informatore zootecnico*, 15/16.

SAROGLIA M. (1983) - Allevamento di spigola e orata. In: *Acquacoltura*, E. Tibaldi (ed.): 234. CLESAV.

TORIONESE E. (1975) - Fauna d'Italia. Osteichthyes (Pesci ossei). Parte II. Calderini, Bologna.

WATANABE T. (1984) - Mangimi per pesce e loro qualità. Il salone internazionale dell'acquacoltura (Verona, 11-14 ottobre).

A. LAZZARI\*

G. BARBERA\*\*

\* Laboratorio di Acquacoltura, Dipartimento Tecab, ENEA  
S.P. Anguillarese 301, 00060 Roma (Italia)

\*\* Italittica Marsala, Lungomare Mediterraneo, 91025 Marsala (TP) (Italia)

## **PRIME OSSERVAZIONI SULLA PESCA DI RIPRODUTTORI DI RICCIOLA, *SERIOLA DUMERILII*, NELLE ISOLE PELAGIE**

### **Abstract**

Fishing of yellowtail, *Seriola dumerilii*, spawners

*In May 1987 a study site was created in the Pelagic Islands for the rearing of yellow-tails, *Seriola dumerilii*. Fishing of spawners began in the first days of June and lasted until the middle of July, with satisfactory results. Interesting information was obtained about the behaviour of the species in the spawning period and about the possibility of handling the sexual products of these big fish.*

**Key-words:** Yellowtail, *Seriola dumerilii*, spawners, fishing, reproduction.

### **Introduzione**

Nel 1984 sono state avviate le ricerche tese a valutare l'allevabilità della ricciola mediterranea, *Seriola dumerilii* (Risso, 1810).

I risultati ottenuti nella fase di ingrasso di questa specie nel corso degli ultimi anni ci hanno permesso di guardare con ottimismo al futuro della ricciola come specie ittica pregiata di possibile allevamento.

Dopo i buoni risultati ottenuti sia con l'allevamento in gabbie (GIOVANARDI *et al.*, 1984) che in vasche di cemento (LAZZARI & BARBERA, 1987), si può affermare che la fase d'ingrasso della ricciola, vista in un'ottica produttiva, non dovrebbe riservare sorprese.

I valori da noi ottenuti sulla crescita in peso degli animali in vasche di cemento (circa 1,2 kg/anno) con densità sperimentali intorno ai 2 kg/metro cubo, sono stati riscontrati inoltre da altri Autori (RENONES, comunicazione personale).

Le sporadiche patologie osservate nel corso degli anni e l'adattamento ad una dieta monospecifica costituita da pesce di basso valore commerciale, *Tra-*

*churus trachurus*, hanno in parte contribuito a dimostrare la rusticità della specie e la buona risposta alle manipolazioni.

Purtroppo invece ancora pochissimo è noto sulla biologia della ricciola, sul suo comportamento nella stagione riproduttiva, sulle aree di riproduzione e di migrazione degli stadi giovanili (SANZO, 1933). Inoltre, non è mai stato finora osservato il comportamento della ricciola in periodo riproduttivo né sono mai stati manipolati adulti con diversi stadi di sviluppo delle gonadi.

Gli obiettivi della campagna di pesca dei riproduttori di ricciola erano:

1 - osservare il tipo di alimentazione in mare attraverso i contenuti stomacali degli adulti nel periodo riproduttivo per poter formulare in seguito diete specifiche per l'allevamento;

2 - verificare la presenza di stocks in riproduzione nelle isole Pelagie e quantificarne la presenza in quanto malgrado le isole siano una delle più consistenti aree di pesca italiane della ricciola, soffrono di scollegamenti con gli organi di informazione della Pesca Marittima;

3 - approfondire alcune conoscenze sulla biologia della specie e acquisire manualità con esemplari adulti di ricciola in epoca riproduttiva perché se si pensa di rendere economicamente possibile l'allevamento a scopo commerciale della specie, si deve ricorrere alle tecniche di riproduzione controllata, le sole capaci di fornire un numero sufficiente di giovani esemplari di ricciola. Finora, infatti, tutte le prove sperimentali di allevamento della ricciola sono state condotte catturando con diversi sistemi di pesca (nasse e reti) gli stadi giovanili in mare aperto. Questa pratica, però, non permette di disporre di notevoli quantità di seme perché nei nostri mari sono stati finora osservati significativi fenomeni di aggregazione di pesce novello di ricciola.

## Materiali e metodi

Per la campagna di pesca ci siamo avvalsi di una base operativa che è stata installata nelle isole Pelagie (Lampedusa, Linosa e Lampione) dal mese di maggio al mese di luglio 1987. La base constava di un'unità mobile attrezzata per il trasporto di pesci e uova e di un laboratorio a terra nell'isola di Lampedusa, attrezzato con una vasca da 400 litri in PVC con sistema filtrante a ciclo chiuso da 400 l/h e di un piccolo laboratorio chimico per alcune delle analisi da effettuare nel corso dell'esperienza sul posto.

Parte del materiale biologico prelevato è stato preparato in zona mentre alcuni preparati sono stati inviati a centri di ricerca per l'analisi istologica.

### *Sistemi di Pesca*

La pesca in mare è stata condotta con n° 6 pescherecci da 40 tonnellate di stazza lorda ciascuno armato con rete a circuizione o cianciole lunga circa 400 metri, simile a quella per pesce azzurro ma di dimensioni maggiori.

La tecnica di pesca è basata sull'avvistamento in giornate di calma di vento, delle ricciole in epoca riproduttiva. Avvistato il branco di ricciole si mette in mare un segnale galleggiante e successivamente un barchino con due marinai a bordo. Dalla piccola imbarcazione viene calato ad una profondità di circa 6 metri, un polpo di circa 2 kg agganciato ad una polpara che servirà, una volta avvicinato il branco, a stimolarne la curiosità e a farlo rimanere nei paraggi. Una volta che dal barchino viene dato il segnale che il branco è sotto la rete, il motopeschereccio cala velocemente la rete fino a chiudere le ricciole nel mezzo. Il verricello di bordo inizia a salpare dalle due estremità della rete il cavo di acciaio che, attraverso gli anelli, chiude così il fondo delle rete dalla parte inferiore, mentre da quella superiore, a prua a poppa, gli uomini iniziano a tirare la rete a bordo.

Per la pesca sotto costa, invece, si sono utilizzate due reti fisse o da posta lunghe 80 metri e alte 20, con maglie da 100 mm nella zona superiore, mentre 1/3 della zona inferiore era costituita da un tramaglio o bardato. La rete era posizionata ad uncino o « invito » in prossimità della zona di passo, in modo tale che le ricciole, una volta entrate, rimanevano impigliate nel tramaglio. Le ricciole adulte pescate con i due sistemi, venivano contate, divise per taglia e sesso, si rilevavano i dati biometrici, il peso delle gonadi femminili e maschili, i contenuti stomacali e si prelevava in alcuni casi l'ipofisi, le otoliti e le squame più interne dalla linea laterale. Il prelievo del materiale seminale delle ricciole delle gonadi femminili e maschili è avvenuto sempre nelle medesime barche da pesca.

I pesci sono stati aperti e con cura prelevate le gonadi, pesate e controllate per lo stadio di maturazione. Le gonadi che presentavano uova mature venivano delicatamente spremute in un recipiente da 15 litri con acqua di mare nel quale erano stati precedentemente immessi gli spermatozoi prelevati dalle gonadi maschili più fluenti in rapporto 1:10 a favore delle uova per non schiumare troppo la soluzione. Il ricambio dell'acqua nel recipiente era effettuato con pompa ad immersione e filtro da 250  $\mu$ . Dopo averli lavati, le uova e gli spermatozoi venivano poi delicatamente miscelati e immessi in buste di polietilene da 10 litri e conservati in scatole di polistirolo in presenza di ghiaccio per mantenere la temperatura fino all'arrivo a terra.

Una volta giunti a terra, sezioni di gonadi sono state osservate al microscopio ottico, fissate con Etanolo assoluto e/o con Formalina al 4%, le ipofisi disidratate in Acetone puro, le squame lavate ed immerse in una soluzione in presenza di KCl per 5', passate in acqua distillata e conservate per l'osservazione. Le uova sono state contate con la seguente metodica:  $n^{\circ}$  di uova = Vol. Totale uova x  $n^{\circ}$  uova contate/volume uova contate.

## **Risultati**

Il periodo di emissione di uova e spermatozoi della ricciola, individuato da precedenti Autori (SANZO, 1933), a partire dal mese di maggio fino a tutto giugno,

coincide con le osservazioni da noi fatte sui luoghi di pesca. Noi abbiamo osservato i primi animali in fase di avanzata maturazione nei primi giorni di giugno e fino alla metà di luglio abbiamo pescato ricciole mature.

Le uscite in mare con le barche da pesca sono iniziate il 20 maggio ma fino al 3 giugno non si sono avute catture perché i branchi di ricciole si mantenevano ed erano avvistati in acqua ad una profondità di circa 20 metri. Questo comportamento, che è caratteristico di animali non completamente maturi, lo si è potuto osservare anche in animali maturi quando si portano sottocosta e difficilmente si avvicinano alla superficie rimanendo spesso impigliati nel tramaglio delle reti da posta.

Con l'aumento della temperatura esterna ed il riscaldamento degli strati superficiali di acqua (Fig. 1) le ricciole si sono avvicinate alla superficie ed è iniziato il periodo di emissione.

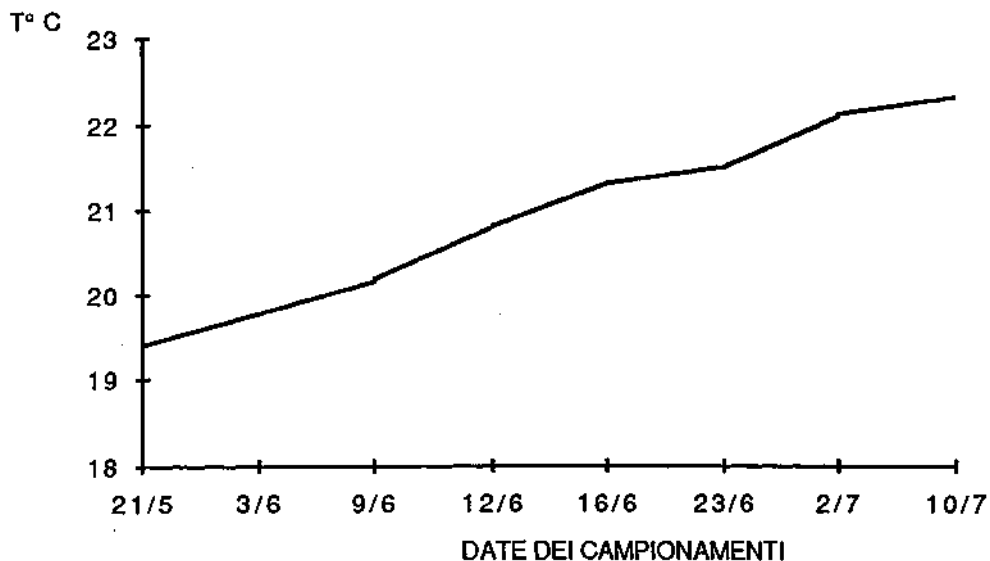


Fig. 1 - Temperature dello strato superficiale dell'acqua nel periodo maggio-luglio 1987.

È quindi confermato che per la maturazione completa e l'emissione di uova e spermatozoi sia necessario elevare la temperatura corporea degli animali, processo che le ricciole favoriscono portandosi in superficie nelle calde giornate di tarda primavera - inizio estate. Come si nota dalla tabella dell'andamento del pescato (Fig. 2), prima della metà del mese di giugno si sono iniziate ad avere catture di animali in taglia riproduttiva con temperature in acqua di circa 20 °C. In coincidenza dell'innalzamento della temperatura a circa 21,3 °C a fine giugno (Fig. 3), il comportamento degli animali è sostanzialmente cambiato: infatti le ricciole non si incontravano mai isolate ma sempre in un nutrito gruppo in superficie. All'avvicinarsi delle imbarcazioni non si mostravano spaventate ma piuttosto, debilitate dallo stress riproduttivo. In questo periodo si sono verificate le prime pescate sottocosta (sia con reti da posta che con il ciancuolo).

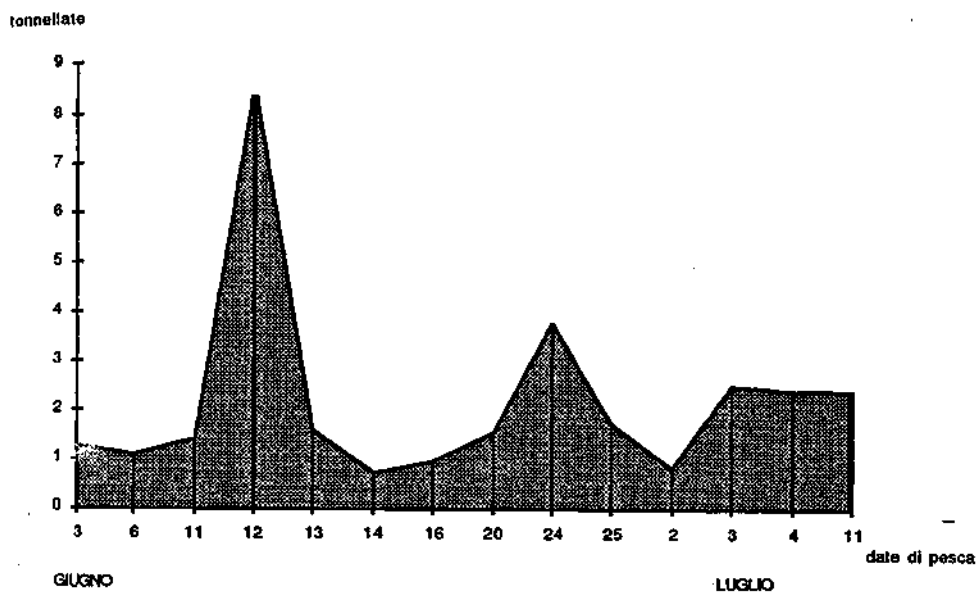


Fig. 2 - Andamento del pescato di Ricciole, *Seriola dumerilii*, in taglia riproduttiva, fornito da N. 6 motopescherecci e da n. 2 tramagli (totale del pescato kg. 30.143).

Con le prime pesche nel mese di giugno si è avuto a disposizione un notevole numero di animali in fase di maturazione ma, mentre solo una esigua percentuale di femmine aveva uova mature (Fig. 3), quasi tutti i maschi erano fluenti.

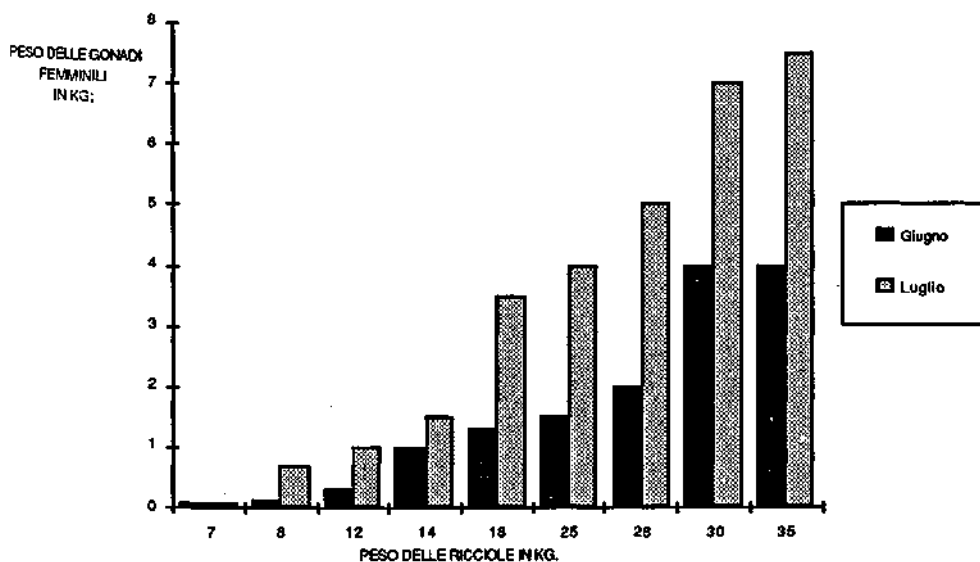


Fig. 3 - Relazione tra il peso della gonade femminile e la taglia delle Ricciole, *Seriola dumerilii*, in periodo riproduttivo.



In seguito all'osservazione dei contenuti stomacali delle ricciole, possiamo dire che in periodo di riproduzione l'alimentazione è prevalentemente a base di cefalopodi delle specie *Loligo vulgaris* e sgombri delle specie *Scomber scombrus*.

Si può notare che, se l'alimentazione contribuisce alla comparsa o meno di una popolazione, le zone di pesca delle ricciole sono molto ricche di calamari e di sgombri nel periodo estivo. In precedenza avevamo visto come le ricciole in allevamento si adattavano bene a pesce di basso valore commerciale come i *Trachurus trachurus* ma, da quanto abbiamo potuto osservare durante la campagna di pesca di quest'anno, questi pesci non sembrano far parte della dieta delle ricciole, in mare almeno nel periodo riproduttivo.

Già nelle prime pescate abbiamo osservato che sia i maschi che le femmine, a partire dal peso di 8-10 kg, iniziano a presentare organi sessuali sviluppati con una percentuale di circa il 70% di animali maturi (Fig. 3).

La taglia di prima riproduzione della ricciola sembra identificata in animali di circa 8-10 kg, ma mentre tutti i maschi osservati di tale taglia presentavano gonadi mature e fluenti, non tutte le femmine presentavano ovaie mature.

Abbiamo potuto osservare in animali di circa 12 kg che la gonade riesce a maturare il 90% delle uova, mentre in animali più grandi la percentuale di maturazione delle uova è minore. In animali da 37 kg solo circa il 50% delle uova riesce a raggiungere la maturazione. La gonade di femmine di 8-10 kg, che ai primi di giugno pesava appena 100-150 grammi, nel mese di luglio inoltrato raggiungeva il peso di circa 800 grammi (Fig. 3). Ricciole di 10-12 kg presentavano le gonadi migliori con circa 1,0 kg di uova buone al 100% pari a circa 800.000 uova, quelle di 18-20 kg avevano gonadi di circa 4 kg con un 70% di uova buone e animali di taglia maggiore (30-35 kg) avevano una percentuale di uova buone del 60%.

Le uova a maturazione ultimata si presentavano sferiche, galleggianti e trasparenti con un diametro di circa 1,1 mm e una goccia oleosa incolore del diametro di circa 0,3 mm che copriva circa 1/3 del volume dell'uovo.

Nell'intera campagna di pesca, abbiamo osservato un rapporto sessi a favore dei maschi per il 55% e per le femmine del 45% (Fig. 4).

In molte occasioni abbiamo osservato fecondazione dell'uovo e vari stadi di segmentazione che comunque non hanno mai portato alla formazione di un embrione maturo. Questo è dovuto, riteniamo, all'elevato stress sopportato dalle uova dal momento del prelievo all'arrivo a terra, all'inadeguatezza dei sistemi di trasporto di cui disponevamo in barca ed alla lontananza dei luoghi di pesca dalla base operativa.

## Conclusioni

L'approccio della campagna di pesca di riproduttori di ricciola, ci ha permesso di verificare alcuni dei dati ottenuti nei due anni di allevamento delle ricciole in vasche (LAZZARI & BARBERA, 1987) e di arricchire le conoscenze biologiche sulla specie.

Dalle osservazioni sulle classi di età del pescato, si può notare che l'accrescimento in peso osservato in allevamento, alle densità mantenute nei bacini (2,0 kg/mc), è presumibilmente riconducibile alla crescita fisiologica in mare. Possiamo ora ritenere tali densità ottimali per la stabulazione dei riproduttori di ricciola in allevamento.

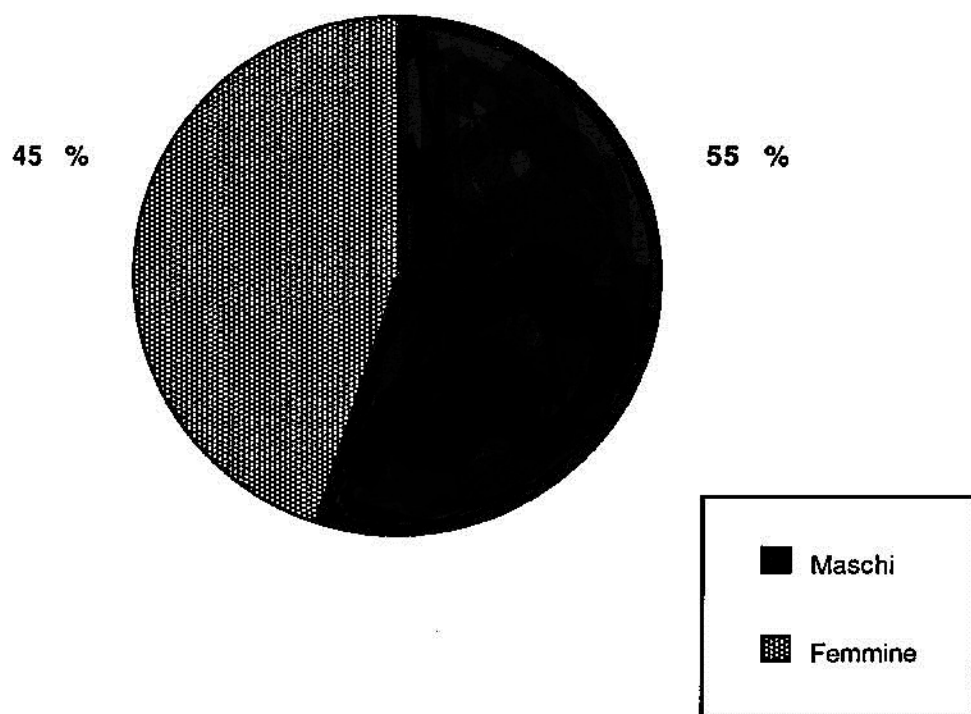


Fig. 4 - Rapporto tra i sessi in riproduttori di Ricciola, *Seriola dumerili*, pescati in mare.

Dalla campagna di pesca è emerso con sicurezza che la zona che abbiamo preso in esame è effettivamente una delle più consistenti aree di riproduzione della specie del Mediterraneo sud-occidentale e con la prossima campagna di Pesca si potrà probabilmente approssimare la consistenza degli stocks di ricciole che si riproducono nell'area delle isole Pelagie.

Tutte le informazioni che sono state raccolte sulle gonadi (in particolare quelle femminili) relative alle percentuali di maturazione rispetto alla taglia dell'animale, sono chiaramente da verificare nuovamente nella prossima stagione di riproduzione su numeri significativi di ricciole adulte.

Significative ai fini dell'allevamento e utili per l'alimentazione degli adulti in cattività, sono le informazioni ottenute sul tipo di dieta durante il periodo riproduttivo e sulla taglia di prima riproduzione.

Grande attenzione dovrà essere rivolta in futuro ai meccanismi che sovrain-tendono alla maturazione degli organi sessuali e alla messa a punto di affidabili tecniche di riproduzione controllata.

Dato l'esiguo tempo con cui è stata organizzata la campagna di pesca, notevoli sono state le difficoltà incontrate dovute soprattutto alla precarietà dei mezzi reperibili in quelle zone, nonché alla mancanza di un adeguato sistema di mantenimento del materiale seminale a bordo dei motopescherecci. Riteniamo queste difficoltà organizzative sormontabili se affrontate con sufficiente anticipo e, per quanto riguarda il trasporto dei prodotti sessuali, è allo studio uno speciale contenitore refrigerato in grado di ospitare uova e spermi fino all'arrivo a terra.

### Summary

*At present, the aim of Mediterranean marine aquaculture is the production of commercially valuable species with fast growth rates and elevated resistance to handling.*

*The yellowtail *Seriola dumerilii*, a large pelagic species, has proved to be well suited for intensive rearing both in floating cages and enclosures. To avoid collections of wild fry, a program has been initiated for the study of the reproductive biology of this species.*

*To study the various phases of the maturation cycle of the females, mature adult specimens were collected in an area where the natural aggregation of this large fish occurs.*

*During the course of collections of adult specimens, insight has been obtained on the behaviour of yellowtails as well as preliminary information on the basic and fisheries biology of this species.*

### Bibliografia

GIOVANARDI O., MATTIOLI G., PICCINETTI C., SAMBUCCI G. (1984) - Prime esperienze sull'allevamento della Ricciola, *Seriola dumerilii*, in Italia. *Rivista Italiana di Piscicoltura ed Ittiopatologia*, 4: 123-130.

LAZZARI A., BARBERA G. (1987) - Farming the Mediterranean yellowtail, *Seriola dumerilii*, in concrete ponds; results and perspectives. *Proceedings of the International Conference on Aquaculture*, June 1987, Amsterdam (in stampa).

SANZO (1933) - Uova, larve e stadi giovanili di *Seriola dumerilii* (Risso 1810). *Memorie Regio Comitato Talassografico*. CCV II: 1-14.

D. LEVI \*

M.G. ANDREOLI \*\*

\* Istituto di Tecnologia della Pesca e del Pescato del CNR,  
Via Luigi Vaccara 61, 91026 Mazara del Vallo (Tp) (Italia)

\*\* Istituto di Istologia ed Embriologia dell'Università di Palermo  
Via Archirafi 20, 00123 Palermo (Italia)

## VALUTAZIONE APPROSSIMATA DELLE RISORSE DEMERSALI NEI MARI ITALIANI

### Abstract

Rough assessment of italian demersal resources

*Fishing effort data from 1959 to 1983 pooled into GFCM sub-zones were analyzed using Gulland's global model. The main results were compared with conclusions derived from standardized catch rates of 15 research units operating trawl-surveys all around Italy, twice a year, since spring 1985. The results were also compared with density indexes derived from the PESTAT program, a national catch and effort sampling project.*

**Key-words:** Stock assessment, global models, trawling surveys, Italy.

### Introduzione

Nel 1982 fu redatto lo studio LEVI & SPAGNOLO (1982) «Ricerche bio-economiche preliminari ai fini dell'elaborazione dello schema di piano preliminare negli interventi statali a favore della pesca marittima» inteso a fornire all'Amministrazione centrale della pesca italiana gli elementi per la preparazione del «piano preliminare» previsto dall'art. 35 della legge 17/2/82 n° 41 «Piano per la razionalizzazione e lo sviluppo della pesca marittima». Facevano parte di quello studio le analisi sullo stato delle risorse demersali dei mari italiani, condotte secondo una metodologia collaudata nei primi anni '70 nei gruppi di lavoro del CGPM (Consiglio Generale per la Pesca in Mediterraneo) della FAO. Sono qui state aggiornate tali analisi, che nel 1982 si fermavano all'anno 1979, conducendole sulle serie storiche ISTAT 1959-1983. Si sono volute paragonare le evidenze ricavate da tale analisi, con una sintesi dei rendimenti orari standardizzati di un certo gruppo di principali specie demersali ottenuti dalle 15 unità operative impegnate, dal 1985, su programmi di valutazione delle risorse demersali con metodi

diretti (trawling surveys) in tutti i mari italiani. Tale sintesi riveste anche un interesse in sé, consentendo per la prima volta di paragonare tra loro i rendimenti delle diverse unità operative.

## Materiali e metodi - A

Nella grande famiglia dei modelli di produzione detti globali, o semplici, o di cattura e sforzo, a seconda che se ne consideri, rispettivamente, l'espressione matematica (ove il rendimento è funzione della biomassa globale), la minore complessità rispetto ai modelli analitici, che si addentrano invece nell'analisi dei singoli parametri di una popolazione, o le variabili che essi utilizzano, i sette successivi gruppi di lavoro di valutazione delle risorse che sono stati riuniti dal CGPM presso la FAO fino al 1978, decisero di utilizzare il modello di GULLAND (1969). Ne apprezzarono infatti la semplicità e la comprensibilità matematica, ma anche l'approccio empirico nella scelta dell'ampiezza del «fishable lifespan» di cui considerare lo sforzo di pesca per correlarlo con gli indici di abbondanza annuale. Da considerazioni di «best fitting», infatti, emerse la scelta di considerare tale intervallo come approssimativamente uguale a tre anni per gli stocks demersali mediterranei. Lo stesso modello è stato utilizzato in questo studio. La delimitazione delle sottozone statistiche, tracciate in modo da comprendervi stocks unitari, sulla base di considerazioni oceanografiche e zoogeografiche, è pure stata mantenuta identica a quella adottata dal CGPM (Fig. 1). La Fig. 2 riassume le procedure adottate per l'elaborazione. Nelle serie ISTAT dei dati di produzione, si sono quindi individuati i compartimenti marittimi ed i litorali o le regioni e Province, le cui unità a strascico operassero in tali zone. I limiti di tale allocazione sono evidenti, nella misura in cui non si tiene conto di migrazioni stagionali di unità a strascico in sottozone diverse da quelle in cui gravita il porto-base. Qualche arbitrarietà è necessariamente insita nella percentuale di determinate specie demersali che è stata attribuita alla pesca a strascico. Ciò è avvenuto sulla base di considerazioni soggettive, non esistendo statistiche di produzione disaggregate per attrezzo. Sono inoltre stati impiegati i coefficienti di conversione da sbarchi a catture che dal 1970 l'ISTAT utilizza nel comunicare le proprie statistiche agli uffici statistici di EUROSTAT e FAO. Nelle serie ISTAT dei dati di naviglio, sono stati considerati come indici approssimativi dello sforzo di pesca (trattasi infatti di indici di «potere di cattura», non esistendo statistiche del tempo speso a pescare) i tonnellaggi di stazza lorda delle unità a strascico. Per quanto attiene all'«arco di vita media pescabile», si è visto che medie mobili di tre anni di tale indice approssimato di sforzo di pesca fornivano la migliore regressione esponenziale negativa con l'abbondanza apparente (cattura per TSL) dell'ultimo anno di ogni serie considerata nelle medie mobili stesse. Tale risultato conferma, come già detto, quanto deciso in sede GCPM. Tali dati sono sintetizzati in Tab. 1 per le sub-aree statistiche.

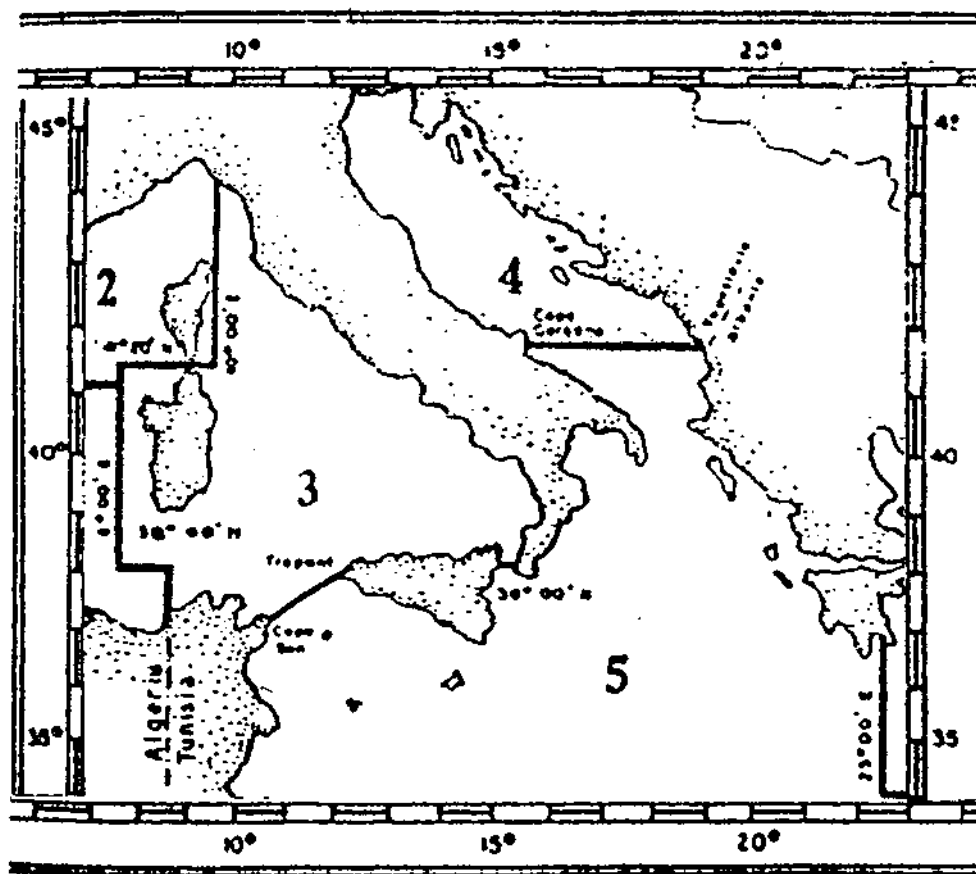


Fig. 1 - Sottozone CGPM-FAO.

### Risultati -A

Venendo all'analisi dei risultati, nella sub-area del Tirreno (37.3) (Fig. 3) l'intera serie storica di dati considerati sembra collocarsi oltre il Massimo Rendimento Sostenibile. Sembra infatti che uno sforzo ottimale, per la sub-area Tirrenica, si situi attorno alle 11.200 TSL a strascico, mentre già nel 1959 si era oltre le 18.000 TSL. Lo sforzo di pesca sembra essere oggi circa il doppio dello sforzo ottimale. Secondo la curva d'equilibrio, è interessante notare che con lo sforzo ottimale, che si situa come già detto a circa la metà di quello attuale, si pescerebbe il 18,5% circa in meno, non già la metà! Ma, come vedremo, il «peso» dell'overfishing è da attribuire soprattutto al litorale ligure, a un punto tale da prevalere sulle condizioni buone del litorale sardo o ottime di quello medio tirrenico. Nella notazione CGPM, la sub-area adriatica (37.4) (Fig. 4) si identifica con

l'Alto e Medio-Adriatico. Si è ritenuto di operare sulle due serie storiche di catture e corrispondenti medie mobili di «sforzo», tentando di fittare una relazione «a mano libera» attraverso i punti; ciò ha consentito di non perdere i massimi successivi (e calanti) che sono di evidenza palmare. Da due rette di

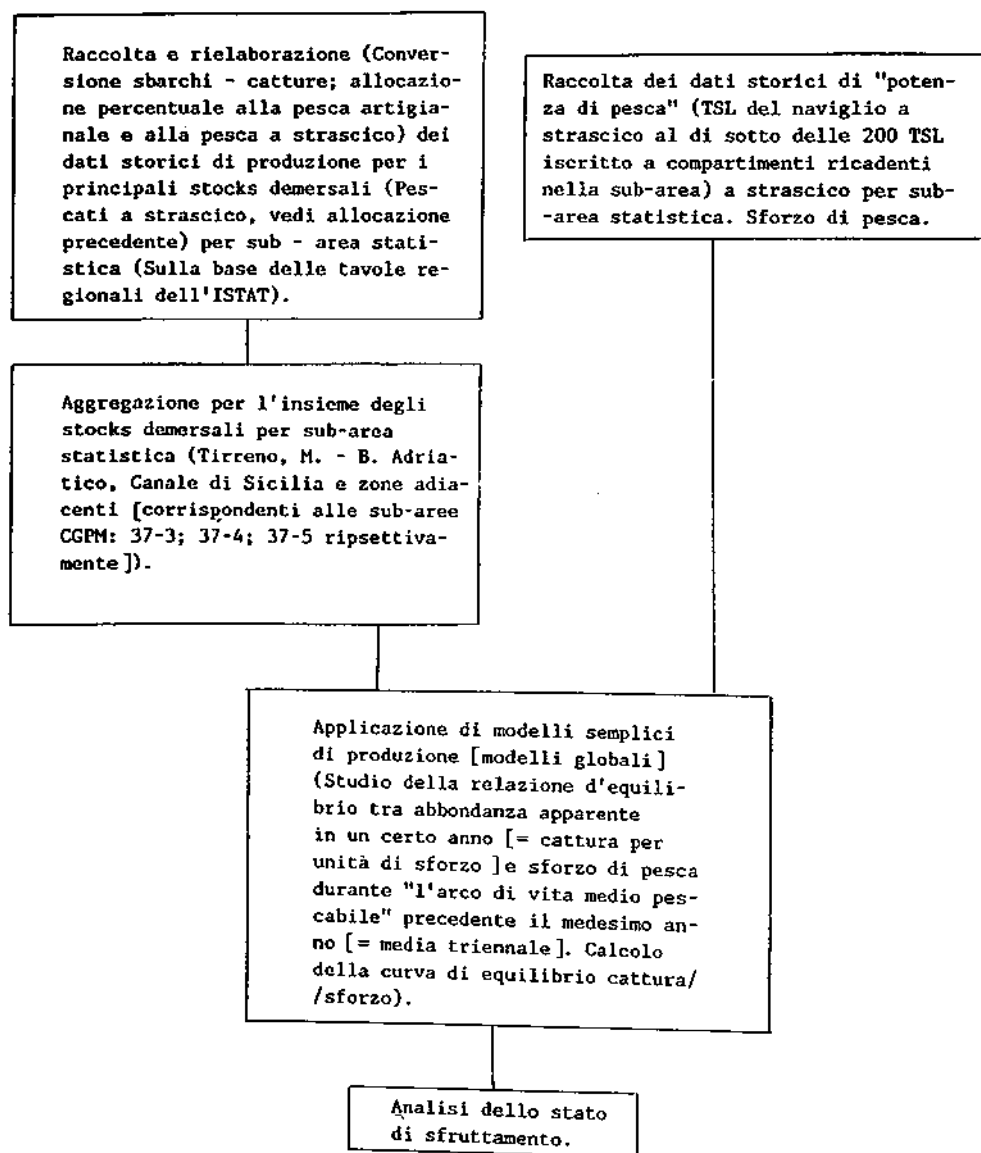


Fig. 2 - Schema delle procedure utilizzate per i modelli globali di Figure 3-5.

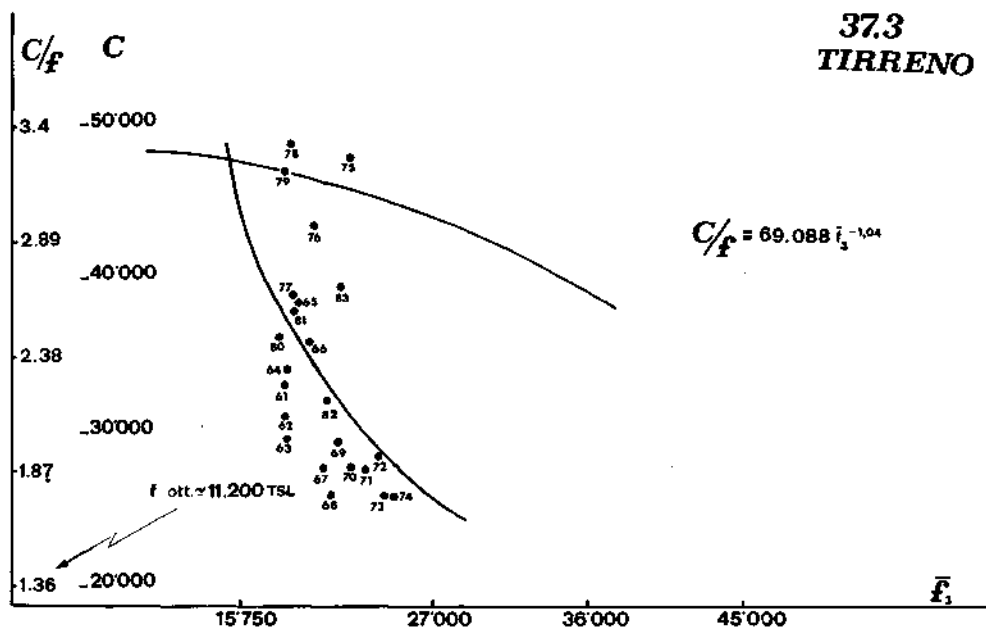


Fig. 3 - Modello globale (cattura di specie demersali e sforzi a strascico corrispondenti espressi come TSL) applicato alla sottozona 37.3 per gli anni 1959-1983.

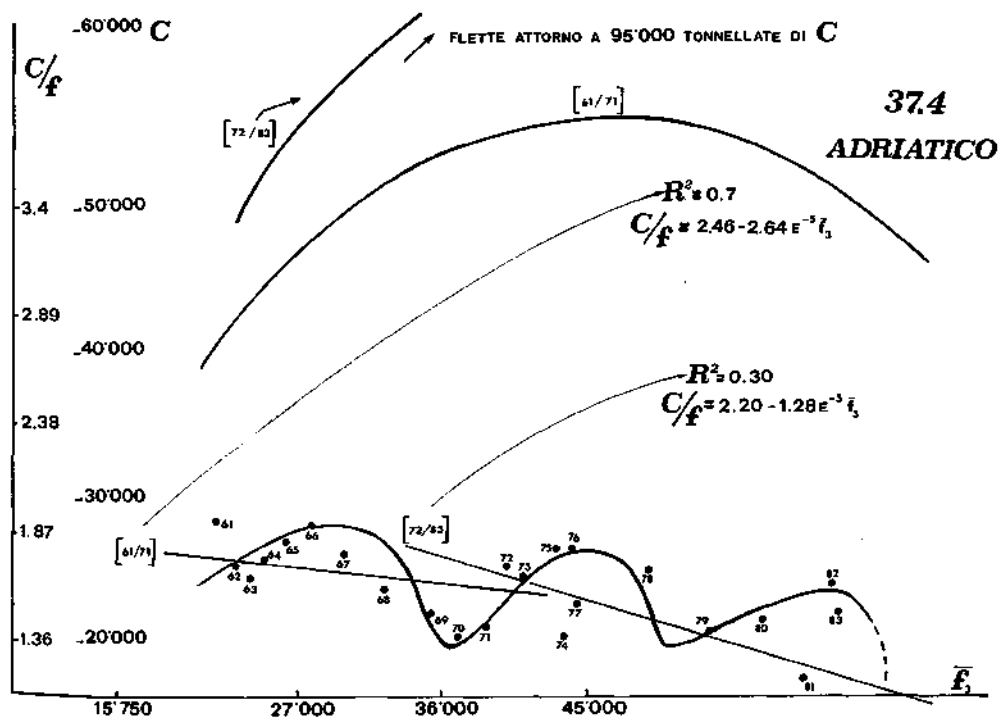


Fig. 4 - Modello globale (cattura di specie demersali e sforzi a strascico corrispondenti espressi come TSL) applicato alla sottozona 37.4 per gli anni 1959-1983.



Tab. 1 - Dati utilizzati per i modelli delle Figure 3-5. In parentesi: dati stimati.

Anni	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
37.3																									
Catch (Tons)	36276	36646	41345	38312	37069	44429	51673	50619	39892	38765	42928	44140	45433	47198	43872	42829	56104	55706	54373	58033	53703	48923	53082	47864	58896
Effort (GRT)	18334	18712	18330	18245	18508	19178	19811	20651	21225	22073	21421	23322	23977	24488	24757	24351	17335	(18871)	20402	17515	16861	19870	20504	22002	22002
Mean effort (3 years)			18292	18262	18361	18644	19166	19880	20562	21316	21573	22272	22907	23929	24407	24532	22148	20186	18871	18931	18261	18082	19078	20792	21502
C/f	198	201	226	210	200	232	261	245	188	176	200	189	189	193	177	176	324	(295)	266	331	319	246	259	218	268
37.4																									
Catch (Tons)	42396	42959	45171	41885	41889	44916	51353	56734	57177	56469	56023	54074	58183	70252	70146	67150	71369	80317	76661	89464	78875	86720	72068	99838	91912
Effort (GRT)	20458	21856	23388	24047	25299	25607	27943	29765	32180	35610	37496	38577	40562	40988	42159	47809	39725	(44572)	49420	52725	55969	59439	60505	61171	61171
Mean effort (3 years)			21901	23097	24245	24984	26283	27772	29963	32518	35095	37228	38878	40042	41236	43652	43231	44035	44572	48906	52705	56044	58638	60372	60949
C/f	207	197	193	174	166	175	184	191	178	159	149	140	143	171	166	140	180	(180)	155	170	141	146	119	163	150
37.5																									
Catch (Tons)	42182	43849	44828	42878	45925	48997	55176	61954	64491	60028	57593	59195	59207	65416	63555	68428	71950	74682	74486	67667	72351	80824	74220	70511	80723
Effort (GRT)	21445	22433	22820	23394	23683	24747	25450	26754	29543	32133	36679	39155	40500	42312	43263	47359	53990	(53562)	53134	57507	59723	61481	64529	66827	66827
Mean effort (3 years)			22233	22882	23299	23941	24627	25650	27249	29477	32785	35989	38778	40656	42025	44311	48204	51637	53562	54734	56788	59570	61911	64279	66061
C/f	197	195	196	183	144	198	217	232	218	187	157	151	146	155	147	144	133	139	140	118	121	131	115	106	121

regressione attraverso i punti 61/71 e 72/83, sarebbero derivate curve all'equilibrio del tutto simili (le equazioni di tali rette sono pure rappresentate nella Fig. 4). Un analogo andamento era stato riscontrato nello studio LEVI & SPAGNOLO (1982), che si fermava al 1979. Gli anni successivi sembrano aver individuato un terzo picco, a livello ancora inferiore. La spiegazione di tale andamento può trovarsi in successive stabilizzazioni del sistema attorno a stati di equilibrio successivi. In altre parole, gli stocks potrebbero reagire al crescente tasso di sfruttamento tendendo a ricostruire la biomassa «in surplus», ma con efficienza relativamente minore man mano che il tasso di sfruttamento stesso va aumentando. La curva di equilibrio «tra cattura e sforzo» ricavata dal primo tratto di curva di regressione tra indice d'abbondanza e «sforzo» medio, relativa agli anni 59/71, manifesta un livello di massima cattura sostenibile e di corrispondente sforzo ottimale, ben minore della curva ottenuta per i successivi anni 72/83. Gli incrementi di entrambe le grandezze sono analoghi. Le considerazioni gestionali che si ricavano da queste evidenze non possono prescindere da un'attenta analisi dei dati originali (Tab. 1). Si noterà allora che gli ultimi due anni della serie storica considerata presentano un «salto» in alto delle quantità catturate, a fronte di un incremento dello sforzo che è in linea con l'aumento degli anni precedenti. La conquista potrebbe essere quindi temporanea e fragile; prima di trarne conclusioni definitive, conviene valutare molto criticamente il risultato. Più oltre vedremo come una prima riflessione critica possa essere aiutata dai risultati dei trawling-surveys. Per quanto riguarda il Canale di Sicilia e zone adiacenti (sub-area 37.5) (Fig. 5), una produzione che negli ultimi cinque anni ha oscillato tra le 70.000 e le 80.000 tonnellate, ha superato di poco il massimo rendimento sostenibile. Per converso, una diminuzione dello «sforzo» di circa il 13% consentirebbe analogo livello di cattura ma, naturalmente, a costi proporzionalmente minori (LEVI, 1988).

## **Materiali e metodi - B**

Dalla primavera del 1985, quindici Unità Operative, elencate con i rispettivi responsabili e le relative aree di operazione nella Tab. 2, hanno condotto trawling-surveys con disegno stratificato (per fascia batimetrica) e allocazione delle cale casuale all'interno di ogni strato e proporzionale all'area. Le campagne sono state due all'anno, una primaverile ed una estivo-autunnale (la sola Unità Operativa del Canale di Sicilia ha effettuato quattro campagne stagionali all'anno). Sono stati presi in considerazione gli anni 1985 e 1986, per un totale di quattro campagne, con l'intento di paragonare i rendimenti di pesca. Per rendere comparabili i dati si sono innanzitutto individuate le specie comuni a tutte le UU.OO.. È stata scartata l'idea di paragonare i cosiddetti «rendimenti commerciali», cioè delle specie commercialmente importanti per ogni Unità Operativa. Le specie commercialmente importanti per tutte le UU.OO. sono infatti soltanto Merluzzi e Triglie; escluse le unità viciniori, tra le UU.OO. le specie

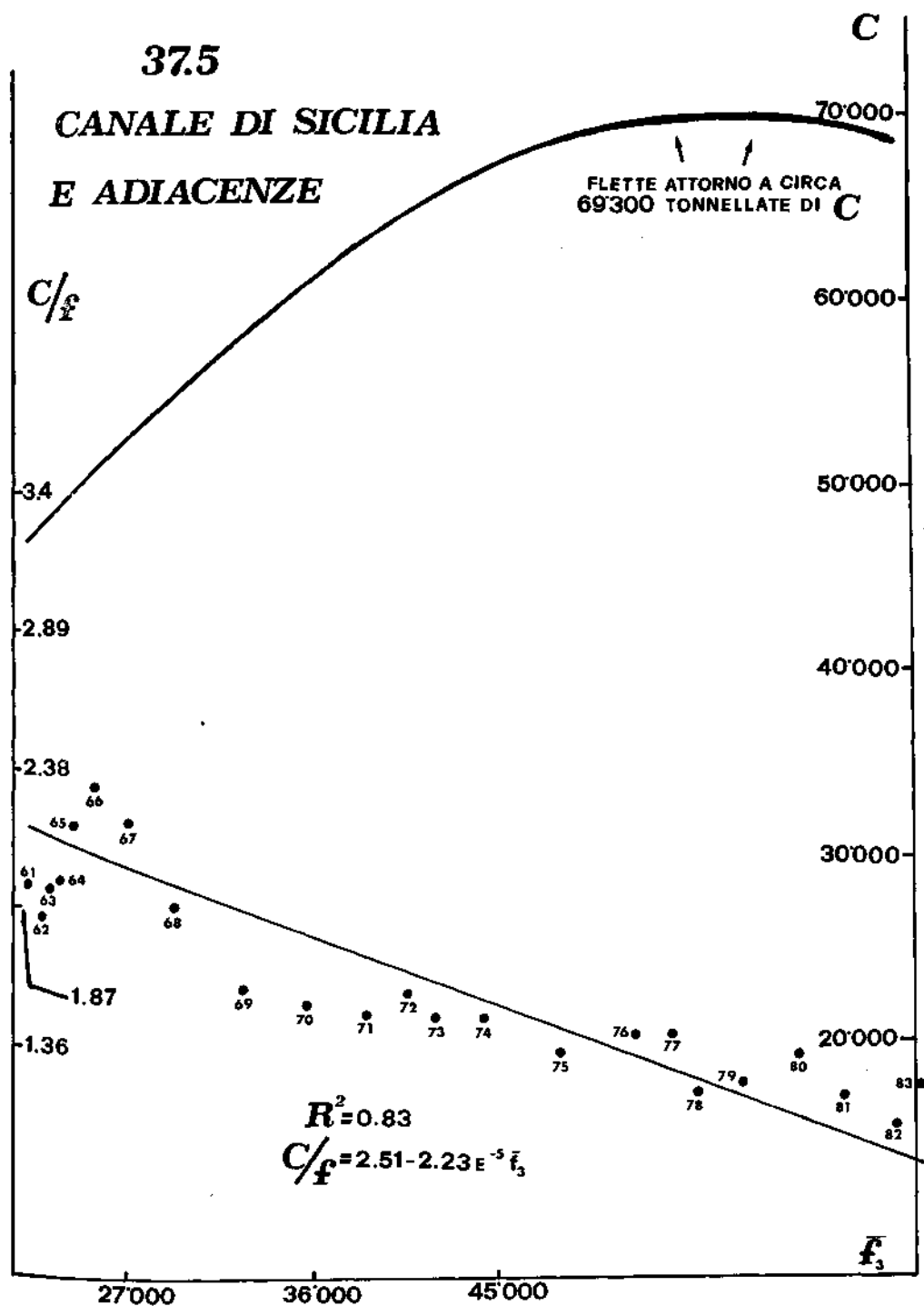


Fig. 5 - Modello globale (cattura di specie demersali e sforzi a strascico corrispondenti espressi come TSL) applicato alla sottozona 37.5 per gli anni 1959-1983.

Tab. 2 - Media dei rendimenti orari 4 campagne (= 2 anni: 85-86) (kg/h/hp) x 100.

Unità operativa e responsabile	HP	Zona interessata	M.m.	M.b.	M.s.	N.n.	P.l.	A.f.	E.m.
Repetto 1	200	Ventimiglia Cogoleto	0,38	0,28	0,18	0,06	0,001	0,01	0,04
Relini 2	279	Cogoleto Foce Magra	0,82	0,30	0,03	0,14	0,01	0,0005	0,02
Auteri 3	190	Foce Magra Isola d'Elba	2,04	1,12	0,15	0,31	0,07	0,002	0,65
De Ranieri 4	260 (Hp)	Isola d'Elba Isola Giannutri	1,95	0,54	0,09	0,29	0,20	0,02	0,09
Minervini 5	320	Isola Giannutri (Burano) Torvaianica	1,22	0,02	0,08	0,16	0,07	0,04	0,06
Ardizzone 6	415 (Hp)	Torvaianica Foci Garigliano	0,55	0,09	0,01	0,10	0,05	0,04	0,07
Spedicato 7	550	Foci Garigliano Capo Suvero	0,16	0,18	0,08	0,04	0,08	0,03	0,07
Faranda 8	300	Capo Suvero Capo Calavà	1,01	0,59	0,16	0,21	0,21	0,15	0,08
Cavaliere	300	Capo Calavà Capo Gallo	0,36	0,09	0,23	0,04	0,13	0,04	0,13
Cau 10	435,3 (Hp)	Tutta la Sardegna e parte Canale Sardegna	0,65	0,53	0,21	0,15	0,08	0,16	0,04
Riggio 11	110	Capo Gallo Capo S. Vito	0,73	0,40	0,10	0,19	0,21	0,08	0,05
Levi 12	1000	Metà italiana del Canale di Sicilia	0,63	0,12	0,08	0,09	0,09	0,09	0,07
Piccinetti 13	300	A. Adriatico M. Adriatico	0,71	0,21	0,001	0,26	0,01	/	0,76
Marano 14	200	B. Adriatico (da Vieste a Otranto)	1,06	0,12	/	0,09	0,01	0,003	Dato non disp.le
Tursi 15	220	Jonio (da Otranto a Spartivento)	0,99	0,46	0,13	0,06	0,45	0,24	0,05

diverse superano le specie comuni dal punto di vista dell'interesse economico. Ci si è resi conto di tale realtà, del resto già ampiamente nota da precedenti informazioni e da semplici considerazioni circa le diverse fisionomie dei fondali e condizioni oceanografiche, dai risultati preliminari presentati dalle diverse UU.OO. al seminario nazionale tenuto a Roma, presso il CNR, nel dicembre 1986. Le specie prese in considerazione vanno intese quindi come indicatrici d'abbondanza delle risorse demersali. Esse sono: Merluzzo (*Merluccius merluccius* = M.m.); Triglia bianca o di fondale (*Mullus barbatus* = M.b.); Triglia rossa o di scoglio (*Mullus surmuletus* = M.s.); Scampo (*Nephrops norvegicus* = N.n.); Gambero bianco (*Parapenaeus longirostris* = P.l.); Gambero rosso (*Aristaeomorpha foliacea* = A.f.); Polpi maiolini o moscardini (*Eledone moscata* = E.m.). Ne è stato calcolato il rendimento orario medio, come media dei rendimenti orari di tutte le stazioni, indipendentemente dallo strato. Era poi necessario rendere paragonabili i rendimenti orari di motopescherecci con caratteristiche molto diverse (equipaggio, reti, ausiliari per la pesca, TSL dello scafo, HP del motore, materiale ed anno di costruzione ecc. ecc....). Si pensi soltanto che l'unità più potente ha un motore con un cavallaggio dieci volte superiore rispetto all'unità meno potente. Esistono certamente criteri di standardizzazione meno approssimativi di quello da noi adottato (una combinazione multifattoriale, che tenga conto delle principali tra le variabili elencate, è sicuramente raccomandabile per il futuro; si veda anche LEVI *et al.*, 1989), ma, semplicemente, non erano possibili per mancanza di dati. Ci siamo quindi accontentati di un parametro, la potenza del motore espressa in HP, che è noto dalla letteratura essere proporzionale al potere di cattura su densità di prede analoghe (GULLAND, 1956; ROBSON, 1966; FONTENEAU & BOUILLON, 1971). I dati da noi presentati nelle figure che seguono, sono quindi espressi in kg/ora/HP.

## Risultati - B

L'analisi comparativa degli istogrammi delle figure che seguono (Figg. 6-11) mostra, innanzitutto, alcune sorprese. Il Ponente ed il Levante ligure sono nelle pesanti condizioni che si è detto commentando l'applicazione del modello globale all'intero Tirreno, e contribuiscono probabilmente, con la situazione delle coste laziali, campane e soprattutto calabre, ad annullare i rendimenti ottimi della Toscana. Le coste toscane (U.O. n° 3, Prof. Auteri) sono le più ricche di Merluzzi, Triglie, Scampi e Maiolini. Possiamo probabilmente dire che sono le più ricche di specie demersali. La figura di sintesi delle 7 specie citate evidenzia questa realtà con ancor maggiore evidenza (Fig. 11). Ciò è forse attribuibile al numero relativamente modesto di unità a strascico che vi operano, rispetto alla platea disponibile, e forse a condizioni oceanografiche particolarmente favorevoli. Le acque sarde non sono produttive di risorse demersali come si potrebbe pensare per fondali pressoché vergini, ma ciò è forse dovuto all'esiguità dell'estensione dei fondi strascicabili, come del resto è evidente dal tipo di

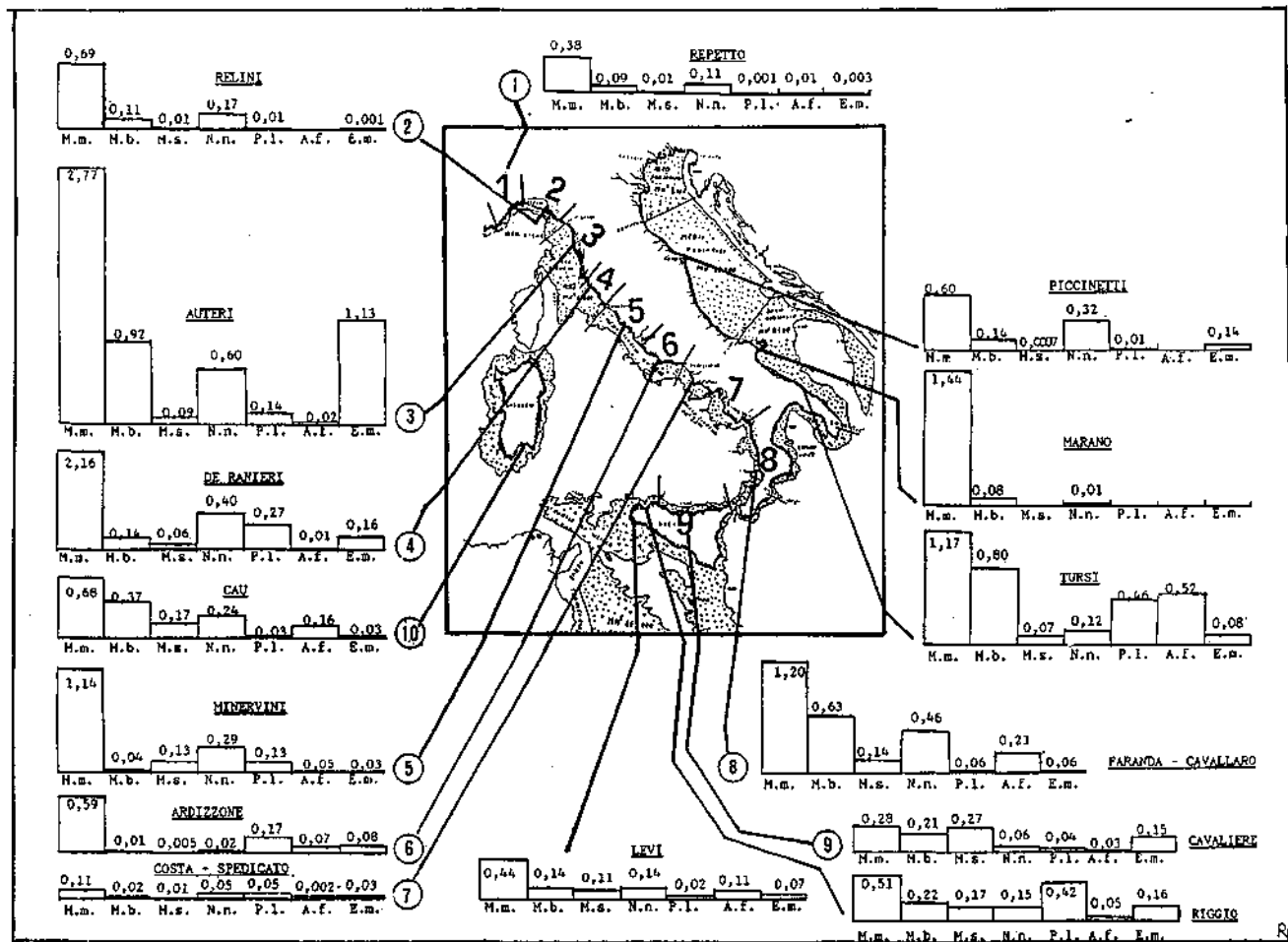


Fig. 6 - Rendimenti orari medi per Hp nelle diverse aree di Tab. 2. Primavera 1985.

664 D. Levi - M.G. Andreoli



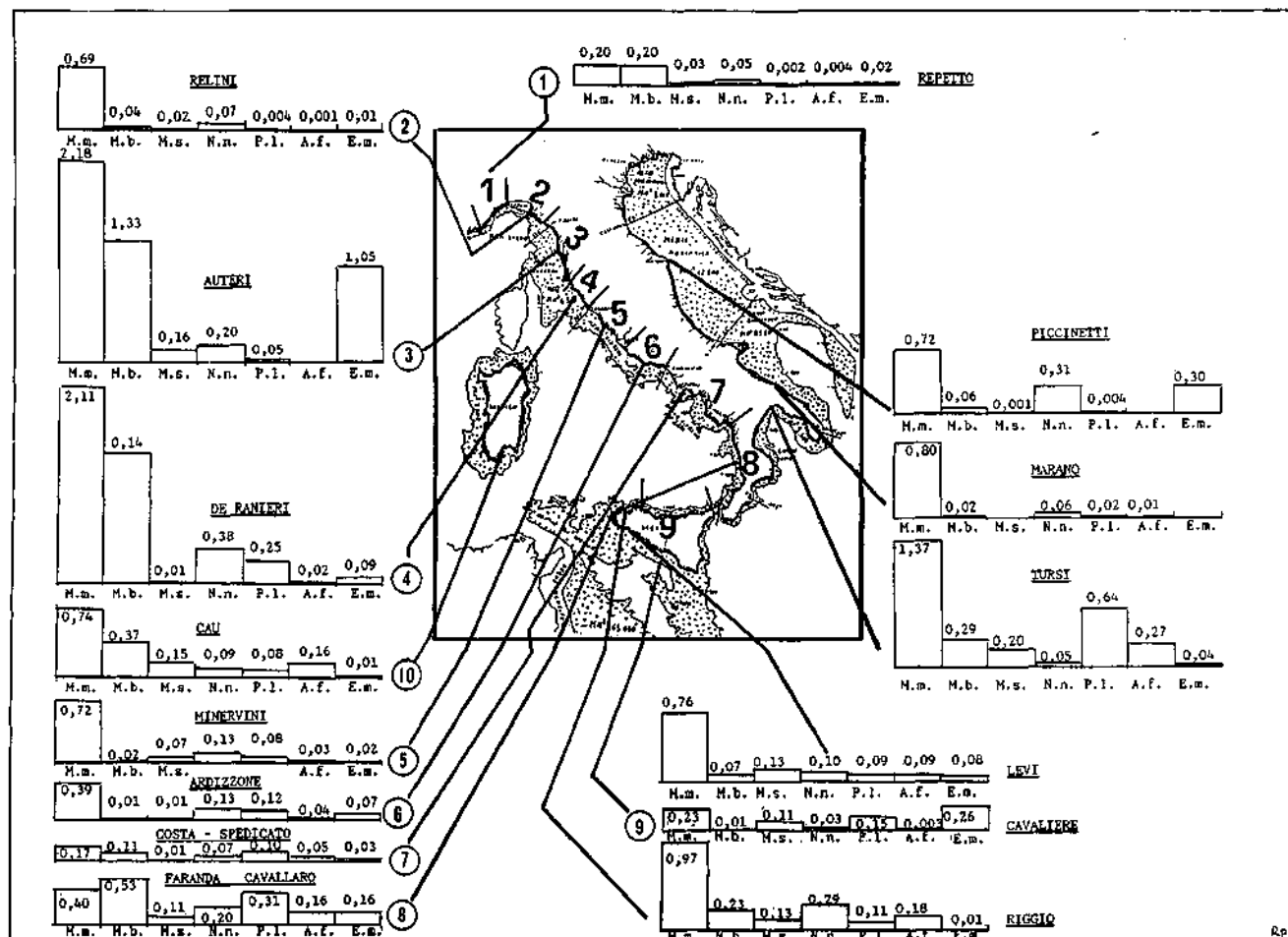


Fig. 8 - Rendimenti orari medi per Hp nelle diverse aree di Tab. 2. Primavera 1986.  
666 D. Levi - M.G. Andreoli



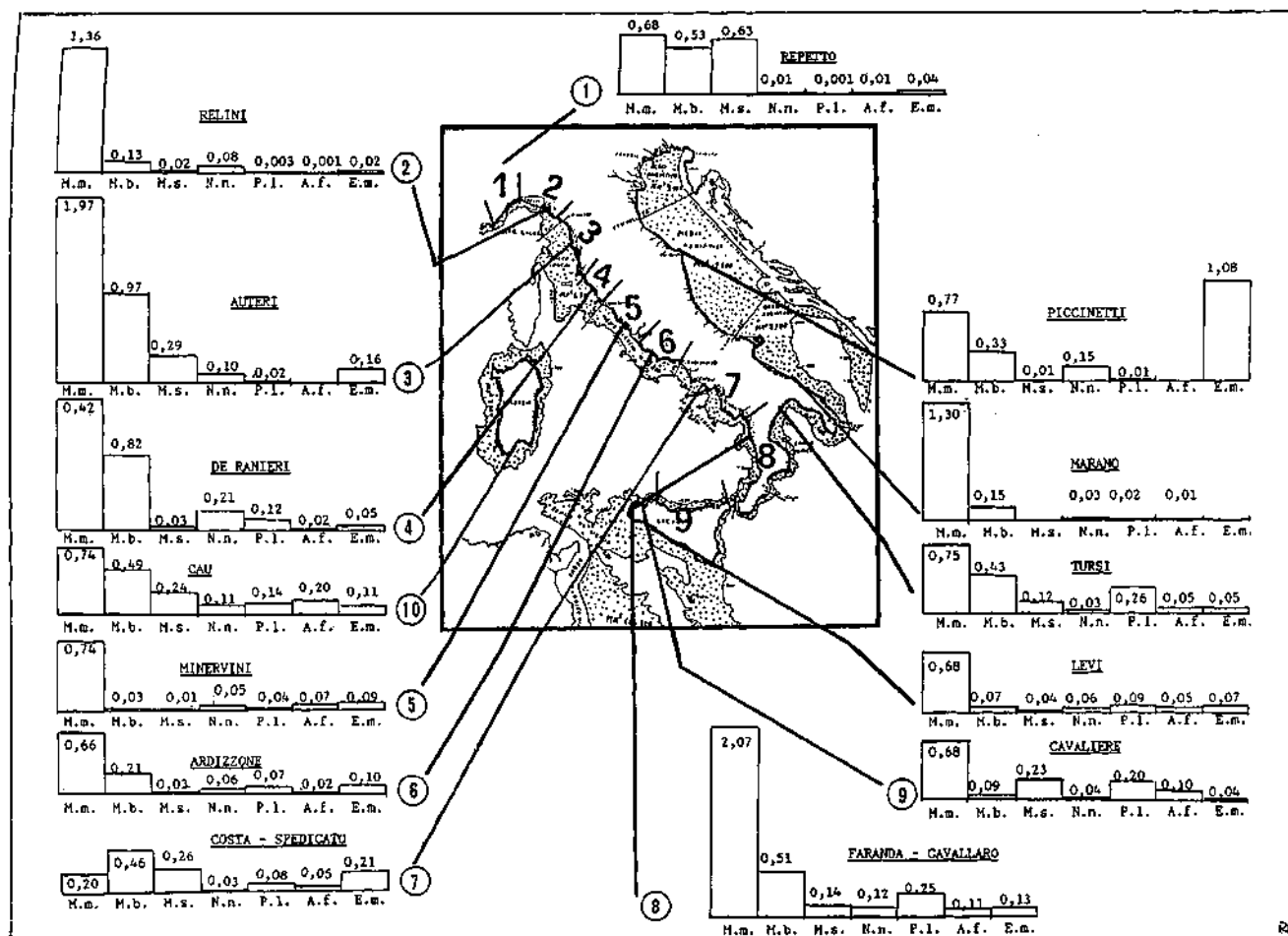


Fig. 9 - Rendimenti orari medi per Hp nelle diverse aree di Tab. 2. Estate-autunno 1986.

Valutazione approssimata delle risorse demersali 667

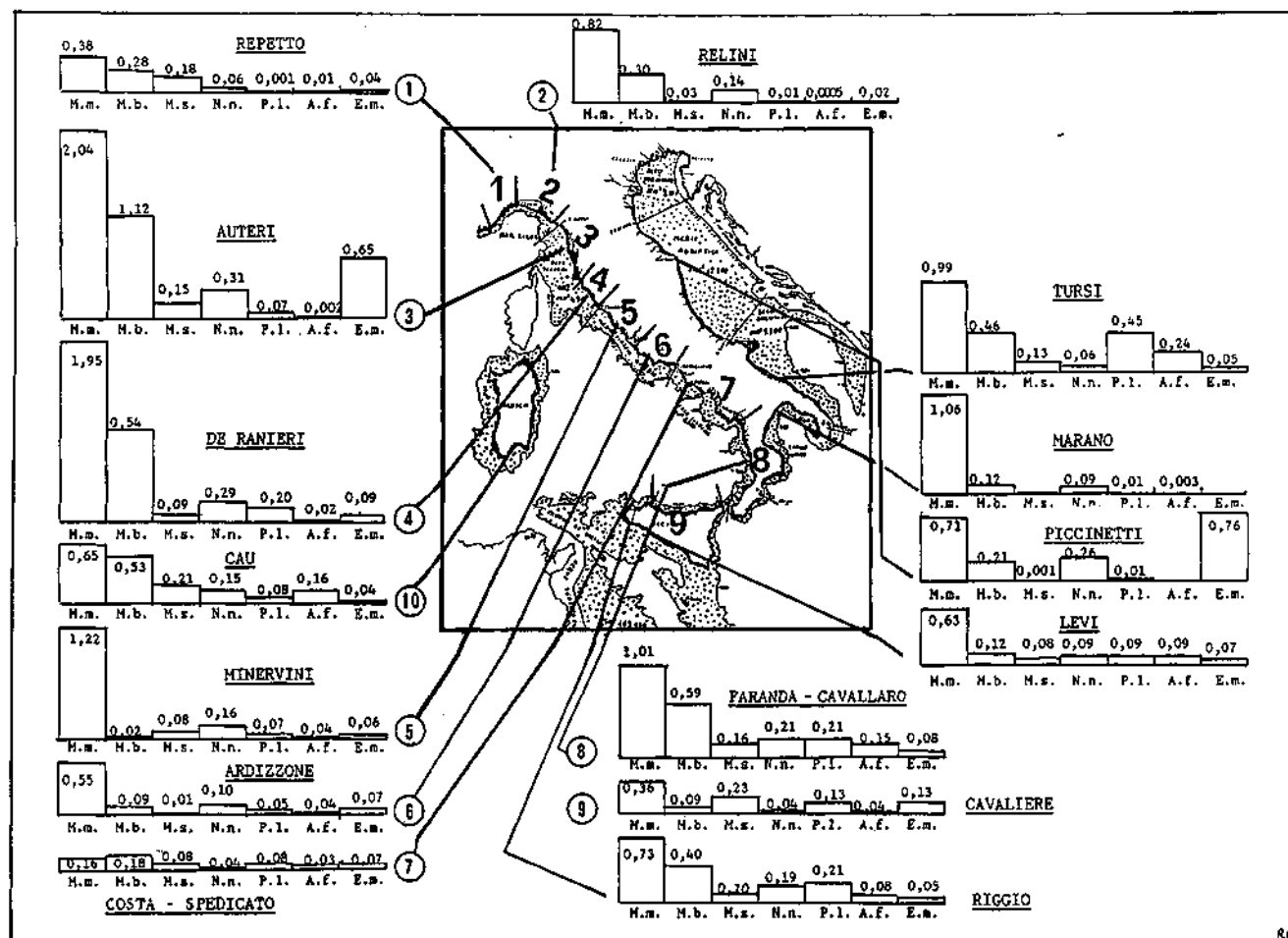
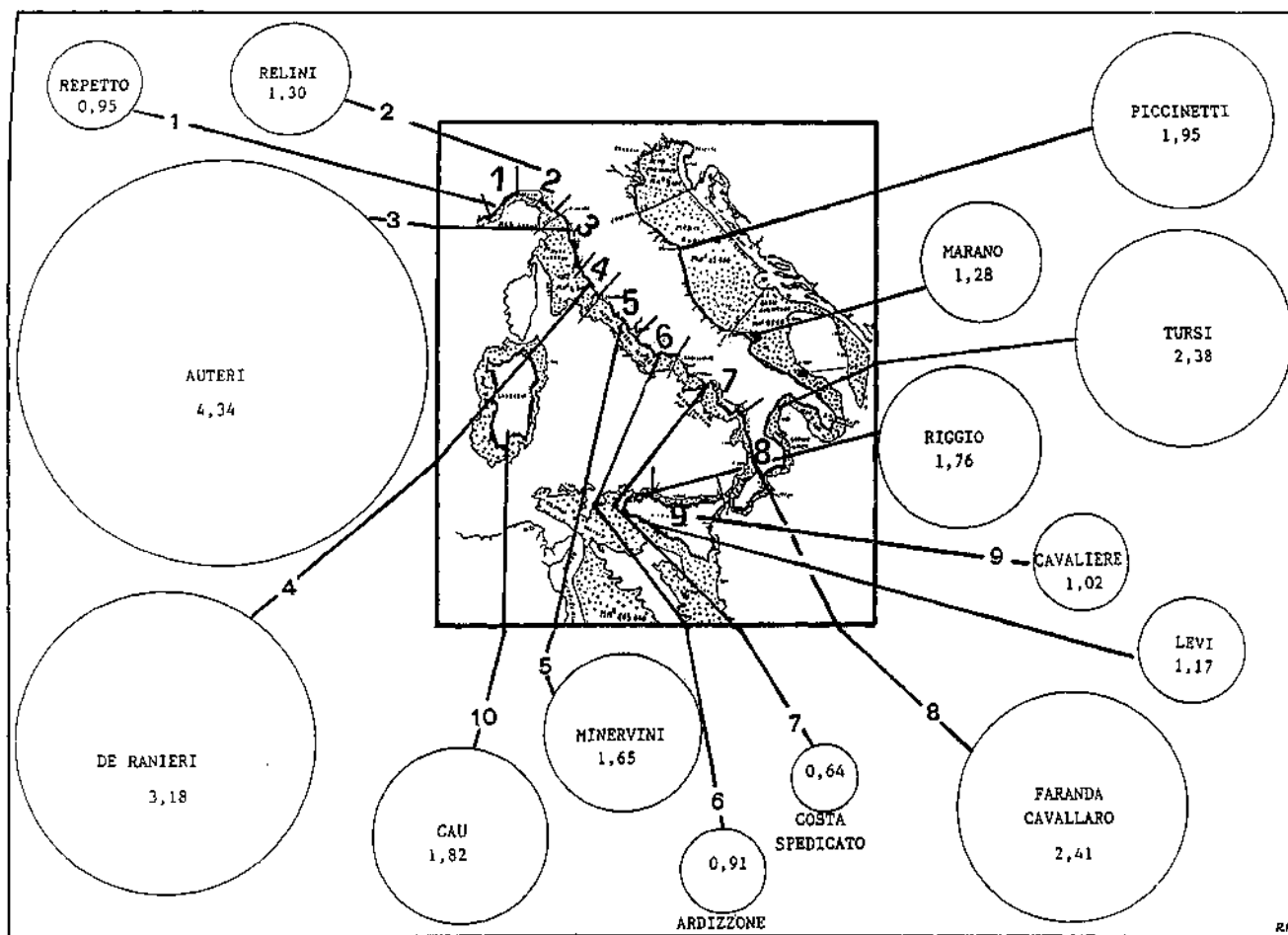


Fig. 10 - Media dei rendimenti orari di quattro campagne (= 2 anni 1985-1986); (kg/h/Hp).



**Fig. 11** - Somma dei rendimenti medi di 4 campagne / Hp x 100.  
*Valutazione approssimata delle risorse demersali 669*

rappresentazione cartografica da noi utilizzato (BOMBACE & CINGOLANI, 1987). Le acque del Basso Tirreno (Calabria e Sicilia Settentrionale, UU.OO. 7, 8, 9 e 11) presentano invece rendimenti scarsi come ci si poteva attendere. L' U.O. degli autori della presente nota copre «la metà sicuramente italiana» del Canale di Sicilia, nell'ipotesi che sia valida anche per la pesca la linea di mezzeria tra Italia e Tunisia ex L. 347 del 3/6/78 accettata per le risorse minerali. Coincide quindi, grosso modo, con l'area coperta dal modello globale che si è visto, in Fig. 5, per la sub-area 37.5. Le statistiche ISTAT derivano infatti, fondamentalmente, dai mercati ittici delle coste meridionali di Sicilia, ove esitano il pescato le sole unità che operano al di qua di tale «mid-line» (ciò vale anche per Mazara del Vallo). Si noterà anche che l'Alto e Medio Adriatico (U.O. del prof. Piccinetti) forniscono ancora rendimenti non trascurabili di Merluzzi e Scampi. Sono esclusi dall'analisi (e sono invece compresi nell'elaborazione con il modello globale) i «pesci piatti» (Passere, Rombi e Sogliole) che farebbero ulteriormente risaltare la situazione non del tutto negativa di questi mari. È però evidente a chi scrive che il solo dato di rendimento orario non è indice sufficiente, soprattutto in questo caso, dello stato degli stocks demersali dell'Alto e Medio Adriatico. È stato più volte evidenziato (es.: FLAMIGNI, 1984) come tali rendimenti derivino da classi giovanili, a comprova della fragilità dell'abbondanza apparente da noi sottolineata più sopra, a proposito del modello globale applicato alla sub-area 37.4.

### Conclusioni

La Tabella 3 sintetizza le principali conclusioni ricavabili, a nostro avviso, dall'analisi con i modelli semplici. Nella Tab. 4, in 4° colonna, viene riportato il rango percentuale di ogni U.O., calcolato sulla sommatoria delle sette specie. Esso riconferma quanto fin qui detto: il Ponente ligure ed il Tirreno meridio-

Tab. 3 - Alcuni principali risultati dei modelli globali di Figg. 3-5.

	S. zona 37.3 Tirreno	S. zona 37.4 Adriatico	S. zona 37.5 C. di Sic. + Ad.ze
$C_{opt}$	$\approx 48.000$ T.	Era $\approx 55.000$ T. È $\approx 90.000/100.000$ T.	$\approx 69.300$ T.
$f_{opt}$	$\approx 11.250$ TSL	Era $\approx 45.000$ TSL È $\approx 72.000$ TSL	$\approx 58.500$ TSL
C 1983	58.896 T.	91.912 T.	80.723 T.
f 1983	22.002 TSL	61.171 TSL	66.827 TSL.

Tab. 4 - Sintesi dei principali risultati dei trawl-surveys (cfr. Fig. 11) paragonati con i risultati di altri approcci.

U.O.		$\Sigma$ (kg/h/HP) × 100 delle 7 specie	% Tot. naz.	Rango	MSY(1)	Rango(2)
Repetto	1	0,95	3,55	13	48.000	3
Relini	2	1,32	4,93	9		8
Auteri	3	4,34	16,21	1		
De Ranieri	4	3,18	11,87	2		9
Minervini	5	1,65	6,16	8		
Ardizzone	6	0,91	3,40	14		10
Spedicato	7	0,64	2,39	15		
Faranda	8	2,41	9,00	3		1
Cavaliere	9	1,02	3,81	12		
Cau	10	1,82	6,80	6		2
Riggio	11	1,76	6,57	7		
Levi	12	1,17	4,37	11	69.000	7
Marano	14	1,28*	4,78	10		
Tursi	15	2,38	8,89	4	90.000	4
Piccinetti	13	1,95	7,28	5		5 6
Tot.		26,78	100	///		

\* Dato E.m. non disponibile.

(1) Questo stesso lavoro.

(2) Bombace &amp; Cingolani (1987).

nale da un lato e la Toscana dall'altro rappresentano, rispettivamente, la peggiore e la migliore situazione (vedi anche Fig. 6 e 7). Il Golfo di Taranto e lo Jonio precedono Canale di Sicilia, Alto e Medio Adriatico e Sardegna. È significativo che aree contigue occupino, in genere, ranghi contigui. Nella stessa Tabella, in penultima colonna, sono riportati, per comodità comparativa, i Rendimenti Massimi Sostenibili provenienti dall'analisi mediante modelli globali. In ultima colonna è sembrato utile riportare il rango occupato dai rendimenti Per HP elaborati da BOMBACE & CINGOLANI (1987) sulla base dei dati PESTAT, cioè di dati provenienti da una complessa indagine campionaria condotta negli anni 82-85 dall' IRPEM-CNR di Ancona. (BAZIGOS *et al.*, 1984; CINGOLANI *et al.*, 1986). Pur nell'intrinseca difficoltà di arrangiare spazialmente i dati provenienti

dalle diverse fonti in modo da renderli paragonabili, non sfuggirà la pressoché totale non coincidenza dei ranghi. In questa fase, sembra ragionevole limitarsi ad osservare che mentre i trawling-surveys sono stati disegnati con l'intento di valutare l'abbondanza delle risorse demersali su tutte le aree esplorate, le statistiche delle flottiglie commerciali rappresentano, se attendibili, le catture o delle zone più produttive o, talora, all'estremo opposto, quelle delle aree meno produttive ma più facilmente raggiungibili dalle unità delle flottiglie stesse. Non v'è quindi da stupirsi che i rispettivi ranghi non coincidano. Molto altro ci sarebbe da dire sulla base degli istogrammi della Fig. 6, ma in questa fase dei programmi di trawling-survey e considerati i grossi limiti del nostro metodo di elaborazione, riteniamo conveniente arrestare qui la nostra analisi, lasciandone semmai l'approfondimento ai singoli colleghi delle diverse UU.OO. e ad ulteriori raffinamenti dei metodi che auspichiamo per il futuro (cfr. LEVI *et al.*, 1989).

### Ringraziamenti

I nostri più vivi ringraziamenti a tutti i responsabili delle UU.OO. nominalmente elencati nella tabella 2 ed ai loro validi collaboratori, che ci hanno fornito i dati delle loro campagne di pesca e le informazioni accessorie senza le quali il presente lavoro non sarebbe stato possibile.

Ringraziamo anche il Sig. Rizzo, dell'Istituto di Mazara, per i numerosi disegni prodotti in così poco tempo.

### Summary

*The methodology used by the working groups on stock assessment and fisheries statistics of GFCM-FAO up to 1978 for geographic, species breakdown and retained model, was applied to a historical series of official statistics of catch and fishing effort from 1959 to 1983. The data obtained on the exploitation state of each sub-zone are described. Catch rates obtained by 15 research units performing trawling surveys all around Italy since spring 1985 were first standardized by dividing them by the horsepower of each trawler, and then plotted for comparison. They were then compared with the above data from global models. Both results failed to match some density indexes obtained from data from sample catch and fishing effort statistics (program PESTAT). The possible reasons for that failure are discussed.*

**Bibliografia**

BAZIGOS G., CINGOLANI N., COPPOLA S. R., LEVI D., MORTERA J., BOMBACE G. (1984) - Studio di fattibilità per un sistema di rilevazione campionaria delle statistiche della pesca (PESTAT). Parte I - Statistiche sulla flotta da pesca. *Quaderni dell'Istituto Ricerche Pesca Marittima*, IV, (Suppl. 1): 1-358.

BOMBACE G., CINGOLANI N. (1987) - Distribuzione dello sforzo di pesca nei mari italiani. *Il Gazzettino della Pesca*, anno 34°, 5, maggio 1987: 7-11.

CINGOLANI N., COPPOLA S. R., MORTERA J. (1986) - Studio di fattibilità per un sistema di rilevazione campionaria delle statistiche della pesca (PESTAT). Parte II - Statistiche sulle catture e sullo sforzo di pesca. *Quaderni dell'Istituto Ricerche Pesca Marittima*, V, (Suppl. 1): 283-753.

FLAMIGNI C. (1984) - Preliminary utilization of trawl survey data for hake (*Merluccius merluccius* L.) population dynamics in the Adriatic Sea. GFCM. Report of the third technical consultation on stock assessment in the Adriatic. Fano, Italy, 6-10 June 1983. *FAO Fish Rep.* (290): 1-255. Appendix L: 85-91.

FONTENEAU A., BOUILLON P. (1971) - Analyse des rendements des chalutiers ivoiriens. Définition d'un effort de pêche. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abdjan*, II (1-2): 1-10.

GULLAND J. A. (1956) - On the fishing effort in english demersal fisheries. *Fish. Invest.*, London, 2: (20, 5): 1-41.

GULLAND J. A. (1969) - Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie. Analyse des populations - *Manuels FAO de science halieutique*, 4: 1-151.

CGPM (1978) - Groupe de Travail sur l'Evaluation des Ressources et les Statistiques de Pêche du Conseil General des Pêches pour la Méditerranée. Rome, 30 Janvier - 3 Février 1978. *Rapp. FAO Pêches*, (204): 1-141.

ISTITUTO CENTRALE DI STATISTICA (1959) - Technique des relevés statistiques de la Pêche maritime et lagunaire en Italie. *Proc. Gen. Fish. Coun. Medit. Doc. Tech.*, 20 65): 183-190.

ISTITUTO CENTRALE DI STATISTICA (1960-1984) - *Annuario statistico della Zootecnia, Pesca e caccia*, I-XXV.

Legge 17 febbraio 1982, n. 41 - Piano per la razionalizzazione e lo sviluppo della pesca marittima. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, anno 123°, 53: 1423-1433.

LEVI D. (resp. ) - «Sezione valutazione risorse demersali». Relazione sull'attività svolta dall' U. O. Istituto di Tecnologia della Pesca e del Pescato - Mazara del Vallo. *Atti seminari delle U. O. responsabili dei progetti di ricerca promossi nell'ambito dello schema preliminare di piano per la pesca e l'acquacoltura*, III: 1561-1767.

LEVI D., SPAGNOLO M. (1982) - Ricerche bio-economiche preliminari ai fini dell'elaborazione dello schema di piano preliminare negli interventi statali a favore della pesca marittima. *Ministero Marina Mercantile*, (mimeo): 1-178.

LEVI D., ANDREOLI M.G., JEREB P., COSIMI G., FIORENTINI L., GABBIANELLI G. (1989) - Misure di distanza tra i divergenti di una rete da banco «mazarese»: un contributo alla stima assoluta delle biomasse mediante trawling surveys nel Canale di Sicilia. *Oebalia*, XV-2: 675-681.

ROBSON D.S. (1966) - Estimation of the relative fishing power of individual ships. *ICNAF, Res. Bull.*, 3: 5-14.



D. LEVI \*                      M.G. ANDREOLI \*\*                      P. JEREB \*  
L. FIORENTINI \*\*\*\*              G. COSIMI \*\*\*\*              G. GABBIANELLI \*\*\*

\* Istituto di Tecnologia della Pesca e del Pescato del CNR

V. L. Vaccara 61, 91026 Mazara del Vallo (TP) (Italia)

\*\* Istituto di Istologia ed Embriologia dell'Università

V. Archirafi 20, 90123 Palermo (Italia)

\*\*\* Istituto di Geologia dell'Università, V. Zamboni 65, 40127 Bologna, (Italia)

\*\*\*\* Istituto di Ricerche sulla Pesca Marittima

Molo Mandracchio, 60100 Ancona, (Italia)

## PRIME MISURE DI DISTANZA TRA I DIVERGENTI DI UNA RETE ITALIANA DI TIPO «MAZARESE» DA BANCO COME CONTRIBUTO ALLA STIMA DELLE BIOMASSE ASSOLUTE NEI TRAWLING-SURVEYS NEL CANALE DI SICILIA

### Abstract

Distance between otter-boards of a «Mazara» trawl to measure absolute biomasses from trawling-surveys in the Sicilian Channel

*The distance between trawl-doors of the Italian trawl used regularly in trawling surveys by ITPP, the Institute of Fisheries and Fish Technology of the National Research Council, Mazara del Vallo, Sicily, Italy, was measured at different depths using two methods with consistent results. Present and future applications of this information to the estimation of absolute abundance are briefly discussed.*

**Key-words:** Stock estimates, trawl gear, ultra-sonic equipment, Sicilian channel.

### Introduzione

Dal maggio 1985 l'ITPP-CNR di Mazara del Vallo ha condotto trawling-surveys con disegno stratificato casuale nel Canale di Sicilia come parte di un programma a lungo termine denominato T.R.A.W.L. (Trawlable Resources Assessment Working Lines = Linee di lavoro per la valutazione delle risorse strascicabili). Come parte dello stesso programma vengono anche condotti surveys campione per la stima degli sbarchi e dei corrispondenti sforzi di pesca dei 338 Pescherecci a strascico operanti nell'area con un valore stimato della produzione di circa 9 miliardi di lire all'anno. La mancanza di serie storiche di dati statistico-biologici e l'urgenza di raggiungere gli obiettivi di valutazione degli stocks, anche alla luce del regime di licenze previsto dalla L. 17-2-82 n° 41, tendono a sottoli-

neare l'importanza di tentare stime assolute di biomassa o, come risultato intermedio, almeno stime paragonabili tra le 15 UU.OO. che stanno conducendo trawling surveys nelle diverse acque italiane, con motopescherecci ed attrezzi diversi. Va pure evidenziato come una prima stima della mortalità da pesca potrebbe essere ottenuta proprio mettendo in relazione la stima delle quantità pescate con la stima delle biomasse assolute in mare. Per questo si sono condotti alcuni tentativi, coronati da successo, di misurare la distanza tra i divergenti della rete in ordinarie condizioni di pesca, trainata alle diverse profondità operative dallo stesso motopeschereccio (1000 HP) in affitto che conduce i trawling-surveys per I.T.P.P.-C.N.R. nel Canale di Sicilia.

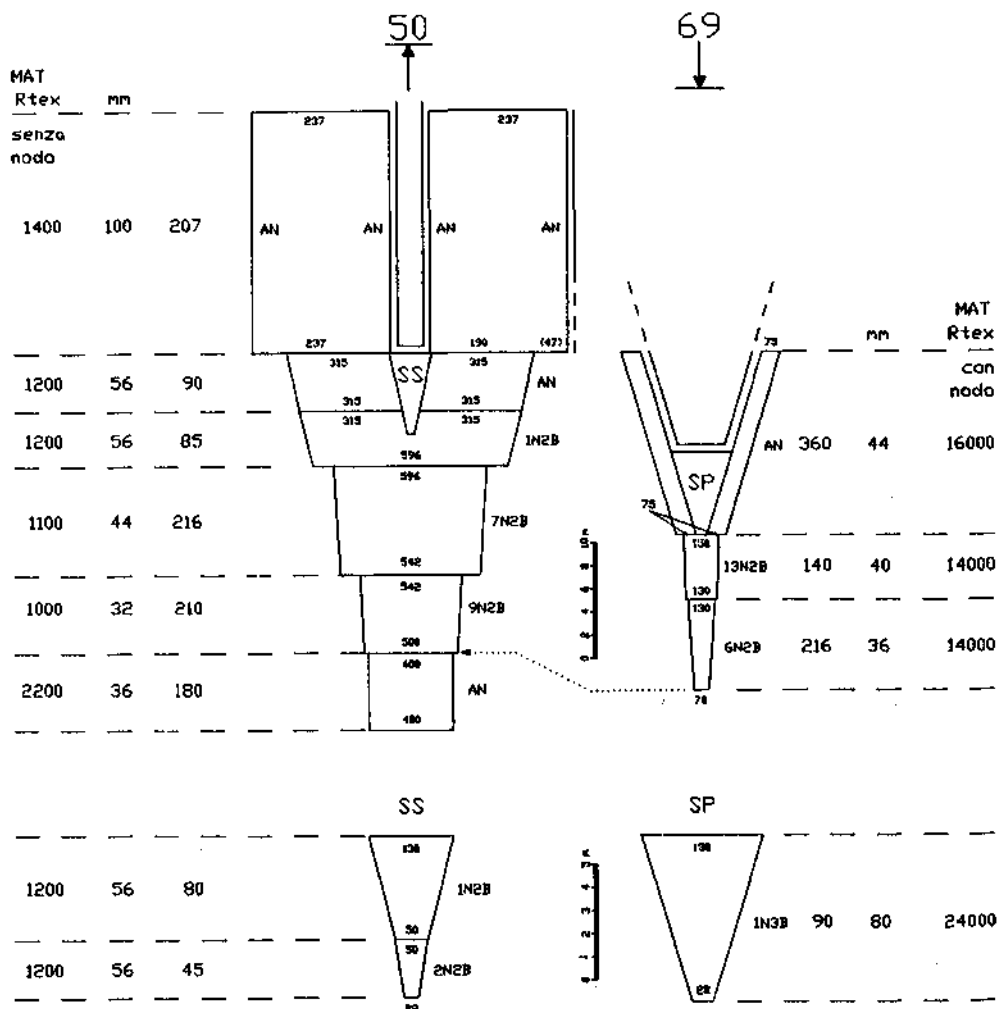


Fig. 1 - Piano della rete di banco su cui si sono effettuate le misure. Le dimensioni delle maglie sono a tutta apertura. Alla lima da piombi erano attaccate catene per un peso di 24 kg, mentre sulla lima da sugheri erano montati 64 galleggianti da 12 cm.

## Metodi

Sono stati utilizzati due sistemi di misura. Per primo, nell'agosto del 1986, un Side Sonar Scan Klein, con «pesce» mod. 402 e depressore «V-fin» da 4 piedi, sulla rete da banco (Fig. 1) utilizzata nei surveys, trainata alla normale velocità di pesca (misurata per mezzo del log Loran). Per ottenere l'insonificazione di entrambi i divergenti, dopo molti tentativi, si aggiustò la posizione della scialuppa di salvataggio del M/P, trainata tra la poppa e la rete, agendo sia sulla lunghezza del cavo di rimorchio che sul cavo del «pesce». A bordo della scialuppa erano ospitati 3-4 operatori, le batterie del Sonar e il registratore mod. 421. Si riuscì infine ad ottenere traccia dei solchi lasciati dai divergenti su un fondale di 40 m (Fig. 2) e, tenendo conto della geometria dello strumento, si calcolò una distanza di 117,5 metri.

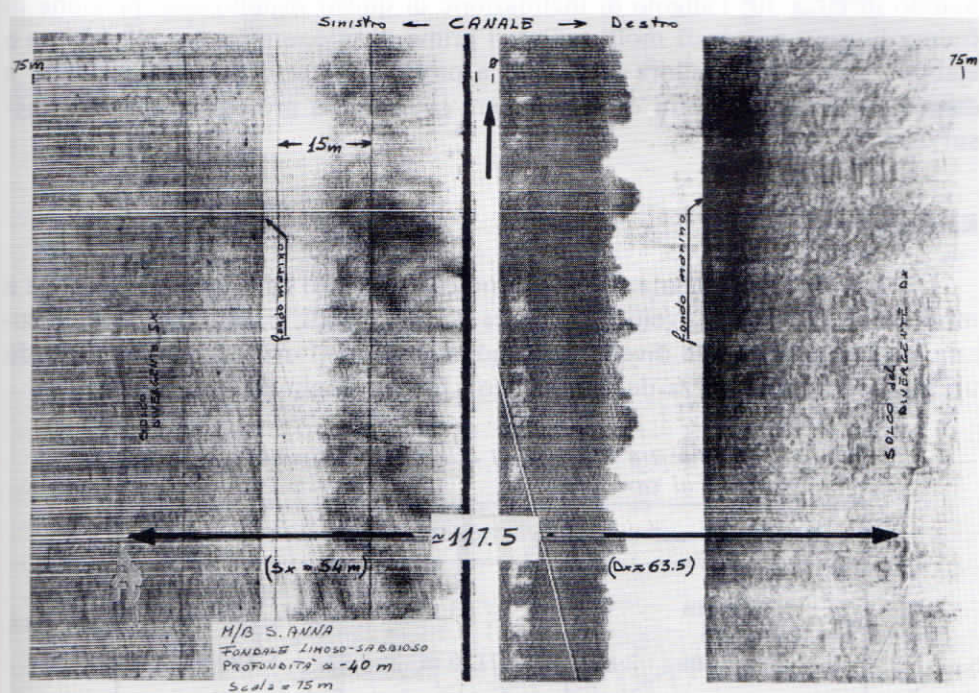


Fig. 2 - Solchi dei divergenti sul fondo e misura della distanza.

Un secondo tentativo fu fatto con un sistema di misurazione della ditta norvegese Scanmar, costituito da un sensore di distanza S40 A3/L col suo «mini-transponder» MT144 e, a bordo del motopesca, dal «deck cabinet» C4016 collegato ad un idrofono trainato M40 SW. Allo scopo di testare l'intera apparecchiatura elettronica, alcune prove furono preliminarmente tentate sulla N/R «S. Lo Bianco» dell'I.R.P.E.M. di Ancona, su una rete a strascico adriatica e su un

fondale sabbio-fangoso di circa 15 m, al largo di Ancona, nell'ottobre del 1986. Alla luce dei risultati positivi, si decise di usare la stessa attrezzatura a Mazara del Vallo, un mese dopo, in un esperimento di due giorni a bordo del M/P normalmente affittato dall' I.T.P.P.-C.N.R. (prima della partenza per un trawling survey stagionale). L'attrezzatura era composta da una coppia di divergenti piatti in legno (1350 x 2250 mm, 350 kg) a cui seguivano i calamenti della lunghezza di 280 m e la rete da banco. Il problema più grosso fu il montaggio del sensore di distanza e del «minitransponder» in modo che si «vedessero», ossia che i segnali acustici emessi dall'uno fossero indirizzati verso l'altro e viceversa. Infatti le soluzioni proposte dalla ditta costruttrice erano state studiate per le attrezzature usate nei mari del nord e mal si addicevano all'attrezzatura italiana. Si decise pertanto di montare i sensori nella parte interna dei divergenti e, per mantenerli allineati fra loro, si utilizzarono dei cunei (Fig. 3). Questi furono dimensionati osservando i solchi sui «pattini» (o «scarpe») dei divergenti e stimando in circa 30° l'angolo di inclinazione di questi rispetto alla direzione di traino. Furono necessari molti tentativi prima di ottenere un segnale chiaro e stabile. Si iniziarono allora le misure a profondità crescente, ma il tempo a disposizione non consentì di raggiungere la massima profondità dei trawling-surveys (600 m).

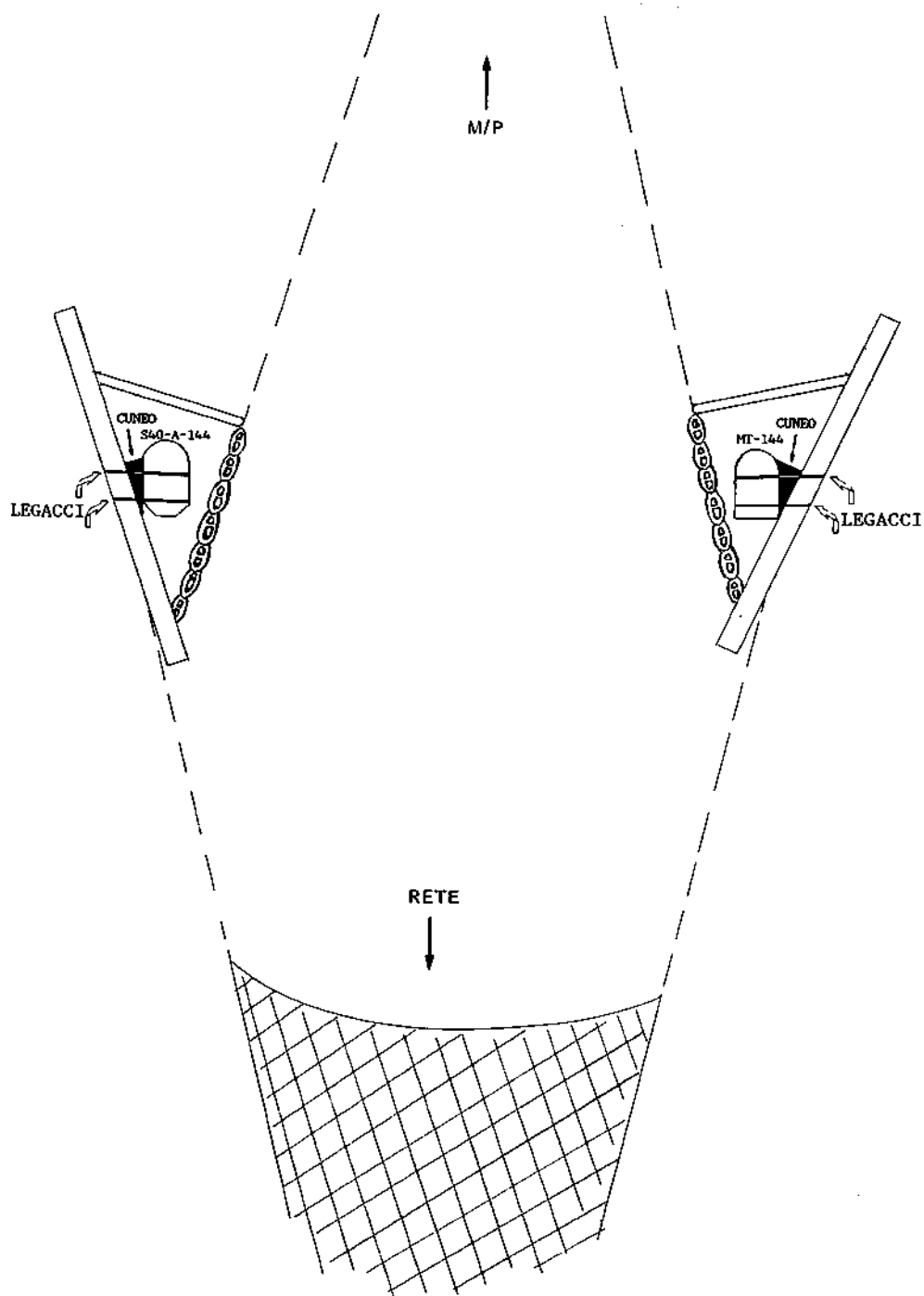
## Risultati

L'errore della strumentazione elettronica assicurato dalla ditta costruttrice è molto basso: 0,1 m. Alla velocità di pesca di 2,6-3,1 nodi, le distanze medie misurate tra i divergenti alle diverse profondità (alle quali ovviamente corrisponde un'appropriata lunghezza del cavo filato), furono quelli riportati in Tab. 1.

**Tab. 1** - *Distanze tra i divergenti alle varie profondità ed in relazione al cavo filato.*

Distanze divergenti	Profondità	Cavo filato
130 m	43 m	250 m
172 m	110 m	580 m
162 m	190 m	915 m
151 m	340 m	1250 m

Prima di prender nota della distanza segnalata dal «deck cabinet» fu, ogni volta, lasciato trascorrere almeno un quarto d'ora, per consentire all'attrezzo di stabilizzarsi sul fondo. Le cifre fornite in display furono considerate valide se restavano ragionevolmente stabili per almeno mezz'ora.



**Fig. 3** - Schema di montaggio dei trasduttori (« Distance sensor » a sinistra e « minitransponder » a destra) sui divergenti.

## Discussione

A due basse profondità, simili fra loro, le distanze misurate con i due metodi risultarono simili. Anche se non si poterono effettuare prove più profonde, si decise in prima istanza di dare per costante la distanza fra i divergenti a profondità maggiori di 340 m e fino alla massima profondità di pesca. Sotto questa ipotesi, da verificare appena possibile, si calcolarono le biomasse medie assolute annuali di quattro surveys stagionali (maggio 1985 / febbraio 1986). La quantità ricavata (850 tonnellate) era circa la metà di quella stimata nel 1982 (1730 tonnellate) da due degli autori lavorando su un anno di dati commerciali e avanzando l'ipotesi sull'area spazzata sulla base di considerazioni puramente teoriche. Si possono addurre molte ragioni per giustificare tale differenza; tra le molte altre, una maggiore efficienza della pesca commerciale. Probabilmente, è anche da rivedere l'ipotesi formulata nel 1982 che su «fondi duri» l'«area attiva» si riduca alla distanza tra le ali della rete. In effetti, nel Canale di Sicilia, i sedimenti sui fondi duri sono così abbondanti (COLANTONI, 1975) da consentire ai calamenti di sollevare «nuvole di ingreggiamento» (= «herding clouds») proprio come su fondi fangosi. Si può stimare l'influenza di una tale ipotesi, se sbagliata, considerando che circa un terzo dell'area di studio è costituito da fondi duri. Le biomasse assolute ottenute sono considerate *stime minime*, dal momento che si dà per accettabile un coefficiente di catturabilità uguale ad uno per tutte le specie, cioè un'efficacia di cattura del 100% da parte dell'attrezzo nei confronti di tutti gli individui di fronte ad esso. Nella stessa direzione va l'altra ipotesi, che si possa accettare come ampiezza dell'«area attiva» tutta la distanza tra i divergenti. In effetti, anche se dobbiamo tener conto che in questa particolare rete la lunghezza dei calamenti è di ben 280 m e che la massima attenzione viene posta dai retieri nel disegnare rete e divergenti proprio allo scopo di sollevare la maggiore quantità di sedimenti dal fondo, c'è da dubitare che tutta l'area tra i divergenti e la rete possa essere considerata «area attiva», cioè con  $q = 1$  (ENGELS & GOD, 1985). Ma questo, solo molta ricerca sul comportamento dei pesci di fronte alla rete, in Mediterraneo, potrà dirlo. Nel complesso, siamo portati a pensare che la combinazione dei due fattori in ipotesi tenda a *sottostimare la biomassa, quindi a sovrastimare la mortalità da pesca. Ciò porta ad un atteggiamento* «conservativo» nella gestione delle risorse, che, nella situazione storicamente data, ci sembra estremamente ragionevole. In prospettiva, mentre consideriamo il risultato ottenuto come del tutto preliminare in attesa di altre prove su fondi di maggiore profondità e consistenza, saremmo molto lieti di vedere le stesse misurazioni effettuate dalle altre 14 unità operative che stanno conducendo trawling-surveys attorno all'Italia, per consentire un'allocazione delle licenze su scala nazionale malgrado le differenze di attrezzi e natanti utilizzati per le valutazioni delle biomasse.

## Ringraziamenti

La nostra sincera gratitudine al Signor Doppieri, agente italiano della ditta Scanmar, per aver reso possibile gli esperimenti fornendo gratuitamente l'apparecchiatura.

## Summary

*Two independent methods, Side Scan Sonar and the Scanmar measuring system, were used to measure the distance between otter-boards of the Mazara-type trawl net, which is routinely employed during trawling surveys in the Sicilian Channel. The possible error induced by considering the area swept between otter-boards as wholly active in absolute biomasses estimates is accounted for, and it is suggested that the catch rates of all research units performing trawling surveys around Italy have to be standardized by such measurement.*

## Bibliografia

ANDREOLI M.G., LEVI D., ANGELO P.M. (1982) - Première évaluation des biomasses du Poisson démersal dans le canal de Sicile, à l'aide des données commerciales de chaluthiers italiens. *General Council for the Mediterranean (G.F.C.M.), Report of the first Technical Consultation on stock assessment in the Central Mediterranean. Tunis, 19-23 April 1982. FAO FISH REP.*, 266.

COLANTONI P. (1975) - Note di geologia marina sul Canale di Sicilia. *Giornale di Geologia*, (2), XL (fasc. 1): 181-207.

ENGELS A., GOD O.R. (1985) - The influence of Trawl geometry and performance and fish vertical distribution on fish sampling with bottom Trawl. *NAFO SCR*, Doc. 85/102 (mimeo): 1-15.

F. LUMARE

P. VILLANI

Istituto per lo Sfruttamento Biologico delle Lagune  
Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Via Pola 4 - 71010 Lesina (FG) (Italia)

## PESCA ED INDIRIZZI DI GESTIONE PRODUTTIVA NEL LAGO DI LESINA (COSTA SUD-EST ITALIANA)

### Abstract

Fishery management trends in the Lesina lagoon

*The annual percentage composition of different species caught in the Lesina Lagoon has recently changed. From 1951 to 1955, the catch was characterized as follows: grey mullet (42.5%), eel (37.9%), sand smelt (17.6%), sea bream (0.3%), sea bass (0.4%), other species (1.3%). From 1980 to 1984, the catch rates were as follows: sand smelt (43.4%), grey mullet (29.4%), eel (22.8%), sea bream (2.7%), sea bass (0.5%) and other species (1.2%). Trials to increase the catch involved sowing *Penaeus japonicus* post-larvae, eggs of *Sepia officinalis* and harvesting *Gracilaria verrucosa*.*

**Key-words:** Fishery, management, Lesina Lagoon.

### Introduzione

Il Lago di Lesina (5.100 ha) è una tipica laguna costiera influenzata dalla confluenza di acque dolci e salate (ambiente ipoalino; MAROLLA, 1980 a; MAROLLA, 1980 b). A causa della scarsa profondità (0,60 m in media) e del regime di eutrofia esso esprime un'alta capacità biogenica. È in stretta comunicazione con il Mar Adriatico tramite due canali: Acquarotta e Schiapparo. Attraverso queste due bocche il novellame di pesce marino rimonta nel lago dove si accresce in virtù delle condizioni climatiche favorevoli e dell'abbondante pastura.

Attualmente, a causa delle esigue montate di pesce novello e, soprattutto, per i sistemi irrazionali di pesca, la produzione ittica di valore mercantile risulta essere in diminuzione.

Scopi del presente lavoro sono un'analisi sulle modificazioni qualitative e quantitative subite dal pescato nell'arco di circa un trentennio e la definizione di possibili indirizzi di intervento produttivo.



*Stato della pesca nella Laguna di Lesina*

I Mugilidi, sebbene attualmente in percentuale siano meno importanti (29,4%) che in passato (42,5%) ai fini dell'economia della pesca, ne rappresentano una componente fondamentale. Le specie dominanti sono: *Liza ramada* Risso, *Liza aurata* Risso e *Liza saliens* Risso (7,9%). *Mugil cephalus* è decisamente meno abbondante (18%) mentre meno comune, a seconda delle annate, è *Chelon labrosus* Risso.

Anche la pesca di *Anguilla anguilla* L. ha subito nel tempo un significativo decremento, passando dal 37,9% (1951-55) al 22,8%.

*Atherina boyeri* Risso rappresenta una frazione molto consistente in termini quantitativi del pescato (43,4%). L'importanza numerica assunta dalla specie è determinata verosimilmente dalla ridotta pressione dei predatori, dall'incremento del livello di eutrofizzazione delle acque e dall'azione selettiva della pesca che incide sulle taglie superiori. In passato il latterino rappresentava in media il 17,6% del pescato. Sono presenti, inoltre, la spigola (*Dicentrarchus labrax* L.) con lo 0,4% (in passato 0,5%) e l'orata (*Sparus aurata* L.) con il 2,7% che in passato risultava costituire lo 0,3% del pescato.

Tra le specie che un tempo venivano abbondantemente pescate vi sono il ghiozzo *Gobius ophiocephalus* Pallas e il ghiozzo nero, *Gobius jozo niger* L. che, secondo DE ANGELIS (1964), da circa sessantanni sarebbero scomparsi dalla laguna, anche se in realtà rari esemplari di entrambe le specie vengono catturati. Lo stesso autore riporta che *Liza aurata* Risso sarebbe scomparsa da oltre un decennio dal Lago di Lesina; la specie risulta abbondante in tutta la laguna.

Tra le specie minori sono rappresentati i Crostacei Decapodi con *Penaeus kerathurus* Forsk., *Palaemon adspersus* L. e *P. serratus* Penn.; il primo si riproduce in mare e penetra nelle acque salmastre allo stadio post-larvale, gli ultimi due si riproducono in laguna.

Nella Tab. 1 vengono riassunti i dati di produzione per singole specie, riferite ad un campione rappresentativo di due quinquenni: 1951-1955 e 1980-1984.

**Tab. 1** - Produzioni in kg e percentuale del pescato riferiti a due quinquenni scelti come campioni rappresentativi del trentennio considerato.

Periodo	Produzione	S P E C I E						Prezzo medio (Lit/kg)
		<i>Anguilla anguilla</i>	<i>Atherina boyeri</i>	Mugilidi	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Sparus aurata</i>	Altre specie	
1951-55	kg	426.375	66.000	159.375	6.800	3.600	375	6.625
	%	37,9	17,6	42,5	0,4	0,3	0,1	
1980-84	kg	526.500	162.750	110.250	8.500	32.400	4.50	5.749
	%	22,8	43,4	29,4	0,5	2,7	1,2	

La Fig. 1 riporta l'andamento del pescato totale e delle rese (kg/ha/anno) relativamente al periodo 1951-84; i grafici consentono di rilevare produzioni pari a 400.000-600.000 kg negli anni 1958-59 con rese di 80-124 kg/ha. Negli anni successivi (1972-1980) le rese hanno subito un rapido decremento con

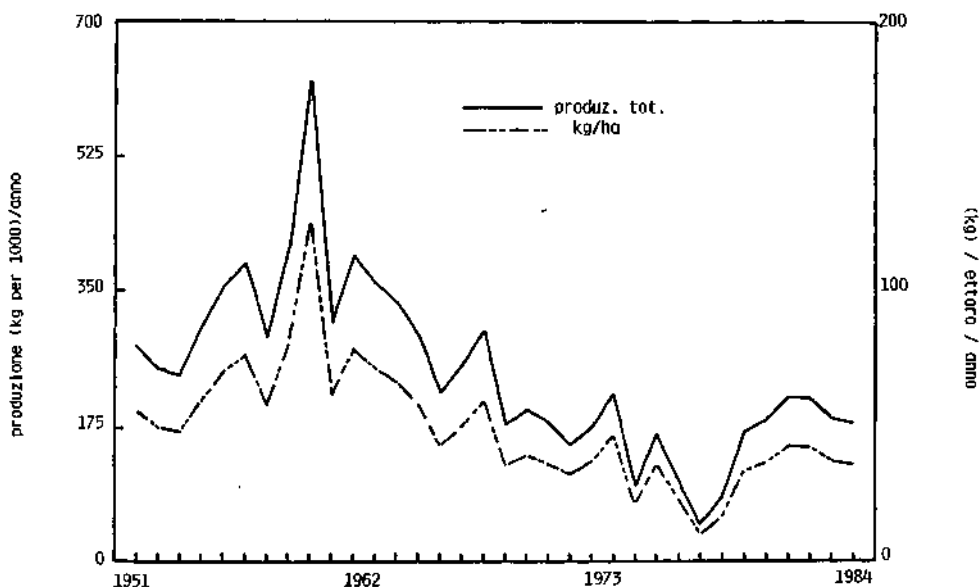


Fig. 1 - Produzione ittica della laguna di Lesina dal 1951 al 1984.

valori di 16-36 kg/ha. Il motivo di tale situazione è da attribuire fondamentalmente all'uso delle paranze, un sistema di pesca antico quanto irrazionale.

L'attuale normativa che regola l'uso degli strumenti di cattura vieta l'utilizzazione di alcune attrezzature ritenute nocive per il pescato: lo sciabicone per i Mugilidi, la sciabichella per i latterini, la lampara e la fiocina per il pesce bianco e l'anguilla. È consentito soltanto l'uso del tramaglio, del saltarello, della paranza mobile e fissa, variamente attrezzate secondo l'epoca di pesca.

La paranza rappresenta, tuttavia, il sistema di pesca più diffuso nel Lago di Lesina. Essa è adattata alle specifiche condizioni geomorfologiche della laguna, nella quale la pesca è possibile in tutto il corpo lagunare e non solo alle foci, così come avviene nelle valli del Nord Adriatico. Essa si configura come una sorta di sbarramento in rete, che si prolunga da sponda in direzione nord-sud della laguna, sul cui tracciato vengono collocati i bertovelli per la cattura del Pesce. L'estrema efficienza dell'attrezzo, replicato per l'intera superficie del corpo lagunare, rappresenta un congegno altamente distruttivo e non selettivo anche nei confronti del pesce novello. Tale stato di cose ha determinato nel tempo il graduale depauperamento ittico con conseguente riduzione numerica

dei pescatori lagunari, innalzamento dell'età media (circa 50 anni) e disaffezione dei giovani a tale attività.

L'andamento della consistenza numerica dei pescatori del Lago di Lesina viene riportato nella Tab. 2. Da questa si rileva il decrescente numero degli addetti ed il relativo reddito pro-capite. Quest'ultimo tuttavia, è rimasto pressoché stabile nel tempo (ad esclusione del periodo 1971-1976), ma comunque basso e tale da indirizzare l'operatore a ricercare altre forme di reddito integrativo.

**Tab. 2** - *Consistenza della forza di pesca operante sul lago di Lesina dal 1953 al 1984 e relativo reddito.*

Periodo	N. totale pescatori	Produzione totale (kg)	Produzione pro-capite (kg)	Valore medio pescato (Lit/kg)	Reddito medio/annuo (Lit)
1953-57	292	315.662	1.081	6.625	7.161.625
1971-76	230	152.234	662	6.187	4.095.794
1983	135	179.884	1.332	5.749	7.657.668

#### *Azioni di intervento sperimentale per l'incremento del pescato.*

L'Istituto per lo Sfruttamento Biologico delle Lagune - CNR - di Lesina da anni ha intrapreso azioni di orientamento produttivo con lo scopo di verificare la possibilità di determinare una inversione di tendenza a tale decremento della pesca. Interessanti per le prospettive offerte sono:

##### *a) raccolta della Rodofita *Gracilaria verrucosa* Hudson.*

Nell'area occidentale della laguna è presente una zona di sviluppo naturale della Rodofita *Gracilaria verrucosa*. Tale banco, pur nella variabilità della sua estensione secondo i cicli stagionali e le condizioni meteorologiche, raggiunge una superficie di circa 100 ha (TROTTA, 1981) e beneficia degli scarichi urbani ricchi di nutrienti. Quest'alga ha un notevole valore commerciale sul mercato mondiale poiché costituisce la base per la produzione di agar-agar, utilizzato dall'industria farmaceutica ed alimentare. Gli studi effettuati hanno rilevato che il suo potere di crescita in campo aperto è di circa 4 kg/m<sup>2</sup> di peso umido. Dal 1971 al 1985 i pescatori locali, dietro suggerimento dell'Istituto, hanno dato luogo ad iniziative di raccolta di *Gracilaria*, che hanno assicurato una produzione annuale, i cui valori sono riportati nella Tab. 3, ed un reddito complessivo intorno ai 100 milioni, pari al 15% del reddito globale della laguna;

**Tab. 3** - Raccolta di *Gracilaria verrucosa* Hudson nella Laguna di Lesina dal 1974 al 1984 (da TROTTA, 1981).

Anno	Materia secca al 16% di umidità (q)	Epoca di raccolta	Prezzo ingrosso (lit/q/secco)
1974	400*	novembre	35.000
1975	725	»	35.000
1976	1.500	aprile-luglio	35.000
1977	1.200	»	35.000
1978	1.000	»	35.000
1979	1.800	»	35.000
1980	700	»	35.000
1981	1.000	»	35.000
1982	1.200	»	35.000
1983	-	»	90.000
1984	-	»	90.000
1985	1.000**	»	90.000

\* Prodotto di prova non essiccato.

\*\* Raccolta effettuata nei pressi della foce del Fiume Lauro.

b) semina di uova di *Sepia officinalis* L.

Riprendendo dai pescatori lesinesi la vecchia tradizione di seminare nella laguna uova di seppia, deposte in mare sulle nasse, l'Istituto ha curato di questa pratica l'aspetto scientifico e produttivo.

Esperienze di semina di uova del Cefalopode in laguna, svolte su scala sperimentale fin dal 1975, hanno messo in evidenza come questo corpo d'acqua, a causa della variabilità dei fattori ambientali, abbia risposto in modo incostante alle azioni di intervento. Nella Fig. 2A è riportato l'andamento delle raccolte rispetto ai quantitativi di uova seminate (SEQUI & PALMEGIANO, 1984), nonché l'andamento di crescita della specie che può raggiungere taglie medie di 80 g in 100 giorni (Fig. 2B), con punte di 200-300 g. La schiusa delle uova è influenzata, in misura determinante, da due parametri: temperatura e salinità. La temperatura ottimale è tra 20 e 24 °C e la salinità intorno al 30-38 ‰ (PALMEGIANO & D'APOTE, 1983);

c) azioni sperimentali di ripopolamento con il Peneide *Penaeus japonicus* Bate.

Sono state avviate dal 1981 prove di ripopolamento in laguna con gamberi giapponesi, *P. japonicus* riprodotti artificialmente (LUMARE & HIRAMATSU, 1982; LUMARE, 1984; LUMARE, 1987 a).

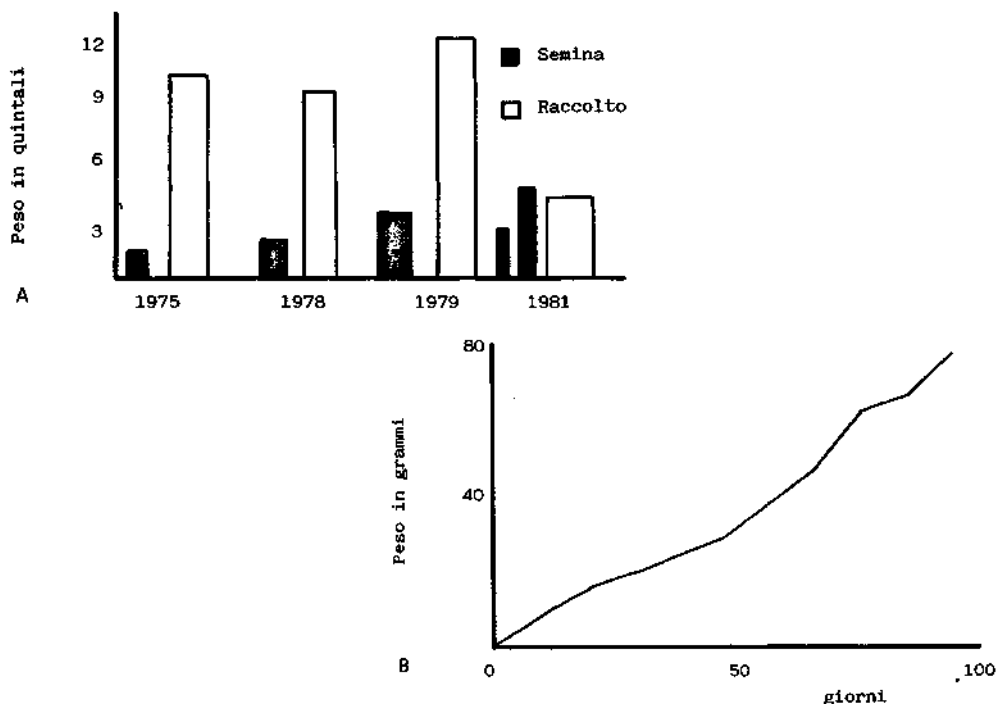


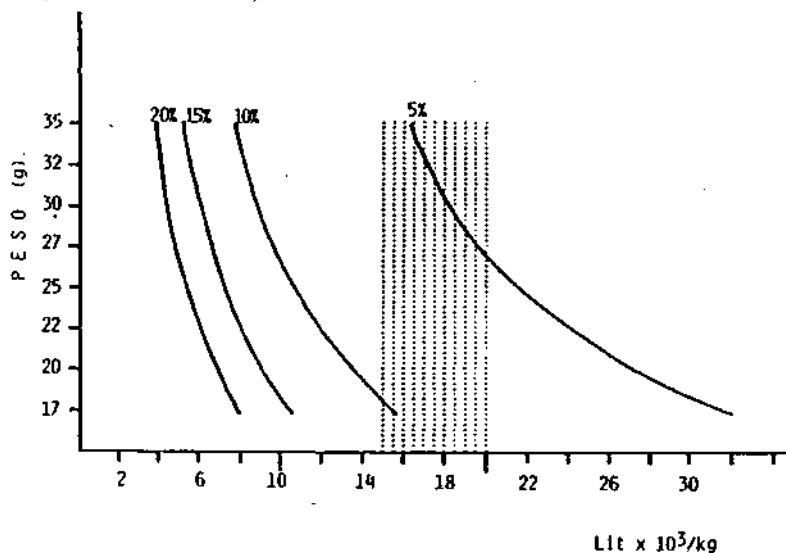
Fig. 2 - (A) Andamento dei raccolti di *Sepia officinalis* nel lago di Lesina in relazione alle semine di uova. Non vengono riportate le annate in cui non è stato pescato il Cefalopode a fronte di semine di uova effettuate (da PALMEGLIANO & SEQUI, 1984). - (B) Andamento dell'accrescimento di *Sepia officinalis* nel lago di Lesina (da PALMEGLIANO & SEQUI, 1984).

La Tab. 4 riporta i dati relativi agli interventi di semina nel Lago di Lesina con le percentuali di recupero, delle quantità totali di pescato, del numero totale di esemplari seminati e raccolti. Il recupero di gamberi è risultato mediamente del 25,3%, giudicabile come valore altamente positivo.

Tab. 4 - Dati relativi agli interventi di semina di *Penaeus japonicus* nella Laguna di Lesina (1981-1985) {da: LUMARE, 1987a).

Località	Anno	N. esemplari seminati	Taglia iniziale		N. esemplari pescati	Taglia finale		Recupero (%)	Totale pescato (kg)
			Peso (g)	Lt (cm)		Peso (g)	Lt (cm)		
Laguna Lesina	1981	37.000	0,027	1,34	8.750	37,7	17,0	23,6	215
	1982	389.400	0,056	1,72	126.621	36,7	16,7	32,5	2.992
	1983	46.820	0.062	1,94	11.705	30,0	15,5	25,5	328
	1984	258.377	0,029	1,55	64.594	35,0	16,5	25,0	1.937
	1985	294.035	0,013	1,20	60.000	23,6	14,4	20,4	1.200

La Fig. 3 riporta le curve dei costi di produzione in funzione delle percentuali di recupero. Per la curva del 20 % risulta che il costo di produzione varia tra le 4.000 e 8.000 Lit/kg, ovvero ampiamente al di sotto della soglia limite di convenienza (LUMARE, 1987 b).



**Fig. 3** - Curve dei costi di produzione di *Penaeus japonicus* negli interventi di ripopolamento in funzione delle percentuali di recupero e delle taglie finali. Il costo di produzione del novellarne (PI.22) è stato valutato pari a Lit. 27/unità. La soglia di convenienza del prodotto si colloca nell'intervallo delle 15.000-20.000 Lit/kg e fluttua in funzione dell'andamento della richiesta di mercato. Nelle condizioni considerate un recupero del 5% può essere accettabile solo per taglie superiori.

## Conclusioni

Nel complesso la produzione ittica della laguna si è sensibilmente ridotta nel periodo compreso tra il 1951 e 1984, con sporadiche fluttuazioni ascrivibili anche ad interventi di semina di novellarne selvatico (ceche ed avannotti). DE ANGELIS (1964) riporta, per un periodo antecedente (1935-1949) a quello da noi considerato, una resa media di circa 126 kg/ha/anno. I dati da noi raccolti indicano una situazione altamente peggiorata, sebbene i valori riportati siano stati aumentati del 20%. Tale frazione è da attribuire al pescato non registrato essendo andato al consumo diretto.

L'attuale reddito dei pescatori nel Lago di Lesina rimane molto basso malgrado un lieve incremento nell'ultimo periodo cui corrisponde, tuttavia, un maggiore onere anche per l'acquisto di reti, in passato prodotte direttamente dalla categoria, e di carburante.

Accanto alle attività alieutiche ordinarie, la raccolta naturale dell'alga agarogena e gli interventi di semina di gambero imperiale potrebbero apportare un

contributo sensibile al miglioramento economico e sociale delle popolazioni gravitanti sulla laguna.

La raccolta di *Gracilaria* effettuata con semplici modalità risulta essere un'operazione molto vantaggiosa per due motivi, l'uno economico e l'altro ambientale. L'alga, infatti, assicura un reddito integrativo alla pesca ed alleggerisce l'ambiente dal carico trofico, agendo da accumulatore dei nutrienti presenti in laguna.

Relativamente alla semina di uova di seppia, i risultati ottenuti nel corso di un quinquennio mettono in evidenza una saltuarietà della produzione che appare conflittuale con la reale remuneratività dell'operazione.

La pratica di ripopolamento con mazzancolla (*P. japonicus*), infine, è caratterizzata da basso contenuto tecnologico e di rimando assicura margini di profitto estremamente interessanti. Uno studio propositivo di interventi programmati sulla produzione artificiale e la semina di 20 milioni di post-larve hanno evidenziato la possibilità di raccogliere 150 t di prodotto finito con un rapporto costi-benefici di 1 a 10. Ciò significherebbe un aumento occupazionale nella pesca di laguna di circa altri 200 capifamiglia con un incremento del reddito pro-capite di quasi 3 volte superiore all'attuale.

### Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare il sig. Gianni Casolino, Assistente Tecnico Professionale, per l'aiuto prestato nell' eseguire i grafici e la Sig.ra Lucia Longari, Assistente Amministrativa, per aver magistralmente dattiloscritto il lavoro.

### Summary

*The Lesina Lagoon is a shallow coastal lake (0.6 m depth) with an area of 5,100 h. It is connected to the Adriatic Sea by to canals. Its fishing yield gradually decreased from 1951 to 1984. The annual percentage composition of different species caught in the lagoon has been modified. From 1951 to 1955, the catch was characterized as follows: sand smelt (17.6%), sea bream (0.3%), sea bass (0.4%), other species (1.3%). From 1980 to 1984, the catch rates were as follows: sand smelt (43.4%), grey mullet (29.4%), eel (22.8%), sea bream (2.7%), sea bass (0.5%) and other species (1.2%).*

*Trials to increase the catch involved sowing Kuruma prawn (*Penaeus japonicus*) post-larve, cuttlefish (*Sepia officinalis*) eggs and harvesting the *Rhodophyte Gracilaria verrucosa*.*

## Bibliografia

DE ANGELIS R. (1964) - Il lago di Lesina. *Ministero Marina Mercantile, Memorie*, 9: 1-110.

LUMARE F. (1984) - Stocking trials of *Penaeus japonicus* Bate (Decapoda, Natantia) post-larvae in Lesina Lagoon (Southeast coast of Italy). In: *Management of Coastal Fisheries. Stud. Rev. GFCM*, 61 (2): 593-606.

LUMARE F. (1987a) - Il ripopolamento a Peneidi degli ambienti salmastri: un contributo alla loro gestione produttiva in Italia. *Bull. Ecol.*, 18 (2): 177-183.

LUMARE F. (1987b) - Shrimp-culture systems in Italy and economics. *International Aquaculture Symposium*. Instabul, Novembre 23-25, 1987 (in preparazione).

LUMARE F. & HIRAMATSU K. (1982) - Prova preliminare di semina di novellarne di *Penaeus japonicus* Bate (Decapoda, Natantia) nella Laguna di Lesina (costa sud-est italiana). *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 50 (suppl.): 243-248.

MAROLLA V. (1980a) - Nota preliminare su alcune caratteristiche chimico-fisiche della Laguna di Lesina nel biennio 1970-71. *Ist. Sfrutt. Biol. Lagune CNR Lesina, Rapp.*, 3: 1-23.

MAROLLA V. (1980b) - La Laguna di Lesina: condizioni chimico-fisiche durante l'anno 1975. *Ist. Sfrutt. Biol. Lagune CNR Lesina, Rapp.*, 4: 1-15.

PALMEGIANO G.B., D'APOTE M.P. (1983) - Combined effects of temperature and salinity on cuttlefish (*Sepia officinalis* L.) Hatching. *Aquaculture*, 35 (1983): 259-264.

SEQUI R., PALMEGIANO G.B. (1984) - Some alternative for the use of cuttlefish (*Sepia officinalis* L.) resources in coastal lagoons. In: *Management of Coastal Lagoons Fisheries*, Stud. Rev. GFCM 61 (2): 607-614.

TROTTA P. (1981) - On the Rhodophyta *Gracilaria confervoides* Grev. in Lesina Lagoon: field survey and in vitro culture. *Atti del Convegno Internazionale su Fitodepurazione e impiego delle biomasse prodotte*, 15/16 maggio 1981, Parma: 91-96.



P. MANNINI

C. VOLPI

Istituto Scientifico e Tecnico di Idrobiologia e Pesca  
Via dell'Ambrogiana 2, 57100 Livorno (Italia)

## NOTA SULLA PRESENZA E DISTRIBUZIONE DI ALCUNI CEFALOPODI DEL TIRRENO SETTENTRIONALE

### Abstract

Presence and distribution of Cephalopods in the northern Tyrrhenian Sea

*The presence and vertical distribution of 25 cephalopod species in the northern Tyrrhenian Sea is reported. Experimental data were obtained during a three-year research program whereby 148 standard hauls were taken to the 600 m depth.*

**Key-words:** Cephalopods, trawl-fishery, depth-distribution, northern Tyrrhenian Sea.

### Introduzione

La classe dei Cefalopodi riveste una notevole importanza, biologica e commerciale, destinata ad aumentare in funzione dello sviluppo delle ricerche su vari aspetti della biologia ed ecologia del gruppo. A livello mondiale è prevedibile che il prelievo commerciale, minore rispetto a quello delle specie ittiche, tenda ad aumentare in quanto lo sfruttamento di questa risorsa sembra essere al di sotto delle sue supposte potenzialità (Voss, 1983; CLARKE, 1983). Tutto ciò implica un approfondimento di quelle conoscenze bioecologiche e gestionali delle varie specie che sono attualmente incomplete e problematiche.

### Materiali e metodi

Con questa nota ci proponiamo di fornire un contributo alla conoscenza della teutofauna tirrenica attraverso considerazioni sulla presenza e la distribuzione batimetrica di 25 specie. I dati utilizzati sono stati ottenuti durante lo

svolgimento di 5 campagne di ricerca, effettuate con un motopesca a strascico dotato di una rete con maglie al sacco di 20 mm di lato.

Dette campagne sono state realizzate, in primavera ed estate, dal marzo 1985 all'aprile 1987 e condotte nella zona nord dell'Arcipelago Toscano. Il design di campionamento utilizzato è quello random stratificato. Sono state eseguite 148 cale diurne della durata standard di un'ora, nei piani infralitorale - circolitorale e batiale in un'area di 8475 kmq utili. I Cefalopodi hanno costituito circa 8% del pescato totale.

## Risultati

Le distribuzioni verticali delle specie presenti nell'area di studio sono proposte secondo il più recente elenco sistematico disponibile (BELLÒ, 1986), e rappresentate per Ordine nelle Figg. 1, 2 e 3.

Ordine Sepioidea Naef, 1916

Famiglia Sepiidae Leach, 1817

*Sepia officinalis* Linnaeus, 1758

Specie tipicamente litorale, è stata pescata in scarsa quantità da una profondità minima di 12 m ad una massima di 137 m nell'ambito, quindi, del suo range batimetrico noto.

*Sepia orbignyana* Ferussac in Orbigny, 1826

La specie si è rivelata molto abbondante, in particolar modo durante il primo anno di ricerca, con un totale complessivo di 1935 individui equivalente a 37.750 kg di pescato.

La fascia verticale in cui risulta più frequente è compresa tra 150 e 350 m; complessivamente *S. orbignyana* è stata reperita fra 80 e 470 m con un lieve incremento del suo limite noto di presenza nel piano batiale.

*Sepia elegans* Blainville, 1827

È presente nel circolitorale e nel livello superiore del batiale con un incremento delle catture durante i surveys estivi. È stata reperita da 25 a 285 m con maggior frequenza tra 60 e 120 m.

Famiglia Sepiolidae Leach, 1817

*Sepietta oweniana* (Orbigny in Ferussac & Orbigny, 1840)

Specie comune, dall'ampia distribuzione verticale, è stata da noi campionata da 90 a 580 m; costituisce numericamente la maggioranza dei Sepioidei catturati oltre la batimetrica dei 400 m. Durante l'estate abbiamo osservato dei notevoli addensamenti nella fascia compresa tra i 300 ed i 500 m.

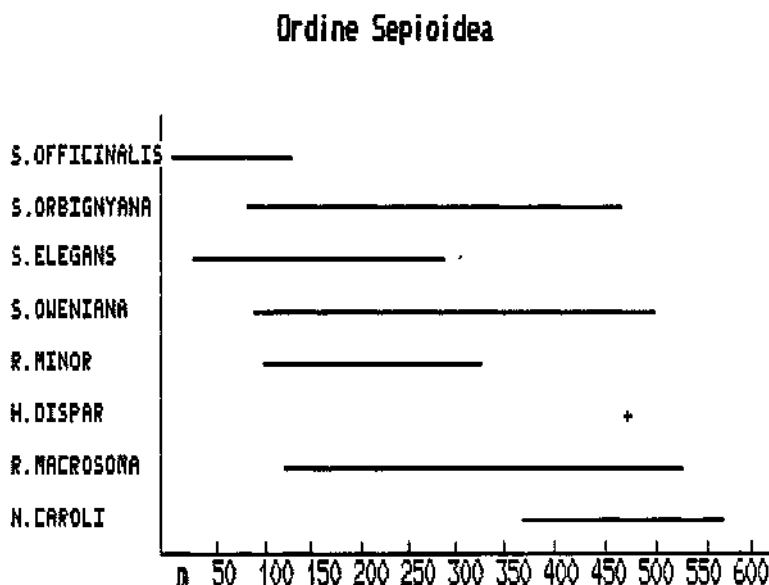


Fig. 1 - Distribuzione batimetrica delle specie appartenenti all'ordine dei Sepioidei.

*Rondeletiola minor* (Naef, 1912)

*R. minor* è considerata rara o quantomeno poco catturata nella zona da noi investigata e tale si è confermata con solo alcune decine di esemplari catturati fra i 100 ed i 330 m. È sempre stata raccolta insieme a *Sepietta oweniana*.

*Heteroteuthis dispar* (Rueppell, 1844)

Ne è stato catturato un solo esemplare alla profondità di 470 m. Probabilmente più che rara, *H. dispar* è non solo difficilmente catturabile a causa delle sue dimensioni ma anche specie non strettamente demersale (LUMARE, 1970).

*Rossia macrosoma* (Delle Chiaje, 1830)

Regolarmente presente sia in primavera che in estate tra 125 a 530 m nell'ambito della sua distribuzione nota. Non abbiamo osservato durante i campionamenti alcuna variazione batimetrica né alcuna tendenza a formare particolari addensamenti.

*Neorossia caroli* (Boletzky, 1971)

*N. caroli* occupa il livello superiore del sistema alitale di cui è un sicuro elemento faunistico. L'abbiamo sempre catturata in quantità non consistenti tra 370 e 570 m, sovrapponendosi a *Rossia macrosoma* nella metà inferiore del

range batimetrico di questa. Probabilmente *N. caroli* è ancora presente, a differenza di *R. macrosoma*, a maggior profondità oltre la batimetrica dei 600 m da noi, però, non investigata.

Ordine Teuthoidea Naef, 1916

Famiglia Loliginidae Lesueur, 1821

*Loligo vulgaris* Lamarck, 1798

È stato catturato dai 12 ai 275 m, per altre zone del Mediterraneo viene segnalato a profondità ben maggiori (DIEUZEIDE, 1955; 1957), comunque nella nostra area si conferma come specie prevalentemente neritica. In estate gli individui non maturi determinano un addensamento della specie nella fascia (20-60 m) di transizione tra i piani infra e circalitorale.

*Loligo forbesi* Steenstrup, 1856

*Loligo forbesi* è sempre stato reperito durante le 5 campagne di ricerca anche se in numero assai esiguo. Si è rivelato comunque una entità faunistica certa della fascia batimetrica compresa tra i 100 ed i 285 m. È forse specie meno rara di quanto finora ritenuto (BOLETZKY & MANGOLD, 1985); dai M/P di Livorno vengono pescati nei mesi invernali individui non maturi ad una profondità di circa 200 m, talvolta chiamati «calamaretti di profondità».

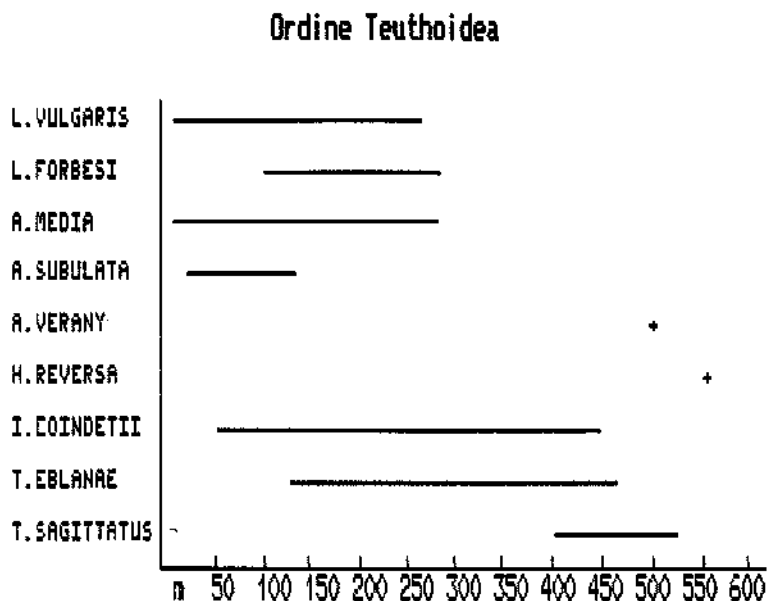


Fig. 2 - Distribuzione batimetrica delle specie appartenenti all'ordine dei Teutoidei.

*Alloteuthis media* (Linnaeus, 1758)

È una specie costiera reperita in quantità numericamente consistenti (2379 esemplari campionati durante i 5 surveys) comune nelle catture effettuate tra 12 e 285 m. Nei mesi primaverili abbiamo osservato una tendenza al raggruppamento d'individui maturi o in maturazione nell'intervallo di profondità compreso tra 12 e 80 m. In estate permane una tendenza in tal senso ma si nota inoltre un evidente fenomeno di addensamento di giovani tra 150 e 285 m.

*Alloteuthis subulata* (Lamarch, 1798)

Sono stati catturati pochi esemplari di questa specie e sempre durante i mesi primaverili tra 20 e 145 m, insieme ai Cefalopodi caratteristici di questa fascia e in particolare ad *A. media* con cui talvolta può essere confusa. In ogni caso *A. subulata* è specie rara o poco catturata dalla rete a strascico.

## Famiglia Enoploteuthidae Pfeffer, 1900

*Abralia verany* (Rueppel, 1844)

Abbiamo raccolto un solo esemplare di *A. verany* in estate alla profondità di 500 m, ciò può dipendere da fatto che trattandosi di una specie pelagica di profondità non sia facilmente catturabile da un attrezzo con le caratteristiche operative della rete a strascico (JEREB & RAGONESE, 1986).

## Famiglia Histiototeuthidae Verrill, 1881

*Histiototeuthis reversa* (Verrill, 1980)

Ne è stato catturato un unico esemplare in primavera alla profondità di 555 m, valgono anche in questo caso le considerazioni effettuate per *Abralia verany*. La presenza di *H. reversa* nella dieta di predatori bento-pelagici quali *Galens melastomus* e *Etmopterus spinax* (WURIZ & PALUMBO, 1985) può essere indicativa di una frequenza della specie maggiore di quella ricavabile dai dati in nostro possesso.

## Famiglia Ommastrephidae Steenstrup, 1857

*Illex coindetii* (Verany, 1839)

Regolarmente presente in primavera ed estate nell'ambito batimetrico noto Per la specie. In primavera compaiono femmine di grossa taglia con la presenza di spermatofore internamente al mantello. È stato pescato tra i 50 ed i 450 m, con maggiore frequenza da 130 e 230 m.

*Todaropsis eblanae* (Ball, 1841)

*T. eblanae* è stato campionato in quantità non molto consistenti (meno di 100 esemplari) nel livello inferiore del circolitorale e soprattutto nella parte superiore del batiale, con una presenza maggiore in primavera rispetto

all'estate. Abbiamo ottenuto un range batimetrico esteso da 135 a 470 m con la frequenza di cattura più elevata tra 150 e 280 m.

*Todarodes sagittatus* (Lamarck, 1798)

È assai controversa la definizione, di questa specie come pelagica o demersale, senz'altro viene catturata in notevole quantità ed anche con la rete a strascico in Atlantico (WIBORG & BECK, com. pers.). Durante le cale effettuate nella nostra zona sono stati campionati soltanto 7 esemplari nell'orizzonte superiore del piano batiale tra 400 e 530 m.

Ordine Octopoda Leach, 1818

Famiglia Octopodidae Orbigny in Ferussac & Orbigny, 1840

*Octopus vulgaris* Cuvier, 1798

Specie tipicamente costiera appartenente, quindi, ai piani infra e circalitorale, la cui presenza è difficilmente valutabile tramite la rete a strascico in quanto *O. vulgaris* frequenta prevalentemente substrati rocciosi e misti sabbia roccia. Regolarmente presente in primavera ed estate tra 15 e 150 m, in particolare nella prima metà di tale intervallo.

*Octopus salutii* Verany, 1839

È comune nell'area considerata e mostra un'ampia distribuzione verticale da 100 a 530 m, senza particolari variazioni di distribuzione almeno tra primavera ed estate.

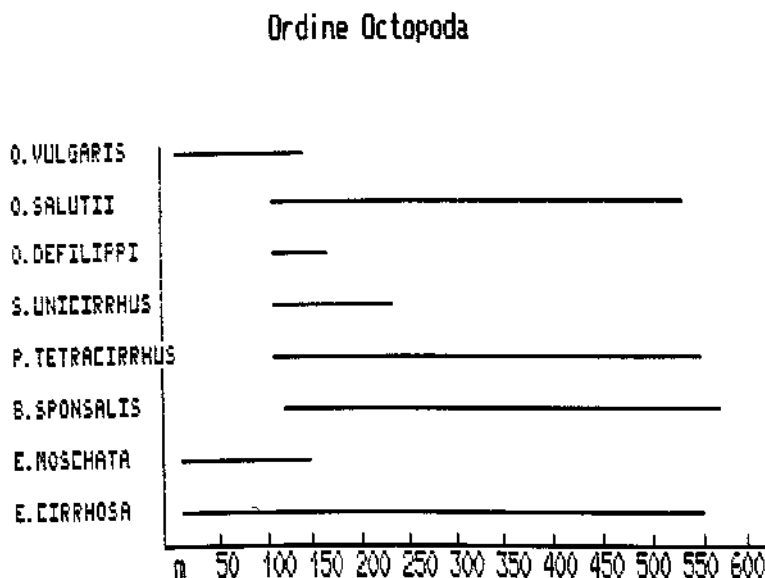


Fig. 3 - Distribuzione batimetrica delle specie appartenenti all'ordine degli Ottopodi.

*Octopus defilippi* Verany, 1851

*O. defilippi* è un ottopode decisamente poco conosciuto, considerato raro e tale ci risulta avendone catturati solo 4 esemplari sempre in mesi primaverili. Gli esemplari provengono da profondità comprese tra 100 e 160 m, indicando *O. defilippi* come appartenente al quadro faunistico del circalitorale. È possibile che abbia una notevole capacità di evitare la cattura; noi l'abbiamo sempre reperito «intrappolato» in grandi quantità di *Leptometra phalangium* nel sacco della rete.

*Scaevurgus unicirrhus* (Delle Chiaje in Ferussac & Orbigny, 1840)

La specie è da ritenere rara ed in questo caso non può essere ipotizzata come fattore causale la selettività dell'attrezzo, in quanto in altre zone del Mediterraneo è normalmente catturata, come abbiamo avuto modo di constatare direttamente. Nei 3 anni di ricerca ne sono stati pescati 9 esemplari tra i 100 ed i 240 m.

*Pteroctopus tetracirrhus* (Delle Chiaje, 1830)

*P. tetracirrhus* è presente dai 100 ai 550 m e probabilmente oltre. La quantità d'individui provenienti dal livello superiore del batiale indica questo ottopode come appartenente essenzialmente alla fauna di tale piano nonostante la sua distribuzione abbia una maggiore estensione.

*Bathypolypus sponsalis* (P. & H. Fischer, 1892)

Specie tipica del piano superiore del sistema afitale ha mostrato comunque un'estesa distribuzione verticale da 120 a 580 m anche se pochi sono gli esemplari provenienti al di sopra dei 300 m.

*Eledone moschata* (Lamarck, 1798)

Ottopode ben più raro e localizzato verticalmente del suo congenere *Eledone cirrhosa*; ne sono stati catturati un numero limitato di esemplari - poco più di 100 - tra i 15 ed i 150 m. Si conferma in questa zona specie tipicamente costiera dei piani infralitorale e circalitorale.

*Eledone cirrhosa* (Lamarck, 1798)

*E. cirrhosa* è risultato il Cefalopode più comune con ampia distribuzione spaziale. È una delle specie dal più esteso range batimetrico, presente da 15 a 550 m. In primavera il campionamento è risultato costituito principalmente da individui adulti, mentre in estate da giovani determinando rendimenti orari molto inferiori a quelli dei mesi primaverili.

## Conclusioni

Nel corso triennale della ricerca sono state reperite e determinate 25 specie di Cefalopodi, corrispondenti al 43% di quelle presenti nel Mediterraneo (BELLO, 1986). Non sono state osservate evidenti differenze stagionali di distribuzione, mentre in taluni casi (*S. oweniana*, *A. media*, *E. cirrhosa*) sono rilevabili variazioni quantitative tra primavera ed estate all'interno di determinate fasce dell'intervallo batimetrico specifico. Alcune specie risultano per l'abbondanza e valore commerciale necessariamente meritevoli di maggiori conoscenze biologiche e popolazionistiche.

## Summary

*Cephalopod species are of a remarkable biological and commercial importance, being a conspicuous component of the commercial fisheries catch. Quite often, the availability of data regarding biological characteristics of these species does not match their economic and ecological importance. The purpose of this note is to increase the knowledge concerning the Tyrrhenian Cephalopods as regards the presence and vertical distribution of 25 species.*

*Data from a five-year trawl-survey carried out in the northern Tyrrhenian Sea from March 1985 to April 1987 are analyzed. One-hundred forty-eight diurnal hauls down to the 600 m depth were performed. Each haul was of one hour in duration. The surveyed area was 8500 km<sup>2</sup>.*

*Abundance values per depth were investigated for the most common species and characteristic depth-distributions were defined. For rare species, only the depth range of occurrence is reported.*

*Few species show quantitative variations between spring and summer. The information reported in this paper extends the known bathymetric range of distribution for these species.*

## Bibliografia

BELLO G. (1986) - Catalogo dei Molluschi Cefalopodi viventi nel Mediterraneo. *Boll. Malacologia*, 22: 197-214.

BOLETZKY S.V., MANGOLD K. (1985) - *Loligo forbesi* in the north western Mediterranean (Mollusca, Cephalopoda). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 29 (8): 245-246.

CLARKE M.R. (1983) - Cephalopods biomass - Estimation from predation. *Mem. Natl. Mus. Victoria*, 4: 95-107.



DIEUZEIDE R. (1955) - Recherches sur les fonds chalutables de la region d'Alger. *Stat. Aquicult. Pêche*, Castiglione, 7: 7-86.

DIEUZEIDE R., ROLAND J. (1957) - Prospections des fonds chalutables des côtes algérienne. Recherches de nouvelles zones (années 1956-1957). *Stat. Aquicult. Pêche*, Castiglione, 9: 11-31.

JEREB P., RAGONESE S. (1986) - *Abralia veranyi* within the northern part of the Pelagian Sea. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, 30 (2): 247.

LUMARE F. (1970) - Note sulla distribuzione di alcuni Cefalopodi nel Mar Tirreno. *Boll. Pesca. Idrobiol.*, 25 (2): 313-344.

VOSS G. L. (1983) - A review of cephalopods fisheries biology. *Mem. Natl. Mus. Victoria*, 44: 229-241.

WURTZ M., PALUMBO F. (1985) - Notes on the role of cephalopods in the bathyal food-webs of the Ligurian Sea. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, 29 (8): 227-230.

G. MATRICARDI

M. TUFANO

M. WURTZ

Istituto di Anatomia Comparata dell'Università,  
Viale Benedetto XV 5, 16132 Genova (Italia)

## CONSIDERAZIONI SULLE TECNICHE DI ANALISI DELLE DISTRIBUZIONI LUNGHEZZA/FREQUENZA

### Abstract

Some consideration about length/frequency analysis techniques

*The length/frequency histogram decomposition methods are widely used to determine the age of marine fishes and invertebrates. Some of these methods were test on simulated data sets to investigate their accuracy and sensitivity. Data on Eledone cirrhosa and Merluccius merluccius from the northern Tyrrhenian Sea were then examined to estimate the age structure of these populations.*

**Key-words:** Age, size/frequency data, length/frequency analysis, population dynamics.

### Introduzione

Le tecniche di analisi delle distribuzioni taglia/frequenza (T/F) sono un metodo comunemente usato per studi sulla dinamica di popolazione di specie di vertebrati ed invertebrati marini. Tali tecniche risultano particolarmente utili qualora le altre metodiche di ricostruzione della struttura d'età della popolazione in esame presentino difficoltà di applicazione; la sopravvivenza del soggetto alle fasi di cattura e marcatura o il reperimento e la corretta lettura di strutture scheletriche in cui siano evidenziabili ritmi stagionali di accrescimento sono problemi che rendono spesso poco efficienti le metodiche che si basano su tali dati, specie se si opera su invertebrati (DEBOUZIE, 1978; CHANG, 1982). Molti sono gli algoritmi proposti per l'analisi delle distribuzioni taglia-frequenza in campioni estratti da una popolazione. Alcuni operano una sorta di interpretazione grafica dei dati raccolti (BUCHANAN-WOLLASTON & HODGSON, 1929; CASSIE, 1950; TANAKA, 1962; BHATTACHARYA, 1967). Per una analisi della distribuzione mediante tali tecniche occorre prima stabilire la forma matematica delle sue sin-

gole componenti; in campo biologico è pratica comune assumere tali componenti come distribuzioni normali, o facilmente trasformabili in normali (MACDONALD & PITCHER, 1979). Da un punto di vista più strettamente matematico il problema diventa quindi quello di risolvere una mistura di distribuzioni normali nelle sue singole componenti, ed è studiato da molto tempo in statistica. In generale, il vantaggio delle tecniche grafiche è quello di poter essere utilizzate senza una conoscenza a priori del numero delle componenti presenti nel campione, informazione che è invece indispensabile per l'applicazione di un metodo matematico iterativo. D'altra parte i metodi matematici, data la loro base più rigorosa, sono preferibili per le migliori stime che da essi si ottengono.

Nonostante l'impiego sempre più diffuso delle tecniche descritte, scarsi sono i lavori di verifica di tali metodi che ne evidenzino l'accuratezza e la sensibilità ai dati cui sono applicati, permettendo all'utente di scegliere la tecnica di analisi più appropriata alla base di dati di cui dispone (ROSENBERG & BEDDIGTON, in stampa; GRANT, *et al.*, 1987).

Nel presente lavoro si sono scelte, fra le varie metodiche descritte in letteratura, quelle che offrono i maggiori vantaggi di efficienza e semplicità e si è indagato su alcuni loro limiti.

## Materiali e metodi

La strategia adottata in questo lavoro è stata quella di utilizzare, per l'analisi delle distribuzioni T/F, in un primo momento un metodo grafico, dal quale ricavare le stime dei parametri descrittivi delle componenti identificate nella mistura; questi sono introdotti successivamente come inputs di partenza per il metodo matematico che provvederà a raffinare la procedura di scomposizione. Per quel che riguarda il metodo grafico, si è preferito quello di BHATTACHARYA (1967), ritenuto anche da altri autori il più soddisfacente (EVERITT & HAND, 1981). Fra le diverse procedure matematiche iterative si è optato per quelle di «maximum likelihood», date le migliori proprietà degli stimatori di queste rispetto agli stimatori di altri metodi. Più precisamente è stato scelto l'algoritmo «steeps descent» (HASSELBLAD, 1966), essenzialmente una applicazione particolare dell'algoritmo EM, uno dei più efficienti di questa categoria (DEMPSIER, *et al.*, 1977). Si è dimostrato utile provare anche altri metodi matematici di analisi alternativi alla massima verosimiglianza - ad esempio un metodo di minimizzazione dei quadrati (AKAMINE, 1982) - e confrontare in seguito i risultati ottenuti. Gli algoritmi utilizzati per la programmazione dei metodi matematici sono stati tratti da AKAMINE (1982, 1987) e opportunamente modificati per essere trasportati su un personal computer APPLE IIe.

In questo lavoro si è scelta la lunghezza dell'individuo quale parametro di taglia data la maggior facilità di misura in campo rispetto ad una valutazione del peso.

Il sistema di analisi così concepito è stato inizialmente testato su campioni casuali ottenuti da misture di distribuzioni normali generate al calcolatore. Come test statistico per valutare la risposta del metodo sulla base delle frequenze simulate e di quelle ricostruite in base alle componenti delle misture identificate, è stato utilizzato il  $\chi^2$ ; la probabilità di errore considerata per respingere l'ipotesi nulla era 0,05.

Il sistema è stato quindi impiegato su dati sperimentali: distribuzioni lunghezza/frequenza (L/F) di *Eledone cirrhosa* e *Merluccius merluccius*, due specie di interesse commerciale del Mar Tirreno settentrionale. I dati relativi al moscardino (espressi in lunghezza dorsale del mantello, separati per sesso) derivano da catture mensili realizzate con rete a strascico dal 1980 al 1981 al largo della costa ligure di levante tra Genova e Punta Mesco, a profondità variabili tra 50 e 450 metri (PALUMBO & WURTZ, 1983-84). I dati relativi al teleosteo (espressi in lunghezza totale) provengono da 4 serie di catture con rete a strascico, a profondità variabile tra 0 e i 700 m, nella primavera e nell'estate degli anni 1985 e 1986, nell'ambito di un survey per la valutazione delle risorse demersali del Mar Ligure occidentale. I dati sono stati cortesemente messi a disposizione della Cooperativa C.B.M. di Genova.

## Risultati

Della serie di prove effettuate sottoponendo al sistema di analisi descritto in precedenza distribuzioni lunghezza/frequenza simulate, riportiamo qui due casi che ci sono parsi particolarmente significativi per comprendere l'efficacia ed i limiti delle tecniche impiegate.

Nel primo caso, un campione ( $N=500$ ) è stato estratto da una mistura di tre curve normali fra loro avvicinate ( $m_1 = 4.0$ , s.d.<sub>1</sub> = 1.0;  $m_2 = 6.0$ , s.d.<sub>2</sub> = 1.0;  $m_3 = 8.5$ , s.d.<sub>3</sub> = 1.5) rispetto all'intervallo di classe unitario prescelto per raggruppare i dati di lunghezza (Fig. 1). Nella risultante mistura la componente centrale risulta mascherata dalle altre due. L'applicazione del metodo grafico, ripetuta sulle frequenze residue di una prima analisi, permette di identificare anche se con una certa approssimazione tutte e tre le componenti; l'algoritmo matematico aggiusta poi le stime dei parametri descrittivi delle curve risultanti e delle proporzioni di mistura a queste appartenenti su valori molto prossimi a quelli imposti in fase di simulazione (Tab. 1). L'adattamento delle frequenze cumulate calcolate sulla base dei risultati ottenuti è soddisfacente ( $\chi^2 = 2,77$  con 3 g.l.).

Nel secondo caso è stato esaminato un campione ( $N=100$ ) estratto da una mistura di due distribuzioni normali con medie ben separate ( $m_1 = 6.0$ , s.d.<sub>1</sub> = 2.0;  $m_2 = 10.0$ , s.d.<sub>2</sub> = 1.0), ma imponendo che la prima distribuzione fosse fortemente troncata verso sinistra (Fig. 2). Un confronto tra il metodo di massima verosimiglianza e il metodo dei minimi quadrati proposto da AKAMINE (1982) - entrambi impiegati come aggiustamento delle stime ricavate dal metodo di

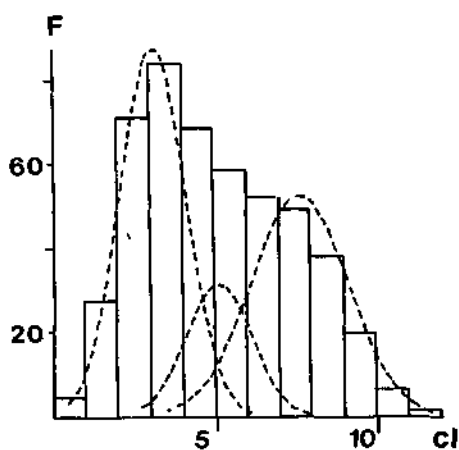


Fig. 1 - La mistura di 3 normali relativa al primo esempio riportato nel testo e, sovrapposto, l'istogramma corrispondente. F = frequenze; cl = classi di grandezza.

Tab. 1 - Analisi della distribuzione L/F di Fig. 1. In A sono riportati i parametri che identificano la mistura nota, in B quelli calcolati. M = media, D.S. = deviazione standard, P = proporzione di mistura.

A			Curve	B		
1	2	3		1	2	3
4,00	6,00	8,50	M	3,99	5,90	8,17
1,00	1,00	1,50	D.S.	0,89	0,69	1,44
0,416	0,208	0,376	P	0,42	0,13	0,45

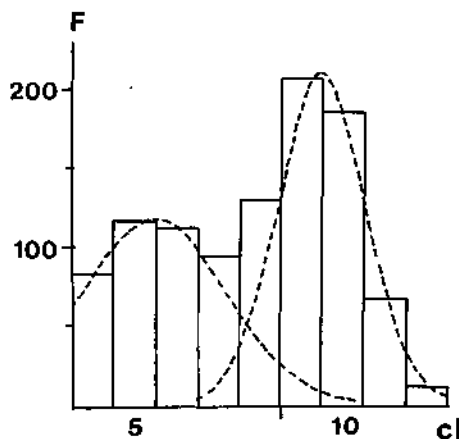


Fig. 2 - La mistura di 2 normali (secondo esempio nel testo) e l'istogramma corrispondente. Sigle come in Fig. 1.

Tab. 2 - Analisi della distribuzione L/F di Fig. 2. In A sono riportati i parametri che identificano la mistura nota, in B quelli calcolati con il metodo di Hasselblad e in C quelli calcolati con il metodo dei minimi quadrati. Sigle come in Tab. 1.

A		Curve	B		C	
1	2		1	2	1	2
6,00	10,00	M	5,87	9,67	5,94	9,90
2,00	1,00	D.S.	1,02	1,18	1,71	1,06
0,50	0,50	P	0,35	0,65	0,47	0,53

BHATTACHARYA, 1987 - mostra come il secondo sia più valido in casi del genere (Tab. 2). Il metodo della massima verosimiglianza tende infatti a comprimere la curva, riducendone la deviazione standard per costringerla nell'intervallo imposto al campione. Con l'algoritmo « least squares » invece, la stima dei pa-

rametri descrittivi delle due componenti della mistura e l'adattamento delle frequenze cumulate ottenute a quelle imposte per la simulazione risulta più che soddisfacente ( $\chi^2 = 1.05$  con 3 g.l.).

Anche i dati sperimentali che sono stati esaminati (Tabb. 3-4) presentavano alcune caratteristiche utili per indagare sull'efficienza dei metodi impiegati: prolungato reclutamento, carenza di distinzione tra sessi, alta incidenza numerica dei giovani sessualmente indeterminati.

**Tab. 3** - *Eledone cirrhosa*: dati sperimentali provenienti da campionamenti effettuati fra aprile 1980 e ottobre 1981 in mar Ligure.

**MASCHI**

	4/80	6/80	7/80	9/80	11/80	12/80	1/81	4/81	6/81	7/81	8/81	10/81
3,5	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
4,5	-	11	-	3	-	1	-	-	2	-	-	12
5,5	-	16	-	10	16	14	1	1	5	-	-	24
6,5	6	8	-	13	5	35	9	-	3	1	18	17
7,5	20	8	3	16	22	23	25	-	-	5	7	9
8,5	34	4	8	1	14	12	25	4	1	10	3	2
9,5	13	13	8	2	7	11	24	5	-	20	2	6
10,5	3	10	4	-	5	2	11	1	-	1	1	1
11,5	-	3	4	-	3	-	2	-	-	-	1	-
12,5	-	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-
13,5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14,5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**FEMMINE**

[illegible]

Tab. 4 - *Merluccius merluccius*: dati sperimentali provenienti da campionamenti effettuati fra aprile 1985 e settembre 1986 in mar Ligure.

	4/84	9/85	4/86	9/86		4/85	9/85	4/86	9/86
3,5	2	-	1	-	20,5	24	7	7	-
4,5	14	-	4	1	21,5	17	6	8	3
5,5	39	5	5	2	22,5	9	5	2	5
6,5	79	10	6	24	23,5	8	2	6	-
7,5	50	72	9	281	24,5	6	6	3	-
8,5	14	86	7	1010	25,5	3	2	-	-
9,5	7	70	16	1286	26,5	3	3	-	-
10,5	20	78	19	751	27,5	-	3	-	-
11,5	21	75	23	223	28,5	1	4	-	-
12,5	25	48	42	71	29,5	1	2	-	-
13,5	31	15	35	144	30,5	-	1	-	-
14,5	32	5	24	110	31,5	-	1	-	-
15,5	23	7	12	20	32,5	-	-	-	-
16,5	21	7	16	6	33,5	-	1	-	-
17,5	21	6	10	5	34,5	-	2	-	-
18,5	16	12	5	3	35,5	-	-	-	-
19,5	24	7	5	8	36,5	-	1	-	-

Il prolungarsi del periodo di reclutamento si traduce in una coorte multimodale che può interferire, mascherandole, con le frazioni di popolazione appartenenti a classi di età differenti. È il caso ad esempio di *E. cirrhosa*, caratterizzata da un periodo di schiusa delle uova che può eccedere i quattro mesi in primavera (BOYLE & KNOBLOCH, 1982). La brevità del ciclo vitale di questa specie (inferiore a due anni) costituisce un ulteriore elemento di difficoltà per l'analisi. Le tecniche di soluzione della mistura impiegate hanno comunque permesso di risalire alla struttura di età della popolazione senza problemi, ottenendo risultati comparabili con quelli di MORIYASU (1981) (Tab. 5) e di MANGOLD-WIRZ (1963) su stocks del Golfo del Leone. L'età massima da noi stimata è circa 18 mesi per i maschi e 21 mesi per le femmine, e si può ipotizzare che l'accrescimento degli individui si sviluppi secondo due alternative a partire dal reclutamento primaverile: per un gruppo ad accrescimento più rapido la deposizione e la morte cadono nel secondo anno di vita (12-15 mesi di età), mentre un secondo gruppo supera il successivo inverno senza maturare e contribuisce alla nuova deposizione (18-21 mesi di età).

**Tab. 5** - Ricostruzione della struttura d'età di *Eledone cirrhosa*. In A sono riportati i dati di MORIYASU (1981) e in B quelli calcolati in questo lavoro.

Età (mesi)	6	7	8	9	10	11	12	13
A M	5,22	5,77	6,26	6,69	7,07	7,41	7,72	7,98
A F	5,04	5,70	6,30	6,87	7,4	7,89	8,37	9,19
B M	-	5,67/5,86	6,26	6,37	6,37	-	7,03	7,23
B F	-	5,55/5,86	6,40/7,17	6,83	7,15	-	-	-
Età (mesi)	14	15	16	17	18	19	20	13
B M	8,22	8,43	8,62	8,79	8,94	-	-	
B F	9,57	9,92	10,25	10,55	10,84	11,10	11,35	
A M	-	-	-	8,30/8,86	-	9,89	-	
A F	-	-	-	9,19/9,55	-	-	11,79	

La mancata distinzione dei sessi è un altro fattore che può interferire con l'analisi delle distribuzioni L/F: ritmi di accrescimento diversi per maschi e femmine, se sommati, possono produrre falsi picchi modali e deviare l'analisi. I dati relativi a *M. merluccius* rispondevano a tali caratteristiche, oltre ad essere ulteriormente complicati dall'alta incidenza numerica dei giovani indeterminati e dal prolungato reclutamento della specie. La scomposizione delle distribuzioni L/F ha permesso di evidenziare, a partire da lunghezze superiori a 15 cm circa, componenti separate per la stessa classe di età, riconducibili ai due sessi. L'accrescimento ipotizzato è comparabile a quello riportato da OLIVER (1983) (Tab. 6) ed a quelli descritti, tramite la lettura di otoliti, da ORSI-RELINI *et al.* (1986) e ADELBERT (1981).

**Tab. 6** - Ricostruzione della struttura di età di *Merluccius merluccius*. In A sono riportati i dati di OLIVER (1983) e in B quelli calcolati in questo lavoro.

Età (anni)	0	1	2	3	4	5
A	-	12,00	19,80	26,30	31,80	36,50
B	6,49/9,38	11,19/13,82	16,84/22,89	28,00/28,50	30,75	34,70/42,00



## Discussione

Nell'affrontare l'analisi di distribuzioni taglia/frequenza di una specie, l'operatore si trova a dover scegliere fra due diverse strategie: l'assumere un determinato modello matematico per l'accrescimento della specie in esame e procedere quindi all'adattamento di tale modello ai dati sperimentali fino a giungere alla ricostruzione della struttura d'età della popolazione (vedasi ad esempio la procedura seguita dal programma ELFFAN di PAULY & DAVID, 1980 e le successive modificazioni), o l'assumere la normalità della distribuzione di frequenza di ciascuna classe di età attorno alla sua media e procedere alla scomposizione della risultante mistura di distribuzioni. Nel presente lavoro si è optato per la seconda scelta, caratterizzata da un minor numero di assunti vincolanti, e si è cercato di sommare i vantaggi offerti da una tecnica grafica (minor numero di inputs soggettivi) a quelli caratteristici delle procedure matematiche (maggior precisione delle stime finali).

Si è giunti così ad ottenere uno strumento a nostro giudizio valido per l'analisi dell'età di popolazioni di vertebrati ed invertebrati marini e particolarmente utile per gli studi sull'accrescimento, sulla produttività e, in generale, sulla dinamica di popolazione delle specie in esame. Il problema fondamentale resta comunque quello di stabilire il numero corretto di classi di età presenti nel campione; è senz'altro utile perciò integrare le analisi di cui si è discusso con la lettura di strutture ossee, quando possibile, anche perché con i metodi di analisi delle distribuzioni taglia/frequenza si stabilisce soltanto la differenza di età fra le diverse classi identificate ma non l'età assoluta.

Nonostante i risultati più soddisfacenti ottenuti sia sui dati simulati sia su campioni sperimentali, non va sottovalutato che il metodo grafico da noi usato per ottenere le stime di partenza necessarie all'algoritmo di HASSELBLAD (1966), introduce nell'analisi una certa dose di soggettività e quindi di possibile errore. Anche la ridotta taglia del campione esaminato può essere sorgente di errore (GRANT *et al.*, 1987), specie per il metodo di BHATTACHARYA (1967), per il quale d'altronde non è stata ancora definita statisticamente la numerosità minima per ogni classe di età campionata (PAULY & CADDY, 1985). L'analisi delle distribuzioni taglia/frequenza pertanto va condotta sempre sulla base di informazioni il più possibile approfondite sulla biologia della specie per evitare risultati matematicamente corretti ma privi di significato biologico.

## Ringraziamenti

Gli autori sono particolarmente grati alla Prof.ssa M.G. Maia ed al Dr. A. Belcastro del Dipartimento di Matematica dell'Università di Genova per la preziosa collaborazione offerta in fase di discussione delle tematiche trattate; un ringraziamento particolare va inoltre alla Dr.ssa N. Repetto della Coop. C.B.M. di Genova per aver messo a disposizione i dati sperimentali. Il presente lavoro è

stato svolto grazie a un finanziamento del Ministero della Pubblica Istruzione (60%).

## Summary

*In recent years there has been an increasing interest in the use of length-frequency information for stock assessment. Data on the number of age classes in a population of marine fishes or invertebrates and the proportion of the population in each class are of crucial importance for population dynamics. Among the numerous methods that can be used for age determination, length-based methods have the advantage of being based on measures easily taken even in animals that lack hard parts striated by ageing. Moreover, these methods are not time-consuming and are relatively simple. However, very few studies have tested their accuracy and sensitivity to the data set. We have tested a graphical estimation technique and a mathematical one (a maximum likelihood procedure) to summarize their performance in a flexible system of analysis. With graphical methods no initial estimate of the number of age classes in the sample is requested, even if these techniques introduce some subjectivity in the analysis. Mathematical methods, on the other hand, are more rigorous and give better estimates of the parameters of the components. In our tests on random samples taken from empirical mixtures of normal distributions, the system performed satisfactorily also in critical conditions; only in the case of a truncated distribution was it necessary to use an alternative mathematical procedure. The system was then applied to samples of fishes and invertebrates taken from the northern Tyrrhenian Sea. Sampled populations were characterized by a long recruitment period, by failure of sex determination and by a large number of juveniles, all of which are critical conditions for the analysis. The system performed well also in these analyses. Furthermore, this study stresses the importance of the sample size and of the sampling design for an acceptable result in the biological sense.*

## Bibliografia

- ADELBERT Y. (1981) - Contribution a la biologie du merlu du Golfe du Lion: premieres données sur la croissance. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 27: 47-48.
- AKAMINE T. (1982) - A BASIC program to analyse the polymodal frequency distribution into normal distributions. *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, 33: 163-166.
- AKAMINE T. (1987) - Comparison of algorithms of several methods for estimating parameters of a mixture of normal distributions. *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, 37: 259-277.
- BHATTACHARYA C. G. (1967) - A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. *Biometrics*, 23: 115-131.

- BOYLE P.R., KNOBLOCH D. (1982) - On growth of the octopus *Eledone cirrhosa*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 62: 277-296.
- BUCHANAN-WOLLASTON H.J., HODGSON W.C. (1929) - A new method of treating frequency in curves fishery statistics, with some results. *J. Conseil Int. Explor. Mer.*, 4: 207-225.
- CASSIE R.M. (1950) - The analysis of polymodal frequency distributions by the probability paper method. *N. Z. Sci. Rev.*, 8: 89-91.
- CHANG W.Y.B. (1982) - A statistical method of evaluating the reproducibility of age determination. *Can J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 1208-1210.
- DEBOUZIE D. (1978) - Etude critique de la methode des captures et recaptures multiples. In: *Biometric et ecologie*. Legay J.M. & Tomassone R. (eds), Société Française de Biometrie: 137-199.
- DEMPSTER A.P., LAIRD N.M., RUBIN D.B. (1977) - Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. *J. Royal Statist. Soc, Series B*, 39: 1-38.
- EVERITT B.S., HAND D.J. (1981) - *Finite mixture distributions*. Chapman and Hall: 1-143.
- GRANT A., MORGAN P.J., OLIVE P.J.W. (1987) - Use made in marine ecology of methods for estimating demographic parameters from size/frequency data. *Mar. Biol.*, 95: 201-208.
- HASSELBLAD V. (1966) - Estimation of parameters for a mixture of normal distributions. *Technometrics*, 8: 431-444.
- MACDONALD P.D.M., PITCHER T.J. (1979) - Age-groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 36: 987-1001.
- MANGOLD-WIRZ K. (1963) - Biologie des cephalopodes benthiques et nectoniques de la Mer Catalane. *Vie Milieu*, 13 (suppl.): 1-285.
- MORIYASU M. (1981) - Biologie des pêches de cephalopodes benthiques. Application aux Eledones, *Eledone cirrhosa* (Lam., 1798) du Golfe du Lion. *These Doctorat III.eme cycle, Univ. des Science et Techniques du Languedoc*, (F): 1-225.
- OLIVER P. (1983) - Les ressources halieutiques de la Mediterranée. Première partie: Méditerranée occidentale. *Stud. Rev. Gen. Fish. Coun. Méditerr.*, 59: 133.
- ORSI RELINI L., FIORENTINO F., CAPPANERA M. (1986) - The timing of recruitment of *Merluccius merluccius* in the Ligurian Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 30: 224.
- PALUMBO R., WURTZ M. (1983-84) - Osservazioni sulla distribuzione e riproduzione di *Eledone cirrhosa* (Lam. 1798) (Cephalopoda, Octopoda) in M. Ligure. *Nova Thalassia*, 6 (suppl.): 721-723.

PAULY D., CADDY J.F. (1985) - A modification of Bhattacharya's method for the analysis of mixture of normal distributions. *F.A.O. Fish. Circ.*, 781: 1-16.

PAULY D., DAVID N. (1980) - A BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. I.C.E.S. C.M./D7: 1-14.

ROSEMBERG A.A., BEDDINGTON J.R. (in stampa) - Monte Carlo testing at two methods for estimating growth from length frequency data with general conditions for their applicability. *Proceedings of the International Conference on the Theory and Application of length-based Methods for Stocks Assessment*, February 1985, Mazara del Vallo (I).

TANAKA S. (1962) - A method of analysing a polymodal frequency distribution and its application to the length distribution of the podgy, *Taius tumifrons* (T. and S.). *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 19: 1143-1159.

L. ORSI RELINI

B. FIDA

G. PALANDRI

Istituto di Zoologia dell'Università, Via Balbi 5, 16126 Genova (Italia)

OSSERVAZIONI SULLA RIPRODUZIONE  
DI *LEPIDOPUS CAUDATUS* (EUPHRASEN 1788),  
OSTEICH'THYES, TRICHIURIDAE, DEL MAR LIGURE

**Abstract**

Reproduction of *Lepidopus caudatus* in the Ligurian Sea

*The reproduction of Lepidopus caudatus (Euphrasen) was studied in samples collected in the Ligurian Sea by otter-trawl and long-line fishing. The fish presented: a) partial spawning over a period of several months; b) maturation of the bulk of the ovarian tissue that ends with the highest frequency in October-November. Maturative sizes and stages of ovarian maturation are described.*

**Key-words:** Reproduction, *Lepidopus*, Trichiuridae, Ligurian Sea.

**Introduzione**

I pesci del genere *Lepidopus* sono diffusi in tutti gli oceani nell'ampia fascia di latitudine corrispondente ai mari temperati. Sono pesci bentopelagici che frequentano la piattaforma e la scarpata, e risultano più frequentemente pescati tra 100 e 250 metri su fondi fangosi (PARIN, 1986).

*Lepidopus caudatus* del Mediterraneo appartiene alla specie o sottospecie nord-atlantica\*: è un pesce la cui biologia è ancora poco nota, dato che la lette-

\* Sulla base di accurate ricerche morfologiche e biometriche (MIKHAYLIN, 1977) è risultato che nel taxon *Lepidopus caudatus* (Euphrasen 1788) si possono individuare due entità sistematiche ben distinte: una presente nel Nord Atlantico (Canarie, Azzorre) e una del Sud Est (quest'ultima molto affine ad un'altra del Pacifico Meridionale): MIKHAYLIN (1977) assegna loro il rango di sottospecie, ma in base ai caratteri distintivi che fornisce si potrebbero anche riconoscere due specie. Sempre nell'Atlantico è stata di recente descritta la specie *Lepidopus dubius* (PARIN & MIKHAYLIN, 1981), per quanto è noto finora, distribuita sulla costa africana occidentale tra l'equatore e 14° 30'S. Anche nel Pacifico risultano tre entità: *Lepidopus caudatus* con la sottospecie meridionale già citata, affine a quella sud-atlantica, ma forse in via di separazione; *Lepidopus xantusi* (GOODE & BEAN 1896) e *Lepidopus calcar* (PARIN & MIKHAYLIN, 1982).

ratura disponibile per l'area mediterranea tratta in genere di uova e larve, e, in un caso, di contenuto di metalli pesanti (CRESCENTI *et al.*, 1985). Delle uova e delle larve ottenute con raccolte planctoniche nel Golfo di Napoli e nello Stretto di Messina, si occuparono RAFFAELE (1888), Lo BIANCO (1909), PADOA (1956) e SPARTÀ (1959): dalle loro note emerge la possibilità di ottenere tali stadi durante tutto l'anno, fatto che dovrebbe indicare una riproduzione continuata. Anche SCHMIDT & STRUBBERG (1918) esaminando le raccolte della spedizione danese nel Mediterraneo effettuata con la Thor nel 1910, trovarono uova e larve in 14 stazioni campionate da giugno a febbraio. D'altra parte in Adriatico il materiale del Kvar (1948-49) e di raccolte pluriennali successive (fino al 1971) studiato da KARLOVAC & KARLOVAC (1976) ha portato a constatare una maggiore densità di uova in estate ed autunno e una minima in febbraio. Il recente FNAM (PARIN, 1986) riporta indicativamente quest'ultimo dato per il Mediterraneo, aggiungendo che sulla costa nordafricana la riproduzione avviene alla fine dell'inverno-inizio della primavera.

Accingendoci a studiare la biologia di questo pesce in Mar Ligure, ci è parso che il primo argomento da affrontare fosse proprio quello della riproduzione. Questa nota fornisce notizie sulla distribuzione dei riproduttori, sul rapporto sessi, sulle taglie maturative e sui tempi e le modalità della deposizione; presenta una specifica scala di maturazione ovarica costruita a somiglianza di quelle di HOLDEN & RAITT (1974); ha un carattere preliminare e sarà seguita da osservazioni più dettagliate sulla maturazione ovarica, soprattutto sul piano istologico.

## Materiali e metodi

Gli esemplari da noi studiati sono stati raccolti sia mediante pesca a strascico eseguita nell'ambito del Programma del Ministero della Marina Mercantile «Valutazione delle risorse demersali» sia, per la maggior parte, con il palamito di profondità.

Nel primo caso sia nel 1985 che nel 1986 sono stati eseguiti due campionamenti, uno primaverile e uno estivo, per complessive 112 cale orarie collocate negli intervalli batimetrici 0-50 m, 50-100 m, 100-200 m, 200-450 m, 450-700 m, secondo un disegno di campionamento stratificato casuale (RELINI, 1985). L'area interessata era compresa tra Capo Arenzano e la foce del fiume Magra. Il peschereccio, di 38,75 t di stazza lorda e motore di 279 Hp aveva rete di 500 maglie da 14 mm di apertura al sacco.

Col palamito sono state campionate due zone: la prima e più importante come catture situata ai bordi della fossa del Bisagno tra 150 e 250 m, la seconda sulla scarpata del fronte sud del Promontorio di Portofino tra i 450 e i 550 m. Le giornate di pesca sono state 37 distribuite in tutti i mesi dell'anno escluso marzo.

Il palamito era armato con 300-500 ami del n° 8-10 innescati con sardina o acciuga; di questi circa la metà era normalmente dotata di terminale d'acciaio. Gli ami erano montati su brocchi di 1,5 m di lunghezza ciascuno, distanziati di circa 6 m l'uno dall'altro. Il palamito era solitamente appesantito ponendo pesi (anelli di catena), ogni 30-50 ami, per tutta la sua lunghezza. Il palamito veniva immerso nelle ore del mattino e cominciava a essere salpato circa due ore dall'inizio dell'immersione: pertanto gli ami rimanevano in acqua in periodo compreso tra 2 e 8 ore.

Appena tratti a bordo, o appena sbarcati, a seconda delle condizioni del mare, i pesci sono stati misurati come lunghezza totale e lunghezza standard; sono stati pesati e dissezionati per asportarne le gonadi. Queste ultime sono state pesate e poi conservate in formalina 10%. Sono stati eseguiti conteggi di uova mature presenti sia nelle sacche ovariche allo stato libero, sia nella trama ovarica.

Sono state eseguite misure degli ovociti allo stereomicroscopio da dissezione; come si preciserà in seguito, sulle caratteristiche morfologiche e sui diametri rilevati è stata costruita una scala di maturazione.

## Osservazioni e discussione

### *a) Catture a strascico. Individui immaturi*

Con la pesca a strascico effettuata nel ciclo di campionamento stratificato casuale tra 0 e 700 m, sono stati catturati sia individui isolati sia gruppi composti al massimo da una cinquantina di individui per cala oraria (tab. 1).

Le misure sono comprese tra 19 e 83 cm l.t., le gonadi sono risultate immature. Complessivamente si tratta di individui che, per le loro dimensioni, non

**Tab. 1** - *Catture orarie di piovani L. caudatus sui fondi strascicabili del Mar Ligure.*

Profondità	N. individui	Intervallo di lunghezza totale
m 120	45	29-72 cm
m 220	8	28,5-75 cm
m 40-70	7	19-35 cm
m 120	19	36-56,5 cm
m 220	53	21-83 cm
m 220-240	19	34,5-44 cm
m 140	36	36-48 cm

hanno alcun valore commerciale; bisogna tuttavia ricordare che con la pesca a strascico professionale si catturano sporadicamente anche individui più grandi, che vengono commercializzati.

*b) Catture coi palamiti. Taglie maturative*

Nelle catture coi palamiti le taglie dei maschi (172 individui) erano comprese tra 78,5 e 185 cm l.t., quelle delle femmine (308) tra 81 e 186 cm l.t.; con questo materiale sono state accertate le taglie maturative. La taglia riproduttiva minima, cioè quella corrispondente al più piccolo pesce ritrovato con gameti fluenti, è risultata pari a 92 cm l.t. nel maschio e a 120 cm l.t. nella femmina. La taglia maturativa al 50% della popolazione è risultata pari a 130 cm l.t. per la femmina; per i maschi non è stato possibile costruire un'ogiva di maturazione per la scarsità di individui delle taglie richieste; tuttavia nei pochi individui a disposizione si è constatato che per l'intervallo 78-87 cm l.t. i testicoli non sono maturi e nell'intervallo 92-97,5 sono tutti fluenti. KARLOVAC & KARLOVAC (1976) accennano a una fase adulta della popolazione adriatica che si presenta con due aggregazioni di taglie distinte: da 40/44 a 60/64 cm e da 115/119 a 125/129 cm di cui avrebbero rilevato le distinte deposizioni attraverso il reperto sincrono di uova planctoniche. Mancando uno specifico riferimento ad osservazioni sulle gonadi, riteniamo che la questione delle taglie maturative di *L. caudatus* dell'Adriatico richieda ulteriori accertamenti.

*c) Andamento dell'indice gonadosomatico medio*

I rapporti gonadosomatici sono stati calcolati utilizzando maschi a partire da 100 cm l.t. e femmine a partire da 130 cm l.t. La Fig. 1 a e b illustra l'andamento degli indici gonadosomatici medi (IGM) durante l'anno: nelle femmine i minimi si osservano a gennaio e febbraio con valori al di sotto di 1; ad aprile-maggio l'IGM è poco superiore a 1; a giugno-luglio è vicino a 2,5; ad agosto-settembre è vicino a 3. Nei due mesi successivi sale bruscamente a valori compresi tra 6,5 e 7 e a dicembre ritorna bruscamente intorno a 1.

Dagli indici gonadosomatici si evidenzia quindi un massimo riproduttivo autunnale. La gonade più sviluppata in assoluto è stata osservata in novembre in una femmina lunga 178 cm l.t.: la gonade pesava 641 g, conteneva per la maggior parte uova mature, e corrispondeva a un IG di 15,28.

La deposizione non è tuttavia limitata al bimestre ottobre-novembre ma, come si preciserà in seguito, si estende per almeno nove mesi (Fig. 2).

*d) Reperti di uova mature*

In tutti i mesi dell'anno - salvo marzo per cui non abbiamo campioni - abbiamo osservato la presenza di uova mature nella gonade indipendentemente dalla sequenza maturativa che sarà illustrata più oltre. Si tratta di singole uova



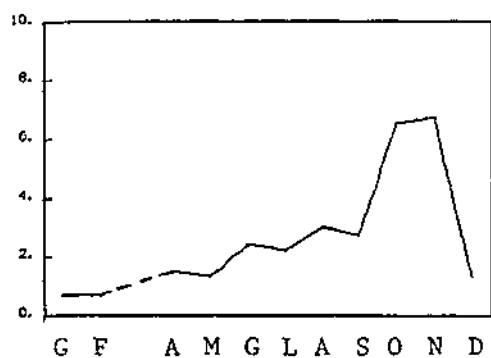


Fig. 1a - Andamento degli indici gonadosomatici medi nella popolazione femminile.

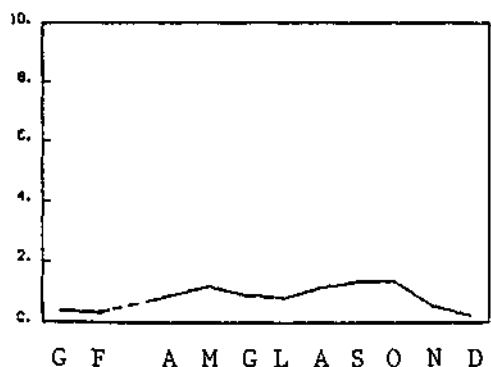


Fig. 1b - Andamento degli indici gonadosomatici medi nella popolazione maschile.

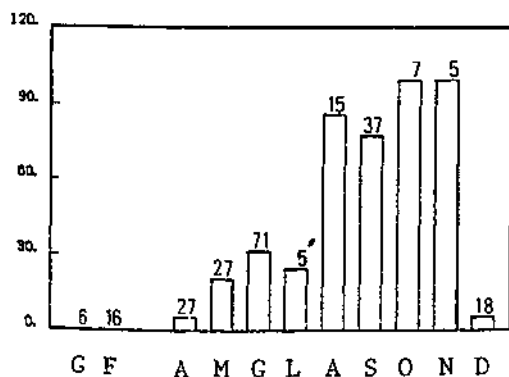


Fig. 2 - Distribuzione percentuale dei reperti di ovari negli stadi maturativi 4+5 nelle femmine di l.t.  $\geq 130$  cm. Sulle colonne il numero di individui esaminati.

all'apice delle lamine ovariche o di gruppi (da qualche decina a qualche centinaio) raccolti nella cavità dell'ovario. Le uova in questione sono sferiche, di circa  $1600 \mu\text{m}$  di diametro, trasparenti, cioè di aspetto «sano», e difficilmente possono essere interpretate come uova abortive o residue di precedenti ovulazioni; infatti sono state trovate in associazione con tutti gli stadi ovarici e non solo con quello della gonade esaurita.

Per quanto siano necessarie ulteriori osservazioni - che peraltro sono in corso su preparati istologici - per chiarire questo punto, l'ipotesi più probabile è

che queste uova derivino da episodi di maturazione parziale in seno al parenchima ovarico. Questi «focolai di maturazione» avrebbero un'evoluzione molto rapida e sarebbero quindi di difficile osservazione. In ogni caso la presenza prolungata di piccole quantità di uova libere, anche se il meccanismo fisiologico che ne sta alla base resta da chiarire, fa sì che *L. caudatus* si possa considerare un «partial spawner», almeno fino ad un episodio di maturazione massiva che conclude un determinato ciclo ovarico. Queste modalità riproduttive, combinate con quelle dei tempi di maturazione totale in seno alla popolazione di cui al paragrafo g) ben si accordano, come si vedrà, con i tempi di deposizione del maschio.

*e) Maturità dei maschi*

L'accertamento della maturità è immediato nei maschi in quanto nelle catture coi palamiti il 98,5% degli individui si presenta con gonadi fluenti in ogni periodo dell'anno: basta una lieve pressione dell'area preanale per osservare la fuoriuscita dello sperma.

*f) Stadi di maturazione ovarica totale*

Dall'osservazione di complessivamente 308 femmine catturate col palamito abbiamo individuato la seguente sequenza maturativa che porta alla maturazione sincrona della maggior parte del parenchima ovarico; come si è già detto la presenza di uova mature è molto frequente e spesso indipendente dalla serie che segue.

1 - ovari immaturi - All'osservazione macroscopica si presentano come gonadi di cui è impossibile riconoscere il sesso perché non si distinguono uova; allo stereomicroscopio queste appaiono incolori.

2 - ovari all'inizio della vitellogenesi - Cominciano ad assumere un colore rosa-arancio e il parenchima appare granuloso. Allo stereomicroscopio si presentano a lamine compatte in cui si distinguono uova di dimensioni varie, di cui le più grandi, di circa 300  $\mu\text{m}$  di diametro, contengono tuorlo giallo.

3 - ovari in maturazione - Appaiono turgidi, colorati in giallo-arancio, con uova ben visibili. Allo stereomicroscopio si individua una popolazione di ovociti di cui i più grandi, con punte di circa 500  $\mu\text{m}$  di diametro, tendono a confinare gli altri alla base delle lamine ovariche.

4 - ovari quasi maturi - Il colore è più intenso del precedente, fino al rosastro. Le uova più grandi hanno raggiunto il diametro di circa 1000  $\mu\text{m}$  e si trovano verosimilmente alla fine della vitellogenesi perché con un ulteriore incremento di diametro diverranno trasparenti. Allo stereomicroscopio si osserva che talora queste grosse uova presentano un polo vascolare. Sono inoltre presenti uova gialle di taglia intermedia (400-500  $\mu\text{m}$ ) e uova minori biancastre (fino a 200  $\mu\text{m}$ ) confinate negli spazi connettivali.

5 - ovari maturi - Mostrano piccole aree discontinue giunte a completa maturazione, cioè formate da uova di 1500-1700  $\mu\text{m}$ , trasparenti, fornite di goccia oleosa. In un caso il processo maturativo è apparso completo, con quasi tutto il volume dell'organo (oltre 700 cc) occupato da uova trasparenti: abbiamo già fornito l'I.G. di questa gonade al paragrafo c).

6 - ovari esauriti - in ripresa - L'ovario di recente svuotato o in recupero precoce si presenta con una membrana molto ispessita (a volte contratta a fisarmonica) che delimita uno spazio vuoto attorno al parenchima. In questo le uova sono molto piccole, incolori ma spesso circondate da granuli pigmentati in giallo situati nel connettivo adiacente, verosimilmente espressione del recupero o dell'accumulo di riserve.

### **g) Tempi della maturazione totale**

Gli stadi descritti al paragrafo precedente (ovari 1-6) si presentano con andamento stagionale nella maggior parte della popolazione: in particolare le fasi 4 e 5 hanno il massimo di frequenza in ottobre-novembre (Fig. 2). Tuttavia una maturazione completa, per quanto in percentuale ridotta, può avvenire da aprile a dicembre.

Ricordiamo che Lo BIANCO (1909) riferì che «quasi ogni anno da ottobre a febbraio l'adulto entra nel nostro Golfo e ne fa una pesca speciale con i Palangresi...; essa ha luogo in acque profonde varie centinaia di metri...»; PADOA (1956) aggiunse che «probabilmente questo avvicinarsi alla costa coincide con l'epoca dell'acme della riproduzione».

In Liguria, specialmente in tempi recenti, è stata osservata la comparsa invernale di adulti di *L. caudatus* in acque costiere, dove sono state registrate catture anche coi tramagli e persino con la sciabica. Da quanto già esposto sui tempi della riproduzione, sembra che questa comparsa sia indipendente dal ciclo riproduttivo, ma si possa correlare piuttosto all'isotermia invernale della colonna d'acqua. D'altra parte coi Palangresi *L. caudatus* è catturabile tutto l'anno.

### **Conclusioni**

La popolazione ligure di *Lepidopus caudatus* è distribuita dalla piattaforma a oltre 500 metri, con i giovani soprattutto in acque circolitorali ed epibatiali e gli adulti sia in prossimità dell'orlo della scarpata, sia alle maggiori profondità.

La riproduzione si estende per almeno tre stagioni. In essa sono stati individuati due aspetti: a) una deposizione parziale di piccoli gruppi di uova; infatti ovociti maturi sono stati ritrovati associati a stadi diversi di maturazione dell'ovario; b) un ciclo ovarico che arriva ad una deposizione totale (constatata in particolare attraverso il fortunato reperto di un ovario a uova fluenti corrispondente a oltre il 15% del peso corporeo). Questo ciclo non è sincrono in tutti gli individui della

popolazione perché la maturazione massiva dell'ovario, per quanto finora accertato, può avvenire da aprile a dicembre; per la maggior parte tuttavia avviene a ottobre-novembre. La deposizione totale è dunque preceduta da piccoli episodi maturativi di cui per ora è difficile precisare la frequenza. Considerati a livello di popolazione, i due processi assicurano a *Lepidopus caudatus* un elevato potenziale riproduttivo. Ulteriori ricerche sono in corso circa gli aspetti fisiomorfologici della maturazione e l'accertamento della fecondità totale.

### Summary

*The reproductive biology of Lepidopus caudatus (Euphrasen) was studied in specimens caught in the Ligurian Sea during otter-trawl samplings (Ministero Marina Mercantile Program «Valutazione delle risorse demersali», 1985-86) and mainly by long-line fishing (1986-87) in the Gulf of Genoa.*

*In the otter trawl-catches, which were obtained at depths between 0 and 700 m in a random-stratified sampling design, the fish were present as single specimens or small groups (to a maximum of 57lb) on muddy bottoms of the interval 50-250 m. All these fishes (19-83 cm t.l.) were immature.*

*The long lines, with 300-500 hooks size 8-10, baited with pilchard or anchovy, were laid in two stations, at 150-250 m on the side of the canyon of the River Bisagno, and at 450-550 m along the slope of the Portofino Promontory. Thirty-seven days of fishing produced 308 females and 172 males in the size range 78.5-186 cm t.l. Minimum reproductive size was 120 cm t.l. in the female and 92 cm t.l. in the male; 50% maturation was at 130 cm t.l. in the female and about 90 cm t.l. in the male.*

*The mean gonadosomatic index grows from April onward suggesting maximum spawning in the population during October and November. A maturative sequence of the ovaries ending in the massive spawning was described. Furthermore, all year round, small groups of mature eggs were found, which shows the fish is a partial spawner.*

### Bibliografia

CRESCENTI N., MARTELLA S., MARTINO G. (1985) - Concentrazione di cadmio e piombo in alcuni organi (cervello, fegato, gonade e muscolo) di *Lepidopus caudatus* (Euphrasen, 1788) in relazione ad alcuni fattori biotici. I. Primi risultati. *Oebalia*, XI (N.S.): 115-125.

HOLDEN M.J., RAITT D.F.S. (1974) - Manual of fisheries science. Part. 2 - Methods of resource investigation and their application. *FAO Fish Tech. Pap.*, 115 (Rev. 1): 214 p.

KARLOVAC J., KARLOVAC O. (1976) - Apparition du *Lepidopus caudatus* (Euphr.) dans toute les phases de sa vie en Adriatique. *Rapp. Comm. int. Mer Médit*, 23 (8): 67-68.

LO BIANCO S. (1909) - Notizie riguardanti specialmente il periodo di maturità sessuale degli animali del Golfo di Napoli. *Mitth. Zool. Stat. Neapel*, 19: 1-513.

MIKHAYLIN S.V. (1977) - The intraspecific variability of the frostfish *Lepidopus caudatus*. *J. Ichthyol.*, 17 (2): 201-210.

PADOA E. (1956) - Trichiuridae. In: Uova, larve e stadi giovanili di Teleostei. *Fauna e Flora del Golfo di Napoli. Monografia*, 38: 508-513.

PARIN N.V. (1986) - Trichiuridae. In: *FNAM (Fishes of the Eastern North Atlantic and Mediterranean) Unesco, Paris*, 2: 976-980.

PARIN N.V., MIKHAYLIN S.V. (1981) - A new species of cutlassfish, *Lepidopus dubius* (Trichiuridae), from the Eastern Tropical Atlantic Ocean. *J. Ichthyol.*, 21 (3): 1-8.

PARIN N.V., MIKHAYLIN S.V. (1982) - *Lepidopus calcar*, a new Trichiurid fish from the Hawaiian Underwater Ridge. *J. Ichthyol.*, 29 (1): 27-30.

RAFFAELE F. (1888) - Le uova galleggianti e le larve dei teleostei del Golfo di Napoli. *Mitth. Zool. Stat. Neapel*, 8: 1-84.

RELINI G. (1985) - Programme of the Italian Ministry of the Merchant Marine for the Demersal Resources Survey in the area 37/3. *FAO Fish. Rep.*, 336: 119-123.

SPARTÀ A. (1959) - Maturità sessuale, uova, sviluppo embrionale, larva alla schiusa ed al 2° giorno di vita di *Lepidopus caudatus*, con cenni sulle variazioni di peso specifico durante lo sviluppo embrionale. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 14 (1): 5-9.

SCHMIDT J., STRUBBERG A. (1918) - Mediterranean Bramidae and Trichiuridae. *Report on the Danish Oceanographical Expeditions 1908-1910 to the Mediterranean and adjacent seas*, 2 Biol: 1-15.

S. PACI                      A. CAU                      A.M. DEIANA                      S. SALVADORI  
Istituto di Zoologia dell'Università, V.le Poetto 1, 09100 Cagliari (Italia)

## OSSERVAZIONI SULLA BIOLOGIA DI *SOLEA VULGARIS* QUENSEL DELLA CLASSE D'ETÀ 0+ IN UN'AREA COSTIERA DELLA SARDEGNA

### Abstract

Remarks on the biology of juvenile forms of *Solea vulgaris* Quensel in a coastal area of Sardinia

*The reproductive period of Solea vulgaris Quensel goes from January to May. In March-June the post-larvae and the juvenile specimens initiate their trophic migration towards fresh water. The rate of growth, as demonstrated by the calculated parameters of size increase, is very high during the first year of life (~ 20 cm at the end of the year). When sexual maturity is attained, adults migrate to the sea.*

**Key-words:** *Solea vulgaris*, reproduction, growth, juveniles, Sardinian sea.

### Introduzione

In precedenti lavori (CAU & DEIANA, 1979, 1980-82a, 1980-82b, 1982, 1983; TORCHIO *et al.*, 1980a, 1980b), sono fornite notizie sulla biologia della riproduzione, sulla distribuzione batimetrica e sull'accrescimento lineare e ponderale di *Bathysolea profundicola* Vaili., *Solea kleini* Bp., *Monochirus hispidus* Raf., *Solea variegata* (Don.) e *Symphurus ligulatus* Cocco, del Mediterraneo centro - occidentale. Nel proseguimento delle indagini, tendente a completare una visione d'insieme della biologia dei Pleuronettiformi in quest'area, è stata presa in considerazione la sogliola comune, *Solea vulgaris* Quensel.

In questa nota sono considerati gli spostamenti trofici che la specie compie in acque interne, la riproduzione e l'accrescimento nel primo anno di vita. Le informazioni sulla biologia della classe d'età 0+ delle popolazioni naturali della sogliola comune sono frammentarie e del tutto assenti per l'area da noi considerata (mare di Sardegna). Infatti, le scarse notizie disponibili riguardano soprat-

tutto popolazioni di *S. vulgaris* ottenute per fecondazione artificiale (BRASOLA, 1974; RAMOS, 1977, 1986; GIRIN, 1978; FONDS, 1979; FUCHS, 1982). Numerosi dati, tra i quali citiamo solo i più recenti (SAN FELIU *et al.*, 1976; MARINARO *et al.*, 1979; GOUCHA & KTARI, 1979; RHOUMA & EL OUAER, 1982; PICCINETTI & GIOVANARDI, 1983), riguardano la biologia della riproduzione e l'accrescimento di questa specie in altre aree del Mediterraneo.

## Materiali e metodi

I prelievi sono stati effettuati nelle acque interne del golfo di Oristano e nel tratto di mare antistante la costa occidentale sarda. Per i prelievi in mare ci si è avvalsi di un motopeschereccio con reti a strascico che ha operato fra 5 e 100 m di profondità, mentre le raccolte nelle acque interne sono state eseguite con una tratta opportunamente zavorrata. I prelievi sono stati eseguiti con frequenza mensile dall'ottobre 1984 al luglio 1987.

Di ciascun esemplare, dopo fissazione in formaldeide al 10%, sono stati rilevati peso e lunghezza totali. Per poter avere ulteriori dati di confronto sono stati esaminati, rilevandone la lunghezza totale ed il peso e prelevando gli otoliti, esemplari catturati dagli operatori che esercitano la pesca nella zona, sia nelle acque interne che nel tratto di mare antistante.

Per la scomposizione degli istogrammi taglia/frequenza mensili ci si è avvalsi del programma NORMSEP. I risultati sono stati elaborati con il programma BGC3 per il calcolo delle costanti di crescita del modello di VON BERTALANFFY (1938), come proposto da Tolinson (in ABRAMSON, 1971); secondo FOREST (1975), questo modello è il migliore per descrivere i fenomeni di crescita nei Soleidi. Per confronto, è stato anche utilizzato il modello modificato proposto da Gompertz (in MARFIN, 1981), che è risultato valido solo per i primi tre mesi di vita, mentre non sembra rispecchiare il reale andamento della crescita nei mesi successivi.

## Risultati

### *Spostamenti trofici*

I primi individui, con lunghezze medie di  $13,3 \pm 2,4$  mm, penetrano in acque interne in marzo, quando hanno completato o stanno completando la metamorfosi, consistente principalmente nella migrazione dell'occhio sinistro sul lato destro del capo. Esemplari con dimensioni simili si rinvenivano fino a giugno. Gli esemplari, una volta superate le foci dei fiumi o le bocche a mare delle lagune, risalgono le acque interne e vi soggiornano per un tempo variabile da 1 a 2 anni, periodo necessario per il conseguimento della maturità sessuale. Raggiunto questo stadio, la sogliola cerca di raggiungere il mare per la riprodu-

zione; in questa fase la specie è oggetto di pesca attiva avendo raggiunto e superato la taglia minima di cattura di 15 cm, consentita dalla attuale legislazione.

### Riproduzione

Il periodo di deposizione dei prodotti gametici in *S. vulgaris* è relativamente lunga e varia nel tempo nelle diverse aree (Tab. 1). Un ruolo importante sulla

Tab. 1 - Periodi riproduttivi di *Solea vulgaris* in differenti regioni dell'Atlantico e del Mediterraneo.

Regione	Periodo	Autori
<b>ATLANTICO:</b>		
Golfo di Biscaglia	febbraio	ARBOULT-BOUTIN (1968)
Canale d'Inghilterra	metà febbraio-maggio	CUNNINGHAM (1890)
Mare del Nord (sud)	aprile-giugno	NICHOLS (1976)
Mare del Nord (nord)	agosto	NICHOLS (1976)
Costa Bretona (Francia)	fine ottobre-aprile	LAHAYE (1972)
Costa Bretona (Francia)	marzo-aprile	FRIHA (1979)
<b>MEDITERRANEO:</b>		
Castiglione (Spagna)	maggio-settembre	SAN FELIU <i>et al.</i> (1976)
Algeria	fine inverno	DIEUZEIDE <i>et al.</i> (1955)
Algeria	dicembre-gennaio fino a marzo	MARINARO <i>et al.</i> (1979)
Tunisia	aprile-maggio settembre-ottobre	GOUCHA & KTARI (1979)
Tunisia	febbraio-aprile ottobre-novembre	RHOUMA & EL OUAER (1982)
Sardegna	gennaio-maggio	CAU & DEIANA (1983)

variabilità temporale del periodo riproduttivo sembra giocare la temperatura. Seconda RHOUMA & EL OUAER (1982) pare che la deposizione avvenga in un intervallo di temperatura compreso tra 12 e 23 °C; questo spiega come in Atlantico si abbia uno spostamento del periodo riproduttivo verso i mesi più caldi



tanto più evidente quanto più ci si sposta verso latitudini maggiori. Una situazione analoga sembra evidente anche in Mediterraneo. Il fatto che si abbiano in Tunisia due distinti periodi riproduttivi nel corso dell'anno, uno primaverile e uno autunnale, secondo GOUCHA & KTARI (1979) pare sia dovuto alla presenza di due sottospecie: *Solea vulgaris vulgaris* e *Solea vulgaris aegyptiaca* Chabanaud.

RHOUMA & EL OUAER (1982) e RAMOS (1986) hanno studiato in condizioni sperimentali di allevamento l'accrescimento di *S. vulgaris*, rispettivamente nei primi novanta e nei primi venti giorni di vita, in funzione della temperatura, della salinità e della luce. Questi dati, correlati con i parametri ambientali da noi rilevati nelle condizioni naturali in cui abbiamo operato, ci hanno permesso di stabilire con sufficiente approssimazione l'età degli individui catturati. Esempari aventi lunghezza totale media di 12 mm dovrebbero avere, secondo i summenzionati Autori, circa 30 giorni di vita; considerato il fatto che individui di questa taglia si pescano fino a tutto giugno, si può supporre che il periodo riproduttivo della specie sia compreso fra gennaio e maggio.

La cattura di esemplari in cui la metamorfosi è ancora in atto, con lunghezza totale inferiore a 10 mm, evidenzia un breve periodo di soggiorno in mare; questo fa supporre che l'area di deposizione dei prodotti sessuali, per la popolazione qui considerata, sia posta nel golfo.

### *Accrescimento*

Quanto precedentemente esposto ci ha permesso di separare la popolazione da noi considerata dalle nuove reclute in rimonta, tramite l'applicazione alle distribuzioni taglia/frequenza del programma NORMSEP. È stato quindi possibile seguire l'andamento della crescita almeno per i primi mesi di vita e determinare l'età assoluta degli individui con uno scarto che dovrebbe aggirarsi intorno ai 10 giorni (Fig. 1).

L'esame delle distribuzioni taglia/frequenza nel periodo di fine febbraio e inizio marzo evidenzia un intervallo di variabilità fra 10 e 22 mm di lunghezza totale, con classe modale fra 10 e 14 mm e lunghezza media di  $13,3 \pm 2,4$  mm. Questi primi esemplari in rimonta dovrebbero avere circa 30 giorni di vita.

Nei mesi successivi (aprile-giugno) si nota un rapido accrescimento della popolazione, con un ampliamento dell'intervallo di variabilità delle classi di lunghezza. È evidente una progressiva diminuzione della consistenza numerica dei campioni, dovuta al fatto che gli attrezzi di pesca usati non sono adatti alla cattura di esemplari di dimensioni maggiori di 100-150 mm.

Le costanti della bertalanffiana da noi ottenute rispecchiano il reale accrescimento della specie (Fig. 2). Infatti, i valori osservati si discostano di poco da quelli attesi (Tab. 2). Per poter ulteriormente provare la validità della curva di crescita sono stati considerati anche individui adulti catturati dalle reti dei pescatori professionisti (Fig. 3). Conoscendo l'esatto periodo riproduttivo, è

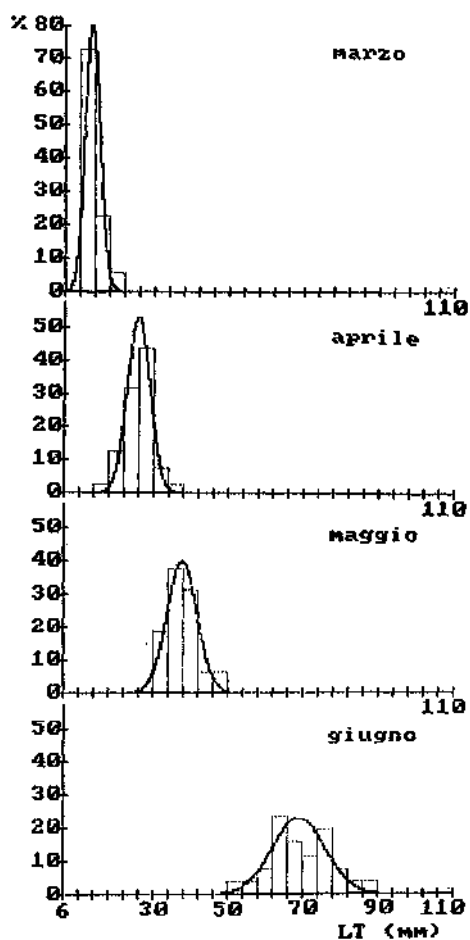


Fig. 1 - Andamento temporale delle distribuzioni taglia/frequenza degli individui che rimontano nel mese di marzo.

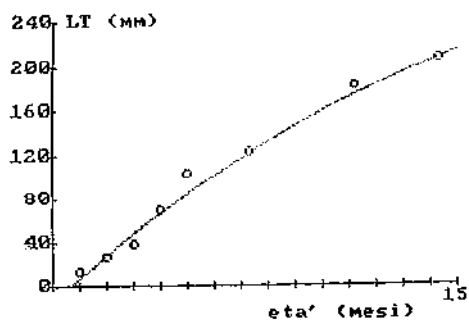


Fig. 2 - Curva di accrescimento lineare in *Solea vulgaris* della classe d'età 0+.

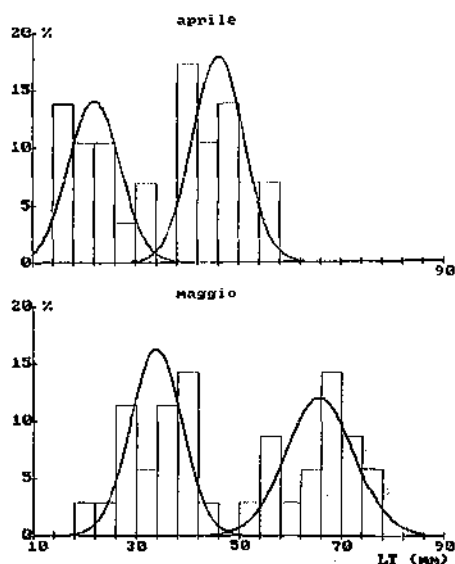


Fig. 3 - Distribuzioni taglia/frequenza delle catture di *Solea vulgaris* di classi d'età maggiori di 0+.

Tab. 2 - Costanti di crescita calcolate con il modello di VON BERTALANFFY (1938) e confronto fra le lunghezze osservate e quelle attese (LT= lunghezza totale in mm; DS = deviazione standard).

$$L_t = 337,96 (1 - e^{-0.0646(t-0.6103)})$$

Età mesi	LT attesa	LT osservata $\pm$ DS
1	8,4	13,3 $\pm$ 2,4
2	29,0	25,9 $\pm$ 3,9
3	48,3	37,7 $\pm$ 4,4
4	66,4	69,7 $\pm$ 11,9
5	83,4	104,0 $\pm$ 8,5
7	114,2	124,0 $\pm$ 22,6
11	165,2	175,0 $\pm$ 9,6
14	195,6	202,2 $\pm$ 17,9
17	220,7	207,0 $\pm$ 19,0
21	247,4	273,3 $\pm$ 16,4
33	296,2	300,0 $\pm$ 15,8

stato possibile determinare l'età mediante la lettura degli otoliti; i dati di lunghezza rilevati in questi campioni bene si adattano alla curva calcolata. Anche la relazione taglia/peso da noi ottenuta (Tab. 3) mostra una buona corrispondenza fra i pesi osservati e quelli stimati.

**Tab. 3** - Costanti della relazione taglia-peso ( $PT = bLT^a$ ) in *Solea vulgaris*. ( $LT$  = lunghezza totale in mm;  $PT$  = peso totale in g).

$$PT = (-5,140 \pm 0,032) LT^{(3,023 \pm 0,019)}$$

Età (mesi)	PT atteso $\pm$ DS	PT osservato $\pm$ DS
1	0,02 $\pm$ 0,0001	0,02 $\pm$ 0,01
2	0,14 $\pm$ 0,0004	0,15 $\pm$ 0,12
3	0,42 $\pm$ 0,0006	0,49 $\pm$ 0,20
4	2,69 $\pm$ 0,01	2,47 $\pm$ 1,12
5	9,06 $\pm$ 0,005	7,93 $\pm$ 2,01
7	15,38 $\pm$ 0,09	15,21 $\pm$ 7,62

## Conclusioni

Come riscontrato in altri pesci piatti dei mari circostanti la Sardegna (CAU & DEIANA, 1982), dell'Adriatico (PICCINETTI & GIOVANARDI, 1983; FROGLIA & GIANNETTI, 1985), dell'Algeria (MARINARO *et al.*, 1979), della Tunisia (GOUCHA & KTARI, 1979) e dell'Atlantico (FOREST, 1975), *Solea vulgaris* presenta nel primo anno un rapido accrescimento. Secondo i nostri dati gli individui raggiungono lunghezze totali di quasi 20 cm al termine del primo anno di vita; le dimensioni sono molto simili a quelle rilevate da PICCINETTI & GIOVANARDI (1983) (18-20 cm) e da FROGLIA & GIANNETTI (1985) (15-17 cm) in Adriatico. Circa la relazione taglia/peso, il coefficiente angolare da noi calcolato per la popolazione studiata ( $3,023 \pm 0,019$ ) è molto vicino a quello rilevato da PICCINETTI & GIOVANARDI (1983) per l'Adriatico (3,084), mentre si scosta maggiormente da quello rilevato da VIANET & QUIGNARD (1986) per il Golfo del Leone (2,94 nei maschi e 2,99 nelle femmine).

La crescita rilevata nelle sogliole della Sardegna fa sì che la taglia minima di cattura, stabilita in 15 cm dalla legislazione italiana, sia raggiunta nella classe d'età 0 + . Di conseguenza, questa specie è oggetto di pesca prima che gli individui abbiano conseguito la taglia di prima maturità sessuale e abbiano quindi avuto la possibilità di riprodursi.

Per quanto concerne l'afflusso delle forme giovanili nelle acque interne, si è notato che il fenomeno non è costante nel tempo ma che, anche nell'ambito di uno stesso mese (Fig. 4), si possono avere due distinte ondate di rimonta. Tale fenomeno sembra essere correlato con l'andamento sigiziale della marea e, con

molta probabilità, anche la deposizione dei prodotti sessuali è correlata con le fasi lunari.

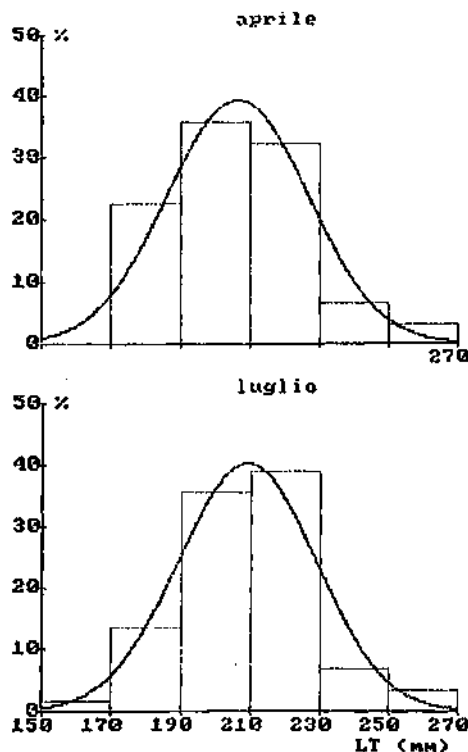


Fig. 4 - Istogrammi taglia/frequenza dell'intera popolazione in rimonta nel periodo aprile-maggio.

### Summary

*Samplings of Soleidae performed from October 1984 to July 1987 in the Sardinian Sea have shown in Solea vulgaris Quensel that:*

- This species reproduces over a five-month period (January-May). A spawning area was identified near the Oristano Gulf (western Sardinian coast).*
- The trophic migration of the juvenile forms towards fresh waters initiates in March ( $LT = 13.3 \pm 2.4$ ) and lasts until June. However, young specimens, which probably live a short time in the waters in front of the mouths of the rivers, mount the rivers throughout the year.*
- The individuals in the pre-reproductive stage return to sea in late autumn.*
- The rate of growth, as shown by the calculated parameters of size increase, is very high during the first year of life ( $\approx 20$  cm at the end of the year).*

## Bibliografia

ABRAMSON N.J. (1971) - Computer programs for fish stock assessment. *FAO Fish. tech. Pap.*, **101**: pag. var.

ARBOULT S., BOUTIN N. (1968) - Ichthyoplancton. Oeufs et larves de poissons teleosteens dans le golfe de Gascogne en 1964. *Revue Trav. Inst. (scient. tech.) Pech. marit.*, **32** (4): 413-76.

BERTALANFFY L., VON (1938) - A quantitative theory of organic growth. *Human Biol.*, **10** (2): 181-213.

BRASOLA V. (1974) - Riproduzione artificiale della sogliola (*Solea solea* L.) effettuata con successo presso la laguna di Orbetello. *Riv. Ital. Piscic. Ittiopatol.*, **9** (4): 99-101.

CAU A., DEIANA A.M. (1979) - Osservazioni e considerazioni sul *Symphurus ligulatus* (Cocco, 1844) (Osteichthyes Pleuronectiformes). *Natura*, **70** (3-4): 247-257.

CAU A., DEIANA A.M. (1980-82a) - Note sull'accrescimento e la biologia trofica e riproduttiva di *Monochirus hispidus* Rafinesque, 1814 (Osteichthyes Pleuronectiformes). *Quad. Civ. Staz. Idrobiol.* Milano, **8**: 11-26.

CAU A., DEIANA A.M. (1980-82b) - Accrescimento e riproduzione in *Solea kleini* Bp. 1832 (Osteichthyes Pleuronectiformes). *Quad. Civ. Staz. Idrobiol.* Milano, **8**: 27-38.

CAU A., DEIANA A.M. (1982) - On the reproduction biology and linear and ponderal growth of some Soleidae. *Gen. Fish. Council Medit. (G.F.C.M.)*, **266**: 93-96.

CAU A., DEIANA A.M. (1983) - Reproduction et accroissement dans quelques Soleidae de la Méditerranée centre-occidentale. *Rapp. Comm. int. Mer Medit.*, **28**: 5.

CUNNINGHAM J.T. (1890) - A treatise on the common sole (*Solea vulgaris*). Plymouth, *Mar. biol. Ass. U.K.*: 1-147.

DIEUZEIDE R., NOVELLA M., ROLAND J. (1955) - Catalogue des poissons des cotes algériennes. 3. Ostéoptérygiens. *Bull. Stn. Aq. Pêche Castiglione*, **6**: 1-384.

FONDS M. (1979) - Laboratory observations on the influence of temperature and salinity on development of the eggs and growth of the larvae of *Solea solea*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **1**: 91-99.

FOREST A. (1975) - Le ceteau *Dicologlossa cuneata* (Moreau), sa biologie et sa pêche dans le sud du golfe de Gascogne. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **39** (1): 5-62.

FRIHA M.M. (1979) - Etude bioéconomique d'une operation de repeuplement de Sole (*Solea vulgaris*). *Mem. 3ème cycle, INAT*: 1-208.

FROGLIA C. & GIANNETTI C.F., 1985 - Remarks on rings formation in otoliths of *Solea vulgaris* and other flat fishes from the Adriatic sea. *F.A.O. Fish. Rep. N.* **345**: 121-122.

- FUCHS J. (1982) - Production de juveniles de soles (*Solea solea* L.) en conditions intensives. I. Premier mois d'élevage. *Aquaculture*, 26: 321-337.
- GIRIN M. (1978) - Méthodes de production des juvéniles chez trois poissons: le bar (*Dicentrarchus labrax* L.), la sole (*Solea solea* L.) et le turbot (*Scophthalmus maximus* L.). Publ. CNEXO:1-202.
- GOUCHA M., KTARI M.H. (1979) - Etude préliminaire des Pleuronectiformes (Heterosomata) du Golfe de Tunis. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 25-26 (10): 21-24.
- LAHAYE J. (1972) - Cycles sexuels de quelques poissons plats des côtes bretonnes. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 36 (2): 191-207.
- MARFIN J.P. (1981) - Biologie de l'atherine: *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Poisson Teleosteen) dans trois milieux saumâtres du Roussillon (Leucate, Canet, Bourdigou). Université de Perpignan. *These de doctorat de 3<sup>me</sup> cycle*.
- MARINARO J.Y., GRIM Z., SORBE J.C. (1979) - Rapport sur les Soléides d'Algérie. 5. Aspects du cycle sexuel. *Pélagos*, 5 (2): 65-77.
- NICHOLS J.H. (1976) - Soleidae of the Eastern North Atlantic. *Fish. Ident. Zooplankton*, 150/151: 1-10.
- PICCINETTI C., GIOVANARDI O. (1983) - Données biologiques sur *Solea vulgaris* Quensel en Adriatique. *FAO Fisheries Report*, 290: 117-121.
- RAMOS J. (1977) - Primeras experiencias de cria del lenguado (*Solea solea* L.). *Inf. Tec. Inst. Inv. Pesq.*, 48: 1-16.
- RAMOS J. (1986) - Crecimiento larvario del lenguado (*Solea solea* L.) a diferentes temperaturas y fotoperiodos. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 3 (2): 5-10.
- RHOUMA A., EL OUAER A. (1982) - Obtention de juveniles de sole (*Solea vulgaris* Quensel, 1806) à l'écloserie de l'Institut national scientifique et technique d'océanographie et de pêche (Ghar-El-Mehl, Tunisie). *Bull. Inst. natn. scient. tech. Oceanogr. Pêche Salammbô*, 9: 5-21.
- SAN FELIU J.M., MUNOZ F., AMAT F., ROMOS J., PEFFA J., SANZ A. (1976) - Techniques de stimulation de la ponte et de l'élevage des larves de crustacés et de poissons. *Et. Rev. C.G.P.M.*, 55: 1-34.
- TORCHIO M., CAU A., DEIANA A.M. (1980a) - Contributo alla conoscenza di *Bathysolea profundicola* (Vaillant, 1888) (Osteichthyes Pleuronectiformes). *Natura*, 7 (3-4): 220-228.
- TORCHIO M., CAU A., DEIANA A.M. (1980b) - Studio sulla biometria dell'accrescimento in un soleide batiale. *Natura*, 7 (3-4): 229-238.
- VIANET R. & QUIGNARD J.P., 1986 - Age et croissance de *Solea vulgaris* Quensel 1806, dans le golf du Lion (Méditerranée). *Rapp. C.I.E.S.M.*, 30 (2): 235.

M. PELLIZZATO \*

N. MATTEI \*\*

A. RENZONI \*\*

\* Consulente C.I.V.V., S. Croce 1860/B, 30135 Venezia (Italia)

\*\* Dipartimento di Biologia Ambientale dell'Università,  
Via delle Cerchia 3, 53100 Siena (Italia)

## ALLEVAMENTO SU SCALA COMMERCIALE DI *TAPES PHILIPPINARUM* (ADAMS & REEVE, 1850) IN ALCUNE VALLI VENETE

### Abstract

Commercial rearing of *Tapes philippinarum* in northwestern Adriatic lagoons

*In 1985-1987 we showed that the bivalve *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve) could be reared in various areas along the northwestern Adriatic coast (Venice and Po River Delta lagoons), with, in some of these areas, good profits.*

*The results obtained in various experiments were not completely consistent as to rate of production, recapture index or quality of the Manila clams. Therefore more data should be gathered before applying our results to promote commercial enterprises.*

**Key-words:** *Tapes philippinarum*, rearing, northwestern Adriatic lagoons.

### Introduzione

Da qualche anno fra gli operatori del settore della pesca e dell'acquicoltura si è diffuso un crescente interesse nei confronti di una nuova forma di molluschicoltura: la venericoltura.

È noto come di fronte alla pressante richiesta di «vongole» da parte del mercato, sia stato notevolmente intensificato lo sforzo di pesca sui banchi naturali con conseguente depauperamento delle «popolazioni selvatiche».

L'immediato risultato è stato il ricorso a sempre più frequenti importazioni (Francia, Spagna, Marocco, Turchia, Tunisia, ecc.), che talvolta, in relazione alle zone di provenienza, non offrono garanzie di salubrità del prodotto. Oltre



a ciò non va trascurato che in questo modo si produce con l'esterno un ulteriore deficit nel bilancio agro-alimentare: da una recente statistica, le importazioni per la sola «vongola verace» superano le 3.600 t/anno (O'KELLY, 1984).

L'iniziativa, quindi, di avviare l'allevamento di una specie pregiata di vongola, quale *Tapes philippinarum*, è stata subito favorevolmente accolta nel settore e varie colture sono state prontamente attivate nel Veneto ed in altre regioni costiere della nostra Penisola.

*Tapes (Ruditapes) philippinarum* (Adams & Reeve, 1850), è specie di origine extramediterranea, e solo di recente è stata introdotta in Italia (CESARI & PELLIZZATO, 1985).

Nel nostro Paese, viene attualmente considerata merceologicamente del tutto simile a *T. decussatus* (vongola verace o «caparozzolo»): la somiglianza esteriore del nicchio e le simili caratteristiche organolettiche del mollusco, fanno sì che le due specie (*T. decussatus* e *T. philippinarum*), vengano commerciate, anche se impropriamente, sotto la stessa voce di mercato (\*).

Il presente lavoro riporta alcuni dei risultati relativi alla produzione di *T. philippinarum* in allevamenti del Veneto, a completamento di uno studio sulle capacità di acclimatazione, accrescimento e sopravvivenza di questo bivalve in vari biotopi lagunari (PELLIZZATO & MATTEI, 1986).

## Materiali e metodi

Gli allevamenti su scala commerciale di *Tapes philippinarum* da noi realizzati (PELLIZZATO & MATTEI, 1986) in alcuni biotopi delle lagune nord-adriatiche (Fig. 1), sono stati avviati nel maggio 1985, con una importazione da uno schiuditoio inglese di circa 10 milioni di vongole (lunghezza 2-3 mm, peso di 0,01 gr).

In Italia non sono ancora operanti, infatti, schiuditoi industriali per molluschi, anche se vari tentativi di riproduzione controllata sono stati recentemente pubblicizzati in impianti del Veneto, Emilia-Romagna, Lazio, Sardegna, ecc.

Sino dalla fase di semina, la sperimentazione ha perseguito due diversi scopi in relazione agli ambienti prescelti: in alcune aree venivano effettuate ricerche applicate alla sola introduzione della specie *T. philippinarum* (PELLIZZATO & MATTEI, 1986), in altre aree si forniva agli allevatori anche l'assistenza tecnica specializzata per la conduzione su scala produttiva di moduli commerciali di coltura (con estensioni variabili da 30 a 800 mq).

La scelta delle aree da porre a coltura, ha avuto come obiettivo la diffusione e la diversificazione dei siti di allevamento lungo le coste venete: all'interno di

(\*) Si ricorda a questo proposito che con D.M. del 15 luglio 1983, G.U. 210, il Ministero della Marina Mercantile ha stabilito la denominazione in lingua italiana di alcune specie ittiche di interesse commerciale. Con la dizione «vongola verace» o «caparazzolo», viene attualmente intesa la sola specie autoctona *T. decussatus*.

ciascun bacino sono state sperimentate zone diverse, al fine di ottenere una valutazione realistica sulle potenzialità dei singoli biotipi.

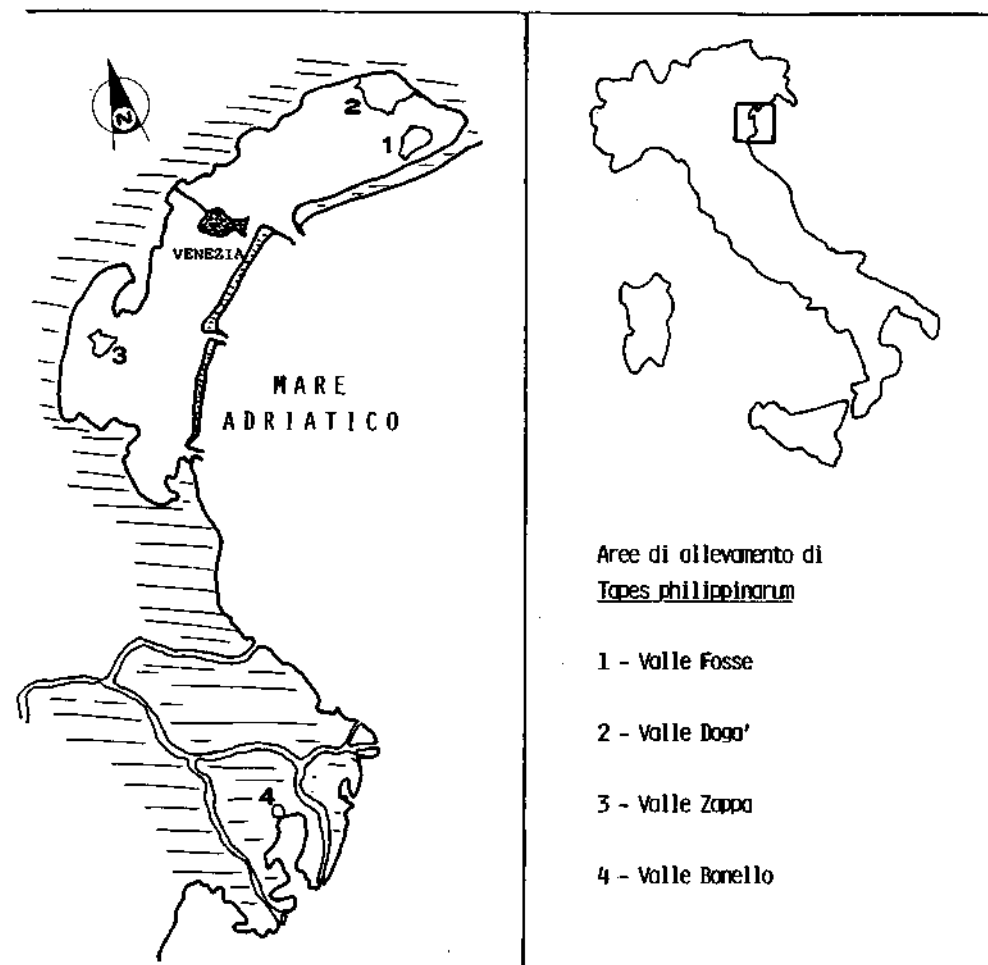


Fig. 1 - Valli da pesca venete dove è stata allevata su scala commerciale la vongola *Tapes philippinarum* (periodo 1985-1987).

Per motivi di carattere logistico è stata data priorità alla sperimentazione nelle valli da pesca: in queste aziende esiste una attiva guardiania e precedenti esperienze ne hanno dimostrato l'importanza, anche quando il prodotto non ha ancora raggiunto la taglia minima di mercato (25 mm); inoltre le valli possono diventare dei preferenziali siti di produzione, in quanto sono attrezzate per garantire il superamento di imprevisti che possono verificarsi nel corso dell'allevamento.

Le Figg. 2, 3, 4, 5 indicano le valli venete che nel 1985 sono state oggetto di semine su scala commerciale della specie *T. philippinarum* ed hanno usufruito della relativa assistenza tecnica specializzata.



Fig. 2.



Fig. 3.

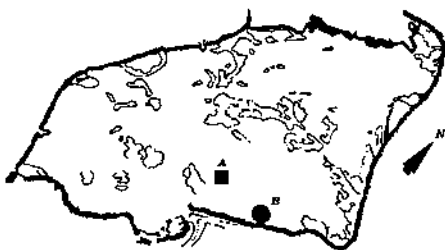


Fig. 4.

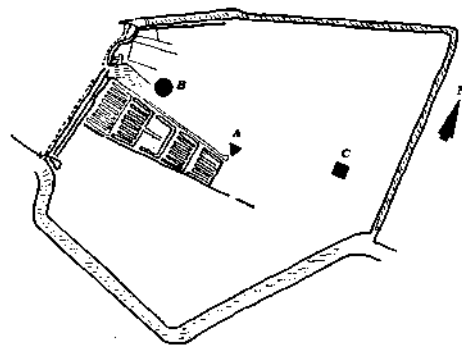


Fig. 5.

**Figg. 2-5** - Sono indicate (A, B, C) alcune aree di allevamento su scala commerciale di *Tapes philippinarum*. Le ricerche, condotte nel periodo 1985-1987 sono state realizzate nelle Valli da pesca: Fosse (Fig. 2), Dogà (Fig. 3), Zappa (Fig. 4) e Bonello (Fig. 5).

In Valle Fosse (174 ha) ed in Valle Dogà (1650 ha), entrambe localizzate nel bacino nord della Laguna di Venezia, sono stati seminati rispettivamente 4.500.000 e 219.000 esemplari; in Valle Zappa (380 ha), posta nel bacino centrale della laguna, sono stati seminati 3.500.000 di esemplari; infine, in Valle Bonello (50 ha), nel Delta del Po (Porto Tolle-Ro), ne sono stati seminati 600.000.

Dal 1985 è proseguito il controllo delle aree sperimentali, ed allo scadere dei 24 mesi di allevamento sono state effettuate varie campagne di raccolta per verificare la produzione ed ottenere una prima analisi dei risultati di questa nuova zoocoltura.

La pesca di *T. philippinarum* è stata realizzata con un'ampia gamma di attrezzi tradizionali e non (a mano, con rasche, con Sorbona, ecc.); inoltre sono stati sperimentati sistemi di raccolta in immersione.

Per la valutazione dei parametri di crescita sono state usate le metodiche descritte in PELLIZZATO & MATTEI (1986).

## Risultati

Nella Tabella 1 vengono riassunti i principali dati tecnici iniziali degli allevamenti di *Tapes philippinarum* realizzati nel 1985 in alcune Valli da pesca venete.

La Tabella 2 riporta i risultati ottenuti in 11 dei siti in cui la sperimentazione è stata effettuata su scala commerciale nell'arco di due anni.

### *Valle Fosse* (Fig. 2)

Semine del medesimo lotto di *T. philippinarum*, sono state effettuate contemporaneamente in diverse aree campione. Le stesse modalità di allevamento hanno prodotto dopo 24 mesi di coltura risultati notevolmente differenti (Tab. 1 e 2). La pesca effettuata nell'area B, ha infatti permesso la raccolta di soli nicchi vuoti (mortalità 100%); nelle altre due aree (A e C), sono state registrate percentuali di ricattura poco soddisfacenti (rispettivamente 0,6 e 4,2%): il biotopo C ha però prodotto esemplari di notevole taglia (42,0 mm) e peso (18,3 gr), fornendo, in media, ben 1,9 kg di vongole per mq. Nel biotopo A gli esemplari non avevano, invece, ancora raggiunto la taglia minima legale utile per la commercializzazione (solo 23 mm, contro i 25 mm richiesti).

### *Valle Dogà* (Fig. 3)

Le sperimentazioni in Valle Dogà sono iniziate con seme parzialmente svezato dal lotto di Valle Fosse (Tab. 1) nei mesi di luglio ed ottobre 1985.

Le semine sono quindi avvenute con una densità iniziale di 917 es/mq (semina di luglio nella zona A, con esemplari di 6,63 mm e 0,06 gr), e di 300 e 127 es/mq nelle semine di ottobre nelle aree B e C (con esemplari rispettivamente di 10,2 mm, 0,2 gr e di 17,8 mm, 1,3 gr).

La produzione (Tab. 2) è variata da 0 kg/mq (area B) ai 4,27 kg/mq (area A), con una percentuale di ricattura del 32,2%. Va segnalato che la raccolta delle vongole in alcune zone dell'area A, ha fornito valori a volte superiori agli 8 kg/mq.

**Tab. 1** - *Allevamento su scala commerciale di T. philippinarum in alcune valli da pesca venete. Dati tecnici iniziali.*

Valle	Fosse	Fosse	Fosse	Doga	Doga	Doga	Zappa	Zappa	Bonello	Bonello	Bonello
Area	A	B	C	A*	B*	C*	A	B	A	B	C*
Mese/Anno	Mag. 85	Mag. 85	Mag. 85	Lug. 85	Ott. 85	Ott. 85	Lug. 85	Lug. 85	Lug. 85	Lug. 85	Ott. 85
Esemplari esaminati	800.000	1.000.000	250.000	110.000	15.000	3.800	1.292.000	1.360.000	84.000	72.000	6.300
Area in mq	350	500	100	120	50	30	800	800	60	90	100
N. es./mq	2.286	2.000	2.500	917	300	127	1.615	1.700	1.400	800	63
Lunghezza in mm	3,53	3,53	3,53	6,63	10,20	17,80	3,44	3,44	3,44	3,44	18,30
Peso in gr	0,01	0,01	0,01	0,06	0,20	1,30	0,01	0,01	0,01	0,01	1,40

\* Semina effettuata dopo un iniziale periodo di acclimatazione in Valle Fosse.

740 M. Pellizzato - N. Mattei - A. Renzoni

**Tab. 2** - *Allevamento su scala commerciale di T. philippinarum in alcune valli da pesca venete. Risultati dopo 24 mesi di coltura (1985-1987).*

Valle	Fosse	Fosse	Fosse	Dogà	Dogà	Dogà	Zappa	Zappa	Bonello	Bonello	Bonello
Area	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C
Mese/Anno	Giu. 87	Giu. 87	Giu. 87	Giu. 87	Giu. 87	Giu. 87	Lug. 87	Lug. 87	Lug. 87	Lug. 87	Lug. 87
Lunghezza in mm	23,0	-	42,0	38,9	-	39,4	-	35,5	35,9	-	37,9
Peso in gr	3,0	-	18,3	14,5	-	15,1	-	11,5	12,1	-	19,9
N. es./mq	14	0	104	295	0	40	0	31	6	0	6
Produzione in Kg/mq	0,04	0	1,90	4,27	0	0,60	0	0,36	0,07	0	0,12
Ricattura in %	0,6	0	4,2	32,2	0	31,6	0	1,8	0,4	0	9,5
N. es./kg	328	0	55	69	0	66	0	87	83	0	50

Nel biotopo C, pur realizzando una resa qualitativamente superiore al biotopo A (66 esemplari/kg), e una analoga percentuale di ricattura (31,6%), la minor densità iniziale di semina ha probabilmente limitato la produzione a solo 0,6 kg/mq.

#### *Valle Zappa* (Fig. 4)

Le semine condotte in questa valle nel luglio 1985 non hanno fornito risultati commercialmente validi, in quanto nelle varie aree poste a coltura, si sono registrate delle mortalità elevate (p.e. 100% nel biotopo A). L'area che ha invece fornito i migliori risultati è la B: dopo 24 mesi si sono ottenuti esemplari di 35,5 mm e 11,5 gr di media. La percentuale di ricattura da un punto di vista produttivo rimane comunque inaccettabile (soltanto 1,8%).

#### *Valle Bonello* (Fig. 5)

Si sono potuti osservare esemplari di *T. philippinarum* con nicchi robusti e ben formati (ad esempio nell'area C si sono raccolti dopo 20 mesi, individui in media di 37,9 mm di lunghezza e 19,9 gr di peso). Purtroppo, pur raggiungendo una taglia di lusso (50 es/kg), la scarsa percentuale di ricattura (9,5%) e la limitata produzione (0,12 kg/mq), rendono attualmente questa valle poco adatta ad un impiego di moduli produttivi su larga scala.

Risultati inferiori sono stati ottenuti nelle aree A e B (Tab. 2), con la semina di vongole di piccola taglia realizzata nel luglio 1985.

### **Discussione e conclusioni**

I risultati ottenuti dalla sperimentazione su *Tapes philippinarum* nel triennio 1985-1987, possono essere così riassunti:

- in almeno un'area di ciascuna valle si è verificata una mortalità del 100%;
- la migliore percentuale di ricattura è stata del 32,2% (Valle Dogà), ma sono state ottenute rese produttive sensibilmente differenziate non solo da valle a valle, ma anche all'interno della stessa area valliva (da 0 a < 8 kg/mq);
- si sono avuti migliori risultati nell'allevamento con la semina di esemplari di 12-15 mm di taglia;
- pur avendo osservato più volte nei mesi estivi (giugno-settembre) la naturale emissione di gameti da parte di individui sessualmente maturi, non è stato ancora possibile accertare l'avvenuta diffusione di *T. philippinarum* negli areali di immissione, né in aree limitrofe.

Si rende quindi necessario avviare al più presto ulteriori ricerche multidisciplinari tendenti a stabilire: l'idoneità del sedimento dei possibili siti di coltura e la densità ottimale di semina; le esigenze qualitative e quantitative della spe-

cie nei confronti del mezzo (per i parametri chimici, fisici e biologici); l'opportunità di proteggere le aree di allevamento da eventuali predatori; i sistemi per migliorare le tecniche di allevamento e di raccolta.

Sebbene esistano ancora molte difficoltà connesse con una pratica di molluschicoltura ancora da sviluppare e perfezionare, è stato dimostrato che l'allevamento della vongola *T. philippinarum*, in vari ambienti lagunari nord-adriatici, è biologicamente realizzabile; in alcuni casi è risultato anche economicamente redditizio (PELLIZZATO & MATTEI, 1989), avendo ottenuto ragguardevoli produzioni di vongole, di qualità ricercata e di elevato valore merceologico.

Le osservazioni effettuate sulle metodologie di coltura impiegate, hanno evidenziato soprattutto la necessità di ulteriori ricerche indirizzate alla migliore conoscenza dei parametri ambientali che condizionano la crescita e le altre attività biologiche della specie in esame.

Dall'analisi bibliografica sarà infatti utile effettuare delle ricerche che permettano di evidenziare i rapporti esistenti tra parametri chimico-fisici e sviluppo di *T. philippinarum* (MANN, 1979), ed un più ampio studio multiparametrico (MAITRE-ALLAIN, 1982). Tutto ciò al fine di individuare ed analizzare, sia nel mezzo acqueo, che in quello bentonico, le principali cause della così ampia variabilità dei risultati da noi ottenuti.

Sarà così possibile raggiungere quei miglioramenti e quelle modifiche adattive tali da consentire per i diversi siti posti a coltura, una migliore utilizzazione: è infatti di primaria importanza, per ottenere il consolidamento effettivo di questa nuova produzione animale, coprire le lacune non solo tecnologiche ma soprattutto ecologiche, che oggi ne limitano il definitivo decollo.

Il successo commerciale della venericoltura dipenderà, quindi, da un'adeguata scelta del sito, dalla pratica nella gestione e conoscenza della specie allevata, dalla regolarità impiegata nel seguire l'allevamento.

Certi rischi dovranno comunque essere accettati, come eventuali sfavorevoli fluttuazioni nei costi di produzione o delle vendite; non sono tuttavia da trascurare altri rischi, quali ad esempio quelli connessi ad episodici inquinamenti che possono gravemente danneggiare la coltura, o alle possibili perdite prodotte da epizootie.

## Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano i Proprietari ed il personale tecnico delle Valli Venete e l'Ente di Sviluppo Agricolo della Regione Veneto (E.S.A.V), che hanno collaborato alla realizzazione degli allevamenti.

Desiderano ancora ricordare per il cortese aiuto i Dott.ri A. Francescon, A. Barbaro (C.N.R. - Ist. Biologia del Mare, Venezia), e L. Da Ros (Co.S.P.A.V, Chioggia).



## Summary

*Studies conducted from 1985 through 1987 demonstrated that the bivalve Tapes philippinarum (Adams & Reeve) could be commercially reared in the lagoons of the north Adriatic Sea (Venice and Po River Delta lagoons), in some cases with good profit. However results from different areas varied considerably in production-recapture index and quality. Therefore, other studies are required to further define the various biological and technological aspects of this new enterprise. In fact, it is necessary to devise procedures to optimize the productive system in relation to its environment.*

## Bibliografia

- CESARI P., PELLIZZATO M. (1985) - Molluschi pervenuti in Laguna di Venezia per apporti antropici volontari o casuali. Acclimatazione di *Saccostrea commercialis* (Iredale & Roughel, 1933) e di *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850). *Boll. Malacologico*, 21 (10-12): 237-274.
- MAITRE-ALLAIN T. (1982) - Influence du milieu sur la croissance de deux palourdes, *Ruditapes decussatus* et *Ruditapes philippinarum*, dans l'étang de Thau (Hérault). *Vie marine*, 4: 37-50.
- MANN R. (1979) - The effect of temperature on growth, physiology and gametogenesis in the Manila clam *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850). *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 38: 121-133.
- O' KELLY K. (1984) - Perspective of clam culture in Ireland. In: *Proceedings of International Shellfish Seminar, Bantry, 6-7 March 1984*, A.J. O' Sullivan (ed.), Dublin Environmental Management Service: 125-135.
- PELLIZZATO M., MATTEI N. (1986) - Allevamento di *Tapes (Ruditapes) philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) in alcuni biotipi lagunari veneti. *Nova Thalassia*, 8: (suppl. 3):393-402.
- PELLIZZATO M., MATTEI N. (1989) - Aspetti economici dell'allevamento della vongola *Tapes philippinarum* nelle lagune venete, *Oebalia*, XV (2): 815-818.

A. PONTICELLI\*

L. CORBARI\*\*

M. CAGGIANO \*\*

A. ALIBERTI \*

\* E.N.E.A., Laboratorio Acquacoltura, S.P. Anguillarese 301, 00060 Roma (Italia)

\*\* ITTICA UGENTO, Via Parini 2, 73100 Lecce (Italia)

## ALLEVAMENTO DI *PENAEUS MONODON* FABRICIUS IN UN MODULO PRODUTTIVO SEMINTENSIVO

### Abstract

*Penaeus monodon* semi-intensive culture

*Penaeus monodon* Fabricius was reared using semi-intensive methods. The experiment took place at an intensive fish farming plant in a pond of about one hectare, fed by water both from the intensive rearing of eels *Anguilla anguilla* and from a semi-intensive pond used for the rearing of sea bream *Sparus aurata*.

After 113 days of rearing, 465 kg of shrimps were collected weighing on average 16.9 g each; the final survival rate was 87.1% with a food conversion of 3.45.

**Key-words:** Aquaculture, *Penaeus monodon*, shrimp, semi-intensive culture.

### Introduzione

L'allevamento dei crostacei peneidi offre ottime possibilità di sviluppo nei paesi Mediterranei in generale ed in Italia in particolare. D'altra parte le specie di gamberi presenti in natura nel Mediterraneo si sono dimostrate inadatte all'allevamento estensivo o semintensivo (LUMARE, 1982). Già da alcuni anni è stata quindi introdotta in Italia la specie *Penaeus japonicus* Bate (LUMARE & PALMEGIANO, 1980; PONTICELLI *et al.*, 1984; PONTICELLI *et al.*, 1986) mentre nel corso del 1985 è stato effettuato un primo tentativo positivo di introduzione di ***Penaeus monodon* (ALIBERTI *et al.*, 1986).**

*Penaeus monodon* è distribuito tra i 30° e i 155° E di longitudine e i 35° N e i 35° S di latitudine (MOTOH, 1981) ed è la specie più comune ed allevata nel Sud-Est Asiatico (Indonesia, Malesia, Filippine, Thailandia).

Tra le specie di Crostacei Peneidi fino ad oggi allevate *Penaeus monodon* ha mostrato gli accrescimenti più rapidi ed una notevole adattabilità alle varie forme di coltura in regime estensivo, semi-intensivo ed intensivo. Giovanili di

tre centimetri di lunghezza hanno raggiunto la taglia di 75-100 g in 5 mesi di allevamento alla densità di semina di 5000 individui per ettaro e senza apporto di alimento artificiale (KUNGVANKIJ, 1985). In bacini con densità di semina di 150.000 individui per ettaro e con apporto di mangime pellettato è stato rilevato un peso medio finale di 35 grammi dopo tre mesi di allevamento (ILAO, 1977).

APUD *et al.* (1983) segnalano nelle Filippine delle produzioni variabili tra i 250 kg e i 10.800 kg per ettaro a seconda della densità di allevamento utilizzata.

## Materiali e metodi

Con l'obiettivo di provare la possibilità di allevamento di *Penaeus monodon* in Italia nell'aprile 1986 sono state importate per via aerea da un'avannotteria in Malesia 150.000 post-larve (PL 8-10). Le post-larve erano contenute, alla densità di 5000 individui, in buste di plastica contenenti 8 litri d'acqua e 4 litri di ossigeno puro. La sopravvivenza dopo 18 ore di viaggio è stata del 90%. All'arrivo all'aeroporto di Roma le post-larve sono state filtrate e messe nuovamente in buste di plastica rinnovando completamente l'acqua ed immettendo ossigeno sanitario. Dopo un ulteriore periodo di otto ore di viaggio, le post-larve sono state poste in sei vasche in vetroresina di 2,5 metri cubi di volume, presso l'impianto della Ittica Ugento (Lecce). Le vasche erano ubicate in un locale al coperto e la temperatura dell'acqua è stata gradatamente portata dai 22°C iniziali a 27°C mentre la salinità è stata mantenuta a 27 ppt. Le vasche erano alimentate da acqua circolante a circuito chiuso mediante l'utilizzazione di un filtro biologico e rinnovata in ragione del 10% al giorno. L'alimentazione delle post-larve è stata rappresentata da naupli di *Artemia salina* per i primi giorni e poi da uovo bollito e da cozze fresche finemente sminuzzate. Dopo 20 giorni sono state raccolte 55.000 post-larve che sono state immesse in una vasca in cemento di 50 metri cubi di volume. Questa seconda fase di allevamento è proseguita per 40 giorni durante i quali la temperatura dell'acqua è oscillata tra i 21°C e i 27,5°C. La salinità è stata mantenuta nei primi 15 giorni tra 26 e 28 ppt; in seguito è stata aumentata progressivamente fino ai valori normali dell'acqua di mare, 34-36 ppt. L'alimentazione è consistita nei primi dieci giorni di alimento fresco (pesce tritato finemente) in ragione del 100 % della biomassa presente in vasca.

Alla fine del mese di giugno sono stati raccolti 31.500 giovanili dal peso medio di 0,21 grammi che sono stati immessi in un bacino di circa un ettaro con una profondità media di 80 centimetri. Due settimane prima della semina il bacino era stato fertilizzato con 34 kg di Urea, 43 kg di Fosfato ammonico e 50 kg di pollina. Nel periodo più caldo per ossigenare l'acqua e per contrastare la formazione di alghe filamentose è stato messo in funzione, al centro del bacino, un agitatore meccanico a pale della potenza di 2 CV.

Nel corso della sperimentazione per l'alimentazione dei gamberi si è utilizzato: pesce fresco tritato, farina di pesce impastata con pesce fresco tritato (pastone umido con un contenuto d'acqua del 50 %) e mangime pellettato speci-

fico per *Penaeus monodon* (LIAO, 1981) importato appositamente da Singapore. Il piano di alimentazione formulato prevedeva una sopravvivenza finale dopo 120 giorni di allevamento del 70 % dei giovanili seminati. La razione alimentare programmata è stata del 10 % della biomassa stimata fino al peso medio di 5 grammi, del 5 % tra i 5 e i 15 grammi e del 3 % al di sopra dei 15 grammi. Il peso medio è stato rilevato mediante campionamenti quindicinali effettuati raccogliendo gli animali in una rete fissa (bertovello) disposta in prossimità di un argine del bacino.

## Risultati

Nel corso dei 131 giorni complessivi di allevamento la temperatura è variata tra un valore massimo diurno di 34°C nella terza decade di agosto ed un minimo di 17°C ad ottobre alla fine dell'esperienza. Nella Fig. 1 sono riportate le medie decadali delle temperature massime e minime rilevate alle ore 16.00 e alle ore 08.00.

Nella Tab. 1 sono riportati i quantitativi dei tre tipi di alimento somministrato mensilmente ed i totali espressi in materia secca; l'alimento fresco è

**Tab. 1** - *Alimento fornito mensilmente nel corso della sperimentazione.*

Mesi	Pellet	Pesce	Pastone	Tot. peso secco
Luglio	55	32	56	89
Agosto	236	-	463	467
Settembre	430	-	510	685
Ottobre	100	-	480	340
<b>Totali kg</b>	<b>821</b>	<b>32</b>	<b>1509</b>	<b>1581</b>

stato utilizzato nei primi 15 giorni di allevamento mentre successivamente si è somministrato esclusivamente mangime pellettato e pastone umido. Il mangime pellettato è risultato sicuramente più valido sia per la praticità di somministrazione che per la migliore tenuta in acqua.

Nella Fig. 2 è riportato l'alimento (espresso in materia secca) somministrato in periodi di 10 giorni e la somma cumulativa del mangime fornito nel corso dell'intera esperienza. I quantitativi forniti sono stati variati rispetto alla razione alimentare stabilita in funzione del consumo rilevato e di eventi inattesi quali la brusca diminuzione di temperatura della prima decade di settembre.

La raccolta è iniziata dopo 113 giorni di allevamento nel bacino semintensivo; è stata effettuata mediante 6 reti fisse disposte trasversalmente al bordo del

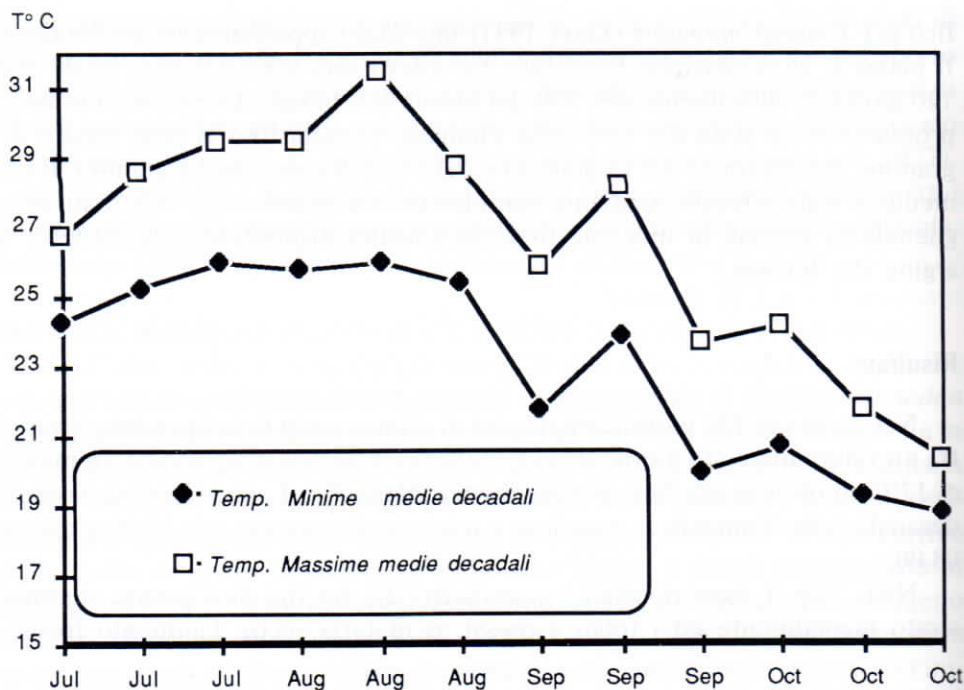


Fig. 1 - Medie decadali delle temperature minime e massime rilevate (ore 08.00 e 16.00) nel bacino di allevamento.

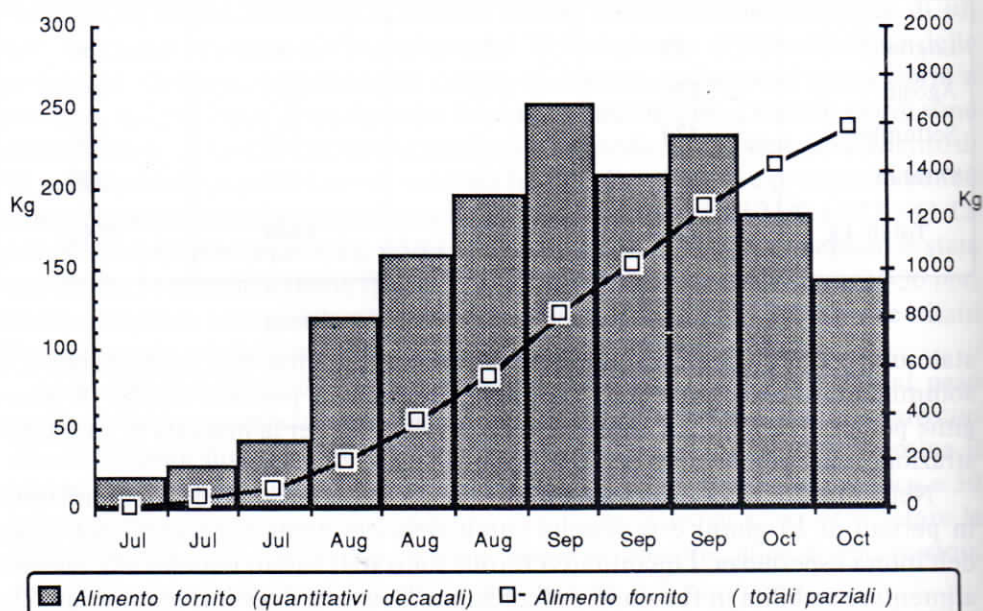


Fig. 2 - Alimento fornito (espresso in materia secca) nel corso dell'allevamento semintensivo. Il grafico evidenzia i quantitativi forniti in periodi di 10 giorni e la somma cumulativa dall'inizio alla fine della sperimentazione.

bacino ed è proseguita per 18 giorni fornendo 383 kg di gamberi. Successivamente il bacino è stato svuotato ed altri 82 kg di gamberi sono stati raccolti manualmente per una produzione complessiva di 465 chilogrammi. Considerando una biomassa iniziale di 7 kg, l'incremento complessivo è stato di 458 kg: essendo stati somministrati globalmente 1581 kg di mangime (in sostanza secca) l'indice di conversione è risultato di 3,45.

Il peso medio dei gamberi è risultato essere al momento del raccolto di 16,94 grammi, con una marcata dispersione dei pesi individuali che erano compresi tra i 7 e i 47 grammi.

La sopravvivenza, nel corso dei 20 giorni di allevamento post-larvale, è stata del 40,7%, mentre nei successivi 40 giorni di pre-ingrasso è stata del 57,3%. Nel corso dei 113 giorni di allevamento semintensivo, infine, è risultata pari all'87,1%.

## Discussione

La buona produzione conseguita unitamente alla ottima sopravvivenza dimostrano come *Penaeus monodon* sia allelevabile in regime semintensivo ed in acqua di mare nelle condizioni termiche dell'Italia meridionale. In particolare i dati di accrescimento e sopravvivenza sono analoghi a quelli conseguiti da APUD *et al.* (1981) in allevamenti effettuati nelle Filippine con densità di semina variabili tra 2,5 e i 20 individui per metro quadro in 90 giorni complessivi di allevamento. L'autore rileva dei pesi medi finali variabili tra i 23,4 grammi nel caso della densità più bassa e i 7,24 grammi nel caso di quella maggiore. Per altri allevamenti intensivi effettuati nelle Filippine sono riportate densità di semina di 158.000 giovanili per ettaro con dei pesi medi finali di 31,5 gr e con produzioni di 4008 kg/he dopo 106 giorni di allevamento (LIU & MANCEBO, 1983).

La curva di crescita ha mostrato nel complesso l'andamento atteso per i primi 40 giorni di allevamento per poi subire un rallentamento in coincidenza col periodo precedentemente identificato come ottimale dal punto di vista termico. Questo fenomeno può essere stato determinato da una sottostima della popolazione presente e quindi da una somministrazione di alimento inadeguata. Infatti la sopravvivenza finale è risultata (87,14%) notevolmente superiore a quella preventivata (70%). D'altra parte occorre anche segnalare come, a partire dal 40° giorno di allevamento, si sia instaurata una notevole competizione alimentare con *Aphanius fasciatus* abbondantemente presente nel bacino di allevamento. Questa competizione alimentare è chiaramente riscontrabile, d'altra parte, anche dal lato complessivo della conversione dell'alimento che è risultato di 3,45; in letteratura, infatti, sono di norma citati valori inferiori sino al dato di 1,7 rilevato in allevamento iperintensivo (LIU & MANCEBO, 1983).

Per quanto riguarda i valori di sopravvivenza registrati nelle varie fasi di allevamento (post-larvale, pre-ingrasso, ingrasso), occorre dire che questi sono stati

nella norma per le ultime due mentre per la prima fase si è registrata un'importante mortalità differita nei primi giorni successivi al trasporto delle post-larve.

## Conclusioni

I risultati sperimentali, conseguiti in un modulo produttivo, per quanto preliminari e quindi suscettibili di ulteriori verifiche, mostrano le notevoli potenzialità dell'allevamento di *Penaeus monodon* anche in Italia e nella parte meridionale del bacino del Mediterraneo. I motivi di questa potenzialità risiedono:

- nella buona adattabilità della specie alle condizioni termiche ed ambientali presenti nell'area;
- nella possibilità di conseguire densità di allevamento rilevanti;
- nella elevata resistenza della specie agli stress e alle manipolazioni.

Occorre inoltre segnalare che *Penaeus monodon* non si infossa di giorno nel fondo del bacino, come accade in altre specie di Peneidi quali *Penaeus japonicus*, ed ha un ritmo di attività esteso all'intero arco delle 24 ore. Questa caratteristica, oltre a consentire un apporto di alimento artificiale superiore, rappresenta un notevole vantaggio anche per l'efficienza delle operazioni di pesca che possono essere effettuate indifferentemente sia di giorno che di notte.

D'altra parte occorre segnalare che nelle condizioni termiche del Mediterraneo è possibile realizzare un solo ciclo di allevamento per anno dal mese di giugno al mese di ottobre mentre nei paesi tropicali si effettuano abitualmente 2 o 3 cicli per anno (APUD *et al.*, 1983). Inoltre la possibilità di realizzare allevamenti produttivi è condizionata dalla messa a punto di tecniche di condizionamento della maturità sessuale (BEARD & WICKINS, 1980) in sistemi riscaldati e funzionanti a circuito chiuso.

## Summary

*The production results of a semi-intensive rearing trial on Penaeus monodon, carried out in an aquaculture plant in Southern Italy, are examined.*

*With the aim to verify the acclimatization possibilities of Penaeus monodon in Italy, 150,000 post-larvae (PL 8-10) were imported from a Malaysian hatchery.*

*After the first rearing period of 20 days, managed in a 2.5 cubic meter tank, and a nursery phase of 40 days, carried out in a 50 cubic meter tank, 31,500 juveniles were put in a 1 hectare pond, that received the discharge water from intensive eels concrete tanks and a semi-intensive gilthead sea breams earthen pond.*

*The rearing pond was fertilized 15 days before the introduction of the juveniles with: Urea 34 kg, Ammonium Phosphate 43 kg, chicken manure 50 kg.*

*During the experimental course was utilized as shrimp feed: trash fish, moist and pellet feed. The programmed feeding rations were 10 % of estimated biomass up to the average weight of 5 g, 5 % between 5 and 15 g, 3% over 15 g.*



*The harvest began after 113 days of rearing, providing as a whole 465 kg of shrimps. The average weight at the harvest time was 16.94 with a range between 7 and 47 g.*

*The final survival rate in the semi-intensive phase was 87.14 %.*

## Bibliografia

ALIBERTI A., PONTICELLI A., CAGGIANO M. (1986) - Prime esperienze di introduzione del gamberone gigante malesiano, *Penaeus monodon*. *Nova Thalassia*, 8 (suppl. 3): 607-608.

APUD F.D., GONZALES K., DEATRAS N. (1981) - Survival, growth and production of *Penaeus monodon* Fabricius at different stocking densities in earthen ponds with flow-through system and supplemental feeding. *Fish Res. J. Philipp.*, VI (2): 1-9.

APUD F.D., PRIMAVERA J.H., TORRES P.L. (1983) - Farming of Prawns and Shrimps - Extension manual-SEAFDEC - *Tigabuan, Iloilo, Philippine*, V: 1-67.

BEARD T.W., WICKINS J.F. (1980) - Breeding of *Penaeus monodon* Fabricius in laboratory recirculation systems. *Aquaculture*, XX: 79-89.

KUNGVANKIJ P. (1985) - Overview of Penaeid Shrimp Culture in Asia. *Proc. of the First International Conf. on the culture of Penaeid Prawns/Shrimp*. Iloilo City, Philippines (1984): 11-21.

LIAO I.C. (1977) - A culture study on grass prawn, *Penaeus monodon* in Taiwan - the patterns, the problems and prospects. *J. Fish Soc. Taiwan*, V (2): 11-29.

LIAO I.C. (1981) - Status and problems of grass prawn culture in Taiwan. *The Roc-Japan Symposium on Mariculture. Taipei. Taiwan. 13-24 Dicembre 1981*: 1-35.

LIU M.S., MANCEBO V.J. (1983) - Pond culture of *Penaeus monodon* in the Philippines: survival, growth and yield using commercially formulated feed. *Journal World Mariculture Society*, XIV: 75-85.

LUMARE F., PALMEGIANO G.B. (1980) - Acclimatazione di *Penaeus japonicus* Bate nella Laguna di Lesina (Italia Sud-Orientale). *Riv. It. Pisc. Ittiop.*, XV (2): 53-58.

LUMARE F. (1982) - La Crostaceicoltura marina. In *l'Acquacoltura*. Laboratorio Centrale di Idrobiologia, Roma: 50-60.

MOTOH H. (1981) - Studies on fisheries biology of the giant tiger prawn *Penaeus monodon* in the Philippines. *SEAFDEC Technical Report*, VIII: 1-128.

PONTICELLI A., ANGELINI M., ALIBERTI A., SALVATORI R. (1986) - Tecniche di condizionamento di riproduttori di *Penaeus japonicus* Bate, mediante utilizzazione di acque ipotermali salse. *Nova Thalassia*, 8 (suppl. 3): 365-373.

PONTICELLI A., ANGELINI M., SALVATORI R., FOMMEI F., LENZI M. (1984) - Allevamento di riproduttori di *Penaeus japonicus* in bacini di produzione di zooplancton. *Verona Acquacoltura*, 1984.



S. RAGONESE

I.T.P.P. - C.N.R., Via Luigi Vaccara 61 - 91026 Mazara del Vallo (TP) (Italia)

**L'APPLICAZIONE DELL'EQUAZIONE  
DI VON BERTALANFFY GENERALE:  
IL CASO DI *HELICOLENUS DACTYLOPTERUS* (DELAR.)  
(PISCES: SCORPAENIDAE)  
DEL TIRRENO SETTENTRIONALE**

**Abstract**

On the application of the generalized Von Bertalanffy Growth Formula: the case of a northern Tyrrhenian rockfish (*Helicolenus dactylopterus*, Pisces Scorpaenidae)

*The parameters of the Brody-Von Bertalanffy Growth Formula (VB-GF) for the rockfish Helicolenus dactylopterus (Delaroche, 1809) were obtained applying the general version of the model on available length-age data. These were also compared with the estimates obtained with the special or classic equation.*

**Key-words:** *Helicolenus dactylopterus*, rockfish, growth, general VBGF.

**Introduzione**

L'equazione di crescita di Brody-Von Bertalanffy rappresenta il modello più comunemente utilizzato dai biologi alieutici per esprimere l'evoluzione, per un determinato stock, della taglia (lunghezza) in relazione all'età (GULLAND, 1983). Validità ed utilità di questo modello sono state messe in discussione da vari autori (RICHARDS, 1959; KNIGHT, 1968; EBERT, 1980; ROFF, 1980). Una versione generalizzata, più flessibile della VBGF classica (o speciale) è stata derivata da PAULY (1981) riesaminando le ipotesi biologiche del modello. L'applicazione empirica di entrambe le versioni su uno stesso insieme di dati riveste un certo interesse specialmente se lo scopo è quello di tentare una eventuale verifica di stime già disponibili.

**Materiali e metodi**

Sono stati utilizzati i dati di lunghezza per età relativi ad *Helicolenus dactylopterus* (Delar.) del Mar Ligure (PEIRANO & TUNESI, 1986). I parametri della

VBGF sono stati stimati applicando il metodo di Ford-Walford (RICKER, 1975) ed un algoritmo non lineare (FLEICHER, 1972). Nel primo caso il parametro di scala ( $t_0$ ) è stato calcolato secondo CADDY (1980). L'equazione del modello di crescita è quella «generalizzata»:  $1_t^D = L^D \cdot [1 - \exp(-KD(t - t_0))]$ . Al parametro «D» (fattore di superficie) è stato assegnato un valore approssimato ( $\sim 0,709$ ) utilizzando l'equazione empirica di PAULY (1981), la relazione peso-lunghezza e la massima lunghezza nel campione riportati nel lavoro di riferimento (PEIRANO & TUNESI, 1986). Ponendo  $D = 1.0$ , la generalizzata si riduce alla forma classica (speciale). Una stima della deviazione standard, relativa ad ognuna delle lunghezze per età (Tab. 1), è stata ricavata dal grafico riportato nel

**Tab. 1** - *Lunghezza totale, media, in cm ( $\bar{l}$ ), numero di esemplari (N) e stima della deviazione standard ( $s^*$ ) per classe d'età (T; in anni).*

T	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\bar{l}$	4,7	8,14	10,3	13,67	16,25	17,82	19,6	21	25	28
n.	10	22	33	69	108	34	15	7	1	1
$s^*$	1,0	1,2	1,0	1,2	1,8	1,6	1,6	3,4	3,4	3,4

lavoro di riferimento ipotizzando per le classi «8» e «9» (singoli esemplari) un valore «s» uguale a quello della classe «7». Il fattore di peso è stato definito come il rapporto fra il numero di esemplari per classe e la varianza rispettiva ( $P_i = n_i \div s_i^2$ ). La bontà del modello adottato è stata valutata, caso per caso, sulla base di una analisi qualitativa dei residui (ANSCOMBE & TUKEY, 1963). È stata considerata trascurabile l'incidenza di eventuali fluttuazioni della temperatura dell'acqua. Non disponendo di dati per sesso, si è ipotizzato che non vi siano apprezzabili differenze di modalità di crescita fra maschi e femmine e che il campione utilizzato sia rappresentativo di uno stock unitario, almeno da un punto di vista gestionale.

## Risultati

I risultati della regressione lineare (VBGF generalizzata) effettuata rispettivamente su tutti i dati (LG1), escludendo le classi «8» e «9» (LG2) e «0» (LG3) sono riportati in Tab. 2 insieme alle stime (LS1) riportate nel lavoro originale (PEIRANO & TUNESI, 1986). Come evidenziato dalle variazioni dei valori del coefficiente di determinazione ( $r^2$ ) e dell'errore standard della stima (E.S.S.), la qualità della regressione è drasticamente e negativamente influenzata dalle

**Tab. 2** - Stime dei parametri della VBGF (S) speciale e (G) generale. (L) Regressione lineare. Quadro A: come nel lavoro di riferimento; quadro B-C: presente nota. (N): numero di dati utilizzati; (D): fattore di superficie; ( $r^2$ ): coefficiente di determinazione (corretto per N); (E.S.S.): errore standard della stima di regressione.

	LS1	LG1	LG2	LG3	LS2	LS3
N	9	9	7	6	7	6
D	1,0	0,709	0,709	0,709	1,0	1,0
$L_{\infty}$	70,75	54,22	27,99	30,10	31,36	32,45
$K \cdot D$	0,0457	0,0866	0,1948	0,1649	0,1347	0,1256
$K \div D$	0,0457	0,1222	0,2748	0,2325	0,1347	0,1256
$(-t_0)$	0,4147	1,607	1,194	1,580	0,725	0,820
$r^2$	?	0,980	0,990	0,982	0,990	0,983
E.S.S.	?	0,309	0,176	0,188	0,520	0,579
	A	B			C	

ultime due classi (LG2) ma non dalla prima (LG3), la cui contemporanea esclusione riduce, anche se non in modo sostanziale, il miglioramento osservato escludendo solo le classi « 8 » e « 9 ». I risultati ottenuti applicando il più appropriato metodo non lineare (Tab. 3, 4) indicano un analogo miglioramento nel «fitting» dei dati conseguente all'esclusione dei due valori estremi (NLG2). Il sospetto che i dati relativi alle ultime due classi siano osservazioni spurie (ANSCOMBE, 1960) è confermato analizzando i residui in funzione delle stime

**Tab. 3** - Stime dei parametri della VBGF generale. Regressione non lineare. (N): numero di dati utilizzati; (df): gradi di libertà; (E.Q.M.): errore quadratico medio; (E.S.): errore standard della stima.

Stime regress.	N	df	E.Q.M.	$L_{\infty}^D$	$L_{\infty}$	KD E.S.	$-t_0$ E.S.
NLG1	10	8	0,0699	17,018 4,036	53,028	0,080 0,046	2,101 0,572
NLG2	8	6	0,0113	10,780 0,492	28,605	0,187 0,021	1,240 0,157
NLG3	7	5	0,0136	10,805 0,844	28,696	0,186 0,040	1,255 0,390

Tab. 4 - *Stime dei parametri della VBGF speciale. Regressione non lineare. N; df; E.Q.M.; E.S. come in Tab. 3.*

Stime regres.	N	df	E.Q.M.	$L_{\infty}$ E.S.	K. E.S.	$-t_0$ E.S.
NLS1	10	8	0,657	158,74 271,41	0,017 0,033	1,479 0,665
NLS2	8	6	0,110	32,17 6,40	0,131 0,048	0,683 0,315
NLS3	7	5	0,125	30,67 3,98	0,145 0,038	0,544 0,317

derivate nei diversi casi (Figg. 1, 2 e 3). Risalta, in particolare, l'effetto determinato dalla ponderazione (Fig. 3), necessaria quando si hanno elementi per ritenere non rispettata (come nel caso specifico) la condizione di omoscedasticità (KLEINBAUN & KUPPER, 1978) ma poco affidabile (sempre nel caso specifico) considerate le approssimazioni utilizzate nel calcolo dei fattori di peso.

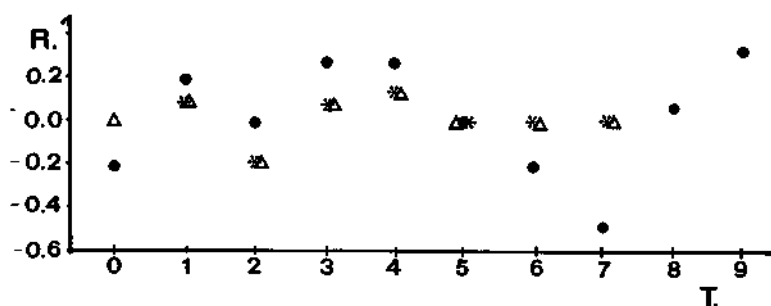


Fig. 1 - (R): residui  $(l_i^D - \hat{l}_i^D)$  vs classi d'età (T; anni). VBGF generale. Rispettivamente: (●) di completi; (Δ) escluse le classi 8/9; (\*) escluse le classi 0/8/9.

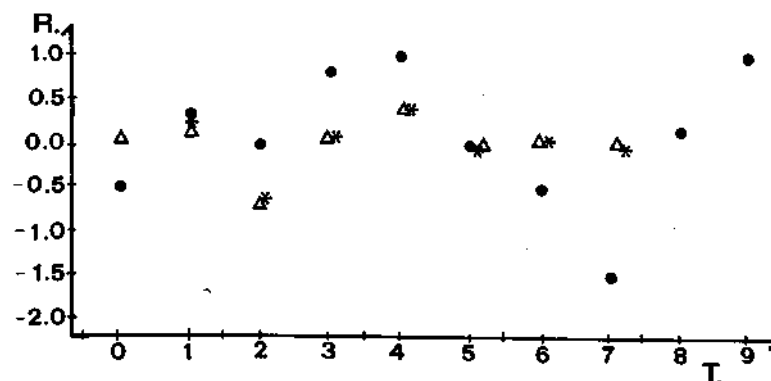


Fig. 2 - (R): Residui  $(l_i - \hat{l}_i)$  vs classi d'età (T; anni). VBGF speciale. (●); (Δ); (\*): come in Fig. 1.

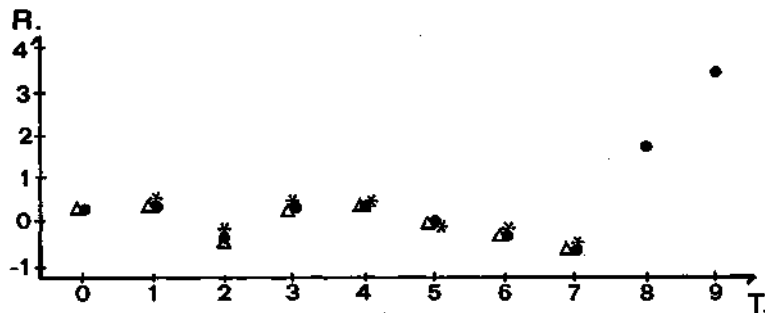


Fig. 3 - (R): Residui ( $l_t - \bar{l}_t$ ) i vs classi d'età (T; anni). VBGF speciale; regressione ponderata. (●); (Δ); (\*) come in Fig. 1. le stime dei parametri sono rispettivamente: (●)  $L_\infty = 37.5$ ;  $K = 0.106$ ;  $t_0 = -0.718$ . (Δ)  $L_\infty = 36.2$ ;  $K = 0.111$ ;  $t_0 = -0.692$ . (\*)  $L_\infty = 32.4$ ;  $K = 0.136$ ;  $t_0 = -0.482$ .

## Discussione

*Helicolenus dactylopterus* Delaroche, 1809 è una specie tipicamente batiale (FISCHER, 1973) ampiamente diffusa in Atlantico, dove può raggiungere 44 cm di lunghezza totale (WHITEHEAD *et al.*, 1986); nel Mediterraneo, unica specie del genere, generalmente non supera i 30 cm (LOZANO Y REY, 1952; BINI, 1970; TORTONESE, 1970) e può essere considerata eccezionale una taglia di 35 cm (DUCLERC, 1970; SOLJAN, 1975). Le stime derivate utilizzando tutti i dati inducono a ritenere che il tipo di crescita dello stock considerato sia diverso da quello deducibile in letteratura. Una maggiore corrispondenza con quanto si conosce sulla biologia di *Helicolenus dactylopterus* e di specie filogeneticamente vicine quali quelle del genere *Sebastes* (HART, 1973; MAYO & MILLER, 1976; LENARZ, 1980) è riscontrabile nei risultati ottenuti modificando i dati di base. La decisione di non considerare i valori estremi nella stima dei parametri può essere basata su diversi fattori quali, ad esempio, la non disponibilità di informazioni sulla selettività dell'attrezzo utilizzato e la minore affidabilità delle stime d'età per gli esemplari più grandi (RICKER, 1975); un ulteriore fattore può essere rappresentato dalla disomogeneità (da un punto di vista statistico) dei dati, come nel caso specifico dove non è possibile calcolare lunghezza media e varianza per le ultime due classi d'età. L'analisi dei residui (errore non spiegato dalla regressione) e degli errori standards relativi ai diversi casi permette di considerare trascurabile l'incidenza del fattore selettività e ragionevolmente accettabile l'esclusione delle ultime due classi, anche se non si hanno elementi certi per spiegare la natura di queste osservazioni spurie. Almeno per una delle classi ("8") è possibile ipotizzare un errore causale nel campionamento osservando che la lunghezza dell'esemplare è compresa, approssimativamente, nella deviazione standard della lunghezza media relativa alla classe inferiore (Fig. 4). Una situazione che presenta alcune analogie con il caso specifico è stata descritta da SANDEMAN (1969) per un *Sebastes* e l'autore considera una variazione dei tassi di crescita

in relazione alla profondità o l'esistenza di due popolazioni (stocks) come possibili spiegazioni del particolare andamento osservato. Negli ultimi anni è stata evidenziata, per questo genere, la difficoltà di ottenere stime accurate dell'età per gli esemplari più vecchi, in particolare utilizzando metodi tradizionali

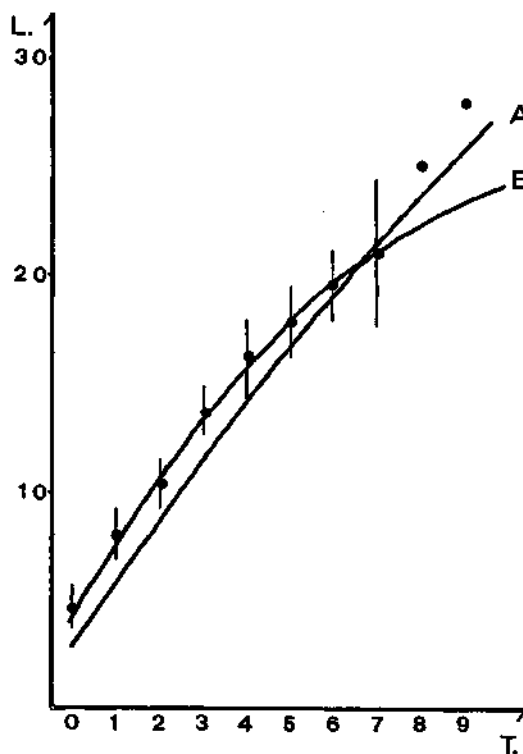


Fig. 4 - Curve teoriche di crescita in lunghezza ( $L$  = lunghezza totale media in cm) per classe d'età ( $T$ ; anni) di *Helicolenus dactylopterus*. (A) Lavoro di riferimento; (B) presente nota. I punti (●) indicano i dati sperimentali, le linee verticali la deviazione standard stimata.

(CHILTON & BEAMISH, 1982) ed il rischio di sovrastimare le lunghezze per età è molto alto, almeno per le classi «estreme» (STANLEY, 1986). Uno schema di calcificazione della sagitta nell'*Helicolenus* analogo a quello generale dei *Sebastes* potrebbe essere la causa dell'anomalia riscontrata nelle ultime due classi. Va sottolineato come le stime di lunghezza asintotica ( $L_{\infty}$ ) derivate modificando i dati siano, più o meno, consistenti con la massima lunghezza osservata ( $l = 28$  cm), nonostante il più basso valore ( $l = 21$  cm) utilizzato come dato estremo nelle regressioni. In particolare, risaltano i valori di  $L_{\infty}$  ottenuti in LG2 (Tab. 2) e NLG2/3 (Tab. 3). Inoltre, anche se caratterizzate da parametri di diverso valore, le curve teoriche (dati modificati) sono praticamente indistinguibili per quanto riguarda i valori regressi (Tab. 5). Contrariamente alle curve derivate

Tab. 5 - Differenze fra i valori regressi o estrapolati (●) e quelli osservati ( $\bar{l}_t$ ), entrambi approssimati al 1/10 di mm, relative alle diverse curve teoriche ottenute modificando i dati di base. (t§) indica l'età corrispondente al punto di flesso (VBGF generale).

$\bar{l}_t$	LG2	LS2	LG3	LS3	NLG2	NLS2	NLG3	NLS3
4,7	0,0	0,1	● 0,6	● 0,3	0,0	-0,1	● 0,0	● -0,4
8,1	-0,2	0,0	0,1	0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2
10,3	0,6	0,7	0,7	0,8	0,6	0,7	0,6	0,6
13,7	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1
16,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	0,3	0,4	0,3	0,3
17,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
19,6	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
21,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1
25	● -2,8	● -2,7	● -2,6	● -2,6	● -2,7	● -2,5	● -2,7	● -2,6
28	● -4,8	● -4,6	● -4,5	● -4,4	● -4,7	● -4,3	● -4,6	● -4,5
t§	0,6		0,5		0,6		0,6	

sull'insieme dei dati, tutte spiegano in modo soddisfacente le osservazioni a cui si riferiscono. Questo risultato dovrebbe essere atteso nel caso di stocks caratterizzati da una  $L_{max} < 50$  cm (PAULY, 1984) anche se occorre considerare l'artificiale riduzione della variabilità come conseguenza dell'uso delle medie nel computo delle stime (RICKER, 1973) e l'approssimazione del metodo lineare, in particolare per quanto riguarda la stima di «t<sub>0</sub>».

## Conclusioni

I risultati di questo lavoro permettono di ipotizzare che le modalità di crescita dello stock di *Helicolenus dactylopterus* investigato siano meglio descritte da una VBGF generalizzata, caratterizzata dai parametri in NLG2 (Tab. 3) ed esprimibile nella forma:

$$l_t = 28,6 - \{[1 - e^{(-0,187(t+1,240))}]^{1,410}\}$$

Considerando che il «surplus» di produzione prelevabile da uno stock può essere ritenuto positivamente correlato con i tassi di crescita, l'alternativa pro-

posta ha un maggiore interesse ai fini gestionali rispetto all'ipotesi formulata nel lavoro originale. L'acquisizione di ulteriori informazioni, in particolare sulla identità e struttura per età e lunghezza dello stock, rappresenta una condizione indispensabile al fine di verificare le due ipotesi. In ogni caso, l'applicazione della «VBGF generalizzata» può costituire un utile strumento per formulare eventuali ipotesi alternative, sulla base delle quali tentare di verificare la non-consistenza del modello di Brody -Von Bertalanffy spesso volte segnalata in letteratura.

### Ringraziamenti

Ringrazio il Dr. S. Garcia, capo della divisione delle Risorse Alieutiche e dell'ambiente della FAO, per la lettura critica della prima stesura del lavoro e la Dott.ssa A. Parma, della School of Fisheries dell'Università di Seattle (WA-USA) per gli utili suggerimenti dati durante l'ultima stesura del lavoro.

### Summary

*The results of the application of the general Von Bertalanffy Growth Formula (VBGF) to the northern Tyrrhenian rockfish, Helicolenus dactylopterus, are reported. The length-at-age data used were those originally published and modified by us. The goodness of the model was checked by analysing residuals (unexplained error). The estimates obtained with both the general and the special VBGF were then compared. To conclude, different growth parameters, as estimated by the non-linear regression method, are proposed as a «working hypothesis» alternative to the first formulation:*

$$l_t = 28,6 - \{[1 - e^{(-0,187(t + 1,240))}]^{1,410}\}$$

### Bibliografia

- ANSCOMBE F.J. (1960) - Rejection of outliers. *Technometrics* 2 (2): 123-147.
- ANSCOMBE F.J., TUKEY J.W. (1963) - The examination and analysis of residuals. *Technometrics*, 5 (2): 141-159.
- BINI G. (1970) - Atlante dei pesci delle coste italiane. Mondo Sommerso Editrice Roma, VII: 133-134.
- CADDY J.F. (1980) - Growth and mortality. CIDA/FAO/ECAF - Selected lectures from the CIDA/FAO/ECAF seminar on fishery resource evaluation. Casablanca, Marocco, 6-24 March 1978 Rome, FAO; Canada. Funds in trust, FAO/TF/INT, 180: (Suppl. C): 1-166.



CHILTON D.E., BEAMISH R.J. (1982) - Age determination methods for fishes studied by the groundfish program at the Pacific Biological Station. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 60: 3102.

DUCLERC J. (1970) - Les Scorpaenides de l'Est Tunisien et de Libye. *Journées Ichthyol. CIESM Rome*: 71-72.

EBERT T.A. (1980) - Estimating parameters in a flexible growth equation, the Richards functions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37 (4): 687-692.

FISCHER W. (ed.) (1973) - Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche Méditerranée et Mer Noire. FAO, Rome, I: pag. var.

FLETCHER R. (1972) - Fortran subroutine for minimization by Quasi-Newton methods. *AERE R.* 7125.

GULLAND J.A. (1983) - Fish stock assessment. A manual of basic methods. John Wiley & Sons, New York, I: 1-223.

HART J.L. (1973) - Pacific fishes of Canada. *J. Fish. Fisheries Res. Board Can.*, 180: 740.

KLEINBAUN D.G., KUPPER L.L. (1978) - Applied regression analysis and other multivariate methods. Duxbury Press, Boston, Mass.: 1-556.

KNIGHT W. (1968) - Asymptotic growth: an example of nonsense disguised as mathematics. *J. Fish. Res. Board Can.*, 25 (6): 1303-1307.

LENARZ W.H. (1980) - Shortbelly rockfish, *Sebastes jordani*: a large unfished resource in water off California. *Marine Fish. rev.*, March-April: 34-80.

LOZANO Y., REY L. (1952) - Peces fisoclistos. *Memorias de la Real Academia de Ciencias de Madrid*, XIV (I parte).

MAYO R.K., MILLER D.S. (1976) - A preliminary assessment of the redfish *Sebastes marinus* (L.). In: I.C.N.A.F. division 4 vwx. *ICNAF Selec. pap.*, Dartmouth, Canada, 1: 31-39.

PAULY D. (1981) - The relationship between gill surface area and growth performance in fish: a generalization of von Bertalanffy's theory of growth. *Meeresforsch.*, 28 (4): 251-282.

PAULY D. (1984) - Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. *ICLARM Studies and Reviews*, Manila, Philippines, 8: 1-325.

PEIRANO A., TUNESI L. (1986) - Preliminary notes on the biology of *Helicolenus dactylopterus* (Delaroche) in the Ligurian Sea. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 30, 2:233.

RICHARDS F.J. (1959) - A flexible growth function for empirical use. *J. Exp. Bot.*, 10: 290-300.

- RICKER W.E. (1973) - Linear regression in fishery research. *J. Fish. Res. Board Can.*, 11: 559-623.
- RICKER W.E. (1975) - Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 191: 382.
- ROFF D.A. (1980) - A motion for the retirement of the von Bertalanffy function. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 127-129.
- SANDEMAN F.J. (1969) - Age determination and growth rate of redfish, *Sebastes* sp. from selected areas around Newfoundland. *Res. Bull. Inst. Comm. Northw. Atlantic Fish.*, 6: 79-106.
- SOLJAN T. (1975) - I pesci dell'Adriatico. Mondadori: 1-522.
- STANLEY R.D. (1986) - A comparison of age estimates derived from the surface and cross-section methods of otolith reading for Pacific Ocean perch (*Sebastes alutus*). *Proc. Int. Rockfish Symp.* Oct. 1986, Anchorage, Alaska: 187-196.
- TORTONESE E. (1970) - Osteichthyes. *Fauna d'Italia*, XI - Calderini, Bologna: 1-636.
- WHITEHEAD P.J.P. *et al.*, (eds) (1986) - Fishes of the North-Eastern Atlantic and Mediterranean. UNESCO, III: 1211-1227.

P. RIGHINI

R. AUTERI

I.S.T.I.P., Via dell'Ambrogiana 2, 57100 Livorno (Italia)

## **DISTRIBUZIONE BATIMETRICA DEI CROSTACEI DECAPODI RACCOLTI DURANTE LE CAMPAGNE DI PESCA NEL TIRRENO SETTENTRIONALE**

### **Abstract**

Bathimetric distribution of Crustacea Decapoda collected during the trawl surveys in the North Tyrrhenian Sea

*This note concerns n. 148 diurnal tows in the north Tyrrhenian Sea carried out during a three year trawl survey. Most of Crustacea Decapoda have been classified. The lowest and highest depth distribution for each species is reported.*

**Key-words:** Crustacea Decapoda, Tyrrhenian Sea, soft-bottoms, demersal trawl.

### **Introduzione**

Per la realizzazione del programma «Valutazione delle risorse demersali» interamente finanziato dal M.M.M. sono state condotte 5 campagne di pesca sperimentale.

L'area oggetto della ricerca è costituita dall'Arcipelago Toscano a nord dell'isola d'Elba fino alle foci del fiume Magra, ad ovest l'area è delimitata dal confine con le acque territoriali corse e la batimetria dei 700 m.

Su questa estesa superficie sono state eseguite 148 «cale» diurne, distribuite secondo una strategia random stratificata, comprese tra 12 e 615 m di profondità. In questo modo si è avuta l'opportunità di campionare con buona intensità i fondi mobili compresi tra il piano infralitorale e il batiale raccogliendo i Crostacei Decapodi per i quali si è così potuto evidenziare, per l'area indagata, l'estensione batimetrica di numerose specie.

### **Materiali e metodi**

Le campagne di pesca sono state eseguite in primavera ed in estate ad iniziare dal mese di aprile del 1985 e si sono concluse nel mese di aprile del 1987.

In questo periodo sono comprese le campagne estive 1985 (agosto) e 1986 (settembre) e quella primaverile del 1986 (aprile-maggio).

Per la realizzazione del programma di pesca demersale ci si è avvalsi di un motopeschereccio della marineria livornese, uno strascicante di fondale con scafo in legno (50 TSL, 24 m) fornito da motore MAK da 190 HP. La rete utilizzata aveva le seguenti caratteristiche:

<i>Tipo di rete</i>	strascico di fondale con doppio sacco
<i>Materiale</i>	nylon escluso la lima a piombi
<i>Lima a sugheri</i>	30 m con 24 bocce
<i>Lima a piombi</i>	41 m con 20-50 kg di piombo
<i>Apertura in pesca</i>	12 m
<i>Maglie alla bocca</i>	500 da 40 mm nelle ali 70 da 30 mm nel cioletto 30 da 80 mm nello scaglietto
<i>Maglie al sacco</i>	250 da 20 mm

La profondità veniva controllata con n. 2 scandagli, un ELAC scrivente e un FURUNO Color souder FVC 202, mentre i punti nave erano rilevati con l'ausilio di radar (Marine Radar model BX 1072) e Loran (Furuno LC 90).

## Risultati

Complessivamente sono state rinvenute 85 specie di Crostacei Decapodi.

Sono riportate di seguito le specie rinvenute con le indicazioni della profondità minima e massima di ritrovamento e il periodo di presenza delle femmine ovigere. Per l'identificazione delle specie dei Crostacei Decapodi ci si è avvalsi del lavoro fondamentale di ZARIQUIEY ALVAREZ (1968) nonché ai cataloghi F.A.O. (1980; 1987).

Elenco specie	Intervallo batimetrico		Femmine ovigere
	min (m)	max (m)	
<i>Solenocera membranacea</i> (Risso, 1816)	76	532	
<i>Aristaeomorpha foliacea</i> (Risso, 1827)	468	496	
<i>Aristaeus antennatus</i> (Risso, 1816)		544	
<i>Gennadas elegans</i> (S.I. Smith, 1882)		553	
<i>Parapenaeus longirostris</i> (Lucas, 1846)	102	544	
<i>Penaeus kerathurus</i> (Forskal, 1775)	13	43	
<i>Sergestes robustus</i> S.I. Smith, 1882	553	612	
<i>Sergestes vigilax</i> Stimpson, 1860	553	612	
<i>Pasiphaea multidentata</i> Esmarck, 1866		544	
<i>Pasiphaea sivado</i> (Risso, 1816)	322	553	
<i>Palaemon serratus</i> (Pennant, 1777)		13	

Elenco specie	Intervallo batimetrico		Femmine ovigere
	min (m)	max (m)	
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	283	532	
<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815	396	439	IV
<i>Processa noveli</i> Al Adhub & Williamson, 1975	317	485	IV
<i>Chlorotocus crassicornis</i> (Costa, 1871)	108	419	IV
<i>Parapandalus narval</i> (Fabricius, 1787)	261	532	
<i>Plesionika acanthonotus</i> (S.I. Smith, 1882)		553	
<i>Plesionika antigai</i> Zariquiey Alvarez, 1955	317	361	
<i>Plesionika heterocarpus</i> (Costa, 1871)	252	532	IV-IX
<i>Plesionika martia</i> (A. Milne Edwards, 1883)	224	612	IV
<i>Philocheras echinulatus</i> (Sars, 1861)	109	496	IV
<i>Pontocaris cataphracta</i> (Olivi, 1792)	20	139	IV
<i>Pontocaris lacazei</i> (Gourrett, 1887)	87	416	
<i>Pontophilus spinosus</i> (Leach, 1815)	113	462	IV-V
<i>Nephrops norvegicus</i> (L., 1758)	119	612	VIII-IX
<i>Polycheles typhlops</i> Heller, 1862	416	612	V-VIII
<i>Palinurus elephas</i> (Fabricius, 1787)	15	165	
<i>Calocaris macandreae</i> Bell, 1846	370	578	
<i>Upogebia pusilla</i> (Petagna, 1792)		13	
<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829)		23	
<i>Paguristes oculatus</i> (Fabricius, 1775)	15	137	
<i>Dardanus arrosor</i> (Herbst, 1796)	20	275	
<i>Pagurus cuanensis</i> Bell, 1846	23	84	
<i>Pagurus alatus</i> Fabricius, 1775	20	532	V-VIII-IX
<i>Pagurus variabilis</i> (A. Milne Edw. & Bouvier, 1892)	217	544	
<i>Pagurus prideauxi</i> Leach, 1815	17	439	V-VIII
<i>Galathea strigosa</i> (L., 1767)		47	
<i>Galathea intermedia</i> Lilljeborg, 1851	15	102	IX
<i>Galathea bolivari</i> Zariquiey Alvarez, 1950		46	
<i>Munida intermedia</i> A. Milne Edw. & Bouvier, 1899	275	532	
<i>Munida perarmata</i> A. Milne Edw. & Bouvier, 1894	332	553	
<i>Calappa granulata</i> (L., 1758)	20	145	
<i>Corystes cassivelaunus</i> (Pennant, 1777)	13	47	V
<i>Ethusa mascarone</i> (Herbst, 1785)	41	94	
<i>Medorippe lanata</i> (L., 1767)	15	396	V-IX
<i>Goneplax rhomboides</i> (L., 1758)	15	496	V
<i>Brachynotus sexdentatus</i> (Risso, 1827)	12	47	V
<i>Paromola cuvieri</i> (Risso, 1816)	397	553	

Elenco specie	Intervallo batimetrico		Femmine ovigere
	min (m)	max (m)	
<i>Latreillia elegans</i> Roux, 1830	129	252	V
<i>Ilia nucleus</i> (L., 1758)	15	20	
<i>Ebalia tuberosa</i> (Pennant, 1777)		191	IX
<i>Achaeus cranchii</i> Leach, 1817		48	
<i>Dorhyncus thomsoni</i> Thomson, 1873		416	
<i>Inachus communissimus</i> Rizza, 1839	15	108	IV-V-IX
<i>Inachus dorsettensis</i> (Pennant, 1777)	15	439	IV-V-IX
<i>Inachus leptochirus</i> Leach, 1817	15	94	
<i>Inachus phalangium</i> (Fabricius, 1775)		43	
<i>Inachus thoracicus</i> (Roux, 1830)	28	317	
<i>Macropodia czerniavskii</i> (Brandt, 1880)		31	
<i>Macropodia longipes</i> (A. Milne Edw. & Bouvier, 1899)	74	134	IV-V-IX
<i>Macropodia longirostris</i> (Fabricius, 1775)	76	370	IV-V-IX
<i>Macropodia rostrata</i> (L. 1761)	12	155	IV
<i>Maja crispata</i> Risso, 1827	31	55	
<i>Maja squinado</i> (Herbst, 1788)	66	141	
<i>Anamanthia rissoana</i> (Roux, 1828)		412	
<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	41	156	V
<i>Pisa armata</i> (Latreille, 1803)	41	101	V-IX
<i>Pisa carinimana</i> Miers, 1879	55	87	
<i>Pisa corallina</i> (Risso, 1816)		90	
<i>Pisa muscosa</i> (L. 1758)		46	
<i>Pisa nodipes</i> (Leach, 1815)	29	113	IV
<i>Pisa tetraodon</i> (Pennant, 1777)		28	
<i>Parthenope angulifrons</i> Latreille, 1825		20	
<i>Parthenope macrochelos</i> (Herbst, 1790)	141	413	
<i>Parthenope massena</i> (Roux, 1830)	110	158	
<i>Pinnotheres pinnotheres</i> (L., 1758)	102	119	IX
<i>Bathynectes longipes</i> (Risso, 1816)		145	
<i>Liocarcinus bolivari</i> (Zariquiey Alvarez, 1948)	15	87	
<i>Liocarcinus depurator</i> (L., 1758)	15	224	V
<i>Liocarcinus vernalis</i> (Risso, 1816)	12	57	
<i>Liocarcinus zariquiey</i> (Gordon, 1968)		26	
<i>Macropipus tuberculatus</i> (Roux, 1830)	100	468	
<i>Pilumnus hirtellus</i> (L., 1761)	13	106	IX
<i>Pilumnus spinifer</i> H. Milne Edwards, 1834	29	106	
<i>Pilumnus villosissimus</i> (Rafinesque, 1814)	22	63	

## Conclusioni

I dati raccolti hanno permesso di confermare per l'area del Tirreno settentrionale quanto già si conosceva per altre zone d'Italia e del Mediterraneo. Complessivamente gli intervalli batimetrici riscontrati concordano con la letteratura esistente. Alcune specie, però, come l' Anomuro *Dardanus arrosor*, i Brachiuri *Medorippe lanata*, *Inachus thoracicus* e *Parthenope macrochelos*, hanno mostrato una escursione batimetrica più ampia rispetto a quanto riportato da altri Autori (ZARIQUIEY ALVAREZ, 1968; TUNESI, 1986; FREDJ, 1974). Inoltre è stata trovata, con un buon numero di esemplari, una specie definita rara come il Brachiuro *Latreillia elegans* (ZARIQUIEY ALVAREZ, 1968).

## Summary

*Within the framework of the program «Evaluation of demersal resources », promoted by the Merchant Marine Ministry, five trawl surveys were made with a traditional bottom trawl-net in a total of 148 randomly selected stations; depths were between 12 and 615 m. The research area in the Tuscan archipelago extends from Elba Island up to the mouth of the Magra River, and on the west side to the 700 m bathymetry.*

*The sampling in this area, with all the limitations inherent to this type of fishing, has provided data on the depth extension of numerous Crustacea Decapoda. The results agree essentially with the existing literature, but also revealed a greater bathymetric excursion than previously known in such species as the Anomura *Dardanus arrosor* and the Brachyura *Medorippe lanata*, *Inachus thoracicus* and *Parthenope macrochelos*. Many specimens of the Brachyura *Latreillia elegans*, previously defined as rare, were also collected.*

## Bibliografia

F.A.O. (1980) - FAO species Catalogue. Vol. 1. Shrimps and prawns of the world. An Annotated Catalogue of Species of Interest to Fisheries. Prepared by L.B. Holthuis - FIR/S125 Vol. 1.

F.A.O. (1987) - Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer Noire. Zone de Pêche 37, Revision 1, Volume 1.

FREDJ G. (1974) - Considerations biogéographiques sur le peuplement benthiques de la Méditerranée *Mem. Inst. Oceanogr., Monaco*, 7.

TUNESI L. (1986) - Crostacei Decapodi dei fondi strascicabili antistanti Chiavari (Riviera Ligure di Levante). *Res. Ligusticae* CCXVI, *Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova*, Vol. LXXXVI.

ZARIQUIEY ALVAREZ R. (1968) - Crustaceos Decapodos Ibericos. *Inv. Pesq.*, 32.

S. SALVADORI\*

A. CAU\*

A.M. DEIANA\*

S. PACI \*

R. MEZZANOTTE \*\*

\* Istituto di Zoologia dell'Università, Viale Poetto 1, 09100 Cagliari (Italia)

\*\* Istituto di Biologia Generale dell'Università,

Viale Poetto 1, 09100 Cagliari (Italia)

## DATI PRELIMINARI SULL'UTILIZZAZIONE DEGLI ENZIMI DI RESTRIZIONE PER LO STUDIO DEI CROMOSOMI MITOTICI DI *MURAENA HELENA* L.

### Abstract

Preliminary data on the use of restriction enzymes to study *Muraena Helena* chromosomes

*The karyotype of M. helena L. was detected with C-banding, NOR silver staining at three restriction endonucleases that induced characteristic and reproducible banding patterns, similar to those induced by standard techniques. The chromosome number of M. helena is  $2n = 42$ .*

*We did not find heteromorphism associated to sex chromosomes. However, there was a remarkable heteromorphism in the short arm of the chromosome 7 pair where NOR is located.*

**Key-words:** Fish karyotype, chromosome banding, restriction enzymes, NOR, repetitive DNA.

### Introduzione

All'ordine degli Anguilliformi sono state fino ad oggi assegnate circa 597 specie (NELSON, 1984). Si conosce il cariotipo di 14 di esse (Tab. 1). Il numero cromosomico varia da 38 a 50. Nei diversi cariotipi sono costantemente presenti cromosomi meta-submeta e acrocentrici. In letteratura sono state descritte varie situazioni per quanto riguarda la presenza o meno di cromosomi del sesso eteromorfi: in *Anguilla* spp la presenza di cromosomi del sesso ZW è controversa (cfr. Tab. 1). In *Muraenycis gymnotus* è stato evidenziato un sistema di cromosomi sessuali multipli con eterogametia maschile (MUROFUSCHI & YOSIDA, 1984). Lo scopo del nostro lavoro è la delineazione del cariotipo di *M. helena* L., con particolare attenzione alla distribuzione dell'eterocromatina costitutiva. La localizzazione delle zone eterocromatiche può consentire la comparazione con i dati fino ad oggi raccolti su specie dello stesso ordine e l'evidenziazione di even-



Tab. 1.

Specie	2 n	Cromosomi del sesso	Bibliografia
<b>Anguillidae</b>			
<i>A. anguilla</i>	38	ZW?	Chiarelli <i>et al.</i> (1969)
<i>A. anguilla</i>	38	ZW	Passakas (1978, 1981)
<i>A. anguilla</i>	38	none	Sola <i>et al.</i> (1980)
<i>A. anguilla</i>	38	ZW	Park & Grimm (1981)
<i>A. anguilla</i>	38	none	Wiberg (1983)
<i>A. rostrata</i>	38	ZW?	Ohno <i>et al.</i> (1973)
<i>A. rostrata</i>	38	none	Sola <i>et al.</i> (1980)
<i>A. rostrata</i>	38	ZW	Park & Grimm (1981)
<i>A. rostrata</i>	38	ZW	Passakas (1981)
<i>A. australis</i>	38	none	Nishikawa <i>et al.</i> (1971)
<i>A. australis</i>	38	none	Sola <i>et al.</i> (1980)
<i>A. japonica</i>	38	none	Nishikawa <i>et al.</i> (1971)
<i>A. japonica</i>	38	ZW	Park & Kang (1979)
<b>Moringuidae</b>			
<i>Moringua linearis</i>	50		Subrahmanyah <i>et al.</i> (1971)
<b>Congridae</b>			
<i>Astroconger myriaster</i>	38	ZW	Park & Kang (1979)
<i>Conger myriaster</i>	38		Nishikawa <i>et al.</i> (1977)
<i>Conger conger</i>	38		Nostri dati non pubblicati
<b>Muraenidae</b>			
<i>Muraena paradalis</i>	40		Nogusa (1960)
<i>Muraena helena</i>	42	none	Cau <i>et al.</i>
<i>Gymnothorax kidako</i>	42		Nogusa (1960)
<i>Gymnothorax unicolor</i>	42		Nostri dati non pubblicati
<b>Echelidae</b>			
<i>Echelus uropterus</i>	50		Nogusa (1960)
<b>Ophichthidae</b>			
<i>Pisoodonophis zophistins</i>	38	38	Nishikawa & Sakamoto (1977)
<i>Ophisurus macrorhynchus</i>	38		Nishikawa & Sakamoto (1977)
<i>Ophisurus serpens</i>	38		Thode <i>et al.</i> (1985)
<i>Muraenichthys gymnotus</i>	48 f	XX-XX	Murofushi & Yosida (1984)
	47 m	XX-Y	

tuali relazioni filogenetiche fra esse. Con questo scopo noi abbiamo utilizzato oltre a sistemi di bandeggio tradizionali, la digestione enzimatica *in situ* con endonucleasi di restrizione (REs). Questi enzimi sono stati di recente utilizzati su cromosomi fissati e non fissati (MEZZANOTTE *et al.*, 1983 a, b; MILLER *et al.*, 1983; BIANCHI *et al.*, 1985; MEZZANOTTE *et al.*, 1985; BURKHOLDER *et al.*, 1986; MEZZANOTTE, 1986; MEZZANOTTE *et al.*, 1986; FERRUCCI *et al.*, 1987) e si sono dimostrati in grado di produrre un bandeggio metafasico simile a quello ottenuto con le tecniche standard (SUMNER, 1982) e in alcuni casi coincidente con la localizzazione di specifici DNA altamente o moderatamente ripetitivi nei mammiferi e nei Diptera.

## Materiali e metodi

Tutti gli esemplari sono stati catturati nel mare e canale di Sardegna. Il sesso è stato determinato con un'analisi istologica delle gonadi. I cromosomi metafasici sono stati ottenuti da colture di sangue prelevato dall'arteria dorsale con una siringa eparinata. Il terreno di coltura è composto da: 8 ml di TC 199 DIFCO, 2 ml di Fetal Calf serum GIBCO, 0,1 ml di Phytohemagglutinin M DIFCO, 0,1 ml di penicillin-streptomycin GIBCO. Le cellule sono state incubate a 28 °C per 72-96 h, quindi è stata aggiunta Colcemid GIBCO, ad una concentrazione finale di 0,2 µg/ml, per 2 h. Le cellule sono state infine centrifugate a 1200 rpm per 6 min., trattate con KC1 0,075 M a 30 °C per 30 min., nuovamente centrifugate e fissate in metanolo-acido acetico (3:1). I vetrini sono poi stati fatti asciugare all'aria.

*Bandeggio C.* I preparati, di non meno di 10 giorni, sono stati immersi in HCl 1 N per 5 min a T. ambiente, poi in Ba(OH)<sub>2</sub> 8H<sub>2</sub>O per 3-5 min a 50 °C risciacquati per 10 min in acqua deionizzata e incubati in 2XSSC per 2 h a 65 °C. I cromosomi sono poi stati colorati in Giemsa al 5% in tampone fosfato per 10-20 min.

*Impregnazione argantica.* È stata ottenuta seguendo la tecnica di RUFAS *et al.*, (1983).

*Trattamento con REs.* Circa 30 unità degli enzimi usati (Hae III, Dde I, Mbo I) sono state diluite in 100 µl del buffer di incubazione suggerito dalla casa produttrice (Boehringer o New England Biolabs). La soluzione enzimatica è stata posta sul preparato fresco, coperta con un coprioggetto e il vetrino è stato posto in termostato a 37 °C per 12-16 h. I cromosomi sono stati quindi colorati con Giemsa al 3% in acqua distillata per 5-10 min. I cromosomi di controllo sono stati trattati solo col buffer di incubazione.

## Risultati

È stata adottata la classificazione cromosomica usata da WIBERG (1983): i cromosomi metacentrici e quelli submetacentrici sono stati riuniti in un unico

gruppo in ordine di grandezza decrescente e, a parità di lunghezza, in ordine di indice centromerico decrescente. I cromosomi acrocentrici sono stati riuniti in un secondo gruppo con gli stessi criteri. Il cariotipo di *M. belena* L. è costituito da 21 coppie di cromosomi: 9 coppie di meta-sub metacentrici e 12 di acrocentrici (Fig. 1, A). Non abbiamo trovato cromosomi del sesso morfologicamente distinguibili. È stata evidenziata una notevole variabilità morfologica tra omologhi, riguardo al braccio corto della coppia 7, indipendentemente dal sesso dell'individuo.

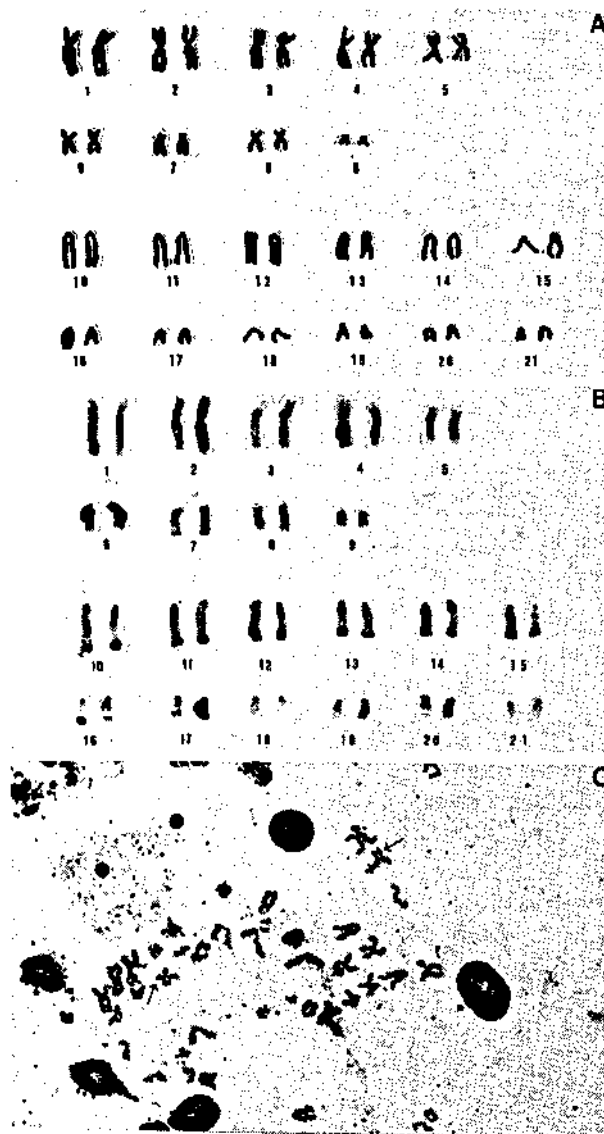


Fig. 1 - Cariotipo di *M. belena* L. dopo (A) colorazione in Giemsa e (B) bandeggio C. L'unica zona positiva al trattamento con AgN0<sub>3</sub> è il braccio corto del cromosoma 7 (C).

Il bandeggio C ha permesso un buon appaiamento degli omologhi grazie ai numerosi e caratteristici blocchi eterocromatici C-positivi (Fig. 1, B). In particolare, i cromosomi 1-4-5-8-9 hanno solo una piccola banda centromerica; i cromosomi 2 e 3 hanno una banda paracentromerica nel braccio corto e nel braccio lungo rispettivamente, che assume insieme alla banda centromerica una caratteristica forma triangolare; il cromosoma 6 ha una grossa banda paracentromerica; il 7 ha i bracci corti e la zona telomerica C-positivi. Per quanto riguarda

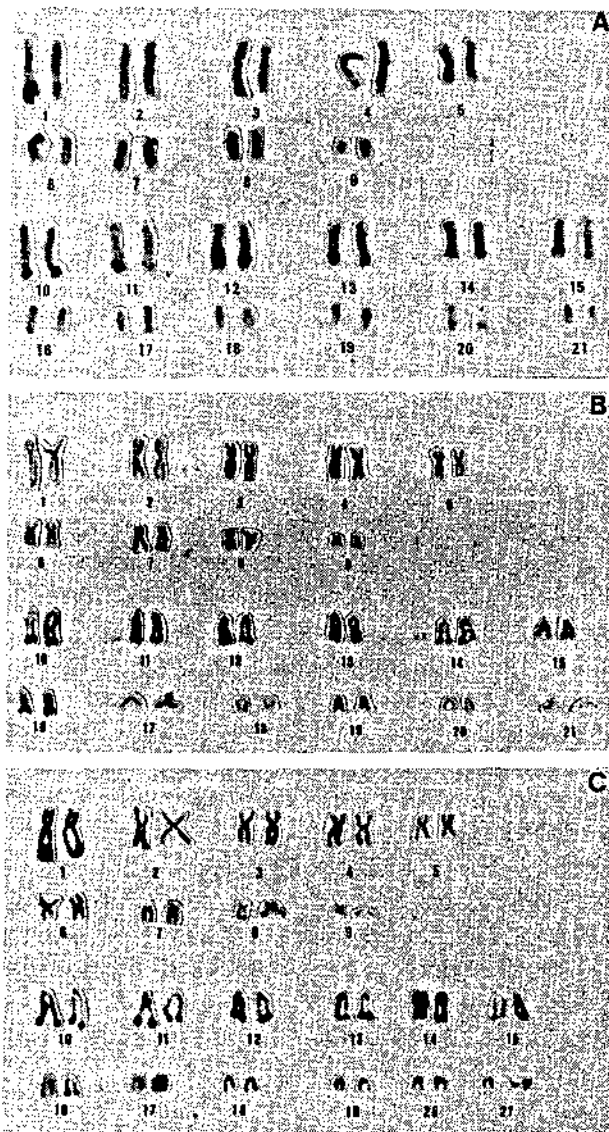


Fig. 2 - Cariotipo di *M. helena* dopo trattamento con endonucleasi di restrizione: (A) Hae III, (B) Mbo I, (C) Dde I.

gli acrocentrici, i cromosomi 10-11-12-13-14-15-16 hanno bande centromeriche e telomeriche molto nitide, i 17-18-19-20-21 hanno solo bande centromeriche.

L'unica regione positiva al trattamento con  $\text{AgNO}_3$  è il braccio corto del cromosoma 7 che anche con questa tecnica ha evidenziato una variabilità individuale (Fig. 1, C).

Il trattamento con endonucleasi di restrizione ha dato risultati molto specifici per ciascun enzima. Hae III produce una differenziazione lineare simile, ma non identica, al bandeggio C (Fig. 2, A). In particolare, nel gruppo dei meta-submetacentrici vengono da questo enzima digerite tutte le zone eterocromatiche ad eccezione di quelle strettamente centromeriche, mentre nel gruppo degli acrocentrici rimangono indigerite le zone centromeriche e quelle telomeriche. Mbo I attacca intensamente tutti i cromosomi ad eccezione della zona subcentromerica del cromosoma 6, del braccio corto del cromosoma 7 e dei telomeri dei cromosomi 10-11-12-13-14-15-16 (Fig. 2, B). Dde I digerisce molto estesamente tutta le aree cromosomiche, incluso il braccio corto del cromosoma 7, lasciando indigerite solo le zone telomeriche dei cromosomi 10-11-12-13-14-15-16 (Fig. 2, C). I cromosomi di controllo hanno un aspetto molto simile a quello dei cromosomi non trattati.

## Conclusioni

Il bandeggio C e la digestione *in situ* con endonucleasi di restrizione ci hanno permesso una buona identificazione degli omologhi. Il braccio corto del cromosoma 7 è C+ e reagisce positivamente all'impregnazione argentea; dovrebbe quindi essere in esso localizzata la regione organizzatrice del nucleolo. Il polimorfismo del cromosoma sede del NOR è molto frequente nei pesci (FORESTI *et al.*, 1981), ed è in particolare stato evidenziato in *Anguilla anguilla* (SOLA *et al.*, 1980, 1984; WIBERG, 1983) nella quale si ha una situazione molto simile a quella da noi riscontrata in *Af. helena*. È molto interessante la diversa reazione al trattamento con i diversi enzimi di questa area cromosomica che probabilmente contiene DNA mediamente ripetuto e ricco in guanina e citosina (SCHMID, 1982). I DNA ripetitivi possono essere estesamente attaccati o completamente rispettati da specifici REs. Questo fatto dipende dalla presenza o assenza di un dato sito di restrizione, specifico per ogni enzima, nella sequenza di basi di un DNA ripetuto. Tale sito è GG↓CC per Hae III, ↓GATC per Mbo I e C↓TNAG per Ddel. L'uso di diversi REs potrebbe quindi essere utile al fine di localizzare *in situ* diverse classi di DNA ripetuto evidenziando differenze a livello della composizione in basi di aree cromosomiche che appaiono omogenee con altri trattamenti.

## Summary

Restriction enzymes produce specific bands, similar to those induced by standard techniques, on metaphase chromosomes. We conducted a series of experiments with Hae III, Mbo I and Dde I restriction endonucleases that induced characteristic and reproducible banding patterns on *M. helena* L. mitotic chromosomes. The karyotype of this species was detected with restriction enzymes, C-banding and NOR silver staining. *M. helena* shows  $2n = 42$  chromosomes belonging to two classes differing in centromere position and chromosome length. One class is composed of 18 meta-submetacentric chromosomes, and the other class of 24 acrocentric chromosomes. We did not find heteromorphism associated to sex chromosomes. However, there was remarkable heteromorphism in the short arm of chromosome 7 pair where NOR is located.

## Bibliografia

- BIANCHI M.S., BIANCHI N.O., PANTELAS G.E., WOLLS S. (1985) - The mechanism and pattern of banding induced by restriction endonucleases in human chromosomes. *Chromosoma* 91: 131-136.
- BURKHOLDER G.D., SCHMIDT G.J. (1986) - Endonuclease banding of isolated mammalian metaphase chromosome. *Exp. Cell. Res.*, 164: 379-387.
- CHIARELLI B., FERRANTELLI O., CUCCHI C. (1969) - The karyotype of some teleostean fish obtained by tissue culture in vitro. *Experientia*, 25: 426-427.
- FERRUCCI L., ROMANO E., DE STEFANO G.F. (1987) - The Alu I-induced bands in great apes and man: implications for heterochromatin characterization and satellite DNA distribution. *Cytogenet. Cell Genet.*, 44: 53-57.
- FORESTI F., ALMEIDA TOLEDO L.F., TOLEDO F.S.A. (1981) - Polymorphic nature of nucleus organizer regions in fishes. *Cytogenet. Cell Genet.*, 31: 137-144.
- MEZZANOTTE R., FERRUCCI L., VANNI R., BIANCHI U. (1983a) - Selective digestion of human chromosomes by Alu I restriction endonuclease. *J. Histochem. Cytochem.*, 31: 553-556.
- MEZZANOTTE R., BIANCHI U., VANNI R., FERRUCCI L. (1983b) - Chromatin organization and restriction endonuclease activity on human metaphase chromosomes. *Cytogenet. Cell Genet.*, 36: 562-566.
- MEZZANOTTE R., FERRUCCI L., VANNI R., SUMNER A.T. (1985): Some factors affecting the action of restriction endonucleases on human metaphase chromosomes. *Exp. Cell Res.*, 161: 247-253.

MEZZANOTTE R., MANCONI P.E., FERRUCCI L. (1986) - On the possibility of localizing *in situ* *Mus musculus* and *Drosophila viridis* satellite DNAs by Alu I and Eco RI restriction endonucleases. *Genetica*, 70: 107-111.

MEZZANOTTE R. (1986) - The selective digestion of polytene and mitotic chromosomes of *Drosophila melanogaster* by the Alu I and Hae III restriction endonucleases. *Chromosoma*, 93: 249-255.

MILLER D.A., CHOI J., MILLER O.J. (1983) - Chromosome localization of highly repetitive human DNAs and amplified ribosomal DNA with restriction enzymes. *Science*, 219: 395-397.

MUROFUSHI M., YOSIDA T.H. (1984) - Cytogenetical Studies on Fishes. VIII. XX-Y Sex Chromosome Mechanism newly found in the Snake Eel, *Muraenichthys gymnotus* (Anguilliform, Pieces). *Proc. Japan Acad.*, 60: (Ser. B).

NELSON J.S. (1984) - Fishes of the World. 2 edit., Wiley-Interscience: 1: 521.

NISHIKAWA S., AMAOKA K., KAWASAWA T. (1971) - On the chromosomes of two species of eels. *Chrom. Inform. Serv.*, 12: 27-28.

NISHIKAWA S., SAKAMOTO K. (1977) - Comparative studies on the chromosomes in Japanese fishes. III. Somatic chromosomes of three anguilliform fishes. *J. Shimonoseki Coll. Fish.*, 25 (3): 193-196.

NOGUSA S. (1960) - A comparative study of the chromosome of fishes with particular considerations on taxonomy and evolution. *Mem. Hyogo Univ. Agric.*, 3 (1): 1-62.

OFNO S., CHRISTIAN L., ROMERO M., DOKOFU R., IVEY C. (1973) - On the question of American eels, *Anguilla rostrata* versus European eels, *Anguilla anguilla*. *Experientia*, 29: 891.

PARK E.H., GRIMM H. (1981) - Distribution of C-band heterochromatin in the ZW sex chromosomes of European and American eels. *Cytogenet. Cell Genet.*, 31: 167-174.

PARKE H., KANG Y.S. (1979) - Karyological confirmation of conspicuous ZW sex chromosomes in two species of Pacific anguillid fishes (Anguilliformes: Teleostomi). *Cytogenet. Cell Genet.*, 23: 33-38.

PASSAKAS T. (1978) - C-banding pattern in chromosomes of the European eel *Anguilla anguilla*. *Folia Biol.*, 26: 301-304.

PASSAKAS T. (1981) - Comparative studies on the chromosome of European eel (*Anguilla anguilla* L.) and the American eel (*Anguilla rostrata* Le Suer). *Folia Biol.*, 29 (1): 41-57.

RUFAS J.S., GOSALVEZ J., GIMENEZ-MARTIN G., ESPONDA P. (1983) - Localization and development of kinetochores and a chromatid core during meiosis in grasshopper. *Genetica*, 61: 233-238.

- SCHMID M. (1982) - Chromosome banding in Amphibia. VIII. Analysis of the structure and variability of NORs in Anura. *Chromosoma*, 87: 327-334.
- SOLA L., GENTILI G., CATAUDELLA S. (1980) - Eel chromosomes: cytotaxonomical inter-relationship and sex chromosomes. *Copeia*, 4: 911-913.
- SOLA L., GENTILI G., CATAUDELLA S. (1984) - Cytogenetics of Atlantic eels: C- and G-banding, nucleolus organizer regions, and DNA content. *Cytogenet. and Cell Genet.*, 38: 206-210.
- SUBRAHMANYAH K., RAMAMOORTHY K. (1971) - A karyotype study in the estuarine worm eel *Moringua linearis* (Gray). *Sci. Cult.*, 37: 201-202.
- SUMNER A.T. (1982) - The nature and mechanism of chromosome banding. *Cancer Genet. Cytogenet.*, 6: 59-87.
- THODE G., ALVAREZ M.C., GILES V., GARCIA E. (1985) - Chromosome complement, C-banding and Ag-NOR location in *Ophisurus serpens* (Ophichthidae, anguilliformes)., *Cytobios.*, 43: 73-77.
- WIBERG U.H. (1983) - Sex determination in the European eel (*Anguilla anguilla*, L.). *Cytogenet. Cell Genet.*, 36: 589-598.



M. SAROGLIA\*

E. INGLE\*\*

\* Istituto di Produzione Animale dell'Università della Basilicata,  
85100 Potenza (Italia)

\*\* ICRAP, Via Respighi 5, 00197 Roma (Italia)

## STATO DI AVANZAMENTO DELLE RICERCHE SULLO SVEZZAMENTO LARVALE DI SPIGOLA (*D. LABRAX* L.) CON ALIMENTO INERTE

### Abstract

State-of-the-art on weaning larvae of the Sea-bass, (*D. labrax*) using inert food

*Weaning experiments conducted on the larvae of Sea-bass, consisted either in the partial or total substitution of natural food such as rotifera and Brine shrimp with commercial fish flour. The results indicate that the partial substitution of the natural diet will give results for survival rate and growth rate comparable to those obtained with a diet based on live food only.*

**Key-words:** Sea-bass, aquaculture, weaning experiments.

### Introduzione

La metodologia attualmente in uso per lo svezzamento larvale di spigola si basa sull'offerta di alimento vivo che a seconda dello stadio di sviluppo ontogenetico, è costituito prevalentemente da:

- rotiferi, dal 6° al 15° giorno;
- nauplii e metanauplii di *Artemia salina* dal 12° al 55° giorno.

Dopo il 45° giorno si inizia ad offrire, assieme all'artemia, mangime inerte, della dimensione di circa 400 µm. La somministrazione di alimento vivo viene interrotta entro il 60° giorno. A questo punto la larva si può considerare svezzata ed è pronta ad alimentarsi con mangimi inerti, in adeguata successione granulometrica.

Tale tecnica è abbondantemente descritta in SAROGLIA (1983), FRANCHETTI (1983), BARNABÈ (1986), KATAVIC (1986), WATANABE & FUJITA (1986).

Da alcuni anni vengono inoltre impiegate tecniche alternative che si basano sull'utilizzo di grandi volumi d'acqua (20-150 mc.), all'interno dei quali viene sviluppato un micro-ecosistema planctonico che, tenuto costantemente sotto controllo, costituisce il necessario substrato alimentare per le larve, in attesa di raggiungere lo stadio di sviluppo previsto per passare al mangime inerte, approssimativamente entro il 60° giorno di vita (SAROGLIA *et al.* in prep.).

La possibilità di iniziare l'allevamento larvale con mangime inerte, evitando perciò completamente l'alimento vivo, può comunque rappresentare un notevole risparmio in termini economici, permettendo di eliminare i costi relativi (fito e zooplankton) che in percentuale incidono sul costo di un avvanotto di spigola per il 12, 2% o il 34, 5% a seconda di quale tecnica di svezzamento venga impiegata (IANDOLI *et al.*, 1987).

Presso la Stazione Sperimentale dell' ENEL a Torre Valdaliga, sono in corso tra l'altro studi tendenti all'individuazione di una dieta inerte, in grado per l'appunto, di superare sia lo «stadio a rotiferi» che lo «stadio ad artemia».

I risultati di seguito riportati, da intendersi come un semplice rapporto di stato d'avanzamento del lavoro, si riferiscono ad un'esperienza sviluppata durante la stagione riproduttiva dell'inverno 1986-87.

### Materiali e metodi

In una sala termostata sono stati allestiti 9 acquari del volume di 60 l alimentati con acqua filtrata a 0, 8  $\mu$ m.

I parametri chimico fisici dell'acqua, misurati giornalmente, si sono mantenuti nell'intervallo di valori riportati di seguito:

Temperatura	=	16 $\pm$ 1 °C
Salinità	=	36 $\pm$ 0,5 ‰
pH	=	8, 1 - 8, 4
N-(NH <sub>4</sub> +NH <sub>3</sub> )	=	0, 08 - 0, 3 mg/l
N-N02	=	0, 005 - 0, 015 mg/l
P-PO <sub>4</sub>	=	0, 005 - 0, 05 mg/l

In ogni acquario sono state immesse 2. 000 uova embrionate di spigola (30 uova/litro) provenienti da deposizione e fecondazione naturale spontanea. Dopo il sesto giorno dalla schiusa, al completo riassorbimento del sacco vitellino gli acquari sono stati suddivisi in tre gruppi di tre vasche ciascuno, ognuno dei quali ha quindi ricevuto un diverso trattamento alimentare:

- dieta A, negli acquari N° 1-2-3, costituita, in progressione con l'accrescimento larvale, da rotiferi, nauplii e metanauplii di artemia;
- dieta B, negli acquari N° 4-5-6, costituita in progressione con l'accrescimento larvale, da farina di pesce fino al 15° giorno, nauplii e metanauplii di artemia;
- dieta C, negli acquari N° 7-8-9 costituita da farina di pesce (granulometria 40-120  $\mu$ m).

A partire dal 45° giorno, in tutti gli acquari è iniziata la somministrazione di alimento commerciale per larve, fino alla completa sostituzione delle precedenti diete. Per arricchire le diete in acidi grassi poli-insaturi (PUFA), (WATA-

NABE, 1983; WATANABE & KITAJIMA, 1983; FUJITA, 1979; VAN BALLER *et al.*, 1985) è stato usato un olio autoemulsionante denominato «Selco», prodotto in Belgio dalla «Artemia System» (contenuto dichiarato 100 mg di PUFA per grammo di olio).

Durante lo svolgimento delle prove sono state valutate le percentuali di schiusa delle uova e stimate le percentuali di sopravvivenza larvale. Inoltre per ogni gruppo è stato definito l'andamento della curva di crescita.

La percentuale di schiusa è stata valutata per confronto numerico tra la quantità di uova seminate e la quantità di uova non schiuse, raccolte per sifonamento dal fondo degli acquari.

Per la stima della percentuale di sopravvivenza larvale si è tenuto conto della quantità di larve morte raccolte da ogni acquario e della densità delle larve presenti valutata mediante un reticolo semitrasparente di superficie nota. Il reticolo veniva immerso in 10 diversi punti dell'acquario scelti «random» e contate le larve per ogni campo, la media dei valori ottenuti, riferita al volume totale dell'acquario, permetteva la stima quantitativa, con una buona approssimazione.

Le percentuali di sopravvivenza finale sono state ottenute per conteggio delle larve residue.

Le curve di crescita sono state ottenute per biometria di subcampioni costituiti da 20 animali per acquario.

## Risultati

La percentuale di schiusa nei nove acquari, mediamente è risultata essere del  $79\% \pm 2,5$  senza significative differenze tra i test.

L'andamento della sopravvivenza larvale, riassunto in Tab. 1 e rappresentato graficamente in Fig. 1 (a, b, c) non ha mostrato rilevanti differenze tra larve alimentate con solo alimento vivo (dieta A) e con inerte per i primi 15 giorni e poi con *Artemia salina* (dieta B), il valore finale in entrambi i casi è risultato essere molto prossimo al 16%. La sopravvivenza tra le larve alimentate con solo alimento inerte (dieta C), ha mostrato un valore finale prossimo al 3%.

L'andamento della curva di crescita, riassunto in Tab. 2 e rappresentato graficamente nella Fig. 2 (a, b, c), non ha presentato significative differenze, la lunghezza media finale raggiunta dalle larve di ogni gruppo è risultata comunque pari a circa 18 mm, senza evidenti differenze tra le diete.

## Discussione

Dai risultati sopra riportati appare evidente la possibilità di sostituire la dieta a base di rotiferi con alimento inerte, mentre non sembra al momento sussistere la possibilità di evitare l' *Artemia salina*.

**Tab. 1** - Sopravvivenza larvale in spigole alimentate con 3 diete diverse: Dieta A (rotiferi + nauplii e metanauplii di *Artemia salina*); dieta B (farina di pesce + nauplii e metanauplii di *Artemia salina*); dieta C (solo farina di pesce). Le percentuali stimate sono riferite al numero totale delle larve schiuse.

Età larve (giorni)	Percentuale di sopravvivenza		
	Dieta A (solo vivo) %	Dieta B (inerte+vivo) %	Dieta C (solo inerte) %
0	100	100	100
5	92,1 ± 7,3	90,2 ± 9,2	93,1 ± 8,4
10	68,3 ± 11,0	67,8 ± 9,9	70,9 ± 10,5
15	55,9 ± 10,5	55,9 ± 8,7	54,9 ± 9,2
20	44,6 ± 7,9	44,1 ± 7,3	45,3 ± 7,2
25	35,1 ± 6,2	34,7 ± 5,8	9,7 ± 3,3
30	29,9 ± 5,7	30,2 ± 5,0	5,4 ± 1,9
35	25,7 ± 5,1	26,0 ± 4,5	4,9 ± 1,6
40	21,3 ± 4,4	21,3 ± 3,8	4,6 ± 1,5
50	17,6 ± 3,8	17,4 ± 2,9	3,9 ± 1,1
60	16,5 ± 2,9	16,4 ± 2,2	3,4 ± 0,9

**Tab. 2** - Accrescimento in millimetri, in funzione del tempo, in larve di spigola alimentate con tre diverse diete: dieta A (rotiferi + nauplii e metanauplii di *Artemia salina*); dieta B (farina di pesce + nauplii e metanauplii di *Artemia salina*); dieta C (farina di pesce). Temperatura = 16 °C.

Età larve (giorni)	Lunghezza in millimetri		
	Dieta A (solo vivo) mm	Dieta B (inerte+vivo) mm	Dieta C (solo inerte) mm
0	3,91 ± 0,13	4,09 ± 0,31	4,12 ± 0,22
5	4,92 ± 0,51	4,89 ± 0,42	4,92 ± 0,15
10	5,17 ± 0,41	5,22 ± 0,45	5,23 ± 0,49
15	5,76 ± 0,46	5,33 ± 0,50	5,31 ± 0,48
20	7,59 ± 0,62	8,32 ± 0,60	7,62 ± 0,56
25	8,72 ± 0,88	9,05 ± 0,85	8,55 ± 0,91
30	11,12 ± 1,11	11,06 ± 1,30	9,92 ± 1,23
35	13,02 ± 1,38	13,16 ± 1,90	12,48 ± 1,81
40	14,64 ± 1,65	14,59 ± 3,60	14,23 ± 2,79
50	16,50 ± 2,2	16,51 ± 2,90	16,40 ± 3,22
60	18,71 ± 2,4	18,71 ± 3,40	18,65 ± 4,06

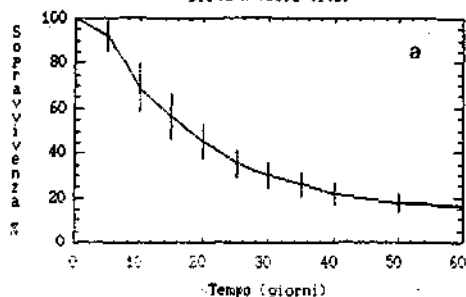
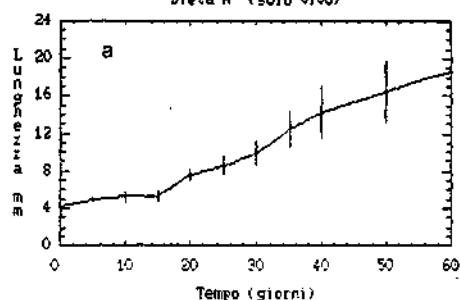
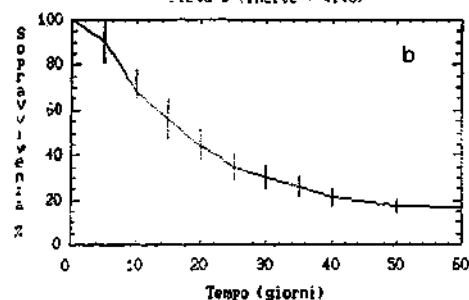
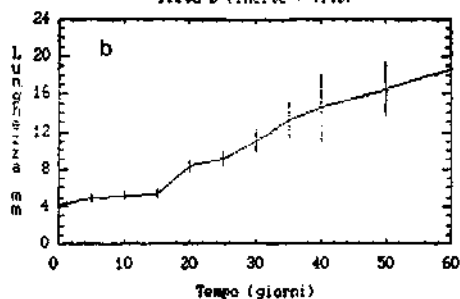
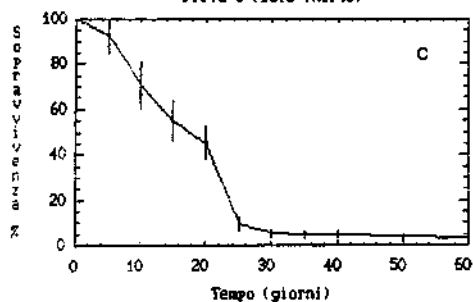
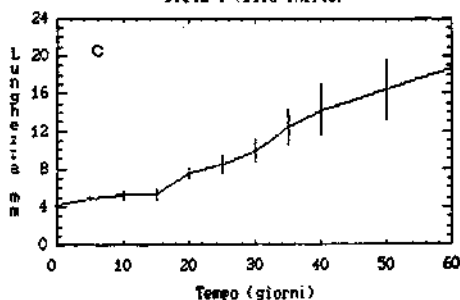
Fig. 1a Andamento della sopravvivenza  
Dieta A (solo vivo)Fig. 2a Andamento della crescita  
Dieta A (solo vivo)Fig. 1b Andamento della sopravvivenza  
Dieta B (inerte + vivo)Fig. 2b Andamento della crescita  
Dieta B (inerte + vivo)Fig. 1c Andamento della sopravvivenza  
Dieta C (solo inerte)Fig. 2c Andamento della crescita  
Dieta C (solo inerte)

Fig. 1a, 1b, 1c - Sopravvivenza larvale in spigole alimentate con 3 diete diverse: dieta A (rotiferi da 6 a 15 gg. ) + (nauplii da 12 a 45 gg. e metanauplii da 35 a 55 gg. di *Artemia salina*); dieta B (farina di pesce da 6 a 15 gg.) + (nauplii da 12 a 45 gg. e metanauplii da 35 a 55 gg. di *Artemia salina*); dieta C (solo farina di pesce da 6 a 45 gg. ).

Fig. 2a, 2b, 2c - Andamento accrescimento in millimetri, in funzione del tempo, in larve di spigola alimentate con tre diverse diete: dieta A (rotiferi da 6 a 15 gg. ) + (nauplii da 12 a 45 gg. e metanauplii da 35 a 55 gg. di *Artemia salina*); dieta B (farina di pesce da 6 a 15 gg. ) + (nauplii da 12 a 45 gg. e metanauplii da 35 a 55 gg. di *Artemia salina*); dieta C (solo farina di pesce da 6 a 45 gg. ).

La mortalità elevata, osservata attorno al 22° giorno di vita, tra le larve alimentate con solo mangime inerte (dieta C) potrebbe essere dovuta ad una carenza di elementi nutritivi altrimenti presenti in artemia o alla forma non digeribile di fattori nutrizionali effettivamente somministrati.

Pertanto, pur non potendo ancora trarre conclusioni in proposito si ritiene opportuno continuare tale tipo di studio arricchendo il mangime inerte con altri fattori nutrizionali.

## Summary

*Since the possibility of using inert food items from the early weaning period of larval growth has enormous economic benefits because it lowers the costs of producing phyto- and zooplankton stock cultures, we have investigated the possibility of partially or totally substituting live food with inert food items in the Sea-larvae bass, D. labrax larvae.*

*Depending on the development stage of larval growth, at present the most consolidated method for the weaning of young Sea-bass consists in the use of live food items including zooplankton species of different size. Any possibility of avoiding live food would probably contribute to reducing production costs of fingerlings. Experiments to test this possibility have been conducted. Using young Sea-bass larvae, we have compared the growth and mortality curves for larvae fed live food items, inert food or inert food mixed with a rotifer diet, the latter generally preceding the use of the cladoceran Artemia salina. Although the results are still preliminary, it seems possible to substitute the rotifer diet, but not the A. salina diet, with inert food in D. labrax larvae, probably due to the deficiency of some elements in the diet or to impaired digestion in the larvae.*

## Bibliografia

- BARNABÉ G. (1986) - L' élevage du Coup et de la daurade. In *Aquaculture*. G. Barnabé (ed. ). Lavoisier: 627-667.
- FRANCETTI A. (1983) - Elementi di maricoltura. Ed. Edagricole Bologna: 105-117.
- FUJITA S. (1799) - Culture of red sea bream *Pagrus major*. *E. M. S. Sp. Publ.*, 4: 183-197.
- LANDOLI C., VENZI L., INGLE E., SAROGLIA M. (1987) - Economic evaluations for production of Sea-bass. (*Dicentrarchus labrax*) alevins - *Proceedings acts of E. A. S. Conference «Aquaculture Europe '87»* (in stampa).
- KATAVIC I. (1986) - Diet involvement in mass mortality of Sea-bass (*Dicentrarchus labrax*) eggs and larvae. *Aquaculture*, 58: 45-54.

SAROGLIA M. G. (1983) - Allevamento di orata e spigola. In *Aquacultura*. E. Tibaldi (Ed. ), Clesav Milano: 149-175.

VAN BALLER (1985) - Preliminary results on the nutritional evaluation of w3 HUFA. Enriched artemia nauplii for larvae of the bass *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 49: 223-229.

WATANABE T. (1983) - Nutritional quality of brine shrimp, *Artemia salina*, as living feed from view point of essential fatty acids. *Fish. Bull. Jap. Soc. Scien. Fish.*, 44: 1115-1121.

WATANABE T., KITAJIMA S. (1983) - Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish. *Aquaculture*, 34: 115-143.

WATANABE T., FUJITA H. (1986) - Recent progress in production methods of aquaculture. In *Trend and problems in aquaculture*. H. Rosenthal & E. Grimaldi (eds). E. A. F. V. Verona: 70-88.

L. TOSI C. SOLA A. SPAMPANATO P. TONGIORGI

Dipartimento di Biologia Animale dell'Università,  
Via Università 4, 41100 Modena (Italia)

## DISCRIMINAZIONE E PREFERENZE SALINE NELLE CECHE DI *ANGUILLA ANGUILLA* IN MIGRAZIONE VERSO LE ACQUE INTERNE

### Abstract

Salinity preferences of glass-eels during their upstream migration

*Salinity preferences of glass-eels during their upstream migration (North Tyrrhenian coast) are tested. Glass-eels detect salinity difference of 5‰. Water flows having low salinity are preferred by animals reared in either fresh, brackish or salt water.*

**Key-words:** *Anguilla anguilla*, glass-eels, salinity preference.

### Introduzione

La migrazione delle ceche di *Anguilla anguilla* (L.) dal mare alle acque dolci si presenta come un fenomeno complesso, influenzato da numerosi fattori ambientali. L'influenza di alcuni di questi fattori sul comportamento delle ceche è già stata sottoposta a verifica sperimentale (TONGIORGI *et al.*, 1986; Tosi *et al.*, 1988), mentre l'importanza della salinità come fattore orientante è tutt'ora oggetto di dibattito. Infatti, se alcuni autori attribuiscono alle differenze di salinità un ruolo del tutto marginale nel guidare la migrazione (CREUTZBERG, 1961; MILES, 1968), altri sostengono l'esistenza di una chiara preferenza nei confronti di acque salmastre (18‰) (SCHULZ, 1975). Da parte di DEELDER (1973) si ipotizza inoltre che la preferenza per le acque dolci insorga solo dopo che le ceche hanno trascorso un periodo di adattamento sottocosta, presso le foci dei fiumi.

È parso dunque opportuno approntare una sperimentazione volta a saggiare le preferenze nei confronti di acque a diversa salinità da parte di ceche catturate in mare presso la foce di alcuni fiumi e corsi d'acqua del Tirreno settentrionale, e adattate a salinità del 30‰, 25‰, 20‰, 15‰, oppure adattate all'acqua dolce.



## Metodi

A non più di 24 ore dalla cattura le ceche venivano stabulate alle salinità sopra indicate, per un minimo di 3 ed un massimo di 15 giorni, in celle termostate a temperatura costante di 11°C, con fotoperiodo 12L/12B. Le preferenze venivano quindi saggiate mediante scelte binarie tra due flussi di portata costante, di uguale temperatura (11°C) ma a diversa salinità (cfr. Tosi *et al.*, 1988, per maggiori dettagli sulle tecniche sperimentali).

## Risultati e conclusioni

I risultati evidenziano una netta preferenza per le acque dolci anche da parte di ceche non ancora adattate a queste (Tab. 1).

**Tab. 1** - *Medie delle scelte ( $\pm$  d. s. ) effettuate da lotti di 20 ceche stabulate rispettivamente in acqua dolce o salata (30‰) verso flussi di acqua dolce o salata.*

Stab.	Scelta	
	0	30‰
0	14,5 $\pm$ 0,71	2,5 $\pm$ 2,12
30‰	13,0 $\pm$ 3,90	7,0 $\pm$ 3,50

Nel caso che i due flussi proposti presentino l'uno una salinità inferiore e l'altro una salinità superiore rispetto a quella di stabulazione, il flusso a salinità inferiore viene sempre preferito (Tab. 2).

**Tab. 2** - *Media delle scelte ( $\pm$  d. s) effettuate da lotti di 20 ceche stabulate a 20‰ di salinità nei confronti di flussi a salinità maggiore (30‰) e minore (10‰ o 0) rispetto a quella di stabulazione.*

Stab.	Scelte		
	Stab. + 10 (30‰)	Stab. - 10 (10‰)	Stab. - 20 (0)
20‰	4,2 $\pm$ 1,71	14,2 $\pm$ 4,35	
20‰	3,5 $\pm$ 3,53		16,0 $\pm$ 4,24

Analogamente, nella scelta tra due flussi di cui uno a salinità uguale a quella di stabulazione e l'altro a salinità inferiore oppure superiore, viene sempre preferito il flusso a minore salinità (Tab. 3). In queste condizioni sperimentali, le ceche si dimostrano in grado di discriminare differenze di salinità anche modeste (5‰).

**Tab. 3** - Medie delle scelte ( $\pm$  d. s. ) effettuate da lotti di 20 ceche nei confronti di flussi aventi l'uno salinità uguale a quella di stabulazione (20‰) e l'altro con salinità del 5‰ e del 10‰ inferiore (a sinistra) o superiore (a destra) rispetto a quella di stabulazione.

Scelte			Scelte		
Stab. - 10 (10‰)	Stab. - 5 (15‰)	Stab. (20‰)	Stab. (20‰)	Stab. + 5 (25‰)	Stab. + 10 (30‰)
	14,0 $\pm$ 4,24	4,5 $\pm$ 2,12	13,5 $\pm$ 1,73	4,2 $\pm$ 1,26	
17,5 $\pm$ 3,53		2,0 $\pm$ 2,83	14,5 $\pm$ 3,53		3,0 $\pm$ 2,83

La capacità di discriminare tra differenze di salinità relativamente contenute si manifesta anche nel caso in cui i due flussi proposti abbiano entrambi salinità superiore a quella di stabulazione (Tab. 4, a destra); viceversa, nel caso in cui entrambi i flussi presentino salinità inferiore a quella di stabulazione, le ceche non manifestano alcuna preferenza. Gli animali si dirigono infatti indifferentemente verso entrambi i flussi, anche se le differenze di salinità tra i due flussi sono notevoli (Tab. 4, a sinistra).

**Tab. 4** - Media delle scelte ( $\pm$  d. s. ) effettuate da lotti di 20 ceche stabulate a diverse salinità (colonne centrali) nei confronti di flussi entrambi a salinità inferiore (a sinistra) o superiore (a destra) rispetto a quella di stabulazione.

Scelte				Stab.	Stab.	Scelte		
Stab. - 20	Stab. - 15	Stab. - 10	Stab. - 5			Stab. + 5	Stab. + 10	Stab. + 15
		10,5 $\pm$ 0,71	9,0 $\pm$ 0,0	30‰				
	10,0 $\pm$ 1,41		10,0 $\pm$ 1,41	25‰				
			9,5 $\pm$ 0,71	20‰	20‰	13,0 $\pm$ 1,41	5,0 $\pm$ 2,83	
9,0 $\pm$ 0,0					20‰	15,0 $\pm$ 1,41		4,0 $\pm$ 0,0

Dato che uno dei fattori determinanti il comportamento di scelta salina delle ceche è la differenza tra la salinità dei flussi e la salinità cui gli animali sono adattati, è possibile ipotizzare che le ceche, in condizioni naturali, assumano la corretta direzione di nuoto verso le foci dei corsi d'acqua basandosi sul confronto tra le salinità dell'acqua in cui si trovano e i gradienti di salinità circolanti.

La montata è però un fenomeno assai più complesso in cui, non solo la salinità, ma anche altri fattori intervengono, agendo in concerto, nel guidarne le varie fasi.

### Summary

*The salinity preferences of Anguilla anguilla glass-eels, reared in fresh, brackish or sea water, have been studied by means of binary choices. Fresh-water flows are preferred over salt or brackish water flows, even by specimens not yet adapted to low salinity. Glass-eels detect even small salinity differences (5‰). Salinity of the water to which the fish is adapted seems to be the reference for evaluating surrounding salinity gradients, which in turn allows glass-eels to obtain information necessary to swim toward the river mouth.*

### Bibliografia

- CREUTZBERG F. (1961) - On the orientation of migrating elvers (*Anguilla vulgaris* Turt. ) in a tidal area *Neth. J. Sea Res.*, 1: 257-338.
- DEELDER C. L. (1973) - Synopsis of biological data on the eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758). *FAO Fish. Synopsis*, 80: 1-71.
- MILES S. G. (1968) - Rheotaxis of elvers of the American eel (*Anguilla rostrata*) in the laboratory to water from different stream in Nova Scotia. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 25: 1591-1602.
- SCHULZ D. (1975) - Salinitätspräferenzen bei Glasaalen und jungen Gelbaalen (*Anguilla anguilla*). *Helgoländer. wiss. Meeresunters.*, 27: 199-210.
- TONGIORGI P., TOSI L., BALSAMO M. (1986) - Thermal preferences in upstream migrating glass-eels of *Anguilla anguilla* (L. ). *J. Fish Biol.*, 28: 501-510.
- TOSI L., SALA L., SOLA C., SPAMPANATO A., TONGIORGI P. (1988) - Experimental analysis of the thermal and salinity preferences of glass-eels. *Anguilla anguilla* (L. ), before and during the upstream migration. *J. Fish Biol.*, 33: 721-733.

P. VILLANI \*

M.

LENZI \*\*

L. STRONATI\*

L. POLIDORI \*

\* ENEA, C. R. E. Casaccia, TECAB Lab. Acquacoltura, 00100 Roma (Italia)

\*\* Lab. Ittiogenico, Comitato gestione peschiere comunali,  
58015 Orbetello (GR) (Italia)

## UN'ESPERIENZA DI GESTIONE DI UNO STAGNO PER LA PRODUZIONE DI ZOOPLANKTON DA UTILIZZARE IN ACQUACOLTURA

### Abstract

A pond to produce plankton for aquaculture use

*As zooplankton is a source of live food for larvae offish in hatcheries, we compared the productivity of wild zooplankton in a pond of 313 cubic meters fertilized with an agricultural fertilizer with that of zooplankton reared with traditional methods.*

**Key-words:** Aquaculture, zooplankton, fertilization.

### Introduzione

Lo zooplancton, possedendo caratteristiche quali potere nutritivo elevato, digeribilità, mobilità, capacità di galleggiamento etc, è considerato attualmente uno degli alimenti larvali più idonei; si può prevedere inoltre che anche in futuro, considerando gli scarsi risultati finora ottenuti con gli alimenti inerti, la disponibilità di prede vive resterà elemento indispensabile per lo sviluppo dell'acquacoltura marina.

La produzione di zooplancton d'altra parte rappresenta un settore particolarmente oneroso per le avannotterie in cui l'attività di routine volta a tale scopo costituisce un impegno quantificabile in almeno il 70% del tempo lavoro per il personale (PONTICELLI *et al.*, 1985) e incide sul costo degli avannotti per il 50% circa (LENZI & FOMMEI, 1986).

Pertanto nonostante le tecniche di produzione intensiva abbiano ormai raggiunto un buon livello di affidabilità, già da tempo si è pensato di affiancare, ed eventualmente sostituire, allo zooplancton prodotto negli impianti uno zooplancton selvatico che ne aumenti la disponibilità e ne contenga i costi. Questa

tecnica è stata ampiamente sperimentata in Francia e ha permesso di ottenere ottimi risultati nello svezzamento di avannotti di spigola (*Dicentrarchus labrax*). Una possibilità per aumentare la produzione dello zooplancton, con esigua mano d'opera e bassi costi di produzione, è individuabile in interventi di fertilizzazione organica e/o inorganica di bacini artificiali e naturali (DOYLE & BOYD, 1984; GEIGER, 1983a, 1983b; OPUSZYNSKI *et al.*, 1984).

A tale scopo è stata effettuata una esperienza di fertilizzazione inorganica in un bacino artificiale di 515 mc. in terra, di acqua salmastra, presso il laboratorio Ittiogenico di Orbetello fra il novembre '86 e il marzo '87.

## Materiali e metodi

Un primo intervento di fertilizzazione è stato effettuato su di uno stagno presso Orbetello nel novembre '86, dopo un'indagine preliminare effettuata per avere una indicazione di massima sulla popolazione presente nel bacino prima dell'intervento, utilizzando fertilizzanti agricoli granulari preventivamente disciolti in acqua per migliorarne l'efficienza (BOYD *et al.*, 1981).

Sono stati immessi nel bacino fosfato biammonico e nitrato di potassio per un rapporto N/P di 3, 2 e un totale di 20 ppm di azoto. A distanza di 3 mesi circa si è poi effettuata una seconda fertilizzazione, più blanda della prima, con immissione di nitrato di potassio e perfosfato triplo granulare, per un rapporto N/P uguale a 3. Per questo secondo intervento si è preferito usare una minore quantità di fertilizzante onde evitare possibili effetti eutrofici, considerando i precedenti trattamenti.

Al fine di compensare momentanee riduzioni di fitoplancton per overpassolo è stato saltuariamente aggiunto lievito di birra disciolto in acqua, per un ulteriore apporto di nutrienti alla popolazione zooplanctonica. Per eseguire qualitativamente e quantitativamente le variazioni dello zooplancton sono stati effettuati dei campionamenti settimanali, ad una stessa ora, in 5 punti fissi dello stagno, 4 lungo le sponde e 1 centrale, filtrando ogni volta 10 litri di acqua. Il filtrato raccolto è stato poi portato a volume idoneo, relativamente alla concentrazione degli organismi, che sono stati quindi fissati con formalina al 4%, contati in sub campioni, determinati e suddivisi in individui ovigeri e non. Settimanalmente venivano esaminati i valori di temperatura e salinità e prelevati campioni di acqua che sono stati inviati al laboratorio USL n° 28 di Grosseto, dove sono state eseguite le analisi per il contenuto di ammoniaca, nitrati e fosfati. I risultati sono riportati in Fig. 1. Una volta raggiunta una elevata concentrazione dello zooplancton, si è proceduto alla sua raccolta. La pesca degli organismi è avvenuta mediante un retino da plancton con vuoto di maglia di 110  $\mu$ m nel tratto iniziale e 56  $\mu$ m nel tratto finale. Un sistema fisso di «air-lift» convogliava circa 8,5 l/ora di acqua nel suddetto retino. Le pescate dello zooplancton sono iniziate nel dicembre '86 in un solo punto di

raccolta, 24h/24h, e si sono protratte da gennaio a marzo '87 in due punti distanti 1,5 metri circa.

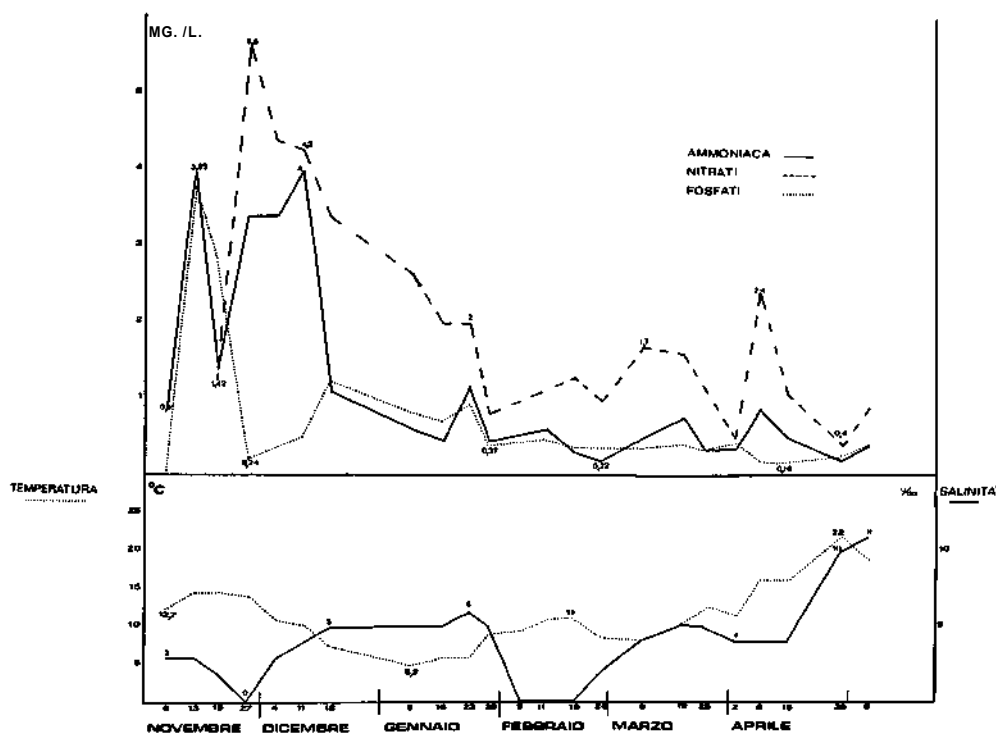


Fig. 1 - Andamento dei parametri chimico-fisici dell'acqua.

Il materiale raccolto è stato in parte fatto asciugare all'aria su un filtro di maglia di 56  $\mu$ m, per 3-6 ore (a seconda della quantità) quindi pesato e congelato per essere utilizzato in un secondo tempo, in parte usato come alimento vivo per larve di spigole e sogliole, dopo essere stato portato a volume noto per il prelievo dell'aliquota per la stima quantitativa.

## Risultati

Dall'andamento della popolazione zooplanctonica (Fig. 2) si osserva un notevole incremento degli organismi rispetto alla concentrazione iniziale. La crescita ha avuto un andamento esponenziale con un picco massimo di 8733 individui/litro dopo un mese circa dal primo intervento di fertilizzazione, seguito da una netta diminuzione degli organismi, con un minimo di 1435 indi-



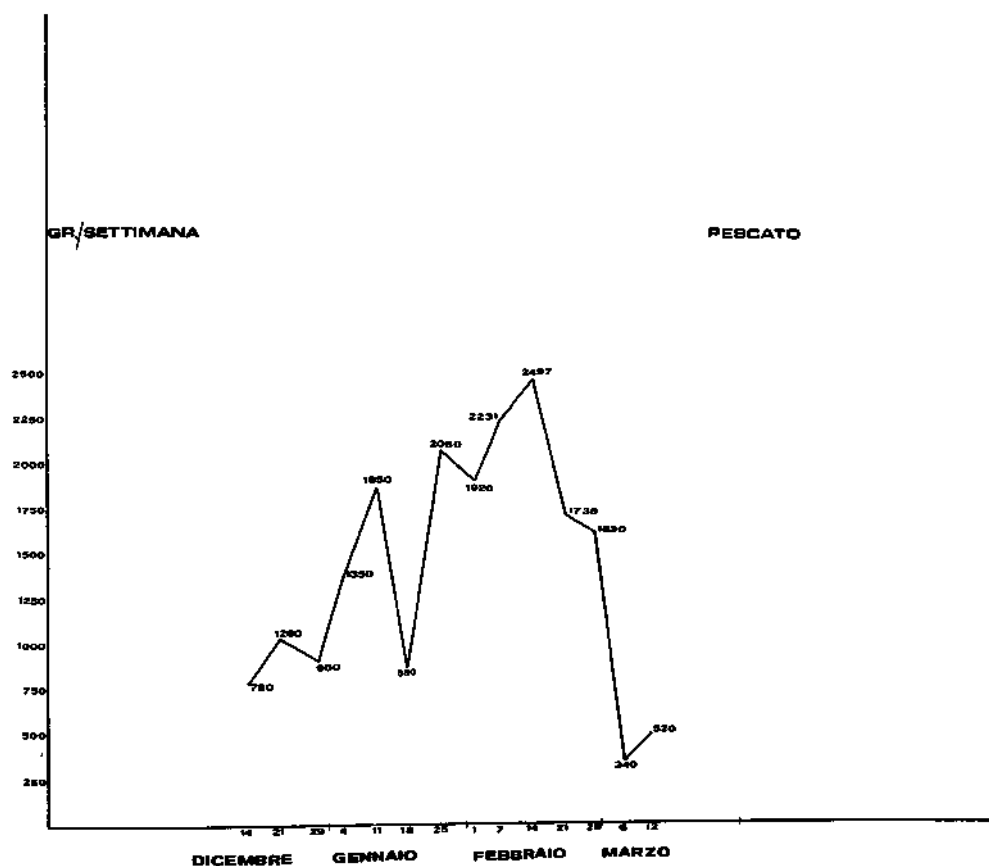


Fig. 3 - Variazione del peso degli organi raccolti.

## Conclusioni

L'esperienza effettuata ha dimostrato la reale possibilità di produrre grandi quantità di zooplancton selvatico per scopi alimentari, in ambienti vasti e opportunamente fertilizzati. Non altrettanto si può dire del controllo dei parametri nutrizionali le cui variazioni durante il corso dell'esperienza sono risultate per lo più imprevedibili e dipendenti da fattori correlati fra loro (quali probabilmente variazioni del pH, della temperatura, della concentrazione di  $O_2$ , qualità dei fertilizzanti e del substrato) su cui difficilmente si può intervenire.

Non si può attualmente prevedere la qualità del «blooms» planctonici e quindi non si ha la possibilità di indirizzare la produzione verso le specie prescelte.

Operativamente invece la gestione di un modulo di produzione di zooplancton risulta semplice e soprattutto molto economico se confrontata con la



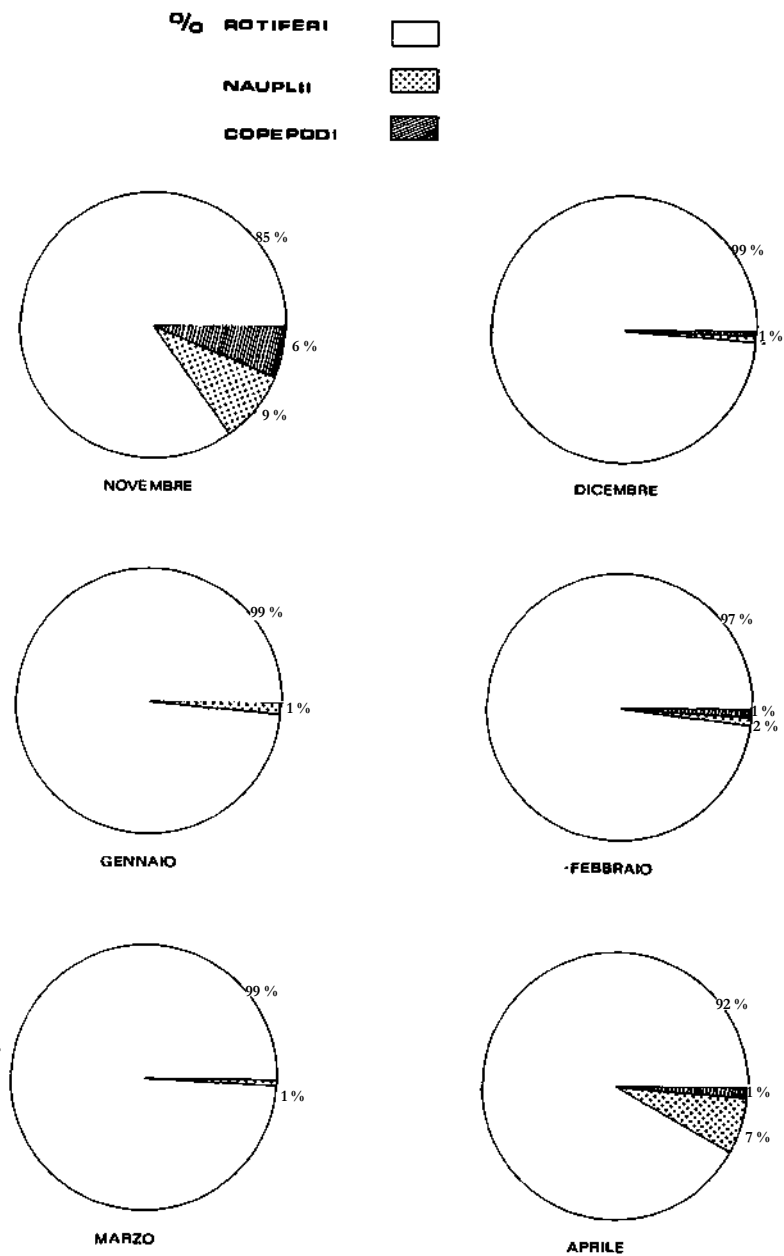


Fig. 4 - Composizione percentuale della popolazione zooplanctonica.

gestione di ambienti a temperatura e sterilità controllata (camere fito-zooplantoniche). Considerando infatti una media di 150 gr/giorno di zooplankton prodotto dal bacino, sarebbero necessarie 14 buste da 30 litri con concentrazione di 200 rotiferi/litro, provenienti dalla camera termostata, per ottenere una uguale qualità di alimento, calcolando il peso umido unitario del rotifero pari a  $1,75 \times 10^{-6}$  gr. Si consideri poi che, nei momenti di maggiore richiesta di plankton lo stagno ha prodotto oltre 350 gr/giorno di rotiferi.

La raccolta degli organismi ha richiesto inoltre una esigua mano d'opera e l'utilizzo di soli materiali semplici, se si fa eccezione per l'uso di un compressore per il funzionamento dell' «air-lift».

È quindi auspicabile per il futuro una ulteriore messa a punto di questa tecnica di produzione, cercando, se possibile, di controllare meglio le variazioni dei parametri nutrizionali e di comprendere quanto più possibile le correlazioni tra fattori biotici e abiotici.

## Summary

*The aim of this study was to increase the availability of wild zooplankton to be used as live food for larvae of Dicentrarchus labrax and Solea solea.*

*A pond of 515 cubic meters was fertilized with an agricultural fertilizer containing nitrate and phosphate; the pond was first fertilized in November 1986 and in January 1987. We obtained a good average (150-200 g per day) of wild zooplankton, part of which has been used as live food and part frozen and stored.*

## Bibliografia

BOYD C. E., MUSING Y., TUCKER L. (1981) - Effects of three phosphorus fertilizers on phosphorus concentrations and phytoplankton production. *Aquaculture*, 22: 175-180.

DOYLE K. M., BOYD C. E. (1984) - The timing of inorganic fertilization of sunfish ponds. *Aquaculture*, 35: 169-177.

GEIGER J. G. (1983a) - A review of pond zooplankton production and fertilization for the culture of larval and fingerling striped bass. *Aquaculture*, 35: 353-369.

GEIGER J. G. (1983b) - Zooplankton production and manipulation in striped bass rearing ponds. *Aquaculture*, 35: 331-351.

LENZI M., FOMMEI F. (1986) - Produzione di avannotti di spigola (*Dicentrarchus labrax*) in grandi volumi con impiego di acque ipotermali. *Nuova Thalassia*, 8 (suppl. 3).

OPUSZYNSKI K., SHIREMAN J. V., ALDRIDGE F. J., ROTTMANN R. W. (1984) - Environmental manipulation to stimulate rotifers in fish rearing ponds. *Aquaculture*, 42: 343-348.

PONTICELLI A., ANGELINI M., LENZI M., SALVATORI R. (1985) - Raccolte di zooplankton in ambienti eutrofici a mezzo di una apparecchiatura automatica. *Oebalia*, 1985, vol. XI.

B. S. DEZFULI P. FRANZOI G. SBRENNNA R. ROSSI  
Istituto di Zoologia dell'Università, Via L. Borsari 46, 44100 Ferrara (Italia)

PRIME OSSERVAZIONI SUGLI ACANTOCEFALI  
PARASSITI DI *ATHERINA BOYERI* (RISSO, 1810)  
(*OSTEICHTHYES*, *ATHERINIDAE*) IN UNA SACCA  
DEL DELTA DEL PO

**Abstract**

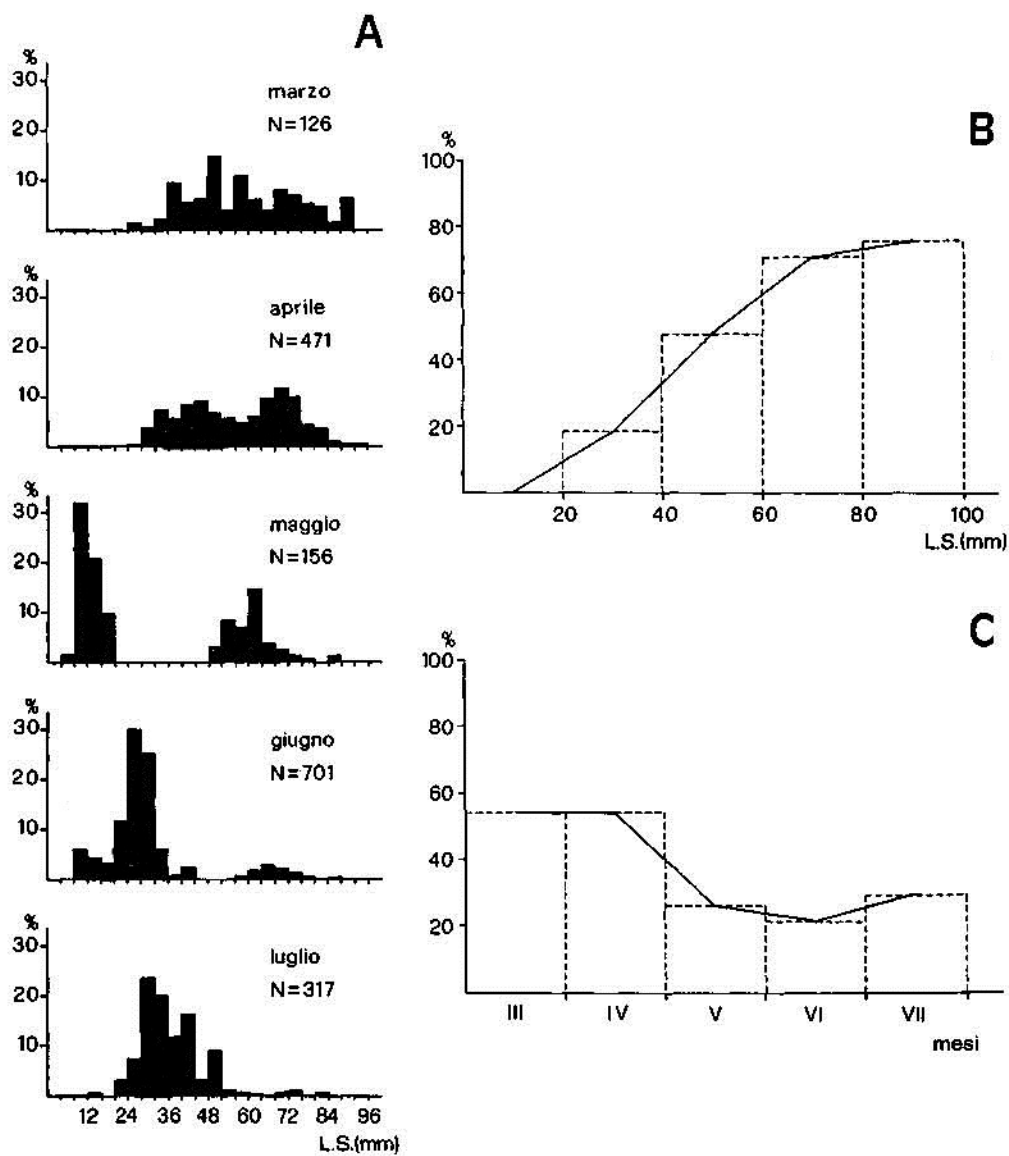
Acanthocephalan parasites of *A. boyeri* in a costal bay

*Acanthocephalans are the main endoparasites of Atherina boyeri in the Sacca of Scardovari, a coastal lagoon of the Po River Delta. They are mainly represented by two congeneric species Telosentis exiguus and T. molini. The ratio among the species was about 1: 1. In very few cases only another Acanthocephalan species was found, namely Acanthocephaloides propinquus. The prevalence increased with host size.*

**Key-words:** *Atherina boyeri*, fish parasites, Acanthocephalan, coastal lagoons, Adriatic Sea.

È stato effettuato uno studio parassitologico su esemplari di *Atherina boyeri* pescati nella Sacca di Scardovari, una laguna del Delta del Po. Questa indagine ha riguardato i soli Elminti. Vengono qui riportati i primi risultati, soprattutto per quanto riguarda le caratteristiche ecologiche della Parassitosi dovuta agli acantocefali (variazione dell'incidenza dell'infestazione con l'aumento della taglia dell'ospite; andamento mensile dell'infestazione), mentre sono in corso ricerche al fine di determinare il ciclo biologico delle specie di acantocefali rinvenute.

Dal marzo al luglio '87 con frequenza circa quindicinale sono stati condotti 10 campionamenti in Sacca di Scardovari, utilizzando una sciabica da novellarne (maglia da 2 mm da nodo a nodo) lunga 30 cm. Su un subcampione totale di 1771 individui sono state ottenute le distribuzioni mensili di frequenza delle diverse taglie. Le maggiori abbondanze di *A. boyeri* sono state registrate durante i mesi da maggio a luglio, in corrispondenza alla comparsa nella popolazione della classe di età 0 (Fig. 1. A).



**Fig. 1** - A) Distribuzioni mensili di frequenza delle lunghezze di *A. boyeri*; B) Variazioni dei valori di prevalenza (percentuale di individui infestati) con la taglia dell'ospite; C) andamento dell'infestazione nella popolazione di *A. boyeri* durante il periodo di studio.

Per l'indagine parassitologica sono state esaminate globalmente 523 aterine, subcampionate tenendo conto delle distribuzioni di frequenza delle diverse taglie (L. S. variabile da 18 a 101 mm). 293 degli animali esaminati, pari a circa il 56%, erano parassitati. Gli elementi rinvenuti appartenevano ai phyla Platyhelminthes, Nematoda ed Acanthocephala. In circa il 90% delle aterine parassitate, l'infestazione era dovuta ai soli acantocefali. Questi parassiti, tutti adulti e localizzati all'interno del tubo digerente, sono risultati appartenere quasi esclusivamente alle due specie congeneriche *Telosentis exiguus* (INSTOW, 1901) VAN CLEAVE, 1923 e *T. molini* VAN CLEAVE, 1923. Il rapporto di presenza fra queste due specie è approssimativamente di 1: 1. Solo in due casi è stata rinvenuta un'altra specie, *Acanthocephaloides propinquus* (DUJARDIN, 1845) MEYER, 1932.

Gli acantoncefali sono stati rinvenuti in numero variabile da un minimo di 1 ad un massimo di 36 per ospite. L'incidenza dell'infestazione aumenta con la taglia (Fig. 1. B): le aterine fino ad una L. S. di 20 mm non sono infestate; nella classe di L. S. 80-100 mm la prevalenza raggiunge invece il 75%. L'andamento dei valori mensili di prevalenza ottenuti per la popolazione di *A. boyeri* conferma che la percentuale di infestazione aumenta con la taglia dell'ospite (Fig. 1. C). Tale prevalenza mensile, pari a circa il 50% in marzo-aprile quando la popolazione è costituita da soli adulti (classe di età 1+), scende a circa il 20% in maggio-giugno quando si verifica il massivo reclutamento in Sacca della coorte 0+, per poi risalire a circa il 30% in luglio, quando i giovani hanno ormai raggiunto una L. S. media di circa 35 mm.

Le variazioni dei valori di prevalenza riscontrate sono probabilmente in relazione con i cambiamenti rilevabili nel regime alimentare dell'ospite con l'aumentare della taglia. Infatti, i Crostacei Gammaridi probabili ospiti intermedi del parassita (CROMPTON, 1970) divengono importanti nella dieta dell'aterina solo quando questa ha raggiunto una L. S. di circa 30 mm (FERRARI & Rossi, 1983-84).

## Bibliografia

CROMPTON D. W. T. (1970) - An Ecological Approach to Acanthocephalan Physiology. Cambridge University Press.

FERRARI I. ROSSI R. (1983-84) - Regime alimentare di *Atherina boyeri* Risso in una laguna del delta del Po. *Nova Thalassia*, 6: 275-280.

M. IANNIBELLI\*

D. LEVI\*

G. SPEZIE\*\*

\* Istituto di Tecnologia della Pesca e del Pescato - C. N. R.

Via Vaccara 61, 91026 Mazara del Vallo (Italia)

\*\* Istituto di Meteorologia e Oceanografia, I. U. N.

Via Acton 38, 80133 Napoli (Italia)

## OSSERVAZIONI PRELIMINARI SULLA RIMONTA DEL NOVELLAME NEL LAGO FUSARO (NAPOLI)

### Abstract

First observations on fish-fry migration in Lake Fusaro

*This study concerns a methodological test for the systematic investigation on the relationship between environmental conditions and fish-fry migration in the Lake of Fusaro (Naples). Preliminary results on *L. ramada*, *L. aurata* and *L. saliens* fry migration periods are reported. Preliminary observations on the influence of temperature on fry migrations are also reported.*

I valori di direzione e velocità della corrente della temperatura e conducibilità dell'acqua sono stati determinati con un correntometro AAnderaa RCM-4 a registrazione magnetica, dotato di sensori con una precisione di 0,02°C e 0,02 mmhos rispettivamente. I valori di ossigeno disciolto e pH sono stati determinati in laboratorio. Nei dati riguardanti l'ossigeno, ottenuti col metodo di Winkler, si tiene conto (con un'incertezza di 0,2 mg/l) anche della eventuale presenza di ferro ferroso e ferrico, cloro libero nonché sostanze organiche in acqua, per mezzo di analisi parallele incrociate (RODIER, 1975).

Per il campionamento del materiale biologico è stata adoperata una rete del tipo bilancia a mano, adattata alle particolari caratteristiche della stazione di campionamento ed alla necessità di catturare il novellame in rimonta in un intervallo di tempo che fosse il minore possibile.

Le misure sono state eseguite dal 17 gennaio al 3 marzo 1986 con frequenza settimanale dalle ore 09 alle ore 16, ogni 30 minuti.

Il novellame catturato, in massima parte Mugilidi, è stato identificato basandosi sulle chiavi e descrizioni disponibili (PERLMUTTER *et al.*, 1957; FARRUGIO, 1977).

I valori estremanti medi di tutti i parametri registrati, per tutto il ciclo di osservazioni, sono riportati in Tab. 1. Il contributo delle acque marine al corpo lacustre è evidenziato dai maggiori valori di salinità e temperatura in fase di alta marea, mentre è da tener presente che anche le acque esterne alla foce sud del Fusaro risentono un contributo, in relazione alla marea, delle acque dolci del fiume Volturno (DE MAIO *et al.*, 1985).

**Tab. 1** - Intervallo dei valori medi di T, S, O<sub>2</sub>, pH e velocità di flusso e numero di esemplari catturati per le tre specie di *Liza* con flusso entrante e uscente.

	Flusso entrante			Flusso uscente		
	n.	min	max	n.	min	max
T °C	-	12,41	13,82	-	11,58	13,09
S	-	35,73	37,09	-	35,10	36,68
O <sub>2</sub> mg/l	-	8,58	10,66	-	7,52	9,17
pH	-	8,04	8,12	-	7,80	8,15
Flusso cm/s	-	5,6	9,3	-	7,1	10,8
L. ramada	274	-	-	86	-	-
L. aurata	47	-	-	1	-	-
L. saliens	109	-	-	13	-	-

I dati dell'ossigeno disciolto mostrano valori vicini alla saturazione, sia con flusso entrante che uscente, evidenziando una debole differenza tra acque interne ed esterne nel periodo di osservazione. Il massimo registrato (155% di saturazione) si è presentato il 3 marzo in accordo con i dati di SACCHI & RENZONI (1962) e di CARRADA (1973).

I dati riguardanti il novellame evidenziano una rilevante presenza di *Liza ramada*, seguita da *Liza saliens* ed infine *Liza aurata*. Si è notata anche la presenza di *Chelon labrous* e di esemplari di taglia ridotta (media 23 mm  $\pm$  1 di lunghezza) di *L. saliens* in maggio-giugno '85, periodo di prova di efficienza di cattura dell'attrezzo.

I dati di questo studio preliminare confermano i periodi di rimonta delle tre specie del genere *Liza* riportati da GANDOLFI *et al.* (1981) per l'Italia centro-settentrionale. L'anticipo di circa un mese per *L. aurata* può essere dovuto alla posizione geografica del L. Fusaro rispetto alle stazioni dei precipitati AA. Anche per il Fusaro è confermata la doppia rimonta di *L. saliens*, il cui anticipo può essere sempre dovuto alle ragioni di cui sopra.

Gli alti valori di temperatura dell'acqua, da 25°C in maggio a 28°C in luglio (registrati durante le prove di funzionamento della rete) non sembrano impedire la rimonta del pesce novello nel Lago Fusaro.

Solo con le alte temperature dell'acqua in agosto (30°C in media) si registrano l'assenza totale sia di novellame che di Teleostei in genere.

## Bibliografia

CARRADA G. (1973) - Profilo ecologico di una laguna salmastra flegrea: il Lago Fusaro. *Arch. Ocean. Limnol.*, 18 (suppl. ): 145-164.

DE MAIO A., MORETTI M., SANSONE E., SPEZIE G., VULTAGGIO M. (1985) - Outline of marine currents in the Bay of Naples and some considerations on pollutant transport. *Il Nuovo Cimento*, 8C: 955-969.

FARRUGIO H. (1977) - Cles commentees pour la determination des adultes et des alevins de Mugilidae de Tunisie. *Cybiu*, ser. III 2: 57-73.

GANDOLFI G., ROSSI R., TONGIORGI P. (1981) - Osservazioni sulla montata del pesce novello lungo le coste italiane. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, 3 (suppl. 1): 215-232.

PERLMUTTER A., BOGRAD L., PRUGININ J. (1957) - Use of estuarine fishes of the family Mugilidae (grey mullets) for pond culture in Israel. *Proc. Fish. Coun. Medit., F. A. O.*, 44: 289-304.

SACCHI C. F., RENZONI A. (1962) - L'ecologie de *Mytilus galloprovincialis* Lam. dans l'etang littoral du Fusaro et les rythmes saisonniers et nycthemeraux des facteurs environnants. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 32 (suppl.): 255-293.

RODIER J. (1975) - Analysis of water. J. Wiley & Sons: 380-387.



P. JEREB S. RAGONESE R. MULONE  
I. T. T. P., C. N. R., Via L. Vaccara 61 - 91026 Mazara del Vallo (TP) - (Italia)

## SU DUE ESEMPLARI ANOMALI DI *SCAEURGUS UNICIRRHUS* (MOLLUSCA CEPHALOPODA)

### Abstract

On two anomalous specimens of *Scaeurghus unicolorrhus* (Mollusca Cephalopoda)

*Two anomalous specimens of Scaeurghus unicolorrhus from trawl catches within the Sicilian Channel are reported. One of them presented a double unilateral ectocotylization, the other a supernumerary arm: both are described in detail. This is the first report of such anomalies regarding this species.*

**Key-words:** *Scaeurghus unicolorrhus*, anomalies, first records.

*Scaeurghus unicolorrhus*, che nel Mediterraneo viene riportato come abbastanza raro e pescato occasionalmente, nel Canale di Sicilia è oggetto di pesca regolare e potrebbe costituire un potenziale sfruttabile dalla pesca a strascico delle marine siciliane. Nell'ambito di un programma di ricerca sulla valutazione delle risorse demersali pescabili nel Canale di Sicilia (I. R. A. W. L.), è in corso uno studio sulla biologia riproduttiva di questa specie. Nel corso di tale studio sono stati rinvenuti due esemplari anomali: A e B.

A) Questo esemplare, dall'aspetto altrimenti del tutto normale anche come colorazione e granulosità del mantello (lungo 76 mm), presenta un doppia ectocotilizzazione unilaterale, avendo anche il IV braccio sinistro ectocotilizzato, accanto al normale ectocotile (III braccio sinistro). La doppia ectocotilizzazione negli Ottopodi è un fenomeno molto raro, di cui sembra siano stati riscontrati finora solo 4 casi riportati in letteratura (PALACIO, 1973), dei quali due riguardano una doppia ectocotilizzazione bilaterale, due una doppia ectocotilizzazione unilaterale come nel presente caso. Le osservazioni da noi effettuate sembrano confermare quanto espresso da Palacio, vale a dire che tale fenomeno, quando si verifica si manifesta secondo modalità similari. Anche nel presente caso

**Tab. 1** - Misure (in mm) e rapporti ( %) dell'ectocotile «extra» (IV S\*) su quello normale (III S), esemplare A.

	III S	IV S*	%
<b>Lunghezza braccio ectocotilizzato</b>	<b>134,0</b>	<b>160,0</b>	<b>119,4</b>
<b>Lunghezza ectocotile</b>	<b>9,0</b>	<b>5,0</b>	<b>55,6</b>
<b>Lunghezza ligula</b>	<b>6,0</b>	<b>3,0</b>	<b>50,0</b>
<b>Lunghezza calamo</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>	<b>75,0</b>
<b>Ligula/Bracci (%)</b>	<b>4,5</b>	<b>1,9</b>	<b>42,2</b>
<b>Calamo/Ligula (%)</b>	<b>66,7</b>	<b>100,0</b>	<b>149,9</b>

infatti, il braccio ectocotilizzato «extra» non è molto più corto delle altre braccia e non presenta alcuna particolare differenza di spessore; le ventose della porzione terminale (circa il 20%) risultano sensibilmente più piccole del normale. L'ectocotile «extra» è più piccolo di quello normale, ma perfettamente formato: la ligula è notevolmente ridotta rispetto a quella normale ed anche il calamo risulta ridotto. Ad un esame interno l'esemplare ha rivelato un apparato gonadico perfettamente normale: si tratta di un maschio in piena maturità sessuale, con spermatofore ben formate. Anche nel presente caso l'ectocotile sovrannumerario, data la sua morfologia, sembra essere stato potenzialmente funzionante. L'ipotesi di una mutazione al livello dei loci di geni legati al sesso (PALACIO, 1973), potrebbe essere una valida spiegazione di questo fenomeno: studi del controllo genetico dell'ectocotilizzazione potrebbero confermarla.

B) L'esemplare, anch'esso dall'aspetto altrimenti del tutto normale, compresi il colore e la granulosità del mantello (lungo 72 mm), presenta un braccio sovrannumerario, per un totale di 9 braccia. Sebbene siano numerose le osservazioni riportate in letteratura sulla rigenerazione di braccia, tentacoli e/o ven-

**Tab. 2** - Misure (in mm) relative al braccio sovrannumerario dell'esemplare B.

<b>Lunghezza braccio sovrannumerario</b>	<b>176</b>
<b>Lunghezza parte iniziale, sottile</b>	<b>29</b>
<b>Lunghezza parte restante, fornita di ventose</b>	<b>147</b>

tose i Cefalopodi (FERAL, 1978), questo sembra essere il primo caso, per quanto a conoscenza degli autori, in cui un esemplare presenta un braccio in più accanto a quelle normali. Tale braccio sovranumerario risulta formatosi in corrispondenza del II braccio sinistro, al di sopra della membrana interbrachiale di 21 mm. È più lungo delle altre braccia, e presenta la prima parte più sottile e priva di ventose. Successivamente cominciano le ventose, che appaiono leggermente più grandi (per il primo sesto) rispetto a quelle delle braccia normali. Il II braccio sinistro si presenta del tutto normale, come pure le rimanenti braccia. Ad un esame interno l'esemplare ha rivelato una gonade matura e spermatofore ben formate, senza alcunché di particolare da segnalare. Una dissezione al livello dell'inserzione del braccio sovranumerario non ha rivelato alcuna particolare formazione che consentisse di formulare ipotesi sulla sua esistenza: pertanto, non disponendo al momento che di questo unico caso, ci si limita a comunicarne la constatazione, riservando a future possibili osservazioni ulteriori deduzioni e/o ipotesi.

Entrambi gli esemplari sono stati pescati nella zona a Sud-Est di Malta, a profondità di 180 e 290 metri rispettivamente. L'esame delle saccate, compreso il materiale di «scarto», non ha rivelato nulla di particolare o di anomalo da segnalare. Con riferimento ai due esemplari descritti, è da sottolineare come per la prima volta anomalie di tal genere vengano riscontrate nello *Scaevargus uniccirrhus*.

## Bibliografia

- FERAL J. -P. - La regeneration des bras de la Seiche, *Sepia officinalis*. I - Etude morphologique. *Cab. biol. mar.*, XIX: 355-361.
- PALACIO F. J. (1973) - On the double hectocotylization of Octopods. *The Nautilus*, 87 (4): 99-102.

M. MURA

A. CAU

Istituto di Zoologia e Anatomia Comparata dell'Università,  
Viale Poetto 1, 09100 Cagliari (Italia)

## SUL DIMORFISMO SESSUALE E SEX-RATIO IN *ARISTEUS ANTENNATUS* (RISSO, 1816)

### Abstract

Sexual dimorphism and sex-ratio in *Aristeus antennatus*

*We have examined 13,702 specimens of Aristeus antennatus, collected monthly between June 1985 and January 1987, at constant bathymetric intervals in the southern Sardinian sea. The minimum reproductive size and the regression of the male's rostrum throughout the year were recorded. The depth and the time of fishing influenced the sex-ratio ( $\frac{\text{♂♂}}{\text{♀♀}}$ ).*

**Key-words:** *Aristeus antennatus*, Mediterranean Sea.

Pescate effettuate, tra giugno 1985 e gennaio 1987, con frequenza mensile ed a batiche costanti su fondi batiali strascicabili antistanti le coste della Sardegna meridionale, hanno permesso di catturare ed esaminare 13.702 esemplari di *Aristeus antennatus* (Risso, 1816). L'elaborazione dei dati ha consentito di approfondire alcuni aspetti della biologia di questa specie: andamento del rapporto sessi in funzione della taglia e della profondità e modalità della regressione del rostro nei maschi. MASSUTI (1961), BAS (1967) e SARDA (1986) trattano della diminuzione della lunghezza del rostro nei maschi di questa specie; tuttavia in questi Autori, mancano notizie sulla taglia e sulle modalità con cui avviene. Nell'insieme della popolazione esaminata il rapporto sessi ( $\frac{\text{♂♂}}{\text{♀♀}}$ ) è stato pari a 0,249; i valori variano con la profondità, con la taglia e nel tempo. Negli individui immaturi, per classi di lunghezza del carapace (LC) minori di 17 mm il rapporto  $\frac{\text{♂♂}}{\text{♀♀}}$  è risultato variabile nelle singole catture ma sempre minore di 1 ( $\frac{\text{♂♂}}{\text{♀♀}} = 0,486 \pm 0,167$ ). Negli esemplari aventi  $17 < LC < 25$  mm il numero dei maschi, nel periodo marzo-agosto, è risultato superiore a quello delle femmine ( $\frac{\text{♂♂}}{\text{♀♀}} = 5,87 \pm 4,23$ ) mentre nel restante periodo dell'anno tale tendenza si inverte. Sempre nell'insieme degli individui considerati i maschi sono risultati in numero crescente con l'aumentare delle profon-

dità, risultando in assoluto più numerosi delle femmine ( $\sigma\sigma/\text{♀♀} = 3, 2$ ) nelle pescate effettuate tra 850 e 900 m di profondità. Le prime reclute (10-13 mm di LC) compaiono nel pescato di marzo e i primi maschi raggiungono la maturità sessuale (presenza di spermatofore nelle ampole terminali dei gonodotti) in maggio. In tale stadio i maschi hanno lunghezze di carapace comprese tra 17 e 19 mm (classe d'età 0+). Queste condizioni si mantengono fino a luglio quando si riscontra la più elevata frequenza di maschi maturi nella classe 17-18 mm di LC. Successivamente la maturità viene conseguita gradualmente in classi di LC superiori fino a raggiungere il massimo in novembre con lunghezze di carapace comprese tra 21 mm e 25 mm; tuttavia i maschi immaturi continuano a comparire nel pescato fino a gennaio. In tutti i maschi si è constatato che la regressione del rostro è sempre successiva al conseguimento della maturità sessuale.

I dati raccolti indicano che le classi di lunghezza del carapace interessate dalla regressione del rostro sono comprese tra 17 e 27 mm e che nel tempo il manifestarsi e il completarsi della regressione non avvengono sempre nelle stesse classi di LC (Tab. 1). È possibile quindi individuare un periodo dell'anno, la stagione estiva, in cui la regressione del rostro inizia e si compie in classi di LC minime (17-19 mm) e un altro, mesi invernali, in cui le classi interessate hanno valori maggiori (23-26 mm). Sono state calcolate inoltre le regressioni del rapporto lunghezza carapace/lunghezza rostro in funzione della lunghezza del carapace ( $LC/LR=f(LC)$ ) nei mesi dell'anno in maschi e femmine in pre- e post-maturità sessuale, considerando come indice di maturità in femmine la presenza di spermatofore nel telicum. In questo sesso il calcolo delle relazioni  $LC/LR=f(LC)$  prima e dopo il conseguimento della maturità sessuale non ha posto in evidenza differenze significative. Nei maschi il calcolo delle stesse relazioni ha invece evidenziato bassi valori dei coefficienti di regressione negli individui in pre- ( $m' = 0, 0171 \pm 0, 0048$ ) e post- maturità sessuale ( $m' = 0, 0646 \pm 0, 0156$ ) risultando quindi costanti e caratteristici nei due stadi.

L'andamento annuale dei cambiamenti morfologici indici di maturità nei maschi, calcolato da febbraio '86 a gennaio '87 sui valori medi mensili del rapporto  $LC/LR$  in classi di LC comprese tra 17 e 27 mm, è risultato in stretta correlazione con l'andamento della densità superficiale di flusso di energia solare ( $W/m^2$ ) teorica incidente sulla superficie del mare nelle zone di pesca e rilevata a intervalli di 30 giorni durante l'arco dell'anno solare (PROVERBIO & QUESADA, 1983):  $LC/LR = f(W/m^2)$   $r = 0, 904$ . Anche l'andamento in sequenza temporale della presenza percentuale di femmine accoppiate (con spermatofore) e degli ultimi tre stadi di maturità ovarica, secondo RELINI ORSI & RELINI (1979), presenti nella struttura riproduttiva della popolazione femminile, sono risultati correlati con l'andamento del flusso di energia solare, rispettivamente:  $r = 0, 84$  e  $r = 0, 82$ . La predominanza dei maschi osservata alle massime profondità campionate e, in alcuni mesi dell'anno, in taglie di misura di LC fino a 25 mm, riscontrata inoltre anche in una serie di pescate effettuate a profondità tra 480 e 520 m nel periodo marzo-giugno '86, in classi di LC comprese tra 25 e 32 mm, sembra indicare una concentrazione dei maschi negli areali da pesca nel periodo

**Tab. 1** - Frequenza assoluta e percentuale di ♂♂ nelle varie classi di lunghezza in cui compaiono fenomeni di regressione del rostro.

	a	b	c	d		a	b	c	d
Febbraio	22	8	1	88,9	Agosto	18	9	2	81,8
86	23	9	4	69,2	86	19	6	5	54,4
	24	7	8	46,7		20	7	9	43,8
	25	4	11	26,7		21	2	11	15,4
	26	1	7	12,5	Settembre	19	12	2	85,7
Marzo	21	12	1	92,3	86	20	8	3	72,7
86	22	9	2	81,8		21	14	10	58,3
	23	7	5	58,3		22	6	8	42,9
	24	6	9	40,0		23	1	10	9,1
	25	3	10	23,1	Ottobre	21	23	2	92,0
	26	2	13	13,3	86	22	15	8	65,2
Aprile	18	4	1	80,0		23	12	9	57,1
86	19	8	3	72,7		24	11	15	42,3
	20	9	7	56,3		25	4	21	16,0
	21	8	9	47,1	Novembre	22	9	1	90,0
	22	7	19	26,9	86	23	7	3	70,0
	23	2	11	15,4		24	3	4	42,9
Maggio	18	16	3	84,2		25	2	6	25,0
86	19	17	13	56,7		26	2	10	16,7
	20	29	36	44,6	Dicembre	23	16	2	88,9
	21	1	11	8,3	86	24	7	3	70,0
Giugno	18	20	11	64,5		25	5	9	35,7
86	19	7	15	31,8		26	1	10	9,1
Luglio	17	14	9	60,9	Gennaio	23	7	1	87,5
86	18	12	9	57,1	86	24	10	6	62,5
	19	11	14	44,0		25	7	9	43,8
						26	2	9	18,2

a: classi di lunghezza del carapace in mm in cui compaiono fenomeni di regressione del rostro.

b: frequenza assoluta di ♂♂ a rostro lungo.

c: frequenza assoluta di ♂♂ a rostro corto.

d: frequenza percentuale di ♂♂ a rostro lungo.

dell'accoppiamento (primavera e primi mesi estivi) e una successiva rarefazione per dispersione su aree più profonde. Ciò concorda e si aggiunge a quanto osservato da MAURIN (1960) per la stessa specie nel Golfo del Leone. La predominanza dei maschi può essere spiegata dal fatto che l'accrescimento nei due sessi è molto diversificato (ORSI RELINI & RELINI, 1985): più rapido nelle femmine che non nei maschi. Di conseguenza una maggiore percentuale di individui maschili, a parità d'età, viene a concentrarsi in classi di lunghezza di valori assoluti minori di quelli femminili. Un'ipotesi analoga viene formulata per la stessa specie da SARDA' & DEMESTRE (1987), anche se, secondo questi AA., nelle taglie degli individui immaturi la percentuale dei maschi supera il 50% della popolazione.

## Bibliografia

- BAS C. (1967) - Note préliminaire sur la crevette rouge *Aristeus antennatus*. *CGPM Deb. et Doc. Tech., Doc. tech.*, 30: 281-285.
- MASUTTI M. (1961) - Premières observations bionomiques et biologiques sur la crevette rose (*Aristeus antennatus* Risso) aux fonds des Iles Baléares. *Rapp. Proc. Verb. CIESM*, 16 (2): 551-557.
- MAURIN C. (1960) - Les crevettes profondes du littoral français de la Méditerranée Répartition selon la profondeur. Notes bionométriques. *Rapp. Proc. Verb. CIESM*, 15 (2): 147-154.
- ORSI RELINI L., RELINI G. (1985) - An attempt to assign Bertalanffy growth parameters to *Aristeus antennatus* Risso 1816 (Crustacea Decapoda) of the Ligurian Sea. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, 29 (5): 301-304.
- PROVERBIO E., QUESADA V. (1983) - Valori teorici della durata dell'illuminazione e del flusso di energia solare in Sardegna. *Pubbl. Staz. Astr. int. Lat., Cagliari*, 105: 1-50.
- RELINI ORSI L., RELINI G. (1979) - Pesca e riproduzione del gambero rosso *Aristeus antennatus* (Decapoda Penaeidae) nel Mar Ligure. *Quad. Civ. Staz. Idrobiol., Milano*, 7: 39-62.
- SARDA F. (1986) - Recent advances in knowledge of *Aristeus antennatus* biology. *Rapp. P. V des Réun.*, 30 (2): 24.
- SARDA' F., DEMESTRE M. (1987) - Estudio biológico de la gamba *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) en el Mar Catalan (NE de España). *Inv. Pesq.*, 51 (1): 213-232.

M. PELLIZZATO \*

N.

MATTEI \*\*

\* Consulente C. I. V. V., S. Croce 1860/B, 30135 Venezia (Italia)

\*\* Dipartimento di Biologia Ambientale dell'Università,  
Via delle Cerchia 3 - 53100 Siena (Italia)

## ASPETTI ECONOMICI DELL'ALLEVAMENTO DELLA VONGOLA *TAPES PHILIPPINARUM* NELLE LAGUNE VENETE

### Abstract

Economic aspects of the Manila clams rearing in northwestern Adriatic lagoons

*In our studies of mollusc rearing in the northwest lagoons of the Adriatic Sea, in the last three years particular attention has been paid to Manila clams.*

*The aim of the present study was to evaluate the economic potentiality of this species. In fact, the recovery rate (only 32%) is large enough to cover expenses at the present high prices (L. 15,000/kg).*

**Key-words:** *Tapes philippinarum*, rearing, economic aspects.

Nell'ambito delle ricerche sull'allevamento di bivalvi in ambienti salmastri, gli ultimi tre anni hanno visto crescere l'interesse per la venericoltura.

Le sperimentazioni effettuate sin dal 1983 (PELLIZZATO & DA ROS, 1985; PELLIZZATO & MATTEI, 1986; PELLIZZATO *et al.*, 1989; a cui si rinvia per i dati tecnici e biologici), hanno permesso di acquisire le informazioni base per verificare le effettive potenzialità economiche di questo tipo di allevamento, mettendo a confronto due ambienti caratteristici: la valle da pesca e la laguna aperta (cioè le aree soggette al naturale flusso delle maree).

I costi sostenuti nel 1985 per realizzare un modulo produttivo «standard» di 300 mq nelle due aree (Tab. 1) risultano minori in valle da pesca, essendo presenti solo in laguna le spese per tasse di concessione di spazio acqueo.

Il costo predominante è comunque rappresentato, in entrambe le zone, dall'acquisto del seme (obbligatoriamente effettuato all'estero, essendo l'Italia



**Tab. 1** - *Stima del costo investito per un allevamento di 300 mq in laguna ed in valle da pesca (riferimento anno 1985).*

VOCE	COSTI	
	In laguna	In valle
Seme di vongola (L. 11.000/1.000 esemplari) (*)	L. 3.300.000	L. 3.300.000
Importazione, dogana, trasporti, tasse, ecc.	L. 500.000	L. 500.000
Materiale per lo svezzamento del seme	L. 700.000	L. 700.000
Attrezzatura per accrescimento e protezione delle vongole	L. 300.000	L. 300.000
Tasse per la concessione di uno spazio acqueo (300 mq/anno)	L. 180.000	L. 0
Lavoro per sistemazione area, preparazione e mantenimento parco, semina, ecc.	L. 600.000	L. 600.000
Altre spese	L. 120.000	L. 120.000
<b>Totale</b>	<b>L. 5.700.000</b>	<b>L. 5.412.000</b>
<b>Costo medio dell'allevamento per mq</b>	<b>19.000</b>	<b>18.040</b>

(\*) Massima densità di semina = 1.000 esemplari/mq.

**Tab. 2** - *Stima dei costi da sostenere per la raccolta di Tapes philippinarum da un allevamento di 300 mq (riferimento anno 1987).*

VOCE	COSTI	
	In laguna	In valle
Biomassa raccogliabile (*)	kg 1.200	kg 1.200
Salario pescatori - raccoglitori	L. 900.000	L. 738.000
Attrezzatura per la raccolta (L. 25/kg) (**)	L. 30.000	L. 30.000
Tasse (L. 100/kg)	L. 120.000	L. 120.000
Altre spese	L. 180.000	L. 180.000
	<b>L. 1.230.000</b>	<b>L. 1.068.000</b>

(\*) Viene stimata, in media, una produzione di 4 kg/mq.

(\*\*) Costo per il ripristino degli attrezzi di raccolta.

ancora priva di un centro funzionale ed efficiente per la riproduzione controllata dei molluschi bivalvi).

Il costo relativo alla raccolta del prodotto, che avverrà dopo 18-24 mesi della semina, è inferiore nell'ambiente vallivo (Tab. 2) essendo questa pesca effettuata dal personale già in carico alla gestione dell'azienda ed è stato valutato come onere aggiuntivo a fronte del lavoro straordinario svolto in valle.

I sistemi di raccolta sono oggi ancora totalmente di tipo manuale e richiederanno in futuro un necessario miglioramento tecnologico.

Il riepilogo dei costi e dei profitti dei due allevamenti «standard» sono messi a confronto nella Tab. 3.

**Tab. 3** - Riepilogo dei costi e dei ricavi per un allevamento di 300 mq in laguna ed in valle da pesca.

VOCE	COSTI	
	In laguna	In valle
<b>Costi</b>		
Investimento di capitale (*)	L. 5.700.000	L. 5.412.000
Costo della raccolta	L. 1.230.000	L. 1.068.000
<b>Costo totale</b>	<b>L. 6.930.000</b>	<b>L. 6.480.000</b>
<b>Profitti previsti</b>		
Ricavo della vendita all'ingrosso dell'intera partita (**)	L. 18.000.000	L. 18.000.000
Guadagno netto (***)	L. 11.070.000	L. 11.520.000
Ritorno monetario per ogni L. 1.000 investite	L. 1.597	L. 1.778

(\*) Valori riferiti al 1985.

(\*\*) Prezzo medio di vendita nel 1987: L. 15. 000/kg.

(\*\*\*) Durata del ciclo di allevamento: 18-24 mesi.

I dati ottenuti con questo studio portano alle seguenti conclusioni:

- percentuali massime di ricattura del 32%;
- rese medie di 4 kg/mq di prodotto commerciabile dopo 18-24 mesi dalla semina;
- con un valore medio di L. 15. 000/kg ricavato dal produttore dalla vendita delle vongole (prezzo di mercato per l'anno 1987), si ottengono buoni margini di profitto ed interessanti ritorni monetari;

- esistono delle difficoltà connesse con un'attività di acquicoltura ancora da perfezionare e sviluppare (metodi di raccolta, tecniche di semina ed allevamento, ecc. ), ma la coltura della vongola *Tapes philippinarum* in ambienti lagunari italiani ha una notevole potenzialità ed allettanti prospettive.

### **Bibliografia**

PELLIZZATO M., DA ROS L. (1985) - Allevamento della vongola verace. *Ambiente, Risorse, Salute*, **41-42**: 42-43.

PELLIZZATO M., MATTEI N. (1986) - Allevamento di *Tapes (Ruditapes) philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) in alcuni biotopi lagunari veneti. *Nova Thalassia*, 8 (suppl. 3): 393-402.

PELLIZZATO M., MATTEI N., RENZONI A. (1987) - Allevamento su scala commerciale di *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) in alcune valli venete. *Oebalia*, XV (2): 735-744.

G. RELINI A. PEIRANO L. TUNESI L. ORSI RELINI  
Istituto di Zoologia - Laboratori di Biologia Marina e  
di Ecologia Animale dell'Università, Via Balbi 5 - 16126 Genova (Italia)

## L'INCIDENZA DELLE FRAZIONI NON COMMERCIALI NELLA PESCA A STRASCICO NEL MAR LIGURE CENTRO-ORIENTALE

### Abstract

Non commercial fractions in Ligurian trawl catches

*The non commercial fractions of the trawl-catches in the Gulf of Genoa, i. e. the by-catch (Macruriformes, Squalidae etc. ), the invertebrates and anthropic wastes were recorded on the basis of more than 100 hauls randomly distributed between 0 and 700 m depth.*

**Key-words:** Ligurian sea, Mediterranean, trawling, by-catch.

Nel corso delle ricerche svolte negli anni 85-86 per conto del Ministero della Marina Mercantile sulla «Valutazione delle risorse demersali» (RELINI, 1985) sono state analizzate, oltre alla parte utilizzabile per il mercato, le frazioni non commerciali del pescato suddivise in «scarto» o «by catch», cioè la frazione costituita da tutte quelle specie di pesci e Cefalopodi che non hanno mercato ma potrebbero trovare una utilizzazione nel futuro (p. es. per zoocolture), «sporco» (invertebrati difficilmente utilizzabili) e «rifiuti» (materiali di origine antropica).

La ricerca è stata svolta nel tratto del Golfo di Genova compreso tra Cogoleto (SV) e Punta Bianca (SP), da 0 a 700 m di profondità, per un totale di 915 miglia quadrate (Fig. 1); (di cui il 14% circa non strascicabile con le normali attrezzature). La zona è stata suddivisa in cinque strati secondo gli intervalli batimetrici 0-50; 50-100; 100-200; 200-450; 450-700 m e in questi sono state allocate le cale seguendo un disegno stratificato casuale. Durante il 1985 e il 1986 sono state eseguite quattro campagne, due estive e due primaverili, per un totale di 112 cale diurne di un'ora ciascuna. È stato utilizzato un motopesca (272 cv, 38, 7 t. s. l.) con rete a strascico con apertura stimata tra le ali di 27, 3 m.

I rifiuti (Fig. 1) costituiscono una costante nella fascia costiera, soprattutto in corrispondenza delle foci di torrenti, e al largo in relazione al traffico marittimo. Essi raggiungono talora valori molto elevati per la presenza di fusti e

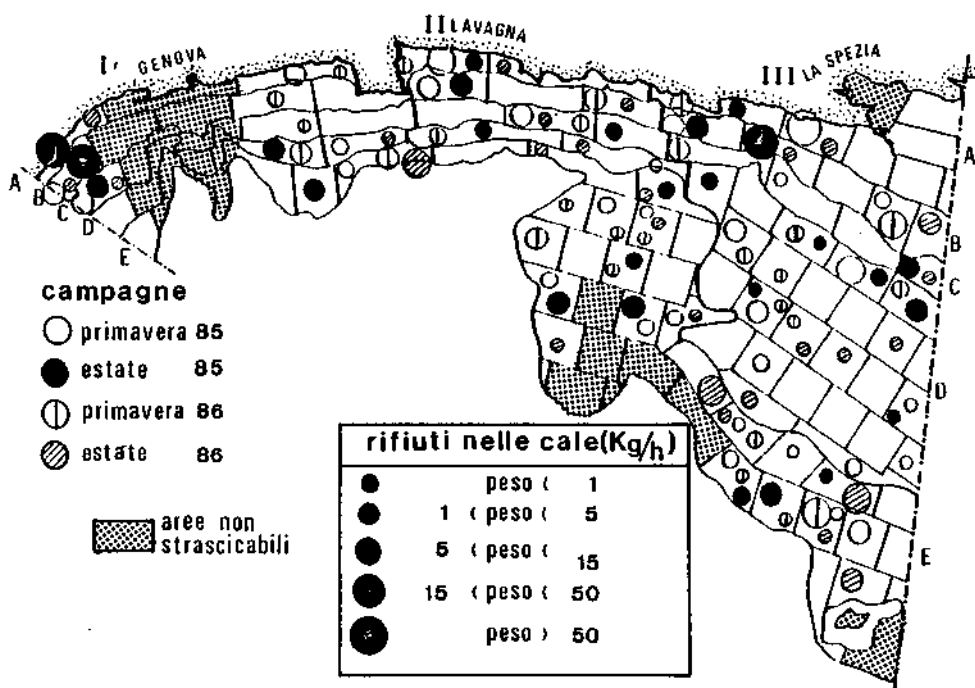


Fig. 1 - Rifiuti antropici sui fondi strascicabili: ogni simbolo corrisponde a una cala oraria.

copertoni. Da segnalare inoltre che i fanghi frammisti a spazzatura derivanti dai dragaggi portuali, irrazionalmente versati sui fondi da pesca, costituiscono una categoria particolarmente dannosa di rifiuto (in Fig. 1, estate '85, al largo del Mesco).

Le frazioni dello scarto e dello sporco sono messe a confronto con la frazione commerciale delle catture, qui intesa come l'insieme delle specie commestibili, indipendentemente dalle loro dimensioni (Fig. 2). Nel passaggio dalla costa ai fondi batiali i rapporti tra le componenti biologiche variano molto. In particolare lo sporco ha una grande incidenza sottocosta e nella fascia di transizione dal circolitorale al batiale (tra 100-200 m), soprattutto a causa della massiva presenza del crinoide *Leptometra phalangium* (J. Müll.), mentre la frazione dello scarto assume una notevole importanza a maggiore profondità (Tab. 1); lo

**Tab. 1** - Rendimenti orari medi (in kg) del prodotto commerciale (C) e delle frazioni non commerciabili associate (Sc = scarto; Sp = sporco; R = rifiuti).

Strato	N. cale	Media Dev. St.	Primavera 1985				Estate 1985				Primavera 1986				Estate 1986			
			C	Sc	Sp	R	C	Sc	Sp	R	C	Sc	Sp	R	C	Sc	Sp	R
A 0-50	3	$\bar{x}$	14,5	-	18,8	22,5	29,8	-	2,4	38,7	7,9	0,2	11,1	3,3	15,6	0,2	2	0,7
		Sx	10,35	-	14,7	29,6	21,3	-	4	74,2	5,7	0,3	10,9	3,8	11,3	0,4	2,5	0,9
B 50-100	4	$\bar{x}$	12,6	0,1	10	4,3	18,2	0,1	12,1	89	9,9	-	14,2	5,8	13,9	0,2	2,7	5,4
		Sx	12,5	0,1	0,1	3,8	16,4	0,1	21,3	130	6,3	-	26,1	6,9	10,7	0,2	2,6	5,8
C 100-200	3	$\bar{x}$	41,1	0,3	32,1	5,8	10,2	9,7	22,4	3,6	16,4	0,3	24,2	2,2	11,6	0,3	31,8	-
		Sx	68,8	0,2	45,3	6,6	8,5	17,7	29,7	3,6	17,8	0,4	20	4,5	11,5	0,4	43,8	-
D 200-450	8	$\bar{x}$	36,6	5	7,2	5,2	17,4	11,9	7,4	2,7	10,7	2,5	8,2	2,4	13,6	1,6	13,2	2,5
		Sx	24,8	4,1	11,7	4,8	9,4	12,9	123	3,4	11,6	3,9	16,7	2,3	7,2	1,9	35,6	2,4
E 450-700	10	$\bar{x}$	24	6,3	2,7	1,2	23,8	12,7	1,1	4	10,4	3	1,1	5,4	14,4	3,6	1	9,7
		Sx	18	3,8	7,1	1,2	16	11,3	1,2	3,5	5,3	2,4	1,3	4,5	10,1	2,4	0,9	9,8

scarto tra 450 -700 m è rappresentato soprattutto da Macruriformi, *Etmopterus spinax* (L. ) e *Chimaera monstrosa* L.

Non ci sono grandi differenze nelle tre componenti non commerciali tra la primavera e l'estate.

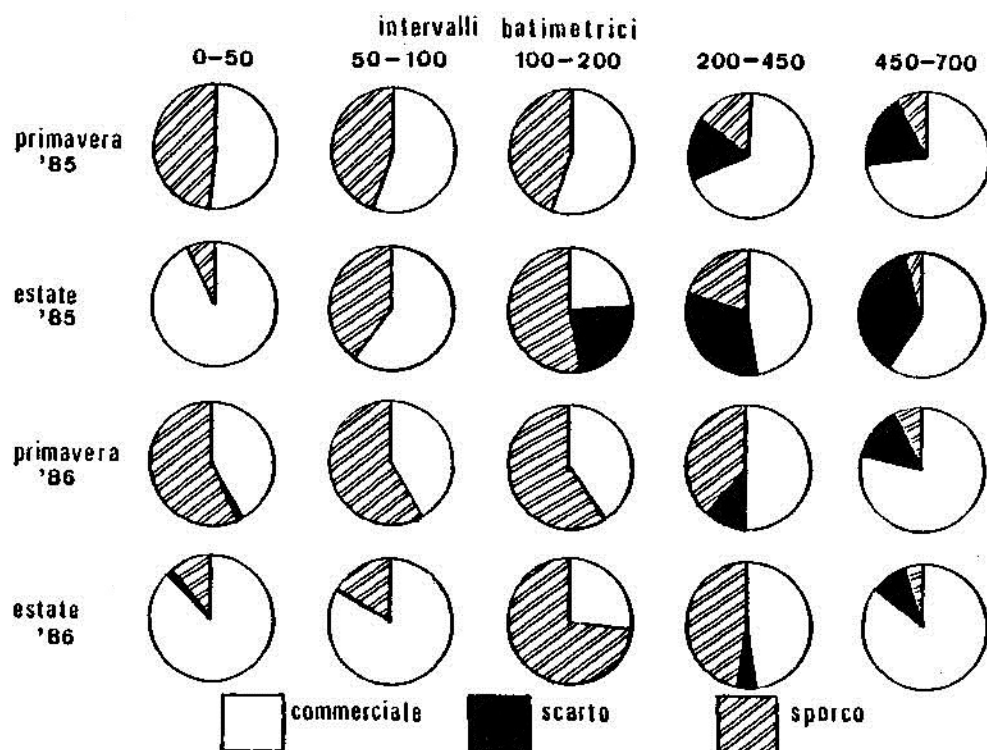


Fig. 2 - Composizione percentuale delle frazioni commerciali, scarto e sporco nelle quattro campagne e nei cinque strati considerati.

## Bibliografia

RELINI G. (1985) - Programme of the Italian Ministry of the Merchant Marine for the demersal resources survey in the area 37/3. *FAO Fish Rep*, 336: 119-123.

L. ROSITANI

E. RIZZI

Laboratorio di Biologia Marina, Molo Pizzoli (Porto), 70123 Bari (Italia)

## NOTE SUL REPERIMENTO DI *SALMO TRUTTA* L. (OSTEICHTHYES, SALMONIDAE) NELLE ACQUE MARINE DEL BASSO ADRIATICO

### Abstract

Occurrence of *Salmo trutta* L. in the South Adriatic Sea

*Two specimens of Salmo trutta L. were found in the South Adriatic Sea. The first was netted of Otranto (Lecce) in May 1987 within the Demersal Resources Assessment Program, and the second in the harbour of Bari in July of the same year. Some somatic characters of the two specimens are reported, together with notes on previous findings of the species in the Mediterranean:*

**Key-words:** *Salmo trutta*, Salmonidae, South Adriatic Sea.

Nelle acque costiere dell'Adriatico meridionale, sono stati rinvenuti due esemplari di *Salmo trutta* L. Il primo esemplare (denominato A) è stato pescato a Otranto il 24 maggio 1987 durante una campagna di pesca a strascico sperimentale, a 0,8 miglia dalla costa e a 44 m di profondità; si è registrata una temperatura di 14,7°C e una salinità di 37,3‰. L'altro (B) proviene dal bacino portuale di Bari (22,4°C e S 37,2‰), catturato il 9 giugno 1987 da un pescatore dilettante.

Si sono raccolti dati somatometrici e morfologici dei due esemplari (il primo valore si riferisce ad A, il secondo a B):

lunghezza totale (cm) 23,9-19,9; lunghezza standard (cm) 20,0-16,4; peso (gr) 89,0-47,0; altezza massima nella lunghezza standard 5,2-5,5; lunghezza del capo nella lunghezza standard 4,0-4,3; raggi branchiostegi 10-10; squame superiori alla linea laterale 25-25; squame inferiori alla linea laterale 13-12; raggi ventrali 9-9.

L'aspetto generale degli esemplari non era ottimale: si presentavano, infatti, piuttosto smagriti.



L'esame del contenuto stomacale di B ha evidenziato: bisso e resti di mitilo (usato come esca), ali di insetto e residui scuri lucenti (probabilmente stomaci di piccoli teleostei). L'individuo A presentava lo stomaco completamente vuoto. Le gonadi in entrambi non erano apprezzabili.

I due esemplari presentavano il dorso grigio-verdastro scuro, tale colorazione diventava meno intensa sui lati, sino ad apparire argentea chiara sul ventre. L'esemplare B aveva numerose ed evidenti macchie scure sul dorso, sui lati e sulla pinna dorsale; queste erano molto meno evidenti nell'esemplare A e assenti, in entrambi, sulla prima caudale. Inoltre, la colorazione delle carni di A appariva rosata ben evidente, questo carattere era appena accennato in B; queste caratteristiche evidenziano che l'esemplare A era in mare da tempo.

Si riportano alcune località di rinvenimento di questa specie nelle acque marine del Mediterraneo: Golfo del Leone (AUDOUIN & MAURIN, 1958), a Sète (MAURIN, 1963), Mar Ligure (TORCHIO, 1961-1962), ancora Mar Ligure e Tirreno (VINCIGUERRA, 1919), Golfo di Venezia (BOLDRIN & RALLO, 1980).

In Adriatico alcuni esemplari di *Salmo adriatica* (Kol.) = *Trutta adriatica* Kol. sono stati raccolti nei pressi di Spalato (KOLOMBATOVIC, 1881; 1890) e a Venezia, Caorle e Ancona (NINNI, 1930). Molti autori non considerano valida questa specie (TORIONESE, 1970) ascrivendo gli esemplari che le sono stati attribuiti a *S. trutta*.

Recentemente numerosi esemplari di quest'ultima specie sono stati rinvenuti in un ampio areale antistante la foce del Po, zona che presenta caratteristiche chimico-fisiche molto differenti da quella in cui abbiamo ritrovato i due esemplari.

Per quanto riguarda il Basso Adriatico, ci risulta una segnalazione di *S. trutta* relativa ad un individuo di 160 g con L.S. 24 cm, pescato il 30.3.72 a 3-400 m al largo del lago di Lesina (VILLANI, com. pers.).

Lungo le coste iugoslave, si segnala, nel 1987, la presenza di numerosi esemplari di *S. adriatica* (L.T. 20-30 cm) soprattutto nel Golfo di Trieste (BOLJE A., *in litteris*), che per quanto detto, quindi, sarebbero da attribuire a *S. trutta*.

Infine possiamo aggiungere che precedentemente nel Basso Adriatico era stato segnalato un individuo di *Salmo gairdneri* Rich. (BELLO & CONTI, 1982) catturato nei pressi di Mola di Bari.

È difficile ipotizzare l'area di provenienza dei due Salmonidi da noi osservati; infatti le coste adriatiche pugliesi non presentano rilevanti corsi d'acqua ed anche gli impianti di trotticoltura sono assenti. Inoltre il ritrovamento di *Salmo trutta* ci consente di conoscere meglio la distribuzione e l'adattamento di questo Salmonide nel Mediterraneo anche in considerazione dei valori di salinità (37-38‰) dell'Adriatico meridionale.

**Bibliografia**

AUDOUIN J., MAURIN C. (1958) - Note sur la présence du poisson du genre *Salmo* dans le bassin Occidental de la Méditerranée. *Rev. Trav. Inst. Pêches Mar.*, XXII, 3.

BELLO G., CONTI F.C. (1982) - Reperimento di *Salmo gairdneri* Rich (Osteichthyes, Salmonidae) nel Basso Adriatico. *Riv. It. Piscic. Ittiop.*, XVII (3): 123-124.

BOLDRIN A., RALLO G. (1980) - Reperti interessanti di Osteichthyes nel Veneto e nel Golfo di Venezia. *Lavori Soc. Ven. Sc. Nat.*, V: 42-48.

KOLOBATOVIC J. (1881) - Pesci delle acque di Spalato. Program Velike realke u Splitu za godinu 1880-81. 1-29.

KOLOBATOVIC J. (1890) - Notizie ittologiche. *Glasnik Hrvatskog narovoslovnoga drustva. God. V. Zagreb.* 165-174.

MAURIN C. (1963) - Nouvelles captures de Salmonides en Méditerranée occidentale. Leur conséquence sur le plan biologique. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.* XXVII, 2.

NINNI E. (1930) - Sopra la *T. adriatica* (Kolomb.). *Boll. Soc. Zool. France*, LV, 446-451.

TORCHIO M. (1961-62) - Contributo alla conoscenza di talune forme ittiche del Mar Ligure, II e III. *Atti Soc. It. Sc. Nat. e del Mus. Civ. Stor. Nat. di Milano.* C, 3 e CI, 2.

TORTONESE E. (1970) - Fauna d'Italia. Osteichthyes (Pesci ossei). Calderini, 10, 1-565.

VINCIGUERRA D. (1919) - La trota nel Tirreno. *Rass. Pesca.*

R. VITTURI E. CATALANO M. MACALUSO

Istituto di Zoologia dell'Università  
Via Archirafi 18, 90123 Palermo (Italia)

**POLIMORFISMO CROMOSOMICO  
LEGATO A FUSIONE ROBERTSONIANA IN  
*HELICOLENUS DACTYLOPTERUS* (DELAR.) E IN  
*TRIGLYA LUCERNA* L. (PISCES, SCORPAENIFORMES)**

**Abstract**

Chromosome polymorphism due to robertsonian fusion in *Helicolenus dactylopterus* (Delar. ) and in *Triglya lucerna* L.

*The modal diploid numbers of chromosomes  $2n = 48$  and  $2n = 47$  have been observed in *Helicolenus dactylopterus* and *Triglya lucerna*. A chromosome polymorphism due to robertsonian fusion is present in both species.*

**Key-words:** Polymorphism, karyotype, Scorpaeniformes.

Polimorfismo intraspecifico di tipo robertsoniano sia in popolazioni diverse che nella stessa popolazione sembra ricorrere con una certa frequenza nell'ambito dei pesci teleostei (VITTURI *et al.*, 1986, e autori citati in questo lavoro). Polimorfismo intrapopolazionale di questa natura è stato osservato e descritto nel presente lavoro per le specie *H. dactylopterus* (Scorpaenidae) e *T. lucerna* (Triglidae) entrambe appartenenti all'ordine Scorpaeniformes.

L'analisi dei cromosomi di 20 esemplari di *H. dactylopterus* e di 37 esemplari di *T. lucerna* pescati nel Golfo di Palermo, è stata condotta con la tecnica dell'air-drying su metafasi somatiche ottenute da sospensioni cellulari di rene e milza. In esemplari di sesso maschile e in esemplari di sesso femminile dell'una e dell'altra specie, sono stati ritrovati due corredi cromosomici caratterizzati da variabilità cromosomica numerica e strutturale (complemento A e complemento B). Il ritrovamento dei due complementi in esemplari diversi ma di sesso identico ha permesso di escludere che il polimorfismo in questione possa essere legato al sesso.

In entrambe le specie il complemento A (Fig. 1a,  $b = H. dactylopterus$ , 2a,  $b = T. lucerna$ ) è costituito da 48 cromosomi, mentre quello B (Fig. 3 = *H. dacty-*



Fig. 1 a, b - Metafase mitotica con  $2n=48$  di *Helicolenus dactylopterus*; a) cariotipo, b) metafase.

Fig. 2 a, b - metafase mitotica con  $2n=48$  di *Triglya lucerna*; a) cariotipo, b) metafase.

Fig. 3 - Metafase mitotica con  $2n=47$  di *Helicolenus dactylopterus*; (la freccia indica l'elemento bi-armed ottenuto dalla fusione di due acrocentrici).

Fig. 4 - Metafase mitotica con  $2n=47$  di *Triglya lucerna*; (la freccia indica l'elemento bi-armed ottenuto dalla fusione di due acrocentrici).

*lopterus*; 4=*T. lucerna*) è formato da 47 elementi. Il numero fondamentale rimane invariato nei complementi A e B di ciascuna specie, NF = 50, e NF = 52 per *H. dactylopterus* e *T. lucerna* rispettivamente. In entrambe le specie il cariotipo B mostra un elemento bi-armed in più e due cromosomi acrocentrici in meno rispetto al cariotipo A (Fig. 3, 4, vedi frecce).

Data la presenza nei due complementi (A e B) dello stesso numero fondamentale, l'elemento bi-armed risulta essere il prodotto di fusione robertsoniana tra due elementi acrocentrici.

Questo tipo di riarrangiamento cromosomico, in realtà, è già stato osservato nel nostro laboratorio per popolazioni del Golfo di Palermo di *Seriola dumerili* (Carangidae) (VITTURI *et al.*, 1986), *Gobius paganellus* e *Gobius niger jozo* (Gobiidae) (VITTURI *et al.* 1984; VITTURI & CATALANO, in stampa), *Ophidion barbatum* e *Parophidion vassali* (Ophidiidae) (VITTURI *et al.*, in stampa) e *Blennius tentacularis* (Blennidae) (CARBONE *et al.*, 1987).

## Bibliografia

CARBONE P., VITTURI R., CATALANO E., MACALUSO M. (1987) - Chromosome sex determination and Y-autosome fusion in *Blennius tentacularis* Brunnich 1765 (Pisces, Blennidae). *J. Fish Biol.*, 31: 597-602.

VITTURI R., CARBONE P., CATALANO E., MACALUSO M. (1984) - Chromosome polymorphism in *Gobius paganellus* Linneo 1758 (Pisces, Gobiidae). *Biol. Bull.*, 167: 658-668.

VITTURI R., MAZZOLA A., MACALUSO M., CATALANO E. (1986) - Chromosomal polymorphism associated with robertsonian fusion in *Seriola dumerili* (Risso, 1810) (Pisces, Carangidae). *J. Fish. Biol.*, 26: 529-534.

VITTURI R., CATALANO E. (in stampa) - Multiple chromosome polymorphism in the gobiid fish *Gobius niger jozo* L. 1758 (Pisces, Gobiidae). *Cytologia*.

VITTURI R., CATALANO E., MACALUSO M., ZAVA B. (in stampa) - Karyotypic variability associated with robertsonian fusion in two species of the family Ophidiidae (Pisces, Perciformes). *Boll. Zool.*

M. WURTZ

E. GIUFFRÀ

Istituto di Anatomia Comparata dell'Università  
Via Balbi 5, 16126 Genova (Italia)

## RIPRODUZIONE E ACCRESCIMENTO DI *LOLIGO VULGARIS* (CEPHALOPODA, MYOPSIDA) IN MAR LIGURE

### Abstract

Growth and reproduction of *Loligo vulgaris* in the Ligurian Sea

*A collection of data, obtained between March 1982 and June 1985, has been used to determine the growth and reproductive biology of Loligo vulgaris Lam. in the Ligurian Sea.*

**Key-words:** Loliginidae, growth, reproduction, Ligurian Sea.

Un'indagine sulla pesca commerciale dei Cefalopodi in Mar Ligure (WURTZ & REPEITO, 1983) ha evidenziato l'importanza di *Loligo vulgaris* nell'insieme delle catture effettuate con diversi sistemi di pesca. Non esistendo notizie che riguardino la biologia di questa specie in quest'area, si è avviata una ricerca al fine di definire i principali parametri biologici e di comparare i risultati ottenuti con quelli noti per altre aree del Mediterraneo.

Il materiale esaminato è stato raccolto con diverse tecniche di pesca in due zone del Mar Ligure. Nel periodo marzo 1982 - giugno 1983, a Varazze (SV), sono state effettuate 13 giornate di pesca con rete a sciabica, operando su una prateria di *Posidonia oceanica*, a profondità comprese tra 5 e 20 m. Nella zona di Camogli (GE), nel periodo agosto 1983 - giugno 1985, sono stati eseguiti 26 campionamenti con reti a circuizione e lampare, a profondità di 15-20 m, su fondi rocciosi.

Lo studio dei dati così ottenuti ha evidenziato quanto segue.

1) Aspetti riproduttivi. Sono state osservate femmine mature a partire da cm 18 di lunghezza dorsale del mantello (LDM) e maschi maturi da cm 15.5 LDM. Tuttavia l'andamento degli indici di maturità (rapporto gonado somatico e indice di Hayashi) in relazione alla taglia presenta i valori medi più elevati a partire da cm 20 LDM, il calcolo della taglia minima di maturità conferma questo

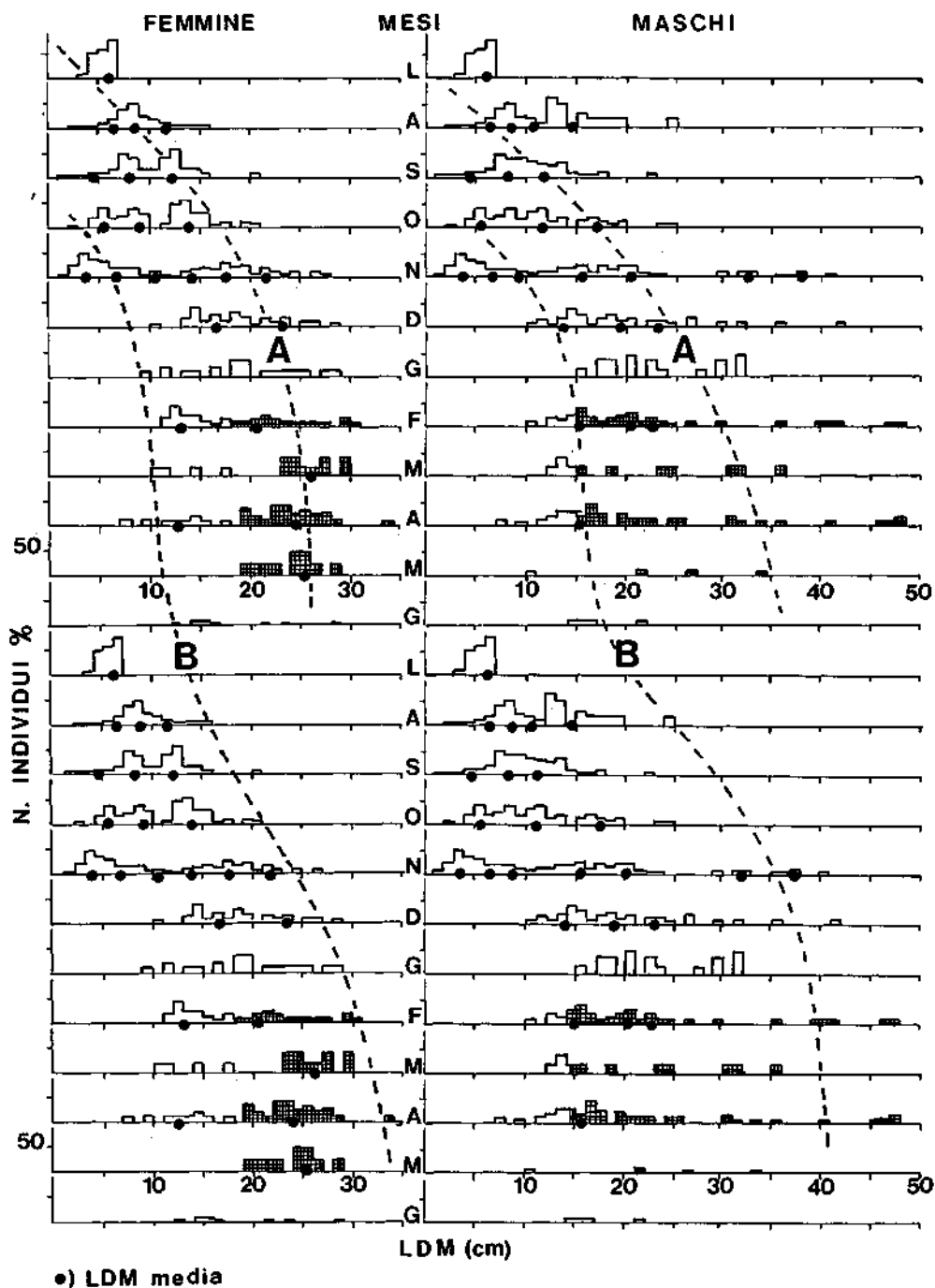


Fig. 1 - Distribuzioni lunghezza/frequenza di *L. vulgaris* ottenute in Mar Ligure nel periodo marzo 1982 - giugno 1985, cumulate per mese. Per le spiegazioni vedi il testo.

valore per le femmine, mentre per i maschi risulta cm 25 LDM. Nell'arco annuale i valori medi degli indici corrispondenti alla maturità si osservano tra febbraio e giugno per entrambi i sessi (istogrammi tratteggiati di Fig. 1). La relazione che lega il numero delle uova alla LDM (cm) è data dall'equazione  $N = 914 (LDM) - 15284$ . Il reclutamento dei giovani con LDM media compresa tra cm 4,5 e 6,5 avviene tra luglio e novembre.

2) Relazione taglia/peso. Le dimensioni massime osservate, cm 47 LDM nei maschi e cm 33,5 LDM nelle femmine, corrispondono rispettivamente a kg 1,44 e kg 0,85 di peso. Le relazioni taglia (LDM in cm) e peso (in grammi) sono descritte dalle seguenti equazioni: maschi,  $P = 0,1172 (LDM)^{2,495}$ ; femmine,  $0,0985 (LDM)^{2,575}$ .

3) Accrescimento. Per lo studio dell'accrescimento sono state utilizzate distribuzioni lunghezza-frequenza, in serie temporale. A queste sono stati applicati metodi di analisi statistico-matematica (MATRICARDI *et al.*, 1989) per calcolare le taglie medie e seguirne l'evoluzione nel tempo.

Dai risultati ottenuti è possibile formulare due ipotesi. A) i giovani catturati tra luglio e novembre (LDM media cm 4,5 e 6,5) completano il ciclo vitale tra aprile e giugno dell'anno successivo, cioè dopo 8-10 mesi dalla data di prima cattura (linea tratteggiata indicata con A, Fig. 1). B) i giovani catturati tra luglio e settembre si comportano come nel caso precedente, mentre gli individui catturati tra ottobre e novembre crescono più lentamente a causa dell'abbassamento della temperatura. Un anno dopo il reclutamento, durante i mesi estivi, iniziano a crescere a ritmo elevato raggiungendo la maturità nella primavera successiva, cioè 20 mesi dopo la data di prima cattura (linea B di Fig. 1).

Secondo BOLEITZKY (1979) lo sviluppo delle uova si completa in un tempo variabile tra 30 e 45 giorni, in funzione della temperatura. TURK *et al.* (1986) hanno osservato che *L. vulgaris* in acquario raggiunge cm 40 LDM in circa 90 giorni, conseguentemente hanno stimato il suo ciclo vitale di circa un anno. Tenendo conto di queste osservazioni e secondo le ipotesi da noi formulate si può stimare che nel caso (A) il ciclo vitale si estenda complessivamente per 11-12 mesi dalla nascita, in accordo con TURK *et al.* (1986). Nel secondo caso (B) la durata complessiva durerebbe 23 mesi, almeno per una frazione della popolazione.

## Bibliografia

- BOLEITZKY S. (1979) - Observations on the early post-embryonic development of *Loligo vulgaris* (Mollusca, Cephalopoda). *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, 25/26: 155-158.
- MATRICARDI G., TUFANO M., WURIZ M. (1989) - Considerazioni sulle tecniche di analisi delle distribuzioni lunghezza: frequenza. *Oebalia*, XV-2: 703-713.



TURK P.E., HANLON R.T., BRADFORD L.A., YANG W.T. (1986) - Aspects of feeding, growth and survival of the european squid *Loligo vulgaris* Lamarck, 1799, reared through the early growth stages. *Vie Milieu*, 36: 9-13.

WURTZ M., REPETTO N., (1983) - Aspects of Cephalopod fishery in the Ligurian Sea. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 28: 269-275.

F. GHIRETTI

Dipartimento di Biologia dell'Università, Via Trieste 75, 35100 Padova (Italia)

## MECCANISMI FISIologici DELL'ADATTAMENTO (\*)

**Key-words:** Adaptations, form and function.

Nel libro intitolato « L'adaptation » il biologo francese Lucien Cuénot così scriveva nel 1925: « La Physiologie pourrait s'appeler la science de la finalité des organes » (CUÉNOT, 1925). Questa definizione è tutt'oggi ancora validissima purché non si equivochi sul significato della parola *finalità*, equivoco che può essere in agguato ogni volta che si parla di adattamento come risposta all'ambiente o, in senso lato, come soluzione dei problemi che l'organismo deve fronteggiare in quel dato ambiente. Prendo lo spunto da un recente lavoro di Richard Lewontin per illustrare questo concetto (GOULD & LEWONTIN, 1984).

La cupola centrale della basilica di San Marco a Venezia, dice Lewontin, è coperta di mosaici che rappresentano gli eventi più importanti del vecchio e del nuovo Testamento. I quattro archi a tutto sesto sui quali poggia la cupola delimitano quattro superfici curve triangolari che risultano dall'accostamento ad angolo retto di quattro quadranti. In architettura queste superfici si chiamano anche pennacchi. Sempre nella basilica di San Marco ogni pennacchio racchiude un mosaico che si adatta mirabilmente allo spazio triangolare. Nella parte superiore più larga è raffigurato un apostolo evangelista mentre sotto, nello spazio più ristretto che termina a punta, si vede una figura allungata che

(\*) L'Ente organizzatore del Congresso di Biologia marina, quest'anno, è la Stazione Zoologica di Napoli. Proprio adesso, questo Istituto sta vivendo un momento importante della sua stessa riorganizzazione. Mi piace vedere in questa coincidenza un fausto auspicio e formulo per il futuro dell'Istituto i più vivi e sinceri auguri. Desidero inoltre ringraziare gli organizzatori del Congresso per il lusinghiero invito a partecipare a questa sessione sulla Fisiologia degli animali marini. Dedico questo mio contributo alla memoria di Alberto Monroy nel primo anniversario della sua scomparsa.

versa acqua da un vaso tenuto sulle spalle. Essa rappresenta uno dei quattro fiumi biblici: il Tigri, l'Eufrate, l'Indo e il Nilo.

Le figure del mosaico, aggiunge Lewontin, assai elaborate e armoniose, sono così bene adattate allo spazio che riempiono, da indurre a credere che il pennacchio sia stato creato in quella forma appositamente per racchiudere quelle figure. Sappiamo bene invece che all'origine ci sono le linee architettoniche che delimitano lo spazio entro il quale è stato successivamente adattato il mosaico.

Gli adattamenti che riscontriamo negli organismi sono come i mosaici dei pennacchi di San Marco. Essi rispondono così bene a determinati scopi, svolgono così perfettamente certe funzioni, da indurci a ritenere finalisticamente che sono essi la causa di tutto il resto. Non diversamente, aggiunge ancora Lewontin, il dottor Pangloss affermava che il naso è fatto per reggere gli occhiali, le gambe per portare i calzoni e ogni cosa al mondo è fatta nel modo migliore possibile.

Finalità degli organi perciò, come sosteneva Cuénot, non finalismo; finalità come fine programmatico, fine che si realizza secondo il principio di casualità; obiettivo inteso come convenienza, come utilità; «fitness» degli Autori anglosassoni.

Per la quasi totalità degli organi è la funzione che ci dice perché essi sono fatti in quel determinato modo e non in un altro. Il nostro Angelo Ruffini scrisse nel 1925 nella sua classica «Fisiogenia», sottotitolo: «La Biodinamica dello sviluppo e i fondamentali problemi dell'Embriologia generale» una frase breve ma di rara efficacia: «La forma è l'immagine plastica della funzione» (RUFFINI, 1925). Mi sia consentito di ricordare ai più giovani, anzi giovanissimi, che questo embriologo italiano famoso per le sue ricerche sulla gastrulazione, insieme ad altri insigni studiosi contemporanei: Raffaele Zoja, Amedeo Herlitska, Giardina in Italia; Hans Driesch e Hans Spemann in Germania; Thomas Morgan, Jack Loeb, Ross Harrison in America, ricercò il divenire delle forme organiche e analizzò i processi elementari dello sviluppo. Per Angelo Ruffini l'Anatomia, nella sua evoluzione progressiva, non è una scienza fredda e statica basata sull'osservazione dell'organismo inerte e morto come è insegnata oggi ai nostri giovanissimi biologi che forse non a torto aborriscono da questa materia, ma la scienza che in continua e stretta collaborazione e comunità di intenti con la Fisiologia studia l'essenza e i caratteri di tutti i componenti strutturali dell'organismo animale allo scopo di scoprire l'origine e il significato delle funzioni.

«La forma è l'immagine plastica della funzione». Opportunamente parafrasata, potrebbe essere un'altra bella definizione dell'adattamento. Fammi vedere come sei fatto e ti dirò che cosa sai fare, può dire il biologo a qualunque forma vivente che si trova davanti per la prima volta. E lo strettissimo rapporto che esiste fra forma e funzione non si limita all'organismo in toto ma si rivela a tutti i livelli: degli apparati e degli organi, dei tessuti e delle cellule, delle particelle subcellulari e delle strutture molecolari.

Lo studente del primo anno di Biologia che esamina per la prima volta i tessuti, quando confronta una cellula epiteliale con una fibra muscolare si accorge

subito che la prima ha la forma più adatta per rivestire un organo o una cavità, mentre la seconda ha la forma più conveniente per raccorciarsi e, raccorciandosi, fare avvicinare le due estremità. Continuando nell'esame, egli però rimarrà forse alquanto perplesso davanti al neurone che, per la sua forma complicata, non si direbbe neppure una cellula, almeno secondo l'etimo malpighiano. Per spiegare perché il neurone è fatto in quel modo, bisogna conoscere la sua funzione. Bisogna sapere innanzi tutto che il neurite serve per connettere il corpo cellulare di un neurone a quello di altri neuroni. Cosa tutt'altro che lapalissiana se bisogna arrivare al 1842 per sapere dal giovane fisiologo Hermann Helmholtz che negli Invertebrati la fibra nervosa origina dal pirenoforo e a due anni più tardi per avere conferma da Rudolph Kölliker che la stessa cosa vale per i mammiferi. Ma qual'è il significato di quell'estesa arborizzazione dendritica delle cellule nervose multipolari, delle corna anteriori del midollo spinale, delle cellule di Purkinje nel cervelletto, dei neuroni piramidali nella corteccia cerebrale? Il nostro studente sa che un corpo non rigido isolato in un mezzo liquido assume una forma rotondeggiante, approssimativamente sferica. Egli sa anche che la sfera è la figura geometrica che ha la minima superficie rispetto al volume. Il neurone invece deve avere la massima superficie possibile per poter mettersi in contatto sinaptico con tantissimi altri neuroni. Per spiegare la particolare morfologia del neurone bisogna sapere inoltre che la funzione principale di questa cellula è di generare e propagare gli impulsi nervosi, cioè i potenziali di azione e che questi potenziali si generano in seguito a variazioni di permeabilità ionica a livello della membrana plasmatica, cioè alla superficie cellulare. Il neurone perciò deve avere una grande superficie rispetto al volume.

La fibra muscolare è una cellula contrattile e deve avere perciò una forma compatta. Essa deve passare rapidamente dalla forma allungata a quella racchiusa e ciò avviene per il raccorciamento delle miofibrille che a sua volta è dovuto alle modificazioni di posizione dei miofilamenti proteici nel sarcomero. Questo dal punto di vista meccanico. Ma anche la fibra muscolare è, come il neurone, una cellula eccitabile in cui i potenziali di azione si generano a livello del sarcolemma e da questo devono propagarsi alle miofibrille. Anche nella fibra muscolare l'eccitabilità è legata alle strutture di membrana. Ma in questo caso la necessità di una estesa superficie è soddisfatta senza compromettere la forma compatta della cellula: essa è ottenuta con l'invenzione dei tubuli trasversali delle triadi sarcoplasmatiche, tubuli che sono vere e proprie introflessioni del sarcolemma.

Non diciamo certo che la fibra muscolare e la cellula nervosa sono fatti in quel dato modo perché finalisticamente la prima possa raccorciarsi e la seconda possa generare e propagare gli impulsi nervosi. Diciamo invece che questi due tipi di cellule sono capaci di svolgere delle funzioni specifiche perché hanno la forma necessaria, la più adeguata, la più adatta per svolgere quelle funzioni.

La funzione di tutte le strutture biologiche non è in rapporto con gli adattamenti morfologici soltanto ma è correlata altrettanto strettamente con la composizione chimica di quelle strutture, cioè con gli adattamenti a livello molecolare.

Perché una cellula muscolare possa contrarsi, non basta che abbia quella data struttura ma è necessario che i miofilamenti siano fatti di proteine contrattili specifiche. Allo stesso modo la straordinaria selettività di permeabilità ionica della membrana eccitabile è dovuta alla presenza nella sua compagine molecolare di proteine intrinseche che, con le loro modificazioni conformazionali, aprono e chiudono i canali per i vari ioni.

Nella bella e concisa frase di Ruffini la parola forma deve essere aggiornata alle molecole di cui sono formate le strutture cellulari, deve cioè essere estesa a livello molecolare. La funzione diventa così la risultante di due parametri: la forma e la composizione chimica. La Fisiologia nasce infatti dalla confluenza della Morfologia con la Biochimica. «L' être vivant» aveva detto F. Vlès alla fine del secolo scorso, l'essere vivente è un crocevia in cui, per quanto concerne la materia e l'energia, la Chimica, la Fisica e l'Anatomia sono strettamente intrecciate e sono separabili solo grazie alla compartimentazione psicologica alla quale la struttura della nostra intelligenza ci costringe a ricondurre quelle discipline.

Parlare, come mi è stato chiesto, dei meccanismi fisiologici dell'adattamento, significherebbe rifare tutta la fisiologia degli organismi. Ciò ovviamente è impossibile e sarebbe oltretutto inutile. Cercherò invece di rintracciare anch'io nel profilo di quelle meravigliose architetture che disegnano l'orizzonte del mondo animale, almeno quattro superfici derivanti dal raccordo fra quattro piedritti e la calotta di una cupola. Cercherò anch'io di ricoprire queste superfici con figure tratte dalla Fisiologia animale che si adattino alle forme architettoniche come gli evangelisti e i fiumi biblici nei mosaici della basilica di San Marco. Successivamente vorrò ricordare alcuni meccanismi fisiologici di adattamento a livello molecolare e li prenderò dalla Fisiologia e Biochimica delle metalloproteine anche per avere il pretesto di menzionare alcuni risultati che sono stati ottenuti recentemente nei laboratori di Fisiologia e del CNR presso l'Università di Padova.

### *Adattamenti a livello organismico*

Il passaggio dalla microfagia alla macrofagia rappresenta un balzo di qualità nell'economia della nutrizione perché ha consentito un aumento del peso corporeo degli organismi e ha reso possibile la comparsa di nuovi modi di vita. Questo passaggio non è avvenuto improvvisamente ma è il risultato di numerosi adattamenti. La macrofagia richiede meccanismi di presa affatto diversi da quelli che intervengono nella microfagia; essa richiede l'esistenza di organi di senso visivi, olfattivi e gustativi ben sviluppati per individuare e riconoscere la preda, di organi prensili per afferrarla e portarla alla bocca, di armi meccaniche e chimiche per immobilizzarla e per renderla innocua, di apparati masticatori per sminuzzarla, di cavità del corpo sufficientemente grandi per contenerla, di ghiandole che producono quantità sufficienti di enzimi per digerirla. Anche la digestione varia di conseguenza negli animali macrofagi. Infatti essa cessa di

essere completamente endocellulare e diventa gradualmente sempre più extracellulare. La digestione avviene nelle cavità dell'apparato digerente nelle quali si riversano i succhi prodotti dalle ghiandole della digestione.

Sono ben noti gli adattamenti delle ghiandole salivari per la cattura della preda, adattamenti che hanno grandemente contribuito al passaggio dalla microfagia alla macrofagia. Le ghiandole salivari sono comparse proprio con la macrofagia per secernere il muco e favorire la deglutizione del materiale solido di grosse dimensioni. Ma, oltre a produrre mucopolisaccaridi per questa bisogna, le ghiandole salivari hanno risolto altri problemi mediante altri adattamenti: in molti casi il secreto salivare è diventato un mezzo di offesa per immobilizzare la preda oltre che di difesa contro i predatori. Le biotossine delle ghiandole salivari sono per la gran parte di natura polipeptidica e rispondono perfettamente allo scopo perché hanno azione paralizzante: esse agiscono sul sistema nervoso e bloccano i canali ionici dell' assone e delle sinapsi.

Sappiamo bene quanto utili si sono rivelate le neurotossine delle ghiandole salivari e quanto aiuto hanno dato al fisiologo per districare l'ingarbugliata matassa delle funzioni neuroniche. Dilatando arbitrariamente in senso utilitaristico la definizione di adattamento, mi piace pensare (ma lo scrivo fra parentesi e lo dico sottovoce) che una delle finalità delle ghiandole salivari sia proprio quella di venire in aiuto alla ricerca biologica. I meccanismi dell'eccitabilità nervosa segnerebbero forse ancora il passo senza la scoperta delle biotossine di origine animale fra cui proprio molte neurotossine delle ghiandole salivari. E l'identificazione chimica dell' NGF (il nerve growth factor di Rita Levi Montalcini) non fu forse favorita dalla scoperta veramente inaspettata che questo fattore è presente in grandi quantità nelle ghiandole salivari dei serpenti e dei mammiferi?

Vorrei ricordare gli adattamenti che si sono verificati nel corso dell'evoluzione col passaggio dall'ammoniotelismo degli organismi acquatici all'ureotelismo dei tetrapodi e all' uricotelismo degli insetti e degli uccelli. Ma mi accorgo che mi ci vorrebbe una superficie ben più grande di quella che ho a disposizione. Con questi adattamenti il rene non è più un semplice per quanto prezioso organo di escrezione, ma diventa un mirabile organo omeostatico per la regolazione del contenuto in acqua e sali dell'ambiente interno. Nell'evoluzione del rene sono avvenuti adattamenti morfologici che hanno avuto risvolti impen-sati nell'attività funzionale di quest'organo. Basti un esempio per tutti: il ripiegamento a U di un tratto del nefrone genera lo scambio di acqua e di ioni in controcorrente, scambio che consente all'ansa di Henle di creare e mantenere nella piramide di Malpighi quel gradiente osmotico che è la condizione necessaria per il riassorbimento passivo dell'acqua nel tubulo collettore, cioè per la concentrazione dell'urina. Quello stesso meccanismo di scambio in controcorrente (scambio di gas questa volta) che si ritrova nella rete mirabile della vescica natatoria dei pesci. Una struttura questa che è davvero uno degli esempi più «mirabili» di adattamento fisiologico sul quale mi sarebbe piaciuto fermarmi se il tempo me lo avesse consentito.

Passo invece ad illustrare nel terzo pennacchio della mia cupola gli adattamenti che nel corso dell'evoluzione hanno portato gli organismi dalla circolazione aperta a quella chiusa, dalla circolazione chiusa semplice a quella doppia prima incompleta e poi completa, adattamenti che hanno consentito soluzioni sempre più soddisfacenti dei problemi emodinamici posti da ogni tipo di circolazione.

Nella circolazione aperta le cellule dei tessuti vengono in contatto col sangue circolante che scambia direttamente con esse l'acqua e le sostanze disciolte, senza l'interposizione di un liquido interstiziale. Il volume del sangue è molto grande; manca un organo contrattile o, quando c'è, è assai rudimentale. Nonostante numerosi adattamenti per assicurare una certa direzionalità al movimento del sangue, questo è assai irregolare e dipende prevalentemente dalle contrazioni della muscolatura corporea.

Col passaggio dalla circolazione aperta a quella chiusa si verifica la separazione del liquido interstiziale per cui una quantità assai minore di fluido deve essere tenuto in movimento e il lavoro richiesto all'organo propulsore, il cuore, viene ad essere notevolmente ridotto. Ma questo vantaggio emodinamico ha una contropartita. Con la circolazione chiusa il sangue non scambia più direttamente con i tessuti perché l'acqua e le sostanze disciolte devono sormontare un'altra barriera, la parete dei capillari. Da qui le ben note conseguenze di una ineguale composizione fra il sangue e il liquido interstiziale e gli adattamenti chimico-fisici e fisiologici che ne sono derivati.

Nei pesci la circolazione è chiusa. È anche semplice perché il sangue che esce dal bulbo arterioso e si capillarizza nelle branchie, passa da queste direttamente agli altri organi del corpo. Certo che, se il sangue incontrasse lungo il circolo sistemico un altro organo propulsore, riguadagnerebbe quella velocità e pressione che ha perduto attraversando il letto branchiale. E i pesci hanno fatto qualche tentativo in questo senso inventando dispositivi (si pensi per esempio ai cuori caudali) che forse non sono molto efficienti ma che costituiscono pur sempre adattamenti assai ingegnosi per risolvere il problema.

Eppure, prima dei pesci, lo stesso problema era stato affrontato e brillantemente risolto dai Molluschi Cefalopodi che, soli fra tutti gli Invertebrati, posseggono oltre al robusto ventricolo mediano sul circolo arterioso, due organi contrattili bene sviluppati situati sul circolo venoso prima delle branchie, i ben noti cuori branchiali.

Dedico l'ultimo spazio che mi resta a un fenomeno che ha sempre suscitato stupore e che ha impegnato e impegna ancora tanti ricercatori: gli adattamenti all'immersione dei mammiferi marini.

È noto che i mammiferi marini possono scendere a grandi profondità e rimanere immersi senza respirare per più di un'ora! Uso il punto esclamativo perché durante l'immersione l'animale deve fronteggiare numerose situazioni, tutte di vitale importanza. Deve innanzi tutto rifornire di ossigeno i tessuti ed evitare l'accumulo di anidride carbonica nel sangue. Deve inoltre far fronte alle conseguenze della pressione. Per la compressione causata dalla profondità, più azoto

passa nel sangue e ciò oltre alla narcosi, finché l'animale rimane sommerso, causa embolia quando esso torna rapidamente in superficie.

La fisiologia dell'immersione è cominciata con Paul Bert, l'allievo di Claude Bernard e suo successore alla cattedra di Fisiologia alla Sorbona che nel 1870 pubblicò nelle sue «Leçons sur la Physiologie comparée de la Respiration» il primo studio su questo argomento. Bert cercò di spiegare le differenze fra gli animali tuffatori e quelli non tuffatori confrontando l'anatra con la gallina. La prima può rimanere con la testa sott'acqua per ben 15 minuti mentre la gallina muore entro 3 minuti. L'anatra, rileva Bert, non utilizza certo l'ossigeno disciolto nell'acqua ma possiede, a parità di peso, più sangue della gallina e può pertanto immagazzinare più ossigeno gassoso. E infatti, dissanguando l'anatra fino a portare il volume del sangue eguale a quello della gallina, Bert credette di vedere che gli animali muoiono contemporaneamente.

Molti anni dopo, precisamente nel 1894, un altro grande fisiologo francese Charles Richet dimostrò che la maggiore quantità di ossigeno che in effetti l'anatra può immagazzinare nel sangue rispetto alla gallina è assolutamente insufficiente per mantenere in vita l'animale durante l'immersione prolungata. Richet fece inoltre un esperimento molto importante. Egli prese due anatre; ad entrambe occluse la trachea e le lasciò morire per soffocamento una all'aria l'altra immersa nell'acqua. Vide che la prima muore sempre più presto della seconda. Da ciò Richet arguì che l'immersione deve provocare degli adattamenti fisiologici tali da ridurre il fabbisogno di ossigeno e il metabolismo ossidativo dei tessuti. Tutte le ricerche successive hanno confermato questa ipotesi.

Anche i mammiferi marini hanno a parità di peso più sangue dei mammiferi terrestri. La foca, per esempio, contiene una quantità di sangue doppia dell'uomo (14% del peso corporeo invece del 7%) e anche l'ematocrito è quasi il doppio (60% anziché 35-40). I mammiferi marini perciò hanno già di norma una riserva di ossigeno superiore a quella degli altri animali. Ma ciò non basterebbe certamente per le lunghe immersioni se non esistessero adattamenti particolari. Il più importante, noto da molto tempo, è il riflesso di immersione. Non appena l'animale si immerge e cessa di respirare, compare una spiccata bradicardia che dura tutto il tempo dell'immersione. Nella foca la frequenza cardiaca scende da 140 a meno di 20 contrazioni al minuto. Contemporaneamente si ha la costrizione riflessa di molti vasi arteriosi che riduce, fino ad abolirlo, l'afflusso di sangue agli organi che essi irrorano. Non si sa con precisione dove avviene questa costrizione ma è assai verosimile che le arterie che si contraggono sono quelle che portano il sangue alla muscolatura e ai visceri.

La bradicardia consente al cuore di lavorare di meno e quindi di consumare meno ossigeno finché l'animale rimane sott'acqua. Diminuisce però anche la gittata cardiaca ma, grazie alla costrizione dei vasi arteriosi, la pressione non cambia. L'esclusione della muscolatura e dei visceri dall'irrorazione assicura il rifornimento normale di ossigeno agli organi più importanti per la sopravvivenza, in primo luogo al sistema nervoso centrale, agli organi di senso, al cuore.



Restano bene irrorati però anche la muscolatura della faccia, la ghiandola surrenale e, sorprendentemente, la placenta.

Per tutto il tempo dell'immersione la gran massa del corpo, precisamente i muscoli scheletrici, i visceri, i tessuti sottocutanei entrano e rimangono in anaerobiosi. L'animale produce notevoli quantità di acido lattico e contrae un forte debito di ossigeno che pagherà all'emersione. Però, finché resta sommerso, non va incontro all'acidosi e ai conseguenti disturbi nervosi perché, data la vasocostrizione, l'acido lattico non passa nel sangue ma rimane nei tessuti (JOHANSEN, 1964).

Scholander, uno dei pionieri di questi studi, aveva detto che l'animale in immersione diventa un preparato cuore-cervello-polmoni, una bella immagine che egli derivava per analogia dal preparato cuore-polmoni di Starling che era allora uno dei cavalli di battaglia della Fisiologia sperimentale (SCHOLANDER, 1940).

L'embolia gassosa e la narcosi da azoto sono evitati grazie ad altri adattamenti. I polmoni dei mammiferi marini sono piccoli rispetto alla massa corporea. Per di più l'animale espira prima di immergersi. In tal modo non solo l'immersione diventa più facile ma diminuisce anche l'azoto che può sciogliersi nel sangue.

Recenti studi condotti da un gruppo di ricercatori europei, americani e australiani con mezzi assai sofisticati di indagine a distanza ideati appositamente per ricerche sull'animale libero nel mare, hanno rivelato che durante l'immersione aumentano i globuli rossi in circolo contenenti emoglobina ossigenata, aumenta cioè nel sangue la quantità di ossigeno disponibile per i tessuti. L'aumento dei globuli rossi è considerevole: fino al 50 per cento. Il livello torna alla norma entro dieci minuti dall'immersione (QVIST *et al.*, 1986).

È stato ipotizzato che questo pompaggio di carico e scarico di globuli rossi ossigenati è esercitato dalla milza. Ipotesi che trova appoggio nel fatto che la milza dei mammiferi marini capaci di lunghe immersioni è particolarmente grossa e potrebbe essere un efficiente organo di immagazzinamento delle emazie. L'afflusso di emazie dalla milza non solo fornisce altro ossigeno, ma contribuisce anche a rimuovere l'anidride carbonica che si lega all'emoglobina (HILL, 1986).

Come si vede, sono adattamenti davvero sorprendenti che consentono a questi animali prestazioni sorprendenti. È già sorprendente che durante l'immersione la placenta della femmina continui ad essere irrorata. Recentemente è stato visto che, all'immersione, il cuore del feto presenta una forte bradicardia, proprio come il cuore della madre. E ciò è ancora più sorprendente. Il feto cioè ha il riflesso di immersione come se si tuffasse anche lui. Ma chi glielo dice al feto che la madre si sta immergendo?

#### *Adattamenti a livello molecolare*

Assai vasta è la letteratura sugli adattamenti chimici, per esempio degli enzimi nelle popolazioni batteriche. Ma non parlerò dell'induzione enzimatica

perché vorrei ricordare alcuni adattamenti a livello molecolare prendendo ad esempio, come ho annunciato, le metallo-proteine e precisamente i pigmenti respiratori e le metallotioneine. Di queste proteine sono oggi abbastanza ben noti gli adattamenti fisiologici e le modificazioni conformazionali che accompagnano e rendono possibili quegli adattamenti.

È vero che sono molti gli organismi sprovvisti di pigmenti trasportatori di ossigeno nel sangue. Si tratta per lo più di organismi Invertebrati, ma ce ne sono anche fra i Vertebrati, per esempio i così detti «ice fishes» delle regioni polari. Tutti però hanno dimensioni ridotte oppure un metabolismo ossidativo assai basso. Non si può dire perciò che i pigmenti respiratori siano inutili. Essi rappresentano invece degli adattamenti efficienti che hanno consentito un notevole accrescimento corporeo e la colonizzazione degli ambienti più diversi (KOOYMAN, 1973; MANGUM, 1977).

Le proteine respiratorie sono metallo-proteine a ferro-eme, a ferro non eme e a rame. Sono classificate come *emoglobine*, *emeritrine* ed *emocianine*. Nel corso dell'evoluzione esse sono andate incontro a numerose modificazioni chimiche e strutturali per rispondere ad altrettanto numerose necessità adattive. La classificazione delle proteine respiratorie perciò è più complessa. A parte la distinzione fra proteine respiratorie tissutali e proteine respiratorie circolanti, queste ultime si dividono in due gruppi a seconda che sono localizzate nelle emazie oppure sono disciolte nel plasma. Le emeritrine sono sempre endocellulari mentre le emocianine sono sempre disciolte nel plasma. Le emoglobine invece si distinguono in emoglobine delle emazie (o emoglobine propriamente dette) ed *eritrocruorine* che sono appunto le emoglobine plasmatiche. Esiste inoltre un altro gruppo di emoglobine plasmatiche che sono chiamate *clorocruorine* perché nel gruppo prostetico hanno la cloroporfirina invece della protoporfirina IX.

Il fatto che una proteina respiratoria sia racchiusa nelle emazie anziché disciolta nel plasma ha conseguenze sulle proprietà chimico fisiche del liquido circolante. Se una emoglobina endocellulare diventa plasmatica, aumentano la pressione colloidosmotica e la viscosità del sangue. La proteina inoltre corre il rischio di essere eliminata attraverso gli emuntori. Adattarsi all'ambiente extracellulare significa perciò per la molecola di emoglobina diventare una grossa macromolecola. D'altra parte, finché è racchiusa nelle emazie, l'emoglobina può beneficiare di quei fattori endocellulari che salvaguardano e modulano la sua proprietà di legare l'ossigeno, come per esempio la metemoglobina riduttasi e i polifosfati organici.

Il passaggio da un ambiente all'altro comporta pertanto per la molecola emoglobinica numerosi adattamenti e quindi delle modificazioni conformazionali, chimiche e funzionali tali da renderla quasi irriconoscibile.

A questo punto è doveroso domandarsi: sono i vari tipi di emoglobina oggi esistenti in natura il risultato di adattamenti specifici subiti da un precursore ancestrale comune oppure sono proteine filogeneticamente differenti?

Da diversi anni nel nostro laboratorio di Padova Anna Magaldi studia questo problema. Le eritrocruorine sono largamente diffuse negli Invertebrati e si

riscontrano nei Nematodi (*Ascaris*, *Strongylus*), negli Anellidi Policheti (*Arenicola*, *Nereis*, *Ophelia*), negli Oligocheti (*Lumbricus*), negli Irudinei; sono presenti altresì nei Molluschi Bivalvi (*Anadara*, *Pectunculus*, *Cardita*), nei Gasteropodi Planorbidi e in alcuni Crostacei Branchiopodi, Ostracodi, Copepodi, Cirripedi. Le clorocruorine sono molto meno diffuse e si riscontrano in alcune specie di Anellidi Policheti dei generi *Spirographis*, *Sabella*, *Serpula*.

Le clorocruorine e le eritrocruorine degli Anellidi sono grossi aggregati molecolari di più di 3 milioni di dalton. In entrambi i casi al microscopio elettronico la macromolecola appare formata da due dischi esagonali appaiati e misura 24 nm di larghezza e 16 nm di spessore. Ogni disco è composto di sei subunità le quali a loro volta sono formate ognuna di quattro subunità più piccole. Al microscopio elettronico le eritrocruorine e le clorocruorine sono praticamente indistinguibili (Fig. 1 e 2).

Queste immagini sono state ottenute da Anna Magaldi la quale, dopo aver messo a punto tecniche adeguate per ottenere cristalli bidimensionali osservabili al microscopio elettronico, applica alle microfotografie i metodi di analisi e di ricostruzione delle immagini allo scopo di costruire modelli tridimensionali di queste macromolecole proteiche (Fig. 3 e 4). Magaldi inoltre, con i suoi collaboratori anche di altri laboratori (in particolare con Vincenza Mezzasalma e Lucio di Stefano dell'Università di Palermo), ha analizzato la composizione eme/proteina delle subunità di clorocruorine e di eritrocruorine che si formano a vari gradi di dissociazione e i risultati ottenuti appoggiano la sua ipotesi dell'origine monofiletica di tutte le emoglobine (GHIRETTI-MAGALDI *et al.*, 1985, 1986; MEZZASALMA *et al.*, 1985). Tale ipotesi peraltro è convalidata dalla sequenza delle catene polipeptidiche che recentemente è stata ottenuta da un gruppo di ricercatori giapponesi.

L'altra grossa proteina respiratoria, anch'essa plasmatica, è quella dell'emocianina. Le emocianine sono proteine a rame che, per evoluzione convergente, hanno acquistato la stessa funzione respiratoria delle emoglobine. Sono presenti nei Molluschi Anfineuri, Gasteropodi e Cefalopodi e in molti gruppi di Artropodi: Malacostraca, Scorpionidea, Araneida, Xifosura. A seconda del gruppo di appartenenza, le emocianine hanno forme molecolari e pesi molecolari assai diversi. Il peso varia da diverse centinaia di migliaia a 9 milioni di dalton. Alcune forme molecolari sono riportate nelle Fig. 5 e 6.

Nel nostro laboratorio di Padova da molti anni studiamo i rapporti fra forma e funzione di queste proteine. Le emocianine sono facilmente dissociabili in subunità in rapporto alle condizioni ambientali e, a seconda del grado di dissociazione, varia la forma molecolare e con essa l'affinità e la capacità per l'ossigeno, cioè la funzione. Benedetto Salvato ha studiato l'architettura molecolare del sito attivo (nelle emocianine due atomi di rame legati alla catena polipeptidica si combinano con una molecola di ossigeno) e ha seguito gli effetti sulla reattività del sito delle modificazioni conformazionali della macromolecola proteica causate da agenti chimici diversi. Anche qui la forma, in questo caso però la forma molecolare, è l'immagine plastica della funzione (SALVATO & BELTRAMINI, 1987).

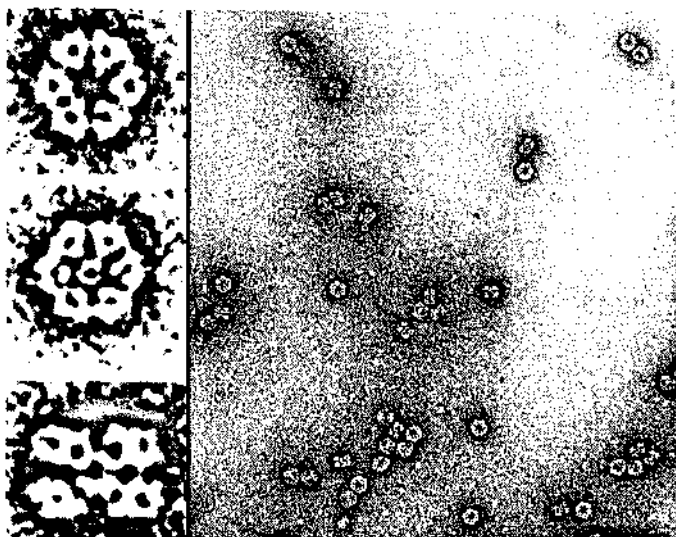


Fig. 1 - Eritrocruorina di *Ophelia bicornis* al microscopio elettronico; (x 70.000). A sinistra: la molecola vista di fronte e di lato (da: A. Ghiretti-Magaldi *et al.*, 1985).

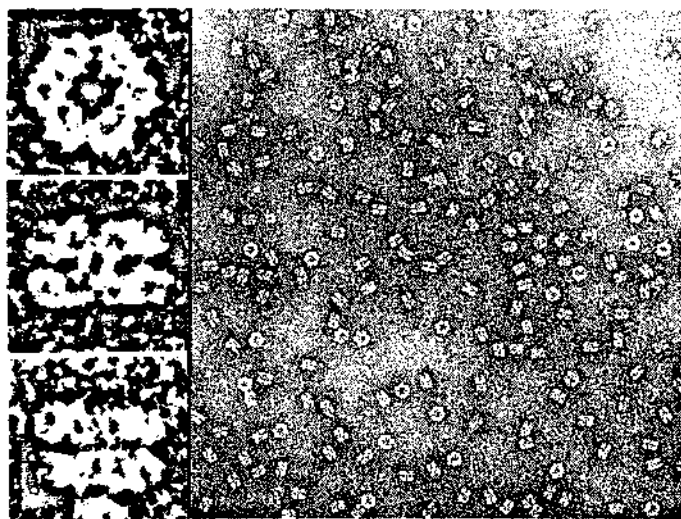
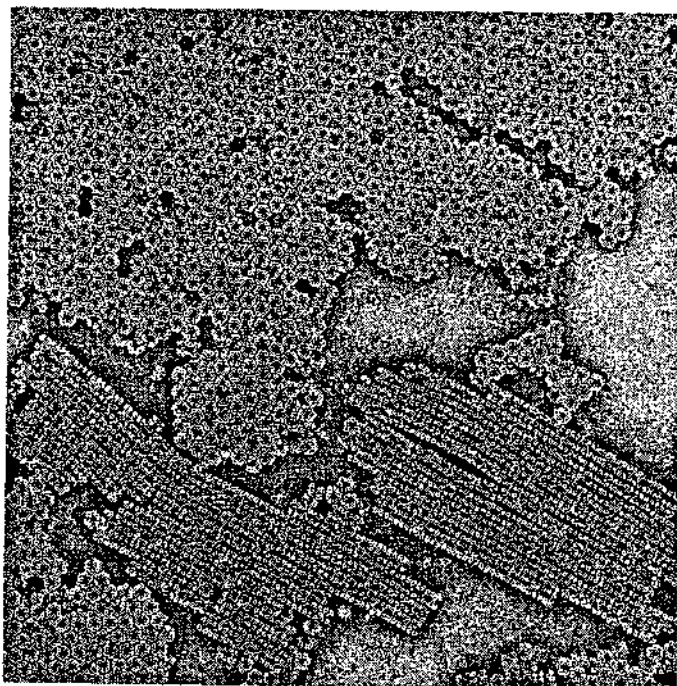
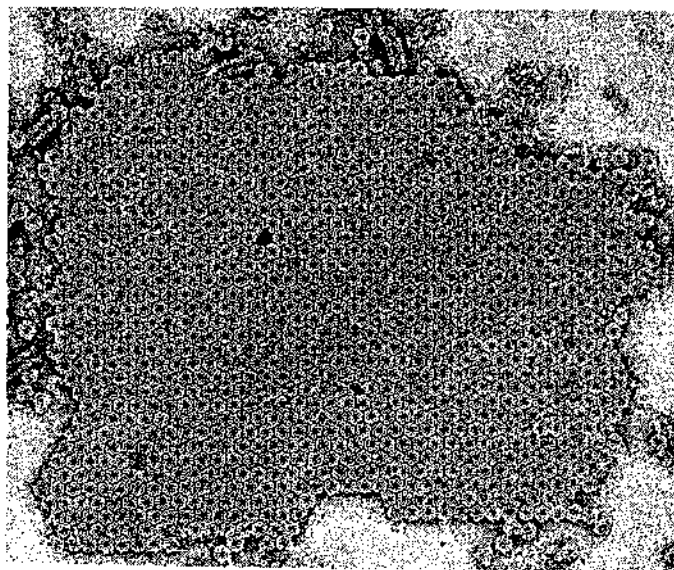


Fig. 2 - Clorocruorina di *Spirographis Spallanzani* al microscopio elettronico; (x 70.000). A sinistra: la molecola vista di fronte e di lato (da: A. Ghiretti-Magaldi *et al.*, 1986).



**Fig. 3** - Cristalli bidimensionali di eritrocruorina di *Ophelia bicornis* al microscopio elettronico (x 80.000). (da: Ghiretti-Magaldi *et al.*, 1985).



**Fig. 4** - Cristalli bidimensionali di Clorocruorina di *Spirographis Spallanzani* al microscopio elettronico (x 80.000). (da: Ghiretti-Magaldi *et al.*, 1986).

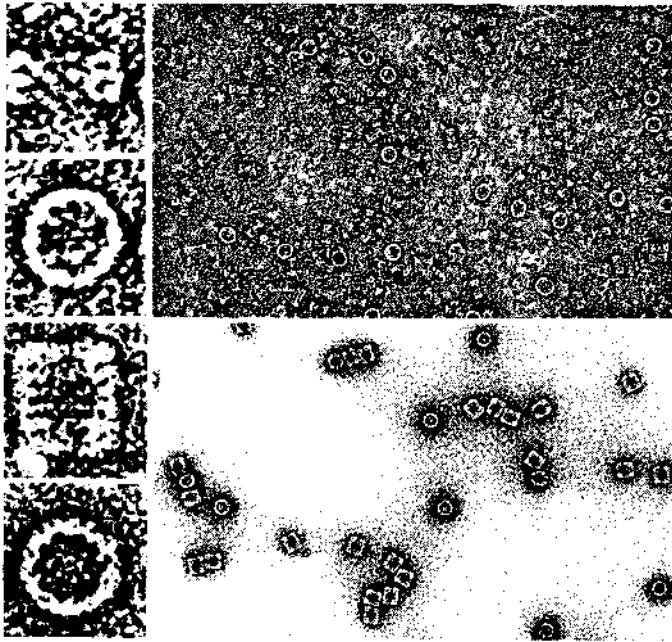


Fig. 5 - Emocianina di *Octopus vulgaris* (sopra) e di *Helix pomatia* (sotto) al microscopio elettronico (x 70.000). A sinistra la molecola vista di lato e di fronte.

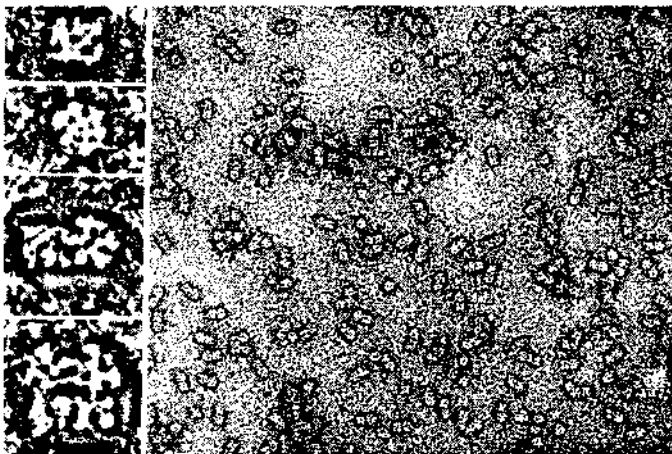


Fig. 6 - Emocianina di *Carcinus maenas* al microscopio elettronico (x 100.000). A sinistra dall'alto in basso: un monomero visto di fronte; lo stesso visto di lato; un dimer; un tetramero. Si noti che l'emocianina degli Artropodi ha una struttura molecolare affatto diversa da quella dell'emocianina dei Molluschi.

Le emocianine, oltre al trasporto dell'ossigeno nella respirazione, sono capaci di esplicare altre funzioni. Paolo Zatta, sempre nel laboratorio di Padova, ha evidenziato e studiato il trasporto dei metalli nell'emolinfa dei Crostacei e ha dimostrato che essi si legano all'emocianina ognuno con una tipica costante di legame. Questi adattamenti a livello molecolare possono avere importanti implicazioni nei rapporti fra l'animale e l'ambiente in cui vive (ZATTA, 1985; ZATTA & GHIRELLI, 1983).

Per finire vorrei fermarmi brevemente sulla metallotioneina che costituisce un esempio assai dimostrativo di adattamento a livello molecolare, adattamento di protezione e di difesa da condizioni ambientali molto sfavorevoli.

La metallotioneina fu scoperta da Bert Vallee nel 1957 nel rene di cavallo e identificata come una proteina a basso peso molecolare che lega zinco e cadmio. Subito dopo fu trovata in molti altri animali e in altri organi e tessuti e si vide pure che la capacità di legare i metalli è dovuta alla presenza di molti residui sulfidrilici nella molecola. La metallotioneina dei mammiferi pesa circa 6.000 dalton ed è formata da una catena polipeptidica di 61 amminoacidi di cui 20 sono cisteine. Non ci sono amminoacidi aromatici. Gli atomi di metallo sono legati ai residui sulfidrilici e variano qualitativamente e quantitativamente a seconda della specie animale, dell'organo e dell'ambiente in cui l'animale vive. La metallotioneina del fegato umano contiene quasi solo zinco; quella del rene anche cadmio e rame. La proteina isolata dagli animali di laboratorio contiene prevalentemente il metallo che è stato somministrato durante l'esperimento. In molti mammiferi la metallotioneina lega anche mercurio, cobalto, piombo, nichel, argento, oro. Molto si è discusso sulla funzione della metallotioneina fin dal momento della sua scoperta (HAMER, 1986).

Dei metalli pesanti presenti nella biosfera che passano negli organismi con l'aria e gli alimenti e costituiscono i cosiddetti microelementi dei tessuti e dei liquidi circolanti, alcuni sono considerati essenziali perché partecipano a numerose funzioni, altri non lo sono. Mentre i primi possono diventare dannosi se presenti in concentrazioni eccessive, i metalli non essenziali come per esempio il cadmio, il mercurio, il piombo sono sempre tossici (ALBERGONI & PICCINNI, 1983).

Fu proprio Vallee a suggerire che la metallotioneina protegga gli organismi dall'azione dannosa dei metalli non essenziali. Questa ipotesi è stata rafforzata dalla dimostrazione che la sintesi della metallotioneina è regolata con un meccanismo omeostatico nelle cellule quando queste vengono in contatto con i metalli pesanti. Oggi sappiamo che la presenza del metallo aumenta la velocità di trascrizione del gene della metallotioneina. La velocità di trascrizione aumenta anche in condizioni di stress ed è indotta dai glucocorticoidi e dall'interferone. Ce n'è abbastanza per poter considerare la metallotioneina come un bellissimo esempio di adattamento molecolare di protezione degli organismi dai pericoli della contaminazione ambientale da metalli pesanti.

Adattamenti specifici di difesa si riscontrano in tutti gli organismi. Molti invertebrati rendono innocui i metalli tossici accumulandoli in certe parti del

corpo come l'epatopancreas e i cuori branchiali dei Cefalopodi o sotto forma di concrezioni nel rene dei molluschi Gasteropodi e Bivalvi, nell'epatopancreas e nell'esoscheletro dei Crostacei, nei vanadociti del liquido circolante dei Tunicati.

Polipeptidi molti simili alla metallotioneina dei Vertebrati sono stati identificati in molte specie animali e vegetali. Voglio menzionare la proteina studiata da Konrad Lerch e Mariano Beltramini che è prodotta dalle colture di *Neurospora crassa* e che ha una sequenza amminoacidica assai simile a quella della metallotioneina dei Vertebrati. Voglio altresì ricordare un glicopeptide che è stato isolato recentemente da Ester Piccinni e collaboratori da *Ochroma danica* e altri protozoi che, pur essendo assai più piccolo della classica metallotioneina, ha le stesse proprietà chimiche e verosimilmente la stessa funzione di questa (BELTRAMINI & LERCH, 1982, 1983; ALBERGONI *et al.*, 1980; PICCINNI & COPPELLOTTI, 1982). Con la metallotioneina la ricerca di base dei meccanismi fisiologici dell'adattamento tocca un aspetto molto importante della ricerca biologica applicata: gli effetti sugli organismi viventi della contaminazione ambientale.

In realtà la metallotioneina non è il solo meccanismo adattivo di protezione. Conosciamo da tempo il sistema enzimatico microsomiale detto anche del Citocromo P-450 perché questo citocromo è, insieme al NAD fosfato ridotto, ad una flavoproteina e ad una proteina a ferro non eme, uno dei componenti del sistema. Questo complesso enzimatico che è localizzato nelle membrane dell'ergastoplasma cellulare, costituisce un efficiente adattamento di protezione perché catalizza un gran numero di reazioni che rendono innocue molte sostanze organiche xenobiotiche, quelle sostanze cioè che sono estranee alla vita e che le nostre industrie chimiche riversano continuamente nell'ambiente (BROWN, 1976; WOOD, 1976).

Dal 1970 conosciamo la superossidodismutasi. Irvin Fridovich e Joseph McCord dimostrarono in quell'anno che le proteine a rame rinvenute da tempo nel cervello, nel fegato, nelle emazie, nei mitocondri di vari animali e dell'uomo, cioè le ben note cerebrocupreine, epatocupreine, eritrocupreine, mitocondriocupreine che erano tutte ancora in cerca di una funzione, sono in effetti un unico enzima metallico che fu chiamato superossidodismutasi perché catalizza la dismutazione dei radicali liberi che si formano inevitabilmente dall'ossigeno molecolare durante i processi del metabolismo ossidativo. Si tratta anche qui di un adattamento molecolare che protegge le cellule e i tessuti dalla potenziale azione tossica degli ioni superossido (BROCK & HARRIS, 1977).

Se a questi sistemi enzimatici aggiungiamo le metallotioneine, dovremmo stare tranquilli e ritenerci super protetti da qualsiasi forma di contaminazione sia essa dovuta a sostanze organiche xenobiotiche o a radicali liberi o a metalli pesanti. Purtroppo sappiamo invece che la contaminazione ambientale oggi è una minaccia alla nostra stessa sopravvivenza.

Eppure la contaminazione ambientale non è una invenzione dell'uomo. Contaminazione da sostanze xenobiotiche ci sono da sempre: le prime fioriture e maree rosse le troviamo descritte nel Vecchio Testamento quando ancora non



si buttavano i detergenti nei fiumi e nel mare. Oggi però questi fenomeni si verificano ogni anno. I radicali liberi dell'ossigeno ci sono sempre stati e la superossidodismutasi pare sia comparsa quando comparve l'ossigeno nell'atmosfera. I radicali superossido derivano anche dalle reazioni fotochimiche che avvengono alla superficie del mare e anche dalla radiolisi dell'acqua ad opera delle radiazioni ionizzanti. Ma queste radiazioni provenivano in passato dalla radioattività delle rocce soltanto, non dai guasti delle centrali nucleari di oggi. Gli animali hanno sempre dovuto fronteggiare la contaminazione da metalli pesanti nell'acqua e nel cibo, dovuta alla composizione mineralogica del terreno sul quale vivevano. E da sempre infatti gli animali si sono difesi e sopravvissuti inventando adattamenti protettivi come quelli che posseggono tuttora.

Gli adattamenti protettivi naturali sono validi entro i limiti anch'essi «naturali» della contaminazione. Oggi però la contaminazione ambientale è diventata innaturale e ha largamente superato i limiti fisiologici di adattamento. Per questo essa ha cessato di essere oggetto di studio della Biologia. Per questo io credo che i biologi perdano il loro tempo a contare quanti pesciolini sono morti nei fiumi e quanti gamberetti sono scomparsi dai laghi o a pesare col bilancino le porcherie che vengono riversate ogni giorno nei mari. Oggi non c'è più adattamento fisiologico che tenga. Oggi la contaminazione ambientale riguarda principalmente il codice penale.

## Summary

*Form is the plastic expression of function and function is the result of the morphological organization of the apparatuses, of the organs, of the tissues. Since living animals are fully adapted to their environment, we can say that the organization mirrors the environment in which that function is accomplished. Form, function and environment, therefore, are the vertices of a triangle and are strictly interdependent in a relationship of cause and effect.*

*As examples of physiological mechanisms of adaptation at the organismic level, the transition from micro- to macrophagy and the change of nitrogen excretion from ammonia to urea have been reported. Also the adaptations have been considered by which animals with an open circulation have acquired a closed circulation, at first simple and later doubled with the implicit haemodynamic modifications. Very relevant are the physiological adaptations by which marine mammals are able to remain under water for considerable lengths of time.*

*Equally numerous and amazing are the adaptations at the molecular level such as those exemplified by the blood respiratory pigments that allow the maximal exploitation of oxygen from the environment. Equally important are the molecular adaptations to resist chemical pollution due to xenobiotic substances, heavy metals, and oxygen radicals.*

## Bibliografia

ALBERGONI V., PICCINNI E. (1983) - Biological response to trace metals and their biochemical effects. In *Trace elements speciation in surface waters and its ecological implications* G.G. Leppard (ed.). Plenum Publ. Co.: 159-175.

ALBERGONI V., PICCINNI E., COPPELLOTTI O. (1980) - Response to heavy metals in organisms. I. Excretion and accumulation of physiological and non-physiological metals in *Euglena gracilis*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 67C: 121-127.

BELTRAMINI M., LERCH K. (1982) - Copper transfer between *Neurospora* copper-metallotionein and type 3 copper apoproteins. *FEBS Lett.*, 142: 219-221.

BELTRAMINI M., LERCH K. (1983) - The reconstitution of *Neurospora* apotyrosinase and apohemocyanin: a comparative study. In *Structure and Function of invertebrate respiratory proteins* E.J. Wood (ed.). *Life Chemistry Reports*, Suppl. I: 323-326.

BROCK C.J., HARRIS J.I. (1977) - Aspects of the structure and evolution of Superoxide dismutase. In *The evolution of metallo enzymes, metalloproteins and related material* G.J. Leigh (ed.). Symp. Press., 85-99.

BROWN G.W. (1976) - Biochemical aspects of detoxification in the marine environment. In *Biochemical and Biophysical Perspectives in Marine Biology*. D.C. Malins, J.R. Sargent (eds). Vol. 3: 319-406.

CUENOT L. (1925) - L'adaptation. Doin (ed.), Paris.

GHIRETTI-MAGALDI A., ZANOTTI G., TOGNON G., MEZZASALMA V. (1985) - The molecular architecture of the extracellular haemoglobin of *Ophelia bicornis*. *Bioch. Biophys. Acta*, 829: 144-149.

GHIRETTI-MAGALDI A., GHIRETTI F., TOGNON G., ZANOTTI G. (1986) - The structure of the extracellular haemoglobin of annelids. In *Invertebrate oxygen carriers*. B. Linzen (ed.): 45-52.

GOULD S.J., LEWONTIN R.C. (1984) - The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. In *Conceptual issues in evolutionary biology*. *An anthology*. E. Sober (ed.). The MIT Press, Cambridge: 252-270.

HAMER D.H. (1986) - Metallothionein. *Ann. Rev. Biochem.*, 55: 913-951.

HILL R.D. (1986) - Microcomputer monitor and blood sampler for free diving Weddel seals. *J. Appl. Physiol.*, 61: 1570-1575.

JOHANSEN K. (1964) - Regional distribution of circulating blood during submersion asphyxia in the duck. *Acta Physiol. Scand.*, 62: 1-9.

KOOYMAN G.L. (1973) - Respiratory adaptations in marine animals. *Amer. Zool.*, 13: 457-468.

MANGUM C.P. (1977) - Primitive respiratory adaptations. In *Adaptations to the environment. Physiology of marine animals*. R.C. Newell (ed.). Butterworth's and Co., London: 191-277.

MEZZASALMA V., DI STEFANO L., PIAZZESE S., ZAGRA M., SALVATO B., TOGNON., GHIRETTI-MAGALDI A. (1985) - Physico-chemical and structure properties of the extracellular haemoglobin of *Ophelia bicornis*. *Bioch. Biophys. Acta*, 829: 135-143.

PICCINNI E., COPPELOTTI O. (1982) - Response to heavy metals in organisms. II. Effects of physiological and non physiological metals on *Ochronomas danica*. *Comp. Bioch. Physiol.*, 71C: 135-140.

QVIST J., HILL R.D., SCHNEIDER R.C., FALKE K.J., LIGGINS G.C., GUPPY M., ELLIOT R.L., HOCHACHKA P.W., ZAPOL W.M. (1986) - Hemoglobin concentrations and blood gas tensions of free-diving weddel seals. *J. Appl Physiol*, 61: 1560-1569.

RUFFINI A. (1925) - Fisiogenia. La Biodinamica dello sviluppo e i fondamentali problemi morfologici dell'embriologia generale. Vallardi, Milano.

SALVATO B., BELTRAMINI M. (1987) - Hemocyanins: molecular structure and reactivity of the binuclear copper site. In *The active site of copper proteins*. J.V. Bannister, A.M. Michelson (eds). Life Chemistry Reports, 5: 249-275.

SCHOLANDER P.F., (1940) - Experimental investigations on the respiratory functions in diving mammals and birds. *Hvalradets Skrifter.*, 22: 1-131.

WOOD J.M., (1976) - The biochemistry of toxic elements in aqueous systems. In *Biochemical and biophysical perspectives in marine biology*. D.C. Malins, J.R. Sargent (eds.). Vol. 3: 407-431.

ZATTA P. (1985) - Interaction between  $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  with hemocyanins from *Carcinus maenas*. *Cab. Biol. Mar.*, 26: 241-249.

ZATTA P., GHIRETTI F. (1983) - Non respiratory functions of hemocyanin. In *Structure and function on invertebrate respiratory proteins*. E.J. Wood (ed.). Suppl. 1: 329-331.

C. AGNISOLA

L. FOTI

I. TRARA GENOINO

Dipartimento di Fisiologia Generale ed Ambientale  
dell'Università, V. Mezzocannone 8, 80134 Napoli (Italia)

## IL CUORE SISTEMICO ISOLATO DI *OCTOPUS VULGARIS*: ASPETTI EMODINAMICI

### Abstract

The isolated systemic heart of *Octopus*: haemodynamic features

*A study on the haemodynamic characteristics of the isolated systemic heart of Octopus vulgaris is presented. It is shown that the coronary pressure reaches its maximum value during systole, and that the coronary activity is an important part of the local cardiac activity. These results stress the importance of the coronary parameters in the evaluation of cardiac performance in Octopoda. The main drawback of the isolated systemic heart was a heart rate lower than in vivo.*

**Key-words:** *Octopus vulgaris*, systemic heart, heart haemodynamic, coronary circulation.

### Introduzione

I cuori miogenici isolati sono molto usati soprattutto per studi di tipo farmacologico, a causa della loro ritmicità intrinseca, che fornisce un metodo semplice di misura, controllo e valutazione. Inoltre, gli studi con organi isolati presentano vari vantaggi rispetto a quelli su animali intatti. Essi, infatti, consentono sia di ottenere informazioni sulle loro proprietà intrinseche, sia di studiare la loro reazione ai farmaci senza l'interferenza dei sistemi di regolazione estrinseci. D'altra parte, affinché il cuore isolato possa essere considerato un modello valido, sono indispensabili sia condizioni di lavoro fisiologiche, sia una «performance» paragonabile a quella *in vivo*. Inoltre è sempre necessario tener presente che si tratta di studi su un sistema modello, per cui le condizioni raggiunte non possono essere estrapolate acriticamente all'animale intatto.

Il sistema circolatorio dei Cefalopodi è caratterizzato da un elevato livello di specializzazione morfologica e funzionale (SHIPP, 1987). Il cuore sistemico isolato degli ottopodi, in particolare quello di *Octopus vulgaris*, è considerato modello sensibile e specifico per lo studio degli effetti di vari fattori neuroumorali (MARTIN & VOIGT, 1987). Tuttavia, la sua caratterizzazione emodinamica appare tuttora incompleta. Gli studi finora effettuati sul cuore sistemico isolato di *Octopus vulgaris* (BERRY & COTTRELL, 1970; WELLS, 1979; WELLS & MANGOLD, 1980; SMITH, 1981; FOTI *et al.*, 1985), sono caratterizzati dall'uso di pressioni di precarico troppo elevate, e da una limitata performance. Inoltre, non è stato finora adeguatamente preso in considerazione il sistema coronarico del cuore sistemico, le cui peculiarità morfofunzionali sono state messe in rilievo recentemente (HOULIHAN *et al.*, 1987).

Questo studio ha lo scopo sia di approfondire la conoscenza degli aspetti emodinamici del cuore sistemico isolato, sia di fornire informazioni sulle cause della differenza in performance tra *in vivo* ed *in vitro*.

## Materiali e metodi

Le ricerche sono state effettuate presso la Stazione Zoologica di Napoli. Sono stati usati esemplari di *Octopus vulgaris*, di ambo i sessi, catturati nel golfo di Napoli e mantenuti per non più di una settimana in vasche con acqua di mare circolante (20°C). Il peso degli animali variava tra 0,5 e 1,5 kg.

Il cuore sistemico isolato era preparato come descritto da FOTI *et al.* (1985), con le seguenti modifiche: a) la dissezione del cuore era fatta a 4°C; b) attraverso l'aorta addominale veniva inserita una sonda per la registrazione della pressione ventricolare. Il mezzo di perfusione era acqua di mare + glucosio 0,05%, pH 8,0.

Le gittate aortica e coronarica, normalizzate per grammo di tessuto ventricolare, erano determinate come descritto da Foti *et al.* (1985). Il volume coronarico era calcolato in base alla relazione:

gittata coronarica (ml/min/g) = frequenza (battiti/min) x volume coronarico (ml/g).

I lavori sistolico e coronarico del cuore erano calcolati in base alle seguenti relazioni:

lavoro sistolico (MJ/g) = (Postcarico-precario) x volume sistole x 0,0981;

lavoro coronarico (mJ/g) = (Postcarico-precario) x volume coronarico x 0,0981.

La potenza meccanica del cuore era calcolata come descritto da HOULIHAN *et al.* (1987). Le frequenze di contrazione erano ottenute o per conta diretta o dai tracciati di pressione ventricolare.

I valori medi delle pressioni di input (precario) ed output (postcarico) erano ottenute dai tracciati di pressione ventricolare. Le pressioni (esprese in cm di

H<sub>2</sub>O) erano misurate con un trasduttore di pressione Elcomatic accoppiato con un «Universal Oscillograph» della Harvard.

Il tracciato della pressione dalla vena coronarica era ottenuto da un preparato *in situ* del cuore sistemico, nel quale erano incannulate gli atri, l'aorta dorsale ed una delle vene coronariche, ed erano registrate le pressioni nella vena coronarica e nel ventricolo.

## Risultati e Discussione

In Figura 1 è mostrato l'andamento delle pressioni aortica, atriale e ventricolare durante il ciclo cardiaco. Il confronto tra i tre tracciati consente di indivi-

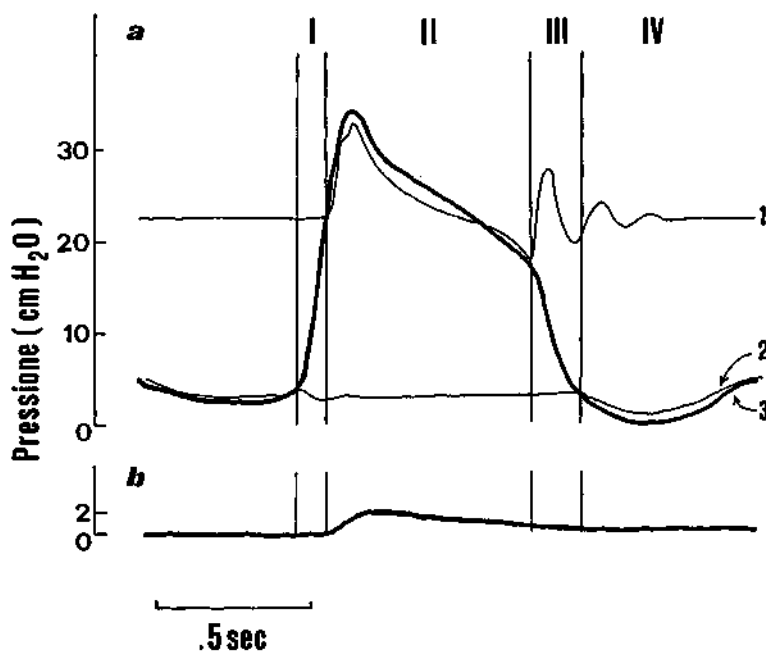


Fig. 1 - Variazioni di pressione durante il ciclo cardiaco del cuore sistemico di *Octopus vulgaris*: a) Tracciato delle pressioni aortica (1), atriale (2) e ventricolare (3) in un preparato di cuore isolato e perfuso; I. contrazione isovolumetrica; II. espulsione; III. rilasciamento isovolumetrico; IV. riempimento diastolico; b) tracciato della pressione nella vena coronarica destra di un preparato di cuore perfuso *in situ*.

duare le fasi di contrazione isovolumetrica (I), di espulsione (II), di rilasciamento isovolumetrico (III) e di riempimento diastolico (IV). Il tracciato di pressione ventricolare è simile a quello tipico dei vertebrati, sebbene presenti differenze quantitative: la sistole è di durata relativamente lunga (circa 1 sec, contro

0,3-0,6 sec nei vertebrati), mentre il massimo della derivata della pressione ventricolare (non riportata in grafico), che, come nei vertebrati, si raggiunge alla fine della fase di contrazione isovolumetrica, varia fra i 200 ed i 300 cm H<sub>2</sub>O/sec, ed è quindi inferiore di un ordine di grandezza rispetto ai mammiferi (CARO *et al.*, 1978).

La Fig. 1b mostra l'andamento della pressione nella vena coronarica destra; nella vena coronarica sinistra le variazioni di pressione sono sostanzialmente identiche. Dal confronto con il tracciato della pressione ventricolare, si nota che la pressione coronarica raggiunge il suo massimo con un lieve ritardo rispetto al massimo di pressione sistolica, ed è praticamente nulla durante la diastole. Ciò concorda con le osservazioni da noi precedentemente riportate (Foti *et al.*, 1985; HOULIHAN *et al.*, 1987), secondo le quali l'efflusso coronarico si ha solo durante la sistole. Pertanto l'output coronarico rappresenta, in *O. vulgaris*, una via di uscita dal cuore parallela all'output aortico. Esso non può essere trascurato nella valutazione della performance ventricolare, in quanto dipende direttamente dal lavoro cardiaco, e, a differenza dei vertebrati, non è incluso nell'output aortico. In Fig. 2 è riportato il lavoro cardiaco *in vitro*, calcolato in base al solo volume sistole (a), ed al solo volume coronarico (b), in funzione di precarico e postcarico. È evidente che la frazione di lavoro cardiaco spesa per produrre la gittata coronarica è elevata e direttamente correlata alle condizioni di lavoro. Essa non può essere tralasciata nel calcolo del lavoro totale e della potenza meccanica. Probabilmente *in vivo* il contributo di lavoro coronarico al lavoro totale è notevolmente inferiore a causa della gittata più elevata (circa 40 ml/min/g a riposo, WELLS & SMITH, 1987, contro un massimo di 20,7 ml/min/g nei nostri esperimenti) e del maggior contenuto di ossigeno dell'emolinfa rispetto all'acqua di mare (che comporta un minor flusso coronarico; HOULIHAN *et al.*, 1987).

In accordo con quanto già riportato (SMITH, 1981; HOULIHAN *et al.*, 1987), la frequenza di contrazione è scarsamente influenzata da precarico e postcarico, ed ha un valore medio inferiore del 25-30% rispetto ai valori fisiologici (40-45 b.p.m. a riposo, WELLS & SMITH, 1987). Di conseguenza la potenza meccanica, calcolata in base al volume totale spostato dal cuore (gittata aortica + gittata coronarica), è anch'essa inferiore ai valori fisiologici (0,1-1,3 mW/g, a seconda dei livelli di precarico e postcarico, contro 1,2 mW/g *in vivo* a riposo, WELLS & SMITH, 1987). Inoltre la potenza meccanica dipenderà in maniera simile al lavoro da precarico e postcarico.

In conclusione, possiamo affermare che il cuore sistemico isolato di *Octopus vulgaris* costituisce un valido modello sperimentale, purché si tenga conto della gittata coronarica nella valutazione della performance. Un limite del preparato è rappresentato dalla frequenza di contrazione minore di quella fisiologica; è possibile che tale differenza sia determinata dal controllo neroumorale operante *in vivo*.

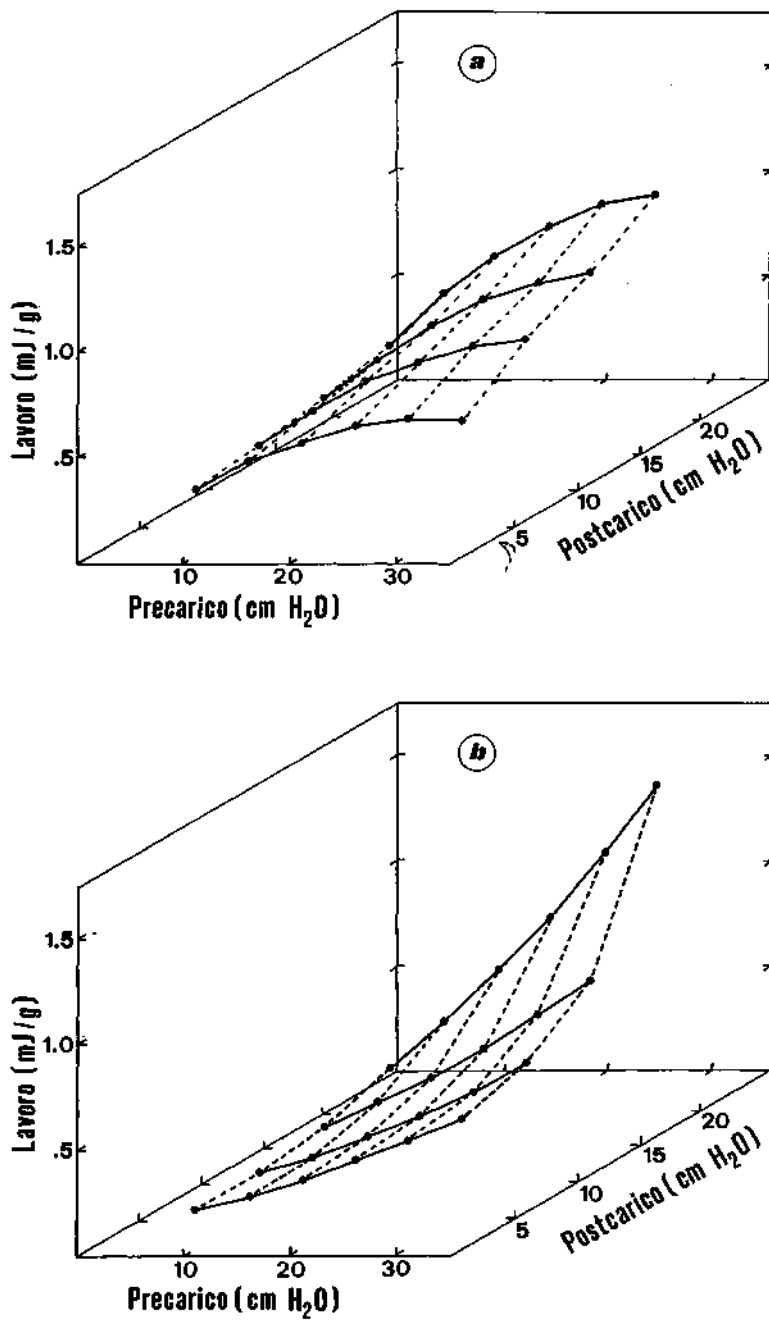


Fig. 2 - Relazione fra performance del cuore sistemico isolato di *Octopus vulgaris* e condizioni di precarico e postcarico; a) lavoro sistolico; b) lavoro coronarico.



## Summary

The octopus isolated and perfused heart preparation is considered a sensitive and specific model for testing cardiac effects of neurohumoral factors. However, the cardiac haemodynamic in Octopoda have not yet been completely characterized.

The aim of this study was to widen our knowledge of the haemodynamics of the isolated heart. The ventricular and coronary pressures during the cardiac cycle were measured, and the contribution of the coronary activity to the total cardiac external activity was evaluated.

The coronary pressure increased during systole, consistently with the idea that, in Octopus, the coronary output and the aortic output may be modelled as two sets of resistance in parallel. Coronary activity accounted for more than 50% of the total cardiac activity (at the highest loads). It is concluded that coronary parameters cannot be neglected in evaluations of cardiac performance.

The power output of the isolated heart was lower than in vivo, as a consequence of the lower heart rate (about 70% of the in vivo heart rate). This seems to be the main limitation of the isolated systemic heart preparation, and could be due to the absence of neurohumoral control.

## Bibliografia

BERRY C.E., COTTRELL G.A. (1970) - Neurosection in the vena cava of the cephalopod *Eledone cirrhosa*. *Z. Zellforsch. mikrosk. anat.*, 104: 107-115.

CARO C.G., PEDLEY T.J., SCHROTER R.C., SEED W.A. (1978) - The mechanics of the circulation. Oxford University Press, NY Toronto.

FOTI L., TRARA GENOIO I., AGNISOLA C. (1985) - *In vitro* cardiac performance in *Octopus vulgaris* (Lam.). *Com. Biochem. Physiol.*, 82C: 483-488.

HOULIHAN D.F., AGNISOLA C., HAMILTON N.M., TRARA GENOIO I. (1987) - Oxygen consumption of the isolated heart of octopus: effects of power output and hypoxia. *J. exp. Biol.*, 131: 137-158.

MARTIN R., VOIGT K.H. (1987) - The neurosecretory system of the octopus vena cava: a neurohemal organ. *Experientia*, 43: 537-543.

SHIPP R. (1987) - General morphological and functional characteristics of the cephalopod circulatory system. An introduction. *Experientia*, 43: 474-477.

SMITH P.J.S. (1981) - The role of venous pressure in the regulation of the output from the heart of the octopus, *Eledone cirrhosa* (Lam.). *J. exp. Biol.*, 93: 243-255.

WELLS M.J. (1979) - The heartbeat of *Octopus vulgaris*. *J. exp. Biol.*, 78: 87-104.

WELLS M.J., MANGOLD K. (1980) - The effects of extracts from neurosecretory cells in the anterior vena cava and pharyngo-ophtalmic vein upon the hearts of intact free-moving octopuses. *J. Exp. Biol.*, 84: 319-334.

WELLS M.J., SMITH P.J.S. (1987) - The performance of the octopus circulatory system: a triumph of engineering over design. *Experientia*, 43: 487-499.

A. CAPASSO    P. DE PRISCO    B. DE PETROCELLIS    E. PARISI  
Istituto di Biochimica delle Proteine ed Enzimologia C.N.R.  
c/o Stazione Zoologica, Villa Comunale, 80121 Napoli (Italia)

REGOLAZIONE DEL LIVELLO DI cAMP  
E DELL'ATTIVITÀ DELL'ADENILATO CICLASI  
NELL'UOVO DI RICCIO DI MARE  
*PARACENTROTUS LIVIDUS*

**Abstract**

cAMP level and adenylate cyclase regulation in the eggs of the urchin *Paracentrotus lividus*

*The sea urchin egg contains a dopamine-stimulated adenylate cyclase activity. Gramine (a serotonin analog) markedly inhibits the enzyme activity, probably by a non-competitive mechanism. The adenylate cyclase activity measured in the presence of dopamine undergoes a transient decrease after fertilization, which parallels that of the intracellular cAMP level. These data show that, in the sea urchin egg, cAMP production is regulated by dopaminergic stimulation of the adenylate cyclase system.*

**Key-words:** cAMP, adenylate cyclase, dopamine, sea urchin.

**Introduzione**

Nei lavori precedenti, abbiamo riportato che l'uovo di riccio di mare *Paracentrotus lividus* contiene neurotrasmettitori catecolamminici e serotoninici, i quali vengono escreti nel mezzo circostante dopo fecondazione (RENAUD *et al.*, 1983; CAPASSO *et al.*, 1987). Inoltre, abbiamo dimostrato che analoghi sintetici della serotonina sono in grado di inibire la motilità degli spermatozoi (PARISI *et al.*, 1984), e la segmentazione dell'uovo fecondato (RENAUD *et al.*, 1983). I dati finora ottenuti sembrano indicare che il bersaglio di questi segnali neuroormonali sia il sistema dell'adenilato ciclasi. Infatti, la gramina (sostanza analoga alla serotonina) provoca una drastica diminuzione del livello intracellulare di cAMP nell'uovo fecondato (RENAUD *et al.*, 1983), mentre la dopamina è in grado di stimolare *in vitro* l'attività dell'adenilato ciclasi (CAPASSO *et al.*, 1987).

I risultati del presente lavoro mostrano l'esistenza, nell'uovo fecondato, di un parallelismo tra attività adenilato ciclasica stimolata da dopamina e conte-

nuto di cAMP. La dopammina, tuttavia, non è l'unico regolatore dell'adenilato ciclasi; la gramina infatti, è in grado di inibire l'attività dell'enzima annullando completamente l'effetto stimolante della dopammina. Viene avanzata la tesi che dopammina e gramina agiscano sul sistema dell'adenilato ciclasi, rispettivamente, mediante recettori stimolatori ed inibitori.

## Materiali e Metodi

Le uova di *Paracentrotus lividus* sono state ottenute agitando le gonadi in acqua di mare e filtrando la sospensione attraverso quattro strati di garza. Le uova così ottenute sono state lavate 3 volte per decantazione in acqua di mare filtrata. La fecondazione è stata effettuata aggiungendo alla sospensione di uova poche gocce di sperma diluito in acqua di mare.

Le membrane plasmatiche sono state preparate come precedentemente descritto (CAPASSO *et al.*, 1987). L'attività dell'adenilato ciclasi è stata saggiata con il metodo di SALOMON *et al.* (1974) sulla frazione contenente le membrane plasmatiche parzialmente purificate. La miscela di reazione era quella impiegata precedentemente (CAPASSO *et al.*, 1987).

Per la misura dell'attività della fosfodiesterasi, le uova sono state impacchettate per centrifugazione a circa 200xg e lavate in acqua di mare priva di ioni  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ . Le uova sono state poi omogeneizzate in 4 volumi di una soluzione di saccarosio 0,25M contenente Tris 5mM pH 7,4. La miscela di reazione conteneva in un volume di 100  $\mu\text{l}$ : 3  $\mu\text{mol}$  di Tris pH 7,4, 7,5 nmoli di EGTA, 5 nmoli di  $^3\text{HcAMP}$  (attività specifica 0,1 mCi/mmole) (NEN), 0,5  $\mu\text{mol}$  di  $\text{MgCl}_2$ . La reazione è stata iniziata con l'aggiunta di 50  $\mu\text{l}$  di omogenato. Dopo 15 minuti di incubazione a 30 °C, i tubi contenenti le miscele di reazione sono stati posti a 100°C per 45" e, quindi, riportati di nuovo a temperatura ambiente. A questo punto, sono state aggiunte a ciascun tubo 10U di 5'-nucleotidasi (Sigma). Dopo altri 30 min di incubazione a 30°C, sono stati aggiunti ad ogni provetta 100  $\mu\text{l}$  di  $\text{H}_2\text{O}$ , seguiti da 500  $\mu\text{l}$  di 1 miscela di 1 parte di Dowex 1x8 (200 ÷ 400 mesh) e 4 parti di metanolo. I tubi sono stati tenuti 15 minuti in ghiaccio mescolandoli di tanto in tanto su un vortex. Dopo aver allontanato la resina per centrifugazione in una centrifuga manuale, un'aliquota del supernatante è stata mescolata con 5 ml di Aquasol (NEN) per il conteggio della radioattività.

Per la determinazione del livello di cAMP, le uova (circa  $10^6$ ) sono state raccolte per centrifugazione e lavate 3 volte con una soluzione contenente NaCl 0,5M e KCl 0,06M. Alle uova sedimentate è stato aggiunto 1 ml di acido tricloroacetico 5% seguito da 0,1 pmoli di  $^3\text{H}$  cAMP (pari a 10 nCi), 1,2 ml di  $\text{H}_2\text{O}$ , e 0,3 ml di HCl 1N. Dopo centrifugazione a 600xg, il supernatante è stato estratto 6 volte con etere saturo di acqua, e quindi liofilizzato. Il residuo è stato disciolto in 1ml di tampone acetato del Kit. Il contenuto di cAMP è stato determinato con un saggio radioimmunologico usando un Kit fornito dalla NEN.

## Risultati

La capacità della dopammina di stimolare l'attività dell'adenilato ciclasi dell'uovo di *Paracentrotus lividus* è confermata dai risultati di Fig. 1.

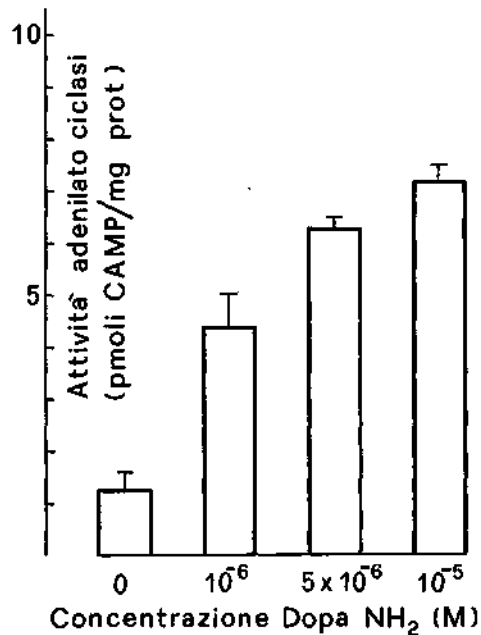


Fig. 1 - Effetto della dopammina sull'attività dell'adenilato ciclasi delle uova di *Paracentrotus lividus*.

La massima stimolazione è stata osservata impiegando una concentrazione di dopammina di  $10^{-5}$ M e GTP. Questi dati concordano nel dimostrare che l'azione del neurotrasmettitore è mediata da una proteina  $G_s$ . Ad eccezione di adrenalina e nor-adrenalina, la cui attività stimolante è tuttavia inferiore a quella della dopammina, altre sostanze saggiate (acetilcolina, serotonina, e metossitriptamina) sono del tutto inattive (CAPASSO *et al.*, 1987). Al contrario, la gramina, un analogo della serotonina, è in grado di inibire l'attività dell'adenilato ciclasi stimolata da dopammina. Un confronto tra le strutture molecolari delle tre ammine (dopammina, serotonina, gramina) suggerisce per quest'ultima un meccanismo d'azione di tipo non positivo. L'effetto della gramina è dose dipendente (dati non riportati). Inoltre, come risulta dalla Tab. 1, l'inibizione sembra essere specifica: infatti, malgrado la somiglianza strutturale esistente tra le due molecole, la serotonina non è in grado di espletare sull'adenilato ciclasi la stessa azione svolta dalla gramina.

L'attività basale dell'adenilato ciclasi non varia in maniera significativa dopo fecondazione. Viceversa, l'attività misurata in presenza di dopammina subisce

Tab. 1 - Effetto della gramina sull'attività dell'adenilato ciclasi.

Sostanze aggiunte	Attività (pmoli/mg proteine)
Nessuna	$1,46 \pm 0,33$
Serotonina $10^{-5}$ M + GTP $10^{-5}$ M	$1,33 \pm 0,47$
Dopamina $10^{-5}$ M + GTP $10^{-5}$ M	$6,68 \pm 0,90$
Serotonina $10^{-5}$ M + Dopamina $10^{-5}$ M + GTP $10^{-5}$ M	$6,93 \pm 0,43$
Gramina $5 \times 10^{-4}$ M + GTP $10^{-5}$ M	$1,10 \pm 0,15$
Gramina $5 \times 10^{-4}$ M + Dopamina $10^{-5}$ M + GTP $10^{-5}$ M	$1,51 \pm 0,16$

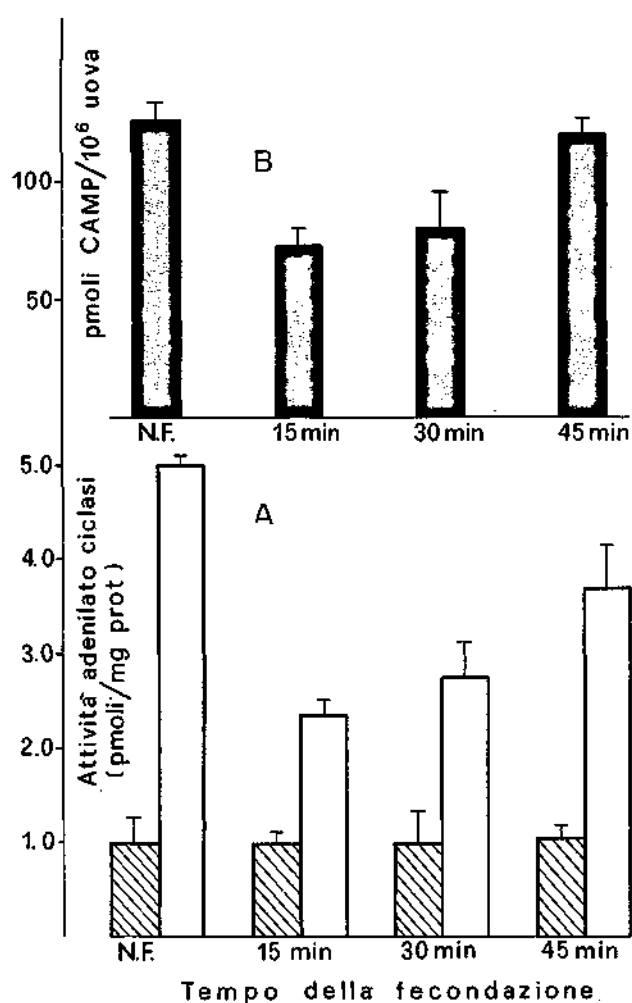


Fig. 2 - A) Attività dell'adenilato ciclasi misurata a vari tempi dalla fecondazione.

□ con dopamina  $10^{-5}$  M e GTP  $10^{-5}$  M; ▨ senza dopamina. B) Variazione del contenuto di cAMP delle uova fecondate.

una diminuzione 10 minuti dopo fecondazione, per poi ritornare ai valori iniziali (Fig. 2A). Tali variazioni di attività risultano simili a quelle relative al contenuto intracellulare di cAMP, determinate a vari tempi dalla fecondazione (Fig. 2B). Come risulta dai dati di Fig. 3, l'attività della fosfodiesterasi non subisce cambiamenti apprezzabili, dopo fecondazione.

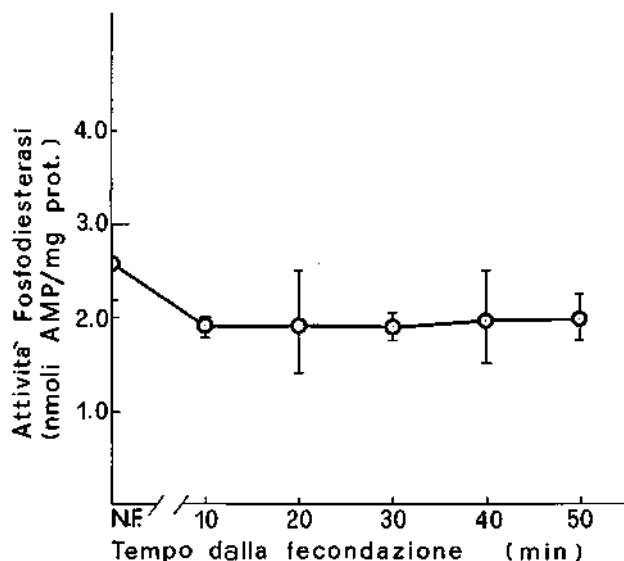


Fig. 3 - Attività della fosfodiesterasi misurata a vari tempi dalla fecondazione.

## Discussione

I risultati del presente lavoro documentano la presenza, nella membrana plasmatica dell'uovo di riccio di mare, di un'attività adenilato ciclasica stimolabile da dopamina.

Il ruolo fisiologico della stimolazione della ciclasi da parte della dopamina potrebbe essere quello di regolare il livello intracellulare di cAMP; e, in tale contesto, risulta interessante l'osservazione che un composto serotoninico-simile come la gramina sia in grado di inibire l'attività dell'adenilato ciclasi. Sebbene il meccanismo di inibizione non sia stato da noi ancora chiarito, è possibile che esso sia mediato da un recettore inibitore e dalla relativa proteina  $G_i$ . Una difficoltà, tuttavia, potrebbe scaturire dal fatto che la gramina e alcuni analoghi sono di solito ritenuti antagonisti del sistema serotoninico (MURAKAMI *et al.*, 1986; LITOSCH *et al.*, 1982). Nondimeno, è parimenti noto che certe sostanze possano agire in alcuni sistemi da agonisti, e in altri da antagonisti (HJORTH & CARLSSON, 1986). È possibile, quindi, che la gramina appartenga a questa classe di sostanze, sebbene non sia mai stata descritta come agonista.

La diminuita stimolazione dell'attività ciclasica osservata dopo fecondazione potrebbe suggerire una perdita di funzionalità dei recettori dopamminergici presenti nella membrana plasmatica dell'uovo. Un meccanismo adatto a spiegare questo fenomeno è quello definito in gergo anglo-sassone «desensitization», che consiste nella temporanea inattivazione dei recettori di membrana (KASSIS *et al.*, 1986; SIBLEY & LEFKOWITZ, 1985). Un meccanismo del tipo descritto, potrebbe contribuire a regolare il livello intracellulare di cAMP. Infatti, nell'uovo fecondato il livello intracellulare di cAMP ha un andamento molto simile a quello dell'attività ciclasica stimolata da dopamina. Poiché l'attività della fosfodiesterasi non varia dopo fecondazione, sembra da escludere la possibilità che le variazioni del contenuto intracellulare di cAMP possano essere dovute ad una differente velocità di degradazione del nucleotide (SCHARMA & WANG, 1986; ISHIDA & YASUMASU, 1982).

Dai dati esposti sembra lecito ritenere che, da un punto di vista fisiologico, l'uovo di riccio di mare si comporti come un sistema autocrino. Un meccanismo di «autostimolazione» potrebbe rivestire un particolare significato adattivo, in considerazione del fatto che l'uovo del riccio di mare è destinato a svilupparsi in un ambiente diverso da quello materno.

Risulta nondimeno difficile stabilire quale ruolo abbia la stimolazione neuromonale nelle fasi successive alla fecondazione.

È probabile che essa, più che su un particolare processo, svolga un effetto regolatore su vari processi metabolici, in considerazione del fatto che il cAMP è generalmente ritenuto un mediatore pleiotipico, in grado cioè di influenzare molteplici aspetti del metabolismo cellulare (GANCEDO *et al.*, 1985). La dopamina, quindi, (o il cAMP) non costituirebbe il «segnale», ma uno dei tanti segnali cellulari che intervengono di concerto nel regolare gli eventi fisiologici della cellula.

### Ringraziamenti

Si ringraziano la Sig.ra Anna Cotugno ed il Sig. Giovanni Amoroso per l'assistenza tecnica prestata nel corso del presente lavoro.

### Summary

*The adenylate cyclase present in the plasma membrane of the sea urchin egg responds to catecholamine stimulation. Dopamine appears to be the most likely physiological agonist because: 1) it is present in the unfertilized egg; 2) it is excreted into the growth medium after fertilization; 3) it is the most effective, among the various neurotransmitters tested, in stimulating the adenylate cyclase activity. Gramin - a serotonin antagonist - markedly inhibits dopamine - stimulated adenylate cyclase activity in a dose-dependent manner. Following fertilization, the unsti-*



*mulated adenylate cyclase activity remains unchanged, while the dopamine-stimulated activity undergoes a transient decrease in the fertilized egg. The pattern of the dopamine-stimulated adenylate cyclase activity parallels that of the intracellular cAMP level. Since no change in phosphodiesterase activity occurs in the egg after fertilization, it is likely that the change in the cAMP level is mainly due to adenylate cyclase regulation. These results suggest the existence in the sea urchin egg of an autocrine stimulatory mechanism in which activation of the adenylate cyclase system is elicited by the dopamine released by the fertilized egg.*

## Bibliografia

CAPASSO A., PARISI E., DE PRISCO P. DE PETROCELLIS B. (1987) - Catecholamine secretion and adenylate cyclase activation in sea urchin eggs. *Cell. Biol. Int. Rep.*, 11: 457-463.

GANCEDO J.M., MAZON M.J., ERASO P. (1985) - Biological roles of cAMP: similarities and differences between organisms. *TIBS*, 85: 210-212.

HJORTH S., CARLSSON A. (1986) - Is pindolol a mixed agonist-antagonist at central serotonin (5-HT) receptors? *Eur. J. Pharm.*, 129: 131-138.

ISHIDA K., YASUMASU I. (1982) - The periodic change in adenosine-3', 5'-monophosphate concentration in sea-urchin eggs. *Biochem. Biophys. Acta*, 720: 266-273.

KASSIS S., OLASMA A.M., SULLIVAN M., FISHMAN P.H. (1986) - Desensitization of the  $\beta$ -adrenergic receptor-coupled adenylate cyclase in cultured mammalian cells. *J. Biol. Chem.*, 261: 12233-12237.

LITOSCH I., FRADIN M., KASAIAN M., LEE H.S., FAIN J.N. (1982) - Regulation of adenylate cyclase and cyclic AMP phosphodiesterase by 5-hydroxytryptamine and calcium ions in blowfly salivary-gland homogenates. *Biochem. J.*, 204: 153-159.

MURAKAMI H., TOSHINORI I., SANO M. (1986) - Pharmacological properties of the serotonergic receptor in the smooth muscle of *Mytilus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 84c: 225-230.

PARISI E., CAPASSO A., DE PRISCO P., DEL PRETE M. (1984) - Serotonin and sperm motility. *Cell. Biol. Int. Rep.*, 8: 95.

RENAUD F., PARISI E., CAPASSO A., DE PRISCO P. (1983) - On the role of serotonin and 5-methoxy-tryptamine in the regulation of cell division in sea urchin eggs. *Dev. Biol.*, 98: 37-46.

SALOMON Y., LONDOS C., RODBELL M. (1974) - A highly sensitive adenylate cyclase assay. *Anal. Biochem.*, 58: 541-548.

SCHARMA R.K., WANG J.H. (1986) - Regulation of cAMP concentration by calmodulin-dependent cyclic nucleotide phosphodiesterase. *Biochem. Cell. Biol.*, 64: 1072-1080.

SIBLEY D.R., LEFKOWITZ R.J. (1985) - Molecular mechanisms of receptor desensitization using the  $\beta$ -adrenergic receptor-coupled adenylate cyclase system as a model. *Nature*, 317: 124-129.

P. DE PRISCO \*                      A. CAPASSO \*                      V. CARGINALE \*  
B. DE PETROCELLIS \*                      E. PARISI \*                      E. GARGIULO \*\*

\* Istituto di Biochimica delle Proteine ed Enzimologia, C.N.R.,  
c/o Stazione Zoologica, Villa Comunale, 80121 Napoli (Italia)

\*\* Istituto di Igiene, Facoltà di Scienze dell'Università  
Via Mezzocannone 8, 80134 Napoli (Italia)

## SINTESI DI METALLOTIONEINE NEGLI EMBRIONI DI RICCIO DI MARE

### Abstract

Metallothioneins in sea urchin embryos

*In the sea urchin Paracentrotus lividus embryos Metallothionein synthesis is rather low during the early period of development (i.e. at the early blastula stage). Metallothionein synthesis markedly increases at the gastrula stage, and can be further stimulated by  $Zn^{++}$  treatment. These results show that metallothionein synthesis is regulated differently at different developmental stages.*

**Key-words:** Metallothionein, heavy metals, sea urchin.

### Introduzione

Le metallotioneine (MT) sono una famiglia di proteine ubiquitariamente diffuse nel regno animale (NORDBERG & KOJIMA, 1979; HAMER, 1986) e vegetale (RAUSER & KURVETTO, 1980; GRILL *et al.*, 1985). Le proprietà tipiche di queste proteine sono il basso peso molecolare (6-8 kDa), l'elevato contenuto in metalli pesanti, e la composizione amminoacidica, caratterizzata dalla presenza di numerose cisteine (circa 20 per molecole) e dall'assenza di amminoacidi aromatici e di istidina (KAGI & VALLEE, 1960; NORDBERG & KOJIMA, 1979; WEBB, 1979; KAGI & KOJIMA, 1987).

La funzione esplicata alle MT non è stata ancora definita. Si ritiene che esse possano servire a regolare l'omeostasi di  $Cu^{++}$  e  $Zn^{++}$  (BREMNER, 1987), o agire da donatori di metalli di proteine ed enzimi (GOERING & FOWLER, 1987). Particolare importanza attribuita all'azione detossificante svolta dalle MT nei confronti del Cadmio e dei radicali liberi (BRYAN *et al.*, 1985; THORNALLEY & VASAK, 1985; WEBB, 1979).

Lo studio delle MT nei sistemi embrionali è di notevole interesse, in considerazione dell'elevata attività metabolica presente nelle cellule durante le prime fasi dello sviluppo, quando cioè più alta è la velocità di proliferazione cellulare. Inoltre, proprio nei tessuti embrionali, più che in quelli dell'adulto, è possibile studiare la regolazione spazio-temporale dei geni delle MT.

L'uovo di riccio di mare è un sistema che si presta assai bene agli studi degli eventi biochimici e molecolari che si verificano durante l'embriogenesi. È stato dimostrato che le uova di riccio di mare contengono sia MT che l'mRNA codificante per queste proteine (OHTAKE *et al.*, 1983; NEMER *et al.*, 1984; ANGERER *et al.*, 1986).

In un precedente lavoro (BELMONTE *et al.*, 1986), abbiamo dimostrato la presenza nell'uovo di *Paracentrotus lividus* di cospicue quantità di MT, probabilmente prodotte nel corso dell'ovogenesi. Inoltre, sempre nello stesso lavoro, abbiamo presentato evidenze tendenti a dimostrare che il contenuto di MT materne diminuisce nel corso dello sviluppo embrionale. Nel presente lavoro dimostriamo che, allo stadio di blastula, la sintesi di MT è piuttosto scarsa, sia negli embrioni controllo che in quelli trattati con  $Zn^{++}$ . Allo stadio di gastrula, al contrario, la sintesi di MT risulta notevolmente aumentata, ed il trattamento con  $Zn^{++}$  produce un ulteriore aumento della quantità di MT sintetizzata.

## Materiali e Metodi

### *Preparazione delle uova e marcatura degli embrioni con Cisteina $^{35}S$*

I ricci di mare della specie *Paracentrotus lividus* sono stati forniti dalla Stazione Zoologica di Napoli. Le uova sono state ottenute agitando le gonadi in acqua di mare e filtrando la sospensione attraverso più strati di garza. Le uova sono state lavate 3 volte per decantazione in acqua di mare naturale, fecondate con la minima quantità di sperma diluito in acqua di mare, e lasciate sviluppare a 18°C. Negli esperimenti con cisteina  $^{35}S$ ,  $2 \times 10^5$  embrioni sono stati incubati in 5ml di acqua di mare con 4 MBq di cisteina  $^{35}S$  (attività specifica 40 TBq/mmol, New England Nuclear) per 2 hr.

### *Preparazione degli estratti cellulari*

Gli embrioni raccolti per centrifugazione in centrifuga da tavolo sono stati lavati 3 volte con 5 volumi di una soluzione contenente NaCl 0,5M e KCl 0,06M, e quindi omogeneizzati in 4 volumi di Tris 50 mM pH 7,8, contenente ditiotreitolo 2 mM e fenilsulfonilfluoro 0,1 mM. L'omogenato è stato centrifugato a 12.000 xg per 30 min. Il supernatante proveniente dalla centrifugazione a 12.000 xg è stato successivamente centrifugato per 2 ore a 65.000 xg. Le proteine del supernatante di 65.000 g sono state quindi precipitate con acido tricloroace-

tico (concentrazione finale 20%) a 4 °C. Dopo una notte in frigorifero, il precipitato è stato raccolto per centrifugazione a 12.000 g per 30 min., ed il pellet disciolto nel minimo volume di Tris 10 mM pH 7,8, contenente ditiotreitolo 2mM e fenilsulfonilfluoruro 0,1 mM (tampone A).

### *Frazionamento delle proteine carbossimetilate*

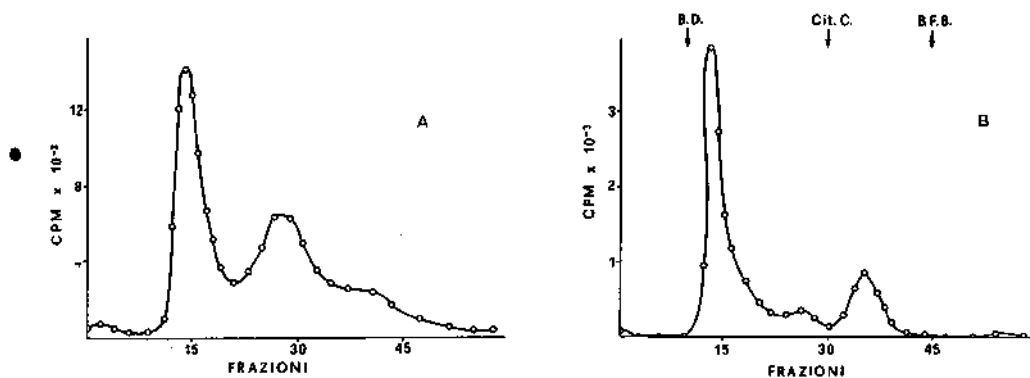
Le proteine in tampone C sono state carbossimetilate prima di essere sottoposte a filtrazione su gel. Aliquote da 100  $\mu$ l sono state mescolate con 25  $\mu$ l di acido iodacetico 1 M, e la reazione è stata lasciata proseguire per 15 min a 50 °C.

I campioni sono stati quindi analizzati per cromatografia su gel, impiegando una colonna di Sephadex G-75 (0,9 x 25 cm) equilibrata con tampone A. Lo stesso tampone è stato usato come eluente.

## **Risultati e Discussione**

Allo scopo di studiare la sintesi di MT durante lo sviluppo del riccio di mare, colture di embrioni allo stadio di giovane blastula e di gastrula sono stati incubati con cisteina marcata nello zolfo. Gli estratti cellulari, preparati secondo la procedura descritta nei Metodi, sono stati frazionati per filtrazione su colonna di Sephadex G-75.

I risultati, riportati in Fig. 1 A, dimostrano che, allo stadio di blastula, la sintesi di MT è piuttosto modesta. Nelle blastule esposte all'azione dello  $Zn^{++}$  (Fig. 1 B), il livello di sintesi è paragonabile a quello del controllo in Fig. 1 A. La sintesi



**Fig. 1** - Profilo d'eluizione da colonna di Sephadex G-75 di proteine marcate con cisteina  $^{35}S$ , contenute negli estratti cellulari di embrioni allo stadio di giovane blastula. A) Controllo; B) Embrioni trattati con  $ZnCl_2$  0.78 mM, aggiunto con la cisteina marcata. B.D. = Blu destrano; Cit. C = Citocromo C; B.F.B. = Blu di bromofenolo.

di MT aumenta notevolmente con la gastrulazione. A gastrula l'incorporazione di cisteina nella frazione proteica è maggiore di quella trovata a blastula (Fig. 2 A). A gastrula, inoltre, la sintesi di MT risulta ulteriormente aumentata negli embrioni trattati con  $Zn^{++}$  (Fig. 2 B).

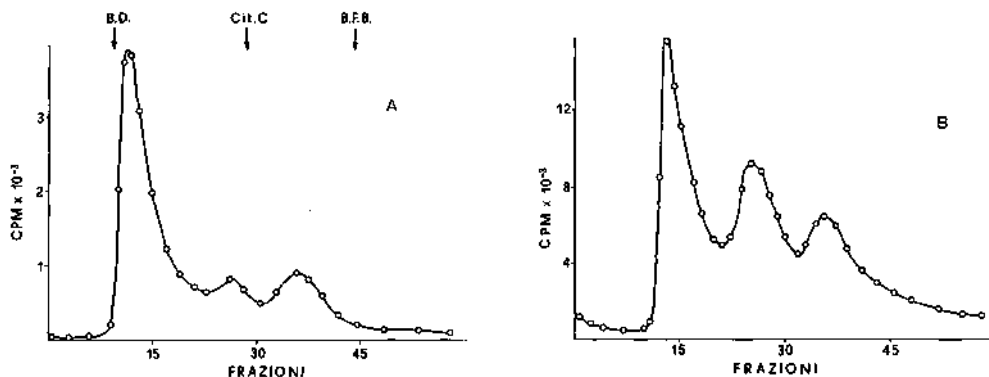


Fig. 2 - Profilo d'eluizione da colonna di Sephadex G-75 di proteine marcate con cisteina  $^{35}S$ , contenute negli estratti cellulari di embrioni allo stadio di gastrula. A) Controllo; B) Embrioni trattati con  $ZnCl_2$  come in Fig. 1.

La limitata sintesi di MT osservata durante i primi stadi di sviluppo del riccio di mare potrebbe essere spiegata con l'esistenza di una riserva endogena di MT di origine materna, sufficiente a garantire la funzionalità metabolica durante la segmentazione. È probabile che, in questo periodo, i geni delle MT siano poco attivi, dal momento che l'esposizione allo Zinco non è in grado di produrre un'apprezzabile induzione della sintesi di MT. È probabile, tuttavia, che una certa quantità di MT venga lo stesso sintetizzata su uno stampo di mRNA materno, come dimostra la sia pur modesta incorporazione di cisteina marcata rinvenuta a blastula nella frazione corrispondente alle MT.

A gastrula, cioè quando il livello delle MT materne diminuisce considerevolmente (BELMONTE *et al.*, 1986) la sintesi di MT embrionali subisce un notevole aumento. Inoltre, a questo stadio, la sintesi di MT risponde all'induzione da Zinco.

Questi risultati suggeriscono che, nell'embrione di riccio di mare, la sintesi di MT è soggetta ad un complesso sistema di regolazione, che dipende dallo stadio di sviluppo considerato.

### Ringraziamenti

Si ringrazia la Sig.ra Anna Cotugno per l'assistenza tecnica prestata nel corso del presente lavoro.

## Summary

The egg of the sea urchin *Paracentrotus lividus* contains large amounts of metallothioneins (MT), which are probably stockpiled in the cytoplasm during oogenesis. At later stages of development, however, the MT content markedly decreases.

In order to study MT synthesis at different developmental stages, embryos were pulse-labelled *in vivo* with cysteine  $^{35}\text{S}$ . The results show that, at the early blastula stage, the amount of MT synthesized is low, even in the presence of  $\text{Zn}^{++}$ , which usually induces MT synthesis by a mechanism of gene derepression. On the contrary, MT synthesis is markedly increased at the gastrula stage. Indeed, in  $\text{Zn}^{++}$ -treated gastrulae, the amount of labelled cysteine incorporated into the MT fraction is higher than in controls.

These data show that in the sea urchin embryo MT synthesis is differentially regulated. At early stages, MT genes might be transcriptionally insensitive to heavy metals, as demonstrated by the lack of  $\text{Zn}^{++}$ -induced MT synthesis at the blastula stage. Gene activation occurs at the gastrula stage, when the pool of maternal MT becomes very low.

## Bibliografia

ANGERER L.M., KAWCZYNSKI G., WILKINSON D.G., NEMER M., ANGERER R.C. (1986) - Spatial patterns of metallothionein mRNA expression in the sea urchin embryo. *Develop. Biol.*, 116: 543-547.

BELMONTE G., DE PETROCELLIS B., CAPASSO A., DE PRISCO P., PARISI E., GRASSO M. (1986) - Indagine preliminare sulla presenza di metallothioneine nei vari stadi di sviluppo embrionale di *Paracentrotus lividus*. Atti del XVIII Congresso di Biologia Marina, Cesenatico 9-12 settembre. *Nova Thalassia*, 8 (suppl. 3): 163-169.

BREMNER I. (1987) - Nutritional and physiological significance of metallothionein. *Experientia* (Suppl. 52): 81-107.

BRYAN D., CRAWFORD B.D., ENGER M.D., GRIFFITH B., GRIFFITH J., HANNERS J.L., MUNK A.C., STALLINGS R.L., TERMER J., WALTERS R.A., HILDEBRAND C.E. (1985) - Coordinate amplification of metallothionein I and II genes in cadmium-resistant *Chinese Hamster* cells: implications for mechanisms regulating metallothionein gene expression. *Mol. Cell. Biol.*, 4: 320-329.

GRILL E., WINNACKERS E.L., ZENK M.H. (1985) - Phytochelatins: the principal heavy-metal complexing peptides of higher plants. *Science*, 230: 674-676.

GOERING P.L., FOWLER B.A. (1987) - Activation of U-Aminolevulinic acid dehydratase following donation of zinc from kidney metallothionein. *Experientia* (Suppl.52): 613-616.

HAMER D.H. (1986) - Metallothionein. *Ann. Rev. Biochem.*, 55: 913-951.

KÄGJ J.H.R., KOJIMA Y. (1987) - Chemistry and biochemistry of metallothionein. *Experientia* (Suppl. 52): 25-61.

KÄGJ J.H.R., VALLEE B.L. (1960) - Metallothionein: a cadmium- and zinc-containing protein from equine renal cortex. *J. Biol. Chem.*, 235: 3460-3465.

NEMER M., TRAVAGLINI E.C., RONDINELLI E., DALONZO J. (1984) - Developmental regulation, induction and embryonic tissue specificity of sea urchin metallothionein gene expression. *Develop. Biol.*, 102: 471-482.

NORDBERG M., KOJIMA Y. (1979) - In *Metallothionein* J.H.R. Kägg & M. Nordberg (eds). Birkhäuser Verlag, Basel: 41-121.

OHTAKE H., SUYEMITSU T., KOGA M. (1983) - Sea urchin (*Anthocidaris crassispina*) egg zinc-binding protein. *Biochem. J.*, 211: 109-118.

RAUSER W.E., KURVETTO N.R. (1980) - Metallothionein occurs in roots of *Agrostis* tolerant the excess of copper. *Nature*, 287: 563-564.

THORNALLEY P.J., VASAK M. (1985) - Possible role for metallothionein in the protection against radiation-induced oxidative stress. Kinetics and mechanism of its reaction with superoxide and hydroxyl radicals. *Biochem. Biophys. Acta*, 827: 36-44.

WEBB M. (1979) - In *The Chemistry, Biochemistry and Biology of Cadmium* M. Webb (ed.). Elsevier North-Holland Biomed. Press, Amsterdam: 195-266.



G. FIORITO\*

A. SPAGNUOLO\*\*

\* Laboratorio di Neurobiologia e \*\* Laboratorio di Biochimica  
Stazione Zoologica, Villa Comunale, 80121 Napoli (Italia)

## COMPORTAMENTO E PEPTIDI MODULATORI NEGLI INVERTEBRATI

### Abstract

Behaviour and peptides in invertebrates

*Behaviour is considered an aspect of an organism's phenotype, and as such it is a sophisticated integration between genome and environment. Data on this «integration» have been provided by neuro-anatomy, neurochemistry and neuro-ethology. In particular, a joint neuro-chemical and neuro-ethological approach has gone some way to clarifying the genome-environment dyade. This paper reviews briefly data about this dyade obtained in invertebrates, which suggest a «knowledge» process built in the genome.*

**Key-words:** Behaviour, peptides, invertebrates, behavioural-effects, modulatory-peptides.

### Introduzione

Il comportamento, così come tuttora definito, è fenotipo, ed in quanto fenotipo è il prodotto più sofisticato del genoma. Gli studi di genetica comportamentale degli ultimi 20 anni e quelli più recenti sulle capacità «innate» di apprendimento hanno dimostrato che la plasticità del comportamento è dovuta ad una sofisticata «programmazione» delle esibizioni comportamentali. Oggi si ritiene che ogni specie è dotata in modo innato delle capacità di distinguere i casi nei quali deve apprendere, i segnali di cui deve tener conto, i sistemi mediante i quali deve immagazzinare le nuove informazioni e le modalità con le quali, se necessario, può far riferimento ad esse. Questa prospettiva ci induce a considerare il concetto di intelligenza, o meglio di abilità comportamentali, non in chiave di *Scala Naturae* in senso aristotelico, ma in senso anagenetico per cui i vari animali sono «intelligenti» negli aspetti che la selezione naturale ha favorito, mentre non lo sono nei casi in cui il loro

stile di vita non rende necessario un programma di apprendimento metodico (GOULD & MARLER, 1987).

FISCHBACH & HEISENBERG (1984) hanno indicato che negli Insetti il rigido controllo genetico dello sviluppo di certe strutture nervose (i lobi ottici) è drasticamente contrastato dalle modalità di crescita di altre strutture (i corpi fungi-formi) che sono fortemente influenzati, durante l'ontogenesi, dall'esperienza ed in questo analoghe allo sviluppo di certi sistemi di Vertebrati. Essi identificano, così, un anello nella relazione «mente-corpo» che si attua integrando il determinismo genetico e quello «ambientale». Questo anello riguarda la relazione strutture nervose-comportamento e certamente apporta una nuova visione teorica e metodologica allo studio del comportamento animale.

Il nostro contributo, nel tentativo di analizzare i vari gradi di complessità che il «programma» comportamentale realizza per mezzo della plasticità e della modificabilità delle strutture morfologiche e fisiologiche, vuole tentare di individuare un altro anello nel rapporto «mente-corpo» ai diversi livelli della Scala zoologica. L'anello che qui si propone potrebbe essere rappresentato dalle molecole peptidiche che negli ultimi anni hanno assunto sempre maggiore importanza come mediatori del comportamento. Il presente contributo concentra la sua attenzione ai taxa invertebrati dal momento che tra questi è riscontrabile la maggiore variabilità di funzioni, comportamentali e non, regolata da una molteplicità di peptidi diversi, molti dei quali sono stati identificati.

### *Peptidi e comportamento*

Quando si discute di peptidi di invertebrati ci si imbatte innanzitutto nella distinzione operata da GREENBERG & PRICE (1983) in periodi Nativi e Naturalizzati.

Nella Tabella 1 sono illustrati i peptidi Nativi da invertebrati; essi sono stati identificati mediante la loro capacità di modificare o regolare molti processi fisiologici e biochimici ed il loro effetto, utilizzato come saggio biologico, è servito per la loro purificazione.

Per molti di tali peptidi è stato inoltre accertato il reale ruolo fisiologico nell'organismo da cui sono stati isolati: l'Head Activator Factor da *Hydra*, per esempio, è un fattore che induce la formazione della testa e delle gemme (BIRR *et al.*, 1981). Nella *Aphysia*, le Proteine A e B mediante eventi a cascata modulano il rilascio dell' ELH ed ERH che, a loro volta, inducono la deposizione delle uova (BLANKENSHIP *et al.*, 1982; CHIU *et al.*, 1979; SCHLESINGER & BLANKENSHIP, 1981). Nei Crostacei il Lighth e il Dark Adapting Hormone insieme con il Distal Retinal Pigment Hormone regolano i movimenti di alcuni pigmenti negli ommatidi proteggendo, così, le unità visive dalla luce intensa (CHRISTENSEN *et al.*, 1978; RHIEM & RAO, 1982). Questi sono alcuni esempi di peptidi Nativi la cui attività biologica è stata accertata; molto spesso invece la scoperta di peptidi precede la scoperta del loro reale ruolo fisiologico. È il caso dell' Eledoisina o

Tab. 1 - Peptidi Nativi e loro Azione biologica.

PEPTIDI	PHYLA	AZIONE BIOLOGICA
Head Activator factor	Coelenterata	Rigenerazione
Red Pigment Concentrating H.	Arthropoda	Concentrazione eritrofori
Neurohormone D	Arthropoda	Cardioattivo
Compound II	Arthropoda	Iperglicemizzante
Adipokinetic Hormone	Arthropoda	Mobilizzazione lipidi
Light Adapting Hormone	Arthropoda	Adattamento luce
Dark Adapting Hormone	Arthropoda	Adattamento buio
Distal Retinal Pigment H.	Arthropoda	Migrazione pigmenti visivi
Proctolin	Arthropoda	Stimolatore neuromuscolare
Protein A & B	Mollusca	Modulatore neuropeptidico
Egg-laying Hormone	Mollusca	Modulatore deposizione uova
Egg-Releasing Hormone	Mollusca	Modulatore deposizione uova
Eledoisin	Mollusca	Stimolatore muscolare
FMRF-amide	Mollusca	Stimolatore neurofisiologico
SCPA & SCPB	Mollusca	Stimolatore fisiologico e comportamentale

della Proctolina che appaiono essere stimolatori neuromuscolari (SOBER, 1973; STARRATT & BROWN, 1975). Lo stesso vale per l' FMRF-amide o l' SCP<sub>A</sub> e l' SCP<sub>B</sub> o il Neuroormone D, che vengono classificati generalmente come peptidi cardioattivi (BAUMANN & GERSCH, 1982; LLOYD, 1986; PAINTER *et al.*, 1982); la loro reale funzione, negli organismi da cui sono stati isolati, non è stata ancora accertata. È importante quindi chiarire il significato biologico di questi peptidi da invertebrati finora scoperti ed è importante progredire nella ricerca e nell'isolamento di nuovi peptidi perché questo permetterà di ampliare le nostre conoscenze nel campo delle relazioni peptidi-comportamento.

L'esistenza di peptidi Naturalizzati (Tab. 2), identificati e caratterizzati in Vertebrati e riportati come presenti in forma *-like* in invertebrati, è stata di recente messa in discussione dal punto di vista fisiologico, dal momento che nessuna altra evidenza, se non quella immunologica, è stata finora accertata.

Considerando adesso le relazioni tra esibizioni comportamentali e peptidi è possibile parlare di effetti Nativi e Naturalizzati a seconda che gli effetti comportamentali studiati siano stati prodotti da sostanze native agli invertebrati o meno. Molti dei peptidi identificati nei diversi taxa di invertebrati hanno funzioni fisiologiche che rientrano nei meccanismi generali di regolazione del metabolismo e della «fisiologia» dell'animale stesso. Parlare quindi di effetti

**Tab. 2** - Distribuzione dei Peptidi Naturalizzati (-like) nei diversi Taxa invertebrati. RIA: Radio-immuno Assay; ID: Immunodetection.

PEPTIDI	SAGGIO	TAXA
TRH	RIA	Mollusca
AVP/OT/AVT	ID	Insecta, Mollusca, Annelida
Somatostatina	ID	Mollusca, Crustacea, Insecta
LH-RH	ID	Prochordata
CRF	ID	Annelida
ACTH/MSH	ID	Annelida, Mollusca
Glucagone, Secretina	ID, RIA	Mollusca, Annelida, Insecta
VIP, GIP	ID, RIA	Mollusca, Annelida, Insecta
Insulina	ID, RIA	Mollusca, Annelida, Insecta
Gastrina, CCK	ID, RIA	Mollusca, Annelida, Insecta
Sostanza P	ID, RIA	Mollusca, Annelida, Insecta
Calcitonina	ID	Mollusca
Opioidi	ID, RIA, BIOASSAY	Mollusca, Annelida, Insecta Crustacea, Platyhelminthes

comportamentali potrebbe essere azzardato, tuttavia la loro azione modulatoria potrebbe influenzare anche le «azioni» che più propriamente riguardano la sfera comportamentale. È allora chiaro che si può proporre di parlare di effetti Nativi di peptidi Naturalizzati e di effetti Naturalizzati di peptidi Nativi, quando i saggi biologici non rispondano esattamente a prestazioni «fisiologiche» e «comportamentali» proprie della specie in studio.

Per quel che riguarda i peptidi Naturalizzati numerosi studi sono stati compiuti per identificare la loro attività biologica negli invertebrati. Si è visto, ad esempio, che l' Arg-vasotocina e l' Arg-vasopressina sopprimono il riflesso di retrazione della branchia in *Aplysia* (LUKOWIAK *et al.*, 1980). Lo stesso effetto è prodotto utilizzando Met-enkefalina (LUKOWIAK *et al.*, 1982); l'Arg-vasotocina, inoltre, incrementa l'ampiezza e la velocità dei battiti cardiaci nella stessa specie. La Met-enkefalina e la  $\beta$ -endorfina hanno effetto (KAVALIERS & HIRST, 1987) modulatore sul comportamento alimentare di alcune specie di Molluschi.

Benché ci siano notevoli differenze tra i taxa, forse dovute anche al tipo di test a cui l'animale è sottoposto, appare chiaro che la dimostrazione che determinati peptidi da Vertebrati hanno attività biologica in vertebrati, non può far concludere che tali organismi producano le proprie sostanze endogene modulanti funzioni del tutto omologhe a quanto si verifica nei Vertebrati. Bisogna notare, inoltre, che ogni volta che un peptide endogeno viene identificato e

caratterizzato negli invertebrati, esso non risulta mai omologo di un peptide da Vertebrati. E gli esempi abbondano. L'ELH di *Aplysia* non ha nulla in comune con nessun ormone LH dei Mammiferi. Il pigment-dispersing o il pigment-concentrating hormone sono completamente diversi, nella struttura, dal loro analogo cioè l' MSH. Il compound II (o i suoi analoghi) differisce completamente dal glucagone.

Ritornando, poi, agli effetti Naturalizzati l'analisi di reazioni indotte in animali invertebrati da stimoli diversi in presenza, ad esempio, di sostanze oppiacee o oppioidi (HENTSCHEL & PENZLIN, 1982; MALDONADO & MIRALTO, 1982) potrebbe, a nostro parere, non identificare patterns comportamentali governati da un sistema peptidergico. Si tratta, allora, probabilmente di un abbassamento generalizzato delle capacità di reazione dell'animale dovute a un effetto fisiologico e/o neurofisiologico della sostanza somministrata. Oltretutto tali esperimenti, così come quelli immunologici, potrebbero anche non dimostrare l'esistenza di un sistema ligande-recettore-funzione dal momento che la capacità mimetica di certe sostanze da Vertebrati e il supposto continuum neurochimico sarebbero da interpretare alla luce di effetti collaterali su sistemi fisiologici che certamente si realizzano con modalità del tutto singolari rispetto a quelle dei Vertebrati. Inoltre è da notare che finora, eccezion fatta per i due peptidi oppioidi (Met- e Leu-enkephalin), l' HAF isolato da *Hydra* e da intestino di ratto e l'Eledoisina, che presenta una sequenza C-terminale analoga a quella della sostanza-P dei Mammiferi e a quella delle tachichinine degli Anfibi, nessun omologo dei peptidi dei Vertebrati è stato finora isolato e caratterizzato negli invertebrati. Questo potrebbe farci concludere che ruoli fisiologicamente analoghi in diverse classi o Phyla raramente sono sostenuti da peptidi omologhi; ma l'interrogativo del continuum neuropeptidergico tra invertebrati e Vertebrati resta.

## Conclusioni

Il campo di indagine delle relazioni peptidi-comportamento negli invertebrati è certamente aperto. Si è ben lungi, infatti, dal poter fornire un quadro conclusivo circa le reali interazioni «mente-corpo» negli invertebrati soprattutto perché il materiale oggetto di studio non è un gruppo filogeneticamente unico.

Quello che si può tentare di stabilire è che i geni non controllano il comportamento mentre esso viene realizzato. Al compimento del suo processo ontogenetico il sistema nervoso produce le sue «azioni» comportamentali per le quali è ancora richiesta la funzione del genoma. Una volta che il sistema nervoso si è sviluppato esso genera il comportamento che può (ed è!) essere modulato da una serie di molecole, anche di natura peptidergica, le quali rappresentano il punto di unione tra espressione genica e effetto fisio-comportamentale. Ancora una volta si deve tener conto delle funzioni genetiche e del controllo dell'espressione genica che può dipendere da ciò che è percepito ed appreso o da ciò che un organismo realizza (FISCHBACH & HEISENBERG, 1984).

Le relazioni struttura nervosa-comportamento e peptidi-comportamento costituiscono sistemi integrati di controllo e coordinamento di funzioni per l'ottimizzazione dell'adattamento degli organismi e quindi della loro sopravvivenza. Questa integrazione si realizza attraverso i prodotti del genoma che nel corso dell'ontogenesi di ogni singolo organismo produce sistemi organici singolari. Il meccanismo di realizzazione della complessità fenotipica non è tuttavia a senso unico. Già la sola considerazione della capacità del sistema oppioide di interferire con i processi di apprendimento e di memoria in Vertebrati e probabilmente in invertebrati ci induce a pensare a un sistema informativo integrato a due sensi. Il senso della traduzione e della realizzazione dell'informazione contenuta in BIT codificati e il senso, ancor più interessante e sofisticato, dell'acquisizione di informazione da parte del genoma. In tal senso il genoma, attraverso il processo generale denominato «sapere» (LORENZ, 1974; MACKAY, 1967), stabilisce una corrispondenza operativa tra due sistemi, il genotipo e il fenotipo, il cui scopo è di incrementare la conoscenza di ciò che si adatta a ciò a cui si adatta.

Indagare le basi molecolari connesse ai fenomeni fisio-comportamentali può dare una migliore indicazione di come questo meccanismo sofisticato di interazione agisca negli organismi.

## Summary

*Behaviour is a complex process of integration between genome and environment. Data on this kind of integrative process have been provided by several disciplines. The aim of the present paper is to contribute to knowledge of the very interesting integration between the genome and the environment at the level of behavioural processes. A new link in the mind-body relationship corresponds to the peptide-behaviour link. It is a system of control and coordination of biological functions that optimize adaptation of organism and therefore their survival. «Knowledge» represents the control system which by never acting as a one-way process, ensures that everything that functions at the level of adaptation (i.e. behavioural genotype) is recognizable in the environment.*

## Bibliografia

- BAUMANN E., GERSCH M. (1982) - Purification and identification of neurohormone D, a heart accelerating peptide from the corpora cardiaca of the cockroach *Periplaneta americana*. *Insect Biochem.*, 12: 7-14.
- BIRR C., ZACHMANN B., BODENMÜLLER H., SCHALLER H.C. (1981) - Synthesis of a new neuropeptide, the head activator factor from Hydra. *FEBS Lett.*, 131: 317-321.

BLANKENSHIP J.E., ROCK M.K., SCHLESINGER D.H. (1982) - Structure and function of peptides from a neuroendocrine system controlling egg-laying behavior in *Aphysia*. In *Proteins in the nervous system: Structure and function* B. Haber, R.J. Perez-Polo & J.D. Coulter (eds). Alan R. Liss, New York: 159-177.

CHIU A.Y., HUNKAPILLER M.W., HELLER E., STUART D.K., HOOD L.E., STRUMWASSER F. (1979) - Purification and primary structure of the neuropeptide egg-laying hormone of *Aphysia californica*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 76: 6656-6660.

CHRISTENSEN M., CARLSEN J., JOSEFSSON L. (1978) - Structure-function studies on red pigment concentrating hormone. The significance of the C-terminal tryptophan amide. *Hoppe Seyler's Z. Physiol. Chem.*, 359: 813-818.

FISCHBACH K.F., HEISENBERG M. (1984) - Neurogenetics and Behaviour in Insects. *J. Exp. Biol.*, 112: 65-93.

GOULD J.L., MARLER P. (1987) - Apprendimento e istinto. *Le Scienze (Sci. Am.)*, 38: 44-55.

GREENBERG M.J., PRICE D.A. (1983) - Invertebrate neuropeptides: native and naturalized. *Ann. Rev. Physiol.*, 45: 271-288.

HENTSCHEL E., PENZLIN H. (1982) - The influence of wounds, naloxone, Morphine and Met-enkephalin application on the cleaning behaviour of *Periplaneta americana* (L.). *Zool. Jb. Physiol.*, 86: 361-370.

KAVALIERS M., HIRTS M. (1987) - Slugs and snails and opiate tales: Opioids and feeding behavior in invertebrates. *Federation Proc.*, 46: 168-172.

LLOYD P.E. (1986) - The small cardioactive peptides: a class of modulatory neuropeptides in *Aphysia*. *TINS*, 9: 428-431.

LORENZ K. (1974) - L'altra faccia dello specchio. Adelphi, Milano: 1-419.

LUKOWIAK K., THORNHILL J.A., COOPER K.E., VEALE W.L. (1980) - Vasopression suppresses gill reflex behaviour and evoked synaptic activity in central gill motor neurons of *Aphysia*. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 58: 583-587.

LUKOWIAK K., THORNHILL J.A., EDSTROM J. (1982) - Met-enkephalin increases CNS suppressive control over gill reflex behaviours and associated neural activity in *Aphysia californica*. *Regulatory Peptides*, 3: 303-312.

MACKAY D.M. (1967) - Freedom of action in a mechanistic universe. Univ. Press, Cambridge.

MALDONADO H., MIRALTO A. (1982) - Effect of morphine and naloxone on a defensive response of the mantis shrimp (*Squilla mantis*). *J. Comp. Physiol.*, 147: 455-459.

PAINTER S.D., MORLEY J.S., PRICE D.A. (1982) - Structure-activity relations of the Molluscan neuropeptide FMRF-amide on some molluscan muscles. *Life Sci.*, 31: 2471-2478.

RHIEM J.P., RAO K.M. (1982) - Structure-activity relationships of a pigment dispersing crustacean neurohormone. *Peptides*, 3: 643-647.

SCHLESINGER D.H., BLANKENSHIP J.E. (1981) - Primary structure and synthesis of an egg-releasing peptide (ERH) from the atrial gland of *Aphysia californica*. In *Peptides: Synthesis-Structure-Function* D.H. Rich & E. Gross (eds). Pierce Chemical Co., New York: 739-743.

SOBER H.A. (1973) - Amino acid sequence, physical and biological properties of natural and related synthetic oligopeptides. Eledoisin group. In *Handbook of Biochemistry*, CRC Press, Cleveland: 204-222.

STARRATT A.N., BROWN B.E. (1975) - Structure of the pentapeptide protocolin, a proposed neurotransmitter in insects. *Life Sci.*, 17: 1253-1256.



C. FOSSI

C. LEONZIO

S. FOCARDI

Dipartimento di Biologia Ambientale dell'Università  
Via delle Cerchia, 3 - 53100 Siena (Italia)

## MECCANISMI DI DETOSSIFICAZIONE E FENOMENI DI ADATTAMENTO IN ORGANISMI MARINI

### Abstract

Detoxication mechanisms and adaptation phenomena in marine organisms

*To investigate intra- and interspecific responses to pollutants, physiological and biochemical parameters were determined in three populations of Gobiidae in both natural and experimental conditions. Specimens of *Gobius niger*, collected in a polluted port, showed higher MFO activity and PCB residues than two populations of the species *Zosterisessor ophiocephalus*, collected in two lagoons. After acclimatization in clean water and further treatment with PCB, the two species showed similar responses to those observed in field: the biochemical parameters, in relation to the detoxication, were much higher in *G. niger*. No differences were detected between the two populations of the same species. These results suggest that *G. niger* undergoes either a « biochemical acclimatization » or a « genetic adaptation » to polluted environments.*

**Key-words:** MFO, adaptation, Gobiidae.

### Introduzione

L'immissione nell'ambiente marino di molecole di sintesi determina sugli organismi un continuo stato di «stress chimico» che può generare, in alcuni casi, fenomeni di selezione di specie o popolazioni particolarmente «adattate» a situazioni di degrado ambientale. Fra i meccanismi responsabili di questi fenomeni adattativi sembra svolgere un ruolo importante il sistema delle monoossigenasi a funzione mista (MFO), il principale complesso multienzimatico devoluto alla detossificazione di composti xenobiotici. Alcuni dati riportati in letteratura confermano la presenza di attività detossificanti (MFO) particolarmente elevate in organismi «opportunisti», abituali frequentatori di aree contaminate, quali la *Capitella capitata* e la *Nereis caudata*, fra i policheti che popolano zone portuali (LEE & SINGER, 1980) ed il *Larus ridibundus* e

*Larus cachinnans* fra gli uccelli che si alimentano in discariche e zone costiere antropizzate (KNIGHT & WALKER, 1982).

In questo lavoro, nel tentativo di portare un contributo al chiarimento di questa problematica, si è voluto stabilire la presenza o meno di differenze intra ed interspecifiche, nelle risposte detossificanti del sistema MFO verso uno stesso xenobiotico (policlorobifenili), in *Gobiidae* (Teleostei) provenienti da aree a diverso livello di inquinamento. In tal modo si è inteso valutare l'influenza della contaminazione del sito di origine, sulla selezione di specie o popolazioni particolarmente resistenti.

## Materiali e Metodi

### *Piano Sperimentale*

Esemplari di due diverse popolazioni di *Zosterisessor ophiocephalus* sono stati raccolti, durante la primavera del 1986, nella Laguna Veneta e nella Laguna di Orbetello, ambienti lagunari relativamente poco degradati; nello stesso periodo esemplari della specie *Gobius niger* venivano campionati nel porto di La Spezia, area fortemente sottoposta ad input di contaminanti liposolubili. Parte degli individui raccolti nelle tre aree sono stati sacrificati immediatamente dopo la cattura, al fine di valutare i livelli delle attività enzimatiche (MFO) ed i residui di policlorobifenili (PCBs) nei loro siti di origine. 24 esemplari (12 ♂, 12 ♀), per ciascuno dei tre gruppi sperimentali, sono stati mantenuti in vasche di stabulazione per 20 giorni e successivamente sottoposti a trattamento con PCBs (Aroclor 1260) in acqua (10 µg/l). 6 esemplari per ogni gruppo sperimentale sono stati sacrificati rispettivamente dopo 6, 12 e 20 giorni di trattamento. Durante le diverse fasi sperimentali è stata assicurata la costanza dei principali parametri chimico-fisici dell'acqua (T°C, S‰, O<sub>2</sub>, pH, nitriti) e della concentrazione del tossico.

### *Indagini Biochimiche*

Per la determinazione delle attività microsomiali epatiche subaliquote di fegato sono state omogeneizzate in tampone fosfato a pH 7,4 e centrifugate a 10.000 g per 15 min per l'allontanamento della frazione nucleare e mitocondriale, successivamente il supernatante è stato ultracentrifugato a 100.000 g per 90 min per l'isolamento della frazione microsomiale. L'attività MFO è stata valutata mediante il test dell'idrossilazione della benzo (a) pirene (BPMO) come descritto da KURELEC *et al.* (1977). Le attività degli enzimi rigeneranti il citocromo P-450 sono state valutate mediante i test della NADPH-citocromo c riduttasi, NADH-citocromo c riduttasi e NADH-ferricianuro riduttasi come descritto da LIVINGSTONE & FARRAR (1984). Il dosaggio delle proteine microso-

miali è stato effettuato utilizzando il Bio-Rad Protein Assay. Le attività enzimatiche sono espresse in nmol sub/mg proteine microsomiali/min.

### Indagini Chimiche

I residui dei policlorobifenili sono stati determinati sul tessuto muscolare dopo liofilizzazione, omogeneizzazione ed estrazione in Soxhlet con n-esano. L'estratto è stato purificato con acido solforico e successivamente sottoposto a cromatografia su Florisil. L'eluato è stato infine analizzato con un gascromatografo Perkin-Elmer Sigma 3, equipaggiato con un rivelatore a cattura elettronica Ni63 e con colonne di vetro riempite con 4% SE30 + 6% SP-2401 su Supelcoport.

### Risultati

L'indagine sulle tre popolazioni di Gobiidae sottoposte ad analisi immediatamente dopo la cattura (Tab. 1) mostra attività enzimatiche microsomiali BPMO, NAD(P)H - citocromo c-riduttasi, NADH - ferricianuro riduttasi, nella specie proveniente dall'area portuale (*G. niger*), notevolmente superiori rispetto a

**Tab. 1** - Attività microsomiali epatiche e livelli di policlorobifenili in esemplari di *Zosterisessor ophiocephalus* e *Gobius niger* (\*).

	Orbetello n = 10		Venezia n = 10		La Spezia (*) n = 10	
	$\bar{X}$	DS	$\bar{X}$	DS	$\bar{X}$	DS
<b>BPMO</b>	8,62	3,33	6,48	3,21	18,40	3,70
<b>NADPH-cit. c rid.</b>	20,76	5,11	18,74	9,85	36,51	13,10
<b>NADH-cit. c rid.</b>	22,02	13,15	18,93	16,13	72,82	49,13
<b>NADH-ferr. rid.</b>	676,26	169,81	817,91	418,25	1523,20	418,21
<b>PCBs</b>	226,10	12,11	208,15	10,09	450,08	16,07

Attività BPMO = unità arbitrarie di fluorescenza/mg proteine microsomiali/min.

Attività NAD(P)H-citocromo c riduttasi e NADH-ferricianuro riduttasi = nmol sub./mg proteine microsomiali/min.

PCBs = ppb ( $\mu\text{g/kg}$ ) peso secco.

quelle riscontrate nelle due popolazioni di *Z. ophiocephalus* originaria degli ambienti lagunari. Le elevate attività enzimatiche del *G. niger* sono inoltre accompagnate a residui di PCBs, nel tessuto muscolare, più alti rispetto ad entrambi i gruppi dell'altra specie. Non si apprezzano invece le differenze statisticamente significative fra le due popolazioni di *Z. ophiocephalus* per i cinque parametri esaminati.

I risultati ottenuti durante la fase di trattamento sperimentale con PCBs presentano un quadro del comportamento enzimatico delle due specie totalmente diverso (Tab. 2). La popolazione del *G. niger* presenta, in particolare all'ultimo tempo sperimentale (Tempo 20), attività microsomiali epatiche notevolmente superiori (BPMO,  $p < 0,05$ ; NADPH - citocromo c riduttasi,  $p < 0,01$ ; NADH-citocromo c riduttasi,  $p < 0,005$ ) rispetto a quelle riscontrate nei due gruppi dell'altra specie. Notevoli diversità si riscontrano anche nel bioaccumulo di PCBs nel tessuto muscolare. Durante le diverse fasi sperimentali il *G. niger* presenta infatti residui molto più elevati rispetto allo *Z. ophiocephalus*. Questo può essere messo in relazione con il diverso contenuto lipidico del tessuto muscolare delle due specie esaminate: *G. niger* presenta infatti una percentuale lipidica 3-4 volte superiore allo *Z. ophiocephalus*.

Nessuna differenza statisticamente significativa è stata osservata invece, nelle risposte detossificanti e nei fenomeni di bioaccumulo, fra le due popolazioni della stessa specie.

## Discussione e conclusioni

Sulla base dei risultati sopra riportati, per quanto concerne la valutazione delle differenze intraspecifiche, si può affermare che le due popolazioni di *Z. ophiocephalus*, sottoposte allo stesso stress chimico, presentano risposte detossificanti e fenomeni di bioaccumulo pressoché identici. Questa omogeneità nelle risposte metabolico-fisiologiche è probabilmente da attribuirsi alla similitudine delle condizioni di contaminazione dei due siti di origine che, come tali, non sembrano idonee a creare fenomeni di pressione selettiva.

Per quanto riguarda invece le differenze interspecifiche, i dati sperimentali ottenuti dimostrano che le due specie della stessa famiglia, provenienti da ambienti a diverso livello di contaminazione, se sottoposte ad uno stesso stress chimico, danno risposte microsomiali epatiche notevolmente diverse. La presenza di attività MFO più elevate nel *G. niger* può essere imputata all'esistenza di una diversa soglia di saturazione specie-specifica nell'induzione enzimatica da xenobiotici. Il calo delle attività microsomiali di *Z. ophiocephalus* nell'ultimo tempo sperimentale, sembra infatti confermare che il sistema enzimatico di questa specie tende a «collassare» a dosi o a tempi di esposizione inferiori rispetto a quelli del *G. niger*. Occorre inoltre segnalare un'ulteriore differenza nel comportamento fisiologico delle due specie in presenza di policlorobifenili. *G. niger* tende ad assumere dal mezzo acquoso una quantità di xenobiotico superiore rispetto all'altra specie. Ciò è probabilmente imputabile alla ridotta taglia del *G. niger* e, di conseguenza, all'elevato rapporto tra superficie branchiale e cutanea e massa corporea. I PCBs però, anche se assunti in quantità superiore, vengono bloccati dalla «trappola passiva», costituita dalla matrice lipidica muscolare, risultando quindi non disponibili sia per fenomeni di tossicità che di induzione microsomiale.

**Tab. 2** - Attività microsomiali epatiche e livelli di policlorobifenili in esemplari di *Zosterisessor ophiocephalus* e *Gobius niger* (\*) trattati sperimentalmente con AROCLOR 1260 (10 µg/l).

	Orbetello		Venezia		La Spezia (*)	
	$\bar{X}$	DS	$\bar{X}$	DS	$\bar{X}$	DS
<b>TEMPO 0</b>						
BPMO	2,62	2,21	2,03	1,07	1,64	1,01
NADPH-cit. c rid.	27,10	6,15	28,56	6,98	27,27	13,82
NADH-cit. c rid.	36,23	9,25	34,38	13,78	30,57	12,52
NADH-ferr. rid.	1529,88	324,76	1576,47	762,25	1453,32	694,35
PCBs	124,20	13,41	186,42	15,85	207,56	35,41
<b>TEMPO 6</b>						
BPMO	29,52	10,40	29,04	11,97	6,66	3,77
NADPH-cit. c rid.	16,99	6,45	14,45	4,05	18,28	7,87
NADH-cit. c rid.	15,95	5,35	18,36	5,34	25,77	12,44
NADH-ferr. rid.	1010,13	350,75	977,43	167,83	1122,98	157,85
PCBs	5272,10	250,15	3063,45	133,59	7666,43	345,32
<b>TEMPO 12</b>						
BPMO	30,32	11,21	30,71	16,18	32,38	12,46
NADPH-cit. c rid.	26,77	9,10	13,61	5,07	45,65	10,05
NADH-cit. c rid.	12,06	7,16	21,55	6,04	39,47	15,35
NADH-ferr. rid.	1050,73	280,98	978,08	126,90	1815,99	548,50
PCBs	9082,54	598,56	6636,44	798,78	22571,45	959,89
<b>TEMPO 20</b>						
BPMO	22,10	12,16	18,46	4,64	36,83	12,40
NADPH-cit. c rid.	25,32	8,57	28,77	9,66	47,89	15,85
NADH-cit. c rid.	27,22	10,91	32,85	8,50	50,03	4,28
NADH-ferr. rid.	1318,73	195,89	1218,10	197,95	1606,94	867,90
PCBs	4980,45	767,89	*6056,76	822,10	24301,56	988,66

Attività BPMO = unità arbitrarie di fluorescenza/mg proteine microsomiali/min.

Attività NAD(P)H-citocromo c riduttasi e NADH - ferricianuro riduttasi = nmol sub./mg proteine microsomiali/min.

PCBs = ppb (µg/kg) peso secco.

Alla luce di questi dati il *G. niger* si presenta come un organismo idoneo a tollerare alti livelli di xenobiotici e, come tale, particolarmente «adattato» a sopravvivere in ambienti contaminati grazie alla presenza di meccanismi difensivi sia di natura attiva (metabolizzazione del tossico ad opera del sistema MFO), che passiva (accumulo di contaminanti in comparti non funzionali dell'organismo).

In conclusione questi dati, in accordo con numerose osservazioni bibliografiche (LEE & SINGER, 1980; KNIGHT & WALKER, 1982; WALKER & OESCH, 1983; FRIES & LEE, 1984) confermano l'influenza di ambienti contaminati sulla selezione di organismi dotati di meccanismi detossificanti particolarmente attivi. Quale sia l'effettivo ruolo del sistema MFO nei fenomeni di adattamento di organismi marini ed ambienti limite resta per molti aspetti ancora da chiarire; sono auspicabili a questo proposito sia la realizzazione di indagini biochimiche sull'isolamento e l'identificazione dei diversi isoenzimi che coadiuvano i processi detossificanti che, parallelamente studi di dinamica di popolazioni.

Per sottolineare l'importante ruolo svolto dal sistema MFO nella difesa degli organismi dal «bombardamento chimico» a cui la società della chimica li sottopone risulta quanto mai appropriata questa frase pubblicata su Scienze da Marx (1985) «Il sistema del citocromo P-450 è importante nella difesa dell'organismo dalle sostanze estranee al pari del sistema immunitario nella difesa dagli agenti patogeni».

## Summary

*Gobiidae is a family of fish, members of which are found in polluted and unstable marine environments. Thus, biochemical and physiological responses studied in two species experimentally exposed to PCB, provide an excellent opportunity evaluate the functioning of the detoxication system (MFO) in the adaptation to pollution. Specimens of one population of *Gobius niger* and of two populations of *Zosterisessor ophiocephalus* were collected respectively in a harbour and in two lagoons of the Tyrrhenian and Adriatic Seas. Specimens of the three groups were placed in aquaria and one group was analysed after 20 days of acclimatization. Then Aroclor 1260 (10 µg/l) was added to the water. After 6, 12 and 20 days of exposure benzo (a) pyrene monooxygenase (BPMO), NADPH- and NADH-cytochrome c reductase (NADPH- and NADH-CYTCRED) and NADH-ferricyanide reductase (NADH-FERRIRED) activities were determined in the liver of the three groups, PCB content in muscle was also measured. The same tests were carried out in the fish in the natural conditions. The PCB content and the MFO activity were higher in *G. niger* than in the two populations of *Z. ophiocephalus*. After PCB exposure the two species presented different MFO activity and different PCB accumulation in muscle. After 20 days of exposure the PCB levels in muscle were 4 times higher in *G. niger* than in *Z. ophiocephalus*; the induction of BPMO NADPH-CYTCRED, NADH-CYTCRED and NADH-FERRIRED was higher in *G. niger*. No differences*

were detected between the two populations of the same species. Interspecific diversity in the response toward the same chemical stress could be due to physiological, genetic or adaptive differences.

## Bibliografia

FRIES J.S., LEE R.F. (1984) - Pollutant effects on the mixed function oxygenase (MFO) and reproductive systems on the marine polychaete *Nereis virens*. *Mar. Biol.*, 79: 187-193.

KNIGHT G.C., WALKER C.H. (1982) - A study of the hepatic microsomal epoxide hydrolase in sea birds. *Comp. Biochem. Physiol.*, 37 C: 463-467.

KURELEC B., BRITVIC S., RIJAVEC M., MULLER W.E.G., ZAHN R.K. (1977) - Benzo(a)pyrene monooxygenase induction in marine fish-molecular response to oil pollution. *Mar. Biol.*, 44: 211-216.

LEE R.F., SINGER S.C. (1980) - Detoxifying enzymes in marine Polychaetes: increases in activity after exposure to aromatic hydrocarbons. *Rapp. P. V. Reun. Cons. Int. Explo. Mer.*, 179: 29-32.

LIVINGSTONE D.R., FARRAR S. (1984) - Tissues and subcellular distribution of enzyme activities of mixed function oxygenase and benzo(a)pyrene metabolism in the common mussel *Mytilus edulis* L. *Sci. Total Environ.*, 39: 209-235.

MARX J.L. (1985) - The cytochrome P450's and their genes. *Science*, 228: 975-976.

WALKER C.H., OESCH F. (1983) - Enzyme in selective toxicity. In *Biological Basis of detoxication*. Academic Press: 345-368.

M. PELLEGRINI\*

M. CORDA\*

A. BELLELLI\*\*

A. CAU \*\*\*

S.G. CONDÒ \*\*\*\*

B. GIARDINA \*\*\*\*

\* Istituto di Chimica Biologica dell'Università,  
via della Pineta 77, 09126 Cagliari (Italia)

\*\* Dipartimento di Scienze Biochimiche dell'Università «La Sapienza»,  
Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma (Italia)

\*\*\* Istituto di Zoologia dell'Università,  
viale Poetto 1, 09125 Cagliari (Italia)

\*\*\*\* Dipartimento di Medicina Sperimentale e Scienze Biochimiche  
dell'Università «Tor Vergata», via O. Raimondo, 00173 Roma (Italia)

## PROPRIETÀ STRUTTURALI E FUNZIONALI DELL'EMOCIANINA DI DUE ARAGOSTE DEL MEDITERRANEO

### Abstract

Structural and functional properties of hemocyanin from two Mediterranean lobsters  
(*Palinurus elephas* and *Palinurus mauritanicus*)

*The structural and functional properties of hemocyanin from *Palinurus elephas* and *Palinurus mauritanicus* are different. The subunit composition of the hemocyanin molecule is sex- and season composition of the differences are independent of the O<sub>2</sub> transport properties in individuals of *Palinurus elephas*. The sex-linked subunit and the seasonal variability were not observed in *Palinurus mauritanicus*. Moreover, oxygen affinity was higher, compared to that of *Palinurus elephas* at all pH value explored.*

**Key-words:** Hemocyanin, oxygen affinity, subunit dissociation, *Palinurus*.

### Introduzione

Si è iniziato lo studio dell'emocianina (Hc) di *Palinurus elephas* allo scopo di caratterizzare questa proteina sia strutturalmente che funzionalmente. I risultati preliminari sono stati pubblicati recentemente (BELLELLI *et al.*, 1985). Durante questo studio abbiamo osservato che le diverse preparazioni di emolinfa erano caratterizzate da lievi variazioni sia nel pattern elettroforetico che nelle proprietà funzionali dell'emocianina.

Per chiarire la natura di questo fenomeno abbiamo analizzato in tutto l'arco dell'anno campioni di Hc prelevati da singoli individui sia di sesso maschile che



femminile. Lo studio è stato poi esteso all'emocianina di *Palinurus mauritanicus* specie filogeneticamente affine al *Palinurus elephas*.

## Materiali e Metodi

L'emocianina è stata preparata come descritto (BELLELLI *et al.*, 1985, KUIPER *et al.*, 1975).

Gli esperimenti di equilibrio con l'ossigeno sono stati effettuati con il metodo tonometrico (ROSSI FANELLI & ANTONINI, 1958) e le misure di assorbimento con uno spettrofotometro CARY 219.

L'elettroforesi della subunità è stata effettuata sul gel di poliacrilammide al 5% in tampone Na-glicina 50 mM e EDTA 1 mM pH 9,6, previa dialisi per 15 ore contro lo stesso tampone (MARKL *et al.*, 1979).

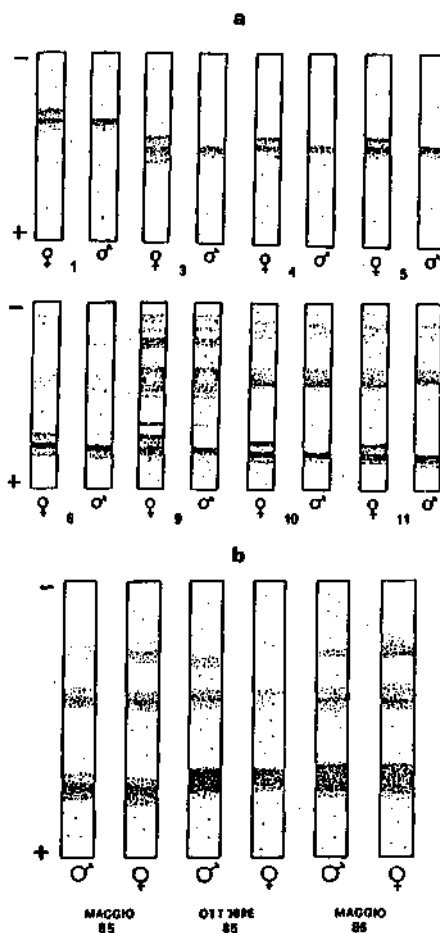


Fig. 1 - Dissociazione delle subunità dell'emocianina di *Palinurus elephas* (a) e *Palinurus mauritanicus* (b) eseguita mediante elettroforesi alcalina. Il numero corrisponde al mese.

## Risultati

L'elettroforesi alcalina dell'emocianina di *Palinurus elephas* in condizioni di completa dissociazione è stata eseguita su campioni di emocianina di singoli individui (maschi e femmine) catturati mensilmente e preparata come descritto precedentemente (vedi materiali e metodi). In tutti gli individui esaminati (oltre 30) la composizione delle subunità delle molecole di Hc è risultata dipendente dal sesso; infatti nell'emocianina delle femmine viene riscontrata una subunità addizionale (come si vede nella parte inferiore dei gel) (Fig. 1).

Sia nei maschi che nelle femmine il pattern elettroforetico varia notevolmente durante l'anno per quanto riguarda le proporzioni relative delle subunità costituenti l'esamero nativo.

Sulla base dei dati ottenuti sono stati eseguiti equilibri con l'O<sub>2</sub> in funzione del pH sull'emocianina di singoli individui d'entrambi i sessi, raccolti nello stesso periodo dell'anno per verificare un possibile significato funzionale della subunità addizionale trovata nelle femmine di *Palinurus elephas*.

I risultati ottenuti hanno dimostrato inequivocabilmente, che l'emocianina di entrambi i sessi presenta parametri di legame con l'O<sub>2</sub> (affinità, cooperatività ed effetto Bohr) pressoché identici; le proprietà di trasporto dell'ossigeno sono indipendenti dalle differenze strutturali descritte precedentemente (Fig. 2).

Inoltre i parametri di legame con l'O<sub>2</sub> sono stati determinati in campioni di emocianina estratta da singoli animali maschi e femmine raccolti in diversi periodi dell'anno.

È stato quindi possibile dimostrare che i cambiamenti stagionali osservati nelle proporzioni relative delle subunità costituenti l'esamero nativo, sono paralleli a variazioni funzionali, soprattutto per quanto riguarda la cooperatività tra i siti attivi, che raggiunge il suo massimo valore d'estate. In particolare da marzo a settembre è stato osservato un marcato aumento del coefficiente di Hill ( $n^{1/2}$ ) misurato a pH 7 a 20°C in presenza di CA<sup>++</sup> mM (condizioni fisiologiche). (Fig. 3).

Gli stessi esperimenti sono stati eseguiti sull'Hc di un'altra specie di aragosta, il *Palinurus mauritanicus*. Nel caso del *Palinurus mauritanicus* la subunità legata al sesso è assente in tutte le femmine esaminate e la variabilità stagionale nella percentuale delle varie subunità costituenti l'esamero è così piccola che non è chiaramente distinguibile dalla variabilità individuale (Fig. 1).

L'Hc del *Palinurus mauritanicus* è caratterizzata da una affinità per l'O<sub>2</sub> più alta, rispetto a quella del *Palinurus elephas* a tutti i valori di pH considerati (Fig. 4).

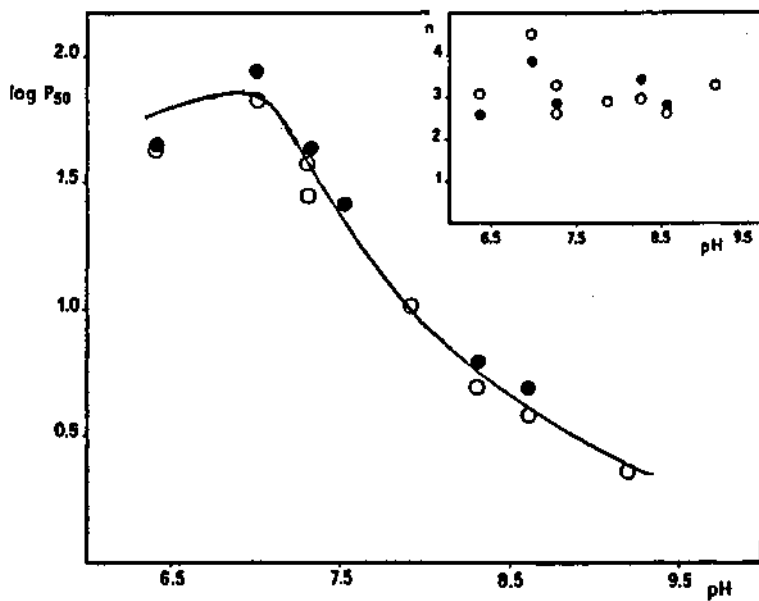


Fig. 2 - Emocianina di *Palinurus elephas*. Effetto Bohr in relazione al sesso (●) femmina (○) maschio.

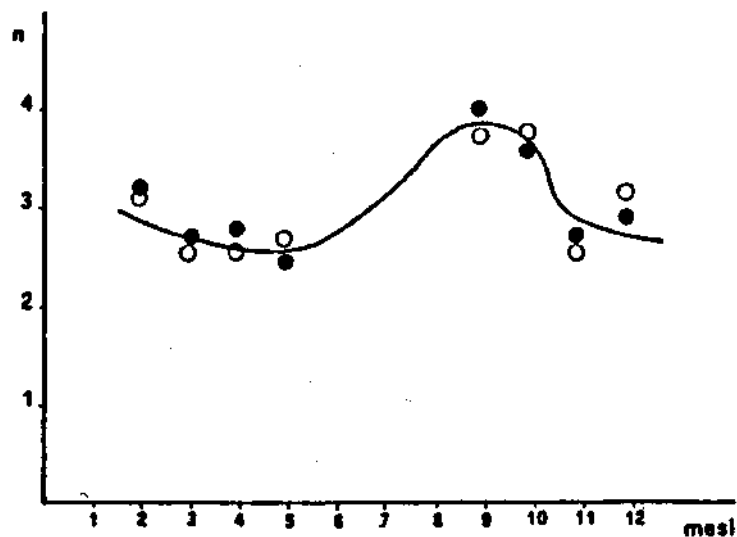


Fig. 3 - Emocianina di *Palinurus elephas*. Variazione di n durante l'arco dell'anno in relazione al sesso (●) femmina (○) maschio.

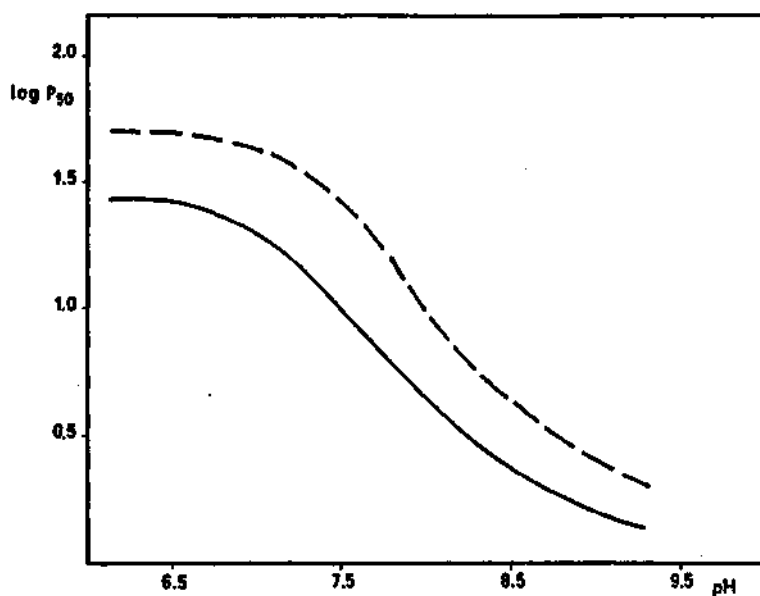


Fig. 4 - Effetto Bohr dell'emocianina di *Palinurus elephas* (---) e di *Palinurus mauritanicus* (—).

## Discussione e conclusioni

Abbiamo dimostrato che la composizione in subunità dell'emocianina di *Palinurus elephas* è legata al sesso e va incontro a marcate variazioni nel pattern elettroforetico e nel comportamento funzionale durante l'anno; d'altra parte l'emocianina del *Palinurus mauritanicus*, specie filogeneticamente affine al *Palinurus elephas*, è apparentemente indipendente sia dal sesso che dalle stagioni nella composizione delle subunità e nelle proprietà di legame con l' O<sub>2</sub>.

La variabilità stagionale nella percentuale relativa delle subunità, accompagnata a differenze nelle proprietà di legame con l' O<sub>2</sub>, riscontrate nel *Palinurus elephas* e non nel *Palinurus mauritanicus*, potrebbe essere messa in relazione con la differenza di habitat delle due specie. Il *Palinurus elephas* vive infatti a meno di 150 m di profondità e presumibilmente deve affrontare variazioni di temperatura, luce e alimentazione, mentre il *Palinurus mauritanicus* vive a profondità di 400 m, in condizioni ambientali abbastanza costanti.

Si può ipotizzare che la subunità addizionale trovata nell'emocianina delle femmine di *Palinurus elephas*, sia correlata a funzioni diverse da quella respiratoria.

Nel complesso i dati riportati indicano l'esistenza, tra queste proteine respiratorie giganti, di un sofisticato meccanismo di modulazione funzionale che può essere ottenuto non solo attraverso l'interazione con piccoli ioni ma anche attraverso cambiamenti nelle quantità relative delle varie subunità.

## Summary

*The electrophoretic pattern and functional behaviour of hemocyanin from *Palinurus elephas* change remarkably during the year, whereas they seem to be stable in the other arthropod examined, the closely related species *Palinurus mauritanicus*. Furthermore, in the case of *Palinurus elephas* hemocyanin, the electrophoretic pattern is also sex-dependent, but sexual differences are functionally silent. The seasonal variability of subunit composition is coupled to differences in the oxygen binding properties in the case of *Palinurus elephas* hemocyanin and, when present, is functionally silent in the case of *Palinurus mauritanicus*. This discrepancy could be tentatively related to the differences in the habitat of the two species. In fact, the lobster, *Palinurus elephas* lives relatively close to the surface (less than 150 m) and presumably is subject to temperature variability and possibility to other changes in its habitat (namely light and abundance of nutrients); on the contrary, *Palinurus mauritanicus* lives at a greater depth (400 m) where the environment undergoes only minor fluctuations. It is reasonable to suggest that the additional subunit found in the hemocyanin from female *Palinurus elephas* throughout the year is related to a function other than respiration, e.g. the transport of some steroid hormones, or different factors associated with sex physiology. Hemocyanin, being the protein mainly contained in lobster hemolymph, could play a role in the transport of poorly soluble substance other than oxygen (metabolites, hormones, etc.).*

## Bibliografia

BELLELLI A., ZOILA L., GIARDINA B., COSTANTINI S., CAU A., BRUNORI M. (1985) - Hemocyanin from *Palinurus elephas*: general properties and effects of heavy metals. *Biochem. Biophys. Acta*, 830: 325-331.

KUIPER H.A., GAASTRA W., BEINTEMA J.J., VAN BRUGGEN E.F.J., SCHEPMAN A.M.H., DRENTH J. (1975) - Subunit composition, X-ray diffraction, amino acid analysis and oxygen binding behaviour of *Palinurus interruptus*. *J. Mol. Biol.*, 99: 619-629.

MARKL J., HOFER A., BAUER G., MARKL A., KEMPTER B., BRENZINGER M., LINZEN B. (1979) - Subunit heterogeneity in arthropod hemocyanin: II. Crustacea. *J. Comp. Physiol.*, 133: 167-175.

ROSSI FANELLI A., ANTONINI E. (1958) - Studies on the oxygen and carbon monoxide equilibria of human myoglobin. *Arch. biochem. Biophys.*, 7: 478-481.

C. STORELLI

S. VILELLA

M.P. ROMANO

M. MAFFIA

G. CASSANO

Laboratorio di Fisiologia Generale, Dipartimento di Biologia dell'Università  
Strada Prov.le Monteroni, 73100 Lecce (Italia)

## MECCANISMI DI ASSORBIMENTO INTESTINALE: STUDI CON MEMBRANE PLASMATICHE ISOLATE DA *ANGUILLA ANGUILLA*

### Abstract

Mechanisms of intestinal absorption: studies with plasma membranes from *Anguilla anguilla*

*Brush border (luminal) or basolateral membrane vesicles were used to study the mechanism of intestinal absorption of nutrient in the European eel.*

*On the brush border membrane, sugar and water-soluble vitamins are translocated by: a) Na-dependent transport system; b) diffusive pathways. Amino acids are translocated also via Na-independent transport systems. On the other hand, nutrient translocation through the basolateral cell-membrane generally occurs via Na-independent and diffusive pathways.*

**Key-words:** Brush border membrane, basolateral membrane, European eel, intestinal transport, uptake.

### Introduzione

Le cellule assorbenti dell'epitelio intestinale svolgono la loro funzione trasportando ioni e nutrienti: a) dal lume intestinale all'interno della cellula attraverso la membrana luminale, b) dall'interno della cellula allo spazio serosale attraverso la membrana basolaterale. La comprensione dei meccanismi di trasporto attraverso l'epitelio intestinale dei mammiferi ha ricevuto grande impulso dalla messa a punto di tecniche di isolamento delle membrane plasmatiche; il loro uso, associato a quello di traccianti isotopici e fluorescenti, ha permesso lo studio dei meccanismi di trasporto in assenza di metabolismo e compartimentazione cellulare ed in condizioni sperimentali (concentrazioni ioniche, potenziale elettrico etc.) rigorosamente controllate. Recentemente tali tecniche sono state applicate allo studio dei processi di trasporto in animali meno evoluti dei mammiferi (WRIGHT, 1987; AHEARN *et al.*, 1985; GIORDANA *et al.*, 1985).

I risultati di seguito riportati sono stati ottenuti utilizzando un modello estremamente interessante quale l'intestino dell'anguilla europea (*Anguilla anguilla*) e rappresentano il primo tentativo sistematico di studio comparativo tra la funzione intestinale dei pesci (teleostei), e quella dei mammiferi.

## Materiali e Metodi

### *Materiali*

Le anguille (*Anguilla anguilla*) allo stadio di gialle (150-200 g) sono state acquistate da Ittica Ugento (Lecce) e mantenute in acqua di mare. I reagenti sono stati acquistati da Merck (Darmstadt, Germania Federale) o Sigma (St. Louis, U.S.A.); i substrati isotopicamente marcati da New England Nuclear (Boston, U.S.A.; il DiS-C<sub>2</sub>(5) (Dietiltiacarbocianina ioduro) da Kodak (Roche-ster, U.S.A.).

### *Isolamento delle membrane plasmatiche luminali*

Le membrane plasmatiche luminali (orletto a spazzola) sono state isolate seguendo la procedura descritta da STORELLI *et al.* (1986). In breve in presenza di EGTA e MgCl<sub>2</sub> 12 mM, tutti i componenti cellulari precipitano, ad eccezione delle membrane plasmatiche luminali che possono essere isolate con successive fasi di centrifugazione.

### *Isolamento delle membrane plasmatiche basolaterali*

Le membrane basolaterali sono state isolate secondo la procedura descritta da MURER *et al.* (1975), con alcune modifiche. Da una sospensione di cellule epiteliali assorbenti, ottenuta dopo il trattamento con Na citrato, viene dapprima isolata, mediante centrifugazione differenziale, una frazione arricchita in membrane ma non sufficientemente pura; tale frazione viene ulteriormente purificata con un gradiente discontinuo di saccarosio.

### *Misure di trasporto di substrati marcati con radioisotopi*

Il passaggio di sostanze all'interno delle vescicole isolate da membrane luminali e basolaterali, è stato seguito mediante l'uso di substrati marcati con <sup>3</sup>H o <sup>14</sup>C e di tecniche di filtrazione rapida, come precedentemente descritto (STORELLI *et al.*, 1986).

*Misure di quenching di fluorescenza*

Alcuni coloranti fluorescenti, appartenenti alla famiglia dei «Cyanine dyes», sono stati usati per misurare differenze di potenziale elettrico in sistemi vescicolari, non accessibili a microelettrodi (WRIGHT, 1984). L'approccio sperimentale da noi usato consiste: a) nel generare nelle vescicole una differenza di potenziale elettrico (intero negativo) con un opportuno gradiente di ioni potassio e di valinomicina; b) nel misurare la velocità di dissipazione della differenza di potenziale specificamente indotta dall'ingresso (sullo stesso trasportatore) di ioni sodio e del substrato studiato. I dettagli tecnici di tale procedura sperimentale sono quelli descritti da CASSANO *et al.*, 1988.

**Risultati e Discussione***Il gradiente elettrochimico dello ione Na<sup>+</sup> quale fonte d'energia per i trasporti attraverso la membrana luminale*

Le cellule dell'epitelio assorbente intestinale sono in grado di trasportare ioni, nutrienti, vitamine etc, dal lume dell'intestino al loro interno; in alcuni casi tale trasporto ha luogo anche quando la concentrazione della specie trasportata è molto più alta nella cellula che nel lume. L'energia che rende possibile questo fenomeno è il gradiente elettrochimico dello ione Na<sup>+</sup> presente a cavallo della membrana luminale (CRANE 1965).

La Fig. 1A mostra, quale esempio di sistemi Na-dipendenti in vescicole di orletto a spazzola isolate dall'intestino di anguilla, la velocità di ingresso dell' inositolo e del glutammato misurata in presenza di un ambiente di ioni sodio (esterno > interno) (simboli pieni) e di un equivalente gradiente di ioni colina (simboli vuoti). Si può notare che la velocità di ingresso dei substrati è molto più alta in presenza di ioni sodio; inoltre solo in questo caso è possibile osservare accumulo intravescicolare del substrato oltre la concentrazione nel mezzo extra-vescicolare, che nella Fig. 1A è indicata dal valore di equilibrio misurato dopo due ore, quando tutti i gradienti di concentrazione sono stati dissipati.

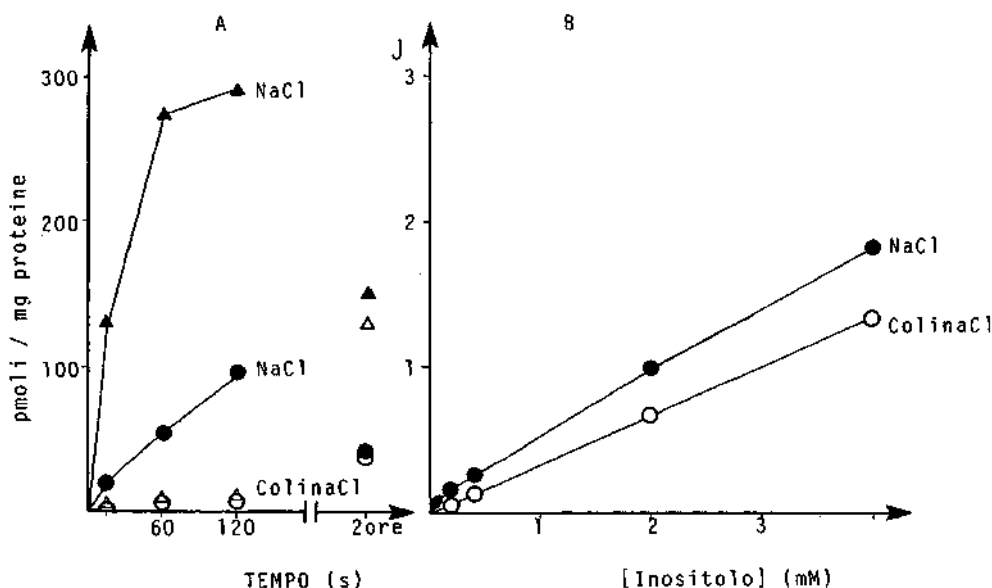
Questi risultati suggeriscono che anche nell'intestino di anguilla il gradiente elettrochimico dello ione sodio è alla base del trasporto ed accumulo in cellula di metaboliti e vitamine.

La Fig. 1A mostra la velocità di ingresso nello spazio intravescicolare, ma non dà informazioni sulla natura del processo; per chiarire se il movimento di substrato è mediato da carrier o meno è necessario ottenere informazioni sulla cinetica del trasporto: i trasporti carrier mediati mostrano cinetiche saturabili, i processi di diffusione libera sono caratterizzati da andamento lineare. Queste considerazioni sono riassunte nella seguente equazione:

$$J = \frac{J_{\max} \times [S]}{K_m + [S]} + P \times [S] \quad (1)$$



ove  $J$  è la velocità di trasporto sperimentalmente misurata in funzione della concentrazione del substrato  $[S]$ ,  $J_{\max}$  la velocità massima,  $P$  il coefficiente di diffusione del substrato in esame, e infine  $K_m$  la concentrazione del substrato alla quale  $J=J_{\max}/2$ . La Fig. 1B mostra dati ottenuti studiando il rapporto fra la velocità di ingresso di inositolo nelle vescicole e la sua concentrazione nel mezzo esterno; come descritto dall'equazione (1) un processo di diffusione dovrebbe essere caratterizzato da dipendenza lineare fra velocità di ingresso e la concentrazione esterna del substrato, un processo carrier-mediato da un andamento iperbolico, infine la combinazione di diffusione e processo carrier-mediato dalla



**Fig. 1.A** - Na-dipendenza dell'ingresso di inositolo e L-glutammato in vescicole di orletto a spazzola. La Figura è stata ottenuta sovrapponendo i risultati di due esperimenti distinti (glutammato: triangoli, inositolo: cerchi). L-Glutammato: le vescicole erano preparate in una soluzione contenente (in mM) mannitolo 500, HEPES 20 (pH 7,4 con TRIS); dopo l'aggiunta delle vescicole la composizione finale del mezzo di incubazione era (in mM) mannitolo 300, L-glutammato 0,1, HEPES 20 (pH 7,4 con TRIS) e o NaCl 100 (triangoli pieni) o colina Cl 100 (triangoli vuoti). Inositolo: le vescicole erano preparate in una soluzione contenente (in mM) mannitolo 300, HEPES 20 (pH 7,4 con TRIS); dopo l'aggiunta delle vescicole la composizione finale del mezzo di incubazione era (in mM) mannitolo 100, inositolo 0,1, HEPES 20 portato a pH 7,4 con TRIS e NaCl 100 (cerchi pieni) o colina Cl 100 (cerchi vuoti).

**Fig. 1.B** - Dipendenza della velocità di ingresso dell'inositolo dalla sua concentrazione. Le vescicole erano preparate in una soluzione contenente (in mM) mannitolo 250, KCl 100, HEPES 20 (pH 7,4 con TRIS); dopo l'aggiunta delle vescicole la composizione finale del mezzo di incubazione era (in mM) mannitolo 50, KCl 100, inositolo da 0,05 a 4, valinomicina 0,025, HEPES 20 (pH 7,4 con TRIS) e o NaCl 100 (cerchi pieni) o colina Cl 100 (cerchi vuoti). I flussi di substrato ( $J$ ) sono espressi in nmoli/mg proteine  $\times$  minuto.

somma di un andamento iperbolico e lineare. La Fig. 1B mostra che in presenza di un gradiente di ioni  $\text{Na}^+$  il movimento di inositolo ha luogo sia per mezzo di un sistema carrier mediato sia per diffusione libera; in assenza di sodio ed in presenza di colina si osserva invece solo diffusione libera.

Programmi di regressione non lineare o opportune trattazioni grafiche (Wolff-Augustinsson-Hofstee) rendono possibile la stima dei tre parametri cinetici presenti nell'equazione 1); la Tab. 1 riporta valori per una serie di zuc-

**Tab. 1** - Parametri cinetici di alcuni sistemi di trasporto presenti in vescicole dell'orletto a spazzola di Anguilla.

	Na-dipendenza	Traccianti radioattivi			Traccianti fluorescenti	
		$K_m$	$J_{max}$	P	$K_{et}$	$F_{max}$
D-glucosio	si	$0,20 \pm 0,02$	$6,87 \pm 0,84$	$1,41 \pm 0,20$	$0,10 \pm 0,02$	$44,8 \pm 4,8$
L-alanina	si	$1,29 \pm 0,14$	$3,61 \pm 0,17$	$0,57 \pm 0,11$	$0,52 \pm 0,07$	$32,1 \pm 3,6$
L-alanina	no	$0,59 \pm 0,06$	$1,41 \pm 0,49$	$0,57 \pm 0,11$	$2,04 \pm 0,44$	$39,7 \pm 10,6$
L-fenilalanina	si					
L-glutammato	si	$0,79 \pm 1,12$	$2,61 \pm 0,31$	$0,65 \pm 0,10$		
L-lisina	si	$0,16 \pm 0,01$	$5,00 \pm 0,20$	$1,60 \pm 0,14$		
L-lisina	no	$0,24 \pm 0,02$	$3,00 \pm 0,03$	$1,60 \pm 0,14$	$0,12 \pm 0,02$	$13,6 \pm 1,6$
$\alpha$ -MeAib	si					
L-prolina	si	$0,23 \pm 0,04$	$7,96 \pm 0,87$	$1,53 \pm 0,35$	$0,12 \pm 0,04$	$22,6 \pm 6,3$
L-ascorbico	si	$0,76 \pm 0,08$	$0,60 \pm 0,10$	$0,21 \pm 0,02$		
inositolo	si	$2,02 \pm 0,12$	$0,77 \pm 0,07$	$0,26 \pm 0,07$		

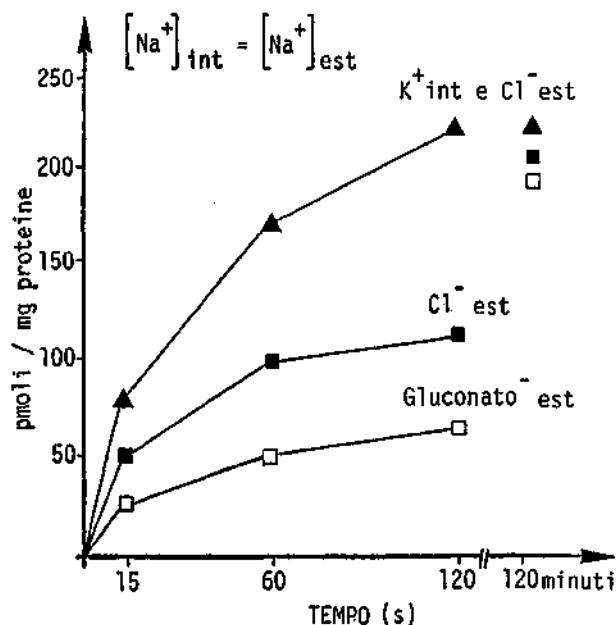
I valori mostrati sono media di misure effettuate su almeno tre differenti preparazioni di vescicole ( $\pm$  ES). I valori sono espressi:  $K_m$  = mM,  $J_{max}$  = nano moli  $\times$  mg proteine $^{-1} \times$  minuto $^{-1}$ , P =  $\mu$ l  $\times$  mg proteine $^{-1}$ ,  $F_{max}$  = variazione fluorescenza %  $\times$  mg proteine $^{-1} \times$  minuto $^{-1}$ ,  $\alpha$ -MeAib è abbreviazione di  $\alpha$ -metil-amminoisobutirrico. Le misure effettuate con traccianti radioattivi, prevedevano condizioni sperimentali analoghe a quelle descritte nella legenda della figura 1B. Le misure con traccianti fluorescenti sono state sempre eseguite in presenza di una differenza di potenziale elettrico (interno del vescicolo elettrico (interno delle vescicole negativo) e gradiente di ioni  $\text{Na}^+$  (interno = 0 mM, esterno = 100 Mm) a pH 7,4.

cheri, ammino acidi e vitamine idrosolubili, ottenuti utilizzando e traccianti radiosotopici e traccianti fluorescenti. In questa Tabella è estremamente interessante notare come i valori di  $K_m$  ottenuti con traccianti fluorescenti nei quali era presente una differenza di potenziale elettrico transmembrana siano regolarmente ridotti del 50% rispetto a quelli misurati in assenza di potenziale (traccianti radioattivi). Questa osservazione è stata confermata da misure con traccianti radioisotopici in presenza di potenziale elettrico transmembrana (non mostrati).

*Ruolo degli ioni  $K^+$  e  $Cl^-$  nel trasporto di amino acidi attraverso la membrana luminale*

È stato recentemente osservato che il trasporto Na-dipendente di alcuni ammino acidi neurotrasmettitori e loro derivati è specificamente attivato dalla presenza di  $K^+$  intravescicolare (FUKUHARA & TURNER, 1985) e  $Cl^-$  extravescicolare (CORCELLI & STORELLI, 1983).

D'altro canto altre evidenze sperimentali suggeriscono che questi stessi ioni, quando presenti come gradienti (interno > esterno per il  $K^+$ , esterno > interno per il  $Cl^-$ ) sono in grado di accumulare il substrato in cellula (SCHNEIDER & SACKTOR 1980) in assenza di un gradiente di ioni sodio. L'esperimento in Fig. 2 mostra come il gradiente di  $Cl^-$  (esterno > interno) o di  $K^+$  e  $Cl^-$  (rispettivamente interno > esterno ed esterno > interno), in presenza di uguale concentrazione di ioni sodio, siano in grado di attivare il trasporto di L-glutammato ma non di accumulare questo ammino acido all'interno delle vescicole. La Tab. 2 mostra il ruolo degli ioni  $K^+$  e  $Cl^-$  sui parametri cinetici del sistema di trasporto di L-glutammato nell'intestino di anguilla. Si può osservare che l'affinità ( $1/K_m$ ) del sistema di trasporto aumenta con l'aumentare della concentrazione di  $K^+$  all'interno delle vescicole, mentre la presenza di ioni  $Cl^-$ , all'esterno delle



**Fig. 2** - Effetto degli ioni  $K^+$  e  $Cl^-$  sul trasporto Na-dipendente di L-glutammato. Le vescicole erano preparate in una soluzione contenente (in mM) HEPES 20 (a pH 7,4 con TRIS) e o (quadrati) mannitolo 200, o (triangoli) K gluconato 100; dopo aver aggiunto le vescicole, la composizione finale del mezzo di incubazione era (in mM) HEPES 20 (pH 7,4 con TRIS) e: L-glutammato 0,1 Na gluconato 100 e mannitolo 100 (quadrati vuoti); Na gluconato 20, NaCl 80, colina Cl 30, mannitolo 40 (quadrati pieni); NaCl 80, Na gluconato 20, colina Cl 30, K gluconato 20 (triangoli).

vescicole, raddoppia la velocità massima del sistema di trasporto ( $J_{\max}$ ) senza alcun significativo effetto sull'affinità.

I risultati della Tab. 2 e della Fig. 2 suggeriscono che a livello dell'orletto a spazzola dell'intestino di anguilla, gli ioni  $K^+$  e  $Cl^-$  (sotto forma di gradiente transmembrana) possono giocare un importante ruolo nell'attivazione di alcuni sistemi di trasporto, ma non rappresentano una «forza coniugata».

**Tab. 2** - Parametri cinetici del sistema di trasporto dell' L-glutammato in vescicole dell'orletto a spazzola dell'intestino di anguilla.

Concentrazioni ioniche (in mM)		$K_m$	$J_{\max}$
Interno	Esterno		
$K^+ = 20$	$K^+ = 20$	$1,61 \pm 0,18$	$2,66 \pm 0,33$
$K^+ = 100$	$K^+ = 100$	$0,79 \pm 0,12$	$2,61 \pm 0,31$
Gluconato $^- = 100$	$Cl^- = 100$	$1,20 \pm 0,18$	$3,35 \pm 0,27$
Gluconato $^- = 100$	Gluconato $^- = 100$	$0,90 \pm 0,16$	$1,69 \pm 0,21$

Le unità di misura sono le stesse riportate nella Tabella 1.

Le misure sono state effettuate in presenza di un gradiente di  $Na^+$  (esterno = 100 mM, interno = 0 mM) a pH 7,4, differenza di potenziale elettrico uguale a zero (valinomicina e uguali concentrazioni di  $K^+$  nell'ambiente interno ed esterno delle vescicole). La colina ove necessario sostituisce il  $K^+$  al fine di mantenere l'osmolarità uguale nei due ambienti.

### *Trasporti attraverso la membrana basolaterale.*

La possibilità di disporre di metodi per l'isolamento anche di membrane basolaterali sotto forma di vescicole osmoticamente attive ha permesso nell'intestino dei mammiferi di ottenere informazioni essenziali per la definizione dei meccanismi di passaggio dalle cellule al liquido interstiziale dei nutrienti e ioni.

La Tab. 3 mostra un quadro riassuntivo delle informazioni finora ottenute usando membrane basolaterali di intestino di anguilla. In essa si evidenzia una situazione dalla quale emerge, come per l'intestino dei mammiferi, la quasi completa prevalenza di sistemi carrier-mediati equilibranti in grado di funzionare indipendentemente dalla presenza dello ione sodio, con le eccezioni dell'acido glutammico e della prolina. Dalla stessa tabella si nota (ad eccezione che per la fenilalanina) una trascurabile componente diffusionale.

**Tab. 3** - Caratteristiche di alcuni sistemi di trasporto presenti in vescicole di membrane plasmatiche basolaterali dell'intestino di anguilla.

	Na-dipendente	Na-indipendente	Diffusione (P)
<b>D-glucosio</b>	<b>no</b>	$K_m = 5,25 \pm 1,23$ $J_{max} = 7,21 \pm 0,99$	$0,12 \pm 0,03$
<b>L-Ianina</b>	<b>no</b>	<b>si</b>	<b>si</b>
<b>L-lisina</b>	<b>no</b>	<b>si</b>	<b>si</b>
<b>L-fenilalanina</b>	<b>no</b>	$K_m = 0,87 \pm 0,09$ $J_{max} = 5,51 \pm 0,85$	$1,32 \pm 0,30$
<b>L-glutammato</b>	$K_m = 2,10 \pm 0,52$ $J_{max} = 4,30 \pm 0,81$	<b>no</b>	$0,15 \pm 0,02$
<b>L-prolina</b>	<b>si</b>	<b>no</b>	<b>si</b>
<b>inositolo</b>	<b>no</b>	$K_m = 0,82 \pm 0,49$ $J_{max} = 0,31 \pm 0,11$	$0,49 \pm 0,01$

Le unità di misura sono le stesse riportate nella Tabella 1. Tutte queste misure sono state eseguite con traccianti radioisotopici.

## Conclusioni

Il quadro che emerge dallo studio dei meccanismi di trasporto mediante i quali i nutrienti (ammino acidi, zuccheri e vitamine idrosolubili) sono traslocati attraverso l'intestino dei pesci teleostei, sembra non essere molto differente da quanto già osservato nei mammiferi. Tali meccanismi sulla membrana luminale sembrano consistere essenzialmente in trasporti attivi secondari strettamente dipendenti dal gradiente elettrochimico del sodio, associati a volte ad altre vie di permeazione non Na-dipendenti (Tab. 1). In presenza dello ione sodio un ruolo molto importante di attivazione, o di forza coniugata aggiuntiva, è posseduto dal gradiente di potenziale elettrico ed in alcuni casi (ammino acidi neurotrasmettitori-simili) dalla presenza di  $K^+$  interno e  $Cl^-$  esterno alla membrana plasmatica luminale. Anche le informazioni ottenute sui meccanismi di traslocazione attraverso le membrane basolaterali riflettono in gran parte lo schema proposto per l'intestino e per il tubulo prossimale dei mammiferi e cioè la presenza di meccanismi carrier mediati Na-indipendenti che facilitano il passaggio dei substrati fra il citoplasma cellulare ed il liquido interstiziale.

Un'altra interessante considerazione è quella che emerge comparando i valori dei parametri cinetici misurati nell'interno di anguilla (Tab. 1) con quelli

riportati in letteratura per gli stessi substrati (STORELLI *et al.*, 1986). Questa analisi suggerisce l'esistenza nell'intestino dei pesci di sistemi Na-dipendenti per gli zuccheri ed ammino acidi con affinità significativamente più elevata; la situazione opposta sembra verificarsi per il trasporto di vitamine idrosolubili. Le membrane basolaterali infine sembrano facilitare la diffusione (trasporto mediato) di ammino acidi e zuccheri verso lo spazio interstiziale utilizzando quasi esclusivamente trasportatori Na-indipendenti con affinità più bassa e capacità più alta di quelli siti sulla membrana luminale.

## Summary

*Intestinal absorption of sugar, amino acids and water-soluble vitamins was investigated in the European eel (Anguilla anguilla) by using brush border and basolateral membrane vesicles. The transport into the vesicular space was measured with isotopically labelled substrates and a rapid filtration technique or with a voltage sensitive cyanine dye (DIS-C<sub>2</sub> (5)).*

*The driving force for the accumulation of substrates from the lumen into the cell is the Na-electrochemical gradient. Carrier-mediated transport system insensitive to the Na-gradient were detected for amino acids, but not for glucose, inositol and ascarbate. K<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> are strong activators of Na-dependent L-glutamate uptake, but they did not result in substrate accumulation. The kinetic parameters of a number of transport systems are reported.*

*Transport across the basolateral membrane is Na-independent except in the case of proline and glutamate.*

*Studies are in progress to determine the specificity of the pathways responsible for the translocation of amino acid and water-soluble vitamins.*

## Bibliografia

AHEARN G.A., GROVER M.L., DUNN R.E. (1985) - Glucose transport by lobster hepatopancreatic brush-border membrane vesicles. *Am. J. Physiol.*, 248: 133-141.

CASSANO G., MAFFIA M., VILELLA S., STORELLI C. (1988) - The effects of membrane potential on Na-cotransports in eel intestinal brush-border membrane vesicles: studies with a fluorescent dye. *J. Membrane Biol.*, 101: 225-236.

CORCELLI A., STORELLI C. (1983) - The role of potassium chloride ions on the Na<sup>+</sup>-acidic aminoacid cotransport system in rat intestinal brush border membrane vesicles. *Biochem. Biophys. Acta*, 732: 24-31.

CRANE R.K. (1965) Na-dependent transport in the intestine and other animal tissues. *Fed. Proc.*, 24: 1000-1005.

- FUKUHARA Y., TURNER R.J. (1965) - Cationic dependence of renal outercortical brush border membrane L-glutamate transport. *Am. J. Physiol.*, 248: 869-875.
- GIORDANA B., PARENIT P., HANOZET M., SACCHI F. (1985) - Electrogenic K<sup>+</sup>-basic amino acid cotransport in the midgut of lepidopteran larvae. *J. Membrane Biol.*, 88: 45-53.
- MURER H., KINNE R., KINNE-SAFFRAN E., THEES M., SACHS G. (1975) - Sugar transport by renal plasma membrane vesicles. *J. Membrane Biol.*, 21: 375-395.
- SCHNEIDER E.G., SACKTOR B. (1980) - Sodium gradient-dependent L-glutamate transport in renal brush border membrane vesicles. *J. Biol. Chem.*, 255 (16): 7645-7649.
- STORELLI C, VILELLA S., CASSANO G. (1986) - Na-dependent D-glucose and L-alanine uptake in brush border membrane vesicles from the eel intestine. *Am. J. Physiol.*, 251: R463-R469.
- WRIGHT E.M. (1984) - Electrophysiology of plasma membrane vesicles. *Am. J. Physiol.*, 246: F363-F372.
- WRIGHT S.H. (1987) - Alanine and taurine transport by the gill epithelium of a marine bivalve: effect of sodium on influx. *J. Membrane Biol.*, 95: 37-45.

F. BENTIVEGNA\*

F. BENEDETTO\*

A. BISAZZA \*\*

A. MARCONATO \*\*\*

\* Stazione Zoologica, Villa Comunale, 80121 Napoli (Italia)

\*\* Dipartimento di Psicologia Generale dell'Università,  
Via Trieste 72, 39121 Padova (Italia)

\*\*\* Dipartimento di Biologia dell'Università, Via Trieste 72, 39121 Padova (Italia)

## ASPETTI ISTOLOGICI E COMPORTAMENTALI DELLA RIPRODUZIONE DI *SYMPHODUS OCELLATUS*

### Abstract

Some aspects of reproduction of *Symphodus ocellatus*

Three types of male are known in *Symphodus ocellatus* (Pisces, Labridae): 1) Territorial males, which build nests of live algae and care for eggs; 2) Satellite males, tolerated by the territorial males near to the nest; 3) Sneaker males, that are similar to females. We used behavioural tests to examine interactions among T-males, St-males, Sn-males and females near the nest, and to define their roles in reproduction. In addition, since protogynous hermaphroditism is common in labrid fishes, we examined histologically 354 gonads, sampled monthly, and established that *Symphodus ocellatus* is a gonochoric species.

**Key-words:** Pisces, Labridae, *Symphodus ocellatus*, reproduction.

*Symphodus ocellatus* è il labride più comune del Mediterraneo occidentale. Vive nella zona litorale, in particolare negli ambienti rocciosi e nelle praterie a *Posidonia*. È una specie dicromatica non permanente: femmine e giovani maschi presentano una livrea bruna o verde (livrea iniziale), maschi più anziani mostrano una colorazione più vistosa (livrea terminale) (TORTONESE, 1975). La caratteristica più interessante di questa specie è il complesso comportamento riproduttivo: all'epoca della riproduzione (maggio-agosto) i maschi più grandi costruiscono dei veri e propri nidi, utilizzando frammenti di alghe vive raccolti nei dintorni.

La sessualità di questo labride, pur essendo stata oggetto di studio da parte di numerosi autori, non era ancora ben definita. QUIGNARD (1966) e REMACLE (1970) pur non avendo riscontrato indici istologici di inversione sessuale, consideravano questa specie, al pari della maggior parte dei labridi, come ermafrodita proteroginica. WANER & LEJEUNE (1985), invece, sulla base di un campiona-



mento limitato alla sola stagione riproduttiva, escludevano che in *Symphodus ocellatus* potesse verificarsi inversione sessuale.

La mancanza di dati definitivi relativi al tipo di sessualità ha spinto a condurre un'approfondita analisi istologica sulle gonadi, allo scopo di stabilire la presenza o l'assenza di fenomeni di ermafroditismo proteroginico. Lo studio, condotto su 354 esemplari campionati mensilmente nel Golfo di Napoli, ha permesso di escludere fenomeni di inversione sessuale in *Symphodus ocellatus*, e parallelamente di seguire le variazioni stagionali nella struttura delle gonadi. L'andamento annuale dell'indice gonado-somatico ha rivelato che il periodo riproduttivo (maggio-agosto) raggiunge un picco nel mese di luglio, in concomitanza con elevati valori di fotoperiodo (circa 15 h) e di temperatura (22-23 °C).

Recentemente, in base alla taglia, alla colorazione ed ai diversi comportamenti riproduttivi, sono stati messi in evidenza in questa specie, tre diversi tipi di maschi (Voss, 1976; LEJEUNE, 1985; WARNER & LEJEUNE, 1985): 1) un maschio Territoriale (T) che costruisce un nido di alghe e cura le uova; 2) un maschio Satellite (St) che permane in prossimità del nido e sembra essere tollerato dal maschio Territoriale; 3) un maschio Sneaker (Sn), molto simile, per taglia e livrea, alle femmine.

La coesistenza di questi tre tipi di maschi, con dimensioni e comportamenti diversi, finora osservati solo in natura, ci ha spinto ad approntare alcuni tests in laboratorio allo scopo di definire e quantizzare le diverse interazioni esistenti tra maschio T, maschio St, maschio Sn e femmina, in presenza del nido. Dall'analisi comportamentale è emerso che mentre il maschio Sn non gioca un ruolo particolare nella riproduzione, il maschio St invece stabilisce un complesso rapporto col maschio T, infatti collabora alla difesa del nido e vi conduce le femmine. La specializzazione nei rapporti tra Territoriale e Satellite fa pensare che quella del maschio St sia un'autentica tattica riproduttiva alternativa.

Una volta escluso che la femmina possa assumere una delle tattiche maschili, resta da definire se un maschio appartenga in maniera permanente ad una categoria, oppure se possa adottare successivamente, nel corso della vita, diverse tattiche (GROSS, 1984). A tale scopo è in atto uno studio sul rapporto età/dimensioni dei tre tipi di maschi.

## Bibliografia

GROSS M.R. (1984) - Sunfish, Salmon, and the evolution of alternative reproductive strategies and tactics in fishes. In *Fish Reproduction: Strategies and tactics*, G.W. Potts, R.J. Wootton (eds), Academic Press, New York: 55-75.

LEJEUNE P. (1985) - Le comportement social des labridés Méditerranéens. *Cahiers d'Etologie Appliquée*, 5: 1-208.

QUIGNARD J.P. (1966) - Recherches sur les Labridae (Poissons Téléostéens Perciformes) des cotes européennes. *Naturalia Monspelienisia* (sér. Zool.), 5: 7-247.

REMACLE C. (1970) - Contribution a l' étude de la sexualité chez certains Labridae et Scaridae (Téléost. Percif.). *Bull. Inst. R. Sc. Nat. Belg.*, 46 (35): 1-13.

TORTONESE E. (1975) - Fauna d'Italia. Osteichthyes. Calderini (ed.), Bologna, XI (XVIII) 1-636.

VOSS J. (1976) - A propos de quelques poissons de la Méditerranée: *Symphodus melops*, *Symphodus ocellatus*. *Rev. fr. Aquariol.*, 3: 93-99.

WARNER R.R., LEJEUNE P. (1985) - Sex change limited by paternal care: a test using four Mediterranean labrid fishes, genus *Symphodus*. *Marine Biology*, 87: 89-99.

G. CASAZZA \*

R. DE SANTIS \*

M.R. PINTO \*\*

\* Stazione Zoologica, Villa Comunale 80121, Napoli (Italia)

\*\* CNR, Istituto di Biochimica delle Proteine ed Enzimologia  
Arco Felice, Napoli (Italia)

## INTERAZIONE SPERMATOOZOO-UOVO NELL'ASCIDIA *CIONA INTESTINALIS*: CARATTERIZZAZIONE BIOCHIMICA E FUNZIONALE

### Abstract

Sperm-egg interaction in *Ciona intestinalis*

*The preliminary and essential step of gamete interaction is the species-specific recognition and binding between the egg and spermatozoon. This interaction is mediated by highly specialized molecules present on the surface of the gametes. We have characterized these molecular components in the ascidian Ciona intestinalis. On the egg vitelline coat (VC) a highly complex fucosylglyconjugate has the function of a sperm receptor. On the spermatozoon surface, glycoproteins with an affinity for the lectin Con A are involved in the interaction with the egg, and a fucosidase, isolated from spermatozoa, interacts with the fucosylglycoproteins of the VC. The biochemical and functional characteristics of the molecules that participate in the sperm-egg interaction in Ciona intestinalis closely resemble those observed in other species such as echinoderms and mammals.*

**Key-words:** Fertilization, binding, egg, spermatozoa, glycoproteins.

Organismi marini quali gli echinodermi ed i tunicati hanno rappresentato, e rappresentano tuttora, un eccellente modello per lo studio della fecondazione e dello sviluppo embrionale. Più di recente le ricerche sulla fecondazione si sono rivolte alla caratterizzazione fisiologica e biochimica delle fasi iniziali di tale processo e cioè il riconoscimento ed attacco specie-specifico fra lo spermatozoo e l'uovo. Questa problematica è stata da noi affrontata utilizzando come modello l'ascidia *Ciona intestinalis*, un ermafrodita insufficiente, particolarmente interessante per la sua collocazione filogenetica. L'interazione fra i gameti in *C. intestinalis* avviene fra la parte apicale dello spermatozoo e sottili fibrille che emergono dall'involucro vitellino (IV) dell'uovo (DE SANTIS *et al.*, 1980) (Fig. 1) e su cui è stata dimostrata la presenza di residui fusosilici (ROSATI & DE SANTIS,



1980). Inoltre l'attacco degli spermatozoi all'uovo può venir inibito competitivamente e reversibilmente dall' $\alpha$ -L-fucosio. Tali osservazioni ci hanno suggerito che il fucosio potesse essere una componente importante del recettore per lo spermatozoo sull'IV dell'uovo. L'analisi elettroforetica in SDS su gel di poliacri-

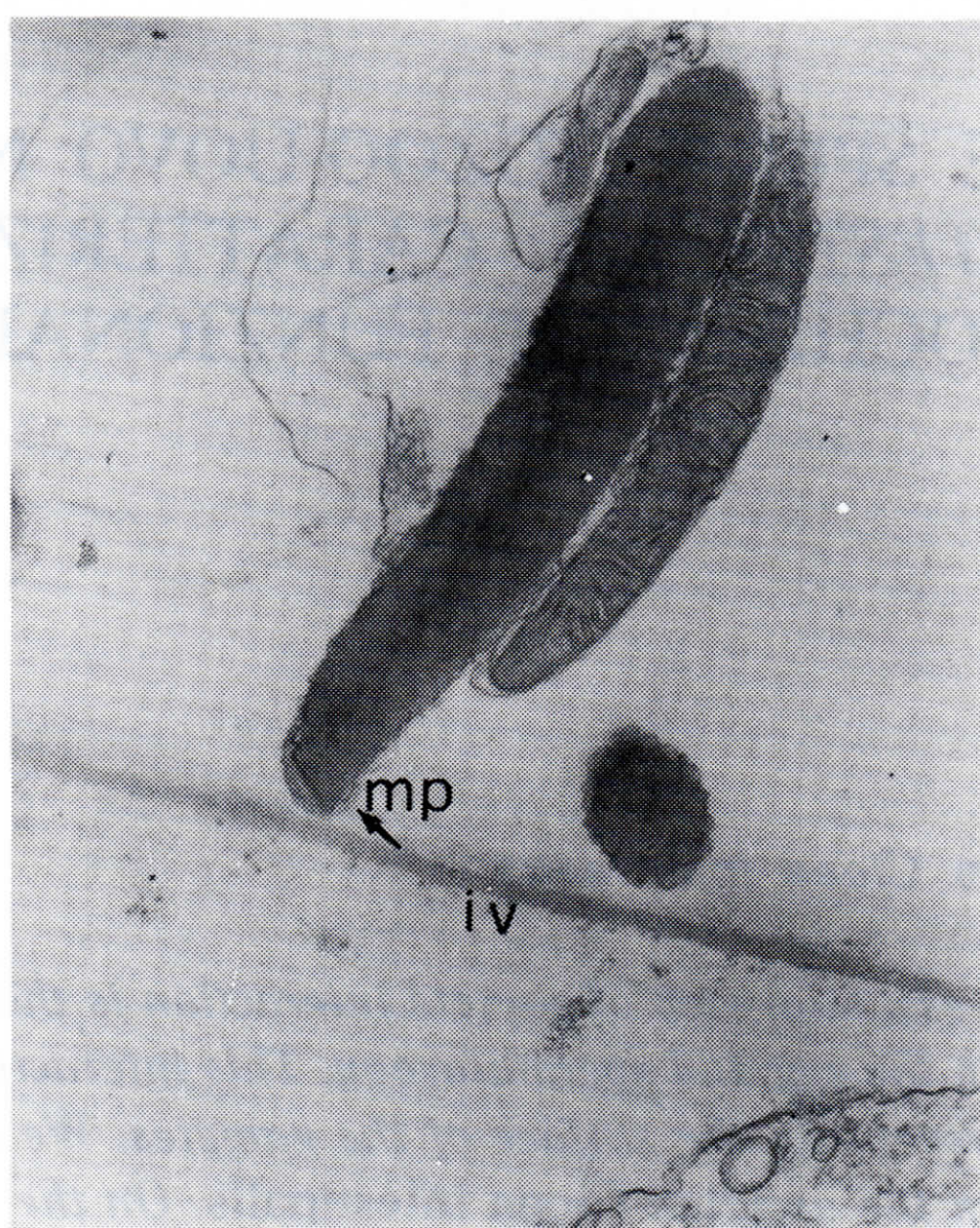


Fig. 1 - Attacco di uno spermatozoo all'IV dell'uovo. *iv*, involucro vitellino; *mp*, membrana plasmatica. x 22000.

lamide (SDS-PAGE) di proteine solubilizzate da involucri vitellini, ha evidenziato cinque glicoproteine aventi affinità per la lectina *Lotus tetragonolobus* (LTA), (DE SANTIS *et al.*, 1983). Tali fucosilglicoproteine (FP), successivamente isolate e saggiate per la loro attività biologica, mostrano tutte le caratteristiche di un recettore: inibiscono l'attacco degli spermatozoi all'IV, la fecondazione ed inducono l'attivazione dello spermatozoo e la reazione acrosomale. Un'ulteriore caratterizzazione biochimica e funzionale (DE SANTIS & PINTO, 1987) ha evidenziato che le FP sono associate in un complesso ad alto peso molecolare, le cui componenti glucidica e proteica hanno una distinta attività biologica: sono cioè rispettivamente coinvolte nell'attacco dello spermatozoo all'IV e nell'induzione della reazione acrosomale. Sulla superficie dello spermatozoo, uno screening preliminare mediante lectine fluoresceinate, ha evidenziato siti di affinità per la Concanavalina A (ConA), nella zona della membrana plasmatica che viene a contatto con l'IV dell'uovo (ROSATI *et al.*, 1978). L'SDS-PAGE di proteine di membrana di spermatozoo solubilizzate (Fig. 2a) e la successiva incubazione del gel con  $^3\text{H}$ -ConA ha evidenziato glicoproteine di superficie che legano la ConA (Fig. 2b). Queste, successivamente isolate mediante cromato-



grafia di affinità su ConA-agarosio ed analizzate su SDS-PAGE (Fig. 2c), sono state saggiate per una possibile attività biologica. Le proteine di membrana dello

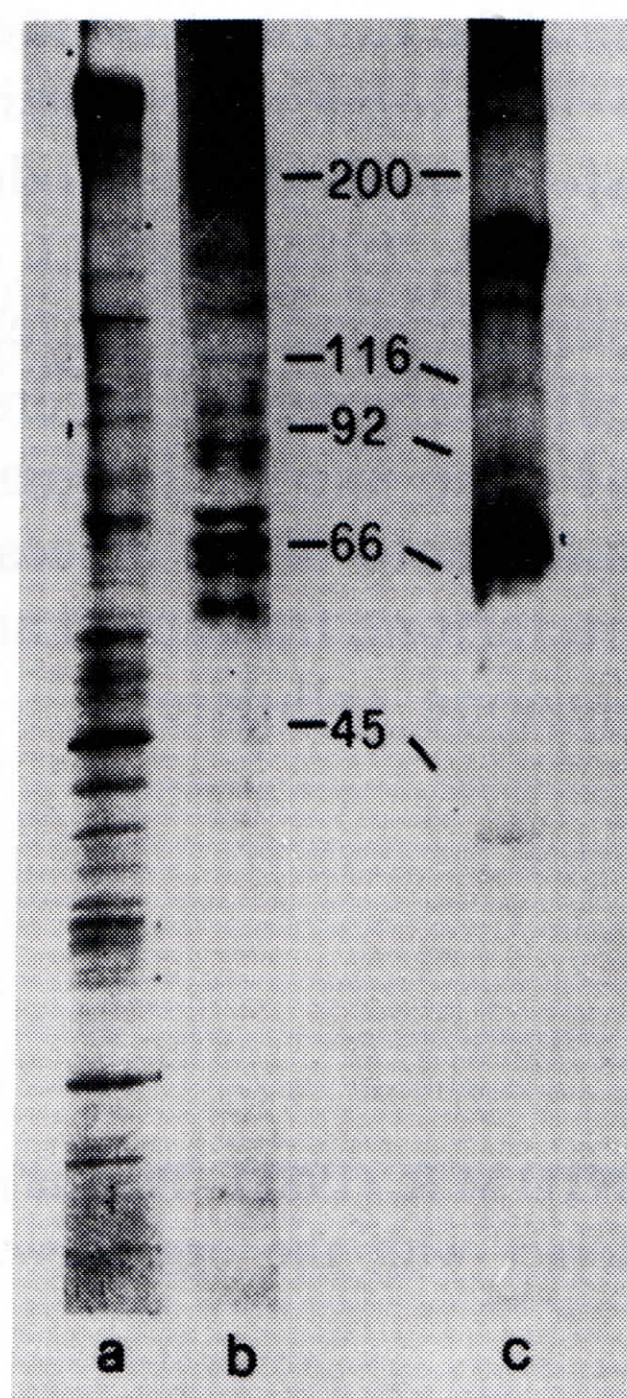


Fig. 2 - SDS-PAGE di proteine di membrana plasmatica di spermatozoo. a) colorazione con Coomassie; b) fluorografia del gel incubato con  $^3\text{H}$ -Con A; c) colorazione con Coomassie della frazione di proteine eluita da colonna di affinità di Con A-agarosio.

spermatozoo ConA-positive hanno mostrato la capacità di inibire l'attacco degli spermatozoi all'IV (Fig. 3) e la fecondazione. È ancora da definire se tale attività biologica sia da attribuire a tutte o solamente a parte delle proteine della fra-

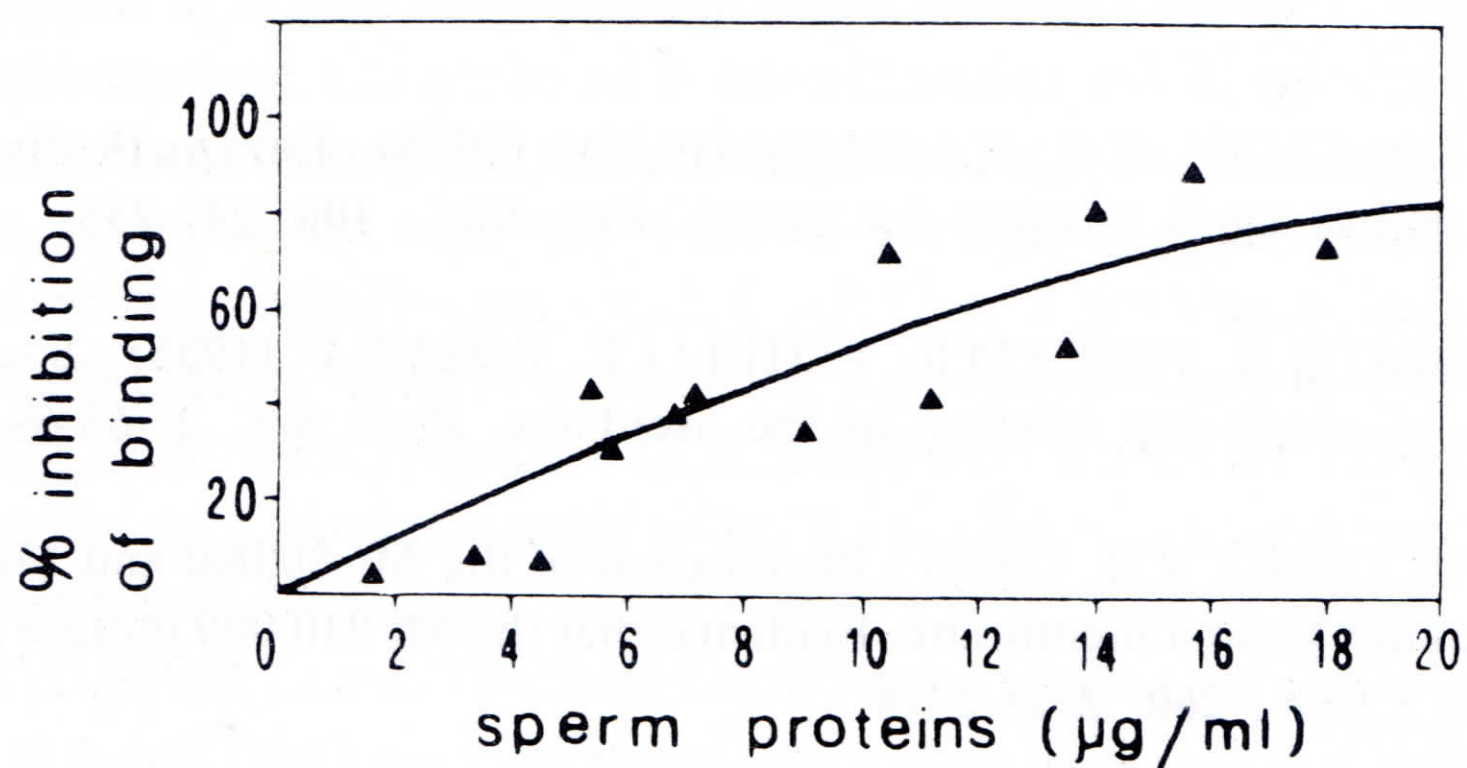


Fig. 3 - Inibizione dell'attacco degli spermatozoi all'IV dopo incubazione delle uova con concentrazioni crescenti di proteine eluite dalla colonna di Con A-agarosio.



zione (CASAZZA *et al.*, 1988). Inoltre, dagli spermatozoi di *Ciona intestinalis*, è stata isolata una  $\alpha$ -L-fucosidasi che interagisce con le FP dell'uovo nelle fasi iniziali dell'attacco (HOSHI *et al.*, 1985).

Le caratteristiche biochimiche e funzionali delle molecole coinvolte nell'interazione uovo-spermatozoo in *Ciona intestinalis* hanno forti analogie con quanto individuato in altri sistemi quali gli echinodermi ed i mammiferi (ROSSIGNOL *et al.*, 1984; FLORMAN *et al.*, 1984; PODELL & VACQUIER 1985; SHUR & HALL, 1982). I dati ottenuti suggeriscono che l'interazione spermatozoo-uovo è un processo a più tappe in cui intervengono diverse componenti molecolari, i cui meccanismi di interazione sono ancora da chiarire. Nel caso della *Ciona* e del topo è stato suggerito l'intervento di un meccanismo del tipo enzima-substrato nelle fasi iniziali dell'interazione fra gameti analogamente a quanto osservato in altri sistemi di interazione cellulare.

## Bibliografia

- CASAZZA G., DE SANTIS R., PINTO M.R. (1988) - Plasma membrane glycoproteins of *Ciona intestinalis* spermatozoa that interact with the egg. *Develop. Growth and Differ.*, 30 (2): 147-158.
- DE SANTIS R., JAMUNNO G., ROSATI F. (1980) - A study of the chorion and the follicle cells in relation to the sperm-egg interaction in the ascidian *Ciona intestinalis*. *Dev Biol.*, 74: 490-499.
- DE SANTIS R., PINTO M.R., COTELLI F., ROSATI F., MONROY A., D'ALESSIO G. (1983) - A fucosyl glycoprotein component with sperm receptor and sperm-activating activities from the vitelline coat of *Ciona intestinalis* eggs. *Exp. Cell Res.*, 148: 508-513.
- DE SANTIS R., PINTO M.R. (1987) - Isolation and partial characterization of a glycoprotein complex with sperm-receptor activity from *Ciona intestinalis* ovary. *Develop. Growth and Differ.*, 29: 617-625.
- FLORMAN H.M., BECHTOL K.B., WASSARMAN P.M. (1984) - Enzymatic dissection of the function of the mouse egg's receptor for sperm. *Dev. Biol.*, 106: 243-255.
- HOSHI M., DE SANTIS R., PINTO M.R., COTELLI R., ROSATI F. (1985) - Sperm glycosidases as mediators of sperm-egg binding in the ascidians. *Zool. Sci.*, 2: 65-69.
- PODELL S.B., VACQUIER V.D. (1985) - Purification of the Mr 80,000 and Mr 210,000 proteins of the sea urchin plasma membrane. Evidence that the Mr 210,000 protein interacts with egg jelly. *J. Biol. Chem.*, 260: 2715-2718.
- ROSATI F., DE SANTIS R. (1980) - Role of the surface carbohydrates in sperm-egg interaction in *Ciona intestinalis*. *Nature*, 283: 762-764.

ROSATI F., DE SANTIS R., MONROY A. (1978) - Studies on fertilization in the ascidians. II. Lectin binding to the gametes of *Ciona intestinalis*. *Exp. Cell Res.*, 116: 419-427.

ROSSIGNOL D.P., EARLES B.J., DECKER G.L., LENNARZ W.J. (1984) - Characterization of the sperm receptor on the surface of the eggs of *Strongylocentrotus purpuratus*. *Dev. Biol.*, 104: 308-321.

SHUR B.D., HALL N.G. (1982) - A role for mouse sperm surface galactosyltransferase in sperm binding to the egg zona pellucida. *J. Cell Biol.*, 95: 574-579.

A.G. COGNETTI\*

M. MAURI\*\*

E. ORLANDO\*

\* Istituto di Zoologia dell'Università, via Volta 4, 56100 Pisa (Italia)

\*\* Dipartimento di Biologia Animale dell'Università,  
via Università 4, 41100 Modena (Italia)

## CONCREZIONI CONTENENTI METALLI IN BIVALVI DI AREE MARINE INQUINATE

### Abstract

Renal concretions in *Donax* from the estuarine area of Arno

*Extracellular renal concretions have been studied in Donax sampled from four stations in the polluted estuarine area of the River Arno. Only Donax from stations closest to the River Arno show renal concretions. The presence of these nephroliths is accompanied by high levels of Mn and Cu in the soft body. Concretions examined by X-ray microanalysis show phosphate-like minerals rich in Ca, Mn, P with Cu, Zn, and poor in Fe.*

**Key-words:** Pollution, environmental stress, renal concretion, heavy metals, detoxication.

La problematica della formazione di concrezioni solide che si formano in tessuti ed organi di molti molluschi lamellibranchi è stata affrontata da numerosi Autori (GEORGE, 1980; SIMKISS, 1976, etc). Gli studi hanno permesso di caratterizzarne la composizione e la struttura e talora le modalità di formazione. Rimane tuttavia oscuro in molti casi il significato che queste concrezioni hanno per l'organismo. Sono state fatte delle ipotesi sul ruolo svolto nella detossificazione di metalli pesanti, nella funzione tampone per i liquidi dell'organismo, nella riserva di ioni per processi di riparazione della conchiglia.

Questo studio fa parte di una più ampia indagine volta a stabilire l'influenza di stress ambientali derivanti dalla presenza di contaminanti nelle acque sulla formazione di concrezioni contenenti metalli pesanti. Come materiale sperimentale è stata utilizzata la specie *Donax trunculus* che, da studi precedenti, si presta molto bene a questo genere di studi. Le *Donax* infatti possono formare, quando opportunamente trattate in laboratorio, concrezioni renali contenenti metalli pesanti (MAURI & ORLANDO, 1982). Nella presente ricerca la presenza di concrezioni renali in *Donax*, prelevate in stazioni a distanza progressiva



dalla foce del fiume Arno, è stata messa in relazione alla quantità di Cu, Mn, Zn corporeo.

La raccolta di campioni di *Donax trunculus* è stata effettuata nel periodo maggio-agosto 1987 in quattro stazioni fissate a 100 m dalla linea di riva nella zona a Nord del fiume Arno e così disposte: la prima immediatamente a Nord della foce del fiume, le altre tre distanti dalla prima rispettivamente 1 km, 3 km, 20 km in direzione Nord.

L'analisi dei metalli è stata effettuata sulle intere parti molli, utilizzando pool di 10 individui: le concrezioni renali delle *Donax* sono state esaminate ed analizzate al microscopio elettronico a scansione con microsonda a raggi X. Le tecniche utilizzate per l'analisi dei metalli corporei e per l'analisi delle concrezioni sono state già descritte (MAURI & ORLANDO, 1982). I dati relativi alle concentrazioni di metalli sono stati elaborati mediante l'analisi della varianza.

Si sono ritrovate concrezioni renali solo nelle *Donax* delle prime tre stazioni, mentre alla stazione 4 gli esemplari presentavano reni pressoché privi di nefroliti.

Le concentrazioni di manganese corporeo non sono significativamente diverse nelle prime tre stazioni ma alla stazione 4 i valori risultano nettamente e significativamente più bassi (Fig. 1). Il rame corporeo decresce dalla prima alla

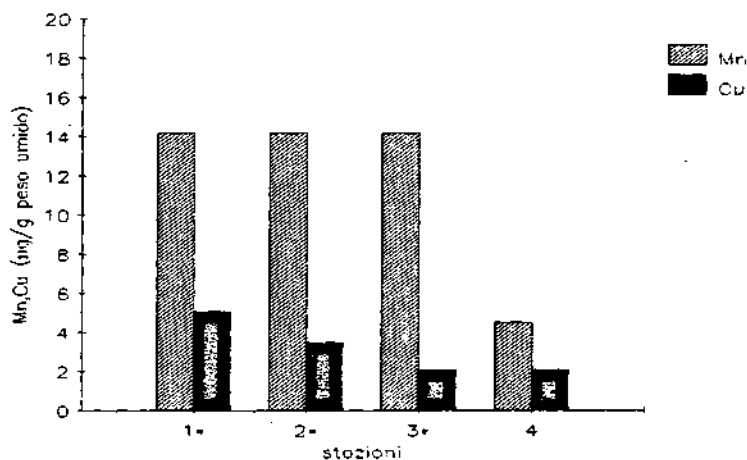


Fig. 1 - Concentrazioni di Mn e Cu in *Donax* della zona estuarina dell'Arno. (\* stazioni con *Donax* presentanti nefroliti).

seconda e dalla seconda alla terza stazione mentre le differenze tra la terza e la quarta stazione non sono significative. Le concentrazioni di zinco sono uguali in tutte e quattro le stazioni. Le concrezioni renali mostrano una struttura simile in tutte e tre le stazioni: la loro composizione (simile a quella delle fosfo-

riti) mostra fosfato legato al calcio e manganese. Rame e zinco sono presenti solo in tracce.

**Tab. 1** - Composizione  $\%$  in peso di alcuni elementi in concrezioni renali di *Donax* (tr.: tracce).

Elemento	P	Ca	Mn	Mg	Fe	Cu	Zn
%	14-17	11-15	9-16	2-3	tr.	tr.	tr.

La presenza di concrezioni renali in *Donax* della zona estuariale del fiume Arno appare legata alla distanza dalla foce. La presenza di concrezioni negli esemplari vicino alla foce si accompagna ad una maggiore quantità di Mn e Cu corporeo rispetto alle *Donax* della stazione più lontana che non presentano nefroliti. Mentre il Mn entra a far parte della composizione delle concrezioni, il Cu è presente in tracce.

## Bibliografia

GEORGE S.G. (1980) - Correlation of metal accumulation in mussels with mechanism of uptake, metabolism and detoxication: a review. *Thalassia Jugosl.*, 16 (2-4): 374-365.

MAURI M., ORLANDO E. (1982) - Experimental studies on renal concentrations in the wedge shell *Donax trunculus* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 63: 47-57.

SIMKISS K. (1976) - Intracellular and extracellular routes in biomineralization. In *Calcium in Biological System. Symp. Soc. Exp. Biol.*, XXX Cambridge University Press, Cambridge: 423-444.

E. FRANCO\* K.J. WITTMANN\*\* A.P. ARIANI\*\*\* G. VOICU\*\*\*\*

\* Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università  
Via Mezzocannone 8, 80134 Napoli (Italia)

\*\* Institut f. Allgemeine Biologie der Wiener Universität  
Schwarzspanierstrasse 17, A-1090 Wien (Austria)

\*\*\* Dipartimento di Zoologia dell'Università  
Via Mezzocannone 8, 80134 Napoli (Italia)

\*\*\*\* Str. Masina de Pîine 2, 72214 Bucuresti 10 (R.S. Romania)

## NUOVI DATI SULLA COMPOSIZIONE MINERALE DEGLI STATOLITI DEI MISIDACEI

### Abstract

Mineral composition of mysid statoliths

*The mineral composition of statoliths was studied in 74 species of Mysidae on a wide systematic and geographic range by means of X ray diffraction analysis. Besides already known types, mineralized with fluorite or vaterite (or calcite in fossil specimens), statoliths without any crystalline component were found. Correlations at an ecological, taxonomic, and biogeographic level are established. SEM microanalyses in 10 species indicate the presence of a large variety of elements, including heavy metals very rare in sea water such as Cr and Y.*

**Key-words:** Mysidacea, statoliths, mineral composition, biogeography, heavy metals.

Precedenti ricerche mediante diffrazione dei raggi X hanno evidenziato che gli statoliti dei Misidacei Mysidae sono mineralizzati, a seconda delle specie, con uno dei seguenti composti cristallini: fluorite ( $\text{CaF}_2$ ; LOWENSTAM & MCCONNELL, 1968); calcite ( $\text{CaCO}_3$  trigonale; Voicu, 1981) in esemplari fossili; vaterite ( $\text{CaCO}_3$  esagonale metastabile; ARIANI *et al.*, 1983) in alcune specie attuali. Il presente studio è stato programmato allo scopo di individuare altri eventuali tipi di corpi statici, e di stabilire possibili correlazioni tra la loro composizione e parametri ecologici, biogeografici e/o sistematici.

È stato pertanto esaminato materiale - altamente rappresentativo a livello tassonomico, ecologico e geografico - relativo a 83 popolazioni, 74 specie e 42 generi, materiale che è stato cortesemente fornito da vari membri del Mysid

Research Group; ad esso vanno aggiunti quattro campioni di statoliti fossili dal Miocene Superiore della Paratetide Orientale. Le analisi diffrattometriche a raggi X sono state eseguite su statoliti in toto mediante camera di Debye-Scherrer; per dieci specie, questo studio è stato integrato da microanalisi SEM computerizzata (sistema LINK AN 10000).

Oltre ai tipi già noti di statoliti ne sono stati individuati alcuni che all'analisi diffrattometrica risultano del tutto privi di costituenti cristallini, e che talune caratteristiche (consistenza molle, comparsa di rugosità e riduzione del diametro in seguito a disseccamento) fanno ritenere di natura prevalentemente organica; in effetti, essi richiamano la matrice organica sferoidale già identificata in statoliti di vaterite in via di sviluppo (ARIANI *et al.*, 1982). Tali statoliti privi di materiale cristallino sono stati riscontrati nel 7% delle specie, ed esclusivamente nei Boreomysinae e Rhopalophthalminae, due gruppi considerati primitivi tra i Mysidae.

Statoliti di fluorite sono stati messi in evidenza nel 78% delle specie esaminate, statoliti di vaterite nel 14%; il materiale fossile è risultato essere, ancora una volta, costituito di calcite. La Tab. 1 mostra che gli statoliti «organici» compaiono nell'ambiente marino di profondità e, in minor misura, in ambiente sal-

**Tab. 1** - *Distribuzione dei vari tipi di statoliti (% popolazioni) in differenti ambienti acquatici.*

	Acqua dolce	Ambiente salmastro	Ambiente marino 0-200 m	Ambiente marino 201-2000 m
<b>Statoliti organici</b>	0	17	0	83
<b>Fluorite</b>	5	12	49	34
<b>Vaterite</b>	50	33	17	0

mastro. La fluorite prevale negli ambienti marini mentre la vaterite appare maggiormente rappresentata nelle acque salmastre e dolci. Questa fase metastabile del  $\text{CaCO}_3$  è presente solo in alcune specie di due gruppi di generi, inclusi nella tribù Mysini, che possono essere indicati come «gruppo *Paramysis*» e «gruppo *Diamysis*»: taxa il cui centro di distribuzione si colloca nell'area del Mar Nero. Ciò collima con la presenza di statoliti calcarei, per altro composti di calcite, nei depositi miocenici della Paratetide salmastra. Considerando che la vaterite si trasforma spontaneamente, nel tempo, in calcite, è ragionevole ipotizzare una primitiva composizione vateritica degli statoliti fossili, e un'origine paratetidiana dei taxa attuali con statoliti di vaterite.

Le determinazioni microanalitiche riportate nella Tab. 2 indicano la presenza negli statoliti di una considerevole varietà di elementi. I Boreomysinae, i Rhopalophthalminae e alcuni Mysinae (*Erythropini batiali*) ne contengono il

maggior numero; vi si nota, pure, un'associazione costante Mg-S. Gli statoliti di vaterite mostrano, invece, la minore eterogeneità di composizione. Il reperto - relativo a vari tipi di corpi statici - di alcuni metalli pesanti particolarmente rari nell'acqua di mare, come Cr e Y, depone per un possibile ruolo dei Mysidae nella dinamica di tali elementi negli ambienti acquatici.

Tab. 2 - Elementi individuati mediante microanalisi\*.

Specie	Tipo di statolite	F	Na	Mg	Si	P	S	K	Ca	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Y
<i>Boreomysis megalops</i>	organico		+	+			+		+						
<i>Boreomysis microps</i>	organico			+	+		+			+	+	+			
<i>Rhopalophthalmus terranatalis</i>	organico			+			+		+		+		+		
<i>Katerythrops oceanae</i>	fluorite	○		○	○	○	○		○					○	
<i>Pseudomma latiphthalmum</i>	fluorite	○		○		○	○		○	○				○	
<i>Idiomysis tsumamali</i>	fluorite	○							○						○
<i>Paramysis arenosa</i>	fluorite	○						○	○						
<i>Paramysis lacustris</i>	vaterite					●	●		●				●		
<i>Schistomysis assimilis</i>	vaterite								●						●
<i>Limnomysis benedeni</i>	vaterite						●		●						

\* Non vengono presi in considerazione, per i limiti del metodo utilizzato, gli elementi di numero atomico < 9; inoltre, Al e Cl per possibile interferenza del supporto.

**Bibliografia**

ARIANI A.P., MARMO F., BALSAMO G., CESARO G., MARESCA N. (1982) - Prime osservazioni sullo sviluppo degli statoliti di Crostacei Misidacei. *Annuar. Ist. Mus. Zool. Univ. Napoli*, XXV: 328-341.

ARIANI A.P., MARMO R., BALSAMO G., FRANCO E., WITTMANN K. (1983) - The mineral composition of statoliths in relation to taxonomy and ecology in mysids. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, XXVIII, 6: 333-336.

LOWENSTAM H.A., McCONNELL D. (1968) - Biologic precipitation of fluorite. *Science*, CLXII: 1496-1498.

VOICU G. (1981) - Upper Miocene and Recent mysid statoliths in Central and Eastern Paratethys. *Micropaleontology*, XXVII: 227-247.

M. LEIS  
D. CAMPIONI

V.U. CECCHERELLI  
G. SBRENNIA

Istituto di Zoologia dell'Università,  
Via L. Borsari 43, 44100 Ferrara (Italia)

## SPERMATOGENESI IN *SCAPHARCA INAEQUIVALVIS* (MOLLUSCA, BIVALVIA)

### Abstract

Spermatogenesis of *Scapharca inaequalvis* (Mollusca - Bivalvia)

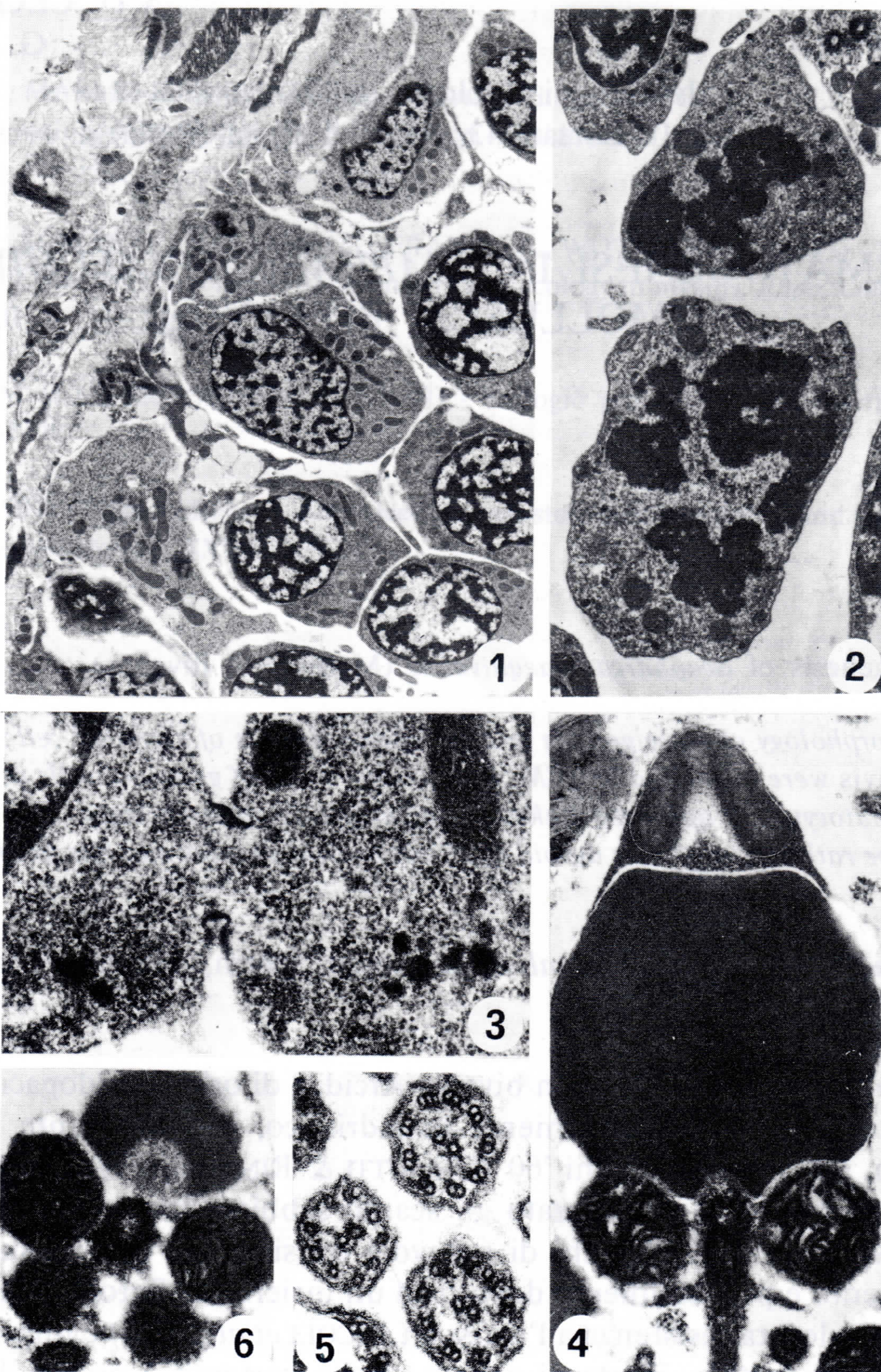
*The morphology of male gonads and the characteristics of germinal cells of Scapharca inaequalvis were examined at TEM. Follicles were full of germinal cells at different stages. Spermatocytes II appeared linked through cytoplasmic bridges. The sperm, which seems to be rather primitive, is devoid of mitochondrial sheaths and has five mitochondria.*

**Key-words:** *Scapharca inaequalvis*, acrosome, sperm, mitochondria, axoneme.

*Scapharca inaequalvis* è un bivalve Arcidae di origine indopacifica apparso in Mediterraneo, e particolarmente in Adriatico, probabilmente per apporto antropico, alla fine degli anni '60 (GHISOTTI & RINALDI, 1976). A partire dagli anni '70 la specie ha colonizzato gli scanni sabbiosi sommersi della Sacca di Goro dove ha formato banchi di notevole consistenza. Questo suo massiccio insediamento è probabilmente dovuto ad un insieme di fattori, tra i quali certamente una elevata resistenza all'anossia (ASCOLI *et al.*, 1982) e una sua specifica strategia riproduttiva. Scopo di questo studio pertanto è quello di descrivere l'organizzazione ultrastrutturale della gonade maschile così da ricostruire, in seguito, il ciclo riproduttivo di questo Arcidae.

La gonade maschile di *Scapharca* è suddivisa in numerosi follicoli di forma globulare che a maturità diventano irregolarmente poligonali. Nella parete dei follicoli, a diretto contatto con una lamina basale relativamente spessa, si notano cellule cubiche che, interdigitando ampiamente tra loro, costituiscono la parte esterna dei lobuli. All'interno le cellule germinali sono disposte in modo tale che il loro grado di maturazione va aumentando progressivamente procedendo verso il lume del follicolo (Fig. 1). Alla periferia si possono evidenziare gli spermatogoni che hanno nucleo con cromatina disposta a zolle, uno o due





Tav. 1 - Fig. 1: Sezione trasversale di un follicolo. Al disotto della parete si notano spermatogoni con nucleo rotondeggiante e cromatina a zolle. (5000 x).

Fig. 2: Spermatociti I. Il nucleo presenta cromatina dispersa e a ridosso delle membrana nucleare si può osservare un breve complesso sinaptinemale.

Fig. 3: Spermatociti II uniti da un ponte citoplasmatico. Tra il nucleo e la zona di giunzione si notano mitocondri e vescicole elettrondense. (34000 x).

Fig. 4: Sezione longitudinale di spermatozoo in cui si notano l'acrosoma, due mitocondri voluminosi e il tratto iniziale del flagello con i centrioli. (33500 x).

Fig. 5: Sessioni trasversali di flagelli nei quali si nota la tipica struttura '9 + 9 + 2' dell'assonema. (78000 x).

Fig. 6: Sezione leggermente obliqua della parte basale di uno spermatozoo nella quale si possono osservare 4 dei 5 mitocondri. (30000 x).



nucleoli e citoplasma ricco di mitocondri e ribosomi. Al di sotto si osservano gli Spermatociti I, cellule di taglia maggiore, il cui nucleo, col procedere della maturazione, mostra significativi cambiamenti di forma, mentre il citoplasma si impoverisce di organuli (Fig. 2). Gli Spermatociti II, anch'essi piuttosto grandi e di forma rotondeggiante, appaiono spesso connessi da ponti citoplasmatici (KUBO, 1977) (Fig. 3). Nel citoplasma sono visibili più complessi di Golgi ed il nucleo presenta ammassi di cromatina. Negli spermatidi sono già evidenziabili la vescicola acrosomiale in formazione, il nucleo con cromatina addensata ed il corpo basale del flagello. Lo spermatozoo maturo di *S. inaequalvis* ha un acrosoma formato da un involucro e da un tubulo acrosomiale al cui interno vi è una sostanza fibrillare ad orientamento longitudinale che costituisce il «bastoncino assiale» (Fig. 4). Al di sotto del nucleo, circondato da una sottile guaina di citoplasma, si evidenziano cinque mitocondri di forma globulare (Fig. 6). L'assonema ha la tipica struttura '9 + 9 + 2' (Fig. 5).

La fine morfologia dello spermatozoo di *S. inaequalvis* è molto simile a quella evidenziata in *Crassostrea virginica* (GALTSOFF & PHILPOTT, 1970) dalla quale si differenzia solo per le minori dimensioni della vescicola acrosomiale. È uno spermatozoo di tipo I, «primitivo» (ANDERSON *et al.*, 1970) per l'assenza delle guaine mitocondriali e per la localizzazione perimitocondriale del glicogeno.

## Bibliografia

- ANDERSON W.A., PERSONNE P. (1976) - The molluscan spermatozoan: dynamic aspects of its structure and function. *Am. Zool.*, 16: 93-313.
- ASCOLI F., CHIANCONE E., VERZILI D., ANTONINI E. (1984) - Emoproteine respiratorie di invertebrati. *Atti del primo incontro di biochimica marina*: 81-93.
- GALTSOFF P.S., PHILPOTT D.E. (1960) - Ultrastructure of the spermatozoan of the oyster *Crassostrea virginica*. *J. Ultrastr. Res.*, 3: 241-253.
- GHISOTTI F., RINALDI E. (1976) - Osservazioni sulla popolazione di *Scapharca insediatasi* in questi ultimi anni su un tratto del litorale romagnolo. *Conchiglie*, Milano, 12: 183-195.
- KUBO M. (1977) - The formation of a temporary-acrosome in the spermatozoan of *Laternula limicola* (Bivalvia, Mollusca). *J. Ultrastruct. Res.*, 61: 140-148.

A. PICA

M.C. GRIMALDI

Dipartimento di Biologia evolutiva e comparata, Facoltà di Scienze  
dell'Università, via Mezzocannone 8, 80134 Napoli (Italia)

## CONFRONTO TRA I GRANULOCITI DI ALCUNI ELASMOBRANCHI: GALEOMORFI, SQUALOMORFI E BATOIDEI

### Abstract

Granulocytes of some Elasmobranchs

*Granulocytes of the Elasmobranchs, Batoidea, Squalomorphii and Galeomorphii, present granules that may differ morphologically but not cytochemically. Neutrophilic granulocytes show rice-grain shaped or elongated or round and fine granules but they are always positive to aliesterase while eosinophilic granulocytes, which show rod-shaped or round granules, are positive to acid phosphatase and adenosintriphosphatase. A third type, called «heterophilic», present only in few species, show elongated hardly eosinophilic granules.*

**Key-words:** Granulocytes, Elasmobranchs, blood cells, hemocytochemistry.

### Introduzione

I granulociti degli Elasmobranchi costituiscono una popolazione cellulare abbastanza polimorfa; risulta, perciò difficile classificarli sulla base delle sole osservazioni morfologiche al m.o. ed al m.e. FÄNGE (1987) rileva le divergenze nella classificazione ematologica dei due-tre tipi di granulociti descritti dai vari autori (eosinofili, neutrofili e eterofili). HINE & WAIN (1987) descrivono al m.e. i granulociti di alcuni Squaliformi, Raiformi, Lamniformi e le positività citochimiche alla fosfatasi acida, esterasi e PAS.

Nell'ambito dei nostri studi sulle cellule ematiche degli elasmobranchi (PICA *et al.*, 1983; GRIMALDI *et al.*, 1983; D'IPPOLITO *et al.*, 1983, 1985; PICA & DELLA CORTE, 1987) abbiamo notato notevoli diversità morfologiche tra i granulociti sia neutrofili che eosinofili nelle varie specie.

In questa sede vengono espone nuove osservazioni al m.o. su specie non ancora studiate e confrontate fra di loro e con le specie precedentemente studiate (*Torpedo*, *Raja*, *Scyliorhinus*), anche citochimicamente.

## Risultati e conclusioni

I granulociti da noi rilevati sono i seguenti:

	gr. neutrofili		gr. eosinofili	
<b>Batoidei:</b>				
<i>Torpedo marmorata</i> , <i>T. ocellata</i>	tipo I	-	-	tipo II
<i>Raja asterias</i> , <i>Raja clavata</i>	tipo I	-	-	tipo II
<i>Dasyatis americana</i>	eter	tipo III	-	tipo II
<b>Squalomorfi:</b>				
<i>Oxynotus centrina</i>	-	tipo II	-	n.o.
<b>Galeomorfi:</b>				
<i>Scyliorhinus stellaris</i>	tipo I	tipo II	tipo I	tipo II
<i>Rhizoprionodon porosus</i>	tipo I	tipo II	tipo I	tipo II
<i>Galeocerdo cuvieri</i>	eter	-	tipo I	tipo II
<i>Isurus oxyrinchus</i>	eter	tipo III	-	tipo II
<i>Sphyrna lewini</i>	eter	tipo III	-	tipo II
<i>Carcharinus limbatus</i>	eter	tipo III	-	tipo II
<i>Ginglymostoma cirratum</i>	-	tipo II	-	tipo II

Neutrofili I (Fig. 1): granuli a «chicco di riso» o bastoncellari. Nucleo allungato, eccentrico.

Neutrofili II (Fig. 2): vacuoli sparsi, pochi granuli specifici. Nucleo lobato.

Neutrofili III (Fig. 3): fini granuli violetto. Nucleo rotondo, eccentrico.

Neutrofili eterofili: granuli bastoncellari appena eosinofili. Nucleo lobato.

Eosinofili I (Fig. 4): granuli allungati, con granulini rotondi. Nucleo allungato.

Eosinofili II (Fig. 5): grossi granuli bastoncellari eosinofili. Nucleo lobato.

\* Sono presenti anche granulociti tipo basofili con grossi granuli blu viola, vacuoli trasparenti. Nucleo rotondo.

n.o.: non osservati (probabilmente rotti nell'esecuzione dello striscio).



Tav. 1 - Granulociti degli Elasmobranchi. Ingr. Tot. 1200 X.

Fig. 1: gr. neutrofilo I; Fig. 2: gr. neutrofilo II; Fig. 3: gr. neutrofilo III; Fig. 4: gr. eosinofilo I; Fig. 5: gr. eosinofilo II.

In conclusione i neutrofili presentano granuli che differiscono in forma e quantità, ma con le stesse proprietà tintoriali con il May-Grünwald Giemsa e caratterizzati dalla stessa positività citochimica alla aliesterasi.

In alcune specie è presente un tipo con una lieve eosinofilia che, in accordo con gli altri AA., è stato denominato eterofilo. Gli eosinofili si presentano uguali in tutte le specie - eccetto in *Raja*, in cui i granuli sono rotondi - e sono tutti caratterizzati dalla positività alla fosfatasi acida ed alla adenosintrifosfatasi. In alcune specie vi è un tipo I piccolo e allungato che sembra essere una forma «giovane». Solo in un esemplare di *Galeocerdo* è presente un granulocito tipo-basofilo che deve essere studiato citochimicamente per una più esatta classificazione.

## Bibliografia

- D'IPPOLITO S., PICA A., GRIMALDI M.C., DELLA CORTE F. (1983) - I valori ematologici e le cellule del sangue delle razze (*Raja asterias* Delar e *Raja clavata* L.). *Arch. Ital. Anat. e Embriol.*, 88/3: 225-265.
- D'IPPOLITO S., PICA A., GRIMALDI M.C., DELLA CORTE F. (1985) - The blood cells and their precursors in the hemopoietic organs of the dogfish *Scyliorhinus stellaris* L. *Arch. Ital. Anat. e Embriol.*, 90/1: 31-46.
- FÄNGE R. (1987) - Lymphomyeloid system and blood cell morphology in elasmobranchs. *Arch. Biol. (Bruxelles)*, 98: 187-208.
- GRIMALDI M.C., D'IPPOLITO S., PICA A., DELLA CORTE F. (1983) - Cytochemical identification of the leukocytes of torpedoes (*Torpedo marmorata* Risso and *Torpedo ocellata* Rafinesque). *Bas. Appl. Histochem.*, 27: 311-317.
- HINE P.M., WAIN J.M. (1987) - Composition and ultrastructure of elasmobranch granulocytes. III. Sharks (Lamniformes). *J. Fish Biol.*, 30: 567-576.
- PICA A., GRIMALDI M.C., DELLA CORTE F. (1983) - The circulating blood cells of torpedoes (*T. marmorata* and *T. ocellata*). *Monit. zool. ital.*, 17: 353-374.
- PICA A., DELLA CORTE F. (1987) - Hemopoiesis, lymphomyeloid tissues, spleen and thymus of Torpedoes: in normal conditions and after treatment with cobamamide and folic acid. *Arch. Ital. Anat. e Embriol.*, 92/4: 1-12 (in press).

S. SCIPPA

G. IAZZETTI

II Cattedra di Istologia ed Embriologia, Facoltà di Scienze dell'Università,  
Via Mezzocannone 8, 80134 Napoli (Italia)  
Stazione Zoologica, Villa Comunale, 80121 Napoli (Italia)

## STUDIO ULTRAISTRUTTURALE SULLE CELLULE DEL SANGUE DELL'ASCIDIACEO *PHALLUSIA MAMMILLATA*

### Abstract

Ultrastructure of the blood cells of *P. mammillata*

*The ultrastructural features of the blood cells that accumulate vanadium in the ascidian Phallusia mammillata have been investigated. Lymphocytes, phagocytes, vacuolated amoebocytes, signet ring cells, compartment cells, morula cells or «vanadocytes», cells with reflecting disks, cells with acidic vacuoles and pigmented cells have been demonstrated. In addition, several new cell types have been observed, among which a variety of compartment cells and granular amoebocytes that, with the vacuolated amoebocytes and the signet ring cells, accumulate vanadium.*

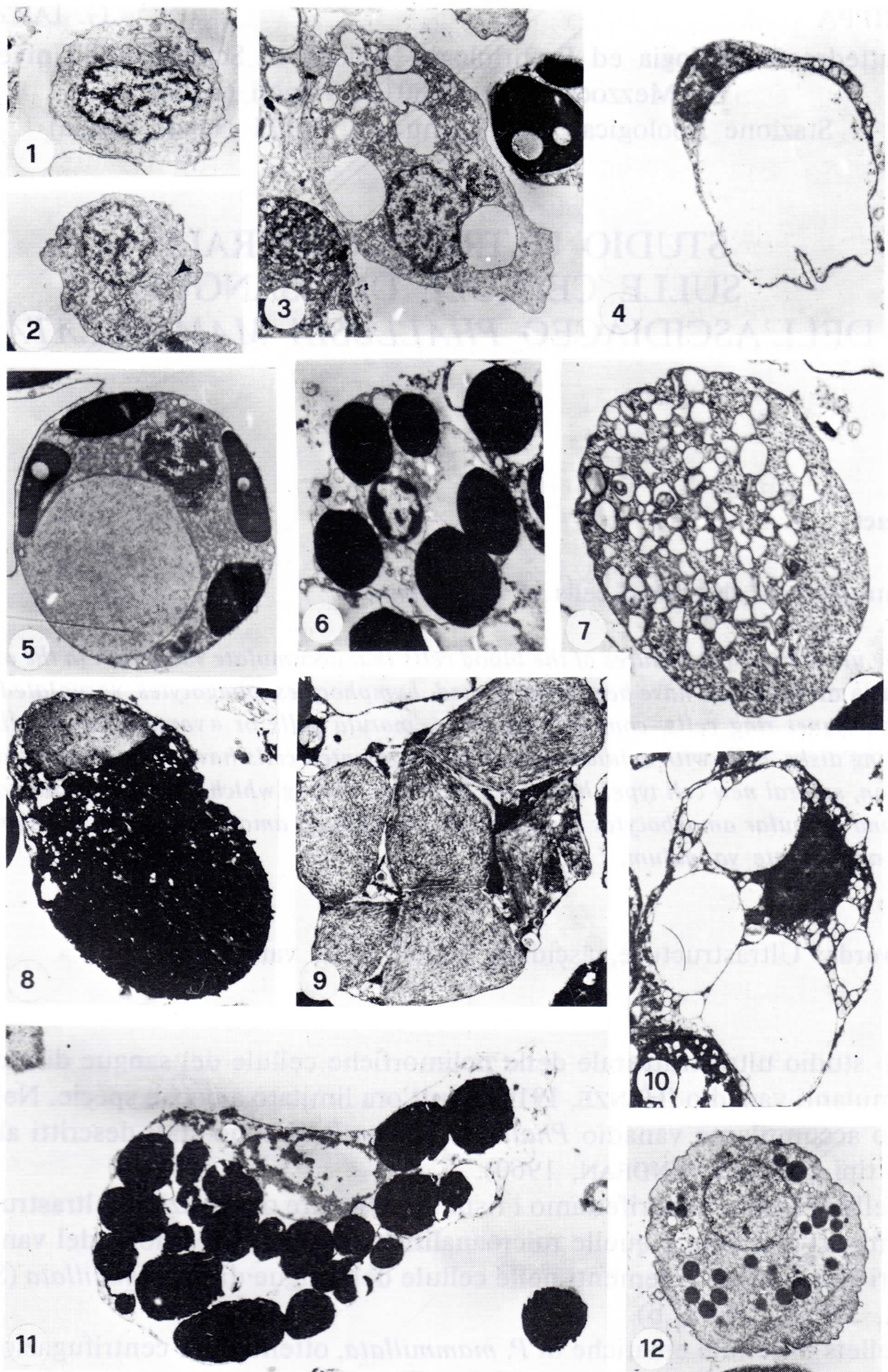
**Key-words:** Ultrastructure, ascidian, blood cells, vanadium.

Lo studio ultrastrutturale delle polimorfiche cellule del sangue di ascidiacei accumulanti vanadio (HENZE, 1911) è tutt'ora limitato a poche specie. Nell'ascidiaceo accumulante vanadio *Phallusia mammillata* sono stati descritti al M.O. nove tipi cellulari (ENDEAN, 1960).

Nella presente nota riferiamo i risultati di nostre osservazioni ultrastrutturali preliminari correlate a quelle microanalitiche sulla distribuzione del vanadio e di altri concomitanti elementi nelle cellule del sangue di *P. mammillata* (SCIPPA *et al.*, 1982a, 1985a, b).

Pellets di cellule ematiche di *P. mammillata*, ottenuti per centrifugazione del sangue a 1500 rpm per 10', sono stati prefissati con OsO<sub>4</sub> (0,05%) e glutaraldeide (4%) in tampone cacodilato 0,2 M, pH 7,1 con NaCl (0,2 M) e saccarosio (0,35 M) per 10', fissati con glutaraldeide (4%) nello stesso tampone per 20' e postfissati in OsO<sub>4</sub> (1%) nel medesimo tampone per 5'. L'ulteriore allestimento e le osservazioni al TEM sono state effettuate come precedentemente riportato (SCIPPA *et al.*, 1982b).





Tav. 1 - Micrografie di cellule del sangue di *Phallusia mammillata*.

Fig. 1: linfocita; Fig. 2: fagocita caratterizzato da un largo vacuolo (freccia); Fig. 3: amebocita vacuolato; Fig. 4: cellula univacuolata o « signet ring cell »; Fig. 5: cellula a compartimenti; Fig. 6: cellula a morula; Fig. 7: cellula con dischi riflettenti; Fig. 8: cellula con vacuolo acido; Fig. 9: cellula pigmentata; Fig. 10: cellula a compartimenti (II tipo); Fig. 11: amebocita granulare; Fig. 12: granulocita. 6000 x.



Sono stati identificati ultrastrutturalmente i tipi cellulari descritti al M.O. da ENDEAN (1960): linfociti (Fig. 1), fagociti (Fig. 2), amebociti vacuolati (Fig. 3), cellule univacuolate o ad anello (Fig. 4), cellule a compartimenti (Fig. 5), cellule a morula o «vanadociti» (Fig. 6), cellule a dischi riflettenti (Fig. 7), cellule a vacuolo acido (Fig. 8), e cellule pigmentate (Fig. 9). Inoltre sono stati osservati nuovi tipi cellulari tra cui cellule a compartimenti di II tipo (Fig. 10) che differiscono dalle prime (Fig. 5) per la non elettrodensità del contenuto vacuolare dopo trattamento con  $\text{OsO}_4$ , e granulociti (Figg. 11 e 12).

I risultati ultrastrutturali ottenuti costituiscono un supporto indispensabile nell'identificazione dei vari tipi cellulari per i paralleli studi microanalitici su cellule crio fissate di *P. mammillata*. Questi ultimi studi mostrano che le cellule accumulanti vanadio sono: amebociti granulari e vacuolati, cellule univacuolate e cellule a compartimenti di II tipo e non le cellule a morula che erano state indicate in letteratura con il termine di «vanadociti». Inoltre, accanto ad elementi come Na, Cl, S, Mg, K, e Ca, si possono riscontrare bassi valori di Br, anche se preferenziali di alcuni tipi cellulari (SCIPPA *et al.*, 1982a, 1985a, 1985b). Studi ultrastrutturali sulle cellule del sangue di *P. mammillata* durante lo sviluppo hanno mostrato che le cellule che accumulano vanadio nell'adulto si differenziano più precocemente rispetto ad altri tipi cellulari quali le cellule a morula e le classiche cellule a compartimenti (DE VINCENZIIS & SCIPPA, 1985; SCIPPA *et al.*, 1987).

## Bibliografia

- DE VINCENZIIS M., SCIPPA S. (1985) - Ultrastructural evidence of vanadium accumulating cell type in Ascidian metamorphosis. *Cell. Differ.*, 16 (suppl.): 127 S.
- ENDEAN R. (1960) - The blood cells of the Ascidian *Phallusia mammillata*. *Q. J. Microsc. Sci.*, 101: 177-197.
- HENZE M. (1911) - Untersuchungen über das Blut der Ascidien. I. Die Vanadiumbindung der Blutkörperchen. *Hoppe Seyler's Z. Physiol. Chem.*, 72: 494-501.
- SCIPPA S., BOTTE L., DE VINCENZIIS M., ZIEROLD K. (1982 a) - X-ray microanalysis of cryofixed blood cells of *Phallusia mammillata*. *Acta Embryol. Morphol. Exper. n.s.*, 3: XXII-XXIII.
- SCIPPA S., BOTTE L., DE VINCENZIIS M. (1982 b) - Ultrastructure and X-ray microanalysis of blood cells of *Ascidia malaca*. *Acta Zool.*, 63: 121-131.
- SCIPPA S., BOTTE L., ZIEROLD K., DE VINCENZIIS M. (1985 a) - X-ray microanalytical studies on cryofixed blood cells of the Ascidian *Phallusia mammillata*. *Cell. Tissue Res.*, 239: 459-461.

SCIPPA S., ZIEROLD K., DE VINCENZIIS M. (1985 b) - Microanalisi a raggi X sulle cellule ematiche dell'ascidiaceo *Phallusia mammillata*. *Microsc. Elettron.*, 6: A90.

SCIPPA S., IAZZETTI G., DE VINCENZIIS M. (1987) - Observations on the Ascidian *Phallusia mammillata* blood cells during development. *Acta Embryol. morphol. Exper. n.s.*, 8: in stampa.



M. SCISCIOLI

L. SCALERA LIACI

E. LEPORE

M. GHERARDI

Istituto di Zoologia e Anatomia Comparata dell'Università

Via Amendola 165/A, 70100 Bari (Italia)

## INDAGINE ULTRASTRUTTURALE SUGLI OVOCITI DI *ERYLUS DISCOPHORUS* (SCHMIDT) (PORIFERA, TETRACTINELLIDA)

### Abstract

Ultrastructural study of *Erylus discophorus* oocytes

*Mature oocytes of Erylus discophorus (Schmidt) studied at the ultrastructural level are surrounded by a collagen envelope and have an irregular shape with many pseudopods. Phagocytosis of large numbers of bacteria, which represent the principal source of nutrition for the egg, is made through the pseudopods. In addition, we suggest that these bacteria are transmitted via the oocytes to the following generation.*

**Key-words:** Porifera, ultrastructure, oocytes, bacteria.

In questa prima fase della ricerca abbiamo compiuto osservazioni sull'ovocita di *Erylus discophorus* (Schmidt). Questa specie, di cui già è stato definito il ciclo riproduttivo (SCALERA LIACI & SCISCIOLI, 1970), si riproduce nel periodo ottobre-dicembre (ciclo autunnale), presenta uova piccole, prive di cellule nutritive, è gonocorica ed ovipara. Gli studi di microscopia elettronica, condotti su campioni raccolti nell'autunno del 1986, ci hanno permesso di poter osservare solo cellule germinali femminili mature. I campioni raccolti in tale periodo, in stazioni del litorale pugliese, sono stati inclusi sia in paraffina che in resine epossidiche.

Gli ovociti maturi sono distribuiti uniformemente in tutto il mesoilo della spugna madre e presentano una maturazione sincrona, il loro diametro raggiunge dimensioni di 50-60  $\mu\text{m}$ , con un nucleo di 8-10  $\mu\text{m}$  ed un nucleolo di 3-4  $\mu\text{m}$ . All'esame ultrastrutturale l'ovocita si presenta disposto in una camera periovocitaria separata da poche cellule appiattite dal mesoilo materno. Nella camera si possono osservare sottili fibre di collagene e numerosi batteri. La cellula uovo presenta un grosso nucleo con cromatina finemente granulare con piccoli addensamenti in prossimità della membrana nucleare; il nucleolo mostra



Fig. 1 - Micrografia elettronica di un ovocita maturo di *Erylus discophorus* (Schmidt); n: nucleo, nu: nucleolo, iv: incluso vitellino, ps: pseudopodi, if: involucro follicolare, b: batteri.

una zona centrale meno elettron-densa. L' ooplasma si differenzia in due zone concentriche: una perinucleare ed una periferica. La zona perinucleare, più omogenea, presenta piccole vescicole chiare, vescicole cariche di materiale elettron-denso e vescicole con batteri in fase di digestione. La zona periferica è occupata da numerosi inclusi citoplasmatici di varie dimensioni; alcuni hanno un contenuto più omogeneo, elettron-denso, PAS positivo e di natura glicoproteica, altri sono più chiari, meno numerosi ed hanno contenuto lipidico. Fra questi inclusi è possibile osservare batteri liberi e batteri contenuti in vescicole. L'ooplasma periferico ha un contorno molto irregolare, con numerosi pseudopodi piccoli e sottili che hanno una notevole importanza nei processi di fagocitosi (Fig. 1). Infatti essi sembrano particolarmente impegnati nell' inglobare batteri che sono passati dal mesoilo materno nella camera periovocitaria. Una certa quantità di batteri sembra che siano digeriti dalla cellula e, pertanto, può essere attribuito ad essi un ruolo trofico nei confronti dell'ovocita. Un certo numero di cellule batteriche partecipa sicuramente alla formazione di inclusi vitellini. Un aspetto molto importante è determinato dal fatto che si notano anche batteri che restano intatti, alcuni dei quali in divisione, nell'interno della cellula uovo e che lasciano spazio all'ipotesi di una loro trasmissione ereditaria agli individui della nuova generazione. GALLISSIAN & VACELET (1976) hanno descritto alcuni processi che trovano conferma nelle nostre osservazioni.

In conclusione è possibile ipotizzare che i batteri giuochino un ruolo di estrema importanza per la nutrizione della cellula uovo per la formazione del vitello, ciò non esclude, tuttavia, che possano essere presenti altri meccanismi di vitellogenesi.

## Bibliografia

SCALERA LIACI L., SCISCIOLI M. (1970) - Il ciclo sessuale di *Erylus discophorus* (Schmidt) (Porifera Tetractinellida). *Riv. Biol.*, LXIII (2) (N.S. 23): 255-270.

GALLISSIAN M.F., VACELET J. (1976) - Ultrastructure de quelques stades de l' ovogenèse de spongiaires du genre *Verongia* (Dictyoceratida). *Ann. Sci. Naturelles Zool.*, 12 s., XVIII: 381-404.

*Finito di stampare il 16 novembre 1989  
nelle officine grafiche napoletane Francesco Giannini & Figli - S.p.A.*

# OEBAIA

## International Journal of Marine Biology and Oceanography Istituto Sperimentale Talassografico "A. Cerruti" - C.N.R. Taranto (Italy)

**Director:** S. GERACI

### Editorial Board

**M.** SARA (Genova) - **G.** RELINI (Genova) - **L.** SCALERA LIACI (Bari) - **P.** TONGIORGI (Modena) - **B.** BATTAGLIA (Padova) - **M.** TORCHIO (Pavia) - **V.** GALLUCCI (Seattle - U.S.A.) - **A.** MATARRESE (Bari) - **T.** SIMPSON (Hartford - U.S.A.) - **J.** VACELET (Marseille - France).

*Oebalia publishes original papers in the following fields of research:* marine biology, biochemistry of marine organisms, fisheries biology, ecology, physical and chemical oceanography, pollution.

*Mail must be addressed to* S. GERACI - Istituto Sperimentale Talassografico C.N.R. "A. Cerruti" - Via Roma, 3 - 74100 Taranto (Italy) - Tel. No. 099/25434.

*Editorial office secretary:* Miss M. FILIPPI.

### Instructions to Authors

Papers must be written in English.

The text should not exceed 25 pages, typewritten with double space, including illustrations and tables. Three copies are to be sent to the Editorial Office (1 original plus 2 photocopies). The Authors will bear the expenses for any extra pages. The text will follow this order:

*Author(s):* indicate the surname and the initial(s) for each Author and Co-author.

*Author's affiliation:* indicate the affiliation of each Author and Co-author including address, city, state and country.

*Title:* the title should be concise.

*Contracted title:* a synthesis of the title in 5 words maximum.

*Abstract:* a brief abstract of no more than 100 words.

**Key-words:** a maximum of 5. Preferably choose the key-words among those used by the Biological Abstracts.

*The text must include the following:* Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion and/or Conclusions, Acknowledgements, Summary of at least 30 lines, Summary in Italian.

*Bibliography:* each entry must take the form of the following: SABBADIN A. (1955) - Il ciclo biologico di *Botryllus schlosseri* (Pallas) (Ascidacea) nella laguna di Venezia. *Arch. Ocean. Limnol.* X, 3: 217-230 (underline once the name of the Journal, twice the number of the Volume). The references cited in the text must be written in brackets, with the name of the Authors in capital letters, followed by the year of publication: e.g. (VACELET, 1969; RYLAND J.S. & STEBBING A.R.D., 1971) or VACELET (1969); RYLAND J.S. & STEBBING A.R.D. (1971), when needed. If the Authors are more than 2, they must be indicated by the Author, followed by *et al.* (e.g. (BOARDMAN *et al.*, (1979) or BOARDMAN *et al.* (1970), when needed.

*Tables:* each table should be typed on a separate sheet and numbered by Arabic numerals (e.g. Tab. 1, Tab. 2...).

*Illustrations:* line drawings should be the clearest possible and should be made with black ink. Sharp photographic reproductions of line drawings are acceptable. All other photos should contain the maximum contrast possible. Note the dimensions of the printed page: 20 x 13 cm. Indicate the reductions wanted. All illustrations will be numbered by Arabic numerals (Fig. 1, Fig. 2,...). The legends should be typed on a separate sheet.

Scientific terms of animal or plant species should be underlined, in order to be printed in italic.