

PUBBLICAZIONI
DELLA
STAZIONE ZOOLOGICA DI NAPOLI

VOLUME 37, 2° SUPPLEMENTO

ATTI
DEL 1° CONGRESSO DELLA SOCIETÀ ITALIANA
DI BIOLOGIA MARINA

Livorno 3-4-5 giugno 1969



STAZIONE ZOOLOGICA DI NAPOLI

1969

Comitato direttivo: G. BACCI, L. CALIFANO, P. DOHRN, G. MONTALENTI.

Comitato di consulenza: F. BALTZER (Bern), J. BRACHET (Bruxelles), G. CHIEFFI (Napoli),
T. GAMULIN (Dubrovnik), L. W. KLEINHOLZ (Portland), P. WEIB (New York),
R. WURMSER (Paris), J. Z. YOUNG (London).

Comitato di redazione: G. BONADUCE, G. C. CARRADA, F. CINELLI, E. FRESI.

Segreteria di redazione: G. PRINCIVALLI.

OSTRACODS AS ECOLOGICAL AND PALAEOECOLOGICAL INDICATORS

(Pubbl. Staz. Zool. Napoli, Suppl. 33, 1964, pp. 612)

Price: U.S. \$ 15,— (Lire 9.400)

An International Symposium sponsored by the ANTON and REINHARD DOHRN Foundation at the Stazione Zoologica di Napoli, June 10th-19, 1963. Chairman: Dr. HARBANS S. PURI, Florida Geological Survey, Tallahassee, Fla. U.S.A. Contributions by P. ASCOLI, R. H. BENSON, J. P. HARDING, G. HARTMANN, N. C. HULINGS, H. S. PURI, L. S. KORNICKER, K. G. MCKENZIE, J. NEALE, V. POKORNÝ, G. BONADUCE, J. MALLOY, A. RITTMANN, D. R. ROME, G. RUGGIERI, P. SANDBERG, I. G. SOHN, F. M. SWAIN, J. M. GILBY, and W. WAGNER.

FAUNA E FLORA DEL GOLFO DI NAPOLI

39. Monografia:

Anthomedusae/Athecatae (Hydrozoa, Cnidaria) of the Mediterranean

PART I CAPITATA

BY ANITA BRINCKMANN-VOSS

with

11 colour-plates drawn by ILONA RICHTER

EDIZIONE
DELLA
STAZIONE ZOOLOGICA DI NAPOLI

Prezzo: Ut. 22.000 (\$ 35.—)

PUBBLICATO IL 19-11-1971

PARTECIPANTI AL SIMPOSIO

Livorno 3-4-5 giugno 1969

ARENA dott. PASQUALE - Messina
ARRU dott.ssa ANDREINA - Sassari
BACCI prof. GUIDO - Torino
BADINO dott. GUIDO - Torino
BARILANI sig. ANTONIO - Roma
BARSOTTI sig. GIANFRANCO - Livorno
BASILE dott.ssa ANTONIA - Napoli
BATTAGLIA prof. BRUNO - Padova
BENAZZI prof. MARIO - Pisa
BERNHARD dott. MICHAEL - La Spezia
BERRINO sig. LEONARDO - Torino
BERTANI dott.ssa MARIA TERESA - Genova
BILIO dott. MARTIN - La Spezia
BINI prof. GIORGIO - Roma
BOLOGNARI prof. ARTURO - Messina
BONOMI dott. GIULIANO - Pallanza
BRANDI AURILI dott.ssa ANNA - Livorno
BRIGANTI sig. SALVATORE - Catania
BRUNETTI dott. RICCARDO - Padova
BRUZZONE dott. CARLO LORENZO - Genova
BURIGHEL dott. PAOLO - Padova
BUTA sig. GAETANO - Messina
CAMBINI dott. ENRICO - Pisa
CANALE dott. GABRIELE - Genova
CARLI dott.ssa ANNA MARIA - Genova
CAVALLARO dott. GUGLIELMO - Messina
CHIMENZ GUSO dott.ssa CARLA - Roma
CIACCAGLIA rag. SAMUELE - Torino
CIACCAGLIA rag. SILVANO - Torino
CINELLI dott. FRANCESCO - Napoli
COGNETTI prof. GIUSEPPE - Modena
COGNETTI VARRIALE dott.ssa ANNAMARIA -
Modena
COLOMBERA dott. DARIO - Padova
COMASCHI dott.ssa ALESSANDRA - Venezia
CRISAFI prof. PIETRO - Messina
CUSMAI dott. RAFFAELE - Roma
DE DOMENICO dott. EMILIO - Messina
DELLA CROCE prof. NORBERTO - Genova
DE MAIO prof. ARTURO - Napoli
DE SANCTIS dott. ing. VICTOR ALDO -
Roma
DONNINI dott. ing. PAOLO - Milano
FARNETI dott. FRANCESCO - Livorno
FAVA sig. GIANCARLO - Venezia
FIERRO prof. GIULIANO - Genova
FONTANA prof. ENRICO - Livorno
FOSSATO dott. VALENTINO - Venezia
FRANCHINI dott. ARIODANTE DARIO - Man-
tova
FRANCINI CORTI prof.ssa ELEONORA - Fi-
renze
FRANCO dott. PAOLO - Venezia
FRASSETTO dott. ROBERTO - Spezia
FRAU dott.ssa ANNA MARIA - Sassari
FRESI dott. EUGENIO - Napoli
GAINO dott.ssa ELDA - Genova
GANDOLFI dott. GILBERTO - Parma
GENOVESE dott. SEBASTIANO - Messina
GHIRARDELLI prof. ELVEZIO - Trieste
GHIRETTI prof. FRANCESCO - Padova
GIACHINI sig. CESARE - Livorno
GIANFORMA MATTEUCCI dott.ssa EDI - Li-
vorno
GRIMALDI dott. PIERO - Bari
GRIMALDI DE ZIO dott.ssa SUSANNA -
Bari
LABATE dott. MARIO - Bari
LANFRANCO dott.ssa MARINA - Torino
LAZZERETTO COLOMBERA dott.ssa IVANA -
Padova

LETTERIO dott. GUGLIELMO - Messina
 LEVI dott. DINO - Roma
 LODI dott. ELSO - Torino
 MAGAGNINI dott. GIAMPAOLO - Modena
 MAGAZZÙ dott. GIUSEPPE - Messina
 MAINARDI prof. DANILO - Parma
 MALTINI dott. RANIERO - Roma
 MANELLI prof. HARRY - Roma
 MARANO dott. GIOVANNI - Bari
 MARCHETTI dott. ROBERTO - Milano
 MARCHIONNI dott.ssa VALERIA - Torino
 MATTA dott. FRANCESCO - Roma
 MIOLETTI dott.ssa VIVIANA - Torino
 MOGGI prof. GUIDO - Firenze
 MOIO dott. LUIGI - Messina
 MONTALENTI prof. GIUSEPPE - Roma
 MONTECUCCHI dott. PIERCARLO - Pisa
 MORSELLI dott. IVANO - Modena
 MOZZI prof. CARLO - Padova
 NASSOGNE dott. ARMAND - La Spezia
 NEMESSI dott.ssa ROSANGELA - Genova
 NOBILI prof. RENZO - Pisa
 ONESTO dott.ssa EMMA - Napoli
 ORLANDO dott. ENZO - Modena
 PAGLIAI dott.ssa ANNA MARIA - Modena
 PANSINI dott. MAURIZIO - Genova
 PANTALEO prof. ing. MARIO - Roma
 PARENZAN prof. PIETRO - Taranto
 PASQUINI prof. PASQUALE - Roma
 PATANE' prof. LUIGI - Catania
 PEDENIVI dott.ssa CLOTILDE - La Spezia
 PERONI dott. CORRADO - La Spezia
 PICCHETTI prof. GUIDO - Napoli
 PICCINETTI dott. CORRADO - Fano
 PICETTI dott.ssa GIUSEPPINA - Genova
 PIRO dott. ANGELO - La Spezia
 PULITZER FINALI dott. GUSTAVO - Bari
 RANZI prof. SILVIO - Milano
 RANZOLI prof. FULVIO - Catania
 RAZZAUTI prof. ALBERTO - Livorno
 RELINI dott. GIULIO - Genova
 RELINI ORSI dott.ssa LIDIA - Genova
 RICCI dott. GIANCARLO - Livorno
 ROCCA dott. EUGENIO - Napoli
 ROCCO VOLKMANN dott.ssa BRIGITTE -
 Venezia
 RODINÒ dott. EMANUELE - Padova
 ROSSI dott. ALESSANDRO - Parma
 ROSSI prof.ssa LUCIA - Torino
 RUFFINI prof.ssa MARIA LUISA - Torino
 RUFFO prof. SANDRO - Verona
 SABBADIN prof. ARMANDO - Padova
 SARA' prof. MICHELE - Bari
 SARA' dott. RAIMONDO - Palermo
 SCACCINI prof. ANDREA - Fano
 SCHREIBER prof. BRUNO - Parma
 SCOTTO DI CARLO dott. BRUNO - Napoli
 SELLA dott.ssa GABRIELLA - Torino
 SETTEPASSI sig. FRANCESCO - Roma
 SOLAINI dott. PIERO - Roma
 SORDI prof. MAURO - Livorno
 STAGNI dott.ssa ANNAMARIA - Bologna
 STEFANI prof. RENZO - Cagliari
 TALIERCIO dott. PIERO - Livorno
 TARAMELLI RIVOSECCHI dott.ssa ESTER -
 Roma
 TASSI PELATI dott.ssa LAURA - Parma
 TENERELLI prof. VITO - Catania
 TORTONESE prof. ENRICO - Genova
 TOTARO ALOJ prof.ssa EUGENIA - Napoli
 TRUCATTO sig. GIOVANNI - Torino
 TURLI prof. PASQUALE - Roma
 VANNINI prof. ENRICO - Bologna
 ZATTERA dott. ANTONIO - La Spezia
 ZUCCHI sig. AMEDEO - Livorno
 ZUNARELLI VANDINI dott.ssa RENATA -
 Modena

I N D I C E

MONTALENTI, G.: La biologia marina in Italia ieri e oggi.	pag. 5
AURISICCHIO, S., M. BERNHARD, O. LAVARELLO, C. PERONI e A. ZATTERA: Consistenza numerica ed attività metabolica dei batteri pelagici rivelata con l'autoradiografia (5 Figure).	» 16
BARSOTTI, G. e G. FRIULI: Contributo alla conoscenza della malacofauna dei fondi sublitorali dell'alto Tirreno (Mare toscano) (12 Figure).....»	31
BERNHARD, M., G. LOMI, G. RIPARBELLI, M. SALETTI e A. ZATTERA: Un metodo immunologico per la caratterizzazione del fitoplancton (2 Figure).....»	64
BERNHARD, M., L. RAMPI e A. ZATTERA: La distribuzione del fitoplancton nel Mar Ligure (12 Figure).	» 73
BILIO, M.: La variabilità fra pescate effettuate con la rete a strascico nel Mar Ligure (9 Figure).	» 115
BOLOGNARI, A.: Il battello « Colapesce » attrezzato per la idrografia e la pesca sperimentale.	» 132
BOLOGNARI, A. e G. CAVALLARO: Ispezione diretta del fondo marino per le indagini sulle biocenosi (1 Figura).	» 134
BRUNETTI, R. e P. BURIGHEL: Sviluppo dell'apparato vascolare coloniale in <i>Botryllus schlosseri</i> (PALLAS) (8 Figure).	» 137
COGNETTI, G. e P. TALIERCIO: Policheti indicatori dell'inquinamento delle acque (1 Figura).....»	149
CORMACI, M. : L'inversione del sesso in <i>Fissurella nubecula</i> L. (3 Figure).....»	155
CRISAFI, P. e L. GUGLIELMO: Sulla presenza di <i>Temora stylifera</i> DANA (COPEPODA, CYCLOPOIDA) nelle acque di Messina.	» 159
DELLA CROCE, N. and A. CHIARABINI : A suction pipe for sampling mid-water and bottom organisms in the sea.	» 165
GENOVESE, S. : Inquinamento batterico e potere autodepurante del mare.....»	166
HURE, J. e B. SCOTTO DI CARLO: Copepodi pelagici dell'Adriatico settentrionale nel periodo gennaio-dicembre 1965 (12 Figure).	» 173
MAGAZZÙ, G. : Primi risultati delle indagini fisico-chimiche lungo le coste orientali della Sicilia e meridionali della Calabria.	» 196
MAINARDI, D. e A. C. Rossi: La distribuzione delle attinie <i>Calliactis parasitica</i> in rapporto allo stato sociale nel paguro <i>Dardanus arrosor</i>»	200
NASSOGNE, A.: La coltura dei Copepodi in laboratorio (7 Figure).....»	203
NASSOGNE, A. e M. BERNHARD: Campionamento quantitativo di zooplancton con un campionatore ad alta velocità (Delfino) (11 Figure).....»	219
NOVIELLO, L. e E. ROCCA: Ricerche sul rame dell'epatopancreas di <i>Octopus vulgaris</i> LAMARCK (10 Figure).	» 237

OREL, G. e B. MENNEA: I popolamenti bentonici di alcuni tipi di fondo mobile del Golfo di Trieste (1 Figura).	pag. 261
PERONI, C.: Il metodo della tassonomia numerica applicato alla classificazione dei batteri pelagici del Mar Ligure (6 Figure).....»	277
PIRO, A. e G. Rossi: Determinazione dei nutrienti mediante Autoanalyzer.....»	290
PIRO, A., M. VERZI e C. PAPUCCI: L'importanza dello stato chimico-fisico degli elementi per l'accumulo negli organismi marini.....»	298
RELINI, G.: Attuali conoscenze sul «fouling» della Liguria (3 Figure).....»	311
RELINI, G. e S. GERACI: Controllo del «fouling» e comportamento di alcuni organismi marini nei confronti di sostanze tossiche (5 Figure).....»	317
RELINI, G. e L. RELINI ORSI: Alcuni aspetti dell'accrescimento dei Balani nel Porto di Genova (4 Figure).....»	327
SPECCHI, M.: Influenza della temperatura sulla microdistribuzione superficiale del plancton nel Golfo di Trieste (4 Figure).»	338
TARAMELLI RIVOSECCHI, E.: Ricerche sulle zoocenosi delle alghe fotofile e in particolare di <i>Halopteris scoparia</i> (L.) SAUV. a Tor Valdaliga (Civitavecchia) (4 Figure).....»	349
TARAMELLI RIVOSECCHI, E. e C. CHIMENZ GUSSO: Ricerche sugli organismi incrostanti del Porto di Civitavecchia.....»	359
TENERELLI, V.: Valore della protezione offerta ai Policheti Serpulidi dal tubo e dall'opercolo.....»	364
TORTONESE, E.: La fauna del Mediterraneo e i suoi rapporti con quelle dei mari vicini.....»	369
VOLTOLINA, D.: Distribuzione quantitativa e qualitativa del fitoplancton dell'Adriatico settentrionale nell'estate del 1965.....»	385
ZATTERA, A. e M. BERNHARD: L'importanza dello stato fisico-chimico degli elementi per l'accumulo negli organismi marini. II. Accumulo di zinco stabile e radioattivo in <i>Phaeodactylum tricorutum</i> (4 Figure).....»	386

La biologia marina in Italia ieri e oggi

di

GIUSEPPE MONTALENTI

(Dall'Istituto di Genetica dell'Università, Roma)

Per debito di verità storica, e non per malinteso spirito nazionalistico, si deve affermare che la biologia marina nacque, nel 700, prevalentemente per opera di scienziati italiani.

Il fondatore dell'oceanografia fisica e biologica è generalmente ricordato nella persona del conte Luigi Ferdinando Marsili, o Marsigli (1658-1730) di Bologna, singolare figura di gentiluomo, autodidatta, esploratore e scienziato, nonché uomo d'arme, che ebbe una vita avventurosa. Nel 1679 fece un viaggio fino a Costantinopoli, e, tornato in patria, pubblicò le *Osservazioni intorno al Bosforo Tracio, o vero Canale di Costantinopoli* (Roma, 1681), opera dedicata a Cristina di Svezia, e che, come afferma Francesco Vercelli, inizia una nuova epoca nella scienza del mare.

Marsigli si arruolò poi nell'esercito di Leopoldo I, imperatore d'Austria, combatté contro i Turchi, da cui fu fatto prigioniero, poi riscattato (1684). Anche in questo periodo di vita militare il Marsigli raccoglie documenti, libri, disegna la pianta di Buda, e compie osservazioni geofisiche ed idrografiche, che saranno esposte nell'opera monumentale: *Danubius Pannonico-Mysicus* (Amsterdam, 1725).

La carriera militare del Marsigli finì male: durante la guerra di successione di Spagna, fu comandato, in sottordine, alla difesa di Breisac, nel Baden. La città si arrese e il Marsigli fu posto in stato di accusa, venne degradato (aveva raggiunto il grado di generale) e gli vennero confiscati gli averi. Rientrò a Bologna nei primi anni del '700, dove, pur adoperandosi alacremente per la propria riabilitazione, si dedicò soprattutto agli studi e alla elaborazione del ricco materiale che aveva raccolto. Lasciò le sue collezioni all'Istituto delle Scienze, che egli fondò nel 1711, e che divenne poi l'Accademia delle Scienze di Bologna, tuttora vivente.

Fra il 1706 ed il 1708 Marsigli si stabilisce a Cassis, piccolo villaggio sulla costa della Provenza e si dedica allo studio della « natura delle acque del mare, e dei suoi diversi movimenti; della differenza dei fondi del mare che mi sembrano aver rapporto colla struttura delle montagne, di alcuni effetti che producono i venti sopra queste acque, della natura dei pesci sviluppata per mezzo dell'analisi, della vegetazione delle piante che crescono nel fondo del mare » (da una sua lettera all'abate Bignon).

Nel 1725 pubblicò ad Amsterdam la: *Histoire physique de la mer*, che è giudicato da Francesco Vercelli come: « il primo trattato di oceanografia, nel senso moderno, trattato originale e denso di risultati in parte nuovi, fondati sull'osservazione e sull'esperienza, apparso in un'epoca in cui la leggenda, gli errori e le incontrollate credenze costituivano la prevalente mole delle conoscenze fisiche e biologiche marine ».

A proposito delle piante che vegetano in fondo al mare, nel 1706 il Marsigli, in una memoria presentata alla Académie des Sciences di Parigi, descrisse i « fiori » bianchi che si vedono uscire dai ramoscelli di corallo, se lasciati tranquilli nell'acqua di mare per qualche ora. A quel tempo non si sapeva che cosa pensare sulla natura del corallo, di cui si conosceva soltanto lo scheletro delle colonie, usato a scopo ornamentale: era una pianta pietrificata, o una pianta tuttora vivente, di consistenza lapidea?

Il medico e naturalista Jean-Antoine Peyssonnel di Marsiglia ripeté nel 1723 le osservazioni del Marsigli, ma comprese che non si trattava di fiori, bensì di animali: « un insecte semblable à une petite ortie (*attinia*) ou à un poulpe (*polipo*) ».

Ne scrisse al grande Réaumur, il quale ritenne la cosa tanto insensata da sconsigliare la pubblicazione del lavoro, il cui manoscritto si conserva ancora, inedito, al Muséum di Parigi. Alcuni anni dopo però il naturalista ginevrino Abraham Trembley comunicò al Réaumur la sua scoperta dell'idra d'acqua dolce, che pubblicò a Leida nel 1744. Réaumur cominciò a dubitare di essere stato troppo precipitoso nella negazione ed invitò due naturalisti, Bernard de Jussieu, botanico e Jean-Etienne Guettard, geologo, a controllare le osservazioni del medico marsigliese. Queste furono riconosciute esatte e nel 1742 il Réaumur proclamò solennemente la natura animale del corallo.

Il mare cominciava a svelare i suoi segreti, e i naturalisti contribuivano a sfatare le leggende, come l'esistenza del pesce monaco, con tanto di tonaca, e del pesce vescovo con tanto di mitria, che ancora erano spacciate per buone in molti testi di zoologia. Nella seconda metà del settecento parecchi naturalisti, fra cui primeggiano gli italiani, si appassionarono allo studio degli animali marini.

Come primo della serie citerò il grande nome di Lazzaro Spallanzani (1729-1799), che eseguì osservazioni sia nell'Adriatico, sia nel Tirreno, sulle cui sponde, a Portovenere nel golfo della Spezia, installò un laboratorio. Spallanzani si dichiarò favorevole alla natura animale del corallo, argomento che nel 1784 era ancora discusso, e riconosce che i singoli polipi non sono indipendenti, ma uniti l'uno all'altro. Studia il moto progressivo di vari animali, ed in particolare del riccio marino, osserva le abitudini del paguro Bernardo, e compie numerose altre osservazioni sugli animali marini.

Giuseppe Olivi di Chioggia (1769-1795) morto di consunzione a soli 26 anni,

scrisse la celebre *Zoologia Adriatica, ossia catalogo ragionato degli animali del Golfo e della Laguna di Venezia* (Bassano, 1792) la quale non soltanto precorre gli studi di faunistica e di biologia marina, ma anche le ricerche biometriche. Un capitolo in appendice a tale opera intitolato: *Saggio sulla proporzionalità trovata nell'accrescimento dei granchi, delle conchiglie e dei pesci*, tratta dell'accrescimento relativo degli organi, argomento che fu studiato adeguatamente soltanto nel nostro secolo. Il *Saggio* è stato ristampato da M. Boldrini nel suo trattato: *Biometrica* (Padova, 1928).

Giuseppe Saverio Poli di Molfetta (1746-1825) professore di fisica nel collegio medico degli Incurabili di Napoli, pubblicò nel 1791 una splendida opera in folio con tipi bodoniani dal titolo *Testacea utriusque Siciliae*. Il nome del Poli, com'è noto, è legato alla scoperta delle vescicole interradiali del sistema acquifero degli Echinodermi.

Anche a Napoli visse Filippo Cavolini, zoologo e botanico (1756-1810) che installò un laboratorio nella propria villa a Posillipo ed eseguì numerose ricerche su piante e animali marini. Nel 1808 fu chiamato ad insegnare « teoria generale della storia naturale » all'Ateneo Napoletano. Soprattutto importanti sono le sue memorie sulla struttura del corallo, della gorgonia, di varie madre-pore e le ricerche sulla generazione dei pesci e dei granchi, sulle fanerogame marine del gen. *Zostera*. Le opere del Cavolini furono ristampate a Napoli nel centenario della sua morte, 1910.

Questi sono i primi approcci alla conoscenza della biologia marina, limitata, come si vede alla fauna ed alla flora neritica, o del benthos costiero. Nel sec. XIX gli studiosi si lanciano alla vera e propria scoperta del mare e cominciano a svelare quelli che fino allora erano stati i suoi misteri.

Alcune nazioni, in particolare l'Inghilterra e la Francia, armano navi destinate all'esplorazione delle terre e dei mari, soprattutto nell'emisfero australe, seguendo l'esempio della famosa nave « Endeavour » comandata dal capitano Cook, che già nella seconda metà del '700 aveva compiuto le famose esplorazioni. Alle prime esplorazioni della « Endeavour » partecipò Sir Joseph Banks, finanziatore dell'impresa, che per lunghi anni fu poi Presidente della Royal Society di Londra.

A molte spedizioni, che si proponevano soprattutto l'esplorazione di nuove terre, presero parte naturalisti qualificati: a tutti sovviene, a questo proposito, il gran nome di Darwin, che partecipò al viaggio di circumnavigazione del brigantino « Beagle », dal 1832 al 1835.

Fra le spedizioni che maggiormente contribuirono alla conoscenza della fauna marina, si possono ricordare quelle organizzate dall'Institut de France con le navi « Géographie », « Naturaliste » e « Casuarine » (1800) che aveva con sé i naturalisti F. Péron e Ch. A. Lesueur; l'altra con le navi « Uranie » e « Physicienne » (1817-1820) con Quoy e Gaimard; il famoso viaggio dell'« Astrolabe »

(1826-29) ancora con Quoy e Gaimard. Gli inglesi armarono la famosa spedizione dell'« Erebus » e « Terror » (1839-1843), con a bordo il celebre botanico David Hooker, quella del « Lightning » e del « Porcupine ».

Nel 1818 un navigatore inglese, John Ross, aveva tratto da 1800 metri di profondità uno scandaglio a cui era aggrappato un ofiuroido: *Astrophyton*. Era la prima avvisaglia dell'esistenza di una fauna abissale. E. Forbes, pochi anni dopo, diede inizio agli studi sulla distribuzione della fauna marina.

Si rendeva ormai necessaria un'esplorazione sistematica dei mari: dei mari aperti, e non soltanto delle acque costiere, con navi convenientemente attrezzate.

L'Inghilterra, grande potenza marinara, diede il primo esempio. Come tutti sanno, la spedizione che inaugura un'era nuova nella oceanografia è quella della pirocorvetta « Challenger », promossa dalla Royal Society di Londra. Dopo due anni di preparazione la nave « Challenger » salpò nel dicembre 1872 e incrociò per quasi un anno l'Atlantico, poi entrò nell'Oceano Indiano percorse il Pacifico Occidentale dalla Nuova Zelanda al Giappone, di lì al Chile, e, rientrata nell'Atlantico per lo stretto di Magellano, ritornò in Inghilterra nel maggio del 1876. La direzione scientifica della spedizione era affidata a Wyville Thompson, con l'assistenza di altri cinque scienziati, fra cui i biologi John Murray e H. N. Moseley. Tutti nomi ben noti ai biologi.

I risultati di questa, che fu una delle più notevoli imprese scientifiche del secolo, furono grandiosi. Sono esposti nell'opera monumentale diretta da Wyville Thompson, e poi, dopo la sua morte, dal Murray: *Reports of the scientific results of the voyage of H. M. S. « Challenger »*, che consta di 50 grossi volumi pubblicati fra il 1880 e il 1895, a cui collaborarono scienziati di tutto il mondo. La parte zoologica occupa 40 volumi; quella botanica due.

Ebbe così inizio l'era delle spedizioni oceanografiche: molte nazioni fecero a gara nel mettere in mare navi convenientemente attrezzate per lo studio fisico e biologico degli oceani. Ricorderò soltanto di sfuggita alcuni nomi che sono densi di significato per chi abbia qualche dimestichezza con la oceanografia e la biologia marina: spedizioni del « Blake » e « Albatross », americane, sotto la guida di L. Agassiz (1877-1900); la Plankton Expedition del « National », tedesca; quella della nave « Belgica » nei mari antartici; quella della « Valdivia » (Tiefsee Expedition), tedesca, nell'Atlantico, con lo zoologo C. Chun; la « Siboga » olandese nelle acque che bagnano le Indie Olandesi (1899-1900); quella del « Michael Sars » norvegese, nell'Atlantico settentrionale, ecc.

L'Italia, la piccola Italia che fra il 1861 e il 1870 si era affacciata come Regno d'Italia nell'arengo internazionale, entrò anch'essa bravamente nella competizione. Nel 1865 la fregata « Magenta » della R. Marina iniziò un viaggio di circumnavigazione che durò 3 anni. Recava a bordo un naturalista di grande valore, Filippo de Filippi, professore di zoologia all'Università di Torino, che purtroppo non fece ritorno in patria: morì di colera a Hong Kong nel 1867. Negli

anni 1882-1885 la pirocorvetta della R. Marina « Vettor Pisani » compì un viaggio di circumnavigazione al comando del capitano Palumbo; il compito delle raccolte zoologiche fu affidato al tenente G. Chierchia, ed il materiale raccolto fu poi studiato da diversi specialisti.

Di importanza maggiore furono i risultati delle crociere nel Mediterraneo della R. N. «Washington», (1881-82-83), sotto la guida di Enrico Hillyer Giglioli, professore di zoologia all'Istituto di Studi Superiori di Firenze. Il Giglioli dimostrò l'esistenza di una fauna abissale piuttosto ricca anche nelle profondità del Mediterraneo, cosa che alcuni autori avevano negato. Le collezioni ittologiche del Giglioli, com'è noto, costituiscono una parte molto importante della Collezione centrale dei Vertebrati Italiani, da lui fondata presso il Museo di Zoologia di Firenze.

Le spedizioni successive a queste della fine dell'800 furono meno numerose; ma alcune hanno grande importanza, come quella danese del «Thor» (1908-1910) sotto la direzione di G. Schmidt, quella della nave «Dana» (1920-22, 1928-30) anche dirette dallo Schmidt, che studiò specialmente la biologia delle anguille; la spedizione inglese del «Discovery», quella americana del «Carnegie», ecc. In questo ambito rientra la spedizione italiana della R. N. «Magnaghi» nel Mar Rosso (1928-29).

Nella seconda metà dell'800, contemporaneamente allo sviluppo delle grandi spedizioni oceanografiche, con navi opportunamente attrezzate per ricerche fisiche e biologiche, si fondano speciali laboratori a terra: le stazioni zoologiche, e biologiche.

Di queste, com'è risaputo, è prototipo la Stazione di Napoli, aperta nel 1872, che, se non la prima in ordine cronologico (fu infatti preceduta dai laboratori di Concarneau (1859) e di Arcachon (1863) in Francia) fu indubbiamente la più importante, per l'ampia visuale scientifica con cui Anton Dohrn la concepì e per il carattere internazionale che le diede fin dall'inizio. Sul modello della Stazione Zoologica di Napoli si costituirono numerosi altri istituti in diverse parti del mondo: il più importante è indubbiamente il Marine Biological Laboratory di Woods Hole negli Stati Uniti d'America, inaugurato nel 1886, la cui filiazione dalla Stazione di Napoli è espressamente affermata nella storia che del laboratorio di Woods Hole scrisse F. R. Lillie nel 1944.

La fondazione della Stazione Zoologica di Napoli segna un'importante data per lo sviluppo della biologia marina nel mondo, e in particolare per l'Italia. Offrendo possibilità di indagini eccezionalmente favorevoli, essa ha stimolato l'attività di ricerca in vari campi della biologia in Italia. Basterà che io ricordi, fra i tanti, limitandomi agli italiani, gli zoologi: Panceri, con le ricerche sugli animali luminosi; Trinchese, Della Valle (ricerche sugli Anfipodi); Emery con la monografia sul *Fierasfer*; Grassi, con i Muneroidi; Raffaele sull'embriologia dei Teleostei; Lo Bianco, uova e larve dei Teleostei, maturità

sessuale degli animali marini; Pierantoni, *Polygordius*; Diamare, Enriques, Radiolari; Issel sul plancton; e i fisiologi: Bottazzi, Baglioni, Quagliariello. Questi nomi richiamano alla memoria altrettante ricerche, alcune delle quali molto importanti, di biologia generale o di biologia marina.

La maggior parte di queste Stazioni Zoologiche, o laboratori di biologia marina non possono certo dirsi destinate a ricerche oceanografiche vere e proprie. A questo punto occorre cercare di dare risposta ad un quesito che sarà certamente sorto nella mente di molti degli ascoltatori: che cosa si intende per biologia marina, e in che cosa differisce essa dall'oceanografia biologica.

È difficile dare una esatta definizione dei due termini: in realtà una separazione netta non esiste. Alcuni si limitano a dire che la biologia marina si occupa prevalentemente delle forme viventi nelle acque costiere, l'oceanografia biologica delle forme di alto mare e abissali.

Senza tentare di dare una precisa definizione, là dove questa appare praticamente impossibile, mi limiterò a osservare che i motivi che ispirarono la fondazione della Stazione Zoologica di Napoli e di molti altri istituti analoghi sono stati non tanto la necessità di conoscere e descrivere gli organismi marini ed i loro modi di vita, quanto l'opportunità di farne oggetto di indagine dei problemi biologici che si studiano anche negli organismi terrestri: quindi problemi di embriologia, di morfologia comparata, di biochimica, di fisiologia, di ecologia, di genetica. Molte volte il materiale marino offre notevoli vantaggi rispetto a quello terrestre, perché si presta meglio all'indagine (per es. per vari problemi fisiologici, embriologici, biochimici) talvolta invece è svantaggioso, perché si presta meno bene (per es. per i problemi genetici). I risultati sono comunque sempre interessanti, perché, date le particolarità dell'ambiente marino, lo studio dei vari aspetti che in esso riveste la vita, contribuisce ad allargare di molto le nostre idee e arricchisce enormemente le conoscenze nel campo della biologia speciale e generale.

Citerò alcuni esempi di grandi scoperte, di notevoli ricerche di biologia generale eseguite su organismi marini. La fagocitosi fu scoperta da Elia Mečnikoff a Messina (1876) osservando il modo come cellule di vari invertebrati marini inglobano particelle solide. La totipotenza dei primi blastomeri di alcuni tipi di uova fu scoperta da H. Driesch (1893-1900) alla Stazione Zoologica di Napoli con i famosi esperimenti sulle uova di riccio di mare. Su questo stesso eccellente materiale d'indagine O. Warburg scoperse, alla Stazione Zoologica di Napoli (1910) gli enzimi della respirazione cellulare. E si potrebbe continuare con lunghissimi elenchi.

La biologia marina vera e propria, invece, pone l'accento sullo studio del mare, non si interessa tanto di problemi di biologia generale — come quelli a cui ho accennato — quanto alle condizioni dell'ambiente marino come am-

biente biologico, e agli aspetti morfologici, fisiologici, ecologici della vita del mare.

Ma ritorniamo al tema che mi sono proposto: gli sviluppi della biologia marina in Italia.

Nel 1909, sotto gli auspici della Società Italiana per il Progresso delle Scienze venne costituito il Comitato Talassografico, cui nel 1910 venne dato il rango di Ente Morale, con il nome di « R. Comitato Talassografico Italiano, con funzioni esecutive per lo studio fisico, chimico e biologico dei mari italiani, prevalentemente in rapporto alla industria della navigazione e della pesca, e per l'esplorazione dell'alta atmosfera nei riguardi della navigazione aerea ».

Massimo fautore della istituzione del Talassografico fu il matematico Senatore Vito Volterra, che sempre si era interessato di problemi di applicazione della matematica alle scienze sperimentali. Fra i biologi che ne fecero parte primeggia il nome di Battista Grassi.

Il Comitato Talassografico svolse un'attività intensa, e iniziò la pubblicazione di una serie di « Memorie » (che nel corso di poco più di 20 anni superarono le 200), che costituiscono una documentazione veramente imponente dell'attività degli studiosi italiani in questo campo. La memoria n. 1 è quella di Grassi sullo sviluppo dei Murenoidi, seguono poi, nel campo biologico, numerose memorie del Sanzo, sugli stadi di sviluppo di numerosi pesci teleostei, di Issel sul plancton, di Sella sulle migrazioni del tonno, di Remotti, De Toni, Brunelli, Colosi, Viali, Baldasseroni, Zavattari, Enriquez, D'Ancona e molti altri.

Il Comitato Talassografico pubblicò un Bollettino, sul quale dava notizia dei propri lavori, delle crociere che promuoveva, eccetera.

Nel 1929, con la costituzione del Consiglio Nazionale delle Ricerche, il Comitato Talassografico venne assorbito nel nuovo organismo e ne divenne uno dei Comitati Nazionali di Consulenza, conservando però l'appellativo di Regio Comitato Talassografico Italiano.

Fra le realizzazioni più importanti del Comitato Talassografico va ricordata la creazione dell'Istituto Sperimentale Talassografico di Messina, istituito nel 1913, inaugurato nel 1916, la cui direzione venne affidata a Luigi Sanzo, al quale succedette poi Antonio Spartà, che tuttora ne è il direttore.

Messina era una stazione ben nota agli zoologi (vi avevano lavorato fra gli altri Johannes Müller, E. Haeckel, Elia Mečnikoff e Antonio Dohrn l'aveva scelta in un primo tempo come sede di quell'istituto, che poi fondò invece a Napoli) e molto apprezzata per le meravigliose condizioni faunistiche dello stretto, alla cui superficie, ad opera di correnti, viene ad addensarsi un ricchissimo materiale pelagico, e affiora da grandi profondità marine un altrettanto ricco materiale abissale.

Anche nel 1913 fu creato a Taranto presso l'ispettorato tecnico per la mol-

luschicoltura un Laboratorio di biologia marina, destinato a compiere ricerche nella ostricoltura e nella mitilicoltura, che nel 1930 venne trasformato in Istituto Demaniale di Biologia Marina.

Nel 1918, al termine della prima guerra mondiale, il Comitato Talassografico organizzò a Venezia l'Istituto Sperimentale Talassografico di Trieste.

Questi tre istituti, di Messina, di Taranto e di Trieste, nel 1929 passarono alle dipendenze del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Questa risoluzione non si rivelò felice: il Consiglio delle Ricerche non aveva allora la possibilità di garantire un ruolo organico al personale, e l'efficienza scientifica di quei laboratori risentì gravemente di questo stato di cose. Dopo lunghe trattative, nel 1945, i tre istituti passarono alle dipendenze del Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, a cui faceva capo l'ufficio dei servizi della Pesca diretto da Gustavo Brunelli. Questo passaggio, se valse a garantire stabilità di carriera e regolarità di retribuzione al personale, non fu altrettanto favorevole allo sviluppo dell'attività scientifica.

Nel 1921, per opera di Gustavo Brunelli, fu creato il Laboratorio Centrale di Idrobiologia, con sede in Roma, per le ricerche scientifiche applicate alla pesca e per tutte le indagini relative all'incremento di tale industria. Anche questo Istituto ha svolto attività intensa e importante, come è dimostrato, fra l'altro dalla pubblicazione del periodico: « Bollettino di Pesca, Piscicoltura e Idrobiologia », il cui primo volume comparve nel 1925, e che continua tuttora a essere pubblicato.

Nell'intervallo fra le due guerre ebbe particolare sviluppo l'Istituto di Rovigo nell'Istria, col nome di Istituto Italo-Germanico di Biologia Marina, dove, come condirettore italiano, fu chiamato Massimo Sella.

Taccio di alcune iniziative minori, come il laboratorio di Quarto dei Mille, la Stazione di S. Bartolomeo a Cagliari, il laboratorio di Ganzirri presso Messina.

Vi erano dunque in Italia, fra il 1930 e il 1940, le premesse per un buon sviluppo degli studi di biologia marina, e di talassografia in genere. Era sperabile che una tradizione piuttosto elevata potesse essere degnamente continuata.

Invece non fu così, e poco prima, durante e dopo la seconda guerra mondiale queste ricerche andarono incontro ad una sensibile decadenza.

Poco dopo il trasferimento degli Istituti talassografici di Messina, Taranto e Trieste al Ministero dell'Agricoltura, il Presidente pro-tempore del CNR, G. Colonnetti decise di sopprimere il Comitato Talassografico, il quale in un primo tempo venne fuso in un unico Comitato con la Geografia e la Geologia. In seguito il nome Talassografico scomparve anche da quel Comitato. Né valsero le vigorose proteste di numerosi biologi: la decisione fu mantenuta. Così il Comitato Talassografico, che era stato in un certo senso il precursore del CNR, e che aveva una tradizione più che rispettabile, venne soppresso con un colpo di penna.

La pubblicazione delle memorie del Comitato Talassografico era già stata precedentemente sospesa; ma tale opera fu dignitosamente continuata con la fondazione dell' « Archivio di Oceanografia e Limnologia », pubblicato a cura del Centro di Studi Talassografici, di cui dirò fra poco.

Cessò anche la pubblicazione della « Bibliografia Oceanografica », cui era stato dato vita dal Mangini, che per lunghi anni fu segretario del Comitato Talassografico.

Nella ripresa dell'immediato dopoguerra non vi è dunque stato un adeguato sviluppo della oceanografia biologica, della biologia marina. Soprattutto lamentevole è il fatto che i giovani disertarono questo indirizzo di studi, tanto è vero che più di un concorso per borse di studio all'estero nel campo della Talassografia, è andato deserto.

Evidentemente non vi erano né centri di studio di tale importanza e vitalità da attirare i giovani, né, soprattutto, prospettive di carriera ragionevoli.

Di fronte a questo stato di cose, particolarmente grave in un Paese come il nostro, che ha un estesissimo sviluppo di coste, in un mare che offre molti interessanti aspetti di studio dei problemi biologici, il CNR cominciò a preoccuparsi e a prendere alcune buone iniziative.

Fin dal 1947, con una convenzione con l'Istituto di Studi Adriatici esistente a Venezia fu costituito un Centro Nazionale di Studi Talassografici, che è stato particolarmente potenziato quando la direzione venne affidata al D'Ancona, e che è ora diretto da B. Battaglia. Questo centro ha svolto un'attività molto notevole, soprattutto nel campo biologico, ed è in piena attività di lavoro.

Il CNR, costituì poi una commissione per l'Oceanografia, che, pur non avendo l'importanza e le attribuzioni di un Comitato di Consulenza, intende assumere le caratteristiche e prendere iniziative analoghe a quelle che aveva il Comitato Talassografico.

Il CNR, sotto la presidenza di G. Polvani, ha poi acquisito nel 1962 la nave « *Bannock* » e l'ha attrezzata per ricerche di Oceanografia fisica, chimica e biologica. La nave ha già compiuto parecchie crociere nel Mediterraneo. L'organizzazione dei suoi servizi è curata appunto dalla commissione Oceanografica cui ho fatto cenno. In seguito è stata acquistata una seconda nave, che si sta attualmente allestendo per la ricerca.

Attraverso la stessa Commissione il CNR provvede inoltre al finanziamento di parecchie iniziative singole, i cui programmi provengono da Istituti universitari, o da loro dipendenze (come la stazione di biologia marina di Fano, come il Centro Interuniversitario di Biologia Marina di Livorno e altri) o da Istituti non universitari (come la Stazione Zoologica di Napoli e altri).

Altri organismi, oltre al CNR e alle Università, hanno dato sviluppo ad alcuni settori di ricerca biologica nel mare. Da ricordare soprattutto il laboratorio di Fiascherino, istituito dal Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare,

con il compito di studiare l'inquinamento radioattivo del mare e i vari problemi connessi con il discarico delle scorie radioattive.

Si è dunque riaccesso oggi un certo fervore di ricerche di oceanografia biologica e di biologia marina. Non mi soffermerò qui ad elencare tutte le iniziative che sono sorte in diverse città d'Italia: sono numerose, e certamente rischierei di dimenticarne qualcuna.

Mi limito a prendere atto di questo rinnovato interesse per lo studio del mare e ad esprimere il più vivo compiacimento. Come ho detto, l'Italia è uno dei paesi più adatti a dare impulso a questo genere di ricerche, per la sua posizione geografica, per la varietà delle sue coste, per l'accessibilità dei mari che la circondano. Come forse non ho illustrato a sufficienza, essendomi impegolato in una elencazione un po' troppo burocratica di istituti e fondazioni, la biologia marina è un campo che può dare ancora ricchissima messe di importanti risultati sia nell'ambito della biologia pura, sia in quello della biologia applicata. Non mi sono intrattenuto a lungo su questo argomento anche perché le relazioni e le comunicazioni che udiremo oggi e nei prossimi giorni ce ne daranno ampia e documentata dimostrazione.

È di buon auspicio constatare che si sono intanto realizzate almeno alcune delle premesse necessarie per il risorgimento degli studi di biologia marina in Italia: oltre ai fatti cui ho testé accennato, vorrei ricordare la ristrutturazione della Stazione Zoologica di Napoli, e la costituzione del laboratorio di Ecologia ad Ischia, ambedue voluti da Pietro Dohrn e sviluppati in modo eccellente dal Commissario Prof. M. Pantaleo; l'istituzione del Centro interuniversitario di biologia marina, per iniziativa dei professori Bacci, Cognetti ed altri, che ha sede qui a Livorno, dove è da ammirare l'illuminata sollecitudine con cui il comune ha secondato prima l'opera instancabile del prof. Razzauti, pregiata e ammirata da tutti i biologi, e poi questa recente iniziativa.

Con ciò il numero dei posti di insegnamento pratico della biologia marina, il numero dei posti di ricerca vengono aumentati; con ciò i giovani potranno trovare maggiori e più agevoli disponibilità che non in passato.

A questa iniziativa — e ad altre che ho sottaciuto per ragioni di tempo — si aggiunge oggi il progetto di costituzione della Società di Biologia marina.

Anche questa io saluto con piacere e con un'aspettativa, che mi auguro non vada delusa. Le brevi storie che vi ho raccontato relative a molteplici eventi dimostrano — se ve ne fosse bisogno — quanto siano necessarie nel nostro Paese due cose: la continuità e la coordinazione. Due cose che sembrano irconciliabili con il carattere individualistico e poco disciplinato di noi italiani. In generale ciascuno, sicuro di possedere il sistema infallibile per migliorare la situazione, vuole innanzitutto distruggere ciò che esiste, per ricostruire di nuovo a modo suo. Ne abbiamo tanti esempi, che è superfluo ricordarli. Anche nel campo della biologia marina l'esemplificazione non scarseggia, ieri

e oggi. E i danni di questo scarso rispetto della tradizione e delle idee e dell'opera degli altri possono avere esito grave.

Mi auguro che la società che sorgerà in questi giorni, possa agire di concerto con la Commissione di oceanografia del CNR, per intensificare le azioni che siano già in corso, di cui sia riconosciuta l'opportunità, per promuoverne di nuove, là dove ciò si riveli necessario, per cercare di coordinare ed evitare di disperdere energie e denaro, come troppo spesso avviene nel nostro Paese.

In conclusione, sono oggi piuttosto ottimista sui futuri sviluppi della biologia marina in Italia. Quando, per preparare questa relazione, andavo esaminando e vagliando che cosa hanno fatto gli uomini delle generazioni che ci hanno preceduto, ogni tanto mi veniva da fare tanto di cappello, e da esclamare, col brioso poeta di questa contrada: « I nostri vecchi, quelli eran uomini! ».

Mi auguro, e auguro a tutti voi che i nostri nipoti, quando faranno la storia di questi nostri tempi travagliati e giudicheranno i lavori che avremo fatto, e valuteranno le tracce che tali lavori avranno lasciato nella storia, possano dire altrettanto di noi.

Prof. G. MONTALENTI, Istituto di Genetica, Università di Roma, Roma, Italia.

Consistenza numerica e di attività metaboliche dei batteri pelagici rivelata con l'autoradiografia *

di

S. AURISICCHIO, M. BERNHARD, O. LAVARELLO, C. PERONI e A. ZATTERA

(Dal Laboratorio di Cibernetica del C.N.R. - Arc. Felice, Napoli e dal Laboratorio per lo studio della contaminazione radioattiva del mare, C.N.E.N. - EURATOM, Fiascherino, La Spezia)

5 Figure

Summary. An autoradiographic method is described to detect the active metabolizing bacteria present in the marine environment. The method allows to avoid the disadvantages encountered by the traditional counting methods either viable or direct.

The results obtained by applying this method to the study of pelagic bacteria off the Liguria and the Gulf of Taranto are reported.

The number of bacteria found by the autoradiographic method is generally much higher than the number determined by the viable counting method commonly used.

At last the better accuracy of the autoradiographic method in comparison with the other methods is evaluated and the number and the metabolic activity of marine bacteria is discussed.

Riassunto. Viene descritto un metodo autoradiografico per rivelare i batteri metabolicamente attivi presenti nell'ambiente marino.

Il metodo permette di evitare gli inconvenienti che si riscontrano con i metodi usuali di conta sia vitali che diretti.

Sono riportati i risultati ottenuti con questo metodo applicato allo studio dei batteri pelagici del Mar Ligure e del Golfo di Taranto.

Il numero dei batteri trovati con il metodo autoradiografico è generalmente molto più alto del numero determinato con i metodi vitali comunemente usati.

Viene data l'ultima discussione sulla maggiore accuratezza del metodo autoradiografico in confronto agli altri metodi nella valutazione della consistenza numerica e dell'attività metabolica dei batteri marini.

INTRODUZIONE

Il ruolo che i batteri giocano nel mare, e più specificamente nella radio-contaminazione dell'ambiente, è presumibilmente legato alla loro capacità di mineralizzare la sostanza organica prodotta dagli organismi marini della quale la parte più cospicua è ridotta a forma inorganica attraverso tali processi

* Lavoro svolto nell'ambito del Contratto di Associazione C.N.E.N. - EURATOM.

(ZOBELL, 1946 ; SEKI , 1967 , 1968 ; MUNRO e BROCK , 1968 ; WILLIAMSON e ASKEW , 1968) . Gli ioni inorganici , compresi quelli dei radioisotopi , possono così diventare nuovamente essere accumulati dagli organismi autotrofici e reintrodotti nella catena alimentare. Assieme a tali ioni inorganici la sostanza rimanente viene utilizzata per la costruzione di nuova biomassa batterica , che a sua volta è di nuovo immessa nella catena alimentare allorché viene utilizzata come cibo da altri organismi marini. È questo l'altro ruolo fondamentale riconosciuto ai batteri marini (ZOBELL e FELTHAM , 1938 ; JORGENSEN , 1966) .

Per studiare e valutare l'entità dei processi di accumulazione e di mineralizzazione, visti anche sotto l'aspetto del metabolismo dei radioisotopi sia in forma libera che legata , occorre conoscere la consistenza numerica delle popolazioni batteriche marine metabolicamente attive .

L'analisi comparata delle contesupiastrae delle contedirette dimostra che non riusciamo a svelare come metabolizzanti soltanto un piccola parte (0,1-1 %) dei batteri presenti nell'ambiente marino (VAKSMAN e tal. , 1933 ; ZOBELL , 1946; KRISS , 1963) . Entrambe le contepresentano , comunque , considerevoli inconvenienti. Con la semina su piastra , si ha generalmente una sottostimazione del numero dei batteri presenti nel campione in quanto cellule associate con materiale particellato o riunite in catene danno origine ad una sola colonia ; inoltre, in un ambiente ristretto come la piastra possono manifestarsi effetti di antagonismo.

Infine, la composizione dei terreni di coltura non sarebbe adatta allo sviluppo di quelle specie batteriche che utilizzano come sostanza organica i prodotti di decomposizione e di rifiuto del fito e zooplancton (KRISS , 1963) .

Le contedirette invece danno , generalmente , una iperstimazione del numero di organismi presenti poiché non consentono di distinguere le cellule vive da quelle morte, senza considerare che anche detriti , frammenti vari , flagelli di organismi flagellati possono simulare la forma di una cellula batterica .

Per evitare tali errori di stimazione e contare invece solo le cellule metabolicamente attive nell'habitat naturale , BROCK e BROCK (1966) e MACLEOD e tal. (1966) hanno messo in evidenza l'utilità delle tecniche autoradiografiche .

HOLM-HANSEN e BOOTH (1965) e HAMILTON e HOLM-HANSEN (1967) hanno correlato la concentrazione di ATP alla quantità di cellule batteriche vive e presenti in campioni di acqua di mare .

Anche per gli scopi del lavoro qui presentato si è ritenuto utile usare una tecnica autoradiografica . Si è scelto come traccianti il ^{32}P sotto forma di ortofosfato, sia perché esso è accumulato dalla cellula con meccanismo attivo (PETRUS e tal. , 1961 ; KEPEL e COHEN , 1962 ; SIEGENTHALER e tal. , 1967 ; SHAPIRO , 1967) essendo essenziale per ogni tipo batterico , sia perché il suo spettro , caratterizzato dalla presenza di un'elevata quantità di radiazioni β capaci di ionizzare le emulsioni sensibili (AURISICCHIO e tal. , 1959 , 1961) .

Nel presente lavoro sono riportati i dati relativi alla contaconi metodici

comunemente usati e sono descritti un nuovo metodo autoradiografico e la sua applicazione allo studio della microflora batterica del mare Ligure e del Golfo di Taranto.

MATERIALI E METODI

Zona di campionamento: Come zona di campionamento nel mar Ligure è stata scelta la zona di mare aperto che si estende al largo delle « Cinque Terre » (BERNHARD et al., 1963) ed i prelievi sono stati effettuati durante le crociere scientifiche trimestrali del Laboratorio di Fiascherino. I campionamenti nel Golfo di Taranto sono stati effettuati al largo della costa lucana in corrispondenza della foce del fiume Sinni durante le crociere scientifiche del Laboratorio di Fiascherino « Taranto I e Taranto II ».

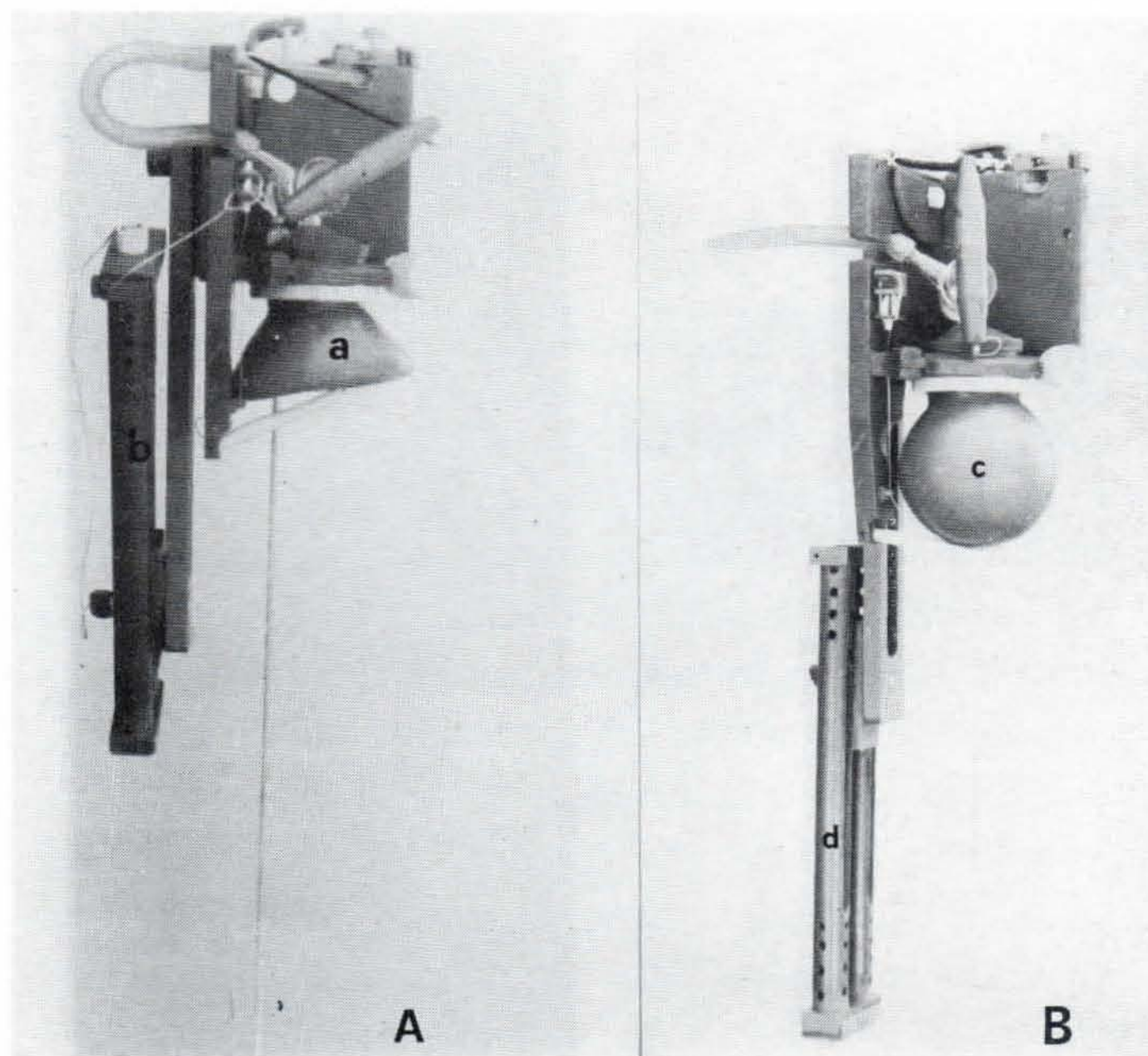


FIG. 1. Apparato di ZoBell modificato. A) prima di essere calato in mare per il prelievo. Sono visibili il contenitore di gomma schiacciato (a) e la coppia di termometri a rovesciamento (b). B) al ritorno in superficie dopo il prelievo del campione. Sono visibili il contenitore riempito (c) e la coppia di termometri capovolta (d).

Campionamento: I prelievi per i nostri esperimenti sono stati eseguiti con un apparato sul tipo di quello descritto da ZoBELL (1946), ed opportunamente modificato (Fig. 1). Esso, infatti, è corredato di un rubinetto che si chiude dopo il prelievo impedendo il mescolamento del campione con l'acqua degli strati attraversati durante la risalita. Inoltre, da ultimo vi è stata aggiunta anche una coppia di termometri a rovesciamento, uno protetto e uno non protetto, che si rovesciano soltanto quando e se il campione è stato prelevato.

L'apparecchiatura, costruita con materiali privi di tossicità (BERNHARD ZATTERA, 1970), consta di un sistema in PVC, sul quale è montato un contenitore di gomma artificiale al silicio e della capacità di 500 ml, contenente circa 45 ml di acqua distillata, munito alla sommità di un rubinetto sul quale si inserisce un tubo di gomma che termina con un capillare. Dopo sterilizzazione in autoclave a $1/2$ Atm per 20', il contenitore viene schiacciato per respellere l'aria, il capillare è chiuso alla fiamma e il tutto è montato sul supporto di PCV tenendo aperto il rubinetto tra il recipiente e il capillare, e calato in mare lungo il cavo di un verricello. Raggiunta la profondità voluta, un messenger lo lasciato cadere lungo il cavo, provoca la rottura del capillare e la liberazione di un secondo messenger che va a colpire un apparato analogo posto ad una profondità maggiore. Tramite la rottura del capillare, il contenitore e si riempie di acqua e, riassumendo l'originale forma rotonda, agisce su un alveolo che determina la chiusura del rubinetto e il rovesciamento dei termometri. Appena l'apparecchio è tratto a bordo, si chiude il tubo di gomma con una pinza di Hoffman e il campione, travasato sterilmente in un beuta sterile, è adoperato immediatamente per i diversi metodi di conta.

L'acqua distillata introdotta nel recipiente prima della sterilizzazione è necessaria per evitare che l'adesione tra le sue pareti, schiacciata dalla pressione, ne renda precario il riempimento alla profondità voluta.

Prove preliminari ci hanno assicurato che l'acqua distillata impiegata non aveva influenze negative sullo sviluppo dei batteri alla bassa concentrazione usata (vedi anche MACLEOD, 1965).

Onde accertare che l'apparato non fosse fonte di contaminazione per il campione raccolto, abbiamo usato il metodo di JANNASCHE e MADDUX (1966). Un ceppo (V_{16}), della nostra collezione, pigmentato di rosso è stato emulsionato in oli di vasellina F.U. Erba (dopo essere accertato che la vasellina non è tossica) e versato sull'apparato, che è stato poi immediatamente adoperato per la raccolta del campione, con il quale sono state seminate varie piastre. I risultati di due esperimenti dimostrano che la contaminazione dovuta all'apparato è trascurabile, dal momento che nessun colonia rossa si è sviluppata sulle piastre (Tab. 1).

TAB. 1.

Titolo del ceppo V_{16} in vasellina	Colonie del campione S W	Colonie del ceppo V_{16}
$5 \cdot 10^6$	4	0
$5 \cdot 10^6$	6	0

Metodi di conta: I metodi di conteggi culturali usati sono l'MPN e la semina su piastra. Il primo è stato condotto su 5 serie di sei provette ciascuna di terreno liquido seminate con volumi di campione progressivamente decrescenti per ciascuna serie (1 ml, 0,1 ml, 0,01 ml, ecc.). Dall'osservazione della presenza o assenza di crescita batterica nelle provette e dopo 15 giorni di incubazione a 18°C , si risale, tramite e appo-

site tabell e (Standard Method s for the Examination of Water, Sewage and Industrial Wastes, 1955), al numero più probabile di forme batteriche/ml di campione.

Il medium usato ha la seguente composizione:

Bacto-peptone Difco 5	g
Yeast extract Difco 1	g
(NH ₄) ₂ HPO ₄ Merck 0,0	1 g
FeCl ₃ · 6H ₂ O Merck 0,0	1 g
SW invecchiata 90	0 ml
Acqua distillata 10	0 ml
pH 7,8-	8

Per la semina su piastra è stato usato lo stesso medium reso solido con l'aggiunta di 15 g/l di Bacto-Agar Difco. Dodici ml di terreno vengono versati in una capsula di Petri avente un diametro di 95 mm e lasciati raffreddare. Indisi versa un ml del campione, che viene amalgamato con altri 12 ml di terreno previamente liquefatto e raffreddato a 43 °C in bagno termostatico. Il campione viene seminato a vari diluizioni e per ogni diluizione vengono fatte almeno due piastre. Dopo 1 settimana di incubazione a 18 °C vengono contate le colonie e sviluppatate nelle piastre, ottenendo la concentrazione e batterica del campione.

Siccome taluni e colonie e possono svilupparsi anche in mese dopo la semina, il tempo di incubazione è stato aumentato; ci è prova che nell'ambiente marino i batteri hanno gradi di metabolismo che possono essere molto diversi.

I campioni per le conte dirette vengono presi dallo stesso contenitore che è servito per le conte culturali. Essi vengono fissati poco dopo il prelievo con formaldeide al 4%, neutralizzata con aggiunta di Na borato. Dieci ml di campione vengono filtrati attraverso Membranfilter n. 14 (diametro dei pori = 200-300 mμ) e di il filtro lavato con 5 ml di una soluzione 29% di NaCl filtrata. Si fa asciugare la membrana, si colora per 15 minuti in carminio acetico, si lava e si asciuga di nuovo. Si monta la membrana in olio da immersione e si osserva a 2000 ingrandimenti a contrasto di fase. Con l'aiuto di un oculare a reticolo si contano le cellule presenti in almeno dieci campioni microscopici e si fa la media. Tenuto conto del volume filtrato, della superficie filtrante e della superficie dei campi, si risalirà al numero di microorganismi/ml di campione.

Procedura per gli esperimenti con ³²P: tra i campioni presi con il metodo descritto, alcuni sono seminati immediatamente a bordo per le conte su piastra e per l'MPN, altri riservati per le conte dirette, mentre 9 ml del campione e di acqua di mare vengono incubati con 1 ml di isotopo sterile diluito pari a 10 μCi.

Come blank sono usati 9 ml dello stesso campione e di acqua di mare dopo sterilizzazione con 30 minuti di esposizione, dentro un provetto di quarzo, ad una lampada a raggi ultravioletti di 20 Watt.

Dopo 12 ore di incubazione a 18 °C, i campioni sono messi in tubi da dialisi, diluiti con 3 ml di soluzione filtrata di NaCl 2,9% - EDTA 1% e dializzati a +1 °C contro 3 litri di una soluzione di NaCl 2,9% - EDTA 1% a pH 7,5.

Durante la dialisi, il ³²P non accumulato dai batteri durante l'incubazione viene allontanato per diffusione. Il processo è favorito dall'agitazione e dai ricambi della soluzione dentro i bidoni per tre volte in circa 16 ore. Quindi i tubi da dialisi sono cambiati e il materiale diluito con 6 ml di soluzione filtrata di NaCl 2,86% - Na₂HPO₄ · (12H₂O)

0,35 % per allontanare e ulteriori tracce di ^{32}P , eventualmente adsorbito. Si dializza ancora per $r \sim 20$ ore, si misurano i volumi rimasti nei tubi di dialisi e la radioattività residua nei campioni, divisi in vari e porzioni, sono filtrati per Membranfilter n. 15 (diametro dei pori = 275-450 μ) e lavati su filtro con 100 ml di soluzione filtrata di NaCl 2,86 % - $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot (12\text{H}_2\text{O})$ 0,35 %. I filtri, asciugati in stufa a 50°C , sono montati su strisce di pellicola radiografica Osray DW dell'AGFA-GEVAERT che sono poi sviluppate a vari intervalli di tempo con il rivelatore G 150 ed il fissatore G 334 della stessa casa. Per vedere se il numero delle stelle sulle lastre radiografiche corrisponde al numero dei batteri metabolizzanti, per ogni esperimento è stata eseguita anche una prova di controllo, usando la stessa procedura, su un ceppo (λ) della nostra collezione sospeso a concentrazione nota nella stessa acqua di mare sterilizzata agli UV.

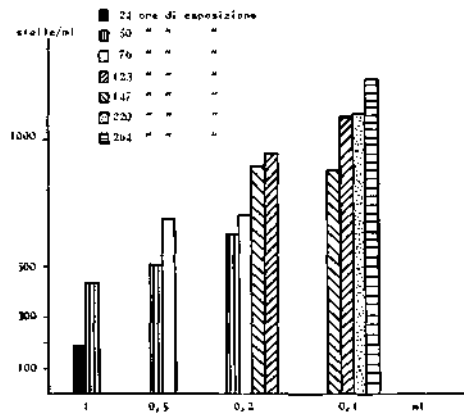


Fig. 2. Incremento del numero delle stelle in relazione all'aumento del volume filtrato e del tempo di esposizione.

Le diverse fasi di questa metodica erano state collaudate dapprima attraverso esperimenti fatti su culture pure di *E. coli* a diversi stadi di metabolismo: in fase di crescita logaritmica, dopo inattivazione ai raggi UV e dopo inattivazione al calore ($10'$ a 60°C). Il periodo di incubazione con il radiofosforo in questi esperimenti era di 1 ora e 30 minuti.

Sorgente radioattiva: Il fosforo radioattivo sotto forma di $\text{H}_3^{32}\text{PO}_4$ in soluzione di HCl diluito, viene fornito dal Radiochemical Centre di Amersham (England) ad alta attività specifica.

L'isotopo è diluito con H_2O distillato a centrifugato a fine e ad ottenere una concentrazione di $10 \mu\text{Ci/ml}$, sterilizzato con UV e dispensato in ragione di 1 ml/provetta di campione.

La conta delle macchie sulle lastre radiografiche è effettuata con l'ausilio di un proiettore per diapositive e ad un ingrandimento di 10 volte.

Alcune considerazioni sulle lastre: Esaminando le autoradiografie originate da una serie di volumi crescenti filtrati dallo stesso campione (0,1-0,2-0,5-1 ml), si osserva che al diminuire del volume filtrato aumenta il numero delle macchie/ml (Fig. 2).

Ciò si può spiegare ammettendo che, aumentando il volume da filtrare, aumenta pure il numero dei batteri filtrati e quindi la probabilità che due o più cellule ven-

gano a trovarsi sul filtro così ravvicinati da dare origine sulla lastra a una macchia unica. In questi casi, infatti, si può constatare che le macchie grandi si risolvono in più macchie piccole a tempi di esposizione minori.

Per questo motivo abbiamo preso come base di calcolo per i nostri risultati le conte fatte sulle lastre originate dai volumi più piccoli di campione. Possiamo però pensare che i fenomeni descritti si verifichino, sia pure in proporzioni minori, anche in questi volumi più piccoli, per cui è lecito presumere che i dati ottenuti siano leggermente inferiori ai valori reali.

Sia il fatto che in tutte le lastre provenienti dallo stesso campione si notino macchie di diversa intensità a parità di tempi di esposizione e sia il fatto che con l'aumentare di questi si verifichino un aumento del numero delle macchie, induce a ritenere che l'intensità di annerimento e il progressivo aumento del loro numero (Fig. 2) indichi differenze di attività metaboliche, nei confronti di ^{132}P , da parte di popolazioni batteriche diverse all'interno dello stesso campione. Ci proponiamo, perciò, in successivi esperimenti, di approfondire le tecniche attraverso le quali si può possibilmente ottenere una misura relativa di tali attività.

Nel presente lavoro ci siamo serviti delle conte fatte sulle lastre a tempo di esposizione più lunghe preparate con la dose più piccola di sospensione e batterica nelle quali si raggiunge e generalmente un plateau, oltre il quale il numero delle stelle non aumenta più in modo apprezzabile e a prolungarsi dei tempi di esposizione mentre aumenta il solo annerimento.

Vetreteria: Particolare attenzione deve essere rivolta alla pulizia della vetreria. Tutta la vetreria, dopo il normale lavaggio, viene ulteriormente lavata con acqua distillata centrifugata per allontanare ogni possibile particella e deviate, per quanto possibile, qualsiasi causa di adsorbimento di ^{132}P . Per la stessa ragione i comuni tappi di cotone sono rimpiazzati con piccoli becherse sono usati tubi con tappo a vite. La vetreria così trattata viene sterilizzata in stufa a 140°C per sei ore.

RISULTATI

L'istogramma della Fig. 3 mostra i risultati delle contese su piastra delle contese dirette. In essa sono rappresentati i dati ottenuti da MELCHIORRI-SANTOLINI (1966) nel periodo 1961-1962 e quelli da noi ottenuti nel 1968. Sia la distribuzione di MELCHIORRI-SANTOLINI che la nostra denotano, in genere, l'esiguità del numero dei batteri coltivabili su piastra, soprattutto se confrontati con i risultati delle contese dirette. Inoltre, pare, dalla curva di distribuzione, che le contese su piastra rivelino due tipi di popolazioni batteriche: la prima relativamente sparsa e uniformemente distribuita; la seconda associata in sciami batterici irregolarmente distribuita ad intervalli discreti (microzonazione).

La forma degli istogrammi relativi alle contese dirette è simile sia per i risultati di MELCHIORRI-SANTOLINI che per i nostri; essi differiscono peraltro di un fattore 5.

Ciò può spiegarsi con il notevole margine di interpretazione soggettiva di questo tipo di conta. Il rapporto tra contese su piastra e contese dirette è generalmente di 1:1.000-1:10.000. Esperimenti per valutare l'efficienza delle contese di-

rette fattico n campionidialgh esterilic ihann o permessodiosservar e che ,a causa dell'elevat o errore ,ess e posson oservir esoltant ocom egrossolan ain - dicazione.

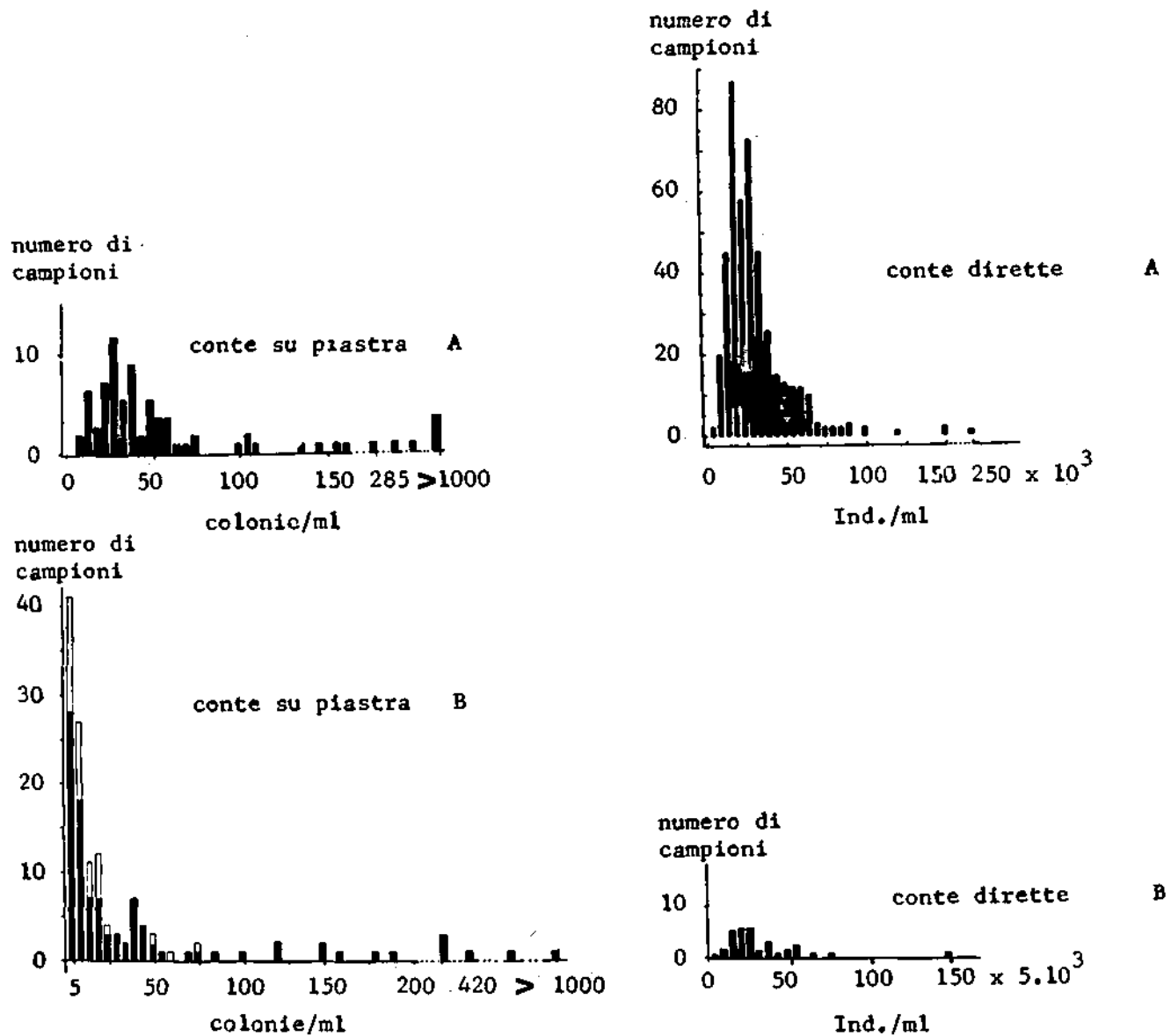


FIG. 3 . Istogramma delle conte su piastra e delle conte dirette ottenute da MELCHIORRI-SANTOLINI I nel 1961-62 (A) , (1966), e da noi nel 1968 (B) . Gli spazi neri indicano i risultati nel Mar Ligure, gli spazi bianchi quelli nel Golfo di Taranto.

Gli esperimenti con ³²P: Gli esperimenti piloti condotti su *E. coli* da MELCHIORRI-SANTOLINI, AURISICCHI O e BERNHARD (BERNHARD et al. , 1963) hanno fornito le autoradiografie riportate in Fig. 4 . Cellule in periodo di crescita logaritmica danno origine a stelli di grandezza uniforme e ben delineate , cellule inattive agli UV per 1 minuto formano stelli di grandezza minore , non uniformi e sfumate nei contorni , cellule inattive a calore , infine , danno lastre praticamente senza macchie .

In tutti questi esperimenti si verificano un completo accordo tra i dati ottenuti

delle conte su piastra e quelli dedotti dalle autoradiografie confermando la nostra ipotesi circa la correlazione tra stelle e batteri.

Il metodo, adattato a popolazioni naturali come già descritto, ha mostrato che nell'ambiente marino esiste una numerosa popolazione di batteri non rivelabili con i comuni metodi colturali. Con i metodi autoradiografici descritti, abbiamo eseguito 8 esperimenti nel Mar Ligure e 2 nel Golfo di Taranto.

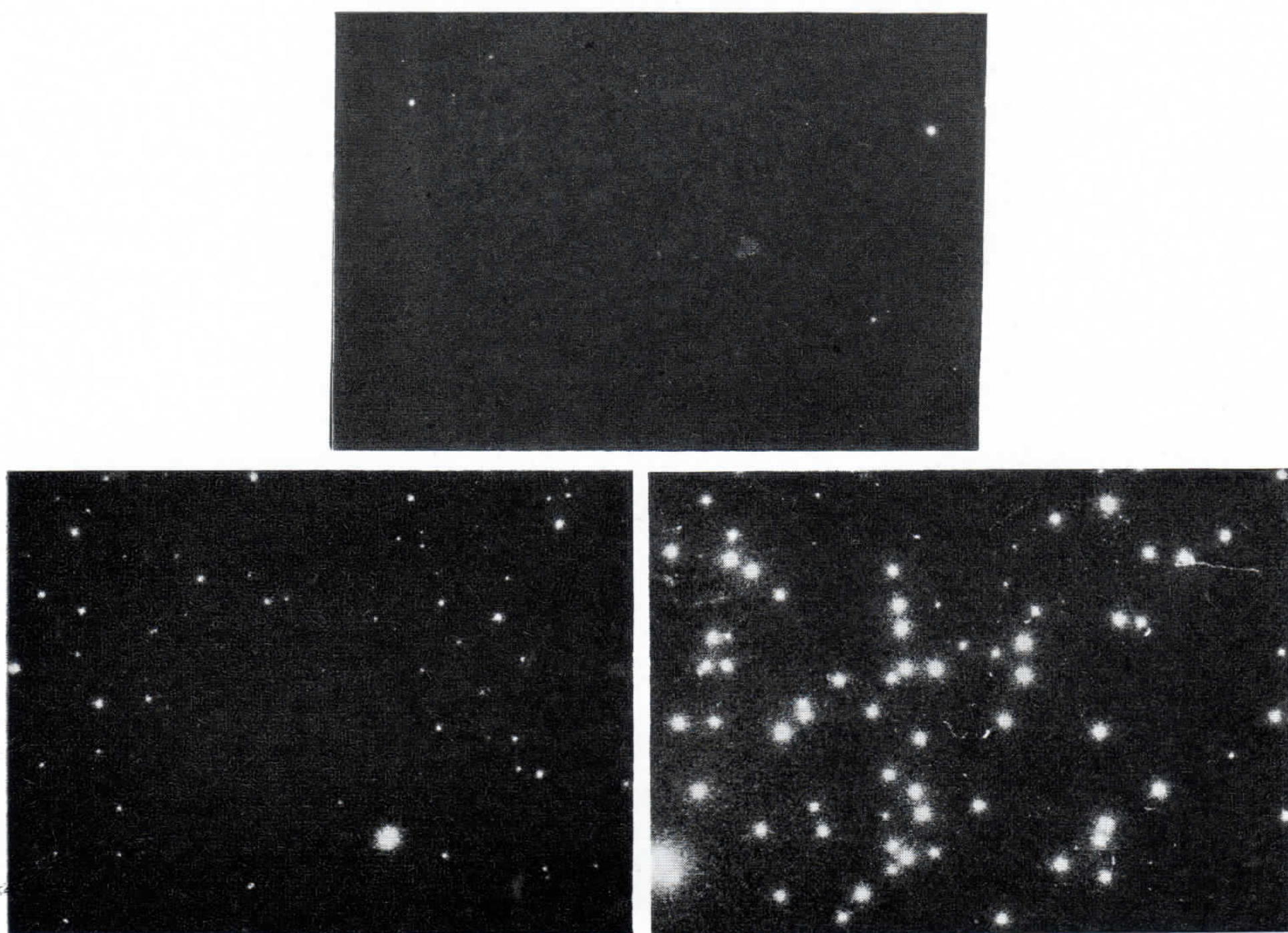


FIG. 4. *Ingrandimento 5 x di autoradiografie di E. coli. A) in fase di crescita logaritmica; B) dopo inattivazione agli UV; C) dopo inattivazione al calore.*

In alcuni esperimenti (Golfo di Taranto, 8-IX-68 e Mar Ligure, 3-X-68) campioni presi alla stessa profondità hanno dato una notevole variazione nel numero di stelle. Questi risultati erano dovuti al fatto che, mentre negli altri esperimenti si adoperava per ciascuna profondità un solo contenitore da cui venivano presi due campioni, in questi casi erano stati usati due contenitori per ciascuna profondità prelevando da ciascuno un solo campione.

Questi risultati possono spiegarsi: 1) con l'apertura dei contenitori a profondità diversa da quella stabilita, che ci ha indotti ad associare al sistema di prelievo i termometri a rovesciamento; 2) con la diversa concentrazione batterica dei due contenitori per effetto della microzonazione nell'ambiente. Le medesime ipotesi si possono fare per spiegare l'alto numero di stelle trovato in campioni prelevati apparentemente nella zona afotica, dove la sostanza or-

ganica è in gran parte refrattaria come tale all'attacco batterico (KRISSE, 1963; MENZEL, 1964; VACCARO e JANNASCH, 1966; BARBER, 1968).

Pare confermare queste ipotesi, l'esperimento del 23-X-68, eseguito con i termometri a rovesciamento e quindi con profondità esattamente determinate, e l'esperimento del 9-VII-68 nel Golfo di Taranto, i cui campioni della zona afotica non danno praticamente stelle, che sono invece abbondanti nei campioni della zona eufotica.

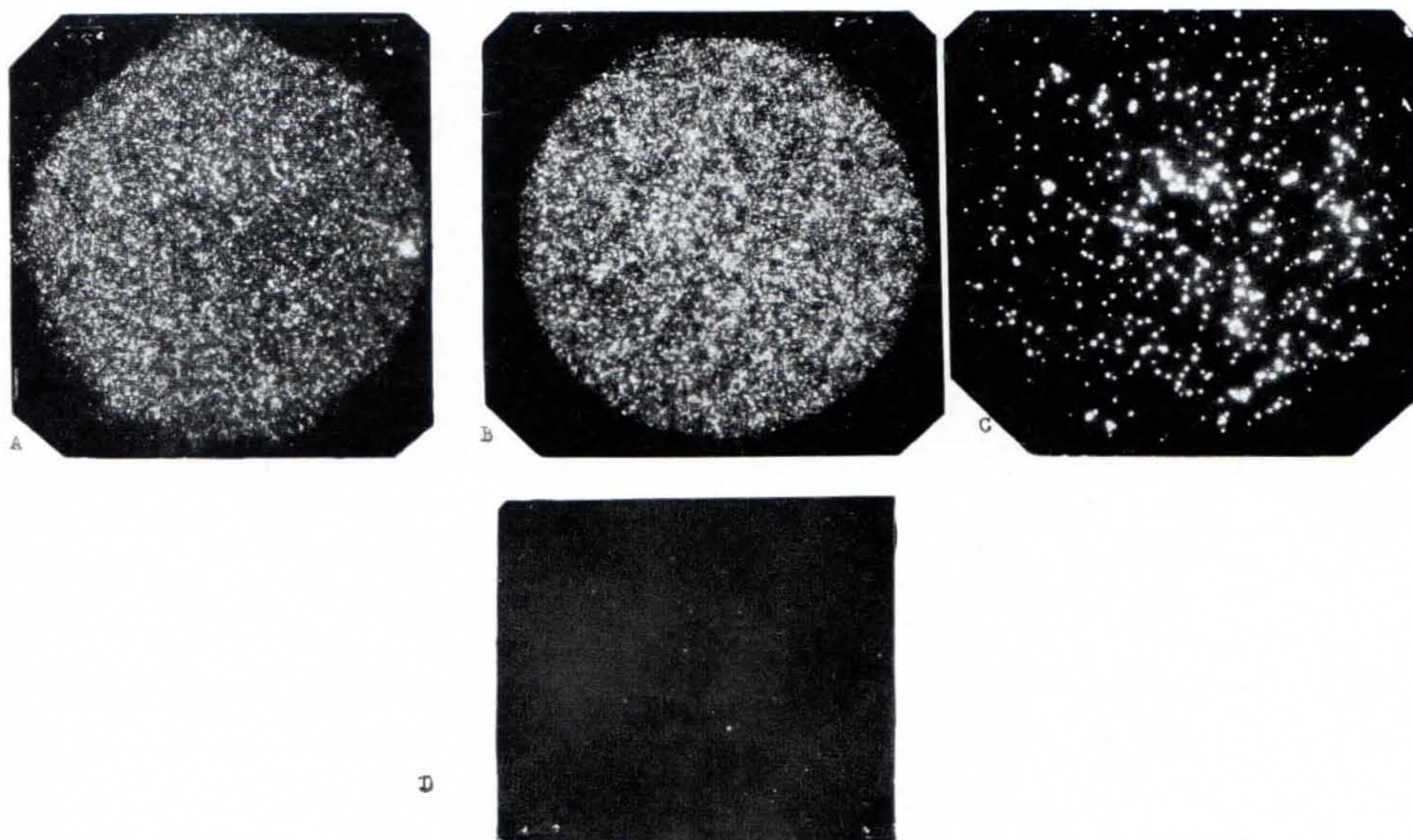


FIG. 5. *Ingrandimento 3 x di autoradiografie di popolazioni batteriche naturali di acqua di mare. A) popolazioni naturali prelevate a 30m e B) a 75 m; C) autoradiografia di controllo del ceppo lambda; D) blank. Esperimento del 20 aprile 1968.*

Alcuni esempi delle autoradiografie ottenute sono mostrati nella Fig. 5. I risultati sono riassunti nelle Tabelle 2 a e 2 b.

Si possono fare innanzi tutto alcune considerazioni generali. I risultati ottenuti nel Mar Ligure e nel Golfo di Taranto non mostrano alcuna differenza dal punto di vista della conta delle stelle.

Le autoradiografie derivanti dai campioni di SW naturale mostrano un gran numero di stelle, mentre nei blanks fatti con SW irradiata, il numero di stelle è trascurabile. Se consideriamo che l'esposizione ai raggi UV provoca la uccisione delle cellule viventi, ne consegue che le stelle delle lastre sono dovute a batteri che hanno accumulato il radiofosforo e quindi metabolicamente attivi. Ripetendo le stesse condizioni nelle prove di controllo fatte con il ceppo lambda di collezione, il numero delle stelle si avvicina al numero dei batteri lambda determinato con le conte su piastra, confermando tale ipotesi.

TAB. 2 a. Risultati degli esperimenti con ^{32}P effettuati nel Mar Ligure nel 1968. P.N. = popolazione batterica naturale espressa come stelle/ml; CP = conte su piastra; MPN = conte per MPN; CD = conte dirette; SW-UV = stelle/ml presenti nell'acqua di mare irradiata; SW + ceppo λ = stelle/ml nelle autoradiografie del ceppo λ ; CP λ = conte su piastra del ceppo λ . * Profondità di prelievo determinata con i termometri a rovesciamento.

Data	Prof.	Stelle/ml P.N.	Batteri/ml			Stelle/ml		Batte- ri/ml CP λ
			CP	MPN	CD	SW-UV	SW+cep- po λ	
27-III	30 m	6.141-10.000	14		110.000	86	640	760
	75 m	8.786- 7.11 2	4	—	280.000	73	667	3.000
23-IV	30 m	24.321-24.206	4	4,6	170.000	146	2.667	4.200
	75 m	2.108- 76 8	15	4,9	120.000	868	2.629	5.600
20-V	30 m	33.660-40.874	7	7,9	140.000	374	3.534	2.800
	75 m	49.851-41.800	8	6,4	580.000	216	2.770	3.400
30-VII	30 m	3.625- 4.01 4	4	4,9	79.000	50	150.000	100.000
	100 m	1.775	2	1,2	84.000	37	200.000	300.000
	400 m	884- 1.635	5	5,8	225.000	71	300.000	300.000
3-X	5 m	7.548	18	30	77.100	148		
	5 m	7.075	22	—	80.300	100	—	—
	75 m	540	1	1,8	80.000	170	—	—
	75 m	9.850	20	—	68.000	278	—	—
	400 m	10.340	20	18	104.000	220	—	—
	400 m	515	18	—	203.000	235	—	—
23-X	30 m	20.706	6	7	233.000	360	822	700
	30 m	13.448	10	13	176.000	242	—	—
	93 m*	14.484	10	35	237.000	248	1.234	1.100
	100 m	10.040	3	2,4	210.000	298	—	—
	626 m*	461	26	54	110.000	218	—	—
	642 m*	112	17	25	136.000	288	—	—
25-XI	30 m	12.507-12.186	9	17	105.000	60	394	700
	30 m	13.826-15.520	11	22	122.000	36	224	1.000
	100 m	17.218-13.642	9	13	167.000	36	296	600
	100 m	6.021- 8.13 6	9	22	97.000	34	233	650
4-XII	35 m	11.753- 9.38 6	565	280	77.000	62	1.728	2.000
	35 m	4.534- 8.78 0	470	260	97.000	80	3.087	2.500
	150 m	549- 57 0	3	11	62.000	44	—	—
	150 m	6.838- 8.82 4	287	110	25.000	60	1.930	2.200

TAB. 2 b. Risultati degli esperimenti con ^{32}P effettuati nel Golfo di Taranto nel 1968. Ver la spiegazione vedi Tab. 2 a.

Data	Prof.	Stelle/ml P.N.	Batteri/ml			Stelle/ml		Batteri/ml CP λ
			CP	MPN	CD	SW-UV	SW+cep- po λ	
9-VII	30 m	8.519-8.381	2	5	160.000	26	—	—
	100 m	1.185- 880	3	16	350.000	41	—	—
	450 m	59- 49	2	7,9	230.000	22	—	—
8-IX	30 m	11.192	17	—	81.000	185	465	840
	30 m	18.779	12	—	19.400	148	—	—
	100 m	17.429	3	—	39.300	38	418	670
	100 m	122	2	—	78.600	107	—	—
	400 m	4.759	18	—	63.700	131	—	—
	400 m	104	1	—	155.400	69	—	—

DISCUSSIONE E CONCLUSIONE

JANNASCH e JONES (1959) hanno confrontato i risultati ottenuti con cinque metodi diversi di conte vitali e con due di conte dirette, dimostrando che il numero dei batteri varia a seconda del metodo usato. Le conte dirette rivelavano un numero di microorganismi di 150-2.000 volte maggiore delle conte vitali. È noto, tuttavia, che, nelle conte dirette, svariate forme possono simulare batteri senza che siano effettivamente tali, mentre è pur accertato che le conte vitali sono troppo selettive.

Uno dei fattori di selezione è senz'altro la temperatura relativamente alta dell'agar del secondo strato nella tecnica di semina su piastra.

ZOBELL e CONN (1940) hanno osservato che una temperatura di 30° C per 10 minuti è sufficiente a uccidere il 25% dei batteri presenti in un campione di SW e soltanto il 20% sopravvive dopo 10 minuti a 40° C.

È stato pure dimostrato che temperature di 20-30° sono sufficienti a inattivare sistemi enzimatici essenziali (ROBISON e MORITA, 1966) e da produrre danni cellulari (HAIGHT e MORITA, 1966) nelle cellule di un organismo psicofilo, *Vibrio marinus*.

Il metodo autoradiografico presentato permette invece di evitare gli effetti indesiderati di temperatura sui batteri termosensibili, sicuramente presenti in mare. Inoltre, il fatto che i campioni di acqua di mare vengano incubati come tali, senza alterarne la composizione chimica e la qualità dei nutrienti, evita una selezione di tipo nutrizionale.

Ciò è importante e al fine di una rilevazione dei batteri, indipendentemente dai loro requisiti nutrizionali, altrimenti non è possibile con i metodi usuali. Infatti HENRICI (1933) osservò con la tecnica di vetrini tenuti immersi per un certo tempo in acqua di mare e poi esaminati dopo eventuale colorazione al microscopio forme batteriche (CALOBACTERIALES) non riscontrabili con i comuni metodi batteriologici.

WOOD (1950), pur con lo stesso metodo, riscontrò forme arborescenti che non ritrovava seminando lo stesso campione su agar solido.

JANNASCH e JONES (1959) hanno osservato nelle contee dirette organismi di forma spirillare, in quantità a volte cospicua, ma non osservabili, però, in preparati allestiti da coloni e sviluppati sui terreni di coltura.

Pure KRIS (1963), applicando sistematicamente la tecnica dei vetrini immerso, ha evidenziato numerose forme batteriche non riscontrabili in altro modo.

Del resto ALFIMOV (1954), usando una tecnica di colorazione all'eritrosina per differenziare le cellule vive da quelle morte, trovò in campioni di SW una bassa percentuale di batteri morti.

Tali osservazioni stanno a confermare l'inadeguatezza dei comuni metodi culturali per lo studio quantitativo della microflora batterica marina. D'altra parte, neppure le contee dirette permettono un'analisi attendibile del numero dei batteri presenti; esse non solo non danno alcuna indicazione circa il grado di attività dei microorganismi osservati, ma non permettono neppure di stabilire se abbiano o meno un metabolismo attivo.

Alla luce di tali considerazioni, appaiono evidenti i vantaggi del metodo autoradiografico presentato per la sua maggiore precisione e nella valutazione quantitativa dei batteri metabolizzanti presenti in un campione di acqua di mare, perché fornisce un'indicazione generale della loro attività, perché permette di evitare gli effetti indesiderati di temperatura sui batteri termosensibili e, infine, perché evita una selezione di tipo nutrizionale.

BIBLIOGRAFIA

- ALFIMOV N. M., 1954: Comparativ e evaluatio n o f method s fo r th e determinatio n o f bacterial count s i n seawater . Microbiolog y (Moscow) 23 , 693 .
- A.P.H.A., A.W.W.A., F.S.I.W.A., 1955: Standar d method s fo r th e examinatio n o f water , sewage an d industria l wastes . Amer . Publ . Healt h Ass . N . Y .
- AURISICCHIO S. , A . CELAN O an d R . RINZIVILLO , 1961 : Molecula r autoradiograph y per - formed b y mean s o f Ilford an d Nikf y emulsion s i n ge l form . No . 1 Suppl . Nuovo Ciment o 18 , 179-189 .
- AURISICCHIO S. , G . CORTINI , V . EMM A an d F . GRAZIOSI , 1959 : A biophysica l stud y o f phage DN A b y mean s o f molecula r autoradiograph y . Int . J . Rad . Biol . 1 , 86 .
- BARBER R . T. , 1968 : Dissolve d organ ic carbo n fro m dee p water s resist s microbil a oxida - tion . Natur e 220 , 274-275 .

- BERNHARD, M. and A. ZATTERA, 1970: The importance of favoidin-glycemic contamination for successful cultivation of marine organisms. Int. Helgoland Symposium on Cultivation of Marine Organisms and its Importance for Marine Biology. Helgolander wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, n. 14, 655-675.
- BERNHARD, M., V. BOFFI, A. LUCARELLI, L. RAMPI, U. MELCHIORRI-SANTOLINI e A. BENEDETTI, 1963: Rapporto sull'attività scientifica e tecnica dei laboratori operanti nello studio della contaminazione radioattiva del mare. RT/BIOS.
- BROCK, T. D. and M. L. BROCK, 1966: Autoradiography as a tool in microbial ecology. Nature 209, 734-736.
- HAJGHT, R. D. and R. Y. MORITA, 1966: Thermal shock induces leakage from *Vibrio marinus*, an obligate psychrophilic marine bacterium. J. Bacteriol. 92 (5), 1388-1393.
- HAMILTON, R. D. and O. HOLM-HANSEN, 1967: Adenosine triphosphate content of marine bacteria. Limnol. Oceanogr. 12 (2), 319-324.
- HENRICI, A. T., 1933: Studies on fresh water bacteria. J. Bacteriol. 25, 277-286.
- HOLM-HANSEN, O. and C. R. BOOTH, 1966: The measurement of adenosine triphosphate in the ocean and its ecological significance. Limnol. Oceanogr. 11 (4), 510-519.
- JANNASCH, H. W. and G. E. JONES, 1959: Bacterial populations in seawater as determined by different methods of enumeration. Limnol. Oceanogr. 4, 128-139.
- JANNASCH, H. W. and W. S. MADDUX, 1966: A note on bacteriological sampling in seawater. J. Mar. Res. 25 (2), 185-189.
- JORGENSEN, C. B., 1966: Biology of suspension feeding. Pergamon Press Ltd.
- KEPES, A. and G. N. COHEN, 1962: Permeation, 179-221. In: The bacteria: a treatise on structure and function. Ed.: Gunsalus I. C. et al. R. Y. Stanier. Academic Press Inc., N. Y. 4.
- KRISS, A. E., 1963: Marine Microbiology (Deep sea). Translation by Shewan J. M. et al. Kabata. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- MACLEOD, R. A., 1965: The question of the existence of specific marine bacteria. Bacteriol. Rev. 29 (1), 9-23.
- MACLEOD, R. A., M. LIGH, L. A. WHITE and J. F. CURRIE, 1966: Sensitive rapid detection method for viable bacterial cells. Appl. Microbiol. 14 (6), 979-984.
- MELCHIORRI-SANTOLINI, U., 1966: Pelagic heterotrophic bacteria in the Ligurian Sea and Lago Maggiore. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 20, 261-287.
- MENZEL, D. W., 1964: The distribution of dissolved organic carbon in the Western Indian Ocean. Deep Sea Res. 11, 757-765.
- MUNRO, A. L. S. and T. D. BROCK, 1968: Distinction between bacterial and algal utilization of soluble substances in the sea. J. gen. Microbiol. 51, 35-42.
- PETRUS, V. S., O. P. KASATKIN and Yu. I. BETSANIK, 1961: Assimilation of radioactive elements through the cell wall of bacteria. Mikrobiol. Zh. Akad. Nauk. Ukr. SSR 23 (2), 63-67.
- ROBINSON, S. M. and R. Y. MORITA, 1966: The effect of moderate temperature on the respiration and viability of *Vibrio marinus*. Z. Allgem. Microbiol. 6, 181-187.
- SEKI, U., 1967: Mineralization rate of organic carbon by microorganisms in the sea. J. Oceanogr. Soc. Japan 23, 18-23.
- , 1968: Relation between production and mineralization of organic matter in Aburatsubo Inlet, Japan. J. Fish. Res. Board Canada 25 (4), 625-637.
- SHAPIRO, J., 1967: Induced rapid release and uptake of phosphate by microorganisms. Science 155 (3767), 1269-1271.

- SIEGENTHALER, P. A. , M. M. BELSKY and S. GOLDSTEIN , 1967 : Phosphate uptake in an obligately marine fungus : a specific requirement for sodium . *Science* 155 (3758) , 93-94.
- VACCARO, R. F. and H. W. JANNASCH , 1966 : Studies on heterotrophic activity in seawater based on glucose assimilation . *Limnol. Oceanogr.* 11 (4) , 596-607 .
- VAKSMAN, S. A. , H. W. REUSZER , C. L. CAREY , M. HOTCHKISS and C. E. RENN , 1933 : Studies on the biology and chemistry in the Gulf of Maine . III . Bacteriological investigations of the seawater and marine bottoms . *Biol. Bull.* 64 , 183-205 .
- WILLIAMS, P. J. I. and C. ASKEW , 1968 : A method for measuring the mineralization by microorganisms of organic compounds in seawater . *Deep Sea Res.* 15 (3) , 365-375.
- WOOD, E. J. F. , 1950 : The role of bacteria in the early stages of fouling . *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 1 , 85-91 .
- ZOBELL, C. E. , 1946 : Marine microbiology . *Chronica Botanica Co.* Waltham , Mass .
- ZOBELL, C. E. and J. E. CONN , 1940 : Studies on the thermal sensitivity of marine bacteria . *J. Bacteriol.* 40 , 223-238 .
- ZOBELL, C. E. and C. B. FELTHAM , 1938 : Bacteria as food for certain marine invertebrates . *J. Mar. Res.* 1 , 312-327 .

Dr. S. AURISICCHIO , Laboratori di Cibernetica del C.N.R. , Arcofelice , Napoli , Italia .

Dr. M. BERNHARD , Dr. O. LAVARELLO , Dr. C. PERONI , Dr. A. ZATTERA , Laboratori per lo studio della contaminazione radioattiva del mare , CNE.N. - EURATOM, 19030 , Fiascherino, La Spezia , Italia .

Contributo alla conoscenza della malacofauna dei fondi sublitorali dell'alto Tirreno (Mare toscano) *

di

GIANFRANCO BARSOTTI e GUIDO FRILLI

(Dal Museo Provinciale di Storia Naturale, Livorno)

12 Figure

Summary. The present work deals with malacological material dredged by a fishing-boat on the sublittoral zone of the Tuscan coast between Vada and S. Vincenzo (LI). 69 species (GASTEROPODA, SCAPHOPODA and LAMELLIBRANCHIA) have been caught and studied; 10 of which new for the Tuscanian sea. From the analysis of species and associations it has been possible to show an ecological outline of the fishing ground.

Riassunto. Gli AA. hanno preso in considerazione il materiale malacologico pescato a più riprese da un motopeschereccio sui fondi sublitorali, al largo della costa toscana tra Vada e S. Vincenzo (LI). Sono state raccolte e studiate 69 specie di Molluschi comprendenti: Gasteropodi, Scafopodi e Lamellibranchi. Di queste, 10 non risultavano ancora segnalate per l'alto Tirreno (mare toscano). Inoltre sono state riscontrate associazioni e specie caratteristiche di particolari tipi di fondo, che hanno permesso agli AA. di precisare il quadro ecologico» della zona oggetto di pesca.

INTRODUZIONE

I fondi del piano sublitorale delle coste della Toscana per le loro caratteristiche peculiari sono oggetto di pesche a strascico da parte dei motopescherecci. Grazie all'interessamento del personale di uno di questi, di stanza a Livorno e operante al largo della costa tra Vada e S. Vincenzo (LI), si è potuto ottenere un abbondante materiale malacologico. Poiché le conoscenze della malacofauna dei fondi sublitorali dell'alto Tirreno sono del tutto mancanti, abbiamo esaminato il materiale, costituito da Gasteropodi, Scafopodi e Lamellibranchi, che è stato sistematicamente catalogato e studiato¹.

Le nostre ricerche hanno consentito di rilevare, con la determinazione di specie ed associazioni caratteristiche, l'esistenza di particolari tipi di fondo e di

* Lavoro eseguito con il contributo del C.N.R. presso il Centro Universitario di Biologia Marina, Acquario Comunale « D. Cestoni » di Livorno.

¹ Gli esemplari studiati sono depositati presso il Museo Provinciale di Storia Naturale di Livorno e nella Collezione privata del sig. G. FRILLI.

precisare il quadro ecologico della zona oggetto di pesca. Inoltre è stata stabilita la presenza di varie specie mai segnalate nell'alto Tirreno.

DATI GEOGRAFICI

La zona di pesca è compresa tra le Secche di Vada ed il Promontorio di Piombino e più precisamente al largo della costa tra l'abitato di Marina di Cecina e S. Vincenzo, tra l'isobata dei 50 m e quella dei 100 m. Dette isobate, come si può osservare dalla cartina (Fig. 1), corrono in quel tratto quasi parallelamente alla costa. In particolare l'isobata dei 50 m si trova ad una distanza dalla costa variabile tra i 6 ed i 10 Km.

METODI DI RACCOLTA E STUDIO

Il periodo di pesca e quindi della raccolta del materiale studiato, va dal 13 novembre 1968 al 4 febbraio 1969. In questo intervallo di tempo furono eseguite trentotto raccolte. Per ogni raccolta fu compilata una scheda. La scheda è quella in uso presso la Società Malacologica Italiana appositamente studiata per riportare i dati relativi ai rinvenimenti malacologici. Su queste schede furono riportate tutte le specie incontrate indicando per ciascuna di queste il numero degli individui rinvenuti, il loro stato, ed osservazioni di carattere biologico ed ecologico.

Si deve comunque tener presente che la raccolta del materiale è stata eseguita con reti a strascico e con questo mezzo è impossibile effettuare precisi rilevamenti quantitativi. In ogni modo si sono ottenute utili indicazioni sia qualitative che quantitative tenendo complessivamente conto delle pescate fatte e delle malacofaune reperite.

ELENCO DELLA MALACOFAUNA REPERITA

Le specie rinvenute, in ordine di frequenza, sono:

GASTEROPODI

- Turritella communis* Risso
- Murex (Bolinus) brandaris* L.
- Galeodea echinophora* (L.)
- Trunculariopsis trunculus* (L.)
- Calliostoma (Ampullotrochus) granulatum* (BORN)
- Aporrhais pespelecani* (L.)
- Fusinus rostratus* (OLIVI)
- Gibbula (Gibbula) magus* (L.)
- Calyptraea chinensis* (L.)

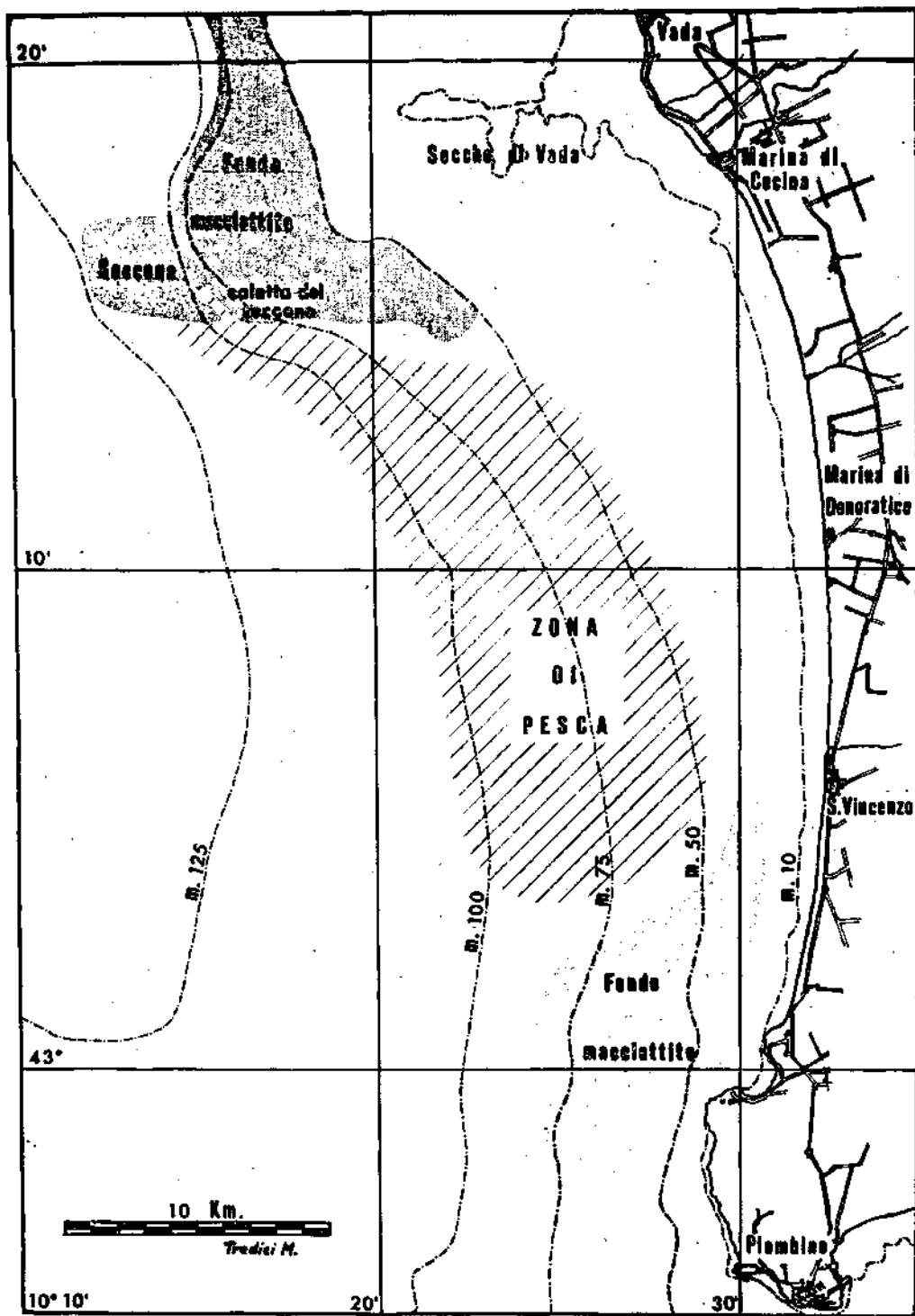


FIG. 1. Carta della Zona di Pesca.

Naticarius hebraeus (MARTYN)
Scaphander lignarius (L.)
Naticarius millepunctatus (LAMK.)
Capulus hungaricus (L.)
Cymatium (Lampusia) corrugatum (LAMK.)
Hadriana brocchii (MONTEROSATO)
Buccinulum (Euthria) corneum (L.)
Turritella (Haustator) biplicata (BRONN)
Astraea (Bolma) rugosa (L.)
Calliostoma (Calliostoma) zizyphinum zizyphinum (L.)
Calliostoma (Ampullotrochus) miliare (BROCCHI)
Coralliophila (Hirtomurex) lamellosa (PHIL.)
Phalium (Tylocassis) granulatum undulatum (GMELIN)
Epitonium (Fuscoscala) tenuicosta (MICH.)
Theridium (Gladiocerithium) alucastrum (BROCCHI)
Nassarius (Uzita) prismaticus (BROCCHI)
Mitra (Mitra) zonata MARRYAT
Phalium (Semicassis) saburon (BRUG.)
Zonaria pyrum (GMELIN)
Charonia lampas, (L.)

SCAFOPODI

Dentalium (Antale) inaequicostatum DAUTZENBERG

LAMELLIBRANCHI

Acanthocardia echinata mucronata (POLI)
Pecten jacobaeus (L.)
Isocardia humana (L.)
Laevicardium oblongum (CHEMNITZ)
Pteria hirundo (L.)
Ostrea edulis (L.)
Laevicardium crassum mediterraneum (B.D.D.)
Atrina fragilis (PENNANT)
Callista chione (L.)
Beguina (Glans) aculeata (POLI)
Anadara diluvii (LAMK.)
Aequipecten opercularis (L.)
Tetrarca tetragona (POLI)
Quadrans (Serratina) serratus (BROCCHI)

Acanthocardia erinacea (LAMK.)
Anadara corbuloides (MONTEROSATO)
Striarca lactea (L.)
Musculus marmoratus (FORBES)
Hiatella arctica (L.)
Pycnodonta cochlear (POLI)
Glycymeris glycymeris pilosa (LAMY)
Glycymeris cor (LAMK.)
Pandora pinna (MONTAGU)
Nucula sulcata BRONN
Nuculana (Saccella) commutata (PHIL.)
Acanthocardia paucicostata (Sow.)
Solecurtus strigilatus (L.)
Acanthocardia deshayesi (PAYR.)
Astarte fusca (POLI)
Venus (Venus) casina (L.)
Chione (Clausinella) fasciata (DA COSTA)
Chlamys varia (L.)
Chlamys multistriata (POLI)
Peplum triradiatum (MÜLLER)
Angulus (Peronidia) albicans (GMEL.)
Flexopecten flexuosus (POLI)
Solecurtus candidus (RENIER)
Cuspidaria cuspidata (OLIVI)
Globivenus effossa (BIVONA pater)

Dalla lista precedente risultano segnalate 69 specie così ripartite:

GASTEROPODI	29
SCAFOPODI	1
LAMELLIBRANCHI	39

Questo numero di specie pur esiguo che sia, anche se in futuro sarà senza dubbio destinato ad aumentare, rispecchia nel complesso le varie cenosi della zona oggetto di pesca.

Delle 69 specie enumerate 10 non ci risultano ancora segnalate per il nostro mare:

Calliostoma (Ampullotrochus) miliare (BROCCHI)
Theridium (Giadiocerithium) alucastrum (BROCCHI)
Zonaria pyrum (GMELIN)
Hadriana brocchii (MTRS)

Nassarius (Uzita) prismaticus (BROCCHI)
Dentalium (Antale) inaequicostatum DAUTZ.
Anadara diluvii (LAMK.)
Laevicardium crassum mediterraneum (B.D.D.)
Pandora pinna (MONTAGU)
Cuspidaria cuspidata (LAMK.)

SISTEMATICA

L'ordinamento sistematico da noi adottato è orientato su quello di autori recenti quali A. MALATESTA, F. NORDSIECK, ed altri. Per i Lamellibranchi, comunque, abbiamo ritenuto opportuno, a livello di Ordine, adottare la vecchia, ma pur sempre valida, classificazione del PELSENEER (1911) basata sulla struttura delle branchie. Per quanto riguarda i Sottordini abbiamo usato solo la suddivisione del grande Ordine degli EULAMELLIBRANCHIA in INTEGRIPALLIATA e SINUPALLIATA escludendo tutte le altre suddivisioni perché fondate, a nostro avviso, su caratteri conchiliologici di diversa natura e di discutibile importanza tassonomica. Riassumendo quindi, la classificazione dei Lamellibranchi da noi adottata è la seguente:

Classis: LAMELLIBRANCHIATA
 I. Ordo: PROTOBRANCHIA
 II. Ordo: FILIBRANCHIA
 III. Ordo: PSEUDOLAMELLIBRANCHIA
 IV. Ordo: EULAMELLIBRANCHIA
 I. Subordo: INTEGRIPALLIATA
 II. Subordo: SINUPALLIATA
 V. Ordo: SEPTIBRANCHIA

Prima di passare all'elencazione sistematica di tutte le specie rinvenute, teniamo a far presente che, nella trattazione di queste, se per indicare una possibile variazione specifica parliamo di *forma*, non intendiamo minimamente considerare il termine *forma = varietà*, ma solo indicare un eventuale *fenotipo*.

Classis: GASTROPODA
 Subclassis: PROSOBRANCHIA
 I. Ordo: DIOTOCARDIA (ARCHAEOGASTROPODA)
 Subordo: RIPIDOGLOSSA
 Superfamiglia: TROCHACEA
 Famiglia: TROCHIDAE
 Subfamiglia: CALLIOSTOMATINAE

Genus: CALLIOSTOMA Swainson, 1840

Subgenus: CALLIOSTOMA ss.

Calliostoma (Calliostoma) zizyphinum zizyphinum (L.)

N. 5 individui viventi e n. 3 morti.

Sei degli esemplari rinvenuti hanno colorazione giallo bruna e due soli individui sono di un bel viola acceso. Questo colore, peraltro, molto labile, era già stato notato da precedenti AA., quali MONTEROSATO ed altri, ed è probabile che sia assunto da individui che vivono sul Gorgonario *Paramuricea chamaeleon* del quale si cibano. Ciò avviene per altre specie di Prosobranchi che vivono in associazione con la stessa *Paramuricea*, per esempio *Simnia (Neosimnia) spelta*.

Subgenus: AMPULLOTROCHUS MONTEROSATO, 1890

Calliostoma (Ampullotrochus) granulatum (BORN)

Alcune centinaia di individui che presentano scarsa variabilità.

Calliostoma (Ampullotrochus) miliare (BROCCHI) = *C. clelandi* (WOOD) = *C. millegranum* (PHIL.)

N. 5 individui viventi.

APPELIUS cita questa soltanto come fossile del Quaternario di Livorno, mentre, possiamo affermare che la specie è da noi abbastanza frequente sui fondi detritici intorno ai 150 m di profondità.

Talora si rinviene nello stomaco dei Pesci del genere *Trigla* ed in quello di Stelle di mare, *Astropecten*.

Subfamilia: GIBBULINAE

Genus: GIBBULA Risso, 1826

Subgenus: GIBBULA ss.

Gibbula (Gibbula) magus (L.)

N. 66 individui viventi.

Specie politipica che si rinviene frequente su questi fondi.

Familia: TURBINIDAE

Subfamilia: TURBININAE

Genus: ASTRAEA Röding, 1798

Subgenus: BOLMA Risso, 1826

Astraea (Bolma) rugosa (L.)

N. 9 individui viventi e n. 5 morti.

Alcuni esemplari adulti hanno conchiglia depressa e presentano spine molto pronunciate sulla carena, cosa che di regola si constata negli individui giovani. Siamo dell'opinione che così la persistenza delle spine come la forma stessa della conchiglia siano in relazione al tipo di fondo, sul quale questi individui vivono, in questo caso fangoso.

II. Ordo: MONOTOCARDIA

Subordo: TAENIOGLOSSA (MESOGASTROPODA)

Superfamiglia: CERITHIACEA

Familia: TURRITELLIDAE

Genus: TURRITELLA Lamarck, 1799

Subgenus: TURRITELLA SS.

Turritella communis Risso

Alcune centinaia di individui.

Di questa abbondante specie si deve solo notare la presenza di esemplari adulti con l'ultimo giro tendente a svolgersi come nella cosiddetta forma *soluta* B.D.D., già considerata dagli stessi AA. come una mostruosità.

Subgenus: HAUSTATOR Montfort, 1810

Turritella (Haustator) biplicata (BRONN) = *breviata* (BRUGNONE) = *mediterranea* (MONTEROSATO) = *triplicata* (NORDSIECK non BROCCHI).

N. 12 individui viventi.

Specie piuttosto variabile nell'ornamentazione della conchiglia. Gli individui da noi rinvenuti presentano sia due sia tre cingoli principali su ogni giro. Per questa sua variabilità ha dato spesso adito a confusioni; tuttavia MALATESTA, chiarisce, in una breve sintesi tassonomica, la posizione sistematica della medesima.

Familia: VERMETIDAE

Genus: TENAGODUS Guettard, 1770

Tenagodus obtusus (SCHUMACHER)

N. 6 individui morti.

Tutti gli esemplari hanno conchiglia incompleta per rotture varie.

Anche BOMBACE nei suoi dragaggi, sui fondi circalitorali della zona di Milazzo (Sicilia), aveva raccolto solo individui morti ed incompleti. Secondo lo stesso Autore il biotopo preferenziale di questa specie dovrebbe essere il coralligeno di falesia.

I *Tenagodus*, secondo FISCHER, vivono nelle Spugne, e quindi la ricerca di individui vivi, a nostro avviso, va indirizzata in tal senso, esaminando soprattutto le Spugne viventi nelle grotte ed anfrattuosità del fondo.

Familia: CERITHIIDAE

Genus: THERICIUM Monterosato, 1910

Subgenus: GLADIOCERITHIUM Monterosato, 1910

Thericium (Gladiocerithium) alucastrum (BROCCHI) = *sykesi* (NORDSIECK non BRUSINA).

N. 5 individui morti.

È questa la prima segnalazione per il nostro mare. Tra gli esemplari rinvenuti uno di dimensioni piuttosto eccezionali, H. 100 mm.

Non si comprende perché di questa specie si siano raccolti solo esemplari morti; forse le anfrattuosità del fondo costituiscono il suo biotopo preferito e per questa ragione essa è difficilmente reperibile con le strascicanti.

NORDSIECK include questa specie nel genere *Gourmya* BAYLE, 1884. Questo genere fu appositamente coniato dallo stesso BAYLE per il *Cerithium gourmyi*

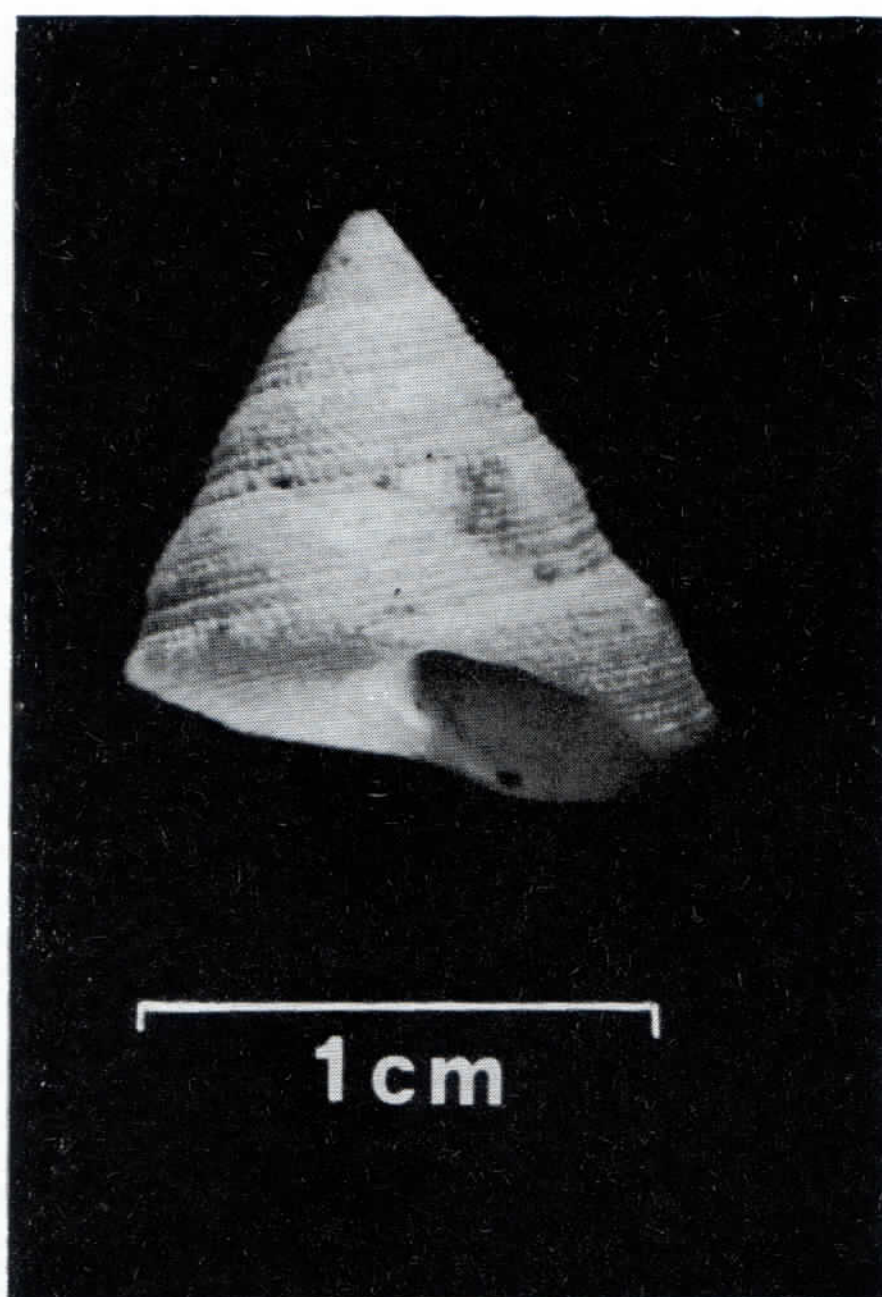


FIG. 2. *Calliostoma* (*Ampullotrochus*) *miliare* (BROCCHI).

CROSSE, una specie esotica che differisce dalle altre del genere *Cerithium* per avere il canale sifonale chiuso da un prolungamento basale del labbro. Questo carattere non si riscontra, non solo in questa, ma neppure in tutte le altre specie di questo genere presenti nel Mediterraneo. Non riteniamo quindi giustificata l'adozione del suddetto nome generico. Abbiamo invece creduto più opportuno adottare la tassonomia proposta da MALATESTA, perché a nostro avviso sistematicamente più valida. Infatti la proposta dello stesso di elevare al rango di genere *Theridium* MONTEROSATO, 1910, è da ritenersi più che giustificata perché in questa maniera MALATESTA ha inteso inquadrare sistematicamente un gruppo di specie mediterranee, che si discostano per vari caratteri dai *Cerithium* della regione Indo-Pacificca.

Superfamiglia: SCALACEA

Famiglia: SCALIDAE

Genus: EPITONIUM Röding, 1798

Subgenus FUSCOSCALA Monterosato, 1890

Epitonium (Fuscoscala) tenuicosta (MICHAUD)

N. 2 individui viventi e n. 2 morti.

Per questa specie vi è solo da notare che gli individui provenienti da questi fondi, differiscono da quelli che si ritrovano abbastanza frequentemente spiag-

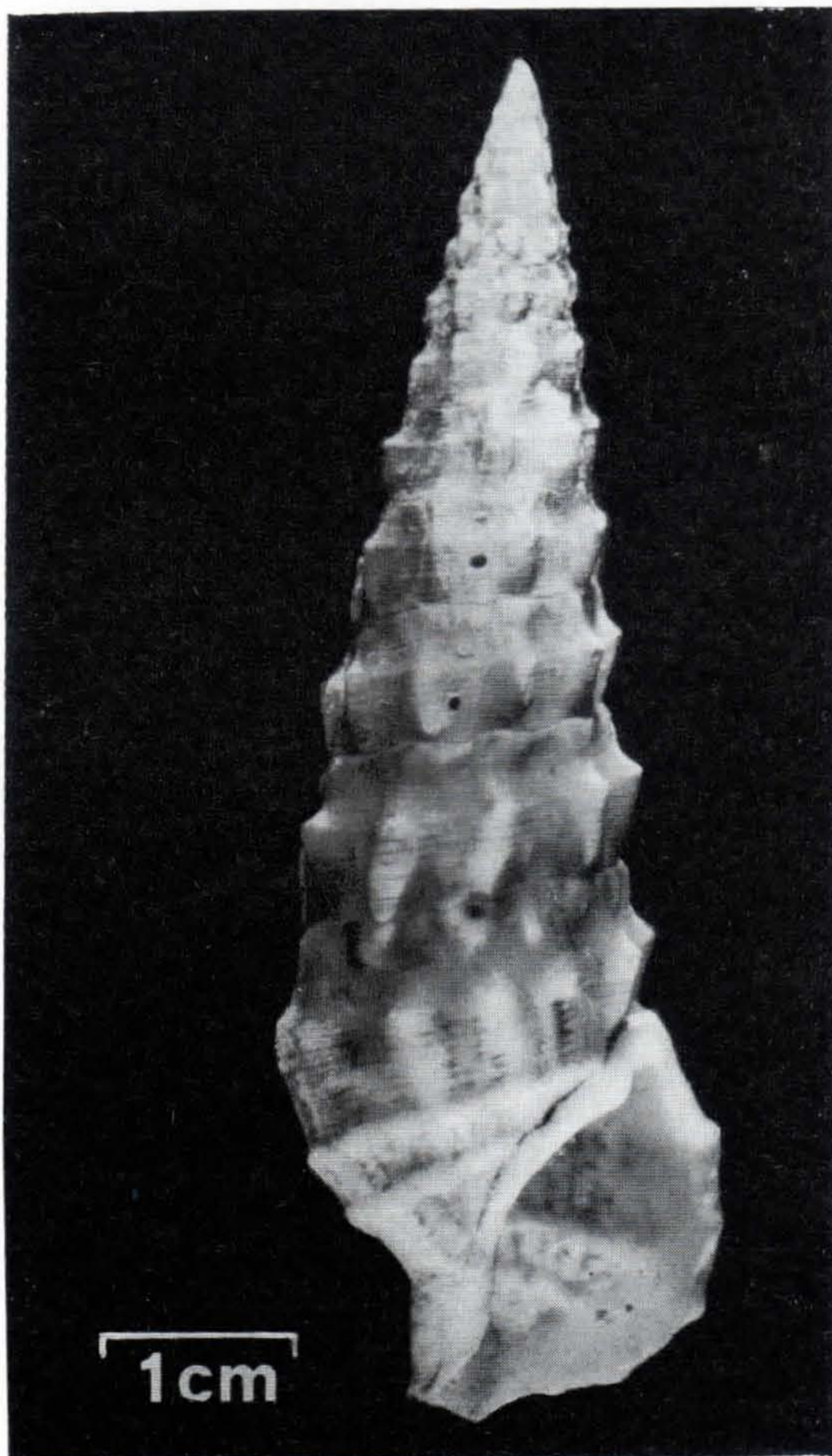


FIG. 3. *Thericium (Gladiocerithium) alucastrum* (BROCCHI).

giati al Calambrone (LI), sia per avere maggiore taglia sia per possedere le coste degli ultimi giri, in corrispondenza della sutura, rialzate sino a diventare lamellari. L'esemplare più grande è alto 50 mm.

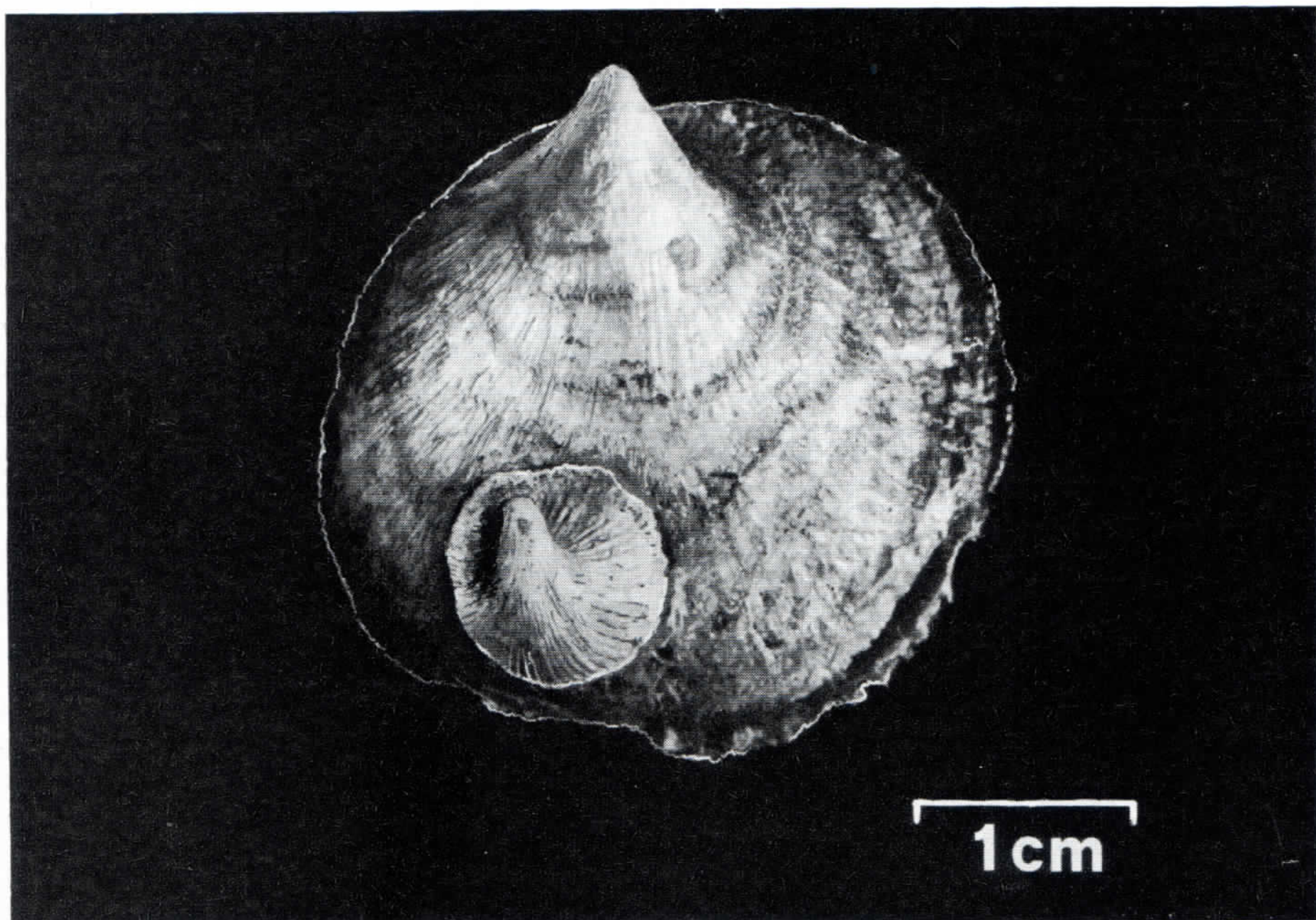
Superfamiglia: CALYPTRAEACEA

Genus: CAPULUS Montfort, 1810

Capulus hungaricus (L.)

N. 33 individui viventi.

Di questa singolare specie abbiamo rinvenuto spesso individui accoppiati (Fig. 4). Le femmine, di dimensioni maggiori, recavano sulla conchiglia, in posi-

FIG. 4. *Capulus hungaricus* (L.) in accoppiamento.

zione fisiologica, un piccolo maschio. Si sono raccolte talora anche femmine ovi-gere. Il suo supporto preferito, su questi fondi, sembra essere costituito da *Ostrea edulis* ed *Atrina fragilis*. È infatti sulla conchiglia di questi Lamelli-branchi che abbiamo rinvenuto il maggior numero degli individui. Qualche esem- plare di piccole dimensioni, probabilmente di sesso maschile, lo abbiamo tro- vato anche su *Gibbula magus*. Dei problemi riguardanti la sessualità di questa specie, si sta attualmente interessando il prof. MAURO SORDI del Laboratorio di Biologia marina dell'Acquario di Livorno.

Familia: CALYPTRAEIDAE

Genus: CALYPTRAEA, Lamarck, 1799

Calyptraea chinensis (L.)

Numerosi individui viventi.

Il loro habitat preferito sembra essere costituito, come abbiamo potuto osservare, dall'interno delle valve di Lamellibranchi morti quali: *Isocardia humana*, *Acanthocardia erinacea* e *Venus casina*.

Superfamilia: STROMBACEA

Familia: APORRHAIIDAE

Genus: APORRHAIIS Da Costa, 1778

Aporrhais pespelecani (L.)

Alcune centinaia di individui viventi.

Alcuni di questi hanno « digitazioni » supplementari, semplici anomalie teratologiche riscontrabili con una certa frequenza in specie che come questa sono dotate di una complessa architettura conchiliare.

Superfamilia: CYPRAEACEA

Familia: CYPRAEIDAE

Subfamilia: ADUSTINAE

Genus: ZONARIA Jousseume, 1884

Zonaria pyrum (GMELIN)

N. 2 individui viventi.

Questa specie, piuttosto frequente nelle acque più calde dei nostri mari, è qui da noi poco comune. Per questa ragione, forse, APPELIUS, non l'aveva ancora segnalata nel nostro mare.

Superfamilia NATICACEA

Familia: NATICIDAE

Subfamilia: NATICINAE

Genus: NATICARIUS Dumeril, 1806

Naticarius hebraeus (MARTIN) = *maculatus* (V. SALIS)

N. 54 individui viventi.

Tra gli esemplari esaminati uno di dimensioni piuttosto eccezionali, H. 48 mm.

Naticarius millepunctatus (LAMK.) = *N. stercus-muscarum* (GMELIN)

N. 35 individui viventi e n. 3 morti.

NORDSIECK ha riesumato per questa specie il nome *stercus-muscarum* già coniato da GMELIN (1788-1790), p. 3673, per un giovane esemplare di questa. Tuttavia, nello stesso lavoro, p. 3669, l'Autore aveva considerato individui adulti della medesima come varietà della *Natica canrena*, come già LINNEO (1776). LAMARCK (1822) conìò per questa specie il nome *millepunctata*. Quest'ultimo nome fu unanimamente accettato dagli AA. successivi, eccezion fatta per SCACCHI

(1836). Questo fa pensare che *stercus-muscarum* abbia assunto i caratteri di *nomen oblitum* e che quindi, in conseguenza di ciò, perda, secondo le attuali disposizioni della Commissione Internazionale per la Nomenclatura Zoologica, ogni diritto di priorità. Per questa ragione abbiamo ritenuto più opportuno usare la denominazione di LAMARCK.

Superfamilia: TONNACEA

Familia: CASSIDIDAE

Genus: GALEODEA Link, 1807

Galeodea echinophora (L.)

Alcune centinaia di individui.

Prevalenza assoluta negli esemplari esaminati della forma priva o quasi di tubercoli. Relativamente a questa specie è importante, secondo noi, rilevare un rapporto fra morfologia ed ecologia. A tutt'oggi questo problema, per quel che ne sappiamo, non è stato minimamente affrontato. Infatti i morfologi si sono solo preoccupati di coniare sottospecie e varietà ad iosa, senza tener conto da quali tipi di fondo ed a quali profondità provenissero gli esemplari studiati. A questo proposito noi, pur non avendo ancora affrontata una raccolta sistematica di questa specie nei vari biotopi, possiamo tuttavia accennare al fatto che esistono degli ecotipi e che quindi vi è una stretta interrelazione ambiente-habitus. Sui fondi detritici o sabbiosi, più o meno grossolani a profondità di solito inferiori ai 50 m, si riscontrano individui con conchiglia piuttosto spessa e pesante, spira alquanto depressa e fortemente tuberculata. I fondi sabbiosi e sabbioso-fangosi intorno alla profondità di 50 m ospitano in prevalenza la forma tuberculata, con spira più alta e conchiglia più leggera della precedente. Sui fondi prevalentemente fangosi dai 50 m e sino alla profondità di 450 m, si hanno individui con conchiglia leggera, spira abbastanza elevata, priva o quasi di tubercoli. Infine dal detritico provengono esemplari tuberculati e di grossa taglia. Questi in sintesi i probabili ecotipi presenti nel nostro mare. Tra le centinaia di individui esaminati abbiamo rinvenuto anche una forma teratologica molto simile alla *G. provincialis* MARTIN (Fig. 5).

Genus: PHALIUM Link, 1807

Subgenus: TYLOCASSIS Woodring, 1928

Phalium (Tylocassis) granulatum undulatum (GMELIN)

N. 2 individui viventi e n. 3 morti.

Subgenus: SEMICASSIS (Klein) Mörch, 1852

Phalium (Semicassis) saburon (BRUG.)

N. 5 individui morti.

Si deve a G. DELLA BELLA (1967), Conchiglie, a. III, p. 143, la prima segnalazione della presenza di questa specie nel nostro mare, pescata al largo di Castiglione.

Familia: CYMATIIDAE

Genus: CYMATIUM Röding, 1798

Subgenus: LAMPUSIA Schumacher, 1817

Cymatium (Lampusia) corrugatum (LAMK.)

N. 28 individui viventi e n. 3 morti.

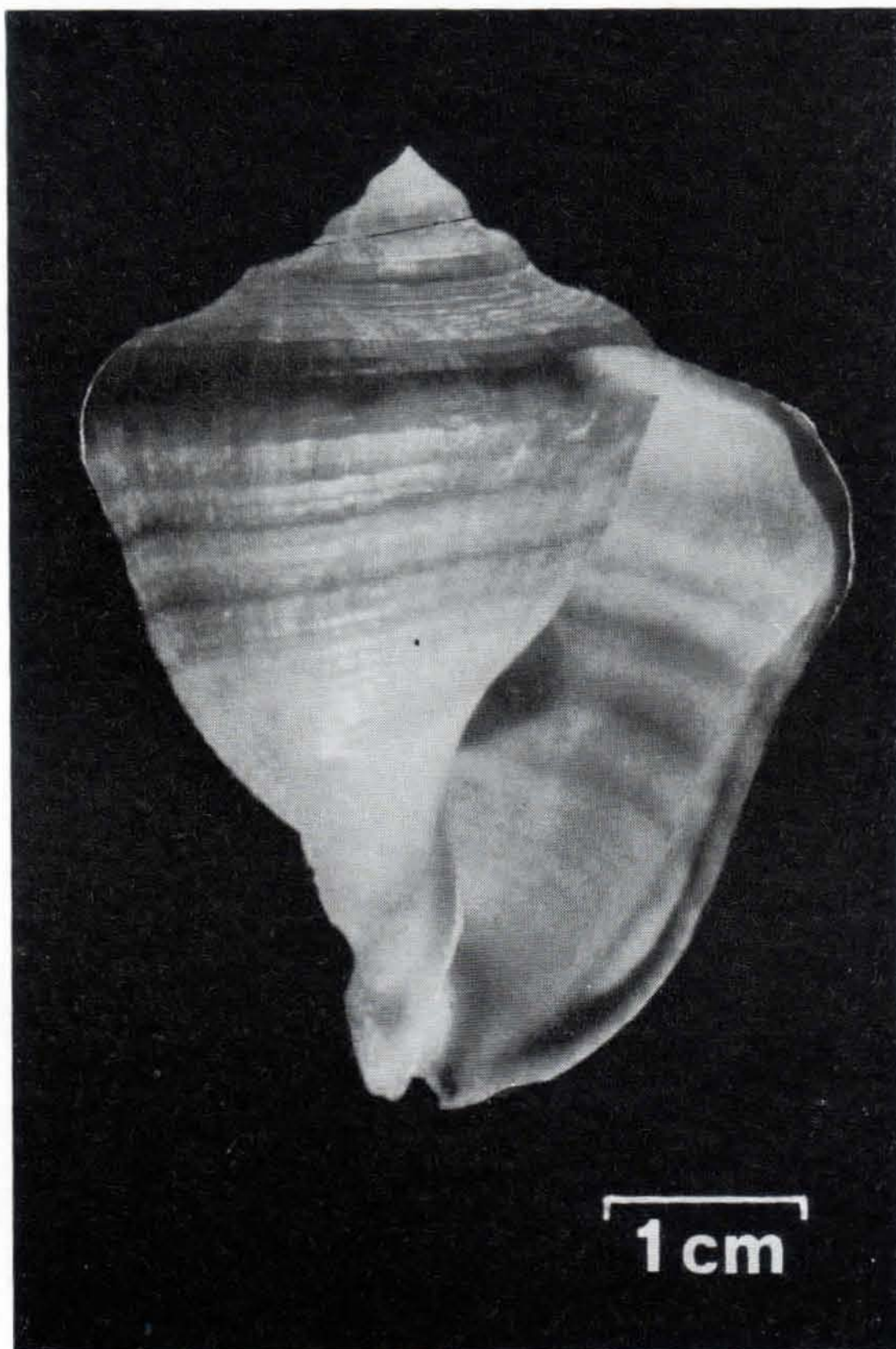


FIG. 5. *Galeodea echinophora* (L.) *forma teratologica* provincialis MARTIN.

È questa una delle specie che si pescano più frequentemente nella zona.

Genus: CHARONIA Gistel, 1848

Charonia lampas (L.) = *C. nodifera* (LAMK.)

Di questa grande specie abbiamo avuto un solo esemplare e di dimensioni piuttosto ridotte; questo perché i pescatori sono restii a dare gli individui più grandi. In ogni modo ci è stato detto che questa viene pescata abbastanza frequentemente sul fondo « macciottito » in prossimità delle Secche di Vada.

Subordo: STENOGLOSSA (NEOGASTROPODA)

Superfamiglia: MURICACEA

Famiglia: MURICIDAE

Subfamiglia: MURICINAE

Genus: TRUNCULARIOPSIS Cossmann, 1921

Trunculariopsis trunculus (L.)

Alcune centinaia di individui.

Genus: MUREX Linné, 1758

Subgenus: BOLINUS Pusch, 1937

Murex (Bolinus) brandaris L.

Alcune centinaia di individui.

Subfamiglia: PURPURINAE

Genus: HADRIANIA Bucquoy - Dautzenberg - Dollfuss, 1882

Hadriania brocchii (MONTEROSATO) = *H. craticulata* (BROCCHI)

N. 25 individui viventi.

È questa la prima segnalazione per il nostro mare. La sua presenza nelle nostre acque appariva quasi ovvia dal momento che era già stata segnalata da BELLINI per il Golfo di Napoli, e dal JEFFREYS per il Mar Ligure. Si pesca con una certa frequenza, tanto è vero che abbiamo avuto numerosi altri individui provenienti dalla stessa zona. MALATESTA, in una breve sintesi tassonomica, spiega chiaramente il perché si debba, per questa specie, adottare, il nome *brocchii* Monterosato e non *craticulatus* Brocchi. Nonostante ciò AA. recenti (come NORD-SIECK) continuano ad usare erroneamente il nome del BROCCHI.

Famiglia: CORALLIOPHILIDAE

Genus: CORALLIOPHILA H. e A. Adams, 1853

Subgenus: HIRTOMUREX Coen, 1922

Coralliophila (Hirtomurex) lamellosa JAN (PHIL.)

N. 1 individuo vivente e n. 26 morti.

Come altre specie del coralligeno, anche questa è stata rinvenuta prevalentemente morta, sempre per la difficoltà di raccolta delle strascicanti su questo tipo di fondo.

Superfamiglia: BUCCINACEA

Famiglia: BUCCINIDAE

Genus: BUCCINULUM Deshayes, 1830

Subgenus: EUTHRIA Gray, 1850

Buccinulum (Euthria) corneum (L.)

N. 14 individui viventi e n. 6 morti.

Gli esemplari esaminati presentano conchiglia allungata e piuttosto leggera, caratteristica questa degli individui che vivono in acque profonde. Il colore varia dal bruno scuro al bianco.



FIG. 6. *Hadriana brocchii* (MONTEROSATO).

Familia: NASSARIIDAE

Genus: NASSARIUS Duméril, 1806

Subgenus: UZITA H. e A. Adams, 1853

Nassarius (Uzita) prismaticus (BROCCHI) = *N. limatus* (CHEMNITZ)

N. 2 individui viventi e n. 20 morti.

Tutti gli esemplari esaminati presentano le caratteristiche proprie delle po-

polazioni tirreniche: conchiglia piuttosto sottile, di piccole dimensioni e di colore biancastro. È questa la prima segnalazione per il nostro mare. Alcuni AA. recenti quali BOMBACE, NORDSIECK, fanno ancora uso del nome specifico di CHEMNITZ, peraltro invalidato dalla Commissione Internazionale per la Nomenclatura Zoologica, opinione n. 184, ottobre 1944.

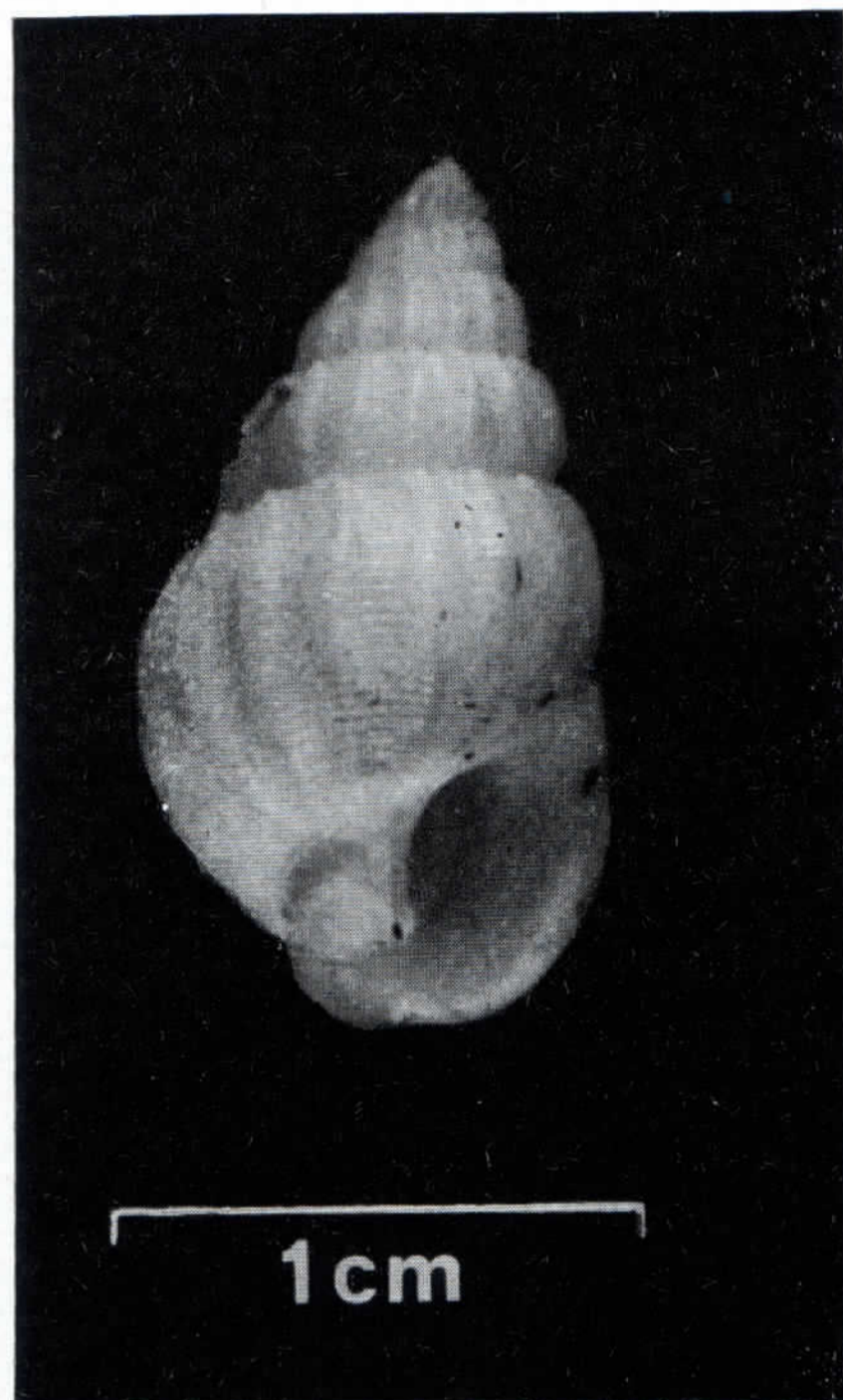


FIG. 7. *Nassarius (Uzita) prismaticus* (BROCCHI).

Familia: FASCIOLARIIDAE

Subfamilia: FUSININAE

Genus: FUSINUS Rafinesque, 1815

Fusinus rostratus (OLIVI) = *F. strigosus* (LAMK.)

N. 138 individui viventi e n. 2 morti.

Tutti gli esemplari esaminati presentano la conchiglia non carenata, coste ben rilevate, canale sifonale non molto lungo e colore bruno. Rappresentano in definitiva la forma non carenata dei fondali detritici di platea già messa in evidenza da BOMBACE per i mari di Sicilia. Da notare perciò che i nostri individui raggiungono spesso le dimensioni riscontrate dallo stesso Autore per la forma della zona batiale. Quest'ultima, anche nel nostro mare, presenta caratteristiche morfologiche diverse: conchiglia più fragile, più o meno carenata

(gli individui con carena molto evidente sono poco frequenti), costulazioni poco pronunciate e, caratteristica saliente, il canale sifonale molto allungato. La colorazione varia dal bruno al bianco. Non è raro incontrare individui completamente albi. Non riteniamo, come afferma BOMBACE, p. 29, che questa forma carenata sia da considerarsi la tipica, cioè quella descritta da OLIVI. Infatti, è nostra opinione che l'olotipo di questo Autore, altro non poteva essere che un individuo proveniente dai fondi detritici di platea dell'Adriatico.

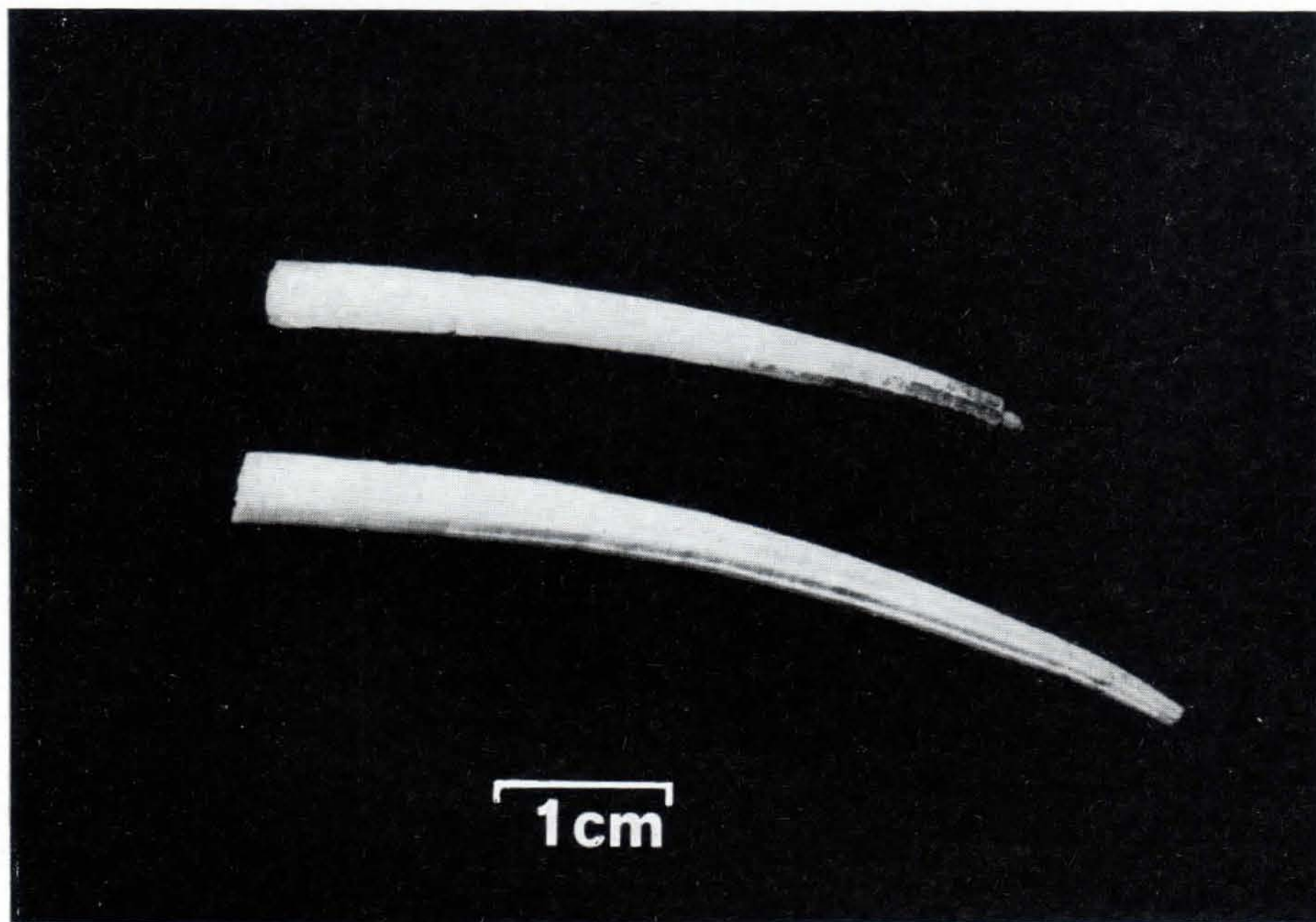


FIG. 8. *Dentalium (Entale) inaequicostatum* DAUTZENBERG.

Infatti il lavoro di OLIVI risale al 1792 quando, quasi certamente, non venivano effettuate pescate al di fuori della piattaforma continentale. In quanto alla prevalenza numerica invocata dallo stesso Autore per convalidare la sua asserzione, possiamo, a ragion veduta, dire che ambedue le forme sono frequenti nei loro rispettivi ambienti. Per concludere possiamo dire che, in linea di massima, concordiamo con quanto detto da BOMBACE a proposito dell'esistenza delle due forme, quasi certamente degli ecotipi: una, non carenata e con canale sifonale corto, propria dei fondali detritici di platea; l'altra, più o meno carenata e con canale sifonale lungo, batiale.

Superfamiglia: VOLUTACEA

Famiglia: MITRIDAE

Genus: MITRA (Bolten) Röding, 1798

Subgenus: MITRA ss.

Mitra (Mitra) zonata MARRYAT

N. 1 individuo vivente e n. 1 morto.

Si deve a D. FRANCHINI (1967), Conchiglie, a. III, p. 145, la prima segnalazione di questa specie nelle nostre acque. Da quella data ad oggi, ne sono stati raccolti nel nostro mare oltre venti esemplari. La maggior parte di questi provengono proprio dalla zona di pesca oggetto del nostro studio. P. PARENZAN (1967), Conchiglie, a. III, pp. 188-89, segnala questa specie come comune su fondi a *Peyssonnelia polymorpha* dello Jonio alla profondità di 60-80 metri. È probabile quindi che questo tipo di fondo sia presente anche nella nostra zona.

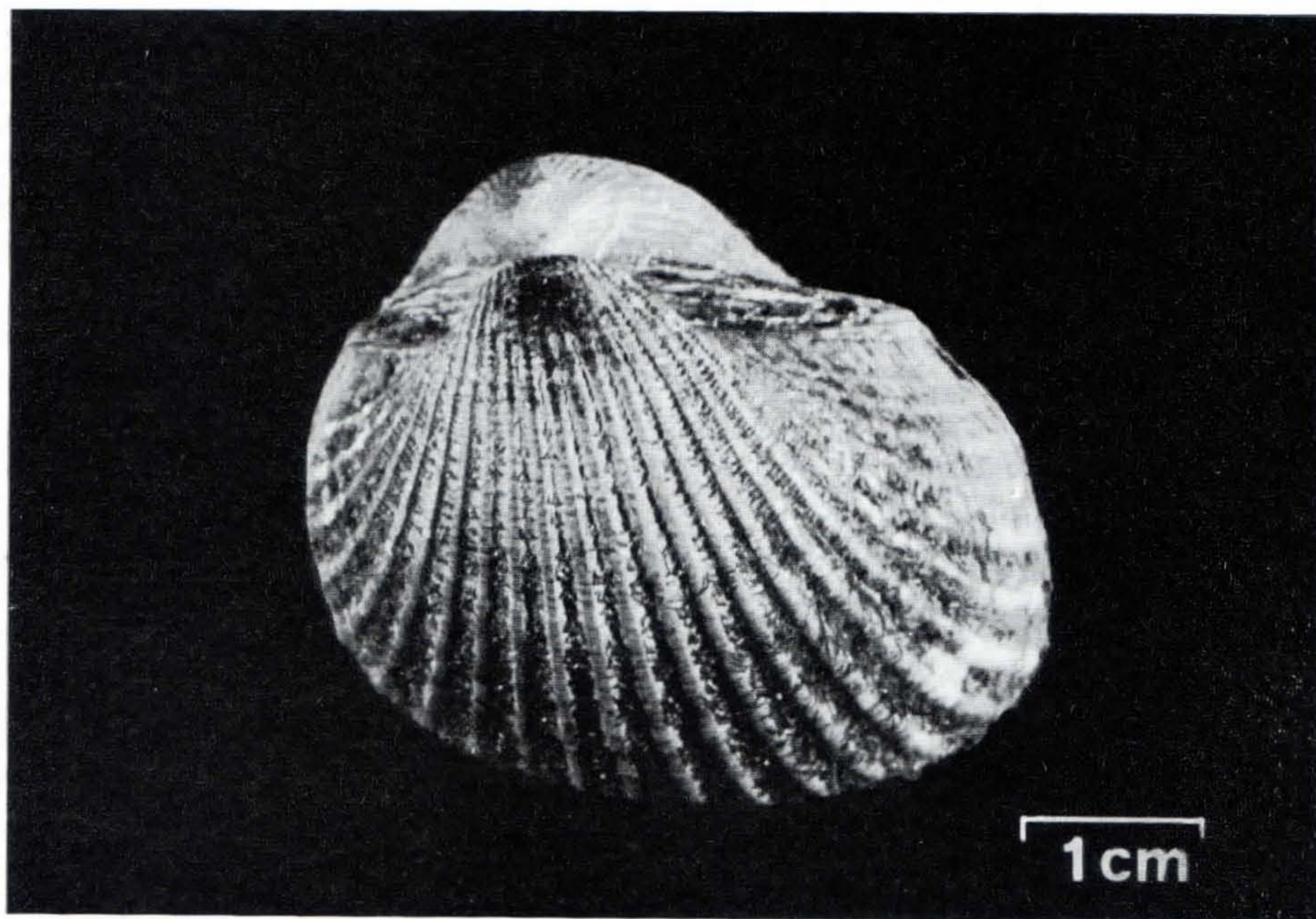


FIG. 9. *Anadara diluvii* (LAMARCK).

Subclassis: OPISTOBRANCHIA

Ordo: CEPHALASPIDEA

Familia: SCAPHANDRIDAE

Genus: SCAPHANDER Montfort, 1810

Scaphander lignarius (L.)

N. 36 individui viventi.

Classis: SCAPHOPODA

Familia: DENTALIIDAE

Genus: DENTALIUM (Aldrovande) Linné, 1758

Subgenus: ANTALE (Aldrovande) Linné, 1758

Dentalium (Antale) inaequicostatum DAUTZENBERG

N. 10 individui viventi e n. 1 morto.

Questa specie, che segnaliamo per la prima volta come facente parte della nostra malacofauna, è piuttosto frequente nella zona di pesca. Infatti, in seguito, in una sola pescata ne furono raccolti alcune centinaia di individui.

Classis: LAMELLIBRANCHIATA

I. Ordo: PROTOBRANCHIA

Superfamilia: NUCULACEA

Familia: NUCULIDAE

Genus: NUCULA Lamarck, 1799

Nucula sulcata BRONN

N. 4 individui viventi.

Familia: NUCULANIDAE

Genus: NUCULANA Link, 1807

Subgenus: SACCELLA Woodring, 1925

Nuculana (Saccella) commutata (PHIL.) = *N. fragilis* (CHEMN.)

Numerose valve isolate.

Pur non avendo riscontrato individui viventi, tuttavia le numerose valve le abbiamo rinvenute su *Microcosmos*. Questo presuppone che lo stesso fondo fangoso-detritico, che ospita questa Ascidia, sia il loro ambiente preferito.

II. Ordo: FILIBRANCHIA

Superfamilia: ARCACEA

Familia: ARCIDAE

Subfamilia: ARCINAE

Genus: TETRARCA Nordsieck, 1969

Tetrarca tetragona (POLI)

N. 13 individui viventi e numerose valve isolate.

BARSOTTI citava dubitativamente questa specie per il nostro mare, risultata poi una delle più frequenti sui fondi sublitorali. Mentre abbiamo rinvenute le valve isolate esclusivamente su *Microcosmos*, gli individui viventi li abbiamo trovati fissati, talora in numerosi individui, su *Atrina fragilis* e *Pecten jacobaeus*.

Genus: STRIARCA Conrad, 1862

Striarca lactea (L.)

N. 6 individui viventi e numerose valve isolate.

Questa specie comune nelle nostre acque anche a poca profondità, l'abbiamo raccolta prevalentemente su conchiglie morte e *Microcosmos*.

Subfamiglia: ANADARINAE

Genus: ANADARA Gray, 1847

Anadara diluvii (Lamk.)

N. 18 individui viventi.

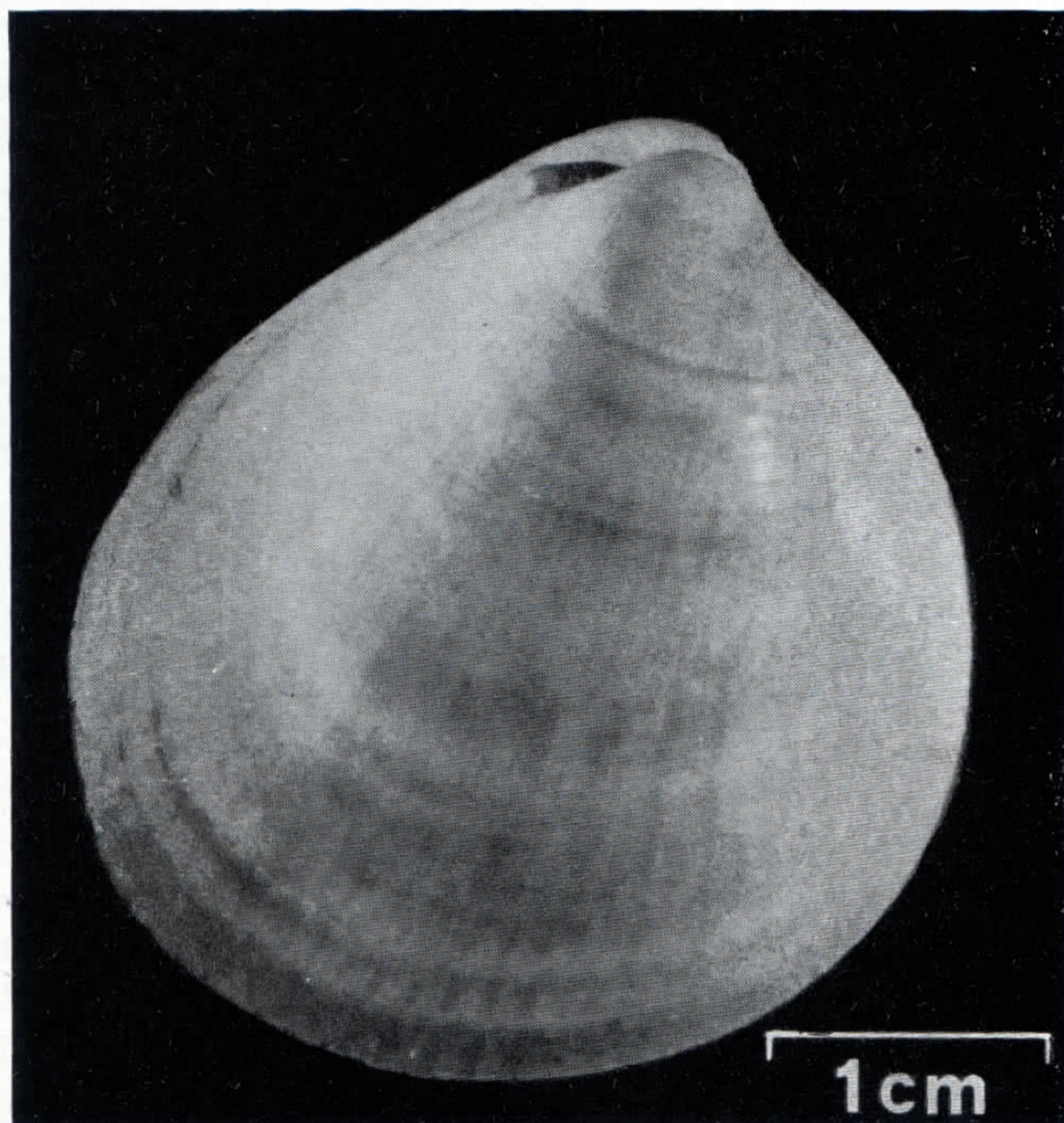


FIG. 10. *Laevicardium crassum mediterraneum* (B.D.D.).

È questa la prima segnalazione per il nostro mare. *Anadara diluvii* var. *sordii* BARSOTTI, 1957, infatti altro non è che un esemplare di *Anadara corbuloides* (MONTEROSATO) che si rinviene, sebbene raramente, spiaggiata sul lido del Calambrone (LI), cosa che non avviene per *A. diluvii*, che sembra essere reclusa a profondità maggiori. Comunque le due specie coesistono sui fondi fangoso-detritici e detritico-coralligeni oltre i 30 m. di profondità. MALATESTA, p. 222, afferma che la distribuzione di questa specie nel Mediterraneo « ... appare piuttosto discontinua ed essa è rara anche nelle stazioni ove viene segnalata ». Non abbiamo esperienza per le altre parti del Mediterraneo, in ogni modo possiamo affermare che nelle nostre acque è piuttosto frequente e ben distribuita sui fondi suddetti. Infatti, oltre che dalla zona di pesca oggetto di studio, ne abbiamo

avuti molti esemplari pescati a nord di Livorno e più precisamente al largo della costa compresa tra il Calambrone e la foce dell'Arno, a profondità variabile tra i 40 ed i 60 m.

Anadara corbuloides (MONTEROSATO)

N. 7 individui viventi.

Tra gli esemplari esaminati uno di grossa taglia: H. 42 mm., L. 60 mm.

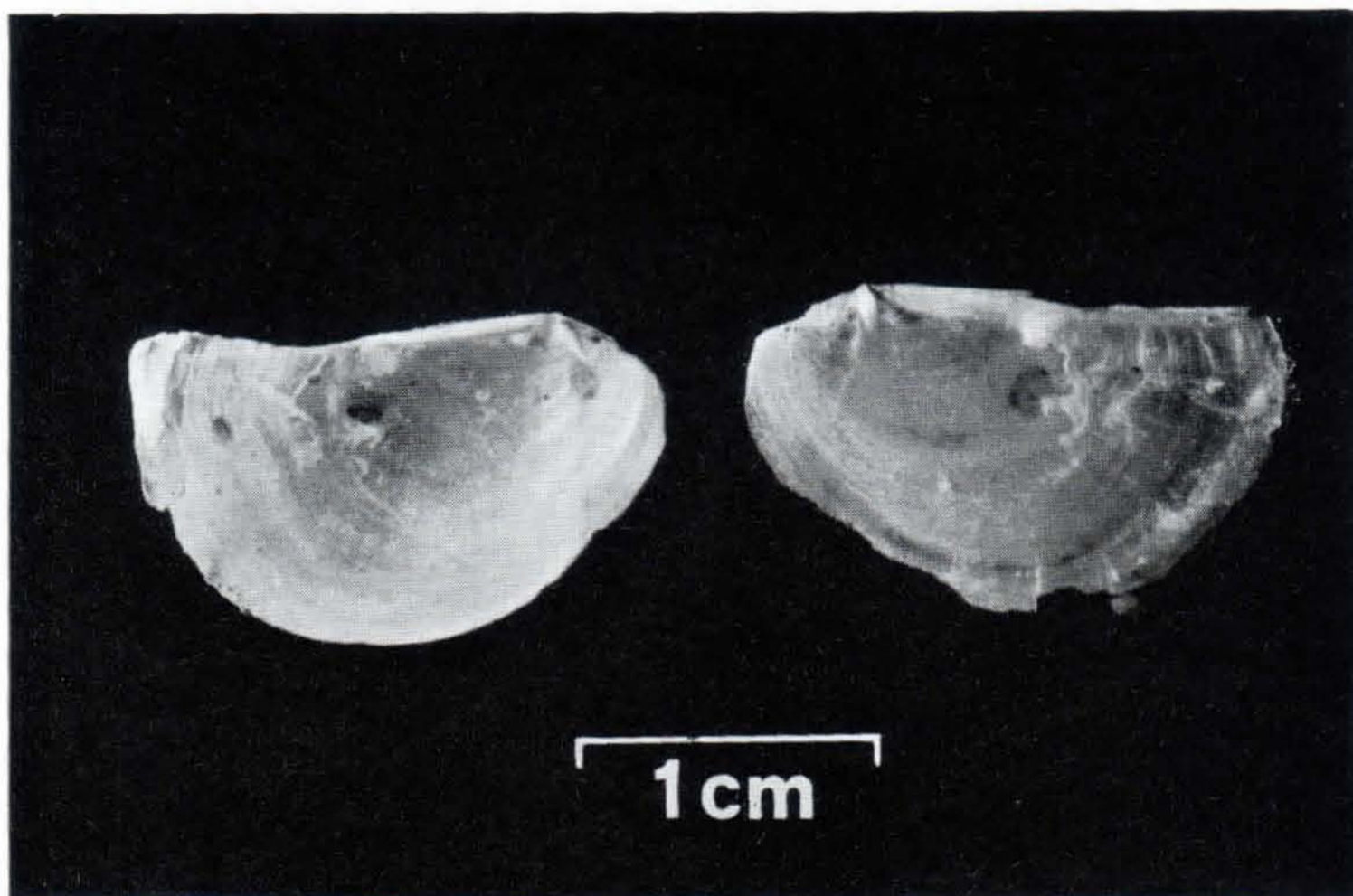


FIG. 11. Pandora pinna (MONTAGU).

Familia: GLYCYMERIDAE

Genus: GLYCYMERIS Da Costa, 1778

Glycymeris glycymeris pilosa (LAMY)

N. 4 individui viventi e n. 6 valve isolate.

La conchiglia di tutti gli esemplari esaminati è del tipo *inflatus*, come figurata da MALATESTA, p. 230, Fig. 13. Nel nostro mare comunque si pescano anche individui a conchiglia orbicolato-depressa ascrivibili alla forma *glycymeris* delle coste atlantiche, già segnalata da BARSOTTI. Nel suo lavoro MALATESTA espone una chiara sintesi tassonomica della specie.

Glycymeris cor (LAMK.) = *G. insubricus* (BROCCHI) = *G. violacescens* (LAMK.)

N. 4 individui viventi e n. 4 valve isolate.

Tutti gli esemplari esaminati hanno conchiglia piuttosto spessa, inequilaterale, obliqua, con umboni prominenti e robusti, ascrivibile al tipo *insubricus* BROCCHI. MALATESTA, p. 232, afferma che nelle popolazioni viventi è certamente predominante il tipo *violacescens* ossia la forma leggermente inequilaterale, subquadrangolare, con umboni esili. A nostro avviso invece, le due forme sono ugualmente frequenti nei loro rispettivi biotopi. Infatti, mentre il tipo *violacescens*

vive sui fondi sabbiosi e sabbioso-fangosi a profondità di solito inferiore ai 20 m., il tipo *insubricus* vive a maggiori profondità su fondi fangoso-detritici. È probabile quindi che si tratti di due ecotipi.

Superfamilia: MYTILACEA

Familia : MYTILIDAE

Subfamilia : MUSCULINAE

Genus: MUSCULUS Röding, 1798

Musculus marmoratus (FORBES)

N. 5 individui viventi.

Tutti gli esemplari sono stati rinvenuti fissati negli spazi intercostali della conichiglia di *Pecten jacobaeus*.

III. Ordo: PSEUDOLAMELLIBRANCHIA

Superfamilia: PTERIACEA

Familia: PTERIIDAE

Genus: PTERIA Scopoli, 1777

Pteria hirundo (L.) = *P. tarentina* (LAMK.)

Numerosi individui, prevalentemente in aggregati.

Familia : PINNIDAE

Genus: ATRINA Gray, 1840

Atrina fragilis (PENNANT)

N. 27 individui viventi.

Questa specie è stata recentemente oggetto di studio da parte di G. BARSOTTI e C. GARAVELLI (lavoro in corso di stampa). Nell'interno delle valve tutti gli individui ospitavano il *Pinnotheres*.

Superfamilia : PECTINACEA

Familia : PECTINIDAE

Subfamilia: PSEUDAMUSSINAE

Genus: PEPLUM Bucquoy - Dautzenberg - Dollfus, 1889

Peplum triradiatum (MÜLLER) = *P. inflexum* (POLI) = *P. clavatum* (POLI) = *P. dumasii* (PAYR.)

N. 7 individui viventi.

Come già per altre MALATESTA, p. 240, fa il punto sulla posizione sistematica di questa specie politipica.

Subfamilia: AEQUIPECTININAE

Genus: AEQUIPECTEN Fischer, 1887

Aequipecten opercularis (L.)

N. 17 individui viventi.

Subfamilia : CHLAMYSINAE

Genus: CHLAMYS (Bolten) Röding, 1798

Chlamys varia (L.)

N. 1 individuo vivente.

Chlamys multistriata (POLI) = *C. pusio* (L.) = *C. distorta* (DA COSTA)

N. 3 individui viventi.

Genus: FLEXOPECTEN Sacco, 1897

Flexopecten flexuosus (POLI)

N. 7 individui viventi.

Specie politipica, strettamente mediterranea, abbastanza comune su questi fondi.

Subfamilia: PECTININAE

Genus: PECTEN Müller, 1776

Pecten jacobaeus (L.)

N. 44 individui viventi.

Superfamilia: OSTREACEA

Familia : OSTREIDAE

Genus: OSTREA Linné, 1758

Ostrea edulis L. = *O. cristata* BORN = *O. adriatica* = *O. hippopus* LAMK. =
= *O. ? taurica* SIEMASCHKO

Numerosi individui viventi.

Non si può parlare di questa specie senza ricordare la sua estrema politipicità legata verosimilmente a condizioni ambientali diverse. Tutte le « varietà », sottospecie e persino specie mediterranee di questo genere, istituite da precedenti AA., sono tutte riferibili a questa.

Genus: PYCNODONTA Fischer von Waldheim, 1835

Pycnodonta cochlear (POLI)

N. 4 individui viventi.

Come spesso accade, per questa specie, gli individui erano saldamente cementati tra loro.

IV. Ordo: EULAMELLIBRANCHIA
 Subordo: INTEGRIPALLIATA
 Superfamilia: ASTARTACEA
 Familia: ASTARTIDAE

Genus: ASTARTE Sowerby, 1816

Astarte fusca (POLI)

N. 5 individui viventi e n. 3 valve isolate.

Superfamilia : CARDITACEA
 Familia: CARDITIDAE

Genus: BEGUINA (Bolten) Röding, 1798

Subgenus: GLANS Megerle, 1811

Beguina (Glans) aculeata (POLI)

N. 18 individui viventi.

Questa specie, segnalata con riserva da APPELIUS come facente parte della nostra malacofauna, è invece risultata una delle più comuni sui fondi detritici sublitorali del nostro mare.

Superfamilia: CARDIACEA
 Familia : CARDIIDAE
 Subfamilia: CARDIINAE

Genus: ACANTHOCARDIA Gray, 1851

Acanthocardia paucicostata (Sow.)

N. 3 individui viventi.

La specie era già stata segnalata per il nostro mare da BARSOTTI come *Eucardium (Cardium) ciliare* (L.). NORDSIECK riesuma il nome generico *Sphaerocardium* MONTEROSATO, istituito dallo stesso MONTEROSATO proprio per questa specie. Questa adozione è, a nostro avviso, ingiustificata dal momento che non sussistono caratteri tali da poter distaccare questa specie dalle altre del genere *Acanthocardia*.

Acanthocardia echinata mucronata (POLI)

Alcune centinaia di individui.

Tutti gli esemplari esaminati sono riportabili a questa sottospecie.

Acanthocardia deshaysi (PAYRAUDEAU)

N. 1 individuo vivente e n. 1 valva isolata.

I caratteri conchiliologici di questa specie sono intermedi tra *A. echinata* e *A. erinacea*; tuttavia NORDSIECK considera questa come sottospecie di *A. echinata*. Mentre concordiamo con questo Autore nell'attribuire alla forma *mucronata* di *A. echinata* il valore geografico di sottospecie, perché riteniamo che, come attualmente avviene per altri Lamellibranchi mediterranei (*Mytilus*, *Glycymeris*, etc.), vi sia in atto un processo di speciogenesi; pensiamo che, per la forma *deshayesi* questo processo sia già avvenuto, dal momento che la ritroviamo

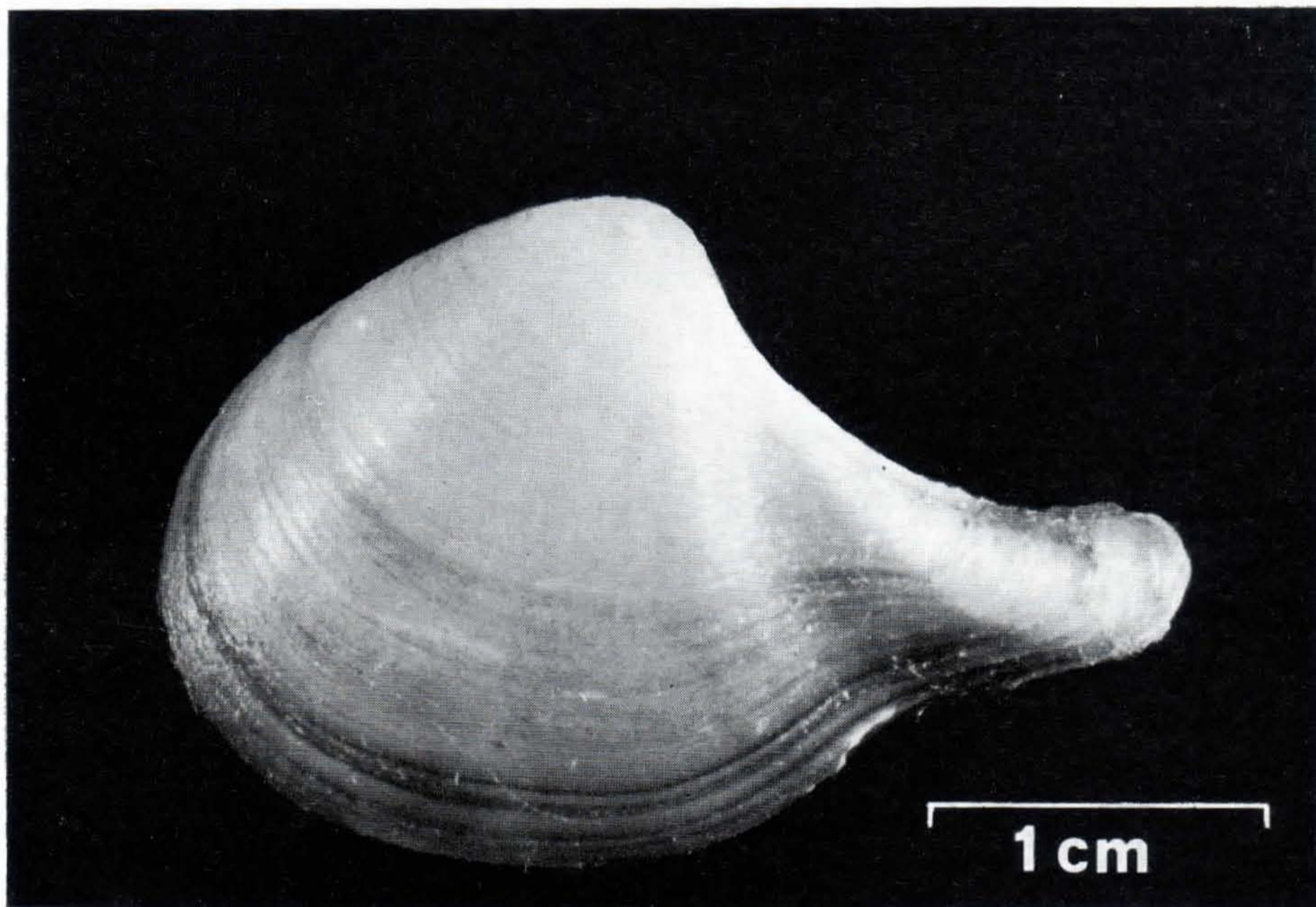


FIG. 12. *Cuspidaria cuspidata* (OLIVI).

fossile dal Calabriano, quando, con ogni probabilità, è iniziata anche la speciogenesi di *A. erinacea*. Per questa ragione abbiamo ritenuto opportuno considerarla come specie distinta.

Acanthocardia erinacea (LAMK.) = *A. spinosa* (DILLWYN non SOLANDER)

N. 8 individui viventi.

Subfamilia: LAEVICARDIINAE

Genus: LAEVICARDIUM Swainson, 1840

Laevicardium crassum mediterraneum (B.D.D.) = *L. norvegicum* (SPENGLER)
var. *mediterranea* B.D.D.

N. 21 individui viventi.

Questa specie non era ancora stata segnalata nel nostro mare. Tutti gli esemplari esaminati hanno i caratteri della forma *mediterranea* B.D.D.: conchiglia ovale, rigonfia, sottile ed a coste radianti obsolete. Dal momento che in Adriatico si rinvencono di regola individui di dimensioni circa il doppio dei nostri, la taglia ridotta, H. 28 mm. L. 25 mm, sembra essere una prerogativa delle nostre popolazioni. A proposito della tassonomia di questa, NORDSIECK usa erroneamente il nome specifico *norvegicum* SPENGLER, indicando, come già B.D.D., il 1790 come data di pubblicazione della specie, invece del 1799. La prima data è invece da attribuirsi alla pubblicazione di GMELIN che aveva coniato per questa il termine *crassum*.

Laevicardium oblongum (CHEMNITZ)

N. 33 individui viventi e n. 13 valve isolate.

Questa specie, tipicamente mediterranea, sembra aver raggiunto nelle nostre popolazioni una certa stabilità sia nella forma sia nella ornamentazione. Vi è solo da notare tra gli individui raccolti una alta percentuale di giovani.

Superfamilia: ISOCARDIACEA

Familia: ISOCARDIIDAE

Genus: ISOCARDIA (Klein, 1753) Lamarck, 1799

Isocardia humana (L.) = *I. cor* (L.)

N. 43 individui viventi.

Tutti gli esemplari ospitavano nel loro interno il *Pinnotheres*.

Subordo: SINUPALLIATA

Superfamilia: TELLINACEA

Familia: TELLINIDAE

Genus: ANGULUS Megerle von Mühlfeld, 1811

Subgenus: PERONIDIA Dall, 1900

Angulus (Peronidia) albicans (GMELIN) = *A. nitidus* (POLI)

N. 1 individuo vivente e n. 1 morto.

Questa specie piuttosto frequente sui fondi fangoso-sabbiosi a nord di Livorno sembra esserlo meno in questa zona.

Genus: QUADRANS (Klein) Bertin, 1878

Subgenus: SERRATINA Pallary, 1922

Quadrans (Serratina) serratus (BROCCHI)

N. 10 individui viventi.

Questa specie già considerata come rara nel nostro mare (BARSOTTI) si è invece rivelata una delle più frequenti sui fondi detritici sublitorali.

Familia : SANGUINOLARIIDAE

Genus: SOLECURTUS Blainville, 1824

Solecortus strigilatus (L.)

N. 2 individui viventi.

Solecortus candidus (RENIER) = *S. scopula* (TURTON)

N. 1 individuo morto.

La rarità di questa specie e della precedente e la mancanza di individui viventi è facilmente spiegabile in quanto trattandosi di molluschi fossori, sono difficilmente reperibili a mezzo delle strascianti.

Superfamilia : VENERACEA

Familia : VENERIDAE

Subfamilia : VENERINAE

Genus: VENUS Linné, 1758

Subgenus: VENUS ss.

Venus (Venus) casina (L.)

N. 1 individuo vivente e n. 2 morti.

La parte interna degli individui morti era tappezzata di piccole *Calyptreae*.

Genus: GLOBIVENUS Coen, 1934

Globivenus effossa (BIVONA pater)

N. 1 individuo vivente e n. 3 valve isolate.

Sono da rilevare le dimensioni piuttosto eccezionali dell'esemplare vivente, H. 33 mm. - L. 35 mm.

Subfamilia : CHIONINAE

Genus: CHIONE Mühlfeld, 1811

Subgenus: CLAUSINELLA Gray, 1851

Chione (Clausinella) fasciata (DA COSTA)

Numerose valve isolate.

Questa specie, citata con riserva da BARSOTTI, come facente parte della nostra malacofauna, è stata raccolta solo in valve isolate sui *Microcosmos*.

Subfamilia: MERETRICINAE

Genus: CALLISTA Poli, 1791

Callista chione (L.)

N. 19 individui viventi.

Superfamilia: HIATELLACEA

Familia: HIATELLIDAE

Genus: HIATELLA Daudin, 1801

Hiatella arctica (L.)

Numerosi individui viventi.

Questa specie è stata rinvenuta prevalentemente attaccata con il proprio bisso su conchiglie morte ed, in giovani individui, sul periostraco dei *Cymatium*.

Superfamilia: PANDORACEA

Familia: PANDORIDAE

Genus: PANDORA Bruguière, 1792

Pandora pinna (MONTAGU)

N. 3 individui viventi.

E' questa la prima segnalazione per il nostro mare. BELLINI la cita per il Golfo di Napoli.

V. Ordo: SEPTIBRANCHIA

Superfamilia: POROMYACEA

Familia: CUSPIDARIIDAE

Genus: CUSPIDARIA Nardo, 1840

Cuspidaria cuspidata (OLIVI)

N. 1 individuo vivente.

Anche questa specie viene segnalata per la prima volta come facente parte della nostra malacofauna. Comunque la sua presenza nelle nostre acque era in parte prevedibile dal momento che era già stata citata dal JEFFREYS per le coste della Liguria e dal BELLINI per il Golfo di Napoli.

ECOLOGIA E CONCLUSIONI

Sulla Carta di Pesca n. 5 della Marina Mercantile sono riportati, nella zona di pesca oggetto del presente studio, due tipi di fondo: il fondo « macciottito », in prossimità delle Secche di Vada e del Promontorio di Piombino ed il fondo fangoso. Il fondo « macciottito », come definito da Fusco, 1965, p. 10, è un ... « Fondo piano, ghiaioso, sassoso e cosparso spesso di fango e di grosse alghe ». LUMARE, 1968, p. 10, sempre a proposito della natura dei fondi della zona fa notare che, ... « tra le Secche di Vada e Piombino, attorno ai 50 metri, il fondo si presenta abbastanza vario, ricoperto da fango grigio, sabbia, praterie di Posi-

donia e con qualche rara zona di roccia o detrito roccioso grossolano ». Questo è ciò che sappiamo sulla natura del substrato dei fondi della zona da AA. precedenti. Lo studio della malacofauna raccolta a mezzo delle strascicanti nella zona di pesca, ha permesso di individuare specie ed associazioni caratteristiche di particolari ambienti e quindi di mettere in evidenza, oltre ai succitati, anche altri tipi di fondo.

Coralligeno. La presenza di questo fondo è indicata da specie quali: *Pycnodonta cochlear*, *Globivenus effossa* e *Calliostoma zizyphinum*. È interessante notare che nella pescata del giorno 11 gennaio 1969, furono raccolti due esemplari di *Calliostoma zizyphinum* di colore viola ed uno di *Globivenus effossa*. La presenza delle due specie, dal punto di vista ecologico, è molto significativa dal momento che anche G. SPADA (1968) le ha ritrovate insieme sui fondi coralligeni della Sardegna. Infine, i reperti di *Globivenus effossa*, sinora conosciuti, risultano effettuati a profondità al disotto dei 70 m.

Detritico costiero. Questo tipo di fondo che, secondo PÉRÈS (1961), è caratterizzato da detrito prevalentemente organico, risultato, non dall'intervento di fattori idrodinamici, ma dall'azione di organismi attaccanti il calcare, è qui indicato dalla presenza delle seguenti specie caratteristiche: *Dentalium (Antale) inaequicostatum*, *Beguina (Glans) aculeata*, *Laevicardium oblongum*, *Quadrans (Serratina) serratus*, *Anadara diluvii*, *Glycymeris glycymeris pilosa*, *Acanthocardia deshaysi*, *Solecurtus candidus*, *Aequipecten opercularis*, *Flexopecten flexuosus*, *Pecten jacobaeus*, *Aporrhais pespelecani* e *Turritella (Haustator) biplicata*. L'abbondanza delle suddette specie in quasi tutte le pescate effettuate è indicativa dell'estensione di questo tipo di fondo.

Fangoso. Abbiamo rinvenuto molte specie indicatrici di questo tipo di fondo. Alcune di queste mettono in evidenza, nella zona di pesca, le due *facies* dei *fanghi terrigeni costieri sublitorali*, la *facies dei fanghi molli* e quella dei *fanghi vischiosi*, PÉRÈS (1961). La prima corrisponde alla zoocenosi a *Turritella communis*, specie raccolta in grande quantità in quasi tutte le pescate; la seconda è caratterizzata dall'abbondanza della *Pteria hirundo* che su questi fondi, come abbiamo potuto constatare, si ammassa in aggregati di numerosi individui. La zoocenosi a *Turritella* dovrebbe ricoprire l'area sottoposta all'apporto diretto dei sedimenti dei corsi d'acqua che sfociano nella zona; da nord a sud: il fiume Cecina, il Fosso della Madonna, Fossa Camilla ed il Fosso di Bolgheri. Il flusso dei sedimenti di questi corsi d'acqua, per l'azione della prevalente « traversia » di maestrale (SAGGINI, 1966), è diretto verso mezzogiorno, quindi l'area della suddetta zoocenosi dovrebbe essere estesa in questa direzione.

Altre specie indicatrici dei fondi fangosi sono: *Atrina fragilis* ed *Isocardia humana*. A proposito di queste due specie è interessante notare che, mentre sulle coste britanniche si pescano in acque poco profonde (*Isocardia humana*, secondo TEBBLE (1966) sembra non scendere al disotto dei 4 fathoms, cioè

circa 7,3 m), nel nostro mare esse sono reperibili solo a livelli batimetrici intorno ai 50 m ed oltre.

Il rinvenimento di *Venus casina* e di *Astarte fusca* sta ad indicare che nella zona vi sono anche forti correnti di fondo.

Per concludere, questa zona di pesca, che per la sua profondità si inserisce nel piano sublitorale, per la varietà del suo substrato offre delle condizioni ecologiche ottimali per l'insediamento di varie malacocenosi; è auspicabile quindi, per il futuro, una ricerca condotta con mezzi più appropriati.

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo vivamente i Proff. G. BACCI, G. COGNETTI e R. NOBILI per gli utili consigli dati nella stesura del presente lavoro ed in particolare il Prof. M. SORDI che oltre a ciò ha eseguito le fotografie.

BIBLIOGRAFIA

- APPELIUS, F. L., 1869: Le conchiglie del Mar Tirreno. Bull. Malac. Ital., Pisa, 2, estr., 27-49.
- , 1871: Catalogo delle conchiglie fossili del livornese desunto dalle collezioni e manoscritti del defunto G. B. Caterini. Bull. Malac. Ital., Pisa, 3, estr., 123, tavv. 2.
- ARNOULD, M., 1955: La collection de mollusques testacés de la Station océan. de Salammbô. Bull. Station Océan. Salammbô, 51, 3-21.
- BARSOTTI, G., 1957: Contributo alla conoscenza della malacofauna del Mare toscano. I. Lamellibranchi. Boll. Pesca, Pisc. e Idrobiol., Roma, a. XXXII, 11 (n. s.), 55-82.
- BOMBACE, G., 1969: Appunti sulla malacofauna e sui fondali circalitorali della penisola di Milazzo. Suppl. Boll. Inform. Sicilcamere, Palermo, 12, 58, figg. 7, tavv. 17.
- BELLINI, R., 1929: I molluschi del Golfo di Napoli. Ann. Mus. Zool., Napoli, R. (n. s.), 6, n. 2, estr., 87.
- B.D.D. = BUCQUOY, E., PH. DAUTZENBERG et G. DOLLFUS, 1882-1898: Les mollusques marins du Roussillon. 2 voll. in 26 fasc., pp. 570, tavv. 66, pp. 884, Baillièrè, Paris.
- CAPROTTI, E., 1965: Notes on the Mediterranean DENTALIIDAE. Atti Soc. Ital. Sci. Natur., Milano, 339-354, pl. 1.
- COEN, G., 1934: Sulla *Venus effossa* BIVONA ed un nuovo genere di Veneride. Boll. Soc. Veneziana di Storia Natur., Venezia, 1 (4), 50-52, tav. 3.
- 1937: Nuovo saggio di una Sylloge Molluscorum Adriaticorum. R. Com. Talas. Ital., Venezia, 240, 173, tavv. 23.
- COEN, G. e A. VATOVA, 1932: Malacofauna arupinensis. Thalassia, Rovigno, 1 (1), 53, tav. 1.
- FISCHER, P., 1880-1887: Manuel de Conchyliologie et de Paleontologie conchyliologique. Baillières, Paris, 24, 1396, pls. 24, figs. 1138.
- FUSCO, N., 1965: Il fondo del mare dalla foce dell'Arno a Piombino. Pubbl. Minist. Marina Merc., Roma, Carta di Pesca n. 5, 145.

- GHISOTTI F., 1965 e segg.: Schede Malacologiche del Mediterraneo. Soc. Malac. Ital., Milano.
- GLEMAREC M., 1968: Pélécy-podes marins de la côte atlantique française. Labor. Zool., Brest (n. s.).
- ISSEL R., 1918: *Biologia marina*. Hoepli, Milano, pp. 607, figg. 211.
- JEFFREYS J. G., 1856: On the marine TESTACEA of the piedmontese coast. Ann. Mag. Natur. Hist., febr., London. Trad. di G. Cappellini, 1860, 87, tav. 1, Tip. Ist. Sordo-Muti, Genova.
- LOCARD A., 1886: Catalogue général des Mollusques vivants de France. Bailliè-re, Paris, 10, 778.
- LUMARE F., 1968: Osservazioni sulle zoocenosi caratteristiche dei fondi da pesca a strascico dall'Arcipelago Toscano a la Spezia. C.N.R., Roma, ser. B, 25, 29, tav. I-VI.
- MALATESTA A., 1942: Le formazioni pleistoceniche del Livornese. Atti Soc. Tosc. Sci. Natur., Pisa, 51, 104-206.
- , 1961-63: Malacofauna pleistocenica di Grammichele (Sicilia). Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia, Roma, 12, pt. I-II, 392, tavv. 19, figg. nel testo.
- MARS P., 1949: Faune malacologique de l'Etang de Berre. Extr., Bull. Mus. Hist. Natur., Marseille, 11 (2), 65-116, pl. I-V.
- NOBRE A., 1936: Moluscos marinhos de Portugal. 2, est., 378, Pôrto.
- NORDSIECK F., 1968: Die europäischen Meeres-Gehäuseschnecken (PROSOBRANCHIA) Vom Eismeer bis Kapverden und Mittelmeer. Fischer Verlag, Stuttgart, pp. 273, taf. XXXI, f. B. 16.
- , 1969: Die europäischen Meeremuscheln (BIVALVIA) Vom Eismeer bis Kapverden, Mittelmeer und Schwarzes Meer. Fischer Verlag, Stuttgart, pp. 256, taf. XXV, f. B. 7.
- PASTEUR-HUMBERT C., 1962: Le Gastéropodes. Rabat, 1, pp. 245, tavv. 42.
- , 1962: Les Lamellibranches et les Scaphopodes. Rabat, 2, pp. 184, tavv. 39.
- PAYRAUDEAU B. C., 1826: Catalogue descriptif et méthodique des Annelides et des Mollusques de l'île de Corse. Lavrault Béchét, Paris, pp. 218, pls. 8.
- PÉRÈS J. M., 1961: Océanographie Biologique et Biologie Marine. Presse Univ. de France, Paris, pp. 538, figs. 35.
- PHILIPPI R. A., 1836-44: Enumeratio Molluscorum Siciliae cum viventium tum in tellure tertiaria fossilium. Sc. Schropp, Berolini, 1 (1836), pp. XIV, 268, tab. I-XII, 2 (1844), 304, tab. XIII-XXVIII.
- PRIOLO O., 1948-1968: Nuova revisione delle conchiglie marine di Sicilia. Atti Acc. Gioen. Catania, ser. VI, 6-20, estr.,
- PRUVOT-FOL A., 1954: Faune de France: Mollusques Opisthobranches. Lechevalier, Paris, pp. 460, figs. 173, tav. 1.
- RIEDL R., 1963: Fauna und Flora der Adria. Parey, Hamburg und Berlin, pp. 640, figg. 2590.
- RUGGIERI G. e A. GRECO, 1965: Studi geologici e paleontologici su Capo Milazzo con particolare riguardo al Milazziano. Estr. Geologica Romana, 4, 41-88.
- SAGGINI F., 1966: Morfologia costiera e trasporto detritico marino sul litorale della Provincia di Livorno. Pisa, Estr. Atti del Convegno per la Difesa del Litorale Toscano, 58-69.
- SCACCINI A., 1967: Dati preliminari sulle zoocenosi e sulla biomassa in una zona dell'alto e medio Adriatico. Note del Labor. Biol. Mar. e Pesca Fano, Bologna, 11 (3), 25-56.

- SETTEPASSI F., 1967 e segg.: Atlante Malacologico dei Molluschi marini viventi nel Mediterraneo. 1-2, Corp. Arti Grafiche, Roma.
- SPADA G., 1968: Rinvenimento di due *Globivenus effossa* presso le Bocche di Bonifacio. Conchiglie, Milano, a. 5 (9-10), 143-150.
- TARPARONE CANEFRI C., 1869: Indice sistematico dei molluschi testacei dei dintorni di Spezia e del Suo Golfo. Atti Soc. Ital. Sci. Natur., Milano, 12, 261-406.
- TAYLOR D. W. and N. F. SOHL, 1962: An outline of Gastropod classification. Malacologia, Washington, 1 (1), 7-32.
- TEBBLE N., 1966: British Bivalve Seashells. Alden Press Osney Mead, Oxford, pp. 212, figg. 110, tavv. 12.
- TORTONESE E., Nuovo contributo alla conoscenza del bentos della scogliera ligure. Arch. Ocean. Limn., Venezia, 12 (2), 163-183.

G. BARSOTTI, Museo Provinciale di Storia Naturale, Piazzale Mascagni, 1, Livorno, Italia.

G. FRILLI, Viale A. Vespucci, 13, Antignano (Livorno), Italia.

Un metodo immunologico per la caratterizzazione del fitoplancton *

di

M. BERNHARD, G. LOMI, G. RIPARBELLI, M. SALETTI e A. ZATTERA

(Dal Laboratorio per lo studio della contaminazione radioattiva del mare,
C.N.E.N. - EURATOM, 19030 Fiascherino, La Spezia e l'Istituto Sieroterapico « SCLAVO », Siena)

2 Figure

Summary. An immunofluorescence method has been developed for the identification of phytoplankton forms.

The Antigene-Antibody reactions have been carried out with anti *Leptocylindrus danicus* and anti *Phaeodactylum tricorutum* sera.

We tested 14 DIATOMEAE, 8 FLAGELLATAE, 5 PERIDINEAE, 3 marine bacteria strains used as controls have not reacted with the anti *L. danicus* serum.

The specificity of the sera is not very high.

Riassunto. 1. — Il metodo della Immunofluorescenza è stato applicato al Fitoplancton marino in vista di due futuri possibili obiettivi:

a) caratterizzazione di forme di Fitoplancton che non si possono determinare al microscopio;

b) sfruttamento della tecnica di immunofluorescenza per sviluppare un metodo automatico di conta.

2. — Le reazioni Antigene-Anticorpo sono state effettuate con i sieri anti *Leptocylindrus danicus* e *Phaeodactylum tricorutum*.

Gli antigeni usati nelle reazioni sono stati: 14 DIATOMEAE, 8 FLAGELLATAE, 1 COCCOLITHOPHORIDEAE, 4 PERIDINEAE, 3 ceppi di batteri marini e *Escherichia coli* usati come controlli.

3. — Nel gruppo delle DIATOMEAE si è osservata elevata reattività: 11 ceppi su 13 hanno reagito col siero anti *L. danicus*; 11 ceppi su 14 col siero anti *P. tricorutum*.

4. — I ceppi degli altri gruppi tassonomici hanno reagito in minor misura: 2 ceppi su 13 con siero anti *L. danicus*; 3 su 13 con siero anti *P. tricorutum*.

5. — I ceppi batterici usati come antigeni di controllo non hanno reagito col siero anti *L. danicus*.

6. — La specificità dei sieri non è molto elevata.

7. — Il numero degli antigeni a comune fra le due classi delle DIATOMEAE è superiore a quello degli altri gruppi tassonomici.

8. — I risultati, anche se preliminari, lasciano intravedere, nel complesso, la possibilità di future applicazioni della tecnica di Immunofluorescenza nella caratterizzazione ed enumerazione del fitoplancton.

INTRODUZIONE

Per condurre nella maniera più efficace possibile la sperimentazione di laboratorio relativa ad accumulo, perdita, ecc. di radioisotopi è necessario disporre di informazioni sulla distribuzione delle varie specie nei diversi livelli trofici e la loro posizione nella catena alimentare marina.

Con tali informazioni si potranno individuare i componenti più rappresen-

* Lavoro svolto nell'ambito del Contratto di Associazione C.N.E.N. - EURATOM,

tativi di ogni livello trofico, effettuare su questi i necessari esperimenti ed utilizzare i dati così ottenuti per estrapolarli alle condizioni naturali.

Il fitoplancton rappresentando il primo livello trofico della catena alimentare marina dell'ambiente pelagico, è di fondamentale importanza nella concentrazione biologica dei radionuclidi e la conoscenza della sua distribuzione rientra nell'ambito delle informazioni che sono necessarie per un migliore orientamento dello studio dell'accumulo biologico di radionuclidi.

Il fitoplancton è costituito di forme di dimensioni considerevoli, morfologicamente distinguibili e facilmente enumerabili col metodo di ÜTERMÖHL (1936); perciò tali forme sono da noi denominate « Ütermöhl fitoplancton » (BERNHARD e RAMPI, 1967).

Esiste poi un secondo gruppo di forme, difficilmente conservabili con i fissativi più comunemente usati e di scarsa differenziazione morfologica, la cui enumerazione può farsi con metodi diversi da quello di ÜTERMÖHL (es. metodi colturali), che noi denominiamo « Non Ütermöhl-fitoplancton » (BERNHARD, RAMPI e ZATTERA, 1967).

L'incidenza sulla biomassa primaria del « Non Ütermöhl fitoplancton » è tenuta ben presente da alcuni autori (ATKINS, 1945; BUTSCHER, 1952; KNIGHT-JONES, 1951).

La concentrazione di tali forme nell'acqua di mare è stata da noi (BERNHARD, RAMPI e ZATTERA, 1967) stimata con il metodo colturale delle diluizioni seriali o MPN (KNIGHT-JONES, 1951).

I risultati così ottenuti dimostrano che questa frazione del fitoplancton incide notevolmente sia come numero sia come massa sulla popolazione autotrofa totale.

È chiaro quindi che questa componente va presa in considerazione negli studi di radiocontaminazione.

È noto che il conteggio e la caratterizzazione del fitoplancton, con i metodi attualmente in uso, si può fare dopo un certo tempo dal prelevamento dei campioni.

Non è raro che durante l'analisi dei dati della distribuzione del fitoplancton in un dato sito ci si renda conto di come una modifica della strategia di campionamento avrebbe potuto dare informazioni più complete sulla distribuzione.

Ma per decidere su tali modifiche bisogna poter disporre delle informazioni direttamente sul posto di campionamento.

Non potendo, al momento, disporre di metodi rapidi di stima del fitoplancton, si ha una perdita di informazioni che se evitata potrebbe condurre ad una migliore conoscenza della dinamica delle distribuzioni. Oggi si tende ad introdurre una certa automatizzazione nelle tecniche di conteggio e di caratterizzazione delle popolazioni.

In questi ultimi anni sono entrati in uso diversi tipi di contatori automatici di cellule che però si sono dimostrati utili, per quanto riguarda il fito-

plancton, quasi esclusivamente per colture di laboratorio ed in particolare per alghe non coloniali.

Il riconoscimento automatico di forme con l'uso dei computers (pattern recognition) non è ancora applicabile alla enumerazione del fitoplancton.

Perciò proponiamo, come soluzione alternativa, l'applicazione della tecnica di immunofluorescenza, associata ad un sistema automatico di rivelazione della positività delle reazioni Antigene-Anticorpo.

Tale tecnica, potrà, in futuro, contribuire ad automatizzare la caratterizzazione ed i conteggi del fitoplancton.

Nella tecnica di immunofluorescenza gli anticorpi sono coniugati con una sostanza fluorescente, nel nostro caso con isotiocinato di fluoresceina, che eccitato nell'ultravioletto emette una fluorescenza verde.

Così sotto un microscopio a fluorescenza si potrà osservare se una reazione è positiva dal cambiamento della fluorescenza rossa della clorofilla al verde dell'anticorpo marcato assorbito sull'antigene. Poiché l'osservazione della reazione si fa al microscopio si può osservare la reazione per ogni singola cellula.

MATERIALI E METODI

Per la produzione di sieri di coniglio si sono usati gli antigeni. *Phaeodactylum tricornutum* e *Leptocylindrus danicus*.

Il *Phaeodactylum* è stato coltivato, in condizioni asettiche, nel seguente terreno di coltura:

Na ₂ HPO ₄ 12H ₂ O	0,02 g
NaNO ₃	0,1 g
NaHCO ₃	0,20 g
Acqua di mare	a 1.000 ml
pH	8±0,1

Il *Leptocylindrus* è stato coltivato in ambiente settico in analogo terreno con aggiunta di estratto di terra (50 ml per litro).

Nelle Tabelle 1 e 2 sono riportati gli schemi di immunizzazione dei conigli.

Gli antigeni, sospesi in acqua di mare, sono stati inoculati, nei conigli, sottocute e/o endovena. Assieme agli antigeni veniva talvolta inoculato adiuvante di Freund.

Le quantità di antigene inoculato sono date in mg di azoto per coniglio.

Durante il ciclo di immunizzazione sono stati fatti dei piccoli salassi di prova per saggiare il titolo dei sieri per precipitazione.

Una volta che il titolo dei sieri di prova aveva raggiunto valori accettabili gli animali venivano salassati in bianco. I sieri così ottenuti sono poi stati mescolati assieme.

Una parte è stata successivamente coniugata con isotiocinato di fluoresceina frazionata in aliquote da 0,5 ml, posta in altrettante fiale e liofilizzata; la porzione residua non ha subito trattamenti ed è stata usata per la preparazione dei bianchi.

Gli antigeni usati nelle reazioni antigene-anticorpo sono ceppi del gruppo delle DIATOMEAE, PERIDINEAE, COCCOLITROPHORIDEAE e FLAGELLATAE (vedi Tab. 3).

Inoltre per confermare se i sieri prodotti agiscono solo sulle alghe, tre ceppi di batteri marini ed *Escherichia coli* sono stati usati nelle reazioni antigene-anticorpo con siero anti *Leptocylindrus danicus*.

TAB. 1. Schema di immunizzazione per la produzione di siero anti *Phaeodactylum tricornutum*.

Data	Inoculi ml/coniglio	Cont. in N mg/coniglio	Salassi	Titoli
20-12-67	1+1 di adiuvante	0,2	—	—
11- 1-68	2+2 di adiuvante	0,4	—	—
18- 1-68	—	—	di prova	1/10-1/100
20- 1-68	4	0,8	—	—
27- 1-68	—	—	di prova	1/100-1/500
30- 1-68	—	—	in bianco	1/200-1/500

Note: inoculi tutti sottocute. Conigli trattati n. 6; conigli sopravvissuti n. 6; conigli stimolati n. 6.

La tecnica di reazione da noi messa a punto è la seguente:

- 1) si concentrano gli antigeni per centrifugazione;
- 2) si lava per due volte l'antigene in acqua di mare (S ~ 36 ‰) diluita (1/4) e portata a pH 7,2, se necessario, con Na₂CO₃ o NaOH diluiti;

TAB. 2. Schema di immunizzazione per la produzione di siero anti *Leptocylindrus danicus*.

Data	Inoculi ml/coniglio	Cont. in N mg/coniglio	Salassi	Titoli
18- 9-68	1+1 di adiuvante*	0,17		
2-10-68	2+2 di adiuvante*	0,34		
16-10-68	2*	0,34		
23-10-68	2*	0,34		
28-10-68	—	—	di prova	0
30-10-68	3**	0,51		
4-11-68	4**	0,68		
9-11-68	—	—	di prova	1/50
19-11-68	3**	0,51		
23-11-68	4**	0,68		
27-11-68	—	—	di prova	1/100-1/500
29-11-68	—	—	in bianco	1/100-1/500

Note: * Inoculi sottocute, ** Inoculi endovena. Conigli trattati n. 5; conigli sopravvissuti n. 3; conigli stimolati n. 3.

ELENCO DELLE ALGHE E DEI BATTERI
NELLE REAZIONI ANTIGENE - ANTICORPO

DIATOMAEAE

PENNALES :

1. *Phaeodactylum tricorutum*
2. *Nitzschia closterium*
3. *Nitzschia seriata*
4. *Gyrosigma fasciola*
5. *Gyrosigma spenceri* var. *exilis*
6. *Asterionella japonica*
7. *Amphiprora paludosa*

CENTRALES:

8. *Chaetoceros danicus*
9. *Chaetoceros affinis*
10. *Chaetoceros lorenzianus*
11. *Leptocylindrus danicus*
12. *Skeletonema costatum*
13. *Biddulphia mobiliensis*
14. *Hemiaulus hauckii*

FLAGELLATAE

- | | |
|---|---------------------------|
| 15. <i>Chroomonas fragarioides</i> (Flag. β1) | 19. <i>Flagellato</i> β6 |
| 16. <i>Platymonas suecica</i> (Flag. β2) | 20. <i>Flagellato</i> β7 |
| 17. <i>Dicrateria</i> sp. (Flag. β3) | 21. <i>Flagellato</i> β8 |
| 18. <i>Flagellato</i> β5 | 22. <i>Flagellato</i> β43 |

COCCOLITHOPHORIDEAE

23. *Coccolithus huxleyi*

PERIDINEAE

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| 24. <i>Exuviaella compressa</i> | 26. <i>Glenodinium</i> sp. 1 |
| 25. <i>Prorocentrum micans</i> | 27. <i>Glenodinium</i> sp. 2 |

BATTERI MARINI

- | | |
|-------------|-------|
| 28. 24-1-16 | 30. 2 |
| 29. 21-6-9 | |

BATTERIO NON MARINO

31. *Escherichia coli*

Note: Il ceppo n. 3 non è stato usato col siero anti *L. danicus*. I ceppi da 28 a 31 non sono stati usati con siero anti *L. danicus*.

3) il siero liofilizzato si sospende in tampone di fosfati con il 2% di tween 80, pH 7.3 (preparato dall'Istituto Sciavo di Siena). Il tampone si usa anche per le diluizioni dei sieri. Per il nostro lavoro i sieri sono stati usati alle diluizioni 1/1-1/2-1/5;

4) nelle stesse provette in cui avviene la concentrazione ed il lavaggio degli antigeni si aggiunge il siero di cui al punto 3;

5) si mette in termostato a 37° C per 3 ore;

6) si lava 2 volte con il tampone di fosfati (pH 7.2-7.3) per rimuovere l'eccesso di anticorpo che non ha reagito;

7) si monta su vetrini e si osserva la reazione al microscopio a fluorescenza.

Per il controllo si fa reagire l'antigene con l'antisiero non marcato seguendo lo schema precedentemente indicato fino al punto 5.

Quindi si aggiunge l'antisiero marcato, si tratta nuovamente in stufa, come in 5, e si prosegue con le operazioni dei punti 6 e 7.

È noto che la clorofilla eccitata nell'ultravioletto emette fluorescenza nel rosso. Se un'alga reagisce con anticorpi marcati con isotiocinato di fluoresceina la fluorescenza verde di questa ricopre quella rossa della clorofilla. La positività di una reazione sarà perciò indicata dal viraggio dalla fluorescenza rossa della clorofilla a quella verde del tracciante.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La sierologia applicata alla botanica non ha avuto grandi successi e quindi ampie applicazioni. Ciò è anche da mettersi in relazione alle particolari caratteristiche del materiale vegetale che ha una struttura semplice.

La semplicità di una struttura antigenica conduce ad una bassa specificità dei sieri. Inoltre alcuni prodotti del metabolismo vegetale, quali tannini, saponine, alcaloidi ecc., agiscono negativamente sia durante la stimolazione dell'animale con il quale si producono i sieri sia durante le reazioni Antigene-Anticorpo (MORITZ, 1962). Perciò i titoli dei sieri sono generalmente bassi e le reazioni possono essere disturbate. I risultati delle reazioni Antigene-Anticorpo sono riportate nelle Figg. 1 e 2.

La positività delle reazioni è indicata come percentuale delle alghe per le quali è stato osservato viraggio da fluorescenza rossa a verde.

Dagli istogrammi (Figg. 1 e 2) si nota che con il siero anti *P. tricorutum* ca. di un totale di 27 ceppi hanno reagito, in misura maggiore o minore, 14 ceppi; con il siero anti *L. danicus* hanno reagito 12 ceppi di alghe su di un totale di 26.

Osserviamo che per la produzione dei sieri sono state usate due DIATOMEAE: il *P. tricorutum* per la classe delle PENNALES e *L. danicus* per quella delle CENTRALES.

I dati ottenuti mettono in risalto una reattività elevata per il gruppo delle DIATOMEAE, mentre fra le alghe degli altri gruppi solo due ceppi hanno reagito col siero anti *L. danicus* e tre col siero anti *P. tricorutum*. Con i tre ceppi di

batteri marini, *Escherichia coli* e siero anti *L. danicus* non è stata osservata fluorescenza verde e quindi le reazioni Antigene-Anticorpo per questi ceppi non erano positive.

È opportuno anche far rilevare che i titoli dei sieri valutati per precipitazione sono piuttosto bassi per ambedue i ceppi (vedi Tabb. 1 e 2).

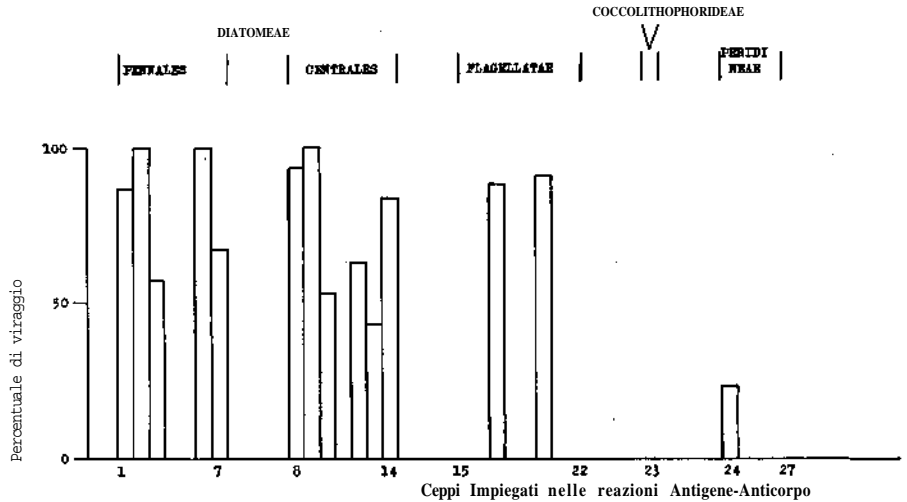


FIG. 1. Percentuale di viraggio della fluorescenza nelle reazioni Antigene-Anticorpo di alcuni ceppi di fitoplancton con siero Anti *Phaeodactylum tricornutum*.

Sulla base dei risultati ottenuti possiamo notare che:

1) la mancata reazione, in queste prime esperienze preliminari, verso i batteri marini e *Escherichia coli* indica che i sieri sono specifici verso le alghe e che il viraggio della fluorescenza è dovuto a vera e propria reazione, cosa che peraltro era indicata dai blanks e dal fatto che non è stato riscontrato viraggio per tutte le alghe;

2) fra il gruppo delle diatomee la reattività è certamente più elevata che fra i ceppi degli altri gruppi sistematici anche se analizzati nel loro complesso;

3) esistono antigeni a comune nelle due classi delle diatomee;

4) un numero più basso di antigeni è a comune fra gli altri gruppi;

5) difficile, allo stadio attuale delle conoscenze, individuare una differenziazione negli ordini della stessa classe ed una differenziazione fra le famiglie dello stesso ordine.

È abbastanza ragionevole ritenere che in un prossimo futuro, con altri studi e sperimentazioni si possa arrivare ad ottenere sieri specifici almeno a livello di gruppo o grossa categoria sistematica.

È certamente prematuro pronunciarsi in questa materia; tuttavia pensiamo che sia possibile raggiungere gli obiettivi segnalati sopra modificando i cicli di immunizzazione, assorbendo variamente certe frazioni anticorpali, concentrando i sieri ecc.; adottando cioè quelle tecniche che già hanno dato positivi risultati in altri campi della immunologia.

In sostanza il nostro obiettivo minimo è quello di poter produrre, in futuro sieri anti DIATOMEAE anti PERIDINEAE ecc.

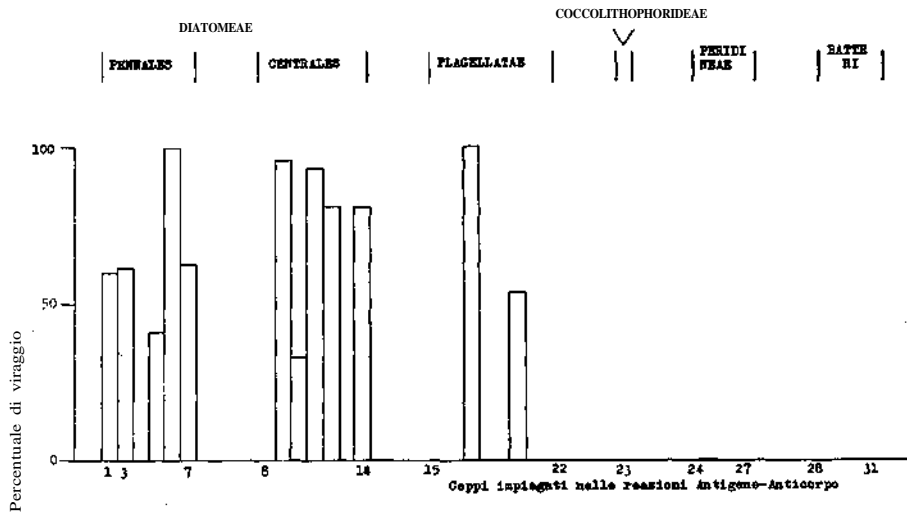


FIG. 2. Percentuale di viraggio della fluorescenza nelle reazioni Antigene-Anticorpo di alcuni ceppi di Phytoplankton con siero Anti *Leptocylindrus danicus*.

Raggiunto tale obiettivo si passerà ad applicare la tecnica di immunofluorescenza alla automatizzazione della conta del fitoplancton. A tale stadio di sviluppo della tecnica e delle conoscenze si dovrebbe disporre di uno stock di antisieri specifici per i gruppi.

Allora si potrà frazionare un campione di acqua di mare in tante aliquote quanti sono gli antisieri preparati. Quindi si prepareranno altrettante reazioni antigene-anticorpo.

A questo punto basterà disporre di un sistema di controllo automatico della positività delle reazioni. Si potranno ad esempio far fluire i campioni in un capillare, posto sotto un microscopio a fluorescenza e stimare automaticamente il viraggio di fluorescenza enumerando anche le forme.

Prove preliminari già eseguite presso il laboratorio di Fiascherino dimostrano che tale realizzazione non è difficile.

BIBLIOGRAFIA

- ATKINS W. R. G., 1945: Autotrophic flagellates as the major constituents of the oceanic Phytoplankton. *Nature* 156, 446-447.
- BERNHARD M. and L. RAMPI, 1967: The annual cycle of the Utermöhl-phytoplankton in the Ligurian Sea in 1959 and 1962. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli* 35, 137-169.
- BERNHARD M., L. RAMPI and A. ZATTERA, 1967: A Phytoplankton Component not considered by the Utermöhl method. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli* 35, 1-45.
- BUTSCHER R. W., 1952: Contribution to our knowledge of the smaller marine algae. *J. Mar. Biol. Ass.* 31, 175-190.
- KNIGHT JONES E. W., 1961: Preliminary studies of nanoplankton and ultraplankton systematics and abundance by a quantitative culture method. *J. du Conseil* 17, 140-155.
- MORITZ O., 1962: Some special features of Serobotanical work. In: *Taxonomic Biochemistry and Serology* by C. A. Leans. The Ronald press Co.N.T., 275-303.
- ÜTERMÖHL H., 1963: Quantitative methoden zur Untersuchung des Nannoplanktons. *Abderhalden Handb. Biol. Arb. Meth.* 9, 1879-1937.

Dr. M. BERNHARD, Dr. G. LOMI e Dr. A. ZATTERA, Laboratorio per lo studio della contaminazione radioattiva del mare, C.N.E.N - EURATOM, 19030 Fiascherino, La Spezia, Italia.

Dr. G. RIPARBELLI e Prof. SALETTI, Istituto Sieroterapico « SCLAVO », Siena, Italia.

La distribuzione del fitoplancton nel mar Ligure *

di

M. BERNHARD, L. RAMPI e A. ZATTERA

(Dal Laboratorio per lo studio della contaminazione radioattiva del mare,
C.N.E.N. - EURATOM, 19030 Fiascherino, La Spezia, Italia)

12 Figure

Summary. 1. — The horizontal and vertical distributions (1959, 1962) of the « ----- phytoplankton » (i.e. COCCOLITHOPHORIDEAE, DIATOMEAE and PERIDINEAE and the Non-Üthermöl-phytoplankton (i.e. flagellates and other unknown forms) are presented and discussed.

The data are presented in general in number per volume, for some examples the distributions are calculated in biomass per volume and « potential daily production » per volume.

2. — The analysis of the data obtained from horizontal continuous discrete sampling with « the air-bubble-lift » show that phytoplankton is highly heterogeneously distributed in the Ligurian Sea.

3. — The distribution data for 1959 and 1962 are expressed as number of cells/l and fresh weight in g/l and grouped in layers (0-10; 10-50; 50-100; 100-175 m). For 1959 single samples had been counted and later the weighted mean for each strata had been calculated.

For the 1962 integrated samples obtained by mixing weighted aliquots of primary samples have been counted.

Both the numerical and biomass distribution during 1959 are more heterogeneous of the 1962 distribution.

The most frequent species were in general the same during the two years: *Coccolithus huxleyi* was the most frequent COCCOLITHOPHORIDEAE. The high mean value frequency 76 % for *Nitzschia seriata* found during 1959 was due to a bloom in June which was not again encountered in 1962.

The diatoms in 1959 and in 1962 with a frequency higher than 1 % were the following: *Asterionella japonica*, *Bacteriastrum delicatulum*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros decipiens*, *Cerataulina bergoni*, *Dactyliosolen mediterraneus*, *Nitzschia closterium*, *Nitzschia seriata*, *Rhizosolenia stolterfothii*, *Thalassionema nitzschiodes*, *Thalassiotrix fraunfeldii*.

4. — The results of cultural analysis suggest that although the MPN method gives only a minimal estimation the MPN observed for the Non-Üthermöl-phytoplankton in the Ligurian Sea is larger than that of the number of the « ----- phytoplankton » forms and, therefore, the Non-Üthermöl-phytoplankton must always be considered in the evaluation of phytoplankton populations.

5. — A comparison between the number of cells, their biomass and « potential daily production » in a single station shows that the number of cells per volume is not a good criterion for the ecological importance of a species.

* Lavoro svolto nell'ambito del Contratto di Associazione C.N.E.N. - EURATOM.

Riassunto. 1. — Sono presentati e discussi i risultati relativi alla distribuzione orizzontale e verticale (1959, 1962) dei gruppi classici del fitoplancton DIATOMEAE, PERIDINEAE, COCCOLITHOPHORIDEAE.

Inoltre è stata studiata col metodo colturale delle diluizioni seriali (MPN) anche quella componente del fitoplancton di difficile conservazione con i fissativi più comunemente usati Non-Ütermöhl fitoplancton. Infine sono presentati alcuni dati relativi alla distribuzione di tutti i gruppi del fitoplancton ivi comprese le forme Non-Ütermöhl fitoplancton con il calcolo della biomassa e della « produzione potenziale giornaliera » dei diversi gruppi.

2. — L'analisi dei dati ottenuti da campioni prelevati in orizzontale ed in maniera discreta continua col metodo delle bolle d'aria dimostra che il fitoplancton presenta una distribuzione estremamente eterogenea.

3. — I dati delle distribuzioni del fitoplancton negli anni 1959 e 1962 sono espressi in numero di individui per litro e peso umido (in g/l) e raggruppati in strati (0-10; 10-50; 50-100 metri).

Per il 1959 sono stati contati i singoli campioni e poi è stata calcolata la media per lo strato con la formula di RILEY (1957).

Per il 1962 sono stati contati dei campioni integrati mescolando assieme aliquote ponderate dei singoli campioni.

La distribuzione numerica e della biomassa del 1959 è in generale più eterogenea di quella del 1962. Le specie più numerose erano però, in linea di massima, le stesse in entrambi gli anni: *Coccolithus huxleyi* era di gran lunga la più numerosa delle COCCOLITHOPHORIDEAE; fra le DIATOMEAE non è stata riscontrata nessuna specie singola numericamente predominante, ma un gruppo di specie.

L'alto valore medio trovato nel 1959 per *Nitzschia seriata* (76 %) fu dovuto principalmente ad una eccezionale fioritura di giugno, non più rilevata nel 1962.

Non tenendo conto di questi fenomeni le specie più frequenti dell'1 % erano nel 1959: *Asterionella japonica*, *Bacteriastrum delicatulum*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros decipiens*, *Cerataulina bergoni*, *Dactyliosolen mediterraneus*, *Nitzschia closterium*, *Nitzschia seriata*, *Rhizosolenia stolterfothii*, *Thalassionema nitzschiodes*, *Thalassiotrix fraunfeldii*, che sono praticamente le stesse del 1962.

Tra le PERIDINEAE il solo gruppo numeroso è stato quello delle *Gymnodiniales* sp. pl.

4. — I risultati dell'analisi colturale suggeriscono che, sebbene il metodo dell'MPN dia soltanto stime minimali, l'MPN osservato per il Non-Ütermöhl fitoplancton nel Mar Ligure è molto più grande del numero di cellule appartenenti all'Ütermöhl fitoplancton e perciò il Non-Ütermöhl fitoplancton non deve essere più ignorato nella valutazione delle popolazioni fitoplanctoniche.

5. — L'analisi compiuta sulla distribuzione del numero di individui, della loro biomassa e della produzione potenziale giornaliera effettuata, come esempio, su una singola stazione e per un campionamento unico mostra che il numero degli individui per litro non è un buon criterio per valutare l'importanza ecologica di una specie.

INTRODUZIONE

Il programma del Laboratorio per lo studio della contaminazione radioattiva del mare è articolato in modo da studiare il ruolo delle catene alimentari nel trasporto di radioisotopi in un sistema ecologico marino.

Il lavoro è stato organizzato in modo da avere una panoramica generale dei fattori ambientali e delle popolazioni biologiche in un sistema ecologico così da condurre gli esperimenti di accumulo e perdita di radioisotopi in organismi marini sulle specie più importanti ed in condizioni tali che permettano valutazioni attendibili del trasporto dei radionuclidi nell'ambiente naturale.

Per questo abbiamo ritenuto opportuno, prima di procedere a studi di accumulo e perdita di radioisotopi, studiare la distribuzione, in una zona ecologica scelta come campione al largo delle « Cinque Terre », dei componenti del 1° livello trofico.

Per stabilire quali sono le più importanti specie del fitoplancton si deve studiare l'intera popolazione fitoplanctonica.

In studi di distribuzione del fitoplancton l'attenzione è stata finora posta quasi esclusivamente ai gruppi classici, quali DIATOMEAE, COCCOLITHOPHORIDEAE e PERIDINEAE.

Onesti gruppi si possono studiare agevolmente con la tecnica di ÜTERMÖHL (1936); ma se si vuole tenere conto dell'intera popolazione del fitoplancton è necessario valutare anche la frazione fitoplanctonica che, data la estrema fragilità delle forme che la rappresentano, difficilmente può essere preservata con fissativi (Formalina, Liquido di Lugol, ecc.) e quindi non può essere studiata con il metodo Ütermöhl.

Già parecchi Autori (ATKINS, 1945; BUTSCHER, 1952; ecc.) hanno rilevato che il fitoplancton fissato con formalina, liquido di Lugol ecc. ed osservato al microscopio non include tutta la popolazione primaria, in quanto le forme più delicate si disintegrano dopo l'aggiunta dei fissativi. Queste forme devono allora essere studiate con metodi diversi dal classico metodo di ÜTERMÖHL (1936) (vedi anche BERNHARD, RAMPI e ZATTERA, 1967).

Il metodo attualmente più idoneo sembra essere quello delle diluizioni seriali (MPN) (KNIGHT-JONES, 1951).

Per convenienza abbiamo (BERNHARD, RAMPI e ZATTERA, 1966) denominato con i termini di:

Ütermöhl-fitoplancton: la parte rappresentata da DIATOMEAE, PERIDINEAE e COCCOLITHOPHORIDEAE che può essere studiata con la tecnica di ÜTERMÖHL, dopo fissaggio con formalina neutra, Liquido di Lugol ecc.;

Non-Üthermöhl fitoplancton: la frazione fitoplanctonica che non resiste all'azione dei fissativi e deve quindi essere determinata con altri metodi, come ad es. quello delle diluizioni seriali (MPN).

Nel Non-Üthermöhl-fitoplancton sono quindi comprese le fitoflagellate o aflagellate, tutte di piccole dimensioni, difficili da identificare in base a criteri morfologici o perché sono poco resistenti all'azione dei fissativi o perché la loro conformazione non è sufficientemente costante o caratteristica.

I campionamenti sono stati effettuati assumendo un notevole grado di eterogeneità nella distribuzione del fitoplancton.

Per questo sono stati effettuati campionamenti discreti discontinui sulla colonna d'acqua per un buon numero di profondità e campionamenti discreti discontinui in orizzontale o a zig-zag (col metodo «bolle d'aria»), entro un certo strato della massa d'acqua per studiare la microdistribuzione.

AREA DI CAMPIONAMENTO

È stata scelta un'area limitata al largo delle « Cinque Terre » a Est di La Spezia. La zona di campionamento si estende dalla costa fino alla isobata dei 500 metri (Fig. 1).

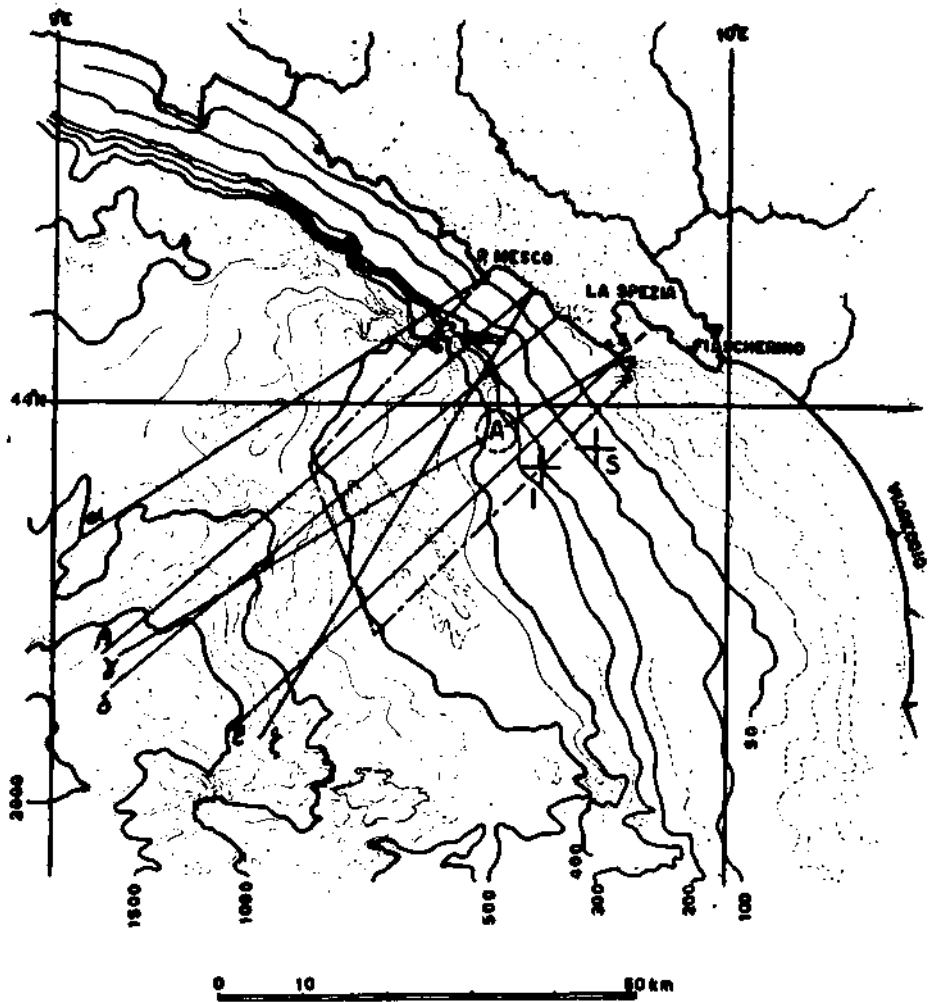


FIG. 1. Zona di campionamento. (Per cortesia dell'Istituto Idrografico Militare, Genova).

L'areale da studiare è stato deliberatamente limitato in modo da avere, su questo, conoscenze piuttosto approfondite prima di passare allo studio di zone più estese.

In un punto della zona denominato con A nella Fig. 1 la Marina Militare Italiana, fin dal 1958, aveva posto una boa fissa per i nostri campionamenti.

METODI

Per valutare tutta intera la popolazione fitoplanctonica abbiamo basato le nostre indagini solo sull'esame di campioni d'acqua.

I prelevamenti dei campioni per le analisi sono stati effettuati con campionatori Van Dorn (per campionamenti non-sterili e analisi Üthermöhl) e cam-

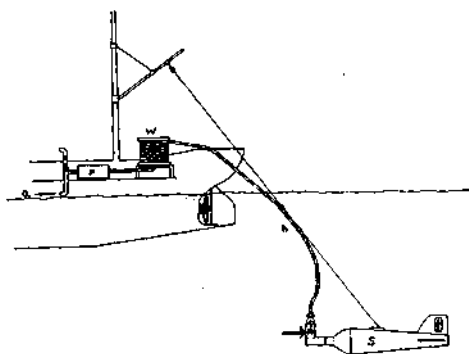


FIG. 2. *Schema della procedura di campionamento discreto continuo col metodo delle bolle d'aria.* (BERNHARD e MACCHI, 1966).

pionatori ZoBell (per campionamenti sterili ed analisi colturali); i campionatori sono stati costruiti interamente con materiali plastici previamente controllati a riguardo degli effetti inibenti che i materiali potevano avere sulla crescita di organismi marini (BERNHARD et al., 1963; BERNHARD, ZATTERA e FILESI, 1966; BERNHARD e ZATTERA, 1969).

Inoltre per campionare in continuo è stato usato un apparecchio che con bolle d'aria soffiata con intermittenza in un tubo può campionare in maniera discreta e continua lungo linee orizzontali e/o a zig-zag nella massa d'acqua compresa fra due profondità definite evitando il mescolamento dei campioni. La Fig. 2 illustra schematicamente come tale dispositivo lavora.

Prima di iniziare tali campionamenti è necessario porre una boa come punto di riferimento.

Nei campionamenti precedenti l'agosto 1960 la boa era ancorata; successivamente è stata collegata ad un'ancora galleggiante che rimaneva sempre nella stessa massa d'acqua.

Il campionamento iniziava quando la nave passava, a bassa velocità (0,2-0,5 Km), davanti alla boa.

Dopo aver riempito venti o trenta bottiglie, da 250 ml, si determinava la distanza esatta fra la boa e la nave.

I campioni prelevati sono stati fissati con formalina neutra al 40 %, portata a pH 8,0 con borace.

La quantità di formalina da aggiungere è tale che il campione fissato contiene il 4 % di formalina.

Per il conteggio i singoli campioni vengono agitati molto bene (~ 2 min) e parte si versa in un tubo di Üthermöhl; si lascia depositare per 24 h e quindi si effettua il conteggio sulla superficie totale del vetrino del tubo.

Nel corso del 1959 (febbraio escluso) e del 1962 (marzo escluso) sono stati prelevati mensilmente, con bottiglie tipo Van Dorn, campioni alle profondità: 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 30; 40; 50; 75; 100 e dal luglio 1959 a 125; 150 e 175 metri.

I campioni così collezionati sono stati fissati subito.

Per diminuire l'influenza dell'eterogeneità i dati saranno presentati, in luogo dei singoli valori, come medie numeriche di cellule per gli strati 0-10; 10-50; 50-100 e 100-175 metri.

Le medie sono state calcolate con le espressioni che seguono (RILEY, 1957).

$$\bar{N} = \frac{1}{d_n - d_1} \left\{ (d_2 - d_1) \times \frac{N_{d_2} + N_{d_1}}{2} + (d_3 - d_2) \times \frac{N_{d_2} + N_{d_3}}{2} \dots + (d_n - d_{n-1}) \times \frac{N_{d_{n-1}} + N_{d_n}}{2} \right\} \quad [1]$$

$$\bar{N} = \frac{d_2 - d_1}{2(d_n - d_1)} \times N_{d_1} + \frac{d_3 - d_1}{2(d_n - d_1)} \times N_{d_2} + \dots + \frac{d_n - d_{n-1}}{2(d_n - d_1)} \times N_{d_n} \quad [2]$$

dove \bar{N} è il numero medio di individui/litro nello strato da d_1 a d_n e N_{d_n} è il numero degli individui per litro contati alla profondità d_n .

La varianza è stimata con la:

$$s^2 = \frac{\sum^i (N_{d_i} - \bar{N})^2 W_{d_i}}{\sum^i W_{d_i}} \quad [3]$$

dove W_{d_i} è il peso di ciascuna conta N_{d_i} delle formule [1] e [2].

La stima di s^2 con la formula [3] non è rigorosamente esatta in quanto i campioni prelevati ai limiti degli strati sono inclusi nella formula con metà

del loro peso e quindi i valori dei diversi strati non sono indipendenti. Per i campioni del 1962 abbiamo preparato dei campioni integrati, mescolando assieme i volumi, calcolati con la formula [1], dove in luogo del numero di individui Nd_n alle profondità d_n sono posti i singoli volumi Vd_n , da prelevare e da mescolare, dei campioni prelevati alle profondità comprese negli strati che ci interessano.

Con un esempio si può forse comprendere meglio il procedimento.

Si debba ad esempio preparare un campione integrato per lo strato 0-10 metri mescolando volumi di campioni prelevati alle profondità 0; 3; 5; 7; 10 metri; siano $V_0; V_3; V_5; V_7; V_{10}$ i volumi da mescolare corrispondenti a tali profondità; allora applicando la [1] si avrà:

$$V = \frac{1}{10 - 0} \left[(3 - 0) \frac{V_0 + V_3}{2} + (5 - 3) \frac{V_3 + V_5}{2} + (7 - 5) \frac{V_5 + V_7}{2} + (10 - 7) \frac{V_7 + V_{10}}{2} \right] = \frac{1}{10} (1,5 V_0 + 1,5 V_3 + V_3 + V_5 + V_5 + V_7 + 1,5 V_7 + 1,5 V_{10}) = \frac{1}{10} (1,5 V_0 + 2,5 V_3 + 2 V_5 + 2,5 V_7 + 1,5 V_{10}).$$

In tale maniera mescolando assieme 15 ml di campione prelevato a 0 metri, 25 ml a 3 metri, 20 ml a 5 metri, 25 ml a 7 metri e 15 ml a 10 metri si ha un campione integrato di 100 ml che si può sottoporre ad analisi Üthermöhl.

Nel corso del 1962, iniziando col mese di febbraio, sono stati prelevati campioni a 10-20-30-40-50 metri per la stima del Non Üthermöhl-fitoplancton.

Non sono stati prelevati campioni nel mese di marzo causa le pessime condizioni del tempo.

I campioni per l'analisi del Non Üthermöhl-fitoplancton sono stati prelevati sterilmente con un apparecchio di ZoBell modificato (BERNHARD et al., 1963).

Tutti i campioni si trasportavano dalla nave al laboratorio in contenitori isolati termicamente.

Una parte del campione si fissava con formalina per effettuare la stima dell'Üthermöhl-fitoplancton; la parte residua si utilizzava per le diluizioni seriali.

« L'extinction dilution method » ci è stato utile per una doppia finalità: per valutare il numero delle alghe vive nel campione d'acqua di mare e per ottenere la coltura madre da cui fare gli isolamenti delle piccole forme autotrofe.

Il metodo dell' MPN, generalmente usato per l'analisi batteriologica delle acque dal punto di vista igienico ed in alcune tecniche virologiche, è basato

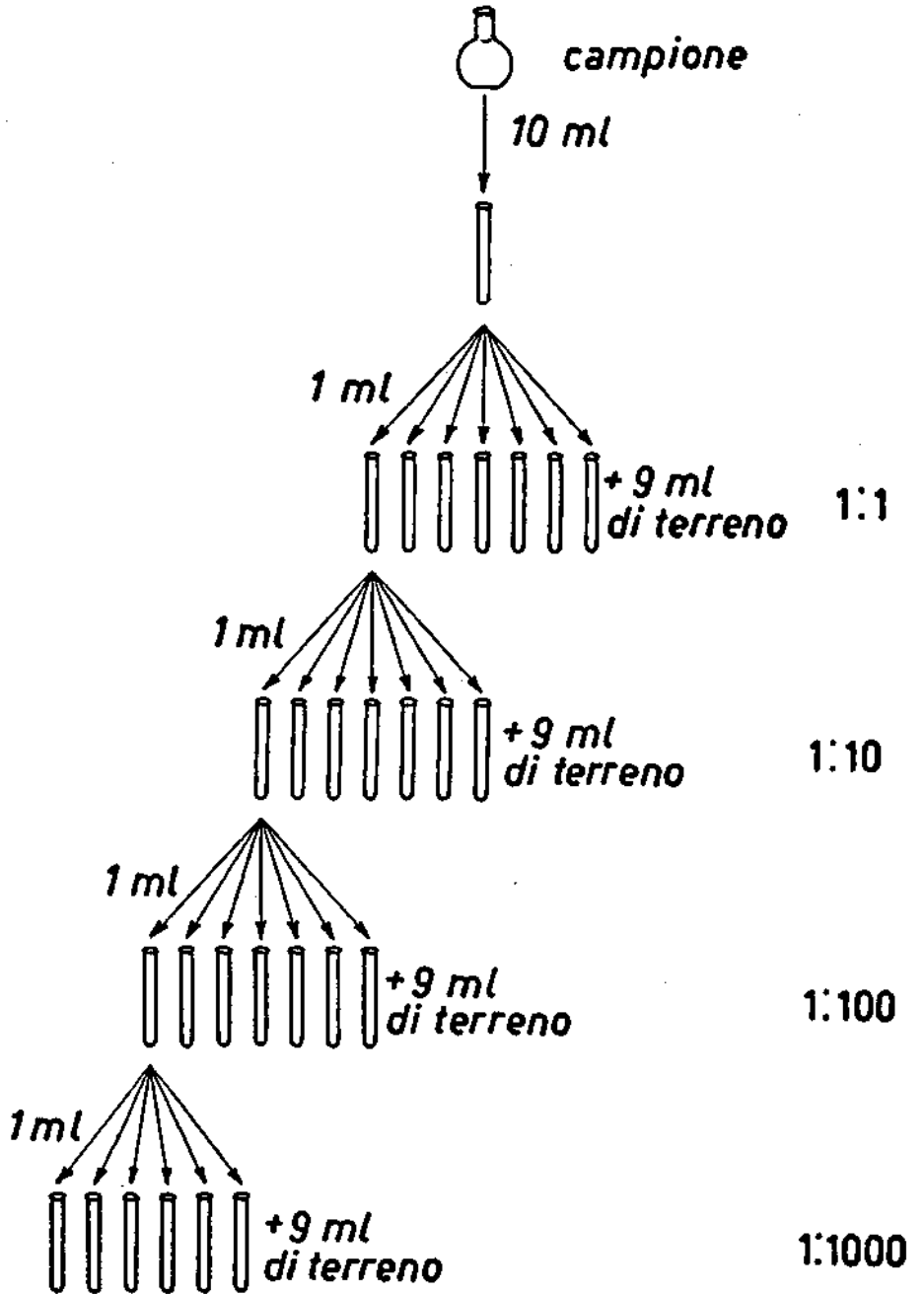


FIG. 3. Schema di esperimento MPN con sei repliche per diluizione.

sul seguente principio: diluendo successivamente, con repliche, un campione contenente un certo numero di organismi vivi, è possibile arrivare ad una stima del numero di organismi vivi presenti nel campione originale basandosi sul confronto, per ogni diluizione, fra repliche nelle quali si osserva sviluppo di alghe e fra quelle in cui non si ha sviluppo.

L'esecuzione pratica è stata condotta, come indicato in Fig. 3, seminando, sotto condizioni sterili, in un primo lotto di 7 tubi da coltura, contenenti ciascuna 9 ml di terreno, 1 ml di campioni per tubo.

Il contenuto (terreno di coltura + 1 ml acqua di mare) di un tubo del primo lotto si semina nel secondo lotto di tubi (1 ml per tubo), e così via fino alla diluizione finale prescelta.

I terreni usati sono stati preparati con acqua di mare (SW) prelevata al largo delle Cinque Terre ed invecchiata prima dell'uso per almeno un mese.

All'acqua di mare, sterilizzata in autoclave (0,5 atm per 20 minuti), si aggiungono, sotto condizioni sterili, alle concentrazioni indicate nel seguito, e come nazioni madri, i nutrienti: nitrato, fosfato e bicarbonato.

Il terreno così preparato viene da noi indicato con la denominazione RSW (R = arricchito).

Se al medium così preparato si aggiunge l'estratto di terra (Et) (50 ml/l) si ha il terreno che indichiamo con EtRSW (« ERDSCHREIBER » : FÖYN, 1934).

L'estratto di terra si prepara nel modo seguente: attraverso una reticella polietilene a maglie molto fitte vengono setacciati finemente 1000 g di terra, prelevata in luogo non coltivato, e a questa si aggiungono 1000 ml di acqua distillata. Si fa bollire il tutto per 20 minuti e quindi si filtra a caldo. Il filtrato si ripartisce in tanti matraccini e si sterilizza in autoclave a 0,5 atm per 20 min.

L'acqua di mare, arricchita con estratto di terra e sali nutrienti (EtRSW), usata come terreno di coltura è composta:

Estratto di terra		50	ml
NaHPO ₄ • 12	H ₂ O	0,020	gr
NaNO ₃		0,10	gr
NaHCO ₃		0,2	gr
Acqua di mare		a 1000	ml
pH		8 ± 0,1	

Le colture si mantengono in ambiente termostatico a 18°C sotto la illuminazione di lampade fluorescenti (tipo daylight) con un ritmo giornaliero di 12 ore di luce e 12 di oscurità.

Il numero più probabile (MPN) è stato calcolato sulla base delle tabelle pubblicate da DEL VECCHIO, D'ARCA e SIMONETTI (1959).

Usando 6 tubi per diluizione ed effettuando diluizione di 1/10 i limiti fiduciarci al livello di probabilità del 95 % sono:

$$\frac{\text{MPN}}{2,98} \approx \frac{\text{MPN}}{3} \text{ il limite inferiore;}$$

$e \approx 3 \cdot \text{MPN}$ il limite superiore.

Per rendersi conto della notevole variabilità del metodo basti pensare che si tratta di un metodo probabilistico. È necessario tenere ben presente che si tratta anche di un metodo minimo in quanto si sviluppano soltanto quegli organismi per i quali il terreno è favorevole, ossia il numero degli organismi della popolazione è certamente più grande.

RISULTATI

Analisi morfologica qualitativa

Nella Tabella 1 sono elencate le specie trovate nei campioni prelevati nella zona con alcuni dei loro volumi secondo i dati forniti da TREGOUBOFF e ROSE (1957) e secondo calcoli da noi effettuati.

Naturalmente tali volumi sono da intendersi come stime approssimative.

Il complesso fitoplanctonico della zona di campionamento comprende sostanzialmente un gruppo di forme che sono state trovate in molte zone del bacino Mediterraneo quali ad es.: Monaco (PAVILLARD, 1937); Genova (FORTI, 1922; ISSEL, 1925); Napoli (SCHRÖDER, 1901; INDELLI, 1944; ISSEL, 1934; WAWRIK, 1951; DE ANGELIS, 1956); Sanremo (RAMPI, 1951); Punta del Mesco (RAMPI, 1954); Costa di Blanes (MARGALEF, 1957) e Costa Castellon (MARGALEF, 1951, 1957).

Delle 174 specie identificate ed elencate in tabella il 48 % sono PERIDINEAE, il 31 % DIATOMEAE, il 19 % COCCOLITHOPHORIDEAE e meno dell'1 % SILICOFAGELLIDEAE.

Analisi quantitativa

Con l'analisi quantitativa vogliamo delineare, fondamentalmente, 3 aspetti della dinamica distributiva:

a) Studiare la microdistribuzione del fitoplancton nella nostra zona campionando in orizzontale col metodo delle bolle d'aria.

b) Confrontare le distribuzioni numeriche e del peso umido dell' Üthermöhl-fitoplancton fra le raccolte di due anni (1959-1962).

c) Confrontare la distribuzione dell'Uthermöhl e del Non-Uthermöhl-fitoplancton nello strato 0-50 metri.

Tab. 1. Specie di Ütermöhl-fitoplancton classificate nel 1959 e 1962 [BERNHARD e RAMPI (1967) aggiornata].

	Volume in μ^3
DIATOMEAE	
<i>Asterionella japonica</i>	$1,7 \times 10^3$
<i>Bacteriastrum biconicum</i>	$7,8 \times 10^5$
<i>Bacteriastrum comosum</i>	$3,9 \times 10^3$
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	$1,2 \times 10^3$
<i>Bacteriastrum elegans</i>	$8,0 \times 10^3$
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	$9,6 \times 10^3$
<i>Bacteriastrum mediterraneum</i>	$1,8 \times 10^3$
<i>Biddulphia mobiliensis</i>	$9,4 \times 10^3$
<i>Cerataulina bergoni</i>	$1,26 \times 10^4$
<i>Chaetoceros affinis</i>	$5,3 \times 10^3$
<i>Chaetoceros brevis</i>	
<i>Chaetoceros costatus</i>	$1,4 \times 10^4$
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	$6,3 \times 10^3$
<i>Chaetoceros dadayi</i>	$5,4 \times 10^3$
<i>Chaetoceros danicus</i>	$3,7 \times 10^3$
<i>Chaetoceros decipiens</i>	$1,5 \times 10^4$
<i>Chaetoceros decipiens singularis</i>	$1,6 \times 10^3$
<i>Chaetoceros didymus</i>	$9,8 \times 10^3$
<i>Chaetoceros diversus</i>	$3,9 \times 10^2$
<i>Chaetoceros lacinosus</i>	$2,8 \times 10^4$
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	$2,4 \times 10^4$
<i>Chaetoceros peruvianus gracilis</i>	$3,1 \times 10^3$
<i>Chaetoceros rostratus</i>	$6,9 \times 10^3$
<i>Chaetoceros tetrastichon</i>	$2,2 \times 10^3$
<i>Chaetoceros whigami</i>	$6,9 \times 10^2$
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	$3,1 \times 10^5$
<i>Dactyliosolan mediterraneus</i>	$2,8 \times 10^4$
<i>Diploneis sp.</i>	
<i>Fucampia cornuta</i>	$9,7 \times 10^4$

TABELLA 1. *Continuazione.*

	Volume in μ^3
<i>Guinardia blavyana</i>	$5,6 \times 10^5$
<i>Guinardia flaccida</i>	$1,42 \times 10^4$
<i>Hemiaulax hauckii</i>	$1,58 \times 10^3$
<i>Leptocylindrus danicus</i>	$3,4 \times 10^3$
<i>Lithodosmium undulatum</i>	$6,0 \times 10^4$
<i>Navicula</i> sp.	
<i>Nitzschia closterium</i>	$0,3 \times 10^3$
<i>Nitzschia longissima</i>	$0,8 \times 10^3$
<i>Nitzschia seriata</i>	$0,4 \times 10^3$
<i>Pleurosigma nicobaricum</i>	
<i>Pleurosigma normanni</i>	
<i>Rhizosolenia alata gracillina</i>	$1,1 \times 10^4$
<i>Rhizosolenia calcar avis</i>	$2,8 \times 10^6$
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	$1,1 \times 10^4$
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	$1,1 \times 10^4$
<i>Rhizosolenia hebetata semispina</i>	
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	
<i>Rhizosolenia imbricata shrubsolei</i>	$4,2 \times 10^4$
<i>Rhizosolenia robusta</i>	
<i>Rhizosolenia setigera</i>	$3,8 \times 10^3$
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	$8,4 \times 10^4$
<i>Skeletonema costatum</i>	$0,35 \times 10^3$
<i>Schroederella delicatula</i>	
<i>Thalassiothrix fraunfeldii</i>	$9,9 \times 10^2$
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	$5,8 \times 10^2$
COCCOLITHOPHORIDEAE	
<i>Acanthoica acanthifora</i>	$0,3 \times 10^3$
<i>Acanthoica acanthos</i>	$2,2 \times 10^2$
<i>Acanthoica quadrispina</i>	

TABELLA 1. *Continuazione.*

	Volume in μ^3
<i>Acanthoica monospina</i>	
<i>Acanthosolenia mediterranea</i>	$0,99 \times 10^3$
<i>Anoplosolenia brasiliensis</i>	
<i>Calciosolenia sinuosa</i>	$5,7 \times 10^3$
<i>Calyptosphaera oblonga</i>	$0,76 \times 10^3$
<i>Calyptosphaera quadridentata</i>	
<i>Calyptosphaera sphaeroidea</i>	
<i>Calyptosphaera uvella</i>	
<i>Coccolithus carteri</i>	$2,9 \times 10^3$
<i>Coccolithus fragilis</i>	$0,7 \times 10^3$
<i>Coccolithus gracilis</i>	
<i>Coccolithus huxleyi</i>	$0,246 \times 10^3$
<i>Coccolithus leptoporus</i>	$4,2 \times 10^3$
<i>Discosphaera tubifer</i>	$6,0 \times 10^2$
<i>Halopappus adriaticus</i>	
<i>Michaolsarsia elegans</i>	
<i>Michaolsarsia splendens</i>	
<i>Pontosphaera discophora</i>	
<i>Pontosphaera syracusana</i>	
<i>Rhabdosphaera olaviger</i>	$0,7 \times 10^3$
<i>Rhabdosphaera hispida</i>	$0,97 \times 10^3$
<i>Rhabdosphaera stylifer</i>	$0,67 \times 10^3$
<i>Rhabdosphaera tubulosa</i>	
<i>Scyphosphaera apstoini</i>	$9,9 \times 10^3$
<i>Syracosphaera mediterranea</i>	$1,2 \times 10^4$
<i>Syracosphaera molischi</i>	$0,16 \times 10^3$
<i>Syracosphaera pulchra</i>	$1,8 \times 10^3$
<i>Syracosphaera quadricornu</i>	
<i>Syracosphaera quadrispina</i>	
<i>Syracosphaera spinosa</i>	

TABELLA 1. *Continuazione.*

	Volume in μ^3
PERIDINEAE	
<i>Amphidinium acutissimum</i>	368
<i>Amphidinium acutum</i>	
<i>Amphisolenia globifora</i>	
<i>Ceratium arietinum regulare</i>	
<i>Ceratium candelabrum commune</i>	
<i>Ceratium candelabrum depressum</i>	
<i>Ceratium coarctatum</i>	
<i>Ceratium declinatum brachiatum</i>	
<i>Ceratium dectinatum normale</i>	$6,3 \times 10^4$
<i>Ceratium furca eugrammum</i>	$7,3 \times 10^4$
<i>Ceratium fusus sota</i>	$1,3 \times 10^4$
<i>Ceratium extensum strictum</i>	
<i>Ceratium gibberum sinistrum</i>	
<i>Ceratium massiliense macroceroides</i>	$2,0 \times 10^5$
<i>Ceratium massiliense protuberans</i>	
<i>Ceratium pentagonum</i>	
<i>Ceratium pentagonum tenerum</i>	
<i>Ceratium putchellum semipulchellum</i>	$2,0 \times 10^5$
<i>Ceratium ranipes palmatum</i>	
<i>Ceratium strictum</i>	
<i>Ceratium trichoceros</i>	
<i>Dinophysis acuminata</i>	
<i>Dinophysis caudata</i>	$4,0 \times 10^4$
<i>Dinophysis fortii</i>	
<i>Dinophysis recurva</i>	
<i>Exuviaella marina</i>	$1,4 \times 10^4$
<i>Goniaulax diacantha</i>	
<i>Goniaulax hyalina</i>	

TABELLA 1. Continuazione.

	Volume in μ^3
<i>Goniaulax monacantha</i>	
<i>Goniaulax pacifica</i>	
<i>Goniaulax polyedra</i>	
<i>Goniaulax polygramma</i>	$5,1 \times 10^4$
<i>Goniaulax turbynei</i>	
<i>Goniodoma polyedricum</i>	10^5
<i>Gymnaster pentasterias</i>	
<i>Gymnodinium simplex</i>	
<i>Gymnodinium spirale</i>	$3,9 \times 10^3$
<i>Gymnodiniaceae</i> sp. pl.	$3,6 \times 10^4$
<i>Gyrodinium spirale</i>	
<i>Gymnodinium</i> sp.	$3,9 \times 10^3$
<i>Kofoidinium volelloides</i>	$6,7 \times 10^4$
<i>Ornithoceros heteroporus</i>	
<i>Oxytoxum constrictum</i>	
<i>Oxytoxum cristatum</i>	
<i>Oxytoxum elegans</i>	
<i>Oxytoxum scoptrum</i>	$7,3 \times 10^3$
<i>Oytoxum scolopax</i>	
<i>Oxytoxum sphaeroideum</i>	$1,9 \times 10^4$
<i>Oxytoxum sphaeroideum steinii</i>	
<i>Oxytoxum spinosum</i>	
<i>Paleophalacroma uncinatum</i>	$6,9 \times 10^3$
<i>Peridinium brochi</i>	$6,1 \times 10^4$
<i>Peridinium crassipos</i>	$1,4 \times 10^5$
<i>Peridinium diabolus</i>	$2,7 \times 10^4$
<i>Peridinium globulus</i>	$4,7 \times 10^4$
<i>Peridinium globulus quarnerense</i>	$9,2 \times 10^4$
<i>Peridinium ovum</i>	$2,1 \times 10^4$

TABELLA 1. *Continuazione.*

	Volume in μ^3
<i>Peridinium pallidum</i>	
<i>Peridinium pedunculatum</i>	$3,7 \times 10^3$
<i>Peridinium pellucidum</i>	
<i>Peridinium pellucidum pallidum</i>	
<i>Peridinium pyriforme</i>	
<i>Peridinium</i> sp.	
<i>Phalacroma acutum</i>	
<i>Phalacroma operculoides</i>	
<i>Phalacroma ovum</i>	
<i>Phalacroma parvulum</i>	
<i>Phalacroma rapa</i>	
<i>Phalacroma rotundatum</i>	$1,7 \times 10^4$
<i>Podolampas bipes</i>	
<i>Phalacroma spinifer</i>	$1,2 \times 10^4$
<i>Porella adriatica</i>	$2,1 \times 10^3$
<i>Poretla perforata</i>	
<i>Prorocentrum micans</i>	$1,1 \times 10^4$
<i>Prorocentrum rotundatum</i>	$4,8 \times 10^3$
<i>Prorocentrum scutellum</i>	$1,8 \times 10^4$
<i>Prorocentrum triestinum</i>	$1,1 \times 10^4$
<i>Protoceratium reticulatum</i>	
<i>Pyrocystis lanula</i>	
<i>Pyrocystis obtusa</i>	$5,6 \times 10^4$
<i>Pyrophacus horologium</i>	
SILICOFLAGELLIDAE	
<i>Dictyocha fibula aculeata</i>	
<i>Dictyocha fibula messanensis</i>	
<i>Dictyocha octonaria</i>	
<i>Dictyocha speculum</i>	

Distribuzione orizzontale

Le Figg. 4 e 5 indicano che durante il campionamento orizzontale sono stati notati degli sciami e quindi che le popolazioni presentano una distribuzione eterogenea.

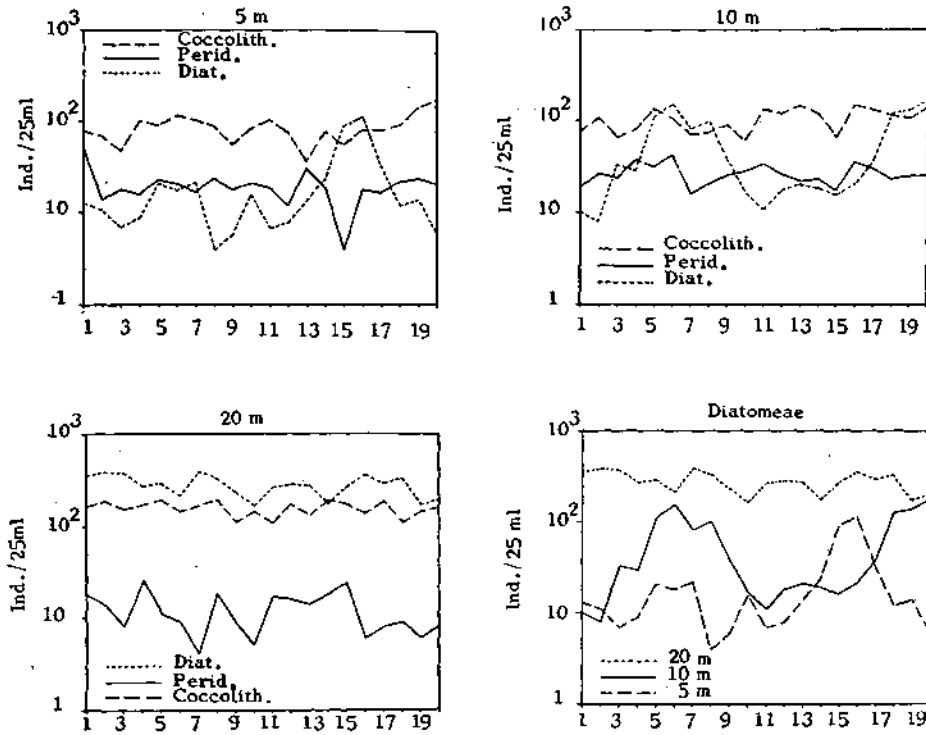
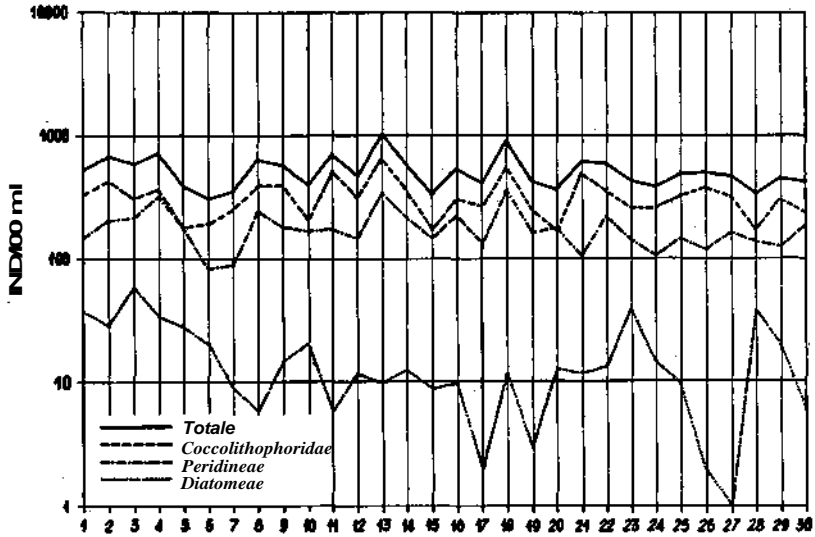


FIG. 4. Distribuzione orizzontale di DIATOMEAE, COCCOLITHOPHORIDEAE e PERIDINEAE a 5, 10 e 20 metri di profondità su un percorso di campionamento di 100 metri (3-VIII-1960). Individui/25 ml Vs campioni successivi. (BERNHARD e RAMPI, 1965).

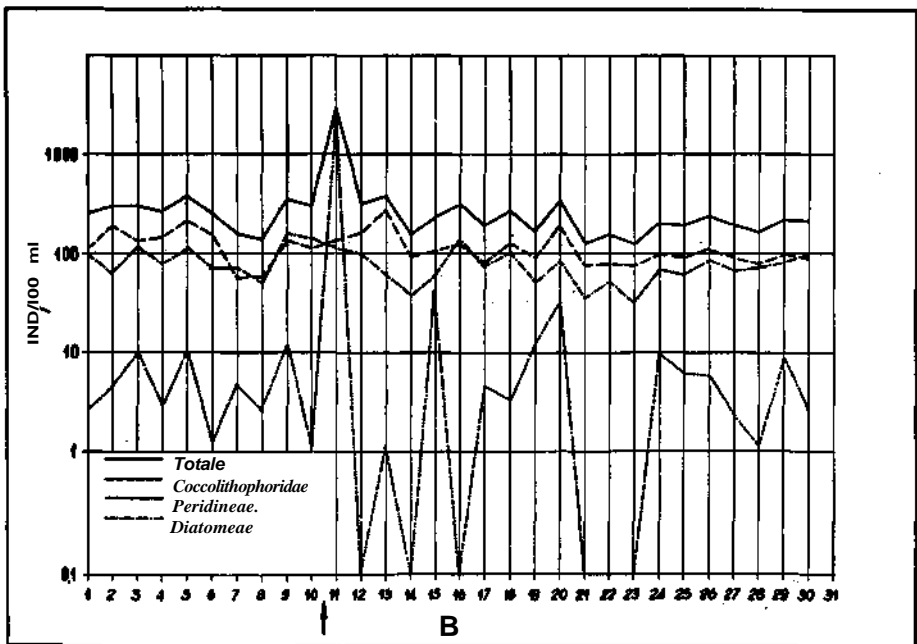
Per avere un'idea della eterogeneità sono stati stimati i coefficienti di correlazione fra un generico valore $X_n + 1$ e $\frac{X_n + X_{n+2}}{2}$ ossia fra una conta e la media delle conte che stanno a destra e a sinistra di questa.

Valori positivi e significativi di r si hanno per le DIATOMEAE a 5 metri ($r = 0,77$) e a 10 m ($r = 0,82$); ciò conferma che si è in presenza di sciami come già precedentemente indicato e quindi di eterogeneità nella distribuzione.

La presenza di sciami è anche indicata semplicemente dall'aumento e diminuzione lineare logaritmica delle conte rimarcabili, sempre per le DIATOMEAE, a 5 e 10 m nei campioni del 3 agosto 1960.



A



B

FIG. 5. Distribuzione orizzontale di DIATOMEAE, COCCOLITHOPHORIDEAE e PERIDINEAE. (BERNHARD e RAMPI, 1965. Cellule/100 ml di campione Vs campioni successivi. 5A a 40 m di profondità per 100 m di percorso (17-IV-1964). 5B a 15 m di profondità per 230 m di percorso (17-IV-1964).

È possibile che questo fenomeno sia presente nelle altre distribuzioni, ma non è evidenziabile probabilmente a causa della bassa frequenza di prelevamento di campioni in relazione alle dimensioni dello sciame.

DIATOMEAE distribuite in sciami sono pure osservate per i prelevamenti a 15 e 40 metri del 17-4-64 (vedi Figg. 5 A e B).

Particolarmente interessante è il campione n. 11 del prelevamento ai 40 metri del 17-4-64 (Fig. 5A).

In questo campione il numero delle DIATOMEAE è circa 550 volte più elevato di quello della media dei campioni rimanenti.

Per stimare la vera grandezza dello sciame sarebbe necessario disporre di due campioni in più, uno fra i campioni 10-11 ed uno fra i campioni 11-12.

Non disponendo di tali campioni non possiamo sapere se lo sciame ha solo l'estensione di un campione.

Se avesse le dimensioni corrispondenti al percorso necessario per raccogliere un campione dovrebbe essere esteso per

$$\frac{100 \text{ metri di percorso}}{30 \text{ campioni}} = 3 \text{ metri}$$

La presenza degli sciami o il sospetto che possano esistere dovrebbe avere necessariamente una grande influenza nella scelta della strategia di campionamento.

Dalle Figg. 4 e 5 è stato osservato che il fitoplancton non ha una distribuzione casuale.

Infatti il testo di Fisher $\left(x^2 = \frac{S(x - \bar{x})^2}{x} \right)$ (FISHER, 1944) dà i valori:

	5 m	10 m	20 m	15 m	40 m
COCCOLITHOPHORIDEAE	259	286	90	1.303	316
DIATOMEAE	707	975	948	756	105 417
PERIDINEAE	71	30	56	333	438

Tutti i valori di x^2 , fatta eccezione per le PERIDINEAE a 10 metri sono significativi oltre il livello dell'1 %.

Per le DIATOMEAE di 15 e 40 metri del 17-4-64 il x^2 è largamente soprastimato a causa di alcuni valori numerici molto bassi, ma i valori sono così elevati che ciò non influisce sulle conclusioni.

La Tab. 2 riporta un esempio di correlazione fra le diverse specie di COCCOLITHOPHORIDEAE a 15 e 40 metri.

TAB. 2. *Correlazione fra specie di COCCOLITHOPHORIDEAE. Campionamento in continuo del 17-VI-1964 a 15 m e a 40 m.* (BERNHARD e RAMPI, 1965).

	40 m							
	C. o.	C. sp.	C. h.	D. t.	R. st.	R. t.	S. c.	S. p.
<i>C. oblonga</i>	—	0,34	0,03	0,12	0,31	0,54**	0,23	0,57**
<i>C. sphaeroidea</i>	0,25	—	0,00	0,35	0,45*	0,35	-0,02	0,02
<i>C. huxley</i>	-0,36	0,24	—	0,17	0,26	0,08	0,23	0,10
<i>D. tubifer</i>	0,24	0,50**	-0,06	—	0,34**	0,67**	-0,05	0,31
<i>R. stylifer</i>	0,27	0,46*	0,06	0,43*	—	0,71**	0,16	0,37*
<i>R. tubulosa</i>	0,32	0,18	-0,45*	0,37*	0,20	—	0,28	0,70**
<i>S. conifera</i>	0,63**	0,53**	0,02	0,55**	0,53**	0,30	—	0,15
<i>S. pulchra</i>	0,51**	0,20	-0,29	0,66**	0,21	0,43*	0,50**	—
	15 m							

Dalla Tab. 2 notiamo che le diverse specie sono variamente correlate fra di loro; ciò sembrerebbe indicare che non esiste reazione ai fattori ambientali comuni a tutti i gruppi e specie, come per es. turbolenza, correnti, ecc. Ciò può significare che la distribuzione eterogenea non può essere dovuta a cause fisiche.

Distribuzione annuale

L'analisi dell' Uthermöhl-fitoplancton del 1959, e del 1962 per comparazione, intende dare una distribuzione spazio temporale degli individui osservati con particolare riferimento alla enumerazione delle specie più frequenti.

Distribuzione del 1959

Nella Fig. 6 è riportata la distribuzione del numero totale delle specie di fitoplancton, su carta semilogaritmica, negli strati 0-10, 10-50 e 50-100 m.

Dalle curve degli strati 0-10 m, 10-50 m si possono distinguere 3 massimi: in inverno, in primavera ed in estate inoltrata; e tre minimi: in inizio di primavera, a metà estate e ad inizio di autunno.

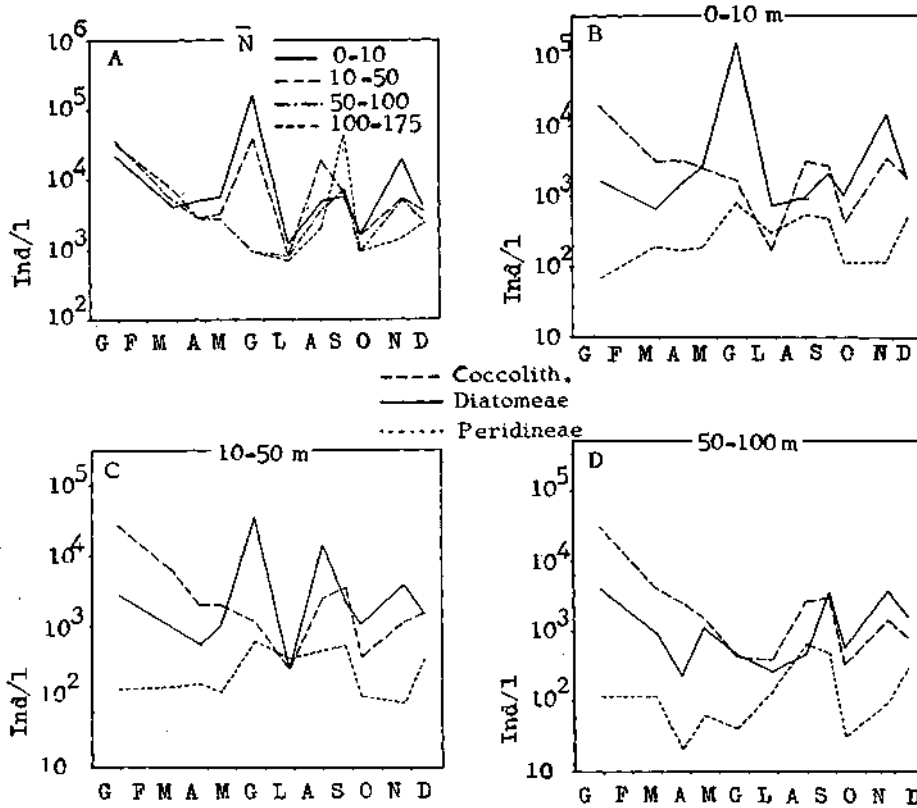


FIG. 6. Distribuzione di COCCOLITHOPHORIDEAE, DIATOMEAE e PERIDINEAE durante il 1959. (BERNHARD e RAMPI, 1967).

Nelle curve di distribuzione per gli strati 50-100 m e 100-175 m non si nota il massimo di primavera inoltrata ma il numero di cellule decresce gradualmente dal massimo invernale al minimo di mezza estate quindi la curva dei 50-100 m segue le altre.

Dalla stessa figura si nota che il massimo invernale è dovuto soprattutto alle COCCOLITHOPHORIDEAE.

Ne sono state trovate 19.500 cell/l nello strato 0-10 m, 28.800 nello strato 10-50 m e 29.000 cell/l nello strato 50-100 m. I punti di massimo di primavera inoltrata negli strati superiori: 0-10 m (160.000 cell/l) e 10-50 m (38.000 cell/l)

sono dovuti quasi esclusivamente alle DIATOMEAE ed in particolare alla *Nitzschia seriata*.

Può essere interessante notare che questa fioritura è limitata agli strati superiori e che nello stesso periodo le cellule nello strato 50-100 m raggiungono la concentrazione di sole 1.000 cell/l.

Alla formazione del massimo di estate inoltrata, così come al massimo invernale, concorrono tutti e tre i gruppi. Da notare anche come le DIATOMEAE abbiano curve di distribuzione diverse per i tre strati mentre quelle delle COCCOLITHOPHORIDEAE e delle PERIDINEAE sono simili.

SPECIE PIÙ FREQUENTI

COCCOLITHOPHORIDEAE

Il massimo invernale è dovuto quasi esclusivamente al *Coccolithus huxleyi* la cui concentrazione massima negli strati 10-50 e 50-100 raggiunge le 29.000 cell/l corrispondenti all'87 % circa dell'intero Üthermöhl-fitoplancton in questo periodo.

Il *Coccolithus* rimane la specie dominante fino a maggio in cui rappresenta il 39 %, 52 %, 48 % per i tre strati. Durante il periodo successivo (giugno e novembre) compare con una certa frequenza, talvolta troppo bassa per contribuire sostanzialmente alla popolazione del fitoplancton. In novembre compare nuovamente ad una certa concentrazione e rappresenta circa il 15-20 % della popolazione.

Nessuna delle altre COCCOLITHOPHORIDEAE raggiunge l'importanza del *Coccolithus huxleyi*.

DIATOMEAE

La specie più frequente è la *Nitzschia seriata* (si veda anche la Tab. 3). La sua frequenza annuale per il gruppo delle DIATOMEAE è del 76 %; tale valore elevato è dovuto alla notevole concentrazione osservata nel mese di giugno. La fioritura è stata molto più pronunciata nello strato 0-10 m (159.000 cell/l). Nello strato 10-50 m la concentrazione era di 37.000 cell/l e nello strato 50-100 m di solo 500 cell/l. Si noti che in giugno la termoclina era tra 30-40 m.

Dopo questa fioritura la concentrazione di *Nitzschia seriata* scende in tutti i 3 strati a circa 50-250 cell/l.

Riacquista una certa importanza nella popolazione di novembre quando raggiunge i 3.000 Ind/l nello strato 0-10 m.

TAB. 3. Distribuzione verticale delle specie più frequenti (Ind/litro) durante il 1959. (BERNHARD e RAMPI, 1967).

Profondità	0	3	5	7	10	20	30	40	50	75	100	125	150	175
<i>Coccolithus huxleyi</i>														
10-10-1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24-11-1959	2.600	1.680	5.040	2.880	3.400	640	280	240	840	1.520	360	120	120	280
15-12-1959	1.480	960	1.280	880	2.240	640	360	720	320	240	280	960	120	240
27- 1-1959	9.860	—	21.040	—	23.980	26.820	28.440	31.180	32.980	30.300	24.320	—	—	—
23- 4-1959	1.400	1.920	2.680	—	1.600	1.400	1.160	2.160	2.040	—	2.480	—	—	—
15- 5-1959	2.520	1.840	2.440	—	1.700	1.480	1.640	2.120	1.080	1.260	1.760	—	—	—
20- 6-1959	640	240	0	0	920	720	320	120	80	120	40	0	80	280
<i>Nitzschia seriata</i>														
23- 4-1959	0	0	80	—	0	80	0	0	80	—	0	—	—	—
15- 5-1959	4.120	2.240	1.120	—	800	680	280	0	720	600	0	—	—	—
20- 6-1959	105.200	143.240	190.480	184.880	126.920	66.820	15.480	960	320	120	280	200	120	40
25- 7-1959	320	560	280	0	120	40	0	80	40	0	0	0	0	0
30- 8-1959	320	440	0	440	0	0	0	0	0	0	480	0	0	0
24- 9-1959	240	160	0	0	1.560	400	0	120	0	1.280	0	120	560	80
10-10-1959	440	280	120	360	80	40	160	240	80	80	120	200	40	0
24-11-1959	8.800	3.040	1.680	3.680	240	640	440	280	680	1.640	160	80	120	480
15-12-1959	440	240	80	40	160	440	360	200	880	280	80	200	120	40
<i>Lepctocylindrus danicus</i>														
25- 7-1959	400	160	0	40	40	80	0	0	0	0	40	0	0	0
30- 8-1959	0	0	0	0	120	0	0	57.800	0	0	0	120	0	—
24- 9-1959	80	0	80	0	0	0	0	200	0	320	0	0	75.000	520
10-10-1959	0	120	0	320	0	0	120	0	80	80	120	40	0	240
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>														
10-10-1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0
24-11-1959	14.040	17.360	6.360	6.720	7.680	3.240	1.760	2.960	1.240	1.040	640	280	320	120
15-12-1959	720	560	240	160	120	0	0	0	360	160	120	640	160	120
<i>Goniodoma polyedricum</i>														
31- 8-1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24- 9-1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42.800	0
10-10-1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fra le altre specie da notare:

Bacteriastrum delicatulum (frequenza annuale 6 %) con fioritura in novembre quando raggiunge, nei due strati superiori le concentrazioni di 10.000 Ind/l e 3.000 Ind/l che rappresentano rispettivamente il 55 e il 58 % della popolazione. Le specie residue, ancora abbastanza frequenti, conglomerate possono raggiungere concentrazioni di circa 1.000 cell/l (12 % ~) ma tale percentuale è spesso dovuta ad una popolazione piuttosto dispersa.

PERIDINEAE

Solo le GYMNODINIACEAE sp. pl. sono state osservate in numero abbastanza elevato.

Raggiungono infatti circa 600 I/l in giugno nei due strati superiori; quindi diminuiscono gradualmente in estate e primo autunno ma in dicembre aumentano nuovamente fino alla concentrazione di 200-400 I/l negli strati superiori. Da notare il numero elevato di *Goniodoma polyedricum* a 150 m nel mese di novembre (vedi Tab. 3).

SILICOFLLAGELLATAE

Non sono nemmeno riportate nelle figure. Appaiono sporadicamente con concentrazioni molto basse.

Sono state notate solo poche specie: *Dictyocha fibula aculeata*, *Dictyocha fibula messanensis*, *Dictyocha octonaria* e *Dictyocha speculum*.

A conclusione delle osservazioni sulla frequenza delle specie dominanti si osservi ancora l'estrema eterogeneità nella distribuzione verticale riportata in Tab. 3.

Distribuzione del 1962

I dati sono riportati in Fig. 7.

La comparazione fra le Figg. 6 e 7 mostra che la distribuzione delle Coccolithophorideae e delle PERIDINEAE ha un andamento simile per le due annate.

Il numero di cellule di COCCOLITHOPHORIDEAE è generalmente più elevato in inverno e tardo autunno che in primavera ed estate.

La distribuzione delle PERIDINEAE è, se si esclude la punta di minimo di giugno dello strato 100-175 m, piuttosto uniforme e abbastanza simile alla distribuzione del 1959.

Le DIATOMEAE, comunque, hanno una distribuzione molto diversa da quella del 1959.

Non si sono notate fioriture e il forte incremento del giugno 1959 (vedi Fig. 6) non si può considerare un fenomeno periodico.

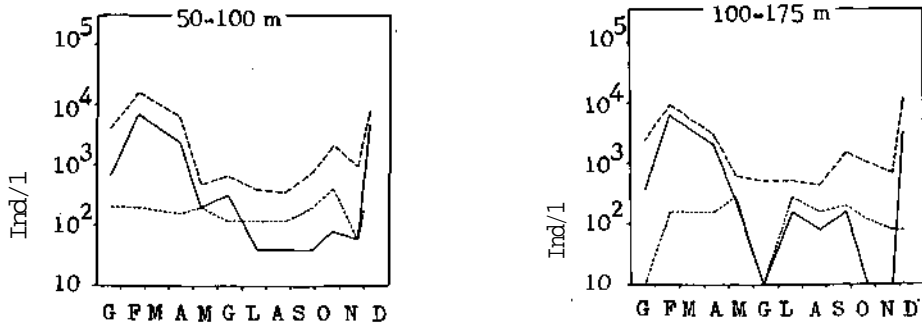
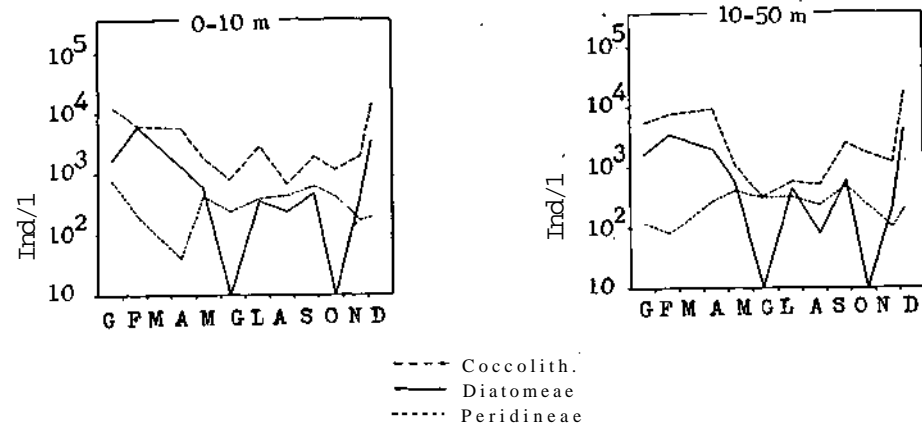


FIG. 7. Distribuzione di COCCOLITHOPHORIDEAE, DIATOMEAE e PERIDINEAE durante il 1962. (BERNHARD e RAMPI, 1967).

Nel 1962 il numero massimo di DIATOMEAE è stato osservato in autunno. In generale il numero di DIATOMEAE osservato nel 1962 è notevolmente più basso di quello del 1959.

SPECIE PIÙ FREQUENTI

COCCOLITHOPHORIDEAE

Il *Coccolithus huxleyi* è, come per il 1959, la specie più frequente con le maggiori concentrazioni da dicembre ad aprile.

La concentrazione è dello stesso ordine di quella osservata nel 1959.

DIATOMEAE

La distribuzione, se si escludono i mesi in cui non ne sono state osservate, è, in genere, meno eterogenea rispetto al 1959. L'enorme fioritura di *Nitzschia seriata* non è stata riscontrata.

Asterionella japonica è la specie più frequente seguita da *Thalassiothrix fraunfeldii*.

Le altre specie, eccettuata naturalmente la *Nitzschia seriata*, sono presenti con circa la stessa frequenza osservata nel 1959.

PERIDINEAE

Come già osservato nel 1959 il gruppo più frequente è rappresentato dalle GYMNODINIACEAE sp. pl.

SILICOFLAGELLATAE

Sono state notate con frequenza trascurabile solo *Dictyocha fibula messanensis* e *Dictyocha fibula aculeata*.

Diluizione seriale di popolazioni naturali

I risultati ottenuti dalle diluizioni seriali sono relativi alle forme di Üthermöhl fitoplancton e Non-Üthermöhl-fitoplancton.

Oltre che col metodo colturale l'Üthermöhl-fitoplancton è stato valutato anche per conta diretta; ossia col metodo classico di Üthermöhl.

Nelle Tabelle 4 e 5 sono registrati pochissimi dati, riportati come esempio di tutti i dati raccolti ed interamente esposti in un rapporto di attività del 1963 (BERNHARD et al., 1963). All'inizio sono stati fatti diversi tentativi per identificare e classificare per via morfologica le forme « Non Üthermöhl » ma causa la nostra scarsa conoscenza di queste forme è stato deciso di fare delle sub colture delle forme apparentemente diverse e di procrastinarne l'identificazione fino a che non fossero disponibili metodi convenienti.

Se si osservano le Tabelle 4 e 5 si nota che il codice dell' MPN è dato in due modi.

Il codice senza parentesi si riferisce al numero di tubi positivi, mentre il codice fra parentesi rappresenta una interpretazione dei dati osservati.

Tale parentesi è giustificata pensando che parecchie forme presenti a diluizioni elevate devono essere necessariamente presenti a diluizioni meno spinte.

TAB. 4. Analisi culturale quantitativa del fitoplancton. (BERNHARD, RAMPI e ZATTERA, 1967).
Crociera del 17-I-1962

10 m

	10/l a b c d e f	1/l a b c d e f	1/10 a b c d e f	1/100 a b c d e f	MPN Codice	MPN Ind/l	Conte dirette Ind/l	Conte totali Ind/l
COCCOLITHOPHORIDEAE Totali		*****	* * *		0,630 (6,630)	(6.200)		19.440
<i>Amphiprora paludosa</i>			*		0,010	17		
<i>Asterionella japonica</i>	*			*	1,010	33	2.680	
<i>Chaetoceros affinis</i>		*			0,100	17	2.040	
<i>Chaetoceros danicus</i>	*				1,000	18		
<i>Chaetoceros</i> sp.	* **	*****	*	*	3,511 (6,511)	(2.200)	1.720	
<i>Leptocylindrus danicus</i>		*			0,100	17	320	
<i>Nitzschia closterium</i>	*		*		1,010	33	640	
<i>Nitzschia longissima</i>		*			1,000	18	560	
<i>Nitzschia</i> sp.		*	**		1,120	66	2.120	
DIATOMEAE Totali	* **	*****	*** *	*	3,541 (6,541)	(3.500)		12.840
PERIDINEAE Totali								360
SILICOFLAGELLIDAE Totali								120
Tot. Utermöhl plancton	* **	*****	**** *	*	3,651 (6,651)	(17.600)		32.760
Tot. Non-Utermöhl plancton	****	* **	* * *		4,330 (6,330)	280 (13.800)		—
Tot. fitoplancton	*****	*****	*****	*	6,661	32.000		

TAB. 5. *Analisi colturale quantitativa del fitoplancton.* (BERNHARD, RAMPI e ZATTERA, 1967).
Crociera del 22-II-1962

20 m

	10/l a b c d e f	1/l a b c d e f	1/10 a b c d e f	1/100 a b c d e f	MPN Codice	MPN Ind/1	Conte dirette Ind/1	Conte totali Ind/1
		*			0,100 (6,100)	17 320)		17.920
<i>Amphiprora paludosa</i>	**				2,000	36	320	
<i>Asterionella japonica</i>	****				4,000	92	6.280	
<i>Chaetoceros affinis</i>	* ****	* ****			4,400	220	560	
<i>Chaetoceros</i> sp.	** **	*****			4,500	240	800	
<i>Nitzschia closterium</i>	****	***** *	*		4,510	287	2.120	
<i>Nitzschia longissima</i>	*				1,000	18	600	
<i>Nitzschia</i> sp.	*	*			1,100	34	480	
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	*				1,000	18	640	
sp. indet.	*				1,000	18		
DIATOMEAE totali	*****	*****	*		6,610	3.200		15.880
PERIDINEAE totali								
SILICOFAGELLIDAE totali								320
Tot. Utermöhl plancton	*****	*****	*		6,610	3.200		34.120
Tot. Non-Utermöhl plancton	* ** *	* *	** **	***	4,243 (6,643)	376 (18.000)		
Tot. fitoplancton	*****	*****	*****	***	6,653	28.000		

	10/1 a b c d e f	1/1 a b c d e f	1/10 a b c d e f	1/100 a b c d e f	MPN Codice	MPN Ind/l	Conte dirette Ind/l	Conte totali Ind/l
<i>Amphiprora paludosa</i>	*	* * *	*		1,310	84		15.560
<i>Asterionella japonica</i>			*		0,010	17	8.800	
<i>Chaetoceros affinis</i>	* *				2,000	36	5.480	
<i>Chaetoceros danicus</i>					1,000	18		
<i>Chaetoceros</i> sp.	* * *		*		3,010	81	480	
<i>Nitzschia closterium</i>		* * * * *	* *		0,620 (6,620)	(4.500)	1.800	
<i>Nitzschia longissima</i>		*			0,100	17	320	
<i>Nitzschia</i> sp.	*		*		1,010	33	320	
<i>Rhizosolenia</i> sp.	*				1,000	18	200	
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>			*		0,010	17	440	
sp. indet.		*			0,100	17		
DIATOMEAE totali	* * * * *	* * * * * *	* * * * * *		5,660 (6,660)	(25.000)		21.760
PERIDINEAE totali								360
SILICOFLAGELLIDAE totali								320
Tot. Utermöhl plancton	* * * * *	* * * * * *	* * * * * *		5,660 (6,660)	(25.000)		38.000
Tot. Non-Utermöhl plancton	* * * * *	* * * * * *	* * * * *		5,650 (6,650)	(13.700)		—
Tot. fitoplancton	* * * * * *	* * * * * *	* * * * * *		6,660	25.000		

Le lacune osservate sono verosimilmente dovute alle competizioni fra specie che impediscono la moltiplicazione delle forme più delicate. Si vedano ad esempio le COCCOLITHOPHORIDEAE O il *Chaetoceros* sp. di Tab. 4.

Sembra, ad esempio, poco probabile che gli inoculi da 10 ml non abbiano dato sviluppo mentre si sono avuti 6 e 3 sviluppi negli inoculi da 1 a 0,1 ml.

Situazioni simili sono state osservate con *Nitzschia closterium* a 10 e 40 m (vedi ancora Tab. 5).

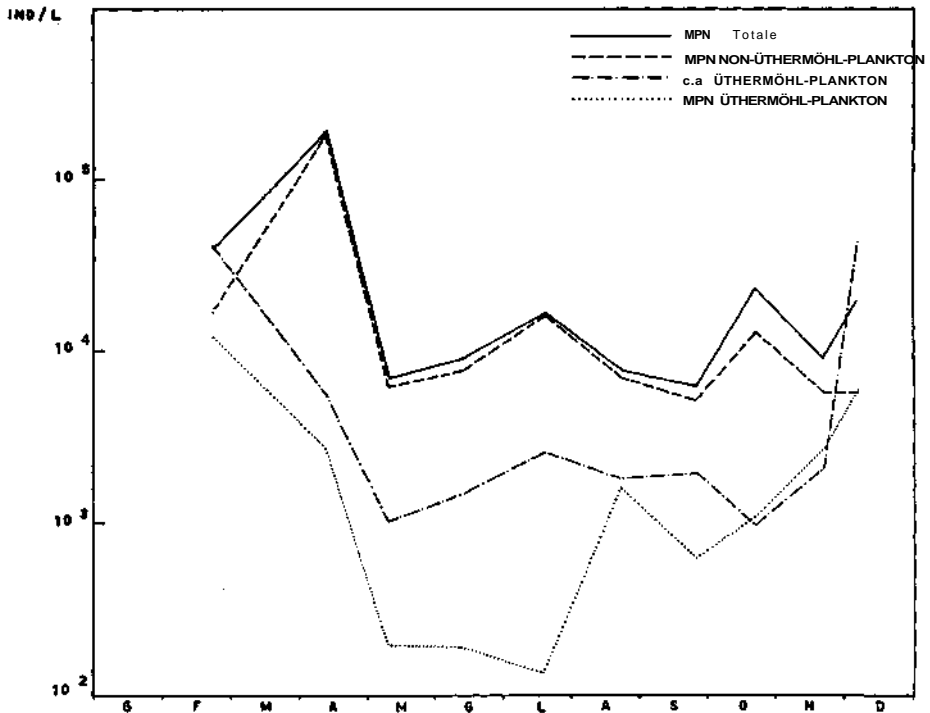


FIG. 8. Distribuzione di vari componenti del fitoplancton nello strato 10-50 metri (1962). (BERNHARD, RAMPI e ZATTERA, 1967).

Questo fenomeno di repressione di crescita di alcune forme su altre è stato anche osservato con popolazioni artificiali (BERNHARD, RAMPI e ZATTERA, 1967).

I dati raccolti durante il 1962 sono riassunti in Fig. 8.

Per alcuni mesi (maggio, giugno, luglio) è stato tentato anche di valutare le forme non Üthermöhl con la tecnica di ÜTHERMÖHL.

Nei campioni sedimentati sono state contate le forme che sembravano omologabili a forme di Non-Uthermöhl-fitoplancton.

Sfortunatamente non abbiamo notato correlazioni fra queste conte e l'MPN.

Nella Fig. 8 è riportata la distribuzione, nello strato 10-50 m, dell'MPN totale, del Non-Üthermöhl-fitoplancton e dell'Üthermöhl-fitoplancton calcolando la media ponderata secondo RILEY (1957).

Come si può osservare l'MPN totale è strettamente seguito dall'Üthermöhl-MPN. L'Üthermöhl-fitoplancton, stimato per conta diretta, presenta concentrazioni molto basse in primavera ed estate e ha concentrazioni notevolmente più elevate nel periodo invernale.

Il Non-Üthermöhl-fitoplancton ha concentrazioni sostenute per tutto l'arco dell'anno e particolarmente nei mesi di febbraio e aprile.

L'MPN Üthermöhl fitoplancton ha concentrazioni generalmente più basse delle precedenti frazioni ed addirittura trascurabili in maggio-giugno-luglio.

Se si comparano i risultati, relativi all' Üthermöhl fitoplancton, ottenuti con le conte dirette e con l'MPN si nota che non c'è correlazione fra i valori; in generale l'MPN è più basso.

L'Üthermöhl fitoplancton può essere stimato con sufficiente accuratezza con la tecnica di ÜTHERMÖHL e quindi non c'è nessuna ragione valida per usare il metodo delle diluizioni seriali.

I risultati per l' Üthermöhl fitoplancton hanno inoltre mostrato che l'MPN è sempre più basso delle stime per conta diretta.

Questo potrebbe essere dovuto, oltre che ad altre cause, anche alla frequenza di alghe coloniali che mentre per conta diretta possono essere valutat compiutamente non possono essere ovviamente stimate col metodo colturale.

Per valutare pienamente l'importanza delle forme di Non-Üthermöhl-fitoplancton si osservi dalla figura come questo sia talvolta dieci volte più alto dell'Üthermöhl fitoplancton stimato per conta diretta. Se si tiene conto che le forme di Non-Üthermöhl-fitoplancton hanno, verosimilmente, tempi di generazione più brevi delle forme Üthermöhl fitoplancton si deduce che, anche se sono forme piccole, il loro contributo alla produzione primaria deve essere rilevante.

È chiaro che qualunque siano le limitazioni della presente valutazione il Non-Üthermöhl-fitoplancton deve essere preso in seria considerazione negli studi di distribuzione.

Nell'agosto del 1968 è stato iniziato dal nostro Laboratorio un notevole studio periodico di una zona del Golfo di Taranto particolarmente interessata alla radiocontaminazione.

In quella zona sono stati effettuati numerosi campionamenti per valutazioni di carattere chimico, biologico, geologico e radioecologico. Per ogni serie di campionamenti effettuati nella zona di Taranto ne è stata effettuata una corrispondente nella zona di La Spezia in vista di due obiettivi:

- avere una situazione comparabile con quella di Taranto;
- disporre sempre di una zona campione non contaminata.

Un aspetto di tale programma di ricerche riguarda la distribuzione del fitoplancton nelle due zone.

La stima delle popolazioni primarie, ivi compresa una parte delle popolazioni precedentemente valutate col metodo colturale, viene fatta interamente col metodo ÜTHERMÖHL.

Abbiamo infatti potuto constatare che se si tratta il campione da esaminare con le dovute precauzioni, se si usa formalina neutralizzata con borace e filtrata con membrane filtranti del Gruppo 6 e se la quantità necessaria si mette nelle bottiglie prima del campione si riesce a stimare, per conta diretta, anche quella parte della componente del fitoplancton che fino ad ora è stata denominata Non-Üthermöhl-fitoplancton.

I dati che seguono intendono mostrare come attualmente ci stiamo orientando in studi di distribuzione e quali future possibili implicazioni ecologiche possono essere o ritenersi correlate ad una certa situazione distributiva nel primo livello trofico.

Per quanto riguarda la tecnica di conteggio non c'è nulla di mutato rispetto alla tecnica classica.

Vengono contate regolarmente DIATOMEAE, COCCOLITHOPHORIDEAE e PERIDINEAE; la parte della componente già Non-Üthermöhl-fitoplancton viene distinta in sede di conta in cellule flagellate e cellule indeterminate.

Poiché è possibile che molte cellule del gruppo delle indeterminate siano in realtà cellule flagellate che hanno perso i flagelli preferiamo, nell'espore i risultati, raggruppare le due specie sotto la denominazione di cellule indeterminate.

Nella Fig. 9 sono riportati i dati della distribuzione in una stazione della zona di La Spezia campionata nel mese di agosto 1968.

È riportata la distribuzione in relazione alla profondità del numero di individui totale, delle cellule indeterminate, della DIATOMEAE e delle PERIDINEAE, (non sono state riportate, data la loro bassa frequenza, le COCCOLITHOPHORIDEAE) e il corrispondente peso umido (calcolato in base a stima dei volumi dei singoli gruppi componenti). Si osservi che le DIATOMEAE tendono a decrescere con lo aumentare delle profondità; le cellule indeterminate decrescono fino a 20 metri e poi aumentano fino a 35 mentre le PERIDINEAE presentano una situazione distributiva pressoché uniforme.

Si noti anche come le cellule indeterminate raggiungano valori numerici superiori di 10-15 volte a quelli delle DIATOMEAE e PERIDINEAE. I tempi di generazione per un numero abbastanza esteso di DIATOMEAE e PERIDINEAE coltivate in acqua di mare naturale si aggirano fra 1,5 e 3,8 giorni mentre quelli delle cellule indeterminate hanno un intervallo di variazione più ristretto: 0,85 e un giorno.

Tenendo conto di questi dati è stata stimata la produzione potenziale giornaliera per le cellule indeterminate prese separatamente e per PERIDINEAE e DIATOMEAE considerate nel loro complesso.

La Fig. 9B dimostra che fino a 10 metri la produzione delle DIATOMEAE e delle PERIDINEAE è superiore a quella delle cellule indeterminate; da tale profondità in poi le due produzioni possono considerarsi equivalenti e con tendenza a crescere della produzione delle cellule indeterminate che a 35 metri è circa 10 volte quella delle DIATOMEAE e PERIDINEAE.

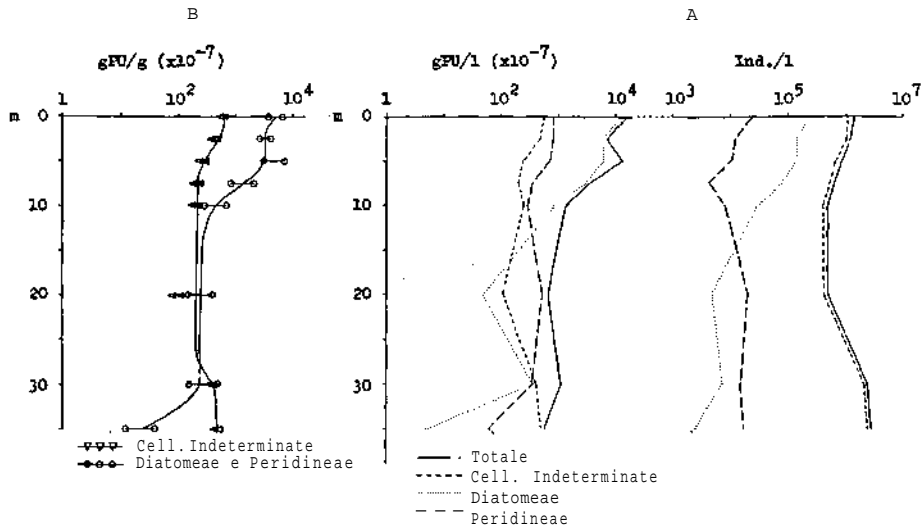


FIG. 9. Esempio di rappresentazione di diversi aspetti di una distribuzione di fitoplancton. 9 A Distribuzione di fitoplancton espressa in concentrazione di individui (Ind/l) e in biomassa (g di peso umido/l) Vs profondità. 9 B Produzione potenziale (g di peso umido/giorno) Vs profondità.

In Fig. 10 A abbiamo riportato il peso umido per le specie dominanti. Si noti che dopo i 10 metri i gruppi dominanti sono rappresentati praticamente solo dalle cellule indeterminate e dalle GYMNODINIACEAE.

La Fig. 10 B riporta il peso umido dei singoli gruppi sistematici come percentuale del peso umido totale.

È facile notare come le COCCOLITHOPHORIDEAE abbiano incidenza praticamente nulla, come le DIATOMEAE tendano a decrescere con la profondità e come, salvo un punto di minimo a 20 metri, le PERIDINEAE abbiano andamento pressoché costante mentre il peso umido delle cellule indeterminate aumenta con l'aumentare della profondità.

Per mettere in evidenza come la distribuzione della biomassa possa essere ampiamente diversa da una corrispondente distribuzione numerica abbiamo calcolato la biomassa, espressa in grammi di peso umido per litro, delle distribuzioni degli anni 1959 e 1962 di cui alle Figg. 6 e 7.

I pesi umidi per i singoli strati sono stati calcolati sulla base dei volumi per le specie componenti di cui alla Tab. 1.

Malgrado che i dati relativi ai volumi delle singole specie siano, per evidenti ragioni, da prendere con una certa cautela si possono considerare validi per gli aspetti che vogliamo mettere in evidenza; vedremo infatti che anche ammettendo fattori di 5 in più o in meno le conclusioni non cambieranno.

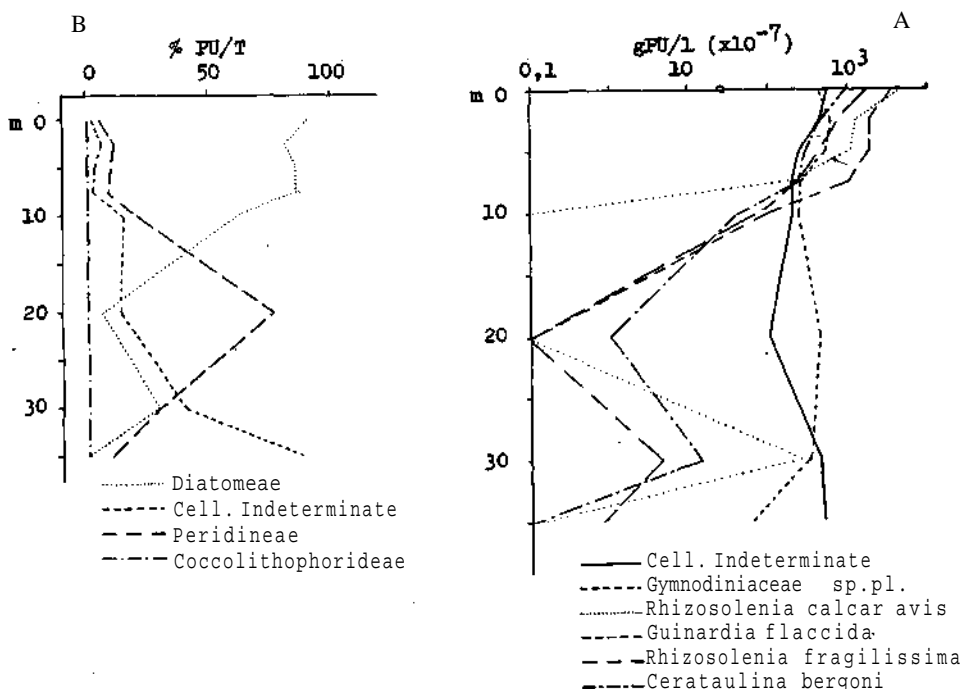


FIG. 10 A e 10 B. 10 A Distribuzione della biomassa (g di peso umido/l) delle specie o gruppi dominanti, della distribuzione di Fig. 9, Vs profondità. 10 B Biomassa dei gruppi componenti le popolazioni del fitoplancton espressa come percentuale del peso umido totale.

Le differenze nelle distribuzioni sono ben evidenti nelle Figg. 11 (distribuzione del peso umido nel 1959) e 12 (distribuzione del peso umido nel 1962).

Si noti come le COCCOLITHOPHORIDEAE che numericamente nel 1959 (Fig. 6) rappresentano il gruppo dominante per i primi quattro mesi dell'anno contribuiscono, viste le piccole forme che le rappresentano, in minima misura alla biomassa per tutto l'arco dell'anno (vedi Fig. 11).

È pure interessante notare che la distribuzione della biomassa delle PERIDINEAE nei tre strati ha un andamento abbastanza omogeneo con la corrispondente distribuzione numerica.

Il gruppo sistematico che indubbiamente mostra le maggiori differenze fra i due tipi di distribuzione è rappresentato dalle DIATOMEAE. Ai punti di massimo

numerico di questo gruppo non corrispondono più i punti di massimo della distribuzione della biomassa (si confrontino le Figg. 6 e 11).

Nella distribuzione della biomassa di questo gruppo si hanno tre punti di massimo in corrispondenza di gennaio, agosto e settembre dovuti alla presenza di pochi esemplari di *Rhizosolenia calcar avis* che ha un volume elevato ($2,8 \cdot 10^6 \mu^3/l$).

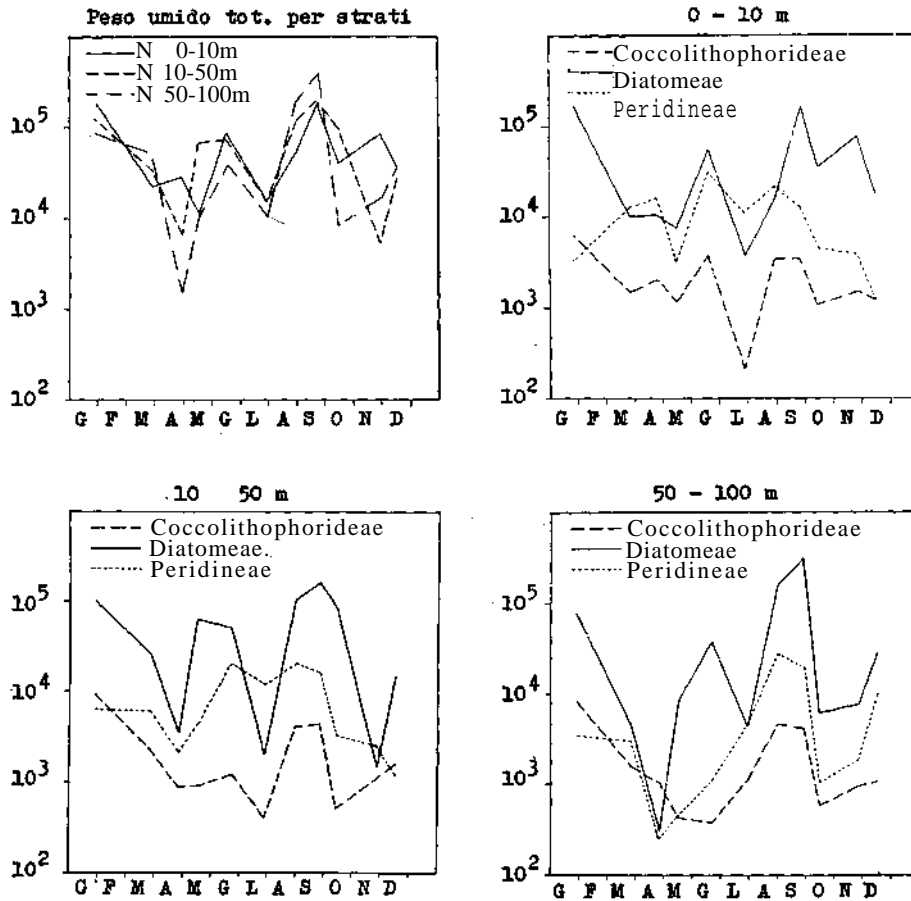


FIG. 11. Distribuzione di COCCOLITHOPHORIDAE, DIATOMEAE e PERIDINEAE durante il 1959 (in g di peso umido/l $\times 10^{-9}$).

Il punto di massimo di giugno della distribuzione numerica dovuto, come si ricorderà, ad una notevole fioritura di *Nitzschia seriata* è, nella distribuzione del peso umido, pur rappresentando una notevole aliquota della biomassa, piuttosto ridotto.

Osserviamo che nel complesso la biomassa totale per strati e le distribuzioni, numerica totale e della biomassa dei vari gruppi nei singoli strati, presentano una notevole eterogeneità.

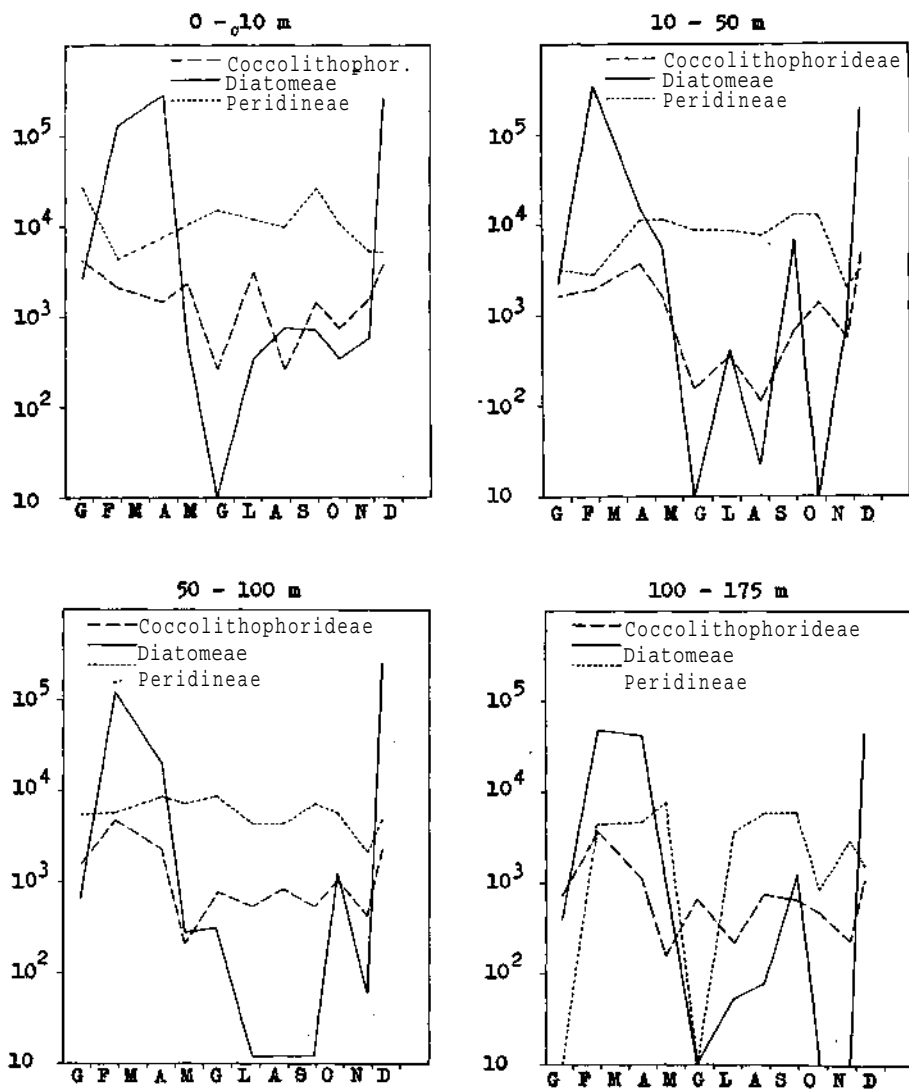


FIG. 12. Distribuzione di COCCOLITHOPHORIDEAE, DIATOMEAE e PERIDINEAE durante il 1962 (in g di peso umido/l $\times 10^9$).

In particolare notiamo la formazione di un minimo più o meno pronunciato nei diversi strati nel mese di aprile.

Si vede inoltre che la biomassa nel mese di giugno è contenuta in un intervallo medio mentre per lo stesso mese la distribuzione numerica presentava, almeno per gli strati più superficiali, una decisa punta di massimo.

Anche le distribuzioni del 1962 offrono configurazioni interessanti (si confrontino le Figg. 7 e 12).

La distribuzione numerica (vedi Fig. 7) mostra come dominante, per tutto l'arco dell'anno, il gruppo delle COCCOLITHOPHORIDEAE.

L'andamento della distribuzione del peso umido di questo gruppo per tutto l'arco dell'anno è abbastanza simile all'andamento della sua distribuzione numerica, ma il peso umido è, salvo naturalmente per i mesi in cui non sono state osservate DIATOMEAE O PERIDINEAE i cui punti sui grafici non sono sullo zero essendo le scale logaritmiche, generalmente inferiore a quello degli altri due gruppi. Da notare la maggiore omogeneità nella distribuzione delle PERIDINEAE rispetto a quella degli altri due gruppi.

Interessante è infine la formazione ad inizio e fine anno, per tutti gli strati, di due massimi nella distribuzione dei pesi umidi delle DIATOMEAE mentre nella distribuzione numerica i massimi sono rappresentati dalle COCCOLITHOPHORIDEAE.

Risulta così ampiamente dimostrata la profonda differenza che intercorre fra le due distribuzioni.

Non abbiamo calcolato la produzione potenziale per i singoli gruppi in quanto non possediamo i dati, sui tempi generazione, abbastanza rappresentativi per un sufficiente numero di specie dei tre gruppi.

Si ricordi che per il computo della distribuzione potenziale di cui alla Fig. 9B abbiamo assunto due tempi di generazione (1 e 3,8 gg) che abbiamo considerato rappresentativi per DIATOMEAE, PERIDINEAE e COCCOLITHOPHORIDEAE.

La produzione così calcolata è stata comparata con quella delle cellule indeterminate cosa questa che, ovviamente, non si può fare per le raccolte del 1959 e 1962 non avendo effettuato per tali raccolte la stima delle concentrazioni di tale importante gruppo di forme.

CONCLUSIONI E DISCUSSIONI

Dai dati presentati ed analizzati si nota che:

1) la distribuzione orizzontale e verticale del fitoplancton è generalmente eterogenea;

2) la distribuzione del fitoplancton nel 1959 è, nel complesso, alquanto dissimile da quella del 1962; ma le frequenze delle specie dominanti, se espresse per il 1959, come media percentuale delle frequenze annuali sono abbastanza simili per le due annate.

Le COCCOLITHOPHORIDEAE più frequenti nel 1959 sono rappresentate dal *Coccolithus huxleyi* (78 %) seguito da *Acanthoica acanthos*, *Rabdosphaera stylifer* e *Syracosphaera pulchra* ognuna presente con una frequenza media di circa il 2 %; tutte le altre COCCOLITHOPHORIDEAE sono meno dell'1 %; nel 1962 il *Coccolithus huxleyi* rappresentava il 91 % di tutte le COCCOLITHOPHORIDEAE e nessuna delle altre specie superava l'1 %.

Fra le PERIDINEAE il gruppo dominante è rappresentato, per le due annate, dalle GYMNODINIACEAE sp. pl.

Le DIATOMEAE più frequenti nel 1959 erano la *Nitzschia seriata* (76 %) seguita da *Leptocylindrus danicus* (6 %) e *Bacteriastrum delicatulum* (6 %); le altre specie erano presenti con frequenze minori di 1 %. Comunque si deve notare che la *Nitzschia seriata* è stata campionata durante una fioritura del mese di giugno così come *Bacteriastrum delicatulum* e *Leptocylindrus danicus* rispettivamente in novembre e agosto. Se si considera l'ampia eterogeneità delle distribuzioni delle DIATOMEAE (vedi in particolare le distribuzioni orizzontali) e se si escludono le alte concentrazioni delle specie dominanti del 1959, tanto più che durante il 1962 non sono state osservate simili alte concentrazioni, i dati relativi alle distribuzioni delle specie dominanti nel 1959 dovrebbero essere più attendibilmente comparabili con quelli del 1962.

Perciò se si sostituiscono le percentuali delle specie dominanti delle DIATOMEAE calcolate in corrispondenza dei mesi di maggiore frequenza con la media annuale otteniamo i seguenti contributi annuali espressi in percentuali:

	1959	1959 corretto	1962
<i>Asterionella japonica</i>	< 1	1,6	23,8
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	6,0	3,6	< 1
<i>Chaetoceros affinis</i>	< 1	2,8	6,4
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	< 1	2,1	< 1
<i>Chaetoceros decipiens</i>	< 1	5,0	< 1
<i>Chaetoceros rostrata</i>	< 1	< 1	5,5
<i>Cerataulina bergoni</i>	< 1	2,3	< 1
<i>Dactyliosolen mediterraneus</i>	< 1	5,1	< 1
<i>Nitzschia closterium</i>	< 1	3,6	< 1
<i>Nitzschia seriata</i>	76,0	24,2	5,7
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	1,0	6,4	7,0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	< 1	2,4	6,0
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	2,0	13,1	15,2
	85,0	72,2	69,6

I valori corretti del 1959 sono più omogenei con quelli del 1962 (ultima colonna) e perciò dovrebbero essere più rappresentativi;

3) il Non-Üthermöhl-fitoplancton, sia stimato con la tecnica colturale sia con la tecnica classica (vedi Figg. 8 e 9 A), è una importantissima frazione sia come numero di individui per litro sia come biomassa del fitoplancton per cui non va più trascurato in studi sulle distribuzioni;

4) Una distribuzione espressa in termini di «produzione potenziale» (grammi di peso umido/giorno) può mettere in evidenza l'importanza di gruppi o specie (vedi Fig. 9B) che non risulterebbero se espressi come concentrazioni di individui per litro o come biomassa;

5) le distribuzioni delle biomasse sono notevolmente diverse dalle corrispondenti distribuzioni numeriche.

Ciò è dovuto al fatto che i volumi delle alghe (particolarmente per le DIATOMAEAE e PERIDINEAE) variano ampiamente da specie a specie per cui può accadere (si confrontino la Fig. 6 con la 11 e la 7 con la 12) che gruppi di alghe o singole specie, numericamente presenti a concentrazioni elevate, contribuiscano in maniera poco considerevole (es. *Nitzschia seriata* nel mese di giugno del 1959) alla formazione della biomassa totale mentre specie presenti con scarsa frequenza ma con volume elevato (es. *Rhizosolenia calcare avis*) possono incidere notevolmente.

Lo scopo dei nostri studi sulla distribuzione del fitoplancton tende a stabilire quali siano le specie ecologicamente più significative.

Per stabilire l'importanza relativa di una specie in studi di carattere ecologico e radioecologico si possono applicare due criteri.

Uno è relativo al fissaggio ed al trasferimento di energia, l'altro all'accumulo ed al trasporto di radionuclidi.

Al presente non si possiedono sufficienti informazioni per stabilire l'importanza di una specie.

Normalmente ci si basa sulla frequenza numerica relativa delle singole specie.

Abbiamo però notato come la frequenza numerica di una specie non la caratterizzi efficientemente in una distribuzione ma come anche la biomassa possa essere un valido elemento di caratterizzazione di una popolazione.

Le distribuzioni numeriche o delle biomasse, a prescindere dall'attribuire maggiore o minore importanza all'una o all'altra, danno informazioni non temporali e rappresentando l'attualismo di particolari situazioni distributive.

Riteniamo che per dare alle distribuzioni un aspetto più dinamico, in modo che possano essere caratterizzate nel tempo, sia necessario esprimerle anche come potenzialità produttiva.

In base a tale criterio è possibile notare che certe forme di dimensioni piccole (esempio alcune forme di Non-Üthermöhl-fitoplancton) possono avere,

dati i brevi tempi di generazione, una produzione di sostanza organica maggiore di forme a dimensioni maggiori, ma con tempi di generazione più lunghi. Per cui l'importanza ecologica potrà risultare maggiore, sotto questo profilo, per le forme più piccole.

Ovviamente per esprimere efficientemente una distribuzione in questi termini sono necessarie maggiori informazioni, di quante siano attualmente a disposizione, relative alla valutazione dei tempi di generazione che, per mancanza di tecniche applicabili in situ, devono essere dedotti dalla sperimentazione di laboratorio eseguita in condizioni prossime, per quanto possibile, a quelle naturali.

È stato notato da PARSONS, LE BRASSEUR e FULTON (1967) e più recentemente da NASSOGNE (1969) che la sopravvivenza, lo sviluppo e la produttività di Eufasidi e Copepodi è, in certa misura, legata alle dimensioni geometriche delle specie fitoplanctoniche impiegate come alimento.

Perciò, in futuro, potrà essere utile esprimere le distribuzioni anche in relazione al diverso valore nutrizionale delle varie specie componenti una distribuzione.

Ciò è di particolare importanza nella scelta delle specie dei più importanti componenti del primo livello trofico per gli esperimenti di accumulo e perdita di radioisotopi perché una via fondamentale di trasporto di radioisotopi è rappresentata dal loro flusso attraverso i componenti della catena alimentare.

È chiaro perciò che se una specie di fitoplancton sarà depredata più facilmente di un'altra converrà sperimentare sulla prima invece che sulla seconda.

Da tutti i dati presentati abbiamo anche osservato come il fitoplancton (e particolarmente le DIATOMEAE) presenti distribuzioni eterogenee. Per cui una distribuzione può considerarsi rappresentativa per piccole zone.

Ciò influenza necessariamente la strategia di campionamento e dei metodi di conta dei campioni. Infatti data l'ampia eterogeneità delle distribuzioni bisogna prendere in considerazione la possibilità di aumentare i campionamenti e di estendere le aree di campionamento.

Questo comporta però l'esame di un grande numero di campioni particolarmente gravoso dovendosi effettuare con la classica tecnica di ÜTHERMÖHL fino a che non verranno messi a punto dei metodi di conta automatici veramente efficienti. Si può, in parte, ovviare all'inconveniente esaminando dei campioni integrati, ottenuti da opportuni mescolamenti di aliquote di volumi dei campioni primari e uno o più campioni componenti, arrestando l'analisi quando fra uno di questi e quello integrato si osservi omogeneità.

BIBLIOGRAFIA

- ATKINS, W. R. G., 1945: Autotrophic flagellates as the major constituent of the oceanic Phytoplankton. *Nature* 156, 446-447.
- BERNHARD, M., and L. RAMPI, 1965: Horizontal Microdistribution of Marine Phytoplankton in the Ligurian Sea. *Botanica Gothoburgensia* III. Proc. Fifth Biol. Symp. Göteborg (1965), 13-24.
- BERNHARD, M. and G. MACCHI, 1966: Application and Possibilities of automatic Chemical Analysis in Oceanography. In *Automation in analytical chemistry. Technicon symposia* (1965), 255-259. Pubbl. by Mediad Inc. New York.
- BERNHARD, M. and L. RAMPI, 1967: The annual cycle of the Utermöhl-phytoplankton in the Ligurian sea in 1959 and 1962. Pubbl. *Staz. Zool. Napoli* 35, 137-169.
- BERNHARD, M. and A. ZATTERA, 1970: The importance of avoiding chemical contamination for a successful culturing of marine organisms. « *Int. Symp.-Cultivation of Marine Organisms and its importance for Marine Biology* ». *Helgolander wiss. Meeresunter* 20, 655-675.
- BERNHARD, M., A. ZATTERA and P. FILESI, 1966: Suitability of various substances for use in the culture of marine organisms. Pubbl. *Staz. Zool. Napoli* 35, 89-104.
- BERNHARD, M., L. RAMPI and A. ZATTERA, 1967: A Phytoplankton component not considered by the Utermöhl method. Pubbl. *Staz. Zool. Napoli* 35, 170-214.
- BERNHARD, M. et al., 1963: Rapporto sull'attività scientifica e tecnica del Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare. Pubbl. C.N.E.N. Roma. *RTI/BIO* (63), 8.
- BUTSCHER, R. W., 1952: Contribution to our knowledge of the smaller marine algae. *J. Marine Biol. Assoc. United Kingdom* 31, 175-190.
- DE ANGELIS, C. M., 1956: Ciclo annuale del fitoplancton del Golfo di Napoli. *Boll. Pesca, Pisc. Idrobiologia* 2, 5-20.
- DEL VECCHIO, V. and A. D'ARCA SIMONETTI, 1959: Il metodo del Most Probable Number (MPN) e la sua importanza nella colimetria delle acque. *N. Ann. Ig. Microbiol.* 10, 441-481.
- FISHER, R. A., 1944: *Statistical methods for Research Worker*. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- FORTI, A., 1922: Ricerche sulla flora pelagica (fitoplancton) di Quarto dei Mille (Mare Ligure). *Mem. R. Comit. Talass. Ital.* 97, 1-248.
- FOYN, B., 1934: Lebenszyklus, Cytologie und Sexualität der Chlorophyceae *Cladophora Suriana* Kutzing. *Arch. Protistenk* 83, 1-56.
- INDELLI, E., 1944: Il microplancton di superficie del Golfo di Napoli. *Acta Pontif.* 8, 91-99.
- ISSEL, R., 1925: Ricerche sulle variazioni del plancton nelle acque di Rovigno e Quarto. *Mem. R. Comit. Talass. Ital.* 115, 3-41.
- , 1934: Ciclo annuale del microplancton di superficie del Golfo di Napoli. Pubbl. *Staz. Zool. Napoli* 14, 1-50.
- KNIGHT-JONES, E. W., 1951: Preliminary studies of nannoplankton and ultraplankton systematics and abundance by a quantitative method. *J. du Conseil* 17, 140-155.
- MARGALEF, R., 1951: Plancton recogido por los laboratorios costeros. III. Fitoplancton de las costas de Castellon durante el año 1950. Pubbl. *Inst. Biol. Apl.* 9, 49-62.
- , 1957: Fitoplancton de las costas de Castellon de enero de 1955 a junio de 1956. *Inv. Pesq.* 7, 3-31.

- MARGALEF, R. et al., 1957: Fitoplancton de las costas de Castellon de enero de 1955 a junio de 1956. *Inv. Pesq.* 8, 89-95.
- NASSOGNE, A., 1970: Influence of food organisms on the development and culture of pelagic copepods. « Int. Symp. Cultivation of Marine organisms and its importance for Marine Biology ». *Helgoländer wiss. meeresunters* 20, 333-345.
- PARSONS, T. R., R. J. LE BRASSEUR and J. D. FULTON, 1963: Some observation on the dependance of Zooplankton Grazing on the cell size and concentration of Phytoplankton blooms. *Journal of the Oceanogr. Soc. of Japan* 23, n. 1, 10-17.
- PAVILLARD, J., 1937: Les Périдиниés et Diatomées Pélagiques de la Mer de Monaco de 1907 à 1914. Observations générales et conclusions. *Boll. Inst. Oceanogr. Monaco* 738, 1-50.
- RAMPI, L., 1951: Ricerche sul fitoplancton del Mar Ligure. XI. Il fitoplancton delle acque di Sanremo. *Atti Accad. Lig. Sci. Lett.* 8, 1-50.
- , 1954: Variazioni stagionali del fitoplancton di superficie raccolto nel Golfo di Genova a Punta del Mesco (La Spezia). *Atti Accad. Lig. Sci. Lett.* 10, 1-42.
- RILEY, G. A., 1957: Phytoplankton of the North Central Sargasso Sea 1950-52. *Limnol. and Oceanog.* 2, 252-270.
- SCHRÖDER, B., 1901: Das Phytoplankton des Golf es von Neapel. *Mitt. Zool. Stat. Neapel* 14, 1-38.
- TREGOUBOFF, G. et M. ROSE, 1957: Manuel de planctonologie méditerranéenne. C.N.R.S. 1, 587, Paris.
- ÜTHERMÖHL, H., 1936: Quantitative Methoden zur Untersuchung des Nannoplanktons. *Abderhalden Handb. Biol. Arb. Meth.* 9, 1879-1937.
- WAWRIK, F., 1962: Die pelagische Diatomeenflora des Golfes von Neapel und ihre ökologische Grundlage. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli* 32, 187-240.

Dr. M. BERNHARD, Dr. L. RAMPI e Dr. A. ZATTERA, Laboratorio per lo studio della contaminazione radioattiva del mare, C.N.E.N. - EURATOM, 19030 Fiascherino (La Spezia), Italia.

La variabilità fra pescate effettuate con rete a strascico nel Mar Ligure *

di

MARTIN BILIO

(Dal Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare, Fiascherino, La Spezia)

9 Figure

Summary. The variability of fish catches obtained by bottom trawling has been studied in the Ligurian Sea (for the position of the fishing grounds see Fig. 1). The study was carried out in connection with investigations on the composition of the higher levels of the food chains.

It could be shown that the great variability of the total catch is mainly due to the pelagic species occurring more casually in the bottom trawl. An increase of the catch, as a consequence of an increased haul duration, was almost exclusively observed in the benthic-pelagic and benthic species (Figs. 2-4).

No considerable differences were noticed between morning, noon and afternoon catches. Clearly recognizable, however, were differences between different fishing days (Figs. 5 and 6). Extending the fishing time to the night a distinction could be made between a group of species which was mainly represented in day catches and another one which prevailed in night catches (Fig. 7).

As examples of other results from the Laboratory's trawling survey the account includes data of two important gadid fishes of the region: hake (*Merluccius merluccius*) and greater forkbeard (*Phycis blennioides*). Of *M. merluccius* the length distribution in catches from different zones in summer, 1967 is considered (Fig. 8) and of *Phycis blennioides* the growth in length of age group O/I between May, 1967 and March, 1968 (Fig. 9).

Riassunto. Si mette in evidenza in un primo resoconto di indagini sulla composizione dei livelli trofici più elevati delle catene alimentari, la variabilità fra pescate a strascico effettuate vicino a La Spezia. Sono stati esaminati fondali fino ad una profondità massima di 350 m.

Da una divisione delle specie più importanti in tre gruppi ecologici, cioè specie pelagiche, bento-pelagiche e bentoniche, risulta che la grande variabilità del pescato è dovuta soprattutto al comportamento di un gruppo: quello delle specie pelagiche. A ciò corrisponde che un aumento della quantità del pescato, come conseguenza di un prolungamento della durata delle calate, si nota quasi esclusivamente nelle specie bento-pelagiche e bentoniche.

Non vi sono differenze notevoli tra calate eseguite in mattinata, a mezzogiorno o nel pomeriggio. Risultano invece differenti le calate in giorni diversi. Sulla base di pescate effettuate consecutivamente da un mezzogiorno fino a quello seguente, cioè includendo anche le ore notturne, è possibile distinguere specie che si pescano più di giorno ed altre che sono rappresentate prevalentemente in pescate notturne.

Come esempi per altri risultati del rilevamento sulla pesca a strascico vengono presentati, relativamente a *Merluccius merluccius*, dati sulla distribuzione delle varie classi di lunghezza in diverse zone di pesca ed, a *Phycis blennioides*, dati sulla crescita della prima classe d'età dell'anno 1967.

INTRODUZIONE

Pesci, molluschi e crostacei costituiscono i livelli trofici più elevati nelle catene alimentari del mare. Perciò, nello studio dei problemi connessi con una

* Lavoro svolto nell'ambito del Contratto di Associazione C.N.E.N. - EURATOM.

eventuale contaminazione radioattiva del mare, devono essere incluse anche ricerche sull'importanza quantitativa e la distribuzione degli animali che rendono possibile il passaggio di sostanze radioattive dal mare all'uomo. Attualmente, mentre stiamo concludendo la prima fase di lavoro con esperimenti sull'efficienza delle attrezzature da pesca, abbiamo dato l'avvio alla seconda fase, cioè alle analisi delle catene alimentari nelle quali sono inseriti gli animali più

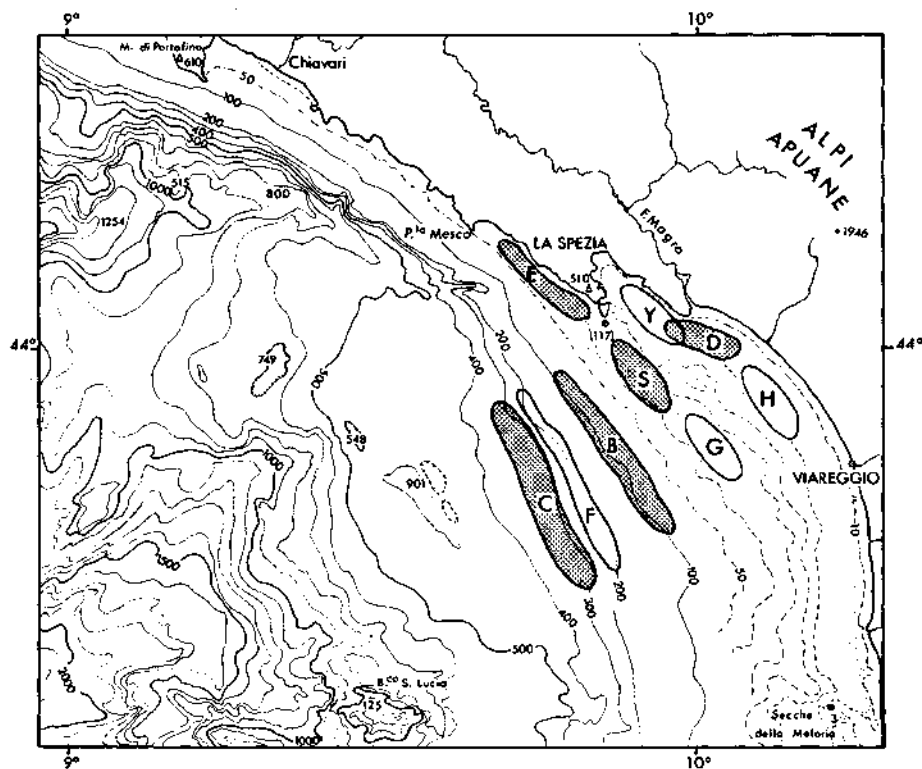


FIG. 1. Posizione delle zone di pesca esaminate dal Laboratorio di Fiascherino. Le zone punteggiate sono quelle considerate in questa pubblicazione.

importanti come cibo per l'uomo. Quanto prima a questa seconda fase seguiranno le ricerche in laboratorio per la determinazione dei fattori che intervengono nei processi di assimilazione, accumulo e perdita di elementi radioattivi da parte dei costituenti dell'ultimo livello trofico del mare.

Il sistema di pesca più diffuso nelle vicinanze di Fiascherino è la pesca a strascico. Abbiamo pertanto concentrato l'attenzione sui prodotti di questa pesca prendendo in considerazione vari tipi di fondali fino ad una profondità massima di 350 m. Nella Fig. 1 sono indicate tutte le zone comprese nel rilevamento effettuato per ottenere informazioni sulla distribuzione generale delle

specie. La zona ora più conosciuta è la zona S situata in una posizione centrale rispetto alle altre zone, sui 24-35 (62) m di profondità¹. Delle altre zone si sono tenute in considerazione, per ciò che verrà esposto, le zone B e C, rispettivamente di 79-99 m e di 320-339 m, la zona D davanti alla foce del fiume Magra (profondità 16-20 m) e la zona E di fronte alla costa rocciosa delle Cinque Terre (profondità 23-39 m). Nelle analisi seguenti sono stati considerati tutti i pesci, tutti i Cefalopodi e, dei crostacei, i Macruri e gli Stomatopodi.

In tutte le ricerche su organismi marini, basate sulla valutazione di dati forniti da mezzi da pesca, si impone il problema della riproducibilità dei dati. Per questa ragione le indagini sono state iniziate con serie di repliche di pescate a strascico nelle zone sopra menzionate, prendendo in considerazione durate di pesca di 2, 3 e 4 ore. Scopi principali delle indagini sulla variabilità della quantità del pescato sono stati l'analisi della varianza delle repliche fatte sotto condizioni per quanto possibile controllate, e la verifica dell'influenza della durata di pesca sul pescato. In questa comunicazione mi limito all'illustrazione dei dati per mezzo di grafici. I risultati dei calcoli statistici verranno pubblicati separatamente.

IMBARCAZIONE E RETE

Il peschereccio impiegato per le nostre ricerche, di base a Lerici, ha le seguenti caratteristiche: stazza lorda 29 tonnellate, lunghezza fuori tutto 16,5 m, scafo in legno; il motore è un Ansaldo da 80 CV. La velocità durante la pesca è di circa 3 nodi.

La rete, che viene trainata da poppa è del tipo normale italiano e ha le seguenti misure principali: il cielo è di 320 maglie e di una lunghezza di circa 14 m (= 8½ braccia), le maglie del sacco hanno una lunghezza media di 21,9 mm, misurata con una pressione al magliometro di 4 kg.

LA VARIABILITÀ DEL PESCATO

La raccolta dei dati per le indagini sulla variabilità del pescato è stata condotta dapprima esclusivamente per la zona S. In questa prima parte del programma che è stata svolta nei giorni 17, 18 e 19 dell'aprile e 8 e 9 del maggio 1967, erano incluse calate di due, tre e quattro ore di durata. Dal 22 giugno fino al 2 agosto dello stesso anno, durante la seconda parte del programma, sono state esaminate, oltre la zona S, anche le altre quattro zone B, C, D ed E.

¹ Durante la prima giornata di pesca si sono verificate considerevoli deviazioni dal percorso stabilito per la zona S (la rete ha raggiunto una profondità massima di 62 m) che però hanno scarsa influenza sulla quantità del pescato (vedi la prima calata di 2, 3 e 4 ore nelle Figg. 2 e 3).

In questa seconda parte del programma sono state considerate soltanto pescate di due e tre ore.

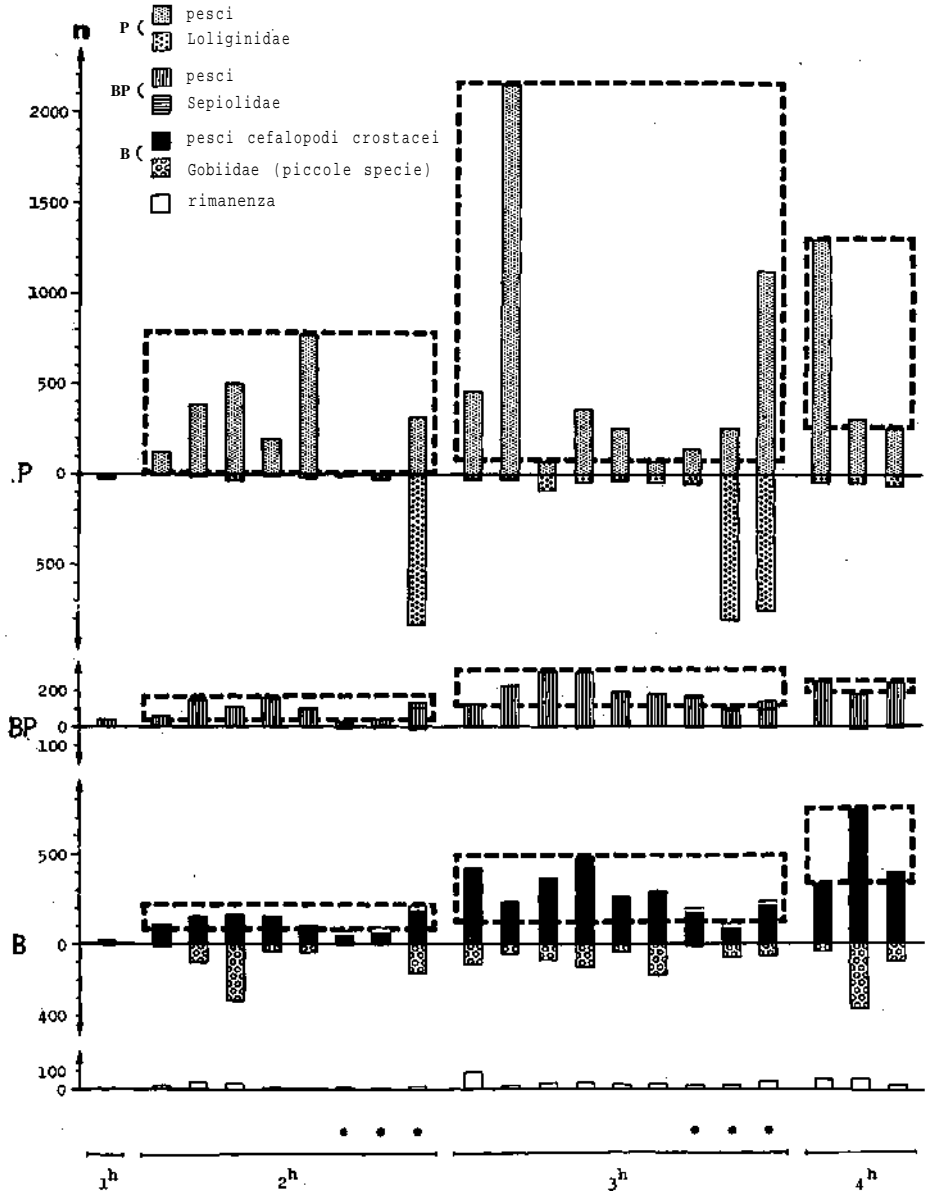


FIG. 2. Variabilità del pescato nella zona S (24-35 m). Numero degli individui (n). Sull'ascissa la durata di pesca in ore (h); calate della stessa durata sono disposte in ordine di tempo. Le cornici tratteggiate indicano la variabilità (differenza tra valori minimi e massimi) nei gruppi principali. Le calate contrassegnate da asterischi sono quelle considerate nelle Figg. 5 e 6 (gruppi BP e B, tranne le parti superiori delle colonne divise con striscia orizzontale). P = pelagici, BP = bento-pelagici, B = bentonici.

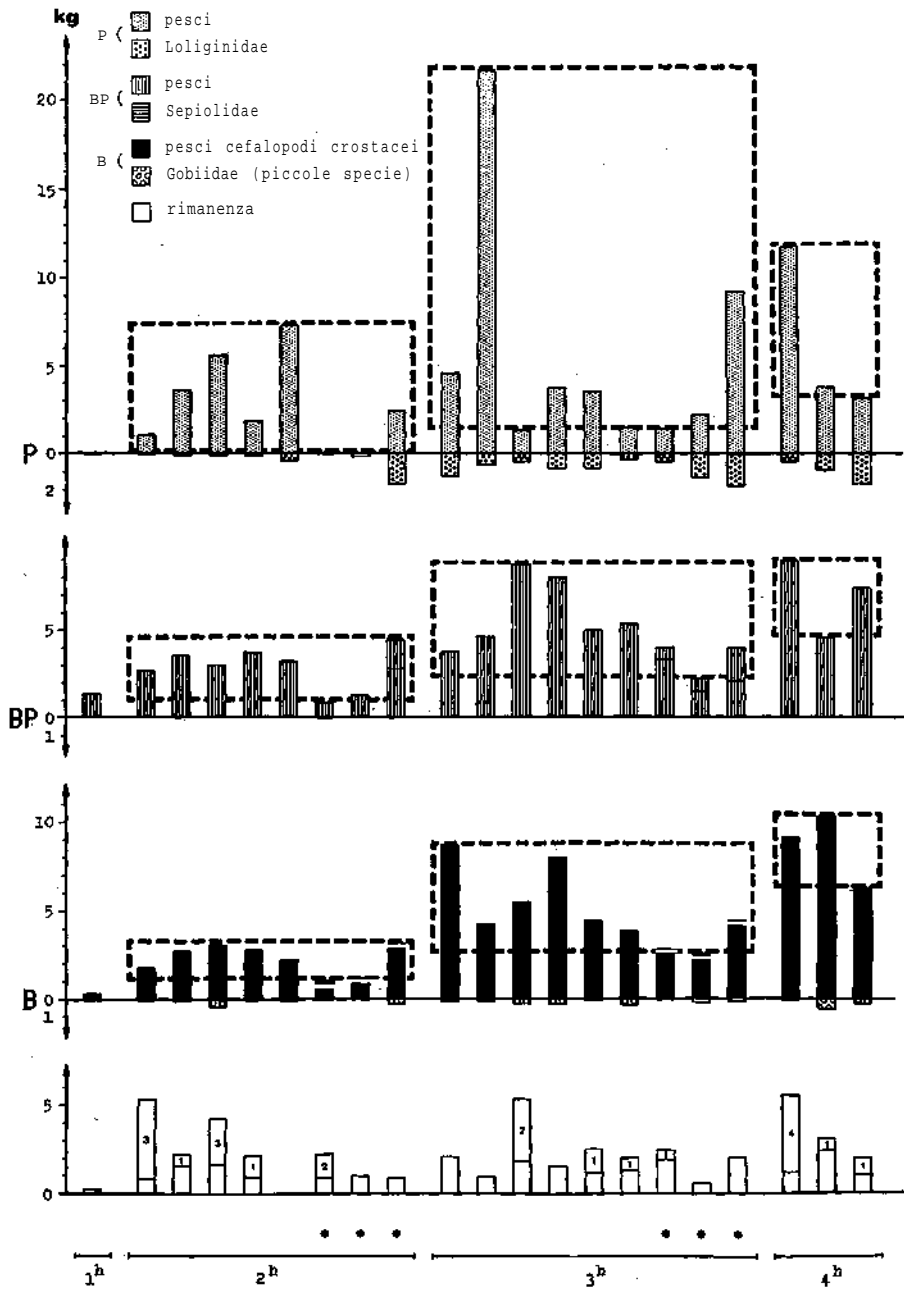


FIG. 3. Variabilità del pescato nella zona S. Peso (kg). Spiegazioni come per la Fig. 2. Le cifre nelle colonne della rimanenza riportano i numeri degli individui il cui peso è maggiore di 500 g; le parti superiori delle rispettive colonne corrispondono al peso complessivo di questi esemplari.

Le Figg. 2 e 3 illustrano tutti i dati relativi alla zona S, sia quelli della prima che quelli della seconda parte del programma. Mentre la Fig. 2 si riferisce al numero degli individui, la Fig. 3 riporta i pesi complessivi dei rispettivi gruppi. Ogni colonna rappresenta una calata e le calate di uguale durata sono disposte in ordine di tempo. Le calate ed il loro ordine nelle Figg. 2 e 3 sono identici. Dal confronto del numero degli individui col peso del rispettivo gruppo è possibile desumere informazioni anche sul peso medio degli individui di un gruppo.

Le specie più frequenti degli animali in esame sono divise in tre gruppi: pelagici, bento-pelagici e bentonici. Per ciascuno di questi gruppi è riservata un'ascissa separata. Il gruppo delle specie pelagiche comprende *Trachurus trachurus*, *T. mediterraneus*, *Sardina pilchardus*, *Engraulis encrasicolus* e le LOLIGINIDAE. La posizione delle LOLIGINIDAE sotto l'ascissa del gruppo pelagico permette un paragone tra questi cefalopodi ed i pesci pelagici. Come specie bento-pelagiche sono raggruppate *Merluccius merluccius*, *Boops boops*, *Diplodus annularis*, *Pagellus erythrinus*, *Maena chryselis* e *Mullus barbatus* + *surmuletus*². Sotto l'ascissa di questo gruppo sono riportate le SEPIOLIDAE che tuttavia nella zona S, in calate diurne, sono poco frequenti. Questi cefalopodi sono stati messi in rilievo ugualmente per dimostrare la differenza tra questa zona e la zona C (Fig. 4). Le specie bentoniche considerate sono *Gobius niger*, *Trachinus draco*, *Arnoglossus laterna*, *Buglossidium luteum*³, *Eledone moschata* e *Squilla mantis*. Sotto l'ascissa del gruppo bentonico si trovano le altre specie di GOBIIDAE (tranne *Gobius niger*) che anche nelle classi di lunghezza maggiori sono troppo piccole per essere trattate quantitativamente dal sacco della rete. Restano le specie che nelle calate considerate risultano poco frequenti e che sono riassunte sulla quarta ascissa dei due diagrammi.

Risulta evidente, dalle Figg. 2 e 3, che il gruppo delle specie pelagiche è quello più variabile. Questo vale sia per i pesci pelagici sia per le LOLIGINIDAE. Mentre però i pesci pelagici raggiungono valori molto alti sia nel numero, sia nel peso complessivo, nel caso delle LOLIGINIDAE questo vale soltanto per il numero. Ciò è dovuto al peso medio molto basso delle LOLIGINIDAE che nelle calate considerate sono rappresentate principalmente da individui piccoli.

La variabilità è molto ridotta nei pesci raggruppati come bento-pelagici. Si nota, in tutti e due i diagrammi, la tendenza ad un aumento del pescato con la durata tra calate di due e di tre ore. Non è riconoscibile, almeno per quanto riguarda il numero degli individui, un ulteriore aumento delle quantità del pescato passando dalle calate di tre ore a quelle di quattro ore.

² Le due specie di *Mullus* vengono considerate collettivamente perché non è sempre stato possibile identificare con sicurezza gli esemplari giovanili danneggiati dalla rete.

³ Per i nomi dei pesci si è seguita la nomenclatura di TORTONESE e CASANOVA-QUEIROLO (1970) e, per le specie non considerate da questi Autori, quella di TORTONESE (1963).

Nel gruppo delle specie bentoniche si nota un incremento ancora più chiaro, sia numerico che ponderale, dalla calata di un'ora fino a quelle di quattro ore. Qui l'incremento per il peso complessivo del gruppo è maggiore tra le calate di tre e di quattro ore che non tra quelle di due e di tre ore. I piccoli GOBIIDAE, sebbene siano state prese in considerazione soltanto specie bentoniche, non si inseriscono bene nel quadro del gruppo bentonico perché rappresentati troppo irregolarmente nelle calate. Non è sicuro se questo è dovuto alle dimensioni del corpo insufficienti per assicurare la cattura di tutti gli individui che entrano nel sacco della rete. Considerando però i piccoli pesi complessivi, questi pesci risultano poco importanti nell'insieme di tutto il pescato delle calate prese in esame.

Sono tante le specie (e precisamente 28 pesci ossei, 5 pesci cartilaginei, 3 cefalopodi ed 1 crostaceo) che, come specie poco frequenti, figurano nella rimanenza sull'ascissa inferiore delle Figg. 2 e 3. Come numero degli individui (Fig. 2) però esse non possono influenzare essenzialmente la configurazione del rispettivo diagramma, perché anche se fossero inserite nei rispettivi gruppi ecologici, la variabilità di questi non subirebbe nessun mutamento importante.

Diverse sono le relazioni per il peso complessivo nel quale la rimanenza, nelle calate di due ore, può persino superare sia le specie bentoniche sia quelle bento-pelagiche. Bisogna però tener conto del fatto che i valori più alti sulla ascissa inferiore della Fig. 3 sono dovuti a pochi individui grossi. Nelle rispettive colonne sono indicati il numero ed il corrispondente peso complessivo degli esemplari che superano il peso individuale di 500 g. Questi esemplari appartengono: 14 a *Raja asterias*, 3 a *Octopus* sp. e 4 ciascuno a una specie diversa. La presenza di individui così grossi e la loro distribuzione irregolare nelle calate riducono considerevolmente l'importanza del peso della rimanenza. Se inoltre consideriamo la grande varietà di specie nella rimanenza, può essere giustificata l'esclusione di queste specie dai gruppi che determinano la variabilità regolare del pescato.

Tra le cinque zone esaminate in questa pubblicazione, per un confronto con la zona S, ho scelto la zona C, cioè quella a maggior batimetria (320-339 m). La disposizione generale dei relativi diagrammi (Fig. 4) corrisponde a quella dei diagrammi per la zona S, mancano però le calate di quattro ore. Tutte le calate riportate, meno una di due ore effettuata già il 23 maggio 1967, appartengono alla seconda parte del programma.

Fanno parte del gruppo pelagico di questa zona le specie *Trachurus trachurus*, *T. mediterraneus* e *Micromesistius poutassou*, quest'ultimo presente in ogni calata, mentre i *Trachurus* venivano catturati soltanto sporadicamente. Come cefalopodi pelagici figurano le OMMASTREPHIDAE che nei diagrammi (Fig. 4) sono state messe al posto delle LOLIGINIDAE mancanti in questa serie di calate. Il gruppo delle specie bento-pelagiche comprende *Merluccius merluccius*, *Phycis blennioides*, *Gadiculus argenteus* e *Capros aper*. Sotto la

ascissa appaiono le SEPIOLIDAE rappresentate nella zona C in numeri considerevolmente elevati. Nel gruppo bentonico sono stati raccolti *Gaidropsarus biscayensis*, *Lepidorhombus bosci*, *Symphurus nigrescens*, *Eledone cirrosa* +

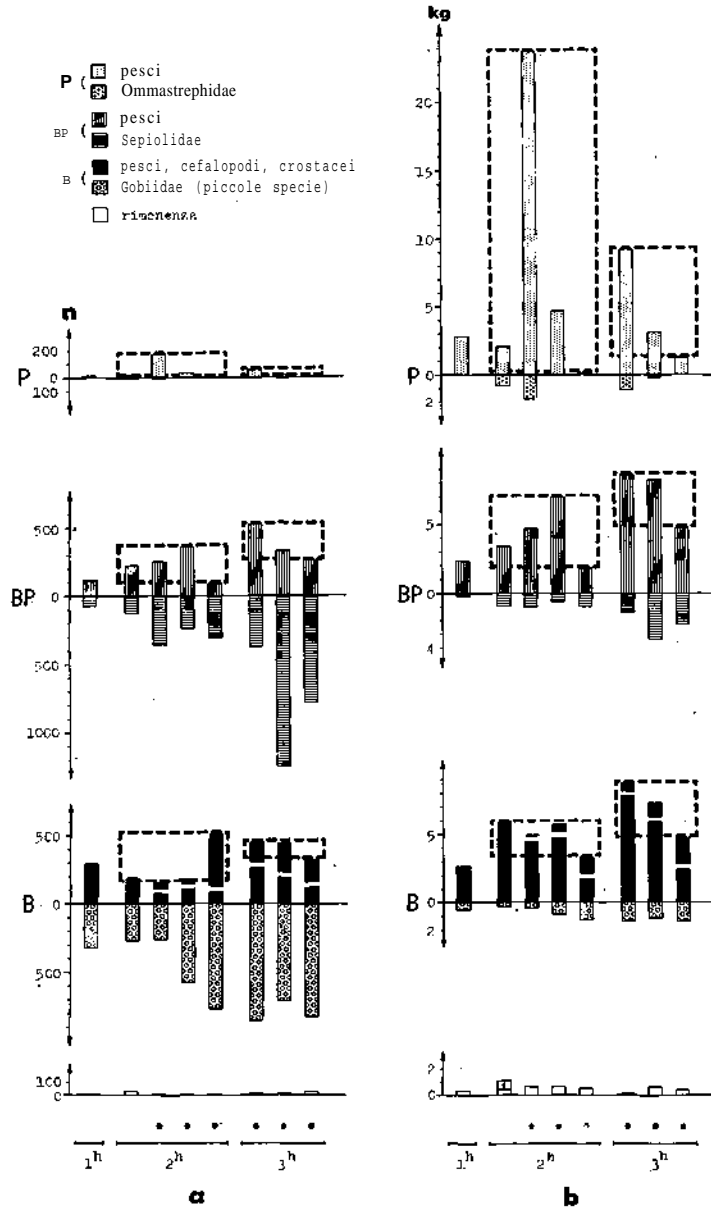


FIG. 4. Variabilità del pescato nella zona C (320-339 m). a) numero degli individui (n), b) peso (kg). Spiegazioni come per le Figg. 2 e 3.

moschata, *Pteroctopus tetracirrhus*, uno o due OCTOPODIDAE non ancora identificati, *Nephrops norvegicus* ed i MACRURA NATANTIA. Sotto l'ascissa anche in questi due diagrammi si trovano i piccoli GOBIIDAE non pelagici. La rimanenza, sulla quarta ascissa, contiene 18 specie di pesci ossei, 4 di pesci cartilaginei, 2 di cefalopodi ed 1 crostaceo.

La Fig. 4 b che rappresenta i pesi complessivi è più simile al corrispondente diagramma della zona S che non la Fig. 4a con i numeri degli individui. Diffe-

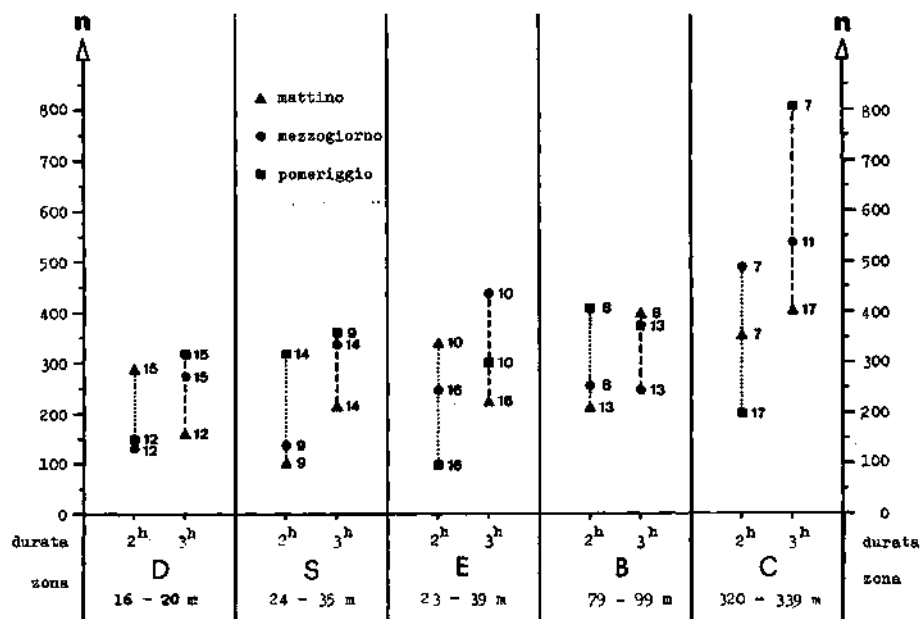


FIG. 5. Variabilità del pescato in diverse zone di pesca. Numero degli individui (n). Le specie considerate sono elencate nella Tabella 1. Le linee tratteggiate esprimono la variabilità (differenza tra valori minimi e massimi) del pescato. I numeri nel diagramma stanno ad indicare il numero progressivo dell'uscita (sempre della durata di un giorno) in cui è stata effettuata la calata.

renze nel numero degli individui esistono soprattutto nel gruppo pelagico, nelle SEPIOLIDAE (sotto l'ascissa dei bento-pelagici) e nei piccoli GOBIIDAE (bentonici, sotto l'ascissa). Le specie pelagiche sono state pescate in numeri molto più grandi nella zona S, le SEPIOLIDAE ed i piccoli GOBIIDAE invece nella zona C.

La differenza nei pesci pelagici è spiegata dalla diversa grandezza media delle specie predominanti nelle rispettive zone: nella zona S prevale *Engraulis encrasicolus* (piccolo Clupeide), nella zona C *Micromesistius poutassou* (Gadide piuttosto grande). Corrispondentemente i cefalopodi pelagici della zona C, le OMMASTREPHIDAE, erano rappresentati soltanto da pochissimi esemplari il

cui peso medio però superava notevolmente quello delle LOLIGINIDAE della zona S.

Le SEPIOLIDAE invece, nella zona S si pescano più di notte che di giorno, mentre nella zona C, secondo i dati a disposizione, la situazione sembra invertita, cioè durante la notte se ne pescerebbero meno. Non sono state trovate differenze tra calate diurne e notturne per quanto riguarda i piccoli GOBIIDAE della zona C. (Nella zona S una delle specie più frequenti è stata pescata in numeri più grandi di giorno, un'altra di notte). La frequenza maggiore dei GOBIIDAE nel pescato della zona C quindi dev'essere causata da altri fattori.

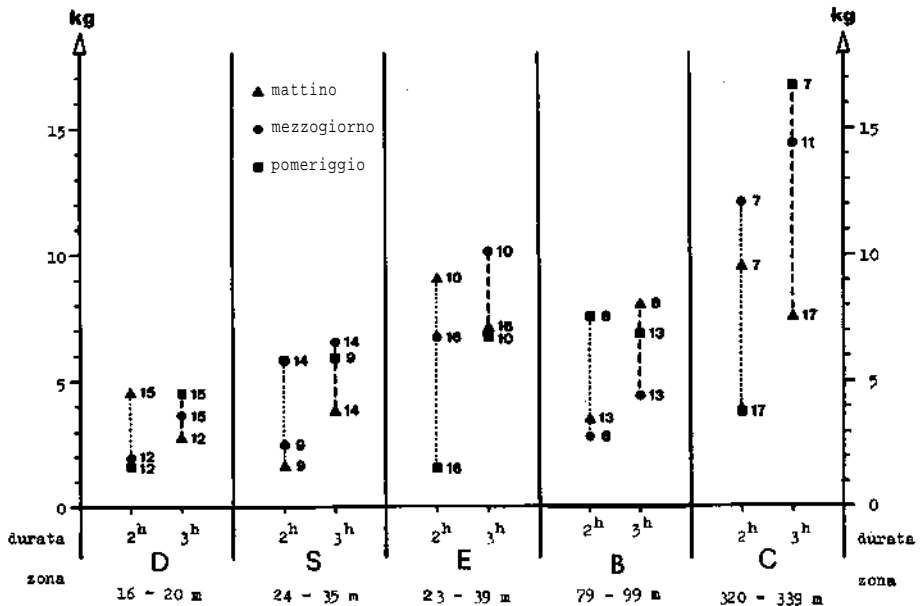


FIG. 6. Variabilità del pescato in diverse zone. Peso (kg). Valgono le stesse spiegazioni di cui alla Fig. 5.

La variabilità del gruppo pelagico nella zona C, essendo qui i numeri degli individui del gruppo così bassi, si esprime soprattutto nei pesi il cui andamento assume, nella Fig. 4 b, una configurazione grosso modo simile a quella del gruppo pelagico della zona S. Il gruppo dei pesci bento-pelagici ben corrisponde a quello della zona S, sia nel numero degli individui, sia nel peso complessivo. In tutti e due i diagrammi (Fig. 4 a, b) si nota la tendenza ad un aumento del pescato tra calate di due e di tre ore. Quest'aumento risalta ancora di più nelle SEPIOLIDAE dove il valore minimo per calate di tre ore supera persino quello massimo per calate di due ore.

Nel gruppo bentonico l'incremento è simile nel peso, ma meno cospicuo

nel numero degli individui, che soltanto nella media risulta più alto per calate di tre ore. Questo fatto è spiegabile con il grande numero di *MACRURA NATANTIA* piuttosto piccoli pescati nell'ultima calata di due ore, dove questi crostacei ammontano al 78 % degli individui del gruppo bentonico. (Nelle altre calate di due ore il loro numero raggiunge soltanto valori tra il 31 e 38 %, nelle calate di tre ore tra il 37 e 55 % e solo nella singola calata di un'ora il 77 %). Anche i piccoli *GOBIIDAE* di questa zona, nelle calate considerate, sono distribuiti abbastanza regolarmente, dimostrando un aumento del pescato con l'aumento della durata delle calate. Questo gruppo in questa zona era rappresentato quasi esclusivamente da una sola specie, mentre come specie frequenti nella zona S ne figuravano almeno due.

All'opposto della zona S, le specie della rimanenza nella zona C sono di poca importanza anche riguardo al peso complessivo. Soltanto in una calata un'esemplare di *OCTOPODIDAE* supera il peso individuale di 500 g.

Dalle precedenti analisi si può concludere che per una valutazione adeguata della variabilità bisogna tener presente i seguenti fattori:

1) la distribuzione verticale delle specie in una certa zona e specialmente rispetto alla superficie del fondo dove passa la rete a strascico (differenze tra i diversi gruppi ecologici);

2) la presenza e l'attività delle specie sul fondo o vicino ad esso nelle diverse ore del giorno (differenze tra pescate diurne e notturne);

3) le relazioni di grandezza tra gli individui di una specie e quelli dell'altra (differenze nella quantità delle specie a seconda del criterio applicato, cioè se espressa in numero degli individui o in peso complessivo).

Considerando queste condizioni e le differenze tra una zona e l'altra che ne possono risultare, possiamo procedere a una valutazione comparativa delle cinque zone incluse nella seconda parte del programma.

I diagrammi delle Figg. 5 e 6 riassumono rispettivamente i numeri degli individui ed i pesi complessivi delle specie bento-pelagiche e bentoniche più frequenti. Sono state considerate per ogni zona soltanto tre calate di due ore e tre di tre ore, cioè le calate progettate per la seconda parte del programma, escludendo dunque la prima calata di due ore della zona C (eseguita già in maggio) e due calate di 1 ora (eseguite occasionalmente una nella zona S ed una nella zona C; vedi Figg. 2-4). Quindi tutte le pescate incluse nelle Figg. 5 e 6 sono state effettuate nel periodo dal 22 giugno fino al 2 agosto 1967.

In base ai risultati delle analisi del pescato nelle zone S e C, la scelta delle specie da includere nel paragone delle cinque zone è stata ristretta a quelle rappresentate in numeri maggiori e con la maggiore regolarità. Perciò dal gruppo delle specie da considerare sono state escluse:

a) le specie pelagiche perché troppo variabili;

- b) le SEPIOLIDAE perché a bassa profondità pescate più di notte (zona S), ad alta profondità più di giorno (zona C; vedi p. 124);
- c) le specie piccole dei GOBIIDAE perché rappresentate troppo diversamente in zone diverse (vedi Figg. 2-4 e pp. 121, 124, 125);
- d) le specie piccole di MACRURA NATANTIA perché presenti soltanto nella zona C;
- e) le specie poco frequenti (rimanenze nelle Figg. 2-4).

Anche per il resto delle specie bento-pelagiche e bentoniche sono stati applicati criteri più rigorosi che non per le Figg. 2-4 e cioè:

- a) presenza della specie in almeno cinque delle sei calate considerate;
- b) 18 individui della stessa specie come numero totale minimo per tutte le sei calate;
- c) 300 g come peso complessivo minimo per le sei calate.

Le specie (o paia di specie) che soddisfano a queste condizioni e che quindi sono state considerate nelle Figg. 5 e 6, sono elencate nella Tabella 1.

La Tabella 1 rispecchia molto chiaramente il mutamento quasi totale che avviene nella fauna, se si passa dalle acque costiere a bassa profondità (zona D) fino oltre la scarpata continentale (zona C). Nessuna delle specie elencate per la zona D si trova anche nella zona C. (Le poche specie comuni trovate in tutte le zone non soddisfano ai criteri applicati per la scelta delle specie da considerare nella Tabella 1 e nelle Figg. 5 e 6).

Le Figg. 5 e 6 (come i totali della Tabella 1), sia nel numero degli individui che nel peso complessivo delle specie considerate, lasciano intravedere la tendenza ad un incremento del pescato con l'aumento della profondità. Quest'andamento viene interrotto soltanto nella zona E (davanti alla costa delle Cinque Terre) dove il peso complessivo del pescato è più alto che nella zona B a causa delle grandi quantità di *Merluccius merluccius* e *Squilla mantis*. Gli alti valori della zona C invece sono da attribuire principalmente a *Phycis blennioides*, *Eledone cirrosa*, *Merluccius merluccius* e *Lepidorhombus bosci* (vedi Tab. 1).

Nelle zone C ed E, nelle quali si raggiungono i valori più alti dei diagrammi, si ha la più grande variabilità in numero e peso e, nella zona C, anche la differenza più grande tra le calate di durata diversa. Tuttavia anche per le altre zone è possibile desumere dai diagrammi che i pesi medi per calate di tre ore superano quelli per calate di due ore.

Nei diagrammi delle Figg. 5 e 6 sono indicate le ore del giorno nelle quali le calate sono state eseguite. Non risultano però differenze regolari tra calate effettuate nel mattino, a mezzogiorno e nel pomeriggio. Si notano invece differenze tra calate di giorni diversi. Per esempio tutte le tre calate dell'uscita no. 7 (zona C), nel diagramma del peso, raggiungono un livello più alto che

TAB. 1. Distribuzione delle specie bento-pelagiche e bentoniche considerate nelle Figg. 5 e 6. Una specie (o paio di specie congeneri) è segnalata soltanto nelle zone dove essa era rappresentata in almeno 5 delle 6 calate prese in esame. (Contrassegnati da asterisco i casi in cui la specie era presente nel pescato soltanto in 5 calate). Inoltre sono state inserite nella tabella solamente le specie la cui quantità totale, per le sei calate, superava il numero totale minimo di 18 esemplari ed il peso complessivo minimo di 300 g.

Zona	D 16-20 m		S 24-35 m		E 23-39 m		B 79-99 m		C 320-339 m	
	numero	peso	numero	peso	numero	peso	numero	peso	numero	peso
<i>Trigla lucerna</i>	129	6.260 g								
<i>Buglossidium luteum</i>	62	400 g								
<i>Raja asterias</i>	24*	1.685 g								
<i>Pagellus erythrinus</i>	28	770 g	29*	1.340 g						
<i>Mullus barbatus + surmuletus</i>	264	707 g	77	1.677 g	34	911 g				
<i>Maena chrysetis</i>	215	3.430 g	451	8.530 g	146	3.162 g	308	7.390 g		
<i>Gobius niger</i>	183	2.070 g	265	3.715 g	191	2.542 g	69	1.168 g		
<i>Arnoglossus laterna</i>	358	2.840 g	351	2.365 g	187	1.230 g	391	1.005 g		
<i>Squilla mantis</i>	58	905 g	259	6.015 g	469	12.150 g	81	1.190 g		
<i>Eledone moschata + cirrosa</i>			38	2.630 g	22*	1.520 g	523	6.310 g	104	10.605 g
<i>Merluccius merluccius</i>					171	13.170 g	345	9.390 g	80	9.210 g
OCTOPODIDAE (1-2 sp.)					41*	2.265 g			80	4.130 g
<i>Diplodus annularis</i>					93	3.730 g				
<i>Citharus linguatula</i>					111	565 g				
<i>Boops boops</i>							52	2.975 g		
<i>Trachinus draco</i>							31	2.390 g		
<i>Cepola rubescens</i>							89	1.310 g		
<i>Phycis blennioides</i>									1.570	24.935 g
<i>Gadiculus argenteus</i>									106	585 g
<i>Gaidropsarus biscayensis</i>									173	1.115 g
<i>Capros aper</i>									60	905 g
<i>Lepidorhombus bosci</i>									287	7.580 g
<i>Symphurus nigrescens</i>									66	315 g
MACRURA NATANTIA (1 sp.)									145	2.860 g
<i>Nephrops norvegicus</i>									120	1.780 g
Totale	1.321	19.067 g	1.470	26.272 g	1.645	41.245 g	1.889	33.128 g	2.791	64.020 g

non quelle dell'uscita 17 e tutte le calate dell'uscita 15 (zona D), sia nel peso che nel numero, superano quelle dell'uscita 12. Relazioni simili sono riconoscibili nelle altre tre zone.

Tutte le calate incluse nelle Figg. 5 e 6 sono state effettuate oltre due ore rispettivamente dopo il sorgere e prima del tramonto del sole. Quindi non sono state incluse condizioni estremamente diverse rispetto all'ora del giorno e dai risultati si può supporre che l'ora del giorno per queste indagini sia stata di secondaria importanza.

Nel frattempo, nell'intento di esaminare l'influenza dell'ora del giorno in

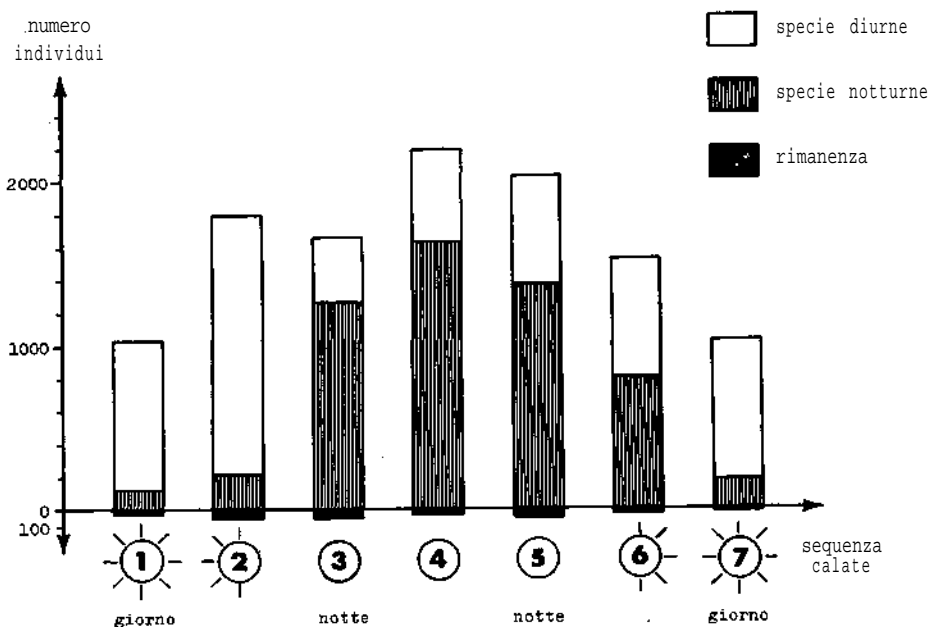


FIG. 7. Influenza dell'ora del giorno sul pescato. Zona S (23-30 m), 24-25 ottobre 1967.

tutte le 24 ore di una giornata, abbiamo esteso le indagini sulla variabilità del pescato anche alla notte. Per questo scopo, nella zona S, sono state compiute quattro uscite che coprivano ciascuna tutte le ore del giorno da un mezzogiorno fino a quello seguente. Durante ogni uscita venivano eseguite sette calate della durata di tre ore.

Il risultato della prima uscita effettuata dal 24 al 25 ottobre 1967, è riportato nella Fig. 7. Qui le specie più frequenti sono state divise in due gruppi: quelle che si pescavano maggiormente di giorno e le altre che nel pescato erano rappresentate prevalentemente di notte. Specie di giorno in questo senso, tra le più significative, sono le LOLIGINIDAE, *Trachurus mediterraneus*, *Engraulis encrasicolus*, *Mullus barbatus*, *Pagellus erythrinus*, *Maena chryselis*, specie

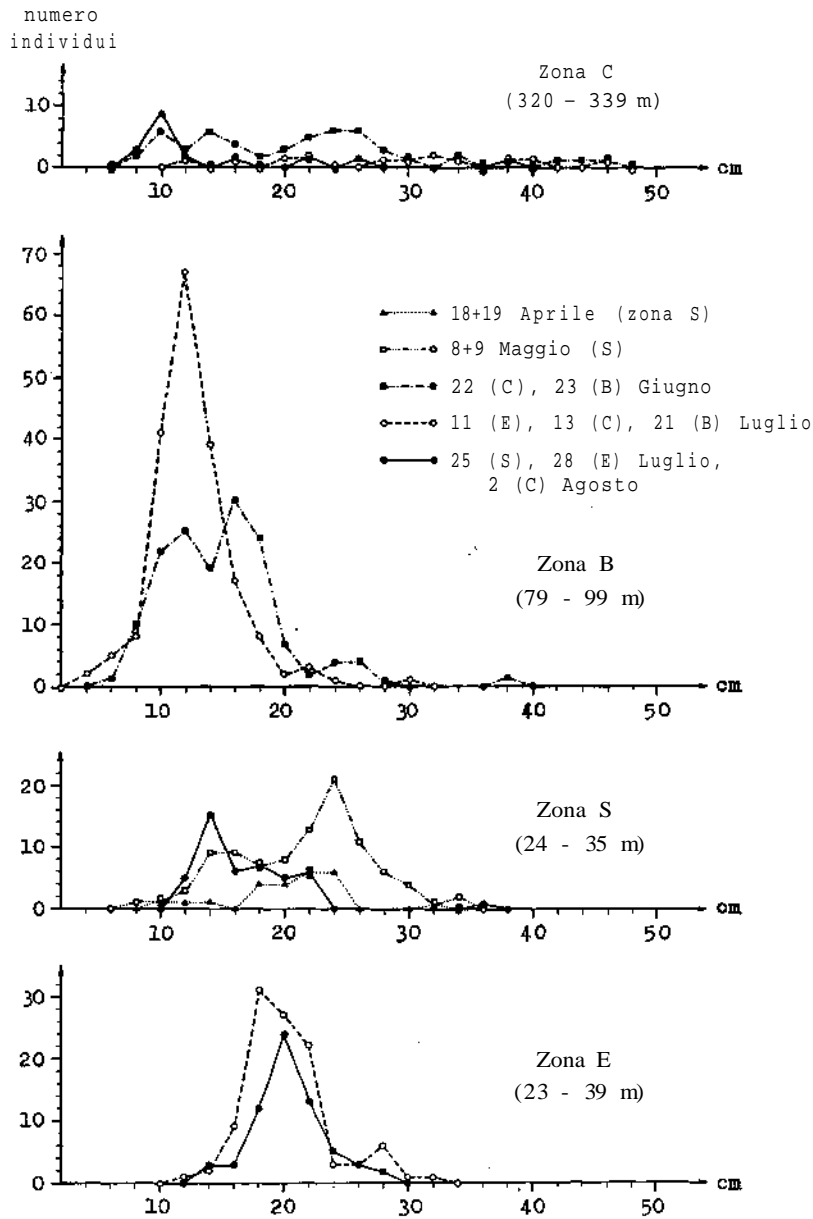


FIG. 8. Frequenza delle varie classi di lunghezza di *Merluccius merluccius* in diverse zone di pesca. Primavera ed estate 1967. Le misure della lunghezza sono state approssimate per difetto, cioè nella misura di 10 cm sono comprese tutte le lunghezze tra 10,0 e 11,9 cm.

che sono state classificate precedentemente come pelagiche e bento-pelagiche. Il gruppo notturno al quale appartengono soprattutto specie bentoniche, è costituito principalmente da *Ophidion rochei*, *Conger conger*, *Gobius niger*, *Buglossidium luteum*, *Arnoglossus laterna*, *Squilla mantis*, *Sepia officinalis*, *Eledone moschata* e le SEPIOLIDAE. Questa divisione è stata fatta considerando tutte le quattro serie di calate, cioè anche quella effettuata nel novembre 1967 come replica della prima e le altre due nel giugno e luglio 1968.

Risulta evidente dalla Fig. 7 che, nella composizione del pescato, tra le calate diurne e notturne esistono differenze rilevanti. Queste differenze devono

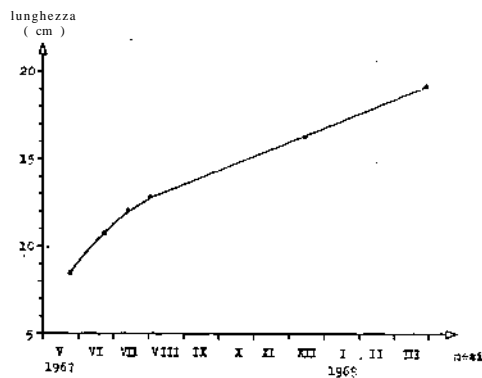


FIG. 9. Crescita della prima classe d'età (O/I) di *Phycis blennioides* nella zona C (302-351 m).

essere tenute presenti, quando si traggono conclusioni dai dati della pesca sulla quantità di pesce presente nella zona. Ogni specie dev'essere valutata in base alle ore del giorno in cui essa normalmente è meglio rappresentata nel pescato.

Durante la notte (Fig. 7) si notano i valori massimi non solo per le specie notturne, ma anche per il totale del pescato, cioè le specie notturne in questo caso sono predominanti. Questa però non è una caratteristica generale, perché in condizioni diverse possono predominare anche le specie diurne, spostando così i valori massimi del totale verso le ore del giorno.

ALTRI RISULTATI

Come esempio dei dati sulla distribuzione delle specie, raccolti durante le nostre uscite di pesca, nella Fig. 8 sono rappresentati quelli di *Merluccius merluccius* per l'estate 1967. Essi si riferiscono alle cinque stesse zone considerate nelle indagini sulla variabilità diurna del pescato e comprendono tutte le calate della prima e seconda parte del relativo programma. Come si può notare, sono stati pescati esemplari di tutte le grandezze (fino alla lunghezza massima

di 46 cm) soltanto nella zona C a 320-339 m. La massa dei più giovani si trovava nella zona B a 79-99 m, mentre gli esemplari medi erano concentrati nelle zone meno profonde e principalmente davanti alla costa delle Cinque Terre (zona E, 23-39 m). Nelle pescate eseguite vicino alla foce del fiume Magra (zona D, 16-20 m) non è stato rinvenuto *Merluccius merluccius*.

Nel caso di un altro Gadide, *Phycis blennioides*, abbiamo potuto calcolare la crescita degli esemplari giovanili presenti nella zona C. La curva del diagramma in Fig. 9 unisce le lunghezze medie della prima classe d'età registrate nel corso di quasi un anno. Sembra quindi che la specie dal 23 maggio 1967 fino al 28 marzo 1968 sia cresciuta di una lunghezza pari a 10,7 cm, passando così da una lunghezza media di 8,5 cm ad una di 19,2 cm. Un'esposizione più dettagliata di questi ed altri dati simili verrà pubblicata successivamente.

RINGRAZIAMENTI

L'identificazione dei pesci è stata eseguita in collaborazione con il Professor E. TORTONESE, Direttore del Museo Civico di Storia Naturale di Genova, e la Dott.ssa LUISELLA CASANOVA-QUEIROLO che hanno esaminato (TORTONESE e CASANOVA-QUEIROLO, 1970) un grande numero di esemplari del materiale da noi pescato. Colgo l'occasione per tributare al Professor TORTONESE ed alla sua collaboratrice il mio doveroso riconoscimento. Esprimo la mia particolare gratitudine al mio assistente, il Signor ALDO SECONDINI, per la sua fattiva e solerte partecipazione ai lavori del Reparto Pesca del Laboratorio. La correzione linguistica del testo è stata gentilmente curata dal Dott. PIER LORENZO DE' MEDICI.

BIBLIOGRAFIA

- TORTONESE, E., 1963: Elenco riveduto dei Leptocardi, Ciclostomi, Pesci cartilaginei e ossei del Mare Mediterraneo. Ann. Mus. St. Nat. Genova 74, 156-185.
- TORTONESE, E. e L. CASANOVA-QUEIROLO, 1970: Contributo allo studio dell'ittiofauna del Mar Ligure orientale. Ibidem 78, 21-46.

Dr. M. BILIO, Istituto di Biologia del Mare, Riva Sette Martiri 1364/A, Venezia, Italia.

Il battello « Colapesce » attrezzato per l'idrologia e per la pesca sperimentale

di

ARTURO BOLOGNARI

(Dall'Istituto di Zoologia dell'Università di Messina)

Summary. With « Colapesce » research vessel of Zoological Institute (Messina University) it has been possible, in spite of its small size to carry out a set of coastal Oceanographic investigations. The vessel is particularly suitable for plankton sampling, hydrology, fishery investigations, and C^{14} *in situ* technique for primary production.

Riassunto. Con il battello oceanografico « Colapesce », dell'Istituto di Zoologia della Università di Messina, è stato possibile, malgrado le sue ridotte dimensioni, condurre una serie di studi oceanografici in aree costiere. In particolare esso è stato utilizzato per campionamenti di plancton, pesca, idrografia e stima della produttività primaria *in situ* con il C^{14} .

Questo Istituto possiede dal gennaio del 1967 un battello oceanografico denominato « Colapesce ». Malgrado le sue limitate dimensioni (lunghezza fuori tutto m 13, larghezza m 3,80, tonnellaggio 16,87) dispone della attrezzatura più attuale specialmente per l'idrologia e la pesca sperimentale. In particolare è dotato di quanto segue: 1) Ecoscandaglio registratore Simrad con basdic a linea bianca; 2) Apparato televisivo subacqueo Philips, la cui telecamera può raggiungere una profondità di 150 m; 3) Apparato per l'O₂ disciolto secondo GRASHOFF con apposita sonda; 4) Salinometro ad induzione mod. RS5 della ditta Beckman; 5) Luximetro della ditta Thalassia per la valutazione immediata della luce sia diretta che diffusa; 6) Correntometro tipo Ekman-Mertz; 7) Serie di bottiglie a capovolgimento tipo Nansen con relativi termometri; 8) Serie di bottiglie Van Dorn. A bordo si trovano pure un pHmetro con possibilità di rilevare anche il potenziale redox, un clorimetro, nonché vari altri strumenti per misurare i dati meteorologici. Le ricerche che vengono espletate sono sostanzialmente le seguenti: 1) Idrologiche; 2) Planctonologiche (zoo-fitoplancton, sia in superficie che a varie profondità con retini a chiusura mediante messaggero); 3) Sulla natura del fondo mediante rilievi all'ecoscandaglio, osservazione con la televisione subacquea, e prelievi effettuati mediante attrezzi vari; 4) Sulla produttività primaria del mare mediante C^{14} ; 5) Microbiologiche; 6) Sulla pescosità in genere. Per la produttività l'Istituto dispone di un contatore a flusso Geiger-Müller. Le pescate vengono specialmente eseguite mediante tramaglio e palangrese, attrezzi che vengono calati e salpati dal battello. Per il tramaglio

è stato installato a prua un apposito verricello, che consente di tirare la rete anche da ragguardevoli profondità (fino a 160 m). I risultati delle indagini, compiute grazie ai contributi del CNR - Programma risorse marine e del fondo marino, sono oggetto nel loro insieme di relazioni annuali, nonché a seconda del tipo, di pubblicazioni specialistiche.

Prof. A. BOLOGNARI, Istituto di Zoologia dell'Università, Messina, Italia.

Ispezione diretta del fondo marino per le indagini sulle biocenosi

di

ARTURO BOLOGNARI e GUGLIELMO CAVALLARO

(Dall'Istituto di Zoologia dell'Università di Messina)

1 Figura

Summary. The Authors refer about a new televisional technique for the direct examination of sea floor: once controlled the homogeneity of a substratum around a fixed ship's position, they take some samples for quantitative analysis.

Riassunto. Gli Autori rendono nota una nuova tecnica di indagine televisiva per l'esame diretto del fondo marino: accertata l'omogeneità del substrato intorno ad un punto nave fissato, essi prelevano dei campioni da impiegarsi generalmente per analisi quantitative.

I metodi per le indagini sul fondo marino possono, secondo PÉRÈS e PICARD (1964), essere i seguenti: 1) tecnica viva con la possibilità di prelievo diretto; 2) tecnica viva senza la possibilità di prelievo diretto; 3) tecnica di prelievo non guidato dalla visione. Tali Autori propongono per la visione diretta: *a*) le comuni maschere subacquee per profondità limitate (piani mediolitorale e infralitorale); *b*) scafandri autonomi per immersione fino a 50 m (piano circalitorale).

Quando le indagini per lo studio del fondo devono raggiungere profondità superiori, l'unico mezzo possibile è dato dal prelievo mediante draghe, mezzo, tuttavia, sfavorito dall'impossibilità di una osservazione diretta. Allo stato attuale, però, ricorrendo alla televisione subacquea viene offerto di superare quel limite di osservazione che l'uomo con altri mezzi non può conseguire.

Già nel 1958 COUSTEAU aveva fatto rilevare l'importanza che la televisione avrebbe potuto avere e come mezzo d'indagine diretta per le ricerche marine sul fondo e come organo pilota per gli attrezzi di cattura e di misura. L'Autore esprimeva qualche riserva in ragione dell'ingombro, della pesantezza e di varie altre complicazioni inerenti alla lunghezza del cavo elettrico e del cavo coassiale. Peraltro anche HOLME (1964) aveva ammesso che la televisione subacquea può essere di largo impiego per i sicuri contributi che essa dà alla conoscenza della natura del fondo.

Talune difficoltà prospettate da COUSTEAU sono state ovviate a bordo del battello « Colapesce-» dell'Istituto di Zoologia dell'Università di Messina, dove, siccome già reso noto da BOLOGNARI (1968), è stato realizzato un apparato televisivo, che consente una osservazione prolungata del fondo fino a 150 metri. Detto

apparato si è già rivelato e continua a rivelarsi molto utile per una visione generale del fondo, sicché dalla natura di questo si possono ricavare indirizzi attendibili sulla possibilità di cattura di specie bentoniche mediante sistemi

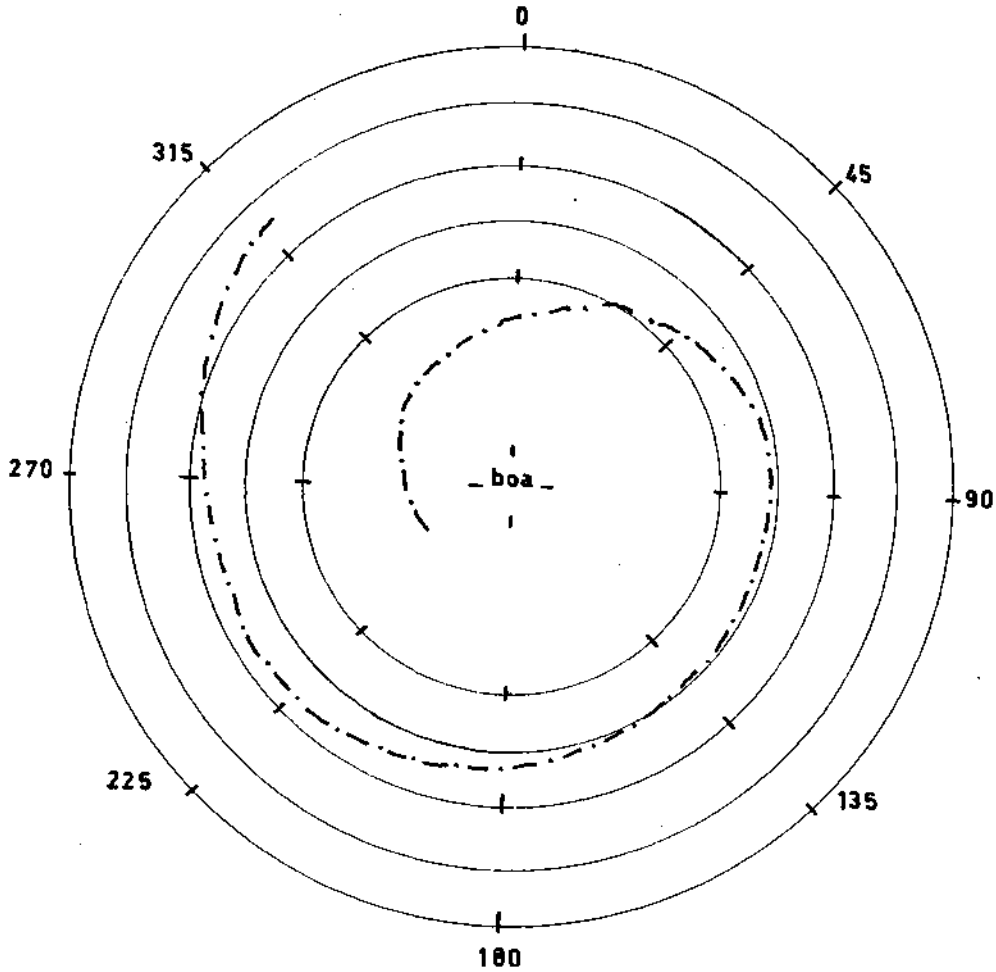


FIG. 1.

vari di pesca. Un ulteriore impiego lo stesso apparato ha trovato ai fini del prelevamento dei campioni dal fondo soprattutto per lo studio delle biocenosi.

Viene pertanto ad essere ovviato l'inconveniente, già segnalato da ROMA-NOVSKY (1966) per le medie profondità marine (80-100 m), in cui il fondo è essenzialmente eterogeneo e quindi tale da fornire materiale non ben precisabile circa la sua origine. È invece di interesse che il materiale sia ben precisato

circa la sua provenienza. Pertanto a bordo del battello « Colapesce » si opera secondo le seguenti direttive (Fig. 1):

1) Si fissa un punto di stazione su una ben precisata isobata, data dall'ecosonda; in esso viene ancorato una apposita boa.

2) Col battello in lento movimento si percorre all'intorno una sorta di spirale da un limite più esterno (distante di norma circa 80 m) fino ad uno molto prossimo alla boa; durante il percorso con la telecamera si rileva la natura del fondo e con l'ecosonda via via le varie profondità.

3) Accertata l'omogeneità dell'area considerata, si passa al prelevamento dei campioni, per le successive analisi quantitative, mediante appositi attrezzi.

Le ricerche finora espletate, seguendo tale criterio, hanno dato risultati di non poca significatività. Ci si ripromette quindi di indagare regolarmente ed estensivamente i mari che bagnano la Sicilia orientale e la Calabria meridionale. Le suddette ricerche vengono espletate con i contributi del CNR - Programma risorse marine e del fondo marino.

BIBLIOGRAFIA

- PÉRÈS, J. M. et J. PICARD, 1964: Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. Travaux Station Marine d'Endoume, 31, 47.
ROMANOVSKY, V., 1966: Physique de l'Océan. Le rayon de la Science.
COUSTEAU, J. Y., 1958: De quelques techniques secondaires en Oceanographie ; Comunicazione ai « Colloques Internationaux CNRS », 5-12 maggio 1958.
HOLME, N. A., 1964: Methods of sampling the Benthos. Advance in Mar. Biol., 2, 171-260.
BOLOGNARI, A., 1968: Lo studio del fondo marino mediante televisione a circuito chiuso. Boll. Zool., 35.

Prof. A. BOLOGNARI, Istituto di Zoologia dell'Università, Messina, Italia.
Dott. G. CAVALLARO, Istituto di Zoologia dell'Università, Messina, Italia.

Sviluppo dell'apparato vascolare coloniale in *Botryllus schlosseri* (PALLAS)*

di

RICCARDO BRUNETTI e PAOLO BURIGHEL

(Dall'Istituto di Biologia Animale dell'Università di Padova)

8 Figure

Summary. The development of the colonial vascular system in *Botryllus schlosseri* has been studied starting from its very origin in the metamorphosing larva.

The main features observed are the following:

1. At the metamorphosis the eight primitive ampullae, already formed inside the larva, evaginate and outgrowth radially on the substrate. Their peduncles fuse to form the arch-shaped marginal vessel, which is located around the oozoid and remains connected with it by means of a single peduncle.

2. Each bud of the different blastogenic generations will be connected with the marginal vessel by means of a newly formed radial vessel, and also by means of the parental zooid, to which the bud is connected via epidermic peduncle.

3. At each change of generation the adults are totally reabsorbed, but their peduncles persist and fuse to form a branched vascular interzooidic tree.

4. When the third generation of zooids has reached the functional maturity, the radially located zooids are connected to the peripheral marginal vessel (now perfectly closed as a ring) by means of their radials. They also are interconnected centrally by means of the interzooidic circulatory tree. The radial vessels of the previous generations generally obliterate and disappear; only occasionally they persist.

5. When in the colony two or more systems are formed, the interzooidic circulatory tree changes its shape in order to form the interzooidic trees of the new systems. The very long radial vessels of the central zooids may fuse in various ways, so that new vessels may arise, which look as intersystemic branch of the marginal vessel. They are able to produce new ampullae in the same way as the marginal vessel.

Riassunto. Lo sviluppo del sistema vascolare coloniale in *Botryllus schlosseri* è stato studiato fin dal suo primo abbozzo nella larva in metamorfosi. I principali aspetti osservati sono i seguenti:

1. Alla metamorfosi le otto primitive ampolle, già precedentemente formate nella larva, si estroflettono a raggiera sul substrato. I loro peduncoli si fondono a formare un vaso marginale disposto ad arco intorno all'oozoide al quale rimane connesso mediante un unico peduncolo.

2. Ciascuna gemma delle differenti generazioni blastogenetiche si connette con il vaso marginale, sia tramite un vaso radiale di nuova formazione, sia tramite il genitore al quale è unita mediante il proprio peduncolo epidermico.

3. Ad ogni cambio di generazione gli adulti vengono completamente riassorbiti, ma i loro peduncoli persistono e si fondono originando i rami dell'albero circolatorio interzooidico.

4. Allorché la terza generazione raggiunge la maturità funzionale, gli zooidi disposti radialmente sono connessi al vaso marginale (ora perfettamente chiuso ad anello) per mezzo dei loro radiali. Inoltre essi sono tra loro connessi centralmente per mezzo

* Ricerca eseguita con un contributo del CNR.

dell'albero circolatorio interzooidico. I vasi radiali delle generazioni precedenti si obliterano e scompaiono; talvolta possono però persistere.

5. Quando nella colonia si costituiscono due o più sistemi, l'albero circolatorio interzooidico si modifica per formare gli alberi interzooidici dei nuovi sistemi. I vasi radiali molto lunghi degli zooidi centrali possono fondersi variamente tra loro, in modo da originare nuovi vasi che appaiono come rami intersistemici del vaso marginale. Questi possono produrre nuove ampolle così come si verifica normalmente nel vaso marginale.

INTRODUZIONE

Nella colonia dell'ascidia *Botryllus schlosseri* gli zooidi, ordinati in sistemi di forma stellare, sono fra loro connessi da una complessa rete di vasi che scorrono nella tunica e che terminano perifericamente in numerose ampolle.

L'origine e l'organizzazione di questa rete vascolare sono state studiate da PIZON (1891, 1893). La descrizione di PIZON riportata in noti trattati di zoologia (DELAGE e HEROUARD, 1898; BRIEN, 1948 in GRASSE; etc), per alcuni aspetti è lacunosa ed inesatta.

MATERIALI E METODI

Per le nostre ricerche ci siamo serviti di materiale di laboratorio, allevato secondo la tecnica messa a punto da SABBADIN (1955, 1960).

La formazione dell'apparato vascolare è stata studiata in vivo, a partire dal suo primo abbozzo nella larva matura appena schiusa, attraverso la metamorfosi e le prime generazioni blastogenetiche, fino al costituirsi di giovani colonie con blastozooidi ordinati in sistemi.

A partire dall'inizio della metamorfosi le larve venivano fatte aderire a vetrini sospesi in capsule Petri. Si sono così potuti seguire al microscopio da dissezione i vari momenti dello sviluppo della colonia, in osservazioni condotte almeno una volta al giorno, completate da disegni e fotografie.

RISULTATI

Primo sviluppo dell'apparato vascolare coloniale

Nella larva appena schiusa sono presenti in posizione anteriore otto caratteristiche ampolle (Fig. 1), con le quali essa si fissa definitivamente al substrato (Tav. I, 1), dopo essersi attaccata mediante tre papille adesive. Le ampolle si diramano da una vasta lacuna sanguigna che occupa la porzione ventrale della branchia. Dopo la metamorfosi le ampolle si allontanano a raggiera sul substrato immerse nella tunica, rimanendo però connesse, tramite sottili peduncoli, alla parte anteriore della lacuna (Tav. I, 2). Nel giro di alcune ore (12-24 h), i peduncoli si saldano e si anastomizzano in modo tale che le otto ampolle ven-

gono a trovarsi inserite su di un unico vaso disposto ad arco attorno all'oozooide e connesso ad esso tramite un unico peduncolo (Tav. I, 3) (Fig. 2). Questo arco è destinato a chiudersi in seguito ad anello attorno alla giovane colonia, formando il *vaso marginale* della tunica presente anche nelle colonie adulte.

L'oozooide porta sul lato destro una gemma connessa al genitore da un peduncolo epidermico percorso dal sangue. Ad uno stadio definito di sviluppo, l'epidermide ventrale della gemma si estroflette a canale in direzione del *vaso marginale*, che inizia analoga estroflessione in direzione opposta (Tav. I, 4). Presto i due canali si fondono in un vaso singolo (Tav. I, 5) (Fig. 3). Definiamo questo vaso *vaso radiale* in relazione alla posizione che nella colonia occuperanno gli omologhi delle gemme di generazione successiva. In tal modo la gemma viene ad essere connessa con il periferico *vaso marginale*, direttamente tramite il *vaso radiale*, e indirettamente tramite il genitore.

La gemma dell'oozooide (prima generazione blastogenetica) produce intanto la seconda generazione, normalmente rappresentata da due gemme, una per lato. Si abbozza in questo modo la colonia tipo, costituita da una generazione adulta e da due generazioni di gemme (Tav. I, 4-5) (Fig. 3). Ora l'oozooide, giunto al termine del suo ciclo vitale, regredisce e i prodotti del suo disfaccimento vengono completamente assorbiti dalle gemme. Nello stesso tempo la gemma di prima generazione passa allo stadio adulto, sostituendosi come blastozooide all'oozooide e le gemme di seconda generazione gemmano la terza generazione. Questo processo si ripeterà ciclicamente per tutta la vita della colonia. L'oozooide si riduce ad una vescicola connessa da un lato con il suo *vaso radiale* e, dall'altro, con il peduncolo del blastozooide figlio (Tav. I, 6). Nel frattempo le gemme di seconda generazione si connettono a loro volta al *vaso marginale* mediante il loro *vaso radiale* che, in questa e nelle successive generazioni, si forma con modalità analoghe a quanto visto per la prima gemma.

A questo punto quindi il blastozooide di prima generazione risulta collegato con il *vaso marginale* mediante quattro vie (Tav. I, 7): anteriormente mediante il proprio *vaso radiale*, posteriormente mediante il vaso originatosi dalla continuazione del suo peduncolo con il *vaso radiale* dell'oozooide scomparso e lateralmente, in via indiretta, tramite i *vasi radiali* delle gemme.

Alla regressione del blastozooide di prima generazione i suoi resti vengono a trovarsi al centro di quattro vasi (Tav. I, 8): il proprio *vaso radiale*, i due peduncoli delle gemme ed il proprio peduncolo.

Nel frattempo anche le gemme di terza generazione si connettono al *vaso marginale* tramite i rispettivi *vasi radiali*.

Al momento della regressione degli zooidi di seconda generazione, i blastozoidi di terza generazione, normalmente in numero di quattro, si dispongono a croce, con i sifoni atriali confluenti in una cloaca comune, costituendo il primo *sistema* della colonia (Tav. I, 9). I quattro zooidi risultano connessi periferica-

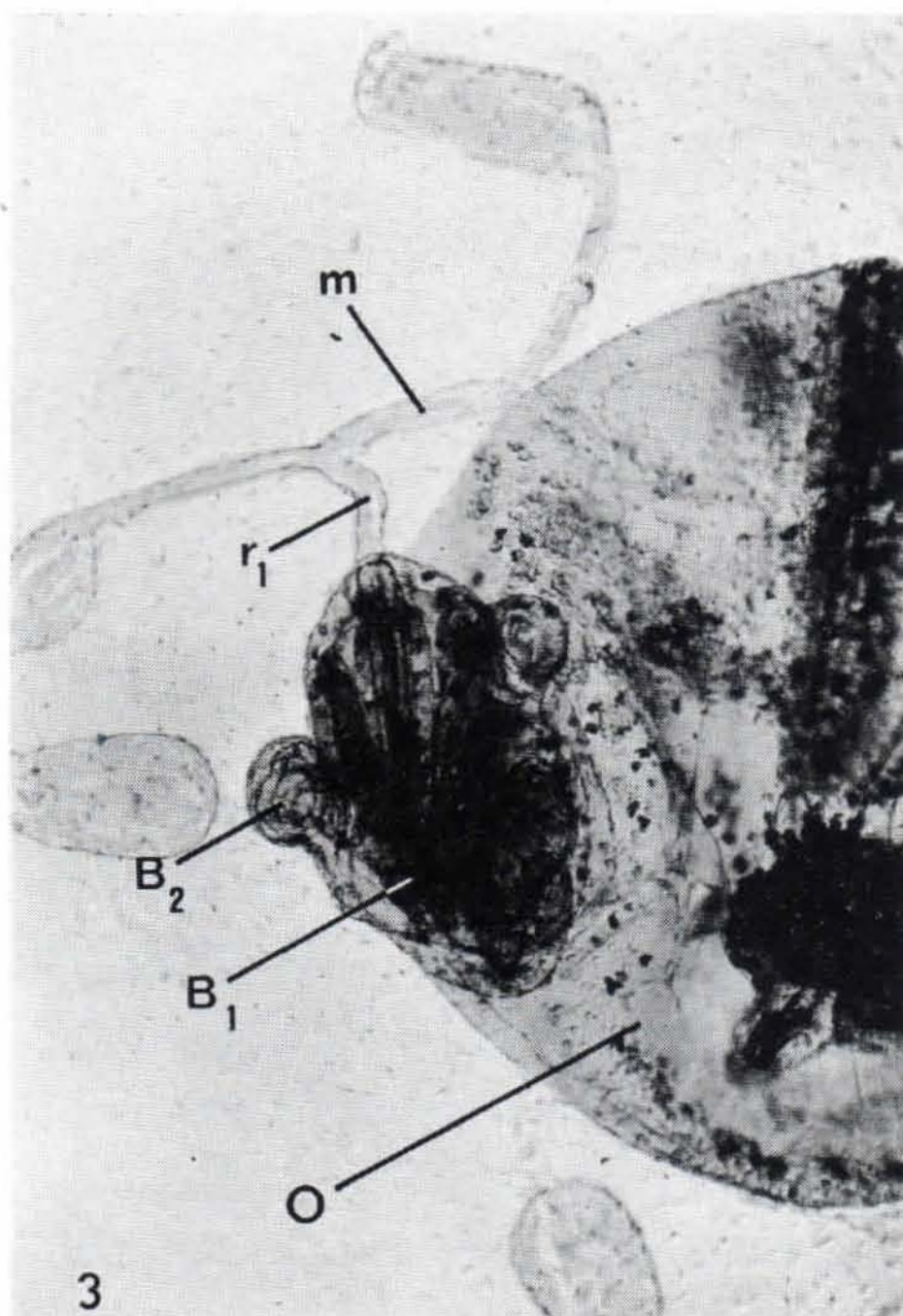
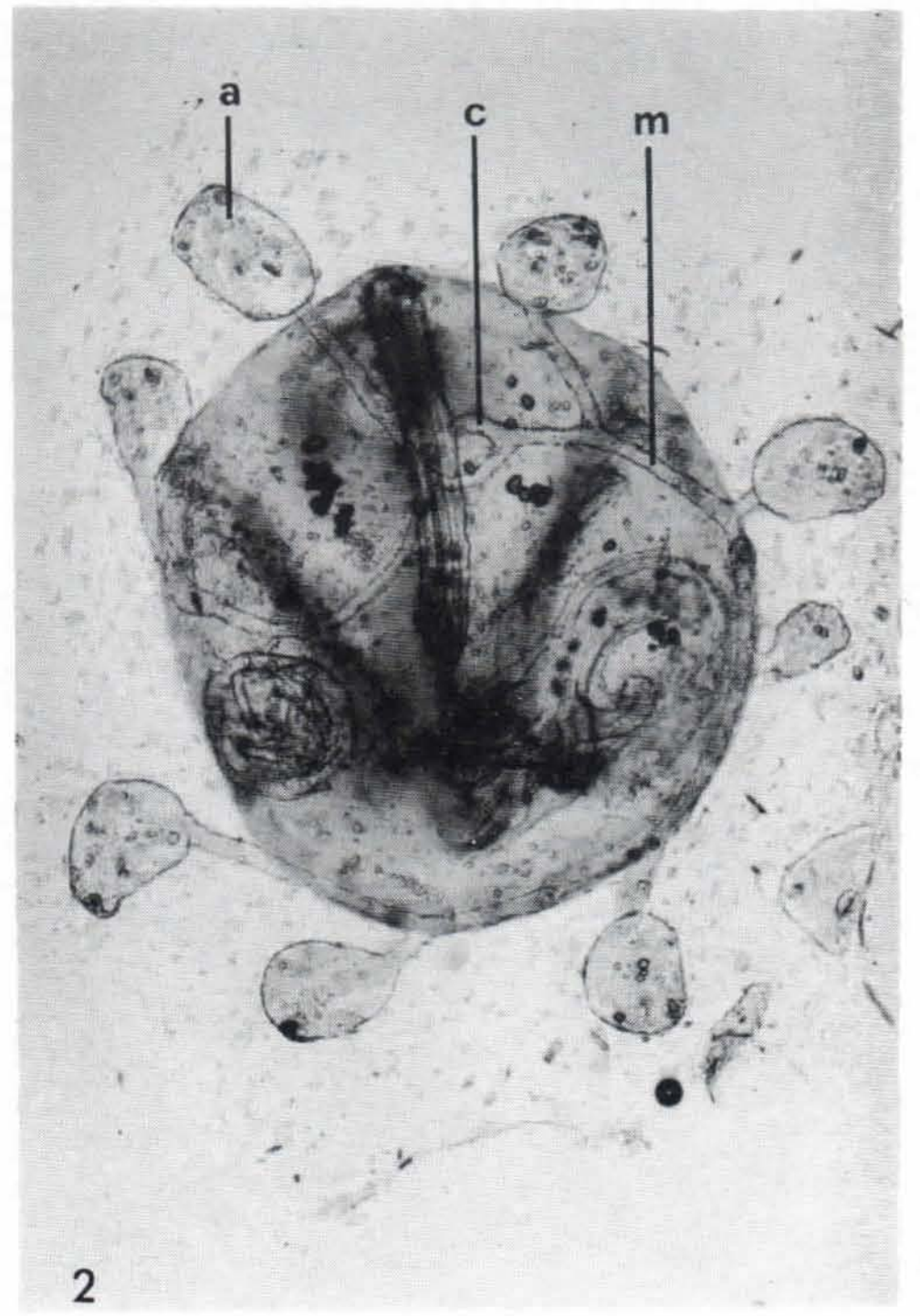
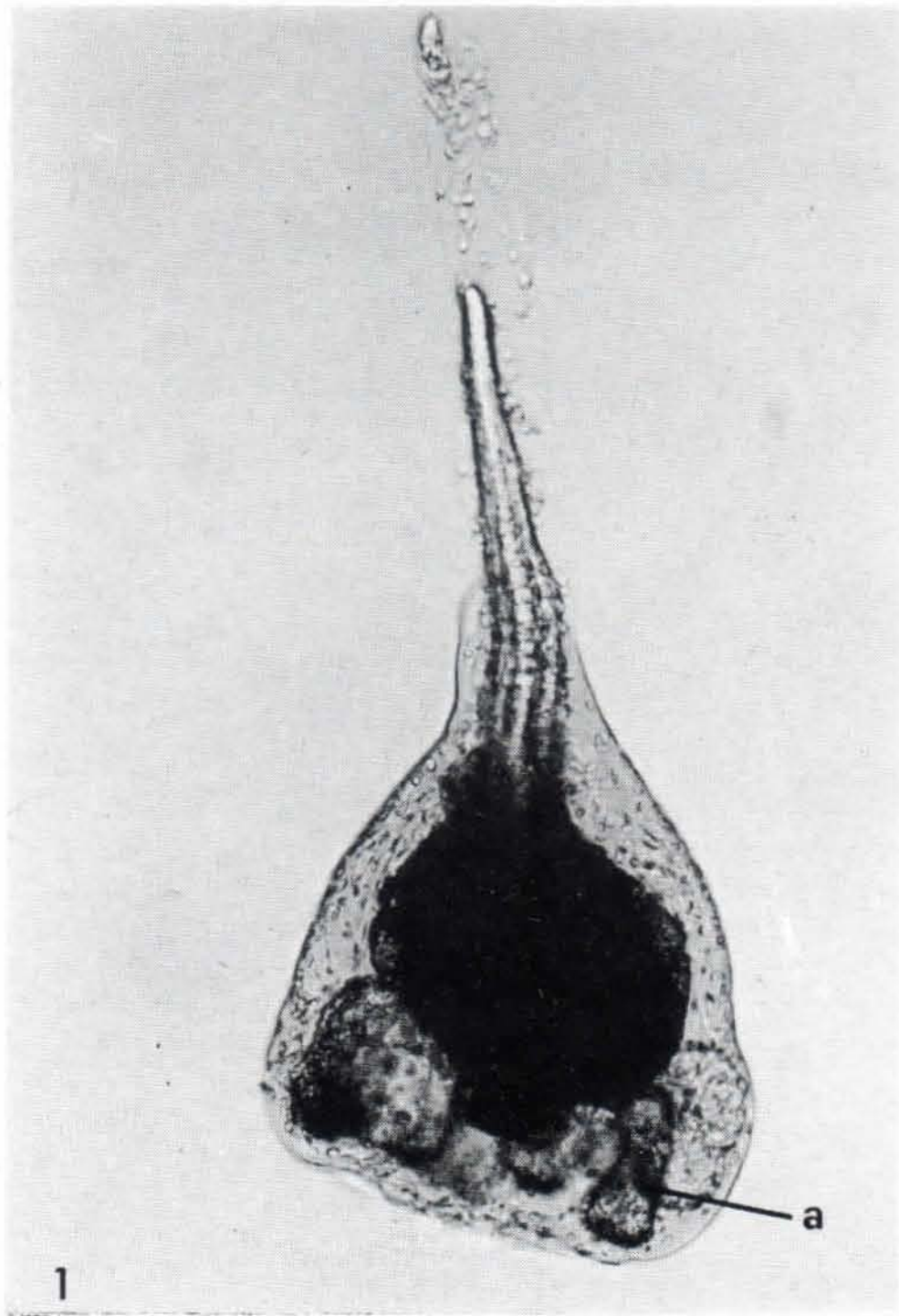


FIG. 1. Larva di *Botryllus schlosseri* in metamorfosi. Si evidenziano le prime otto ampolle (a).
 FIG. 2 e 3. Oozooide con gemma di prima generazione. a = ampolle; B₁ = gemma di prima generazione;
 B₂ = gemma di seconda generazione; c = connessione del vaso marginale con l'oozooide;
 m = vaso marginale; O = oozooide; r₁ = radiale della gemma di prima generazione.

mente al *vaso marginale* tramite i rispettivi *vasi radiali* e internamente tra di loro tramite i peduncoli ed i residui dei genitori.

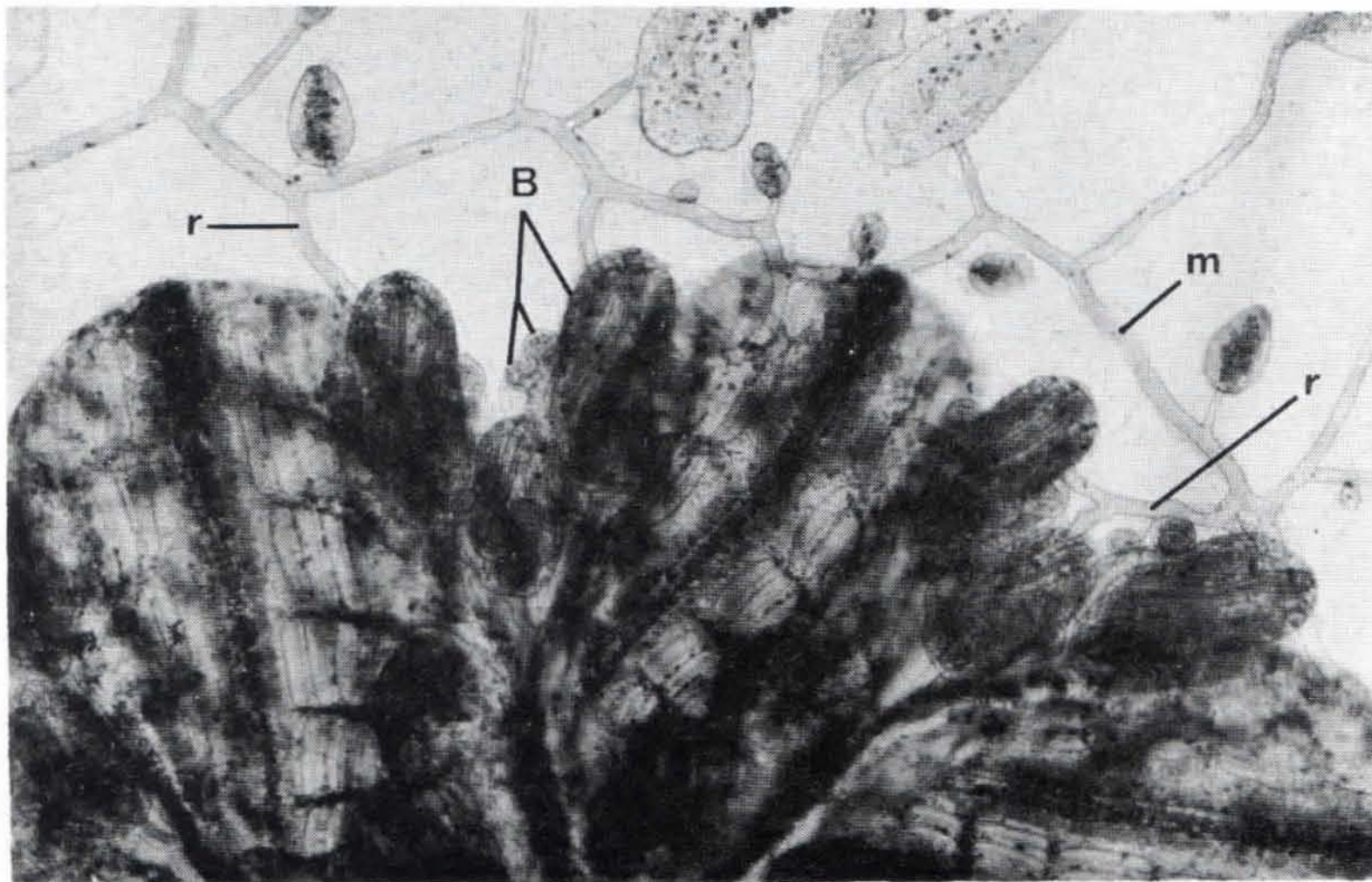


FIG. 4. Particolare di una colonia. B = gemme; m = vaso marginale; r = radiali.

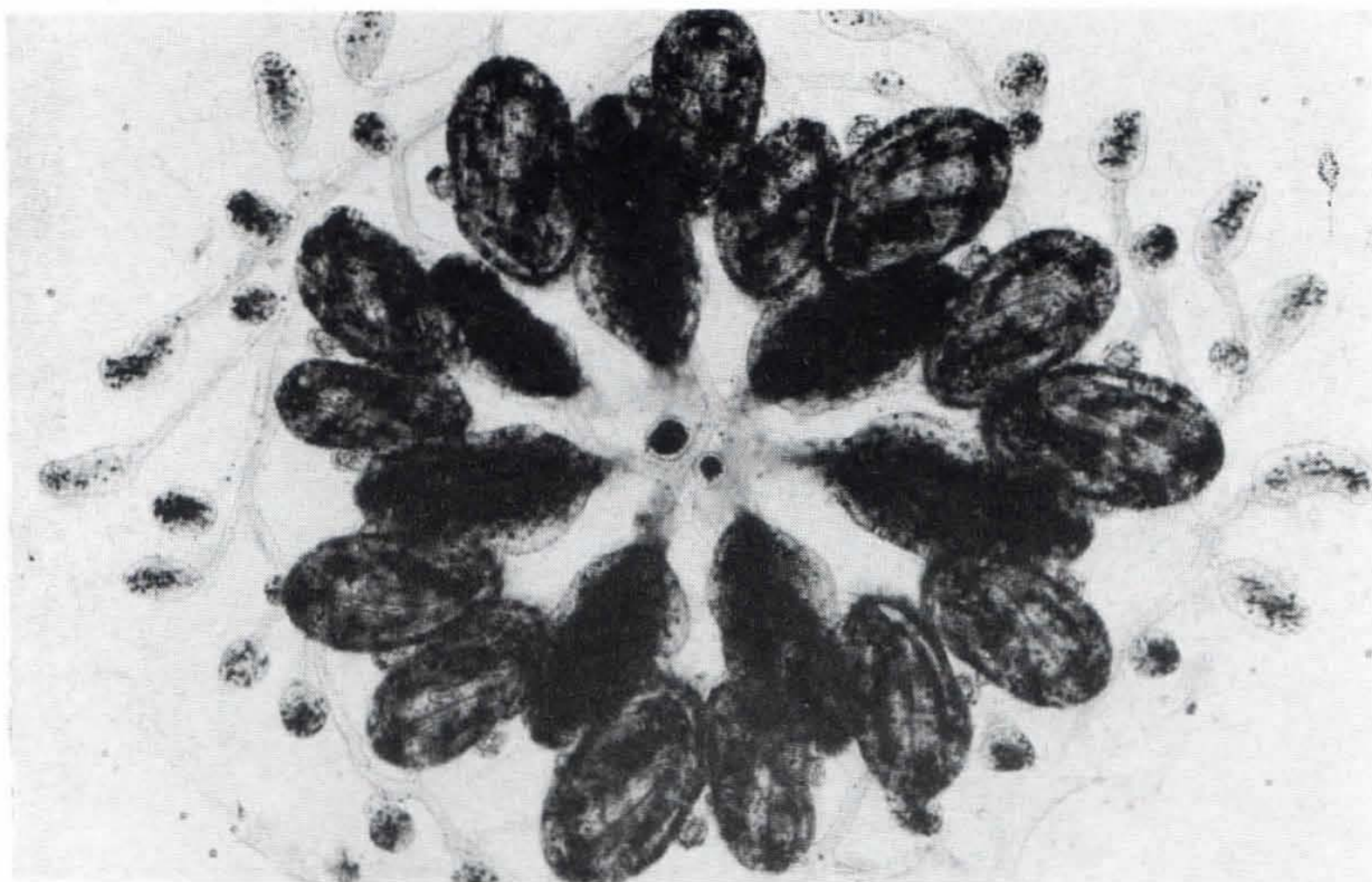


FIG. 5. Giovane colonia in cambio di generazione, nella quale si osserva l'albero circolatorio interzooidico collegante i blastozoidi in regressione. Al centro residui degli zooidi regrediti della precedente generazione.

I *vasi radiali* degli zooidi regrediti e totalmente riassorbiti possono permanere, ma generalmente si atrofizzano fino a totale scomparsa.

In una giovane colonia è pertanto possibile riconoscere un piano circolatorio tipico che si rinviene anche in colonie più vecchie. Per es. in una colonia di

quarta generazione blastogenetica osserviamo (Tav. I, 10) un *vaso marginale* che perifericamente circonda la colonia e al quale si connettono i *vasi radiali* degli zooidi adulti e delle gemme (Fig. 4), e una rete vascolare costituita dai peduncoli degli zooidi delle precedenti generazioni. Chiameremo tale rete, che collega centralmente i vari individui del sistema, *albero circolatorio interzooidico* (Fig. 5), che può essere in comunicazione diretta con il *vaso marginale* tramite i *radiali* degli zooidi regrediti.

Apparato vascolare in colonie a più sistemi

Allorché le gemme portate dalla giovane colonia raggiungono un certo numero (di solito verso la quinta generazione blastogenetica), al cambio di generazione i nuovi blastozooidi si organizzano in due o più sistemi. In tali condizioni si osserva che il primitivo *albero interzooidico* si deforma in modo da costituire gli *alberi interzooidici* dei nuovi sistemi, che risultano pertanto fra loro connessi.

Mentre in colonie composte da un solo sistema l'estremità anteriore di ogni blastozoide è rivolta verso il *vaso marginale*, in colonie a più sistemi molti zooidi vengono a trovarsi con le estremità anteriori contrapposte e lontane dal *vaso marginale* (Fig. 6-7). I *radiali* di questi zooidi e delle loro gemme devono pertanto compiere un lungo percorso nella tunica per connettersi al *vaso marginale*.

È stato osservato che a volte tali *vasi radiali*, saldandosi variamente tra di loro e talora con *radiali* non regrediti delle precedenti generazioni, danno origine a dei rami che, scorrendo tra i vari sistemi, connettono punti opposti del *vaso marginale* (Fig. 6-7). Tali *vasi intersistemici* nei quali si riversano i radiali degli individui centrali della colonia, assumono un diametro pari a quello del *vaso marginale* e, come questo, possono emettere ampolle. Con il loro costituirsi, le connessioni dirette tra gli *alberi interzooidici* dei vari sistemi perdono importanza e spesso regrediscono fino a totale scomparsa.

Nel corso quindi di poche generazioni blastogenetiche, l'apparato vascolare coloniale raggiunge un notevole grado di complicazione, per cui difficilmente si può risalire alle sue modalità di formazione se questo processo non è stato seguito durante tutto lo sviluppo della colonia.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONE

Come è stato chiaramente descritto da PIZON (1893), la complessa rete di vasi che scorre nella tunica delle colonie di botrilli si forma secondo uno schema preciso e si complica solo secondariamente con il succedersi delle generazioni blastogenetiche.

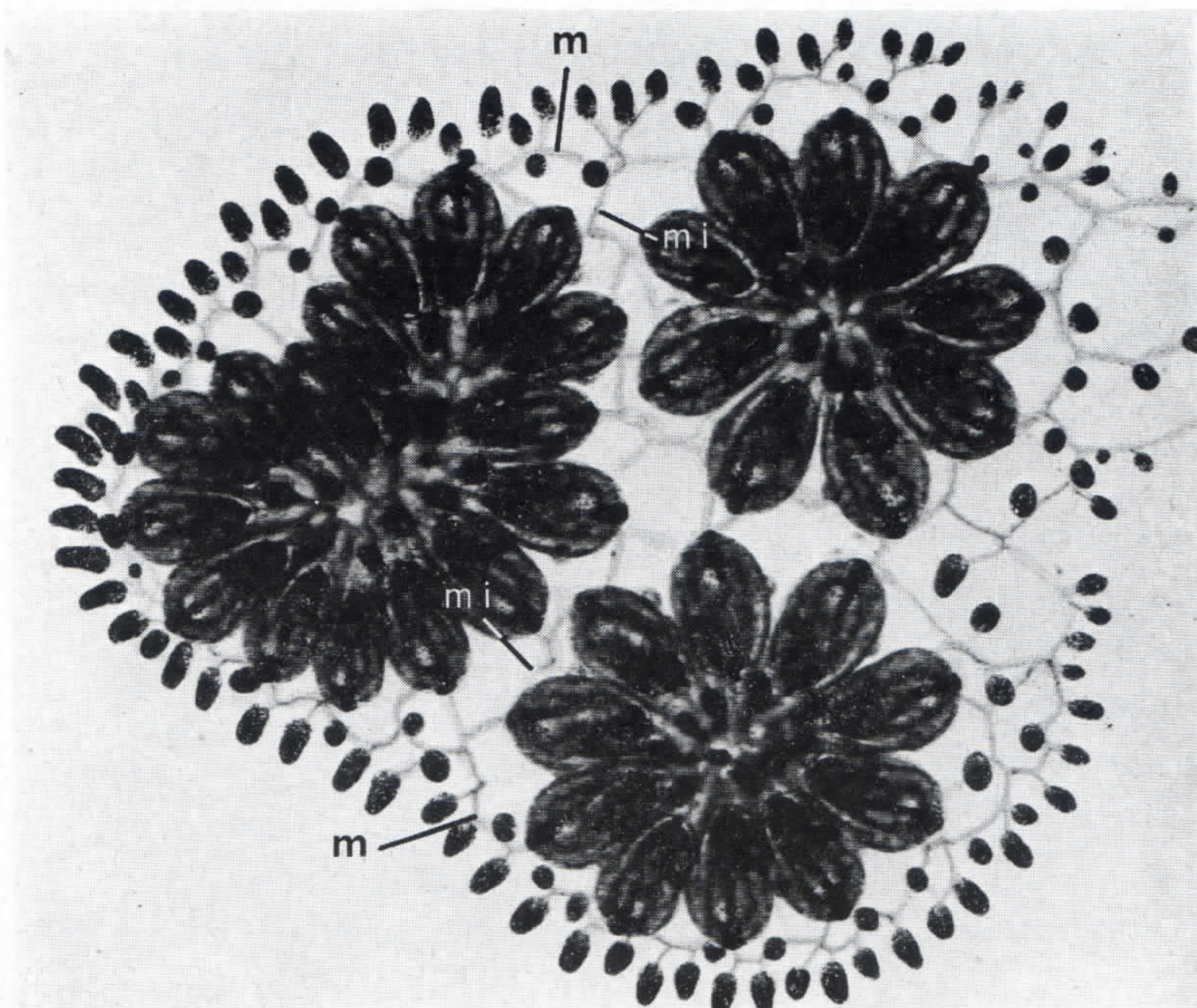
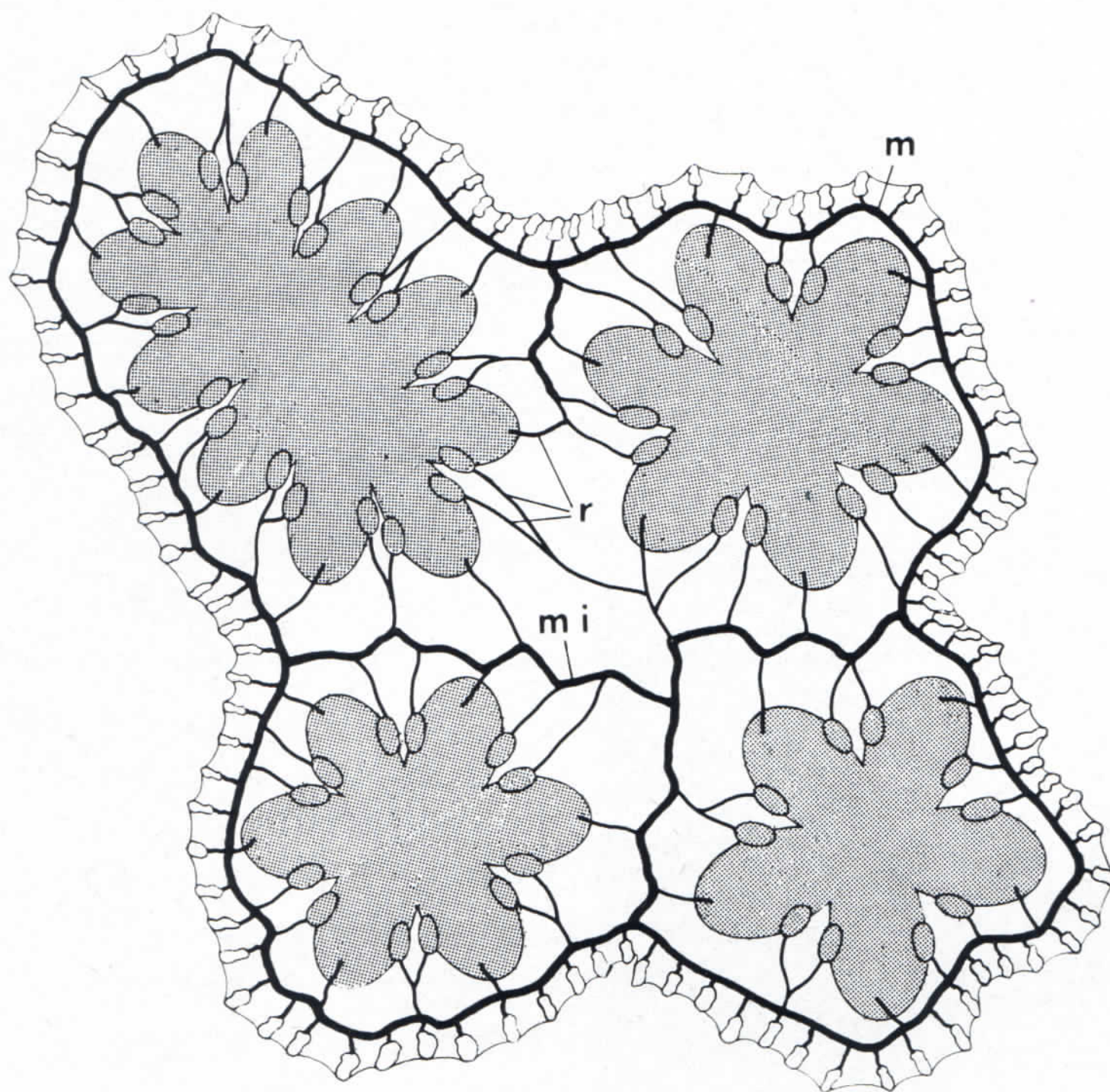


FIG. 6-7. Colonie a più sistemi (Fig. 6: disegno semischematico; Fig. 7: fotografia). m = vaso marginale; mi = rami intersistemici del vaso marginale; r = vaso radiale.

Nel corso di osservazioni in vivo sono state riscontrate alcune inesattezze nella descrizione data da PIZON, ripresa dagli Autori che a lui si sono rifatti (DELAGE e HEROUARD, 1898; BRIEN, 1948).

PIZON infatti, pur riconoscendo che le ampolle della larva rappresentano il primo abbozzo del sistema vascolare coloniale, non interpreta esattamente il ruolo da esse sostenuto nella formazione del *vaso marginale*; quest'ultimo deriverebbe essenzialmente dalla confluenza di due estroflessioni ventrali del blastozooide di prima generazione (Tav. II A, 2).

Le nostre osservazioni hanno accertato invece che il *vaso marginale* trova



FIG. 8. Gemma di sinistra che regredisce dopo essersi connessa con il *vaso marginale*.

la sua prima ed unica origine nei peduncoli delle otto ampolle della larva. Essi infatti si anastomizzano in modo da realizzare un vaso disposto ad arco intorno all'oozooide, cui rimane connesso con un unico peduncolo. È interessante notare l'analogia di questo vaso con i *radiali* dei blastozoidi delle successive generazioni.

Secondo PIZON, inoltre, durante lo sviluppo il blastozooide prenderebbe connessione con il *vaso marginale* tramite due vasi: uno in comunicazione con il *seno sottoendostilare* e uno con la *lacuna periviscerale* (Tav. II A, 3-4).

Le nostre osservazioni hanno accertato che, mentre il primo vaso si forma sempre e coincide con il *vaso radiale*, il secondo in condizioni normali non compare. È possibile che si formi un vaso corrispondente a quello descritto da PIZON solo nel caso che la

gemma di sinistra, che si forma anteriormente al tubo digerente, regredisca dopo aver preso connessione con il *vaso marginale* (Fig. 8). In questo caso la gemma viene completamente riassorbita, rimane però il suo *vaso radiale* che viene pertanto a collegare la *lacuna periviscerale* con il *vaso marginale*.

Pertanto lo schema dell'apparato vascolare che DELAGE e HEROUARD (1898) hanno ricavato dalle descrizioni di PIZON (Tav. II A), deve essere modificato (Tav. II B).

Sono state studiate le modificazioni che l'apparato vascolare della tunica subisce allorché si viene a costituire più di un sistema; fenomeno quest'ultimo che avviene con le modalità correttamente descritte da OKA (1892) e WATTERSON (1945).

TAVOLA I

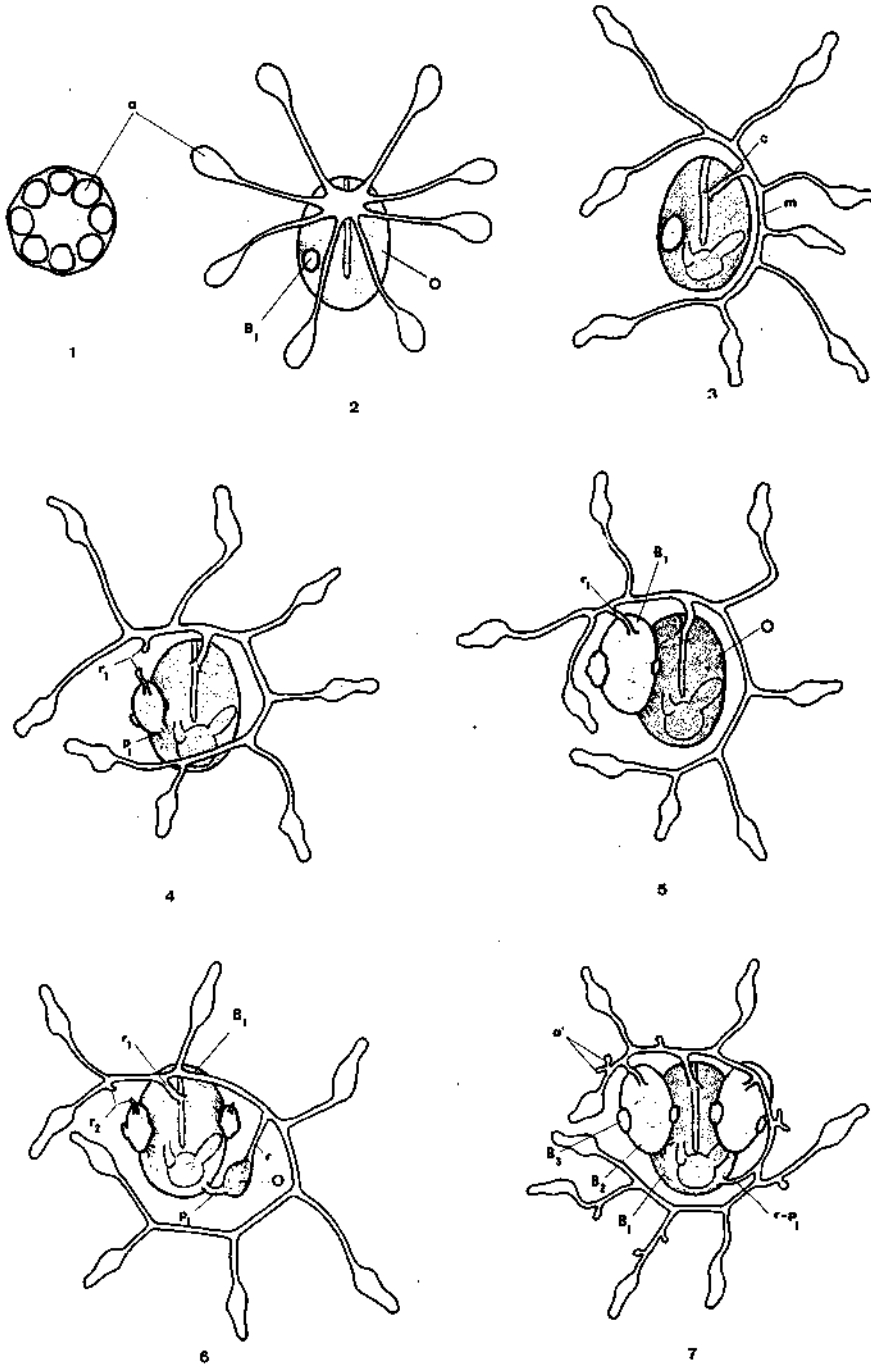
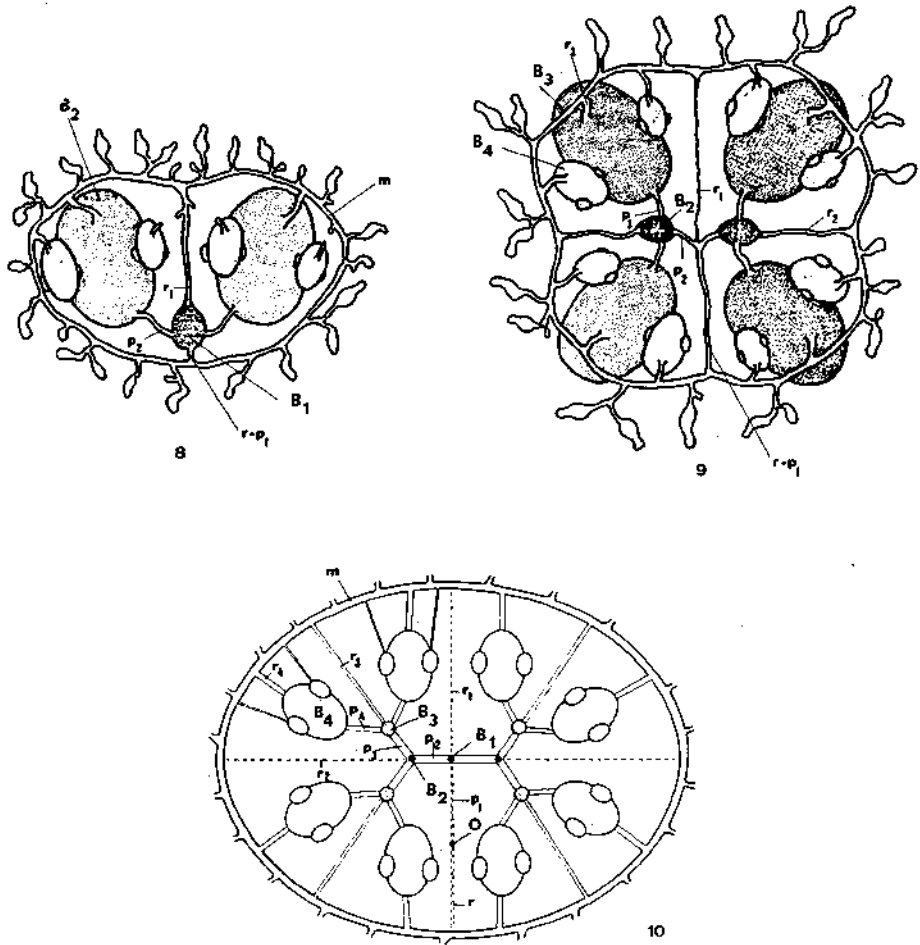
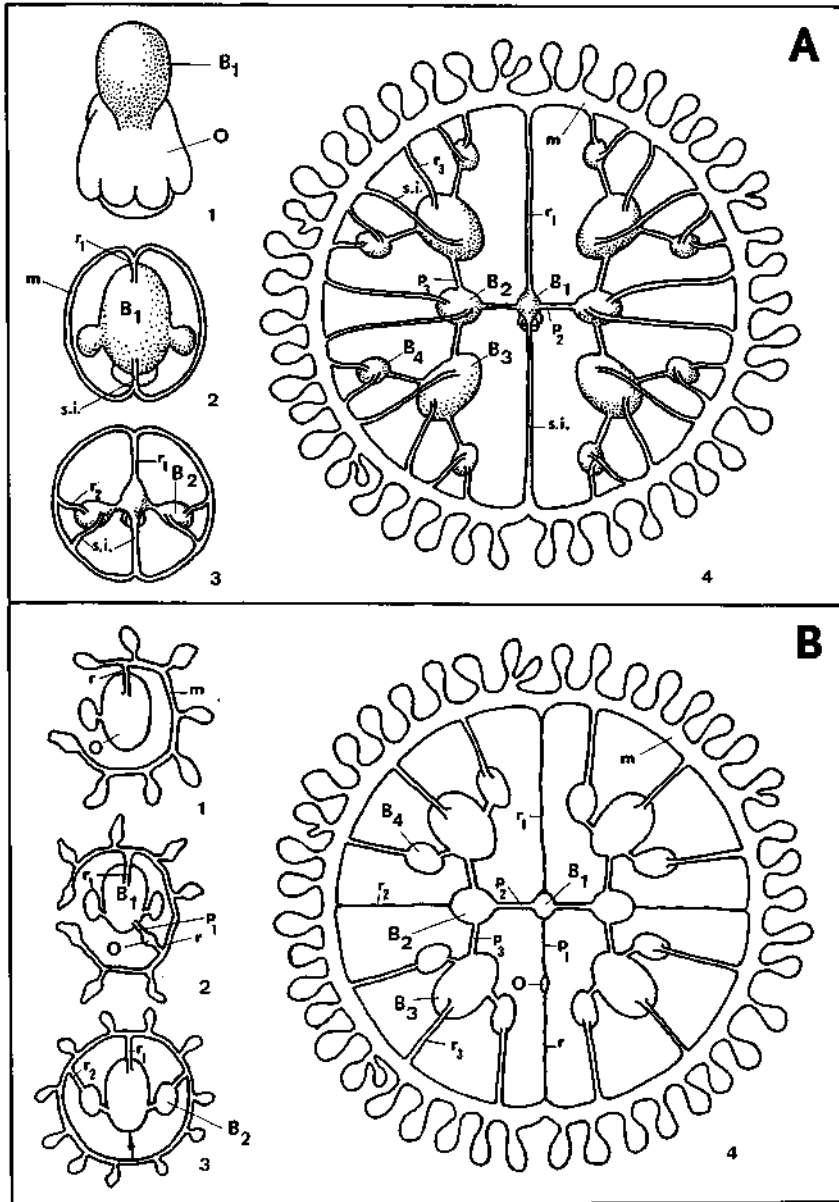


TAVOLA I (continuazione)



TAV. I. Sviluppo dell'apparato vascolare coloniale in *Botryllus schlosseri*. a = ampolle; a' = ampolle in formazione; B₁ B₂, B₃, B₄ ... = blastozooidi di 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, ... generazione; c = connessione del vaso marginale con l'oozoide; m = vaso marginale; O = oozoide; p₁, p₂, p₃, p₄, ... = peduncoli dei blastozooidi di 1a, 2a, 3a, 4a, ... generazione; r₁ r₂, r₃, r₄, ... = radiali dei blastozooidi di 1a, 2a, 3a, 4a, ... generazione; r-p₁ = vaso ottenuto, dopo la regressione dell'oozoide, dalla confluenza di r con p₁

TAVOLA II



TAV. II. Schema della circolazione in una giovane coppia: A: secondo PIZON (da DELANGE e HE-ROUARD, 1898); B: lo stesso corretto secondo i risultati del presente lavoro; s.i. = seno sotto-intestinale che secondo PIZON collegherebbe la lacuna periviscerale con il vaso marginale. Gli altri simboli come in Tavola I.

In condizioni di allevamento abbiamo constatato che la produzione di nuovi sistemi inizia in genere allorché gli individui di quinta generazione blastogenetica raggiungono la maturità funzionale, ed è particolarmente intensa nelle generazioni immediatamente successive. Come conseguenza di questo fenomeno, nella tunica assumono particolare importanza i *vasi intersistemici* di nuova formazione, ottenuti dalla parziale fusione di *radiali* e confluenti nel *vaso marginale*.

In una colonia a più sistemi il *vaso marginale* ed i *rami intersistemici* costituiscono una rete vascolare; ogni sistema si trova incluso in una maglia di questa rete, ed il piano circolatorio visto per la colonia ad un solo sistema è ancora riconoscibile nell'ambito di ogni maglia.

In tal modo viene assicurato un ampio scambio ematico tra i vari elementi della colonia anche se molto lontani tra loro.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare il Prof. ARMANDO SABBADIN per i suggerimenti e la revisione critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- BRIEN, P., 1948: Embranchement des Tuniciers. In: P. P. GRASSE Éd. Traité de Zoologie, Masson et C.ie Paris 11.
- DELAGE, Y. et E. HEROUARD, 1898: Traité de Zoologie concrète. Schreicher Frères Ed. Paris 8, 271-282.
- OKA, A., 1892: Über die Knospung der Botrylliden. Zeitschr. Wiss. Zool. 54, 521-537.
- PIZON, M. A., 1891: Développement du système vasculaire colonial chez les Botryllidés. Bull. Soc. Philomath., Paris, VIII ser. 3, 183-186.
- , 1893: Histoire de la blastogénèse chez les Botryllidés. Ann. Sci. Nat. 14, 1-386.
- SABBADIN, A., 1955 Osservazioni sullo sviluppo, l'accrescimento, e la riproduzione di *Botryllus schlosseri* (PALLAS) in condizioni di laboratorio. Boll. Zool. 22, 243-263.
- , 1960: Ulteriori notizie sull'allevamento e sulla biologia dei botrilli in condizioni di laboratorio. Arch. Oceanogr. e Limnol. 12, 97-107.
- WATTERSON, R. L., 1945: Asexual reproduction in the colonial tunicate *Botryllus schlosseri* (PALLAS) SAVIGNY, with special reference to the developmental history of intersiphonal bands of pigment cells. Biol. Bull. 88, 71-103.

Dott. R. BRUNETTI e Dott. P. BURIGHEL, Istituto di Biologia Animale dell'Università, Via Loredan 10, Padova, Italia.

Policheti indicatori dell'inquinamento delle acque *

di

GIUSEPPE COGNETTI e PIETRO TALIERCIO

(Dall'Istituto di Zoologia dell'Università di Modena
e dal Centro Interuniversitario di Biologia marina di Livorno)

1 Figura

Summary. Modifications in distributions of the polychaete fauna are related to environmental changes due to different kinds of pollution. Presence or absence of different species indicate zones of « low, mean and strong pollution ». The strict connection between polychaete species and their substratum generally observed in clean water loosens for the species ranging from pure to very polluted waters.

Riassunto. Le graduali modificazioni della distribuzione dei Policheti coincidono con la graduale alterazione delle normali condizioni ambientali dovuta a inquinamenti di varia natura. È così possibile individuare, in base alla presenza di determinate specie e all'assenza di altre, zone a « lieve inquinamento », a « inquinamento medio » e a « forte inquinamento ».

Il legame che le varie specie di Policheti hanno con i loro substrati, in generale molto stretto in acque non inquinate, va gradualmente perdendosi per quelle specie che si distribuiscono dalle acque pure alle zone con maggiore grado di inquinamento.

Nel porto di Livorno e nella zona antistante abbiamo intrapreso una serie di ricerche sull'influenza degli inquinamenti sulle popolazioni animali del benthos. Il nostro lavoro è facilitato dal fatto che il porto trovandosi al confine fra una vasta facies rocciosa situata a sud ed una sabbiosa a nord presenta nel suo interno aree a substrato duro ed a substrato molle. Ciò permette di effettuare le raccolte dalla linea di marea fino a 20 metri su fondi di natura diversa. Sono state stabilite 20 stazioni di raccolta a partire dalla zona esterna del porto, situate all'imboccatura dell'avamposto, del porto mediceo e delle darsene. È così possibile stabilire le graduali modificazioni delle popolazioni viventi in substrati e a profondità differenti, da acque pure fino alle zone di massimo inquinamento. Contemporaneamente ai prelievi di fondo viene effettuata in ogni stazione una volta al mese l'analisi chimico fisica delle acque: temperatura, pH, salinità, ossigeno, fosfati, nitrati e nitriti.

In questa nota anticipiamo alcuni risultati riguardanti i Policheti. Si tratta ancora di dati incompleti che riguardano solo i mesi estivi ma che ci permet-

* Lavoro eseguito con contributi del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

tono fin d'ora di avere un quadro sia pure sommario ma indicativo delle gradual modificazioni della distribuzione di questo gruppo in rapporto all'inquinamento.

Un lavoro simile è già stato svolto per quanto riguarda i Nereidi da COGNETTI VARRIALE (1968). I Policheti si prestano particolarmente per questo tipo di lavoro perché presentano il vantaggio rispetto ad altri gruppi di avere un gran numero di specie che occupano differenti nicchie ecologiche.

Nella Tabella sono riassunti i dati complessivi delle condizioni fisico-chi-

TAB. I.

Zone	Temperatura °C	pH	Clorinità gr.‰	Salinità gr.‰	Ossigeno cc/l	Fosfati µgr.at/l	Nitrati µgr.at/l	Nitriti µgr.at/l
INGRESSO AVAMPORTO								
superficie	21,5	8,5	20,47	36,98	5,04	0,0	0,76	0,0
fondo	20,5	8,5	20,80	37,57	5,51	0,1	0,0	0,0
INGRESSO PORTO								
superficie	20,5	8,4	20,33	36,73	4,81	0,9	0,97	0,055
fondo	20,0	8,4	20,44	36,92	4,76	1,0	0,17	0,088
INTERNO PORTO								
superficie	23,65	7,85	20,15	36,40	2,34	5,13	1,03	0,88
fondo	23,2	7,90	20,61	37,23	2,60	3,64	3,32	0,26
DARSENSA NUOVA								
superficie	23,0	7,75	19,69	35,57	1,29	8,13	1,77	0,62
fondo	21,5	7,75	20,56	37,14	0,0	4,7	0,0	0,17

miche delle acque delle zone più indicative dove sono state effettuate le raccolte, riguardanti i mesi di giugno, luglio e agosto.

Nella zona dell'avamporito i Policheti si distribuiscono in habitat estremamente diversi. La distribuzione è analoga a quella che si può riscontrare negli stessi ambienti in zone immuni da ogni tipo di inquinamento.

All'imboccatura del porto mediceo, molte specie presenti e ben rappresentate a meno di cinquecento metri di distanza, scompaiono. È questo il caso ad esempio di *Autolytus aurantiacus* e *A. convolutus* della zona di marea e di *Trypanosyllis coeliaca* e *Eurysyllis tuberculata* dei fondi duri del piano infralittorale inferiore. In quest'area che, come risulta dalla Tabella possiamo definire di

lieve inquinamento, si notano inoltre notevoli differenze rispetto all'area non inquinata riguardo al numero di individui che rappresentano le varie specie. Non abbiamo in questo momento al riguardo dati numerici precisi che sono in corso di preparazione, ma il numero di individui di alcune specie presenti nelle zone non inquinate appare qui enormemente aumentato. Specie dominanti sui fondi

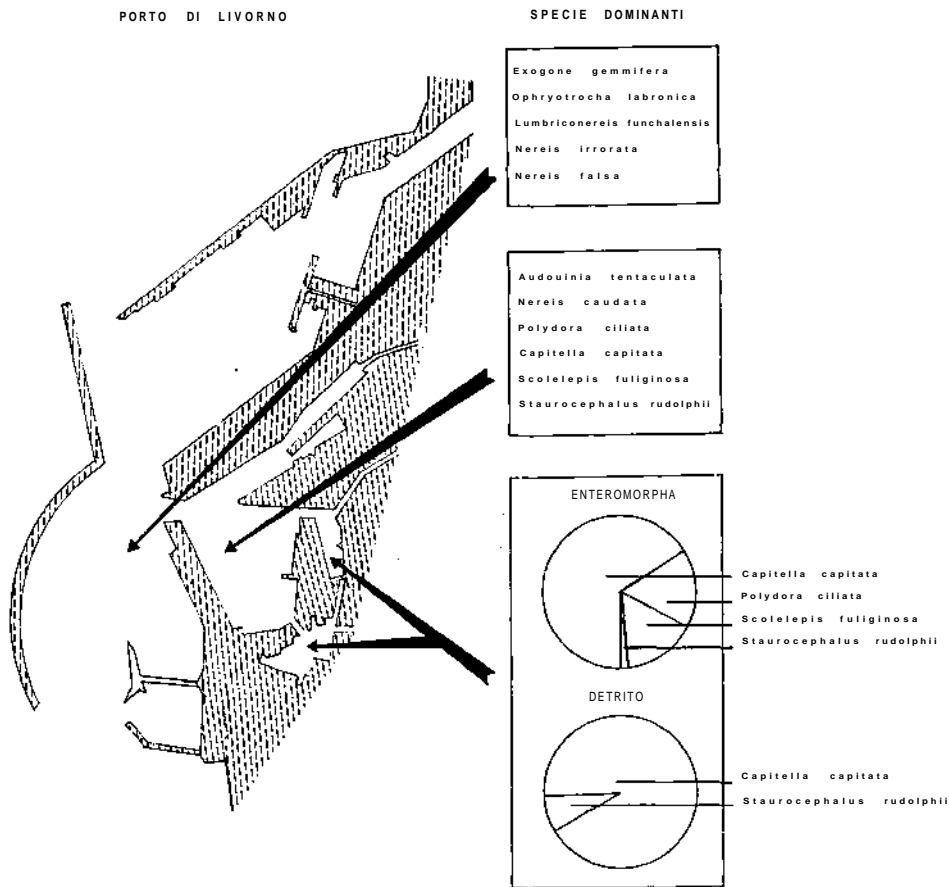


FIG. 1. Distribuzione dei Policheti nel porto di Livorno.

duri sono *Exogone gemmifera*, *Ophryotrocha labronica*, *Lumbriconereis funchalensis*, mentre sui fondi molli, *Nereis irrorata* e *N. falsa*.

Nell'interno del porto il numero delle specie di Policheti si riduce ulteriormente e la presenza delle specie sopracitate è solo occasionale. I Sillidi scompaiono compresa *E. gemmifera*. Specie dominanti sono *Audouinia tentaculata*, *Capitella capitata*, *Scoletepsis fuliginosa*, *Staurocephalus rudolphi*. Queste specie, con l'eccezione di *Polydora ciliata*, vengono considerate da BELLAN come « indi-

catrici di acque inquinate ». Nelle aree a lieve inquinamento queste specie sono localizzate, con un numero di individui di gran lunga inferiore rispetto a quello delle zone interne del porto, in ambienti diversi: *A. tentaculata*, *N. caudata* e *S. rudolphi* in acque poco profonde fra le Cloroficee, i mitili e i balanidi, mentre *P. ciliata*, *C. capitata* e *S. fuliginosa*, sul fondo fangoso e detritico. Nell'interno del porto invece le stesse specie appaiono diffuse in maniera imprevedibile e talora uniforme su substrati di natura diversa, per cui l'influenza del substrato sembra avere importanza secondaria nella distribuzione.

Nell'interno delle darsene esiste come dimostrano i dati chimico-fisici un inquinamento fortissimo che in talune zone sul fondo non permette la vita alla macrofauna. Tuttavia in certe aree lungo le banchine fra *l'Enteromorpha* e sul fondo detritico misto a fanghiglia, si raccolgono cinque specie di Policheti: *Capitella capitata*, *Polydora ciliata*, *S. fuliginosa*, *S. rudolphi* e *N. caudata*. Quest'ultima specie è solo occasionale, mentre *C. capitata* scarsamente rappresentata nelle zone a minore inquinamento è frequentissima, *A. tentaculata* è completamente assente.

In questa zona è stato possibile effettuare delle raccolte quantitative con il seguente metodo. In vari punti della parete delle banchine è stata prelevata, grattandola con l'apposito retino, *l'Enteromorpha*, mentre il detrito è stato raccolto da vari punti con una draga prendisaggi. Il materiale delle due provenienze è stato depositato in laboratorio in venti recipienti (10 di *Enteromorpha* e 10 di detrito) e da ciascuno di essi sono stati prelevati rapidamente 10 campioni di un dm³ ciascuno di *Enteromorpha* e di detrito. Ciascuno di essi è stato poi depositato in altrettanti recipienti con acqua pulita e si è contato il numero dei Policheti presenti. L'operazione di prelievo è stata ripetuta 5 volte nei mesi di giugno, luglio e agosto. Facendo una media fra i vari campioni esaminati risulta che in un dm³ di *Enteromorpha* sono contenuti 613 Policheti, mentre nel detrito ne sono contenuti 305.

La ripartizione che appare anche nella Fig. 1 è la seguente:

<i>Enteromorpha</i>	}	<i>Capitella</i>	405	66,07 %
		<i>Polydora</i>	100	16,31 %
		<i>Scolecopsis</i>	98	15,99 %
		<i>Staurocephalus</i>	10	1,63 %
			613	100,00
<i>Detrito</i>	}	<i>Capitella</i>	277	90,82 %
		<i>Staurocephalus</i>	28	9,18 %
			305	100,00

Nelle darsene in un ambiente che possiamo definire fortemente inquinato rimangono solo 5 specie che BELLAN ritiene indici di inquinamento massimo con l'eccezione di *P. ciliata* che non compare nell'elenco di questo A. È da notare anche qui la mancata influenza del substrato; queste specie con l'eccezione di *S. rudolphi* vivono tutte, in ambienti non inquinati, sui fondi molli.

CONCLUSIONI

L'analisi delle condizioni chimico fisiche delle acque del porto di Livorno ci ha permesso di distinguere sulla base di precisi dati 4 zone fondamentali: una zona che possiamo definire impropriamente ad « acque non inquinate » una zona a « inquinamento leggero » una zona a « inquinamento medio », una zona a « forte inquinamento » Tale tipo di classificazione ricalca quello che viene dato da BELLAN (1964, 1968) e BELLAN-SANTINI (1968) per il porto di Marsiglia anche se mancano qui correlazioni precise con i dati fisico-chimici delle acque già eseguiti da MINAS (1962). Si tratta comunque di una classificazione di comodo dato che fra le varie zone esistono condizioni di passaggio più o meno marcate. Abbiamo in corso comunque una serie di rilevamenti in modo da avere a lavoro ultimato, un quadro il più completo possibile della situazione.

Ad ogni modo da questi primi dati abbiamo potuto avere un'idea delle graduali modificazioni della distribuzione dei Policheti che coincidono con la graduale alterazione delle normali condizioni ambientali dovuta a inquinamenti di varia natura.

Le zone a « lieve inquinamento » sono individuabili per l'enorme aumento del numero di individui di alcune specie (*E. gemmifera*, *O. labronica*) e la scomparsa di altre che pure sono presenti sui fondi della stessa natura nelle acque pure. Le zone a « inquinamento medio » si individuano soprattutto per la presenza in quantità rilevante di *A. tentaculata* e di *N. caudata*. Nelle zone a « forte inquinamento » facilmente identificabili per le specie che caratterizzano questo ambiente si notano diversi gradi di adattamenti di tali specie in coincidenza con la graduale diminuzione dell' O_2 . È stato possibile quindi stabilire che *C. capitata* e *S. rudolphi* hanno possibilità di adattamento maggiori delle altre specie.

Un dato che ci sembra di particolare interesse è quello che il legame delle varie specie ai determinati substrati va gradualmente perdendosi mano a mano che si passa dalle acque pure alle zone con maggiore grado di inquinamento.

Per quanto riguarda il concetto di specie indicatrice di inquinamento, riferibile secondo BELLAN a quelle specie che raggiungono le zone più fortemente alterate, pensiamo che tale concetto non sia valido solo per queste specie ma debba essere esteso anche ad altre la cui aumentata frequenza ci indica il grado

di inquinamento di una determinata area. Ne sono un esempio la *E. gemmifera* e l' *O. hartmanni*. Il concetto va inteso anche in senso negativo quando cioè su un particolare substrato in cui ci attendiamo la presenza di specie comunissime, queste sono mancanti.

L'analisi dei rapporti fra Policheti e ambiente può quindi essere di notevole aiuto per stabilire il grado di inquinamento di un'area marina.

BIBLIOGRAFIA

- BELLAN, G., 1964: Contribution à l'étude systematique, bionomique et écologique des Annélides Polychètes de la Méditerranée. Rec. Trav. Mar. Endoume 5, 33-49, 372.
- , 1965: Influence de la pollution sur la faune annélidienne des substrates meubles. Comm. int. expl. Sc. Méditerranée. Symp. pollut. Monaco, aprile 1964, 123.
- , 1968: Contribution à la connaissance des peuplements de substrat meuble établis dans les zones polluées de la région de Marseille. Rapp. Comm. int. Mer. Médit. 5, 19, 91.
- BELLAN, G. et D. SANTINI, 1968: Influence de la pollution sur les peuplements benthique. Rev. Int. Ocean. Med. 5, 10, 27.
- COGNETTI VARRIALE, A. M., 1968: I Nereidi del litorale livornese. Atti della Soc. Nat. e Mat. di Modena 5, 99, 1968.
- MINAS, M., 1962: Étude comparée de quelques facteurs physico-chimiques des eaux portuaires et des eaux du golfe de Marseille. Rec. Trav. St. Mar. Endoume 5 (34), 21.

Prof. G. COGNETTI, Istituto di Zoologia dell'Università, Modena, Italia.

Dott. P. TALIERCIO, Acquario Comunale D. Cestoni, piazzale Mascagni 1, Livorno, Italia.

L'inversione del sesso in *Fissurella nubecula* L.

di

MARIO CORMACI

(Dall'Istituto di Biologia animale dell'Università di Catania)

3 Figure

Summary. Sexual inversion has been previously ascertained by statistical investigations in *Fissurella nubecula* L. (MOLLUSCA, GASTROPODA). The gonad of a female *Fissurella* is described in this paper, which shows besides normal oogenesis, some clumps of spermatids and spermatozoa, residuals of a preceding male phase.

Riassunto. Le prime osservazioni istomorfologiche condotte sulle gonadi di *Fissurella nubecula* L., hanno permesso di trovare un individuo che presentava spermatidi e spermatozoi accanto agli ovociti. Questo porta ad avvalorare ulteriormente l'ipotesi secondo cui in una piccola percentuale di individui si avrebbe inversione del sesso e, in accordo con precedenti dati statistici, ciò avverrebbe dalla fase maschile a quella femminile.

In una precedente indagine (CORMACI, 1969) ho potuto rilevare con metodo statistico che in *Fissurella nubecula* L. del litorale roccioso catanese, man mano che aumentano le dimensioni del guscio, si ha una riduzione delle frequenze assolute e percentuali dei maschi e un contemporaneo aumento di dette frequenze per le femmine; questa variazione percentuale si aggira intorno all'8 % quindi è minore di quella trovata da BACCI (1947) per la *Fissurella* del golfo di Napoli che è del 12 %.

In tale indagine ho pure rilevato che la popolazione esaminata presenta una lunghezza media del guscio notevolmente maggiore di quella delle *Fissurelle* del golfo di Napoli, come si può vedere dalla Tabella 1.

	<i>Fissurella</i> di Napoli	<i>Fissurella</i> di Catania
Media dei maschi	13,43	15,47
Media delle femmine	13,90	15,62

TABELLA 1. Lunghezza media in mm della conchiglia di *Fissurella nubecula* L. del golfo di Napoli e di Catania.

I dati statistici permettono di accettare la medesima ipotesi avanzata da BACCI (1947) secondo cui in *Fissurella nubecula* L. si avrebbe una inversione del sesso dalla fase maschile a quella femminile: tale fenomeno interesserebbe l'8 % degli individui nella popolazione da me esaminata; invece, la percentuale di inversioni, per la *Fissurella* del golfo di Napoli sarebbe più elevata, cioè del 12 % (BACCI, *op. cit.*).

Poiché il fenomeno della inversione del sesso è molto diffuso fra i Metazoi e in modo particolare fra i Molluschi Prosobranchi e, ritenendo tale ipotesi come la più soddisfacente per interpretare i dati statistici, ho iniziato delle osservazioni istomorfologiche sulle gonadi per dare una ulteriore conferma ai risultati precedenti. A tale scopo ho raccolto altri esemplari nel medesimo ambiente da cui provenivano quelli già utilizzati e, appena portati in laboratorio, ne ho prelevato le gonadi. Queste, essendo poste nella regione infero posteriore del sacco dei visceri, possono essere tolte facilmente incidendo la parte posteriore del piede lungo l'asse maggiore della conchiglia.

Le gonadi sono state fissate nel liquido di Sanfelice tenendo scrupolosamente separati gli ovari dai testicoli; dopo un soggiorno di 24 ore nel fissativo e il lavaggio in acqua corrente, sono state disidratate, diafanizzate, impregnate e incluse in paraffina con la tecnica abituale; infine sono state tagliate al microtomo in fette seriali da 5 μ . I vetrini sono stati colorati con emallume-eosina e con la reazione di Schiff-Feulgen contrastata con verde luce, allo 0,5 % in alcool 70°, per un riconoscimento più rapido e sicuro delle gonadi in fase di inversione.

Data la piccola percentuale di individui che si può ammettere subiscano la inversione, è alquanto difficile e del tutto casuale cogliere un esemplare nel momento in cui la gonade attraversa lo stadio di ermafroditismo morfologico temporaneo; infatti, fra tutti gli esemplari finora esaminati con tale intento, soltanto in una gonade, prelevata da una femmina, ho riscontrato qua e là nidi di spermatozoi e di spermatidi in spermiostogenesi più o meno avanzata accanto agli ovociti (Tav. I, Figg. 1, 2, 3).

In questa gonade, posso inoltre aggiungere, sembra che l'inversione avvenga dalla fase maschile a quella femminile, in accordo con i dati statistici; infatti, i nidi di spermatozoi, sparsi nell'ovario si possono considerare il residuo di una precedente fase maschile della gonade poiché l'ovogenesi, di cui sono presenti tutti gli stadi fino agli ovociti in terzo periodo di accrescimento, ha un decorso normale quale cioè può osservarsi nell'ovario di esemplari in fase femminile. Al contrario, della linea germinale maschile sono presenti solo gli spermatidi e gli spermatozoi. Questi, inoltre, in confronto con gli elementi maturi di un esemplare a Spermatogenesi completa, si presentano leggermente più piccoli, a causa di una maggiore contrazione nucleare che probabilmente prelude a fenomeni di picnosi; l'eliminazione definitiva di questi elementi residui potrebbe poi avvenire ad opera di fagociti, in analogia a quanto osservato da BACCI in *Patella coerulea* (1947, a, b) e in *Patella vulgata* (1952).

Trattandosi di una gonade in uno stadio di inversione ormai molto avanzato, non mi è possibile trarre altre deduzioni: tuttavia questo primo reperto a favore della ipotesi formulata in precedenza mi induce a continuare le indagini onde verificare se in *Fissurella nubecula* esista realmente una piccola per-

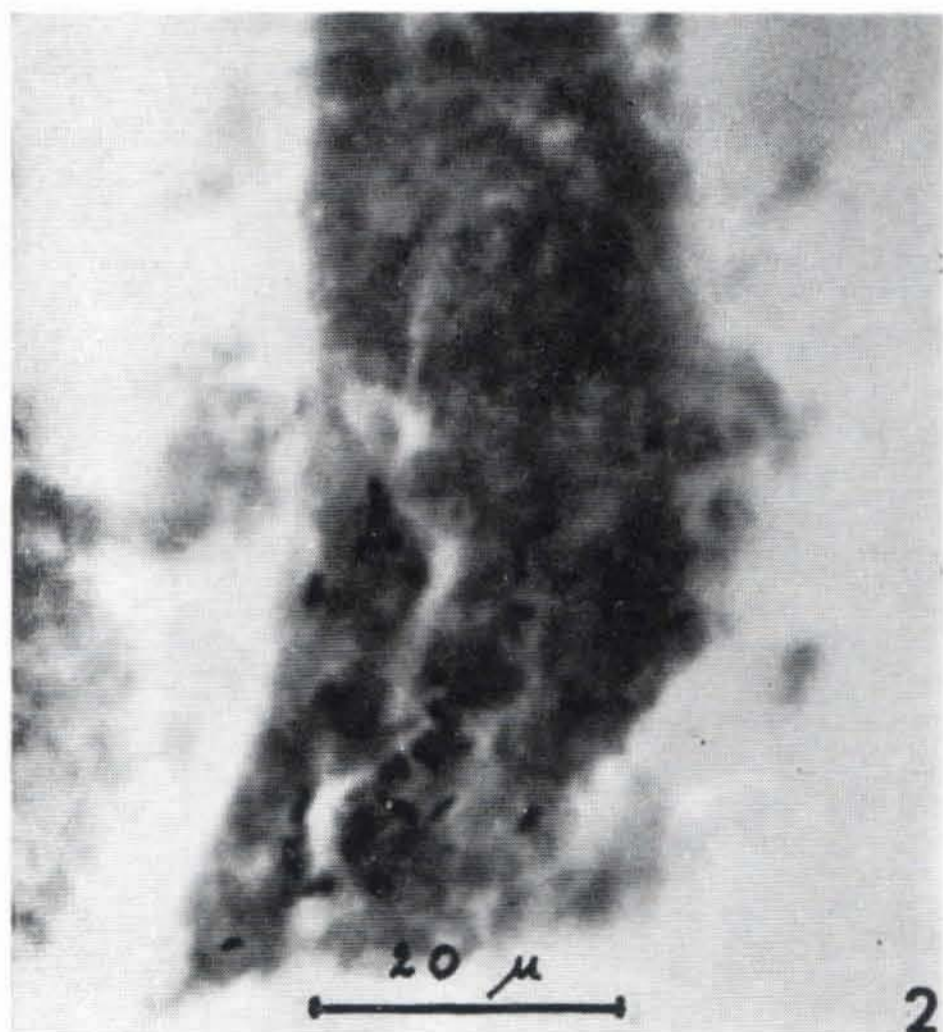
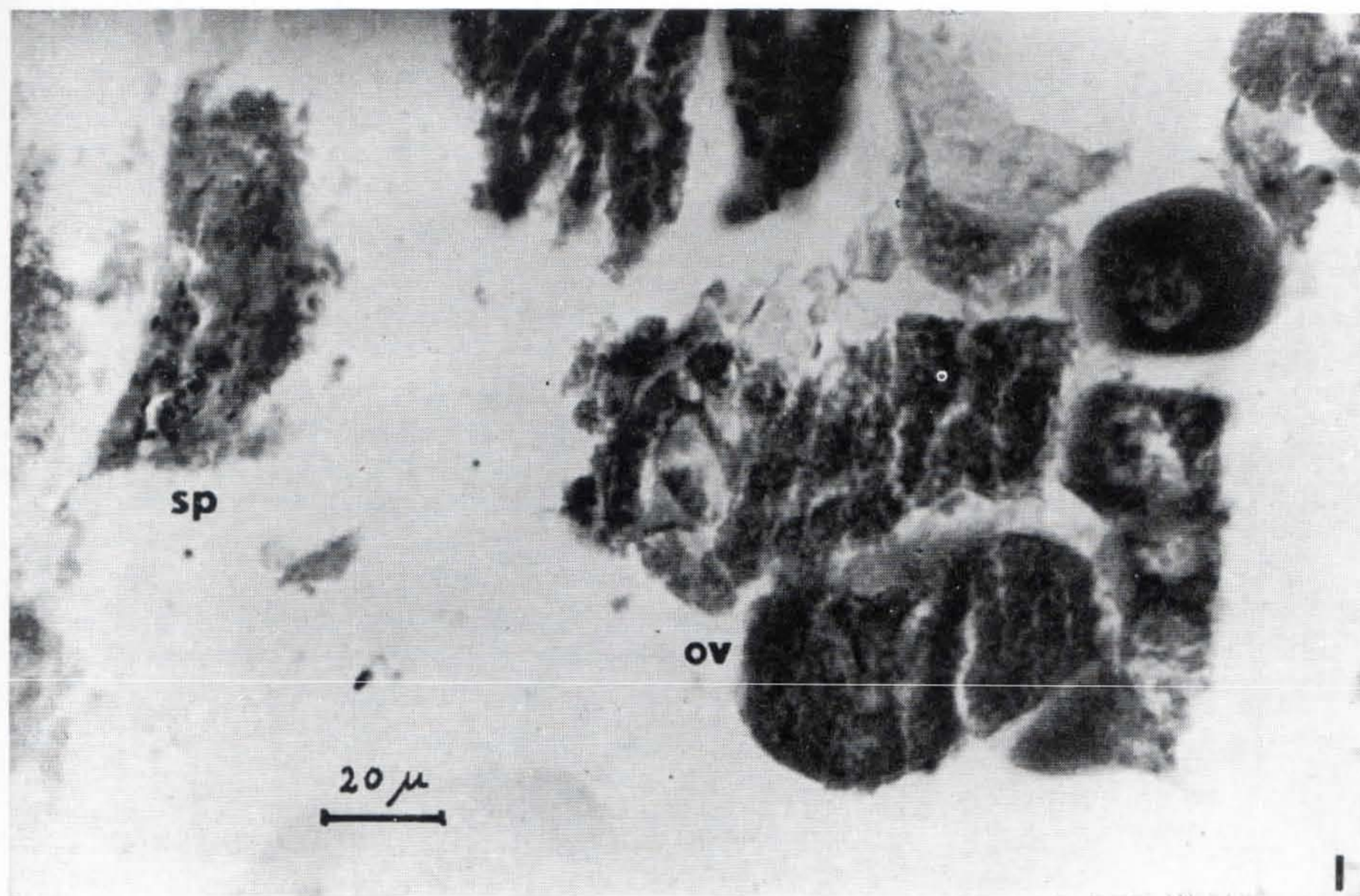


FIG. 1. Sezione di ovario; si osservano numerosi ovociti (ov) e a sinistra un gruppo di spermatozoi (sp). 445 ×.

FIG. 2. Il gruppo di spermatozoi della Fig. 1 a 965 ×.

FIG. 3. Altro gruppo di spermatozoi della stessa gonade. 965 ×.

Tutte le figure sono microfotografie di sezioni di 5 μ, colorate con il metodo di Feulgen-verde luce.

centuale di individui che subiscono la inversione del sesso e che pertanto sarebbero da considerare falsi gonocoristi.

Conducendo uno studio sul ciclo stagionale della gonade si potranno avere più probabilità di trovare inversioni in vari stadi; ciò permetterebbe di descrivere le modalità di passaggio dalla fase maschile a quella femminile ed anche la reale struttura della gonade in fase ermafrodita. A giudicare dalla disposizione sparsa dei nidi di spermatozoi residui da me osservati la gonade dovrebbe essere del tipo ambosessuale così come in *Patella* (BACCI, 1947, a); tuttavia non posso, per ora, escludere la possibilità di una struttura a territori maschili e femminili distinti.

BIBLIOGRAFIA

- BACCI, G., 1947: Osservazioni sulla sessualità degli ARCHAEOGASTROPODA. Arch. Zool. Ital., 32, 330-341.
- , 1947, a: Ricerche preliminari sul sesso di *Patella coerulea* L. Arch. Zool. Ital., 31, 293-310.
- , 1947, b: L'inversione del sesso e il ciclo stagionale in *Patella coerulea* L. Pubbl. Staz. Zool. Napoli 21, 183-214.
- , 1952: Osservazioni citologiche sulla inversione sessuale nella *Patella vulgata* di Plymouth. Boll. Zool. 19, 57-63.
- CORMACI, M., 1969: Indagine statistica sulla sessualità di *Fissurella nubecula* L. Boll. Accad. Gioenia 9, 604-608.

Dr. M. CORMACI, Istituto di Biologia animale dell'Università, Catania, Italia.

Sulla presenza di *Temora stylifera* DANA
(COPEPODA, CYCLOPOIDA) nelle acque di Messina

di

P. CRISAFI e L. GUGLIELMO

(Dall'Istituto di Idrobiologia e Piscicoltura dell'Università di Messina)

Summary. The Authors studied 357 plankton samples gathered in the sea of Messina since 1916 up to 1969, with only a few interruptions, in order to analyse the variations in frequency and quantity of the pelagic copepod *Temora stylifera* through the years and the differences in the annual cycle of the species from year to year.

Riassunto. Sono stati analizzati 357 saggi planctonici, raccolti nel mare di Messina, salvo poche interruzioni, dal 1916 al 1969 così da poter stabilire le variazioni di frequenza e di abbondanza del Copepode pelagico *Temora stylifera* attraverso gli anni e le differenze del ciclo annuale della specie da un anno all'altro.

Temora stylifera DANA è stata trovata a Messina, per la prima volta, da CLAUDIUS, il quale ritenendola specie nuova ne indicò gli individui col nome di *Temora armata*; di detta specie fornì le figure 12 e 13 nella Tav. 34 della sua opera « Die frei lebenden Copepoden » apparsa nel 1863.

SCORDIA (1942) trovò individui appartenenti alla specie *Temora stylifera* in numero talora scarso e talora abbondante entro il tubo gastro-enterico di Costardelle (*Scomberesox saurus*), catturate nello stretto di Messina nel luglio 1939 e nel luglio 1940. La stessa Autrice, durante tre anni consecutivi e cioè negli anni 1937-1939, nelle acque di Ganzirri, trovò sempre *Temora stylifera* nei mesi di giugno e luglio, ma aggiunse che « lo studio dei Copepodi nelle acque di Ganzirri ha mostrato che per lo meno nel triennio preso in esame vi sono state variazioni sensibili almeno qualitative da un anno all'altro nei detti Copepodi ».

Della specie in questione, per ciò che, in Mediterraneo, concerne diversi aspetti e cioè morfologia, distribuzione, abbondanza, cicli riproduttivi e stadi di sviluppo, si sono occupati numerosi Autori, fra cui GIESBRECHT (1892), CANNICCI (1960), GAUDY (1961, 1962), DELLA CROCE (1959, 1962-63), FURNESTIN (1965), MAZZA (1966), VIVES (1967), HURE e SCOTTO DI CARLO (1968), BERNARD (1969, comunicazione personale).

Nel nostro Istituto, come altre volte è stato ricordato, esiste una ricca collezione di raccolte planctoniche, alcune delle quali rimontano al lontano 1916.

Noi abbiamo passato in rassegna tutto il materiale planctonico ed abbiamo potuto così esaminare numero 357 campioni di zooplancton, i più recenti dei quali erano stati pescati dal battello « Colapesce », di proprietà dell'Istituto di Zoologia dell'Università di Messina, diretto dal Prof. A. BOLOGNARI, al quale rivolgiamo i più vivi ringraziamenti.

Purtroppo, come si può notare dalle tabelle, per i singoli anni, ci mancano dati relativi ad alcuni mesi.

Dalla Tabella 1, che comprende le annate che vanno dal 1916 al 1941, vediamo come anche per mesi successivi di un medesimo anno non siano state registrate presenze della specie in esame. Così ad esempio nessuna *Temora stylifera* è stata catturata nei mesi di marzo, aprile e maggio del 1936, così come negli stessi mesi e nella prima quindicina del giugno 1938; in questa prima serie di anni, *Temora stylifera* fu in genere rinvenuta più spesso nel primo ed ultimo trimestre talora assieme a sue forme giovanili oppure solo come forme giovanili; qualche apparizione si ebbe anche nei mesi centrali dell'anno.

La Tabella 2, che va dall'anno 1947 al 1969 con una interruzione fra il 1949 ed il 1958, ha potuto essere compilata con l'esame di un maggior numero di campionature, così che più chiaro si mostra il ciclo annuale della nostra specie.

Considerando l'anno 1947, possiamo dire, pur con le dovute riserve per i mesi di gennaio e febbraio e poi di settembre, di cui ci mancano campioni, che *Temora stylifera* è stata assente nelle acque di Messina; difatti in tutte le raccolte di agosto, di essa, furono rinvenuti soltanto due individui adulti, mentre la specie, fra giovani ed adulti, costituì solo il 2 % dell'intera massa planctonica in una raccolta del novembre.

Per il 1958, mentre siamo certi della sua assenza nei mesi di aprile, maggio, giugno, luglio, agosto e settembre, nel campione del 4 ottobre 1958 la riscontriamo quasi come esclusivo costituente della massa zooplanctonica con giovani ed adulti; come il 20 % del totale zooplanctonico la rinvenimmo poi, sotto forma di giovani ed adulti, il 13 ottobre 1958; ci mancano i dati del novembre, dicembre e gennaio; c'erano stati giovani nel febbraio e soltanto adulti nel marzo.

L'anno 1961, la specie potrebbe aver avuto lo stesso comportamento che nell'anno 1958, poiché i mesi centrali dell'anno ne indicano l'assenza completa.

Nel 1963, ai rari stadi giovanili della prima quindicina di gennaio, preceduti da adulti, che furono frequenti nell'ottobre, novembre e dicembre dell'anno 1962, seguirono mesi in cui vi fu completa assenza della specie; questa poi fu sempre presente a partire dalla seconda quindicina di luglio fino, quasi ininterrottamente, al novembre dell'anno 1964, con alternanza di raggruppamenti di adulti e giovani oppure di soli adulti.

Più scarsi in frequenza ed in abbondanza si dimostrarono per la specie gli anni 1965 e 1966, mentre poi nel 1967 i cicli riproduttivi, che presumibilmente avevano avuto inizio precocemente nell'anno 1966, (con un'intervallo nella se-

TABELLA 1. Tabella indicante la presenza o meno della specie *Temora stylifera* DANA, rispettivamente nella prima e seconda quindicina dei mesi nei quali si ebbero a disposizione pescate planctoniche. Le raccolte furono effettuate prevalentemente nello Stretto di Messina, ma anche nelle sue immediate adiacenze tirreniche e joniche.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1916			O			O		T				
1917		T ₁ T	O									
1921										T		
1925		O				T						
1926	O T T		O O			O T						
1928												
1929	O										T	
1930				O O				T			T	
1931												
1932	O	t		O O								O
1933				T						t		T
1934				T T O							t	T ₁
1935		O										
1936		T	O	O O O		T					T	O
1937		T	T	O O							T	
1938		T t	O O	O O		O					T	
1939			O O								O	
1940	t	O		O							O O	
1941		T ₁ T O	O O O			O						

T, *Temora stylifera* allo stato adulto; t, la stessa in stadi giovanili; O, assenza di individui della specie in esame.

TABELLA 2. Tabella indicante la presenza o meno della specie *Temora stylifera* DANA, rispettivamente nella prima e seconda quindicina dei mesi nei quali si ebbero a disposizione pescate planctoniche. Le raccolte furono effettuate prevalentemente nello Stretto di Messina, ma anche nelle sue immediate adiacenze tirreniche e joniche.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1947			O	O O O O		O	T			O	T, O	
1948	T T	O O O O		O							T t	
1949	O T	T O	O O				O		O			
1958		t T T	O	O O O O O				O O O T, T,				
1959		O O T, T,	O O O	O	O			O O t O		T O		
1960	t O	O	O		O	T, O	O t T, T,	O O				
1961				O O	O	O O O		O				
1962					O	T	O		T	T, T, T		
1963	t O		O O		O	T T,	T, O	t T, T, T T				
1964	T T T	T	T T, O O	t T T				T T, T, T		T,		
1965	O	T,	O O	O O		O O		T,	T, T,			T
1966	O O t O t O	O	O T,				T,		T,			
1967	T T, T, O O O					O T, T,	T, T, T,				T, T, O	
1968	T T		T O O	O O	O T, t							
1969		T,	t O		O							

T, *Temora stylifera* allo stato adulto; t, la stessa in stadi giovanili; O, assenza di individui della specie in esame.

conda quindicina di febbraio e quindi in marzo e forse fino alla prima quindicina di giugno), ripresero sicuramente con intensità nella seconda quindicina di giugno e quindi in luglio, agosto e settembre; forse anche ottobre dovette essere mese ricco in *Temora stylifera*, i cui individui (intorno al 5 %) risultarono abbondanti nel novembre, dicembre e quindi nel gennaio, febbraio e marzo del 1968, seppure come soli adulti. I dati in nostro possesso ci mostrano poi assenza di *T. stylifera* in aprile, maggio, giugno e luglio del 1968; reperti positivi della specie in esame, in fase riproduttiva offrono i campioni di luglio ed agosto 1968; ci mancano i campioni dei mesi successivi; per il 1969 possediamo anzitutto campioni di febbraio e marzo, che ci indicano il verificarsi di processi riproduttivi; altri, raccolti nella seconda quindicina di marzo e nella prima di maggio, non contengono individui della specie in questione.

Concludendo, a noi pare che la specie *Temora stylifera* DANA dello Stretto di Messina e delle acque immediatamente adiacenti sia del Tirreno che dello Jonio, presenti in genere:

1) frequenza ed abbondanza varia nei primi e negli ultimi mesi dell'anno, probabilmente in rapporto a favorevoli condizioni di temperatura e di salinità oltre che di nutrimento;

2) andamento ciclico annuale non perfettamente costante, dato che a determinati mesi di un dato anno in cui vi è assenza di individui della specie, ne succedono di corrispondenti, in altri anni, nei quali gli individui sono presenti talora in scarso numero, tal'altra in numero vistoso;

3) periodi riproduttivi brevi, ripetuti (1960), contrapposti a periodi meno brevi, pure ripetuti (1967);

4) annate (1964), in cui la specie *Temora stylifera* mostra di essere quasi perennante.

BIBLIOGRAFIA

- BERNARD, M., 1969: Comunicazione personale.
- CANNICCI, G., 1960: Considerazioni sulla possibilità di stabilire « indicatori ecologici » nel plancton del Mediterraneo. Nota I. Boll. Pesca, Piscic. e Idrobiol. 14 (2), 164-188.
- DELLA CROCE, N., 1959: Copepodi pelagici raccolti nelle crociere talassografiche del « Robusto » nel Mar Ligure ed Alto Tirreno. Boll. Musei Istituti Biologici Univ. Genova 29, 29-114.
- , 1962-63: Popolamento planctonico del Basso Tirreno (I-II Crociera dell'Anno Geofisico Internazionale 1957-1958). Ibidem 32, 43-67.
- FURNESTEIN, M. L., 1965: Le zooplancton de la Méditerranée (Bassin Occidental). Conseil Internat. p. l'Exploration de la Mer. Comité du plancton. 36, 1-41.
- GIESBRECHT, W., 1892: Systematik und faunistik der Pelagischen Copepoden des Golfes von Neapel. Fauna und Flora des Golfes von Neapel. 19 Mon, 1-830.

- HURE, J. e B. SCOTTO DI CARLO, 1968: Comparazione tra lo zooplancton del Golfo di Napoli e dell'Adriatico Meridionale presso Dubrovnik. I. COPEPODA. Pubbl. Staz. Zool. Napoli 36, 21-102.
- GAUDY, R., 1961: Note sur les stades larvaires de *Temora stylifera* DANA. Rec. Trav. Rec. Trav. St. Mar. End. Bull. 22 (36), 115-122.
- , 1962: Biologie des Copepodes pelagiques du Golfe de Marseille. Ibidem 27 (42), 93-184.
- MAZZA, J., 1966: Les Copepodes de la Méditerranée (Bassin Occidental). Commission Internat. p. l'Explor. scient. de la Mer Méditerranée. Comité du plancton 1-99.
- VIVES, F., 1967: Los Copépodos planctónicos del mar Tirreno en septiembre y octubre de 1963. Investigación Pesquera 31 (3), 539-583.

Prof. P. CRISAFI, Istituto di Idrobiologia e Piscicoltura dell'Università, Messina, Italia.

Dott. L. GUGLIELMO, Istituto di Idrobiologia e Piscicoltura dell'Università, Messina, Italia.

Pubbl. Staz. Zool. Napoli 37 suppl., 165 (1969).

A suction pipe for sampling mid-water and bottom organisms in the sea

by

NORBERTO DELLA CROCE and ANSELMO CHIARABINI

(From the Institute of Zoology, University of Genova and Saclant ASW Research Centre)

Abstract. A suction pipe for sampling mid-water and bottom organisms in the sea is described. The device can be used from a stationary ship for taking samples at water depths greater than 100 m. If used at the bottom from 25 kg to 50 kg of sediment can be collected in 10 minutes, suggesting that the equipment is suitable for quantitative research.

From: *Saclant ASW Res. Cent. tech. mem.*, no. 143, 1969.

Prof. N. DELLA CROCE, Dr. A. CHIARABINI, Istituto di Zoologia dell'Università, via Balbi 5, Genova, Italia.

Inquinamento batterico e potere autodepurante del mare

di

SEBASTIANO GENOVESE

(Dall'Istituto di Idrobiologia dell'Università di Messina)

Summary. The paper deals with the bacterial pollution of the sea and with the complicated natural mechanisms which, through physical, chemical and biological means (ways) tend to neutralise or moderate its noxious effects.

Riassunto. Il lavoro concerne l'inquinamento batterico del mare ed i complessi meccanismi naturali che, per via fisica, chimica e biologica tendono a neutralizzare o a contenere i suoi effetti nocivi.

L'inquinamento del mare diventa sempre più un pressante problema, oltre che igienico-sanitario, anche economico e sociale.

Di recente, fra la popolazione della Baia di Minamata nel distretto di Kumamoto in Giappone, un centinaio di individui fu colpito da grave sindrome neurologica chiamata « malattia di Minamata », che portò alla morte nel 40 % dei casi (TOKUOMI, 1969). Constatato che la sintomatologia era simile a quella dell'avvelenamento da metile di mercurio, si poté accertare che in effetti tale sostanza, ottenuta come prodotto di rifiuto in un processo di fabbricazione di acetaldeide, veniva versata in mare in concentrazioni così piccole da non essere rivelate all'analisi chimica. Il metile di mercurio si concentrava però progressivamente nel fitoplancton e da questo passava nella catena trofica successiva fino a raggiungere quantità tossiche nei Pesci e nei Molluschi distribuiti in una vasta area circostante allo scarico.

Le Autorità governative di molti Paesi, di fronte all'incalzare del problema ed alla indifferibilità della sua soluzione, stanno cercando di correre ai ripari con una serie di provvedimenti legislativi e con l'incoraggiare gli studi e le ricerche su questo argomento.

Il naufragio della « Torrey Canyon », verificatosi il 18 marzo 1967 alle « Seven Stones », 7 miglia a Nord-Est delle Isole Scilly, ha stimolato tutta una serie di ricerche sulle modalità e sugli effetti che gli inquinamenti da idrocarburi possono provocare. Quel grave evento ci ha trovati, infatti, quasi impreparati ed i provvedimenti subito adottati, quali l'impiego di massicce quantità di detersivi per neutralizzare il danno prodotto dalle 117.000 tonnellate di greggio versate in mare, si sono dimostrati, non solo inefficienti, ma altrettanto dannosi alla fauna ed alla flora marina. In seguito a quell'episodio ha preso maggiore impulso l'operazione « mare pulito », già lanciata a Londra nel 1954 in

una convenzione internazionale. Anche molte industrie petrolifere partecipano responsabilmente, con provvedimenti e con studi, a tale operazione.

In Italia, che vanta una valida tradizione di ricerche a carattere igienico-sanitario, si stanno prendendo delle utili iniziative sia a livello governativo che a livello regionale e provinciale. Esistono già Commissioni di studio del C.N.R., della Marina Mercantile e del Ministero della Sanità che si vogliono occupare di questi problemi, dibattuti nell'aprile scorso al Simposio della FAST alla Fiera di Milano. Nel prossimo ottobre avrà luogo a Napoli un Convegno di studi di Oceanografia medica in prosecuzione a quello tenuto a Nizza nel 1967.

In questa breve comunicazione tratterò solo dell'inquinamento batterico del mare e dei complessi meccanismi naturali che, per via fisica, chimica e biologica, tendono a neutralizzare o a contenere i suoi effetti nocivi.

Come si è avuto già modo di rilevare (GENOVESE e BRUNI, 1966), sulla valutazione dei differenti processi di autodepurazione dell'acqua di mare sono state esposte idee contrastanti, a volte opposte, che hanno contribuito in definitiva ad una più completa conoscenza del fenomeno generale. Già, per la sola definizione dell'inquinamento e per la scelta dei parametri di misura, si sono rivelate tutte le difficoltà offerte da questa difficile materia di studio. Secondo una definizione di HOAK accettata da DARDEL (1968), l'inquinamento è dato dallo scarico indiscriminato di materiale che danneggia la qualità dell'acqua, il cui uso va a beneficio del pubblico interesse. Il criterio informatore di tale definizione è condiviso pure dall'Ente di controllo sulla qualità dell'acqua della California (MCKEE, 1967). KETCHUM (1967) definisce, invece, l'inquinamento come l'aggiunta — con effetto misurabile e generalmente dannoso — all'ambiente, di ogni sostanza proveniente dall'attività umana. La prima definizione è legata pertanto al concetto di qualità e di primitiva purezza di un'acqua, difficilmente generalizzabili e definibili in termini qualitativi e quantitativi; nella seconda non risulta opportunamente evidenziato l'effetto predominante dell'inquinamento, che è quello di provocare un danno. Non sono considerate inoltre, come rileva MCKEE (1967) altre cause naturali di inquinamento, quali l'incendio di foreste, l'eccessiva erosione del suolo, le massicce fioriture fitoplanctoniche che producono « acqua rossa ».

I batteri patogeni, pervenuti a mare attraverso il drenaggio naturale e lo scarico dei rifiuti, raggiungono notevoli concentrazioni nelle acque costiere ed in particolare in prossimità degli emissari. Il loro numero diminuisce progressivamente, fino alla totale scomparsa, nelle acque situate al largo. Secondo quanto hanno recentemente puntualizzato AUBERT e coll. (1968) la causa di questa assenza è duplice, perché due differenti meccanismi intervengono in questo fenomeno: la dispersione batterica in un ambiente estremamente vasto qual'è il mare, e la effettiva scomparsa dei batteri, cioè la non sopravvivenza dei germi. La dispersione batterica, che è in funzione della diffusione turbo-

lenta delle acque residuarle nell'ambiente marino, si realizza a sua volta attraverso due vie: la sedimentazione e la diluizione.

La sedimentazione batterica è dovuta all'adsorbimento dei germi sulla superficie di particelle minerali o organiche, in sospensione nelle acque usate e che sedimentano lentamente. L'intensità di questo processo dipende dalla grandezza e dalla natura dei corpuscoli. L'adsorbimento è maggiore sulle particelle di piccolo diametro: il 99,8 % di batteri in sospensione sono adsorbiti da particelle con diametro inferiore a 10 micron. L'argilla ed il fango hanno un notevole potere di adsorbimento, anche a causa delle loro cariche elettriche. Da rilevare tuttavia che i batteri adsorbiti e sedimentati sopravvivono più a lungo dato che possono disporre di maggiore apporto nutrizionale; inoltre essi possono essere rimessi in sospensione dal moto ondoso.

La diluizione, studiata mediante l'impiego di traccianti colorati o radioattivi a vita corta, gioca un indubbio ruolo nel processo di dispersione batterica, che risulta in definitiva alquanto complesso, condizionato da fattori oceanografici e non regolato da semplici leggi matematiche. Diversi Autori, fra cui KETCHUM, BONDE e AUBERT hanno rilevato inoltre che la diminuzione dei batteri nel mare è molto più rapida di quanto non potrebbe essere determinato dal semplice processo di diluizione e di sedimentazione (AUBERT et al., 1968).

Pertanto, per giustificare l'indubbio potere autodepurante, bisogna chiamare in causa anche l'altro meccanismo, cioè la specifica azione antibatterica esercitata dal mezzo marino, attraverso una serie di fattori fisici, chimici e biologici. Fra i fattori fisici, ricordiamo la luce solare, sia come azione globale, sia come attività battericida dei raggi ultravioletti, la temperatura e la pressione idrostatica.

I fattori chimici sono più numerosi e comprendono: *a)* la salinità, *h)* l'azione di alcuni sali minerali e di alcuni ioni metallici pesanti, *c)* il pH, *d)* il potenziale redox, *e)* la concentrazione dei gas disciolti, tra cui principalmente l'ossigeno.

L'azione antibatterica di questi fattori non è da tutti riconosciuta e per molti di essi sono stati avanzati dubbi e riserve. Così per esempio la concentrazione salina non è un fattore limitante per molti germi patogeni, fra cui gli Stafilococchi, che anzi si isolano in terreni salati. Alcuni composti iodati, secondo JOHANNESSON (1957), avrebbero azione battericida; i tiocomposti favorirebbero la crescita degli enterobatteri appunto per la loro capacità di neutralizzare gli iodati. BRISOU e coll. (1961) in base a risultati di loro esperienze, negano tale proprietà degli iodati ed affermano che i tiocomposti agiscono semplicemente come fattori di sviluppo.

L'azione tossica del rame sui batteri è riconosciuta, ma la sua concentrazione nell'acqua di mare è estremamente bassa perché possa costituire da sola un fattore limitante la crescita. Anche l'ossigenazione delle acque giocherebbe

un ruolo indiretto, insieme al pH ed all'Eh rendendo il mezzo più o meno favorevole alla sopravvivenza dei germi inquinanti.

In definitiva, se questi differenti fattori fisici e chimici possono esplicare una qualche azione sulla rarefazione progressiva dei batteri di origine tellurica, da soli sono insufficienti, secondo AUBERT, a spiegare l'intero potere autodepurante dell'acqua di mare fresca. Bisogna rivolgersi quindi all'influenza dei fattori biologici, cioè all'attività diretta dovuta ai predatori, ed a quella indiretta dei mediatori chimici sintetizzati da organismi marini.

Fra i micropredatori, i batteriofagi sono certamente presenti nell'acqua marina e ne sono stati isolati alcuni specifici anti *Staphylococcus aureus*, anti *Escherichia coli*, anti *Bacillus mycoides*. Tuttavia, come fa rilevare PAOLETTI (1965), l'importanza di questo fattore litico nella depurazione dell'acqua marina sembra molto limitata, in quanto è direttamente correlato con la moltiplicazione delle cellule sensibili, senza la quale nemmeno il batteriofago può moltiplicarsi. Ed è noto che nell'ambiente marino lo sviluppo dei germi è molto ridotto.

Più rilevante sarebbe il ruolo giocato da *Bdellovibrio bacteriovorus*, ectoparassita obbligatorio dei batteri Gram-positivi, largamente riscontrato nel suolo ed in acque dolci superficiali, e che provoca la lisi dei germi specifici per rottura della membrana cellulare batterica. Di recente *Bdellovibrio* è stato isolato in diversi ambienti marini e salmastri (MAUGERI, 1969). La GUELIN dell'Istituto Pasteur (comun. pers.) ha avuto modo di riscontrarlo anche in campioni prelevati nel lago di Ganzirri.

Per quanto riguarda i macropredatori, l'importanza dei Protozoi e di molti Metazoi, sia bentonici che planctonici e nectonici, nella riduzione dei batteri in acque inquinate è ben nota da tempo.

Poriferi, Nematodi, Anellidi, Copepodi, Molluschi, alcuni Pesci stessi consumano batteri per la loro nutrizione e molti li concentrano nel loro tubo digerente. In tal caso, però, può verificarsi che i germi vivano a lungo, protetti dagli altri fattori di epurazione del mezzo marino. In base a tale considerazione AUBERT e LEBOUT (1962) hanno assegnato al plancton anche un ruolo di «trasportatore» di germi di origine terrestre. Nel nostro laboratorio stiamo indagando sull'eventuale capacità selettiva delle Spugne di ambienti salmastri nei riguardi della flora batterica endogena ed esogena (BRUNI, 1968 b).

E passiamo infine al punto più controverso di tutto il problema cioè all'esistenza di uno specifico fattore antibiotico dell'acqua di mare. Alla prima, già lontana, osservazione di DE GIAXA che alcuni batteri patogeni sopravvivono più a lungo in acqua di mare sterilizzata che non nella stessa acqua non trattata, è seguita tutta una serie di ricerche, spesso lunghe e laboriose i cui risultati, non sempre in accordo, hanno dato luogo a vivaci polemiche. In Francia due opposte Scuole, quella di AUBERT e quella di BRISOU, contribuiscono a rendere sempre più viva la polemica.

Similmente a quanto si verifica per il suolo, anche dal mare sono stati isolati ceppi batterici produttori di antibiotici. È noto che ROSENFELD e ZOBELL su 58 ceppi studiati ne hanno trovato 9 con proprietà antibiotiche nei riguardi della flora fecale. A risultati analoghi sono pervenuti altri ricercatori tra cui KRASSILNIKOW, TURNER e KAUFFMANN (GENOVESE e BRUNI, 1966). CARLUCCI e PRAMER (1960) avevano trovato invece che 200 ceppi di batteri marini non esplicavano alcuna attività nei confronti di *E. coli*. A prescindere dall'esistenza o meno di specifiche sostanze antibatteriche elaborate dai batteri marini, non c'è dubbio che fra essi e quelli patogeni immessi si stabiliscono processi antagonisti, quanto meno per la ricerca di un nutrimento che nell'acqua è alquanto scarso. È incontestabile altresì che in tale competizione i più favoriti siano i batteri marini adattati a vivere in un mezzo che, per molti aspetti, è senz'altro ostile a batteri provenienti da altri habitat.

Anche da Alghe superiori e da Cianoficee sono state isolate sostanze che inibiscono lo sviluppo batterico. AUBERT e collab. (1968) di recente ne hanno dato un lungo elenco indicando anche la natura chimica responsabile di tale attività. Anche le Alghe unicellulari sono dotate di attività antibatterica. SIEBURTH (1959) ha trovato che l'efflorescenza naturale della Crisoficea *Phaeocystis pouchetii* contiene una sostanza antibatterica, rilevabile senza bisogno di ricorrere ad estrazione e concentrazione, che determina la scomparsa della microflora gastro-intestinale nei pinguini. Le variazioni stagionali dell'attività anticoliciformica delle acque della Baia di Narragansett sono, secondo SIEBURTH e PRATT (1962), in correlazione con lo sviluppo della Diatomea *Skeletonema costatum*. AUBERT (1968) ha trovato che il 25 % degli organismi fitoplanctonici da lui studiati sono dotati di una attività più o meno rilevante contro i germi saggiati. In particolare da *Asterionella japonica* ha isolato due sostanze, una di natura nucleotidica e l'altra del tipo acidi grassi, a cui ha attribuito una netta capacità antibiotica. Fra le altre sostanze isolate dalle Alghe in generale ricordiamo l'acido acrilico, terpeni, fenoli, clorofillidi, tannini. Queste sostanze si rivelano durante la fase attiva dello sviluppo dei vegetali e, in condizioni naturali, si accumulerebbero in concentrazioni ecologicamente significative e tali da esplicare un'azione biochimica *in situ*. Secondo ricercatori della Woods Hole Oceanographic Institution (SAZ et al., 1963) una macromolecola organica, a peso molecolare superiore a 10.000 e di natura lipidica, sarebbe direttamente responsabile del potere antibatterico dell'acqua di mare. Essa sarebbe attiva solo contro i germi Gram-positivi, il che giustificherebbe la Gram-negatività della flora batterica marina endogena. In base a questi risultati AUBERT ha concluso che l'acqua di mare è costantemente dotata di attività antibatterica.

BRISOU (1964), con una serie di brillanti argomentazioni, avanza invece delle riserve che lo portano ad escludere, anche in base ai risultati delle sue ricerche, il potere antibiotico dell'acqua di mare. Secondo questo Autore è possibile che ci siano nel mezzo marino fenomeni di antagonismo batterico, ma non è

lecito parlare di antibiosi. Si tratta piuttosto di apprezzare la sopravvivenza, la resistenza, la vitalità di batteri sottoposti a condizioni di vita non abituali ed ostili. La scomparsa dei germi deve essere attribuita più a deficienze nutrizionali che ad una specifica azione nociva. Anche se alcuni elementi fitoplanctonici liberano sostanze sfavorevoli allo sviluppo di determinati batteri patogeni, non è legittimo, per questo, parlare di un'attività antibatterica *in toto*. L'acido acrilico, solo allo stato puro ed in forte concentrazione, esercita un'azione batteriostatica passeggera e modesta: in piccole dosi favorisce anzi lo sviluppo di *Pseudomonas aeruginosa*, in un mezzo in cui vive anche *E. coli*. Circa la natura terpenica di alcuni prodotti di escrezione a cui è stato attribuito potere antibiotico, BRISOU fa notare che, per quanto le proprietà antisettiche di queste sostanze, come il citrolo, il mentolo, il terpinolo, siano ben note, non è possibile attribuire ad esse altre capacità, così come non possiamo affermare che una foresta di pini costituisca un mezzo antibiotico solo perché le essenze di pino, di timo, di menta purificate agiscono da antibatteri in virtù del loro potere antisettico.

In effetti sono necessarie ulteriori ricerche per affermare l'esistenza di un potere antibiotico dell'acqua di mare che si espliciti solamente contro i batteri patogeni immessi, considerata l'assoluta necessità della sopravvivenza e piena funzionalità dei batteri propri del mare. Questi infatti giocano un ruolo insostituibile nei processi di degradazione e di mineralizzazione della sostanza organica, che sono alla base della vita.

In conclusione, senza voler minimizzare la gravità del problema dell'inquinamento, possiamo affermare che esiste nel mare e negli ambienti salmastri, come lo dimostrano anche nostre ricerche (GENOVESE e BRUNI, 1965; BRUNI, 1968 a), un indubbio potere autodepurante, risultante dalla interazione di tutta una serie di complessi fattori fisici, chimici e biologici.

BIBLIOGRAFIA

- AUBERT, M., 1968: Rapport d'activité C.E.R.B.O.M., 1-55.
- AUBERT, M. et H. LEBOUT, 1962: Étude microbiologique du plancton de la Baie des Anges à Nice. Publ. Staz. zool. Napoli, 32 suppl., 483-489.
- AUBERT, M., J. AUBERT et J. P. GAMBAROTTA, 1968: Côtes de France. Inventaire national de la pollution bactérienne des eaux littorales. Rev. Intern. Océanogr. Méd. (suppl.), 1, 1-73.
- BRISOU, J., 1964: A propos du pouvoir antibiotique du milieu marin. Cah. C.E.R.B.O.M., 16, 49-75.
- BRISOU, J., H. VARGUES et J. CADEILLAN, 1961: Vie des microbes terrestres en milieu marin. Action des composés iodés. C. R. Soc. Biol. 155. 887-890.

- BRUNI, V., 1968 a: Preliminari indagini microbiologiche sul lago salmastro di Paola (Saubaudia). Atti Soc. Peloritana **14**, 37-48.
- , 1968 b: Sulla microflora associata a Poriferi del Lago di Faro. Atti Soc. Peloritana, **14**, 165-170.
- CARLUCCI, A. F. and D. PRAMER, 1960: An evaluation of factors affecting the survival of *Escherichia coli* in sea water. Appl. Microbiol. **8**, 243-256.
- DARBEL, W., 1968: Inquinamento delle acque interne da prodotti petroliferi. In: *Inquinamento*. Enciclopedia del petrolio, ed. C. Colombo, **5**, 15-19.
- GENOVESE, S. e V. BRUNI, 1965: Indagini sulla autodepurazione delle acque di alcuni stagni salmastri (Ganzirri, Faro, Oliveri). Atti Soc. Peloritana **11**, 313-328.
- , 1966: Sul potere autodepurante dell'acqua di mare. Arch. Zool. Ital. **51**, 295-308.
- JOHANNESSEN, J. K., 1957: Nature of the bactericidal agent in seawater. Nature **180**, 285-286.
- KETCHUM, B. H., 1967: Man's resources in the marine environment. In: Pollution and marine ecology, ed. OLSON T. A. e F. J. BURGESS, Intersc. Publ. 1-11.
- MAUGERI, T. L., 1969: *Bdellovibrio bacteriovorus*. Rassegna sintetica. Boll. Ist. Sieroter. Milanese **48**, 84-95.
- MCKEE, J. E., 1967: Parameters of marine pollution. An overall evaluation. In: Pollution and marine ecology, ed. OLSON T. A. e F. J. BURGESS, Intersc. Publ. 259-266.
- PAOLETTI, A., 1965: Microorganismes pathogènes dans le milieu marin. Pollutions marines par les microorganismes et les produits pétroliers. Symp. Monaco (avril 1964). C.I.E.S.M. 133-184.
- SAZ, A. K., S. WATSON, S. R. BROWN and D. L. LOWERY, 1963: Antimicrobial activity of marine waters. I. Macromolecular nature of antistaphylococcal factor. Limnol. Oceanogr. **8**, 63-67.
- SIEBURTH, J. McN., 1959: Antibacterial activity of antarctic marine Phytoplankton. Limnol. Oceanogr. **4**, 419-424.
- SIEBURTH, J. McN. and D. M. PRATT, 1962: Anticiliiform activity of sea water associated with the termination of *Skeletonema costatum* blooms. Trans N. Y. Acad. Sci. ser. II, **4**, 498-501.
- TOKUOMI, H., 1969: Medical aspects of Minamata disease. Rev. Intern. Océanogr. Méd. **13-14**, 5-44.

Dr. S. GENOVESE, Istituto di Idrobiologia dell'Università, Messina, Italia.

Copepodi pelagici dell'Adriatico settentrionale nel periodo gennaio - dicembre 1965

di

JURE HURE e BRUNO SCOTTO DI CARLO

(Dal Biološki Institut, Dubrovnik e dalla Stazione Zoologica di Napoli)

12 Figure e 9 Tabelle

Summary. The Copepod population of the Northern Adriatic Sea was studied on the basis of the material collected during 1965 by means of the Mb *Argonauta* of the Marine Station of Portorož.

144 plankton samples were collected during 9 cruises; 67 species of Copepods were identified. The majority of the species were found only sporadically so that the population in the area is monotonous. On the other hand the population is characterized by the exceptional abundance of a few typically neritic forms. This fact is particularly evident during the warmest months. During winter and spring there was a greater variety of species, which corresponded to a lower quantitative difference between the species.

The number of Copepods during the year shows the two typical summer and spring maxima. The Copepods are clearly dominant in relation with the other planktonic groups during winter and spring. During summer they represent a much lower fraction of the whole planktonic population in spite of the high increase in number of specimens. The quantitative importance of Copepods during the year also shows a certain difference between the various zones of the Northern Adriatic Sea. Generally the areas in front of the mouth of the River Po and those located south of it along the Italian coasts, are more rich than the areas close to the Istria coasts and than those located south-west of Kvarnar. This fact was evident during all the cruises carried out, with the exception of those in the first part of summer, when the eastern coasts seemed to be richer. In the western regions of the North Adriatic Sea the greater abundance of Copepods is, without any doubt, correlated with the higher primary productivity of these zones. This productivity is a consequence of the nutrient salts and organic matter carried by the rivers into the sea.

Finally the presence of open and deeper sea organisms, characteristic of the middle and South Adriatic Sea, and their distribution in the Northern regions of this sea, is discussed. In our opinion these species are able, during winter months, to enter the shallower northern waters, not only by current transportation, but also by a true migration.

Riassunto. Si è analizzata la popolazione a Copepodi dell'Adriatico settentrionale sulla base del materiale raccolto durante l'anno 1965 dal battello *Argonauta* della Stazione Marina di Portorož.

Nei 144 saggi planctonici raccolti durante 9 crociere sono state riconosciute 67 specie di Copepodi. La maggior parte di esse si rinvennero soltanto sporadicamente, così che risulta per questo areale una monotonia della popolazione, che è caratterizzata invece dall'eccezionale sviluppo di poche forme tipicamente neritiche. Questo è particolarmente evidente durante i mesi più caldi dell'anno, mentre in inverno ed in primavera si riscontra una più grande varietà di popolazione, cui corrisponde una minore diversità quantitativa tra le varie specie.

La quantità dei Copepodi durante l'anno mostra i due tipici massimi: in primavera ed in estate. Nell'area considerata, rispetto agli altri gruppi planctonici, i Copepodi sono nettamente dominanti durante l'inverno e la primavera, mentre nel corso dell'estate, nonostante il loro forte incremento quantitativo, essi rappresentano una frazione molto minore dell'intera popolazione planctonica.

L'importanza quantitativa dei Copepodi durante l'anno mostra una certa diver-

sità anche tra le varie zone dell'Adriatico nord. In generale le acque prospicienti la foce del fiume Po, e quelle a sud di questa lungo le coste italiane presentano una maggiore ricchezza di quelle in vicinanza della costa istriana e a sud-ovest del Quarnaro. Questo è evidente durante tutte le crociere, eccettuate quelle all'inizio dell'estate, quando più ricche sembrano apparire invece le acque delle coste orientali. La maggiore abbondanza dei Copepodi nelle regioni occidentali del nord Adriatico è senz'altro da mettere in relazione con la più elevata produttività primaria che presentano queste zone, in dipendenza dell'immissione di acque fluviali ricche in sali nutritivi ed in materia organica.

Viene discussa infine la presenza di organismi di mare aperto e più profondo tipici del medio e basso Adriatico e la loro propagazione nelle regioni settentrionali di questo mare. Si è dell'opinione che queste specie possano, durante l'inverno, penetrare nelle acque settentrionali di più debole profondità, non soltanto trasportate dalle correnti, ma anche per una propagazione attiva in questo bacino.

INTRODUZIONE

I dati sui Copepodi planctonici dell'Adriatico riguardano per lo più la parte settentrionale di questo mare. A questo hanno contribuito le prime stazioni di biologia marina, fondate fin dalla fine del secolo scorso sulle coste occidentali della penisola istriana, nonché il particolare interesse che gli zoologi mostravano in quel tempo per le ricerche planctonologiche (CLAUS, 1881; CAR, 1890; STEUER, 1895, 1903; GRAEFFE, 1900; LEDER, 1917). Queste prime conoscenze diedero l'impulso per un allargamento delle ricerche, così che si ebbero alcune spedizioni (VICHOW, NAJADE, CICLOPE, VILA VELEBITA), che coprono una area più o meno vasta dell'Adriatico. I Copepodi raccolti nel corso delle spedizioni furono elaborati da STEUER (1910, 1913), GRANDORI (1913), PESTA (1920), FRÜCHTL (1920, 1924).

Attualmente le ricerche sui Copepodi planctonici sono localizzate soprattutto nel medio e basso Adriatico, mentre sono quasi del tutto abbandonate nella parte settentrionale di questo bacino. Poiché quasi mezzo secolo ci separano dai lavori di notevole importanza dei primi ricercatori sullo zooplancton nord-Adriatico, si è ritenuto interessante accettare l'offerta della Stazione Marina di Portorož di elaborare il ricco materiale di Copepodi raccolto dal battello oceanografico Argonauta nelle acque settentrionali dell'Adriatico, durante l'anno 1965. I Copepodi, separati presso la Smithsonian's Medit. sorting center di Salammbò, ci sono stati inviati, con i dati idrografici e tutti gli altri dati necessari, dal Dr. J. Štirn, che qui vogliamo sentitamente ringraziare.

MATERIALE E METODI

Le ricerche sono state effettuate nell'Adriatico settentrionale durante l'anno 1965, su di un'area che si spinge verso sud fino alla linea che congiunge l'isola di Lošinj, sulle coste dalmate, alla città di Rimini. I saggi planctonici sono stati raccolti durante

Il materiale è stato raccolto con una rete HENSEN, lunga 2 metri, avente i diametri di apertura di 65,5/100 cm, di Wydler Seidengaze extra No. 3. Sono stati eseguiti tratti verticali da una profondità di circa 3 metri al disopra del fondo fino alla superficie, con una velocità di 3 m/sec. Dai saggi sono stati separati i diversi gruppi planctonici presso il M.M.S.C. di Salammò. I campioni che sono stati messi a nostra disposizione rappresentavano, per la maggior parte, da 1/7 ad 1/10 del numero totale dei Copepodi presenti in tutto il saggio; soltanto per pescate eccezionalmente ricche questa frazione era minore, mentre qualche volta ci è stato inviato l'intero saggio, quando questo era assai povero.

Sono state numerate tutte le forme presenti, ma determinate soltanto quelle adulte e gli ultimi stadi copepoditi di gran parte delle specie dominanti. Particolare attenzione è stata rivolta ad alcune forme caratteristiche delle aree aperte del mar Adriatico, e di queste si è cercato di determinare, quando possibile, tutti gli stadi copepoditi.

CONDIZIONI IDROGRAFICHE¹

L'Adriatico settentrionale, e soprattutto la sua zona compresa tra la penisola istriana e la costa italiana, è di fatto un golfo di debole profondità, le cui condizioni idrografiche sono influenzate in maniera determinante dalla regione continentale circostante. Il deflusso dei fiumi scorrenti nella pianura padana abbassa costantemente la salinità marina, e le basse profondità provocano escursioni termiche stagionali notevoli, a causa dei forti abbassamenti di temperatura nei mesi invernali.

I più bassi valori della salinità in superficie si stabiliscono regolarmente in Adriatico nord durante l'estate, ed in particolare in agosto (VATOVA, 1942, 1948). In questo periodo si è rilevato che la isoalina 37 si sposta in vicinanza della costa istriana, mentre tutta la zona occidentale si trova ad una salinità minore (da 30-36 ‰). Poiché questo è il mese più caldo, con forte evaporazione e con precipitazioni quasi assenti, l'abbassamento della salinità è dovuto soltanto alle acque dei fiumi padani (MARINKOVIĆ-ROJE, 1958). Le maggiori salinità delle acque superficiali si riscontrano durante il periodo invernale, soprattutto nei mesi di gennaio e febbraio. L'isoalina 37 limita un vasto areale centrale con alta salinità da una piccola fascia costiera di minore salinità, che soltanto poco si estende in prossimità del delta padano. All'inizio della primavera questa zona costiera di debole salinità gradualmente si allarga verso oriente, ed in maggio l'isoalina 37 soltanto di poco supera la punta meridionale dell'Istria.

Negli strati inferiori la salinità in generale aumenta, con un gradiente che varia in dipendenza dei valori superficiali. Le differenze che si stabiliscono tra i vari strati sono massime nei mesi caldi e minime nel periodo invernale. I

¹ L'interpretazione delle condizioni idrografiche è stata in gran parte desunta dal lavoro manoscritto inviatoci cortesemente dal Dr. J. Štirn.

valori della salinità nel nord Adriatico, secondo BULJAN (1953), non sono costanti attraverso gli anni, ma variano in relazione alla portata delle ingressioni di acque mediterranee nell'Adriatico attraverso il Canale di Otranto. A questo riguardo ZORE-ARMANDA (1963) distingue in nord Adriatico inverni con alta salinità, caratterizzati dalla presenza di acque di densità $\sigma_t > 29,3$, da inverni a bassa salinità, con densità $\sigma_t < 29,3$.

Le più basse temperature superficiali sono state registrate durante il mese di febbraio sulle stazioni lungo la costa italiana presso il delta padano (6°C). In generale, nel periodo invernale, si nota un leggero aumento di temperatura dalla costa verso il largo, e da nord verso le zone meridionali dell'alto Adriatico. Un analogo andamento della distribuzione delle isoterme si osserva nei mesi successivi fino ad agosto, quando si insediano le maggiori temperature dell'anno, con valori all'incirca simili per tutto l'areale ($24\text{-}25^\circ\text{C}$). Durante lo autunno il graduale raffreddamento delle acque superficiali inizia con maggiore intensità lungo la fascia costiera, e le isoterme vanno disponendosi come nel periodo invernale-primaverile.

La differenza tra le temperature superficiali e quelle del fondo è minima nei mesi freddi, e spesso su tutte le stazioni si stabilisce l'omotermita o anche si può avere, soprattutto in vicinanza delle coste, una stratificazione inversa. Il riscaldamento dei livelli superficiali comincia in marzo e la temperatura aumenta progressivamente negli strati più profondi fino a settembre, quando il termocline si stabilisce, più o meno su tutte le stazioni, alla profondità di circa 30 metri.

RISULTATI GENERALI

Elenco delle specie rinvenute nelle 9 crociere:

- | | |
|--|---|
| 1. <i>Calanus helgolandicus</i> (CLAUS) | 18. <i>Clausocalanus pergens</i> FARRAN |
| 2. <i>Calanus tenuicornis</i> DANA | 19. <i>Ctenocalanus vanus</i> GIESBRECHT |
| 3. <i>Nannocalanus minor</i> (CLAUS) | 20. <i>Pseudocalanus elongatus</i> BOECK |
| 4. <i>Neocalanus gracilis</i> (DANA) | 21. <i>Aetideus armatus</i> (BOECK) |
| 5. <i>Eucalanus attenuatus</i> (DANA) | 22. <i>Euaetideus giesbrechti</i> (CLEVE) |
| 6. <i>Paracalanus denudatus</i> SEWELL | 23. <i>Euchaeta hebes</i> GIESBRECHT |
| 7. <i>Paracalanus nanus</i> G. O. SARS | 24. <i>Euchaeta marina</i> (PRESTANDREA) |
| 8. <i>Paracalanus parvus</i> (CLAUS) | 25. <i>Scolecithrix bradyi</i> GIESBRECHT |
| 9. <i>Calocalanus pavo</i> (DANA) | 26. <i>Diaixis pygmoea</i> (T. SCOTT) |
| 10. <i>Calocalanus contractus</i> FARRAN | 27. <i>Centropages typicus</i> KROYER |
| 11. <i>Calocalanus styliremis</i> GIESBRECHT | 28. <i>Centropages kröyeri</i> GIESBRECHT |
| 12. <i>Calocalanus neptunus</i> SHMELEVA | 29. <i>Centropages violaceus</i> (CLAUS) |
| 13. <i>Ischnocalanus plumulosus</i> (CLAUS) | 30. <i>Isias clavipes</i> BOECK |
| 14. <i>Mecynocera clausi</i> THOMPSON | 31. <i>Temora stylifera</i> (DANA) |
| 15. <i>Clausocalanus arcuicornis</i> (DANA) | 32. <i>Temora longicornis</i> (MÜLLER) |
| 16. <i>Clausocalanus furcatus</i> (BRADY) | 33. <i>Pleuromamma gracilis</i> (CLAUS) |
| 17. <i>Clausocalanus paululus</i> FARRAN | 34. <i>Lucicutia flavicornis</i> (CLAUS) |

- | | |
|--|---|
| 35. <i>Candacia armata</i> (BOECK) | 54. <i>Oncaea venusta</i> PHILIPPI |
| 36. <i>Paracandacia simplex</i> (GIESBRECHT) | 55. <i>Lubbockia squillimana</i> CLAUS |
| 37. <i>Anomalocera patersoni</i> TEMPLETON | 56. <i>Sapphirina auronitens</i> CLAUS |
| 38. <i>Pontella mediterranea</i> (CLAUS) | 57. <i>Sapphirina nigromaculata</i> CLAUS |
| 39. <i>Labidocera wollastoni</i> (LUBBOCK) | 58. <i>Copilia mediterranea</i> (CLAUS) |
| 40. <i>Acartia (Acartiura) clausi</i> GIESBRECHT | 59. <i>Corycaeus (Corycaeus) clausi</i> DAHL |
| 41. <i>Acartia (Planktcartia) negligens</i> DANA | 60. <i>Corycaeus (Agetus) typicus</i> KRÖYER |
| 42. <i>Oithona brevicornis</i> GIESBRECHT | 61. <i>Corycaeus (Agetus) flaccus</i> GIESBRECHT |
| 43. <i>Oithona helgolandica</i> (CLAUS) | 62. <i>Corycaeus (Onychocorycaeus) giesbrechti</i> DAHL |
| 44. <i>Oithona nana</i> GIESBRECHT | 63. <i>Corycaeus (Onychocorycaeus) latus</i> (DANA) |
| 45. <i>Oithona plumifera</i> BAIRD | 64. <i>Corycaeus (Onychocorycaeus) ovalis</i> CLAUS |
| 46. <i>Oithona setigera</i> (DANA) | 65. <i>Corycaeus (Ditrichocorycaeus) brehmi</i> STEUER |
| 47. <i>Microsetella rosea</i> (DANA) | 66. <i>Corycaeus (Urocorycaeus) furcifer</i> CLAUS |
| 48. <i>Euterpina acutifrons</i> (DANA) | 67. <i>Corycaeus (Corycella) rostrata</i> CLAUS |
| 49. <i>Clytemnestra rostrata</i> (BRADY) | |
| 50. <i>Oncaea conifera</i> GIESBRECHT | |
| 51. <i>Oncaea media</i> GIESBRECHT | |
| 52. <i>Oncaea mediterranea</i> (CLAUS) | |
| 53. <i>Oncaea subtilis</i> GIESBRECHT | |

I Crociera: 26-28 gennaio 1965

In questa crociera non sono state effettuate pescate nella parte centrale dell'area in esame (stazioni 6, 7, 8, 12, 17) e quindi i nostri dati si riferiscono soltanto alle zone settentrionali e meridionali. Quivi la popolazione a Copepodi è quantitativamente assai scarsa (media 4.940 ind/m^2)². Maggiori concentrazioni si sono riscontrate soltanto sulle zone a sud della penisola istriana (staz. 14, 15, 16), (Fig. 2).

Sulle stazioni costiere settentrionali le poche specie presenti sono tutte quantitativamente importanti (Tab. 1). Tra queste spiccano: *Ctenocalanus vanus*, *Centropages typicus*, *Clausocalanus arcuicornis*, *Oithona plumifera*, *Oncaea mediterranea*, *Temora stylifera*, *Corycaeus brehmi* e *Calanus helgolandicus*. Al contrario, sulle stazioni più meridionali, soltanto 3 specie risultano di gran lunga le più frequenti (*Ctenocalanus vanus*, *Oithona plumifera* e *Clausocalanus arcuicornis*). Qui però si ha una maggiore varietà di popolazione, per la presenza di specie pelagiche di facies più profonda, come *Calanus gracilis*, *Pleuromamma gracilis*, *Lucicutia flavicornis*, *Oncaea conifera* e *Corycaeus furcifer*. Tutte queste forme si ritrovano quasi sempre in esemplari giovanili, ed in particolare *Calanus gracilis* e *Pleuromamma gracilis* non si ritrovano mai allo stadio adulto.

² La tecnica usata non permette ovviamente determinazioni quantitative assolute, per cui i nostri dati numerici assumono significato soltanto al fine di una valutazione dell'abbondanza relativa dei Copepodi raccolti alle varie stazioni nei diversi periodi dell'anno.

II Crociera: 25-27 febbraio 1965

Rispetto alla precedente crociera, il numero di Copepodi riscontrato è di gran lunga maggiore (media 10.070 ind/m²). Le più alte concentrazioni si no-

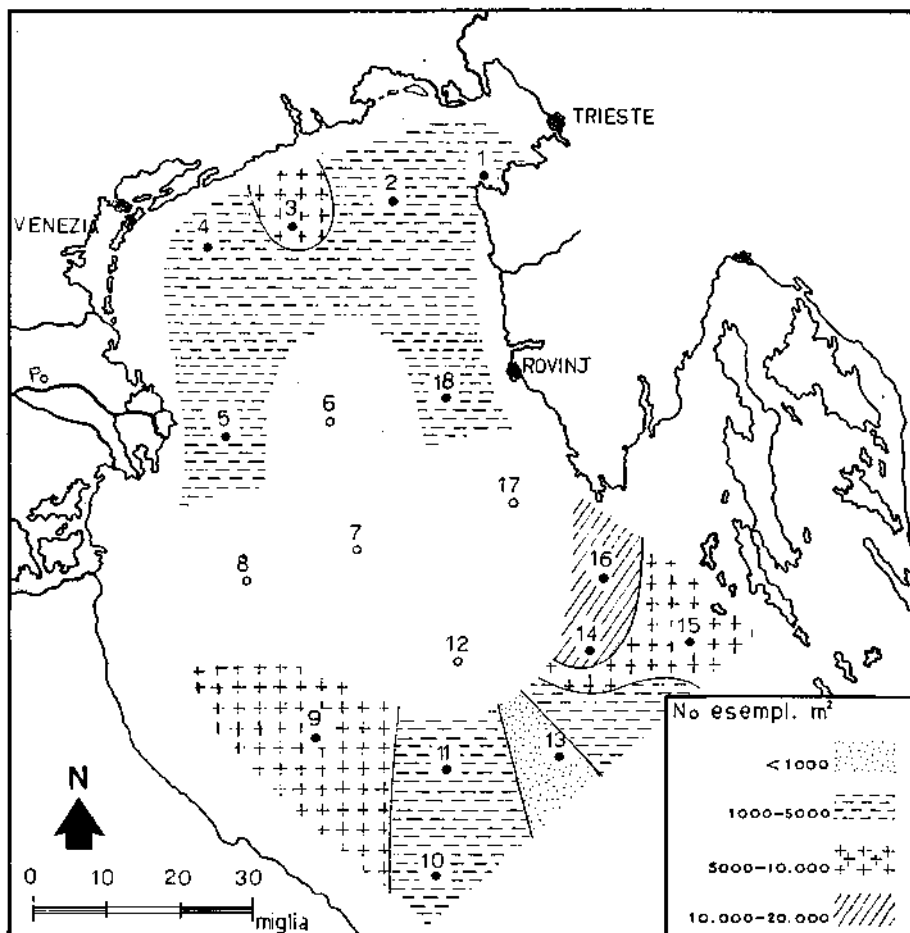


FIG. 2. Distribuzione della popolazione a Copepodi nell'Adriatico nord nel periodo 26-28 gennaio 1965 (No. di esempl./m²).

tano in prossimità della foce del fiume Po e lungo la costa italiana (staz. 5, 9, 10) (Fig. 3).

Sulle stazioni settentrionali le specie dominanti risultano: *Ctenocalanus vanus*, *Centropages typicus*, *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus*, *Oithona plumifera*, ed inoltre sono caratteristiche quasi esclusivamente di questa zona: *Pseudocalanus elongatus*, *Temora longicornis* ed *Acartia clausi*. La popolazione

a Copepodi presenta invece, sulle stazioni più meridionali, una fisionomia analoga a quella della precedente crociera (Tab. 2). Tipica è, in questo periodo, la presenza costante di stadi adulti di *Pleuromamma gracilis*, *Lucicutia flavicornis*, *Aetideus armatus* ed *Euchaeta hebes*. Quest'ultima specie è anche abbastanza comune e si spinge fin nel Golfo di Trieste.

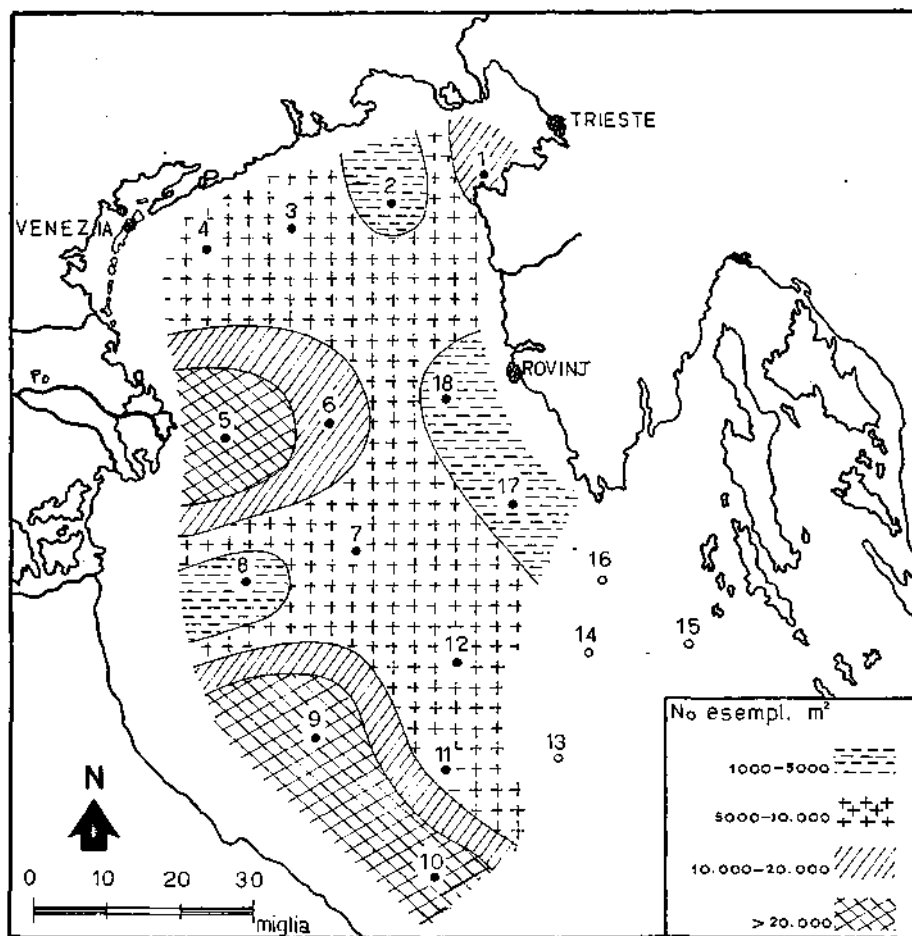


FIG. 3. Distribuzione della popolazione a Copepodi nell'Adriatico nord nel periodo 25-27 febbraio 1965 (No. di esempl./m²).

III Crociera: 24-28 marzo 1965

La popolazione a Copepodi presenta un ulteriore incremento quantitativo (media 20.970 ind/m²). Zone di massima concentrazione si riscontrano sulle stazioni antistanti la foce del Po e su quelle sud-orientali (Fig. 4).

Dal punto di vista qualitativo la fauna delle zone settentrionali presenta caratteristiche del tutto simili a quella della precedente crociera. Si assiste però ad un grande aumento quantitativo e ad un ampliamento dell'area di distribuzione della maggior parte delle specie (*Centropages typicus*, *Acartia*

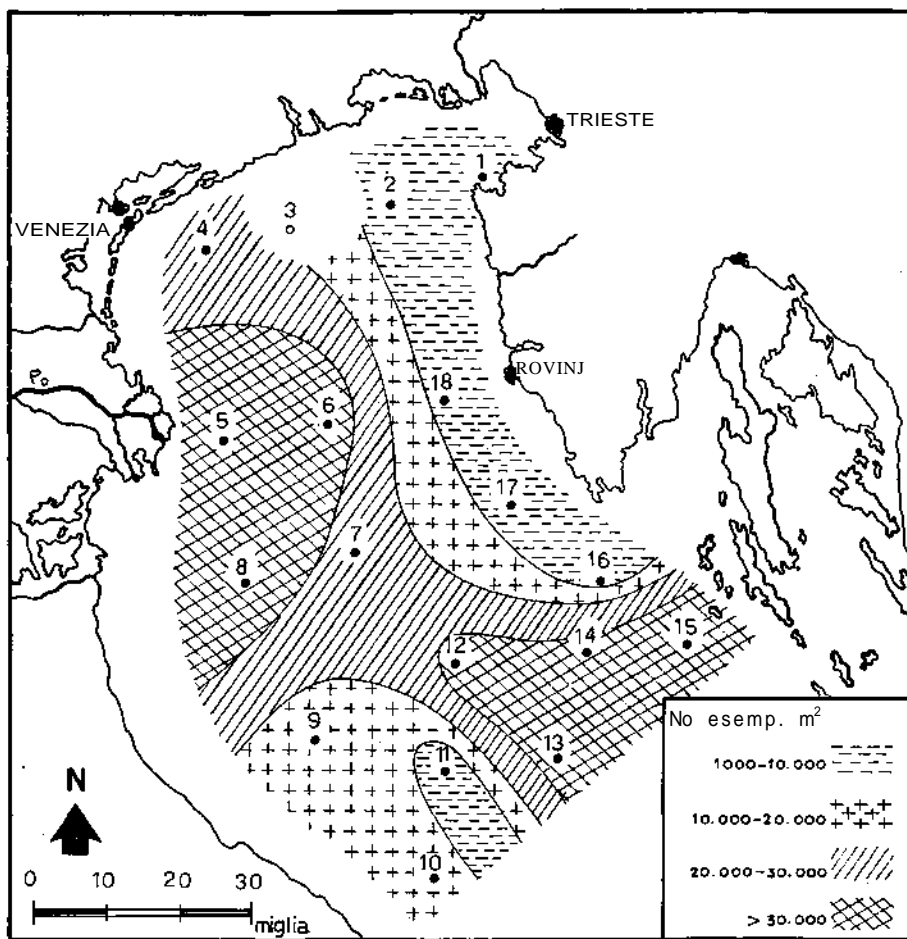


FIG. 4. Distribuzione della popolazione a Copepodi nell'Adriatico nord nel periodo 24-28 marzo 1965 (No. di esempl./m²).

clausi, *Oithona helgolandica*, *Paracalanus parvus*). Sulle stazioni più meridionali si osserva, tra le forme dominanti, un notevole incremento di *Clausocalanus arcuicornis* e *Ctenocalanus vanus*, mentre fra le specie caratteristiche soltanto per queste acque, le più comuni risultano: *Calanus tenuicornis*, *Nannocalanus minor* ed *Euchaeta hebes* (Tab. 3).

IV Crociera: 7-9 maggio 1965

Il numero degli esemplari presenti è il più alto di tutto il periodo delle ricerche (media 31.250 ind/m²). Le maggiori concentrazioni si riscontrano su una vasta area abbracciante quasi l'intera metà occidentale del nord Adriatico (Fig. 5).

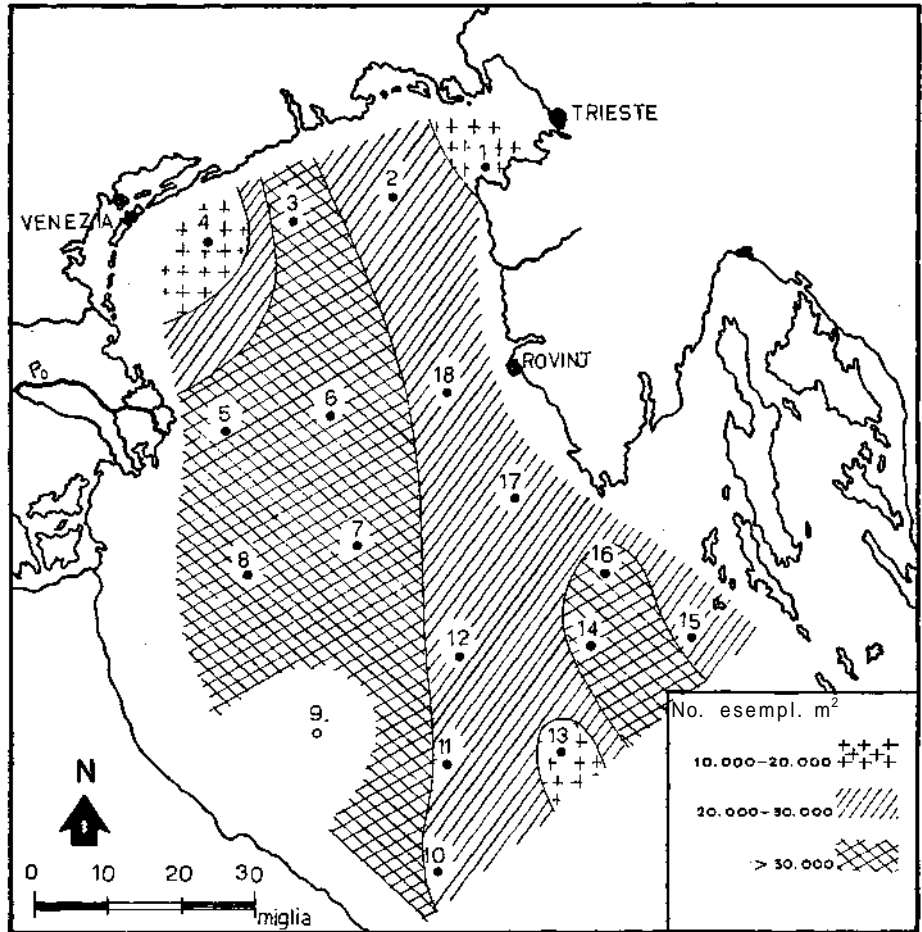


FIG. 5. Distribuzione della popolazione a Copepodi nell'Adriatico nord nel periodo 1-9 maggio 1965 (No. di esempl./m²).

Tra le specie più frequenti, la maggior parte di esse (*Centropages typicus*, *Paracalanus parvus*, *Calanus helgolandicus*, *Temora longicornis*) sono ripartite più o meno uniformemente su tutta l'area esaminata, mentre il più elevato numero di individui presenti nelle acque occidentali è dovuto ad un'unica

specie, *Acartia clausi*, che presenta in questa zona un forte incremento quantitativo. Sulle varie stazioni si osserva inoltre una varietà di popolazione minore che nelle precedenti crociere, così ch  su tutto l'areale appaiono differenze qualitative insignificanti, dovute in particolare ad alcune tipiche forme neritiche (*Pseudocalanus elongatus*, *Diaxis pygmoea*, *Oithona nana*) che sono limitate soltanto alle zone pi  settentrionali (Tab. 4).

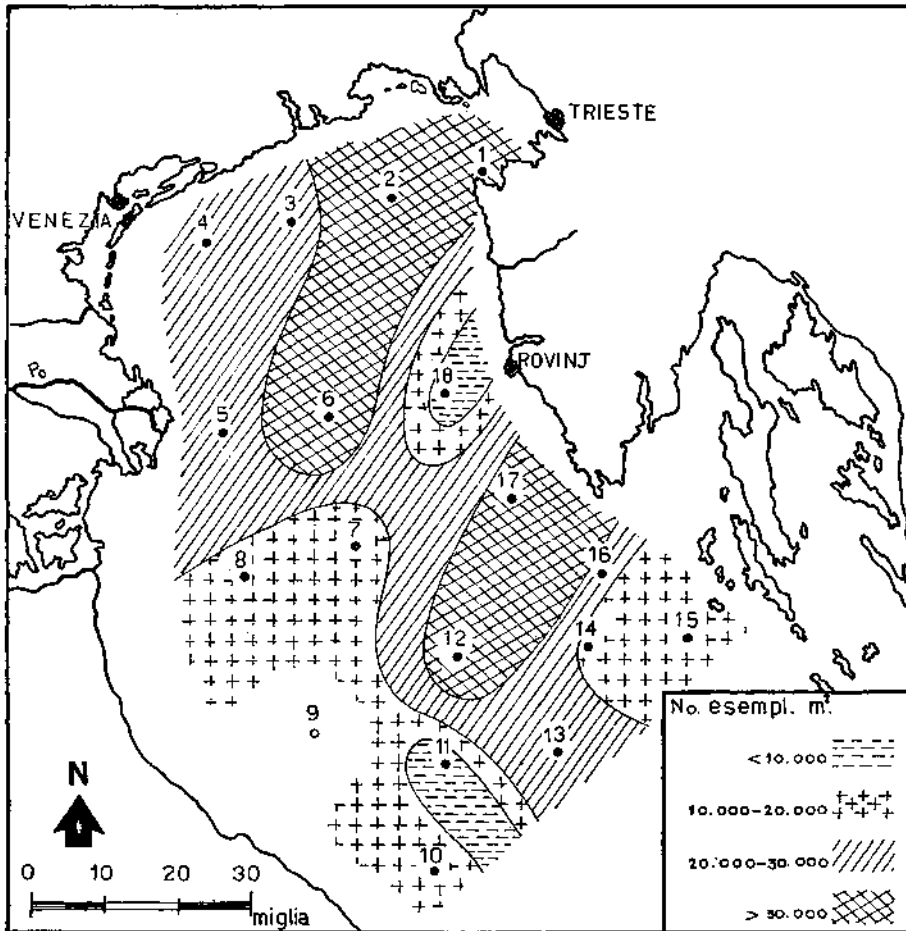


FIG. 6. Distribuzione della popolazione a Copepodi nell'Adriatico nord nel periodo 26-28 maggio 1965 (No. di esempl./m²).

V Crociera: 26-28 maggio 1965

In questa crociera le aree di maggior ricchezza quantitativa si spostano, ma in maniera discontinua, verso le zone orientali (Fig. 6). Il numero di esemplari riscontrati comincia a diminuire (media 27.320 ind/m²).

Le specie più frequenti sono le stesse di quelle riscontrate durante la IV crociera, ma mostrano in questa una più o meno accentuata diminuzione su tutta l'area in esame, con eccezione di *Acartia clausi*, che risulta estremamente abbondante sulle stazioni costiere settentrionali, soprattutto su quelle in prossimità del Golfo di Trieste (Tab. 5).

VI Crociera: 28 giugno - 6 luglio 1965

Il numero di esemplari riscontrati in questo periodo diminuisce nettamente (media 11.120 ind/m²). Le aree di massima concentrazione si restringono maggiormente, e sono limitate alla zona costiera nord-orientale. Minime concentrazioni si osservano invece nelle zone centro-meridionali (Fig. 7).

La fisionomia della popolazione si presenta analoga a quella delle due precedenti crociere (Tab. 6). Specie dominanti nella parte settentrionale risultano: *Paracalanus parvus*, *Acartia clausi*, *Temora longicornis*, *Centropages typicus* e *Calanus helgolandicus*. L'importanza quantitativa di queste specie diminuisce nettamente andando verso sud, dove in particolare *Temora longicornis* e *Calanus helgolandicus* scompaiono quasi totalmente, mentre con maggior frequenza si riscontrano invece *Ctenocalanus vanus* ed *Oithona plumifera*.

VII Crociera: 5-8 agosto 1965

Durante questa crociera il numero di esemplari riscontrati comincia di nuovo ad aumentare (media 16.870 ind/m²). Una ristretta area di più elevata concentrazione si osserva lungo le coste sud-occidentali italiane (Fig. 8).

Tra le specie dominanti soltanto 4 sono distribuite quasi uniformemente su tutto l'areale: *Paracalanus parvus*, *Temora stylifera*, *Oithona plumifera* ed *Acartia clausi*. Tutte le altre specie più frequenti mostrano invece una distribuzione orizzontale meno vasta, conferendo caratteristiche faunistiche specifiche ad aree più o meno ristrette. Così *Pseudocalanus elongatus*, *Oithona nana*, *Temora longicornis*, ed in misura minore *Oithona helgolandica* ed *Oncaea media*, appaiono legate alle acque dessalate della zona costiera occidentale, mentre caratteristiche delle acque sud-orientali risultano *Clausocalanus arcuicornis* e *Clausocalanus furcatus* (Tab. 7).

VIII Crociera: 15-18 settembre 1965

In questo periodo si riscontra un altro massimo, dopo quello primaverile, del numero di esemplari presenti (media 24.960 ind/m²). Le più alte con-

centrazioni si osservano su una area abbastanza vasta, situata a sud della foce del Po (Fig. 9).

Le specie più numerose, come *Paracalanus parvus*, *Temora stylifera* ed *Oithona plumifera* sono distribuite, con poche differenze, sull'intero areale.

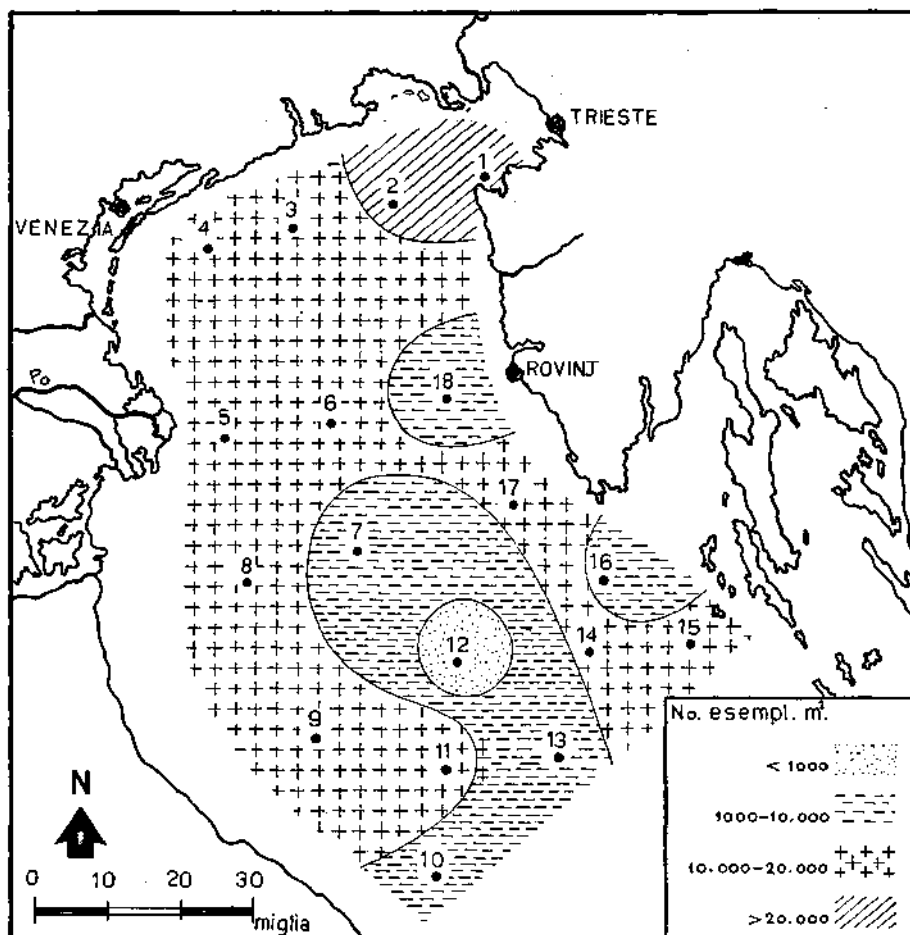


FIG. 7. Distribuzione della popolazione a Copepodi nell'Adriatico nord durante il periodo 28 giugno - 6 luglio 1965 (No. di esempl./m²).

Forme caratteristiche delle acque dessalate della costa occidentale risultano, in ordine di frequenza: *Oncaea media*, *Clytemnestra rostrata*, *Oithona nana*, *Temora longicornis* ed *Oithona helgolandica*. Al contrario *Clausocalanus furcatus* si rinviene con maggior frequenza sulle stazioni a sud della penisola istriana (Tab. 8).

IX Crociera: 14-27 dicembre 1965

Nel corso di quest'ultima crociera non sono state effettuate pescate sulle stazioni del Golfo di Trieste e su quelle antistanti il delta del Po (staz. 1, 2, 5, 6), che erano quantitativamente tra le più ricche in tutti gli altri periodi. Concen-

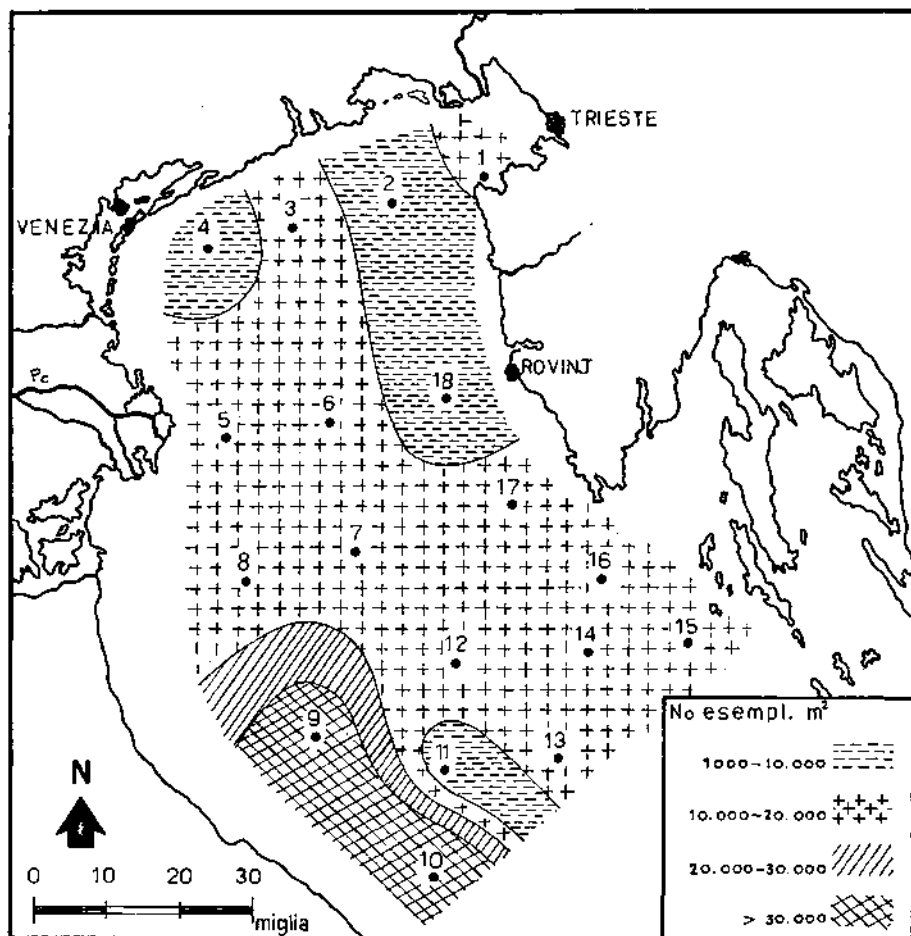


Fig. 8. Distribuzione della popolazione a Copepodi nell'Adriatico nord nel periodo 5-8 agosto 1965 (No. di esempl./m²).

trazioni più elevate si riscontrano più o meno su tutta la zona a sud della linea che congiunge il delta padano con la punta meridionale dell'Istria (Fig. 10). Il numero di individui presenti è abbastanza elevato (media 23.270 ind/m²).

Le specie dominanti presentano più o meno su tutta l'area la stessa importanza quantitativa (*Ctenocalanus vanus*, *Oncaea media*, *Temora stylifera*,

Clausocalanus arcuicornis, *Oithona plumifera*, *Euterpina acutifrons*, *Oncaea mediterranea*, *Oithona helgolandica*, *Calocalanus pavo*, *Paracalanus parvus* e *Centropages typicus*). Caratteristica in questo periodo è la relativamente grande varietà di popolazione, per la presenza di specie più tipicamente di mare aperto, come *Calanus tenuicornis*, *Nannocalanus minor*, *Euchaeta hebes*, *Scolecithrix bradyi*, *Oithona setigera*, *Lubbockia squillimana* e *Corycaeus clausi*, che si riscontrano quasi esclusivamente sulle stazioni più meridionali (Tab. 9).

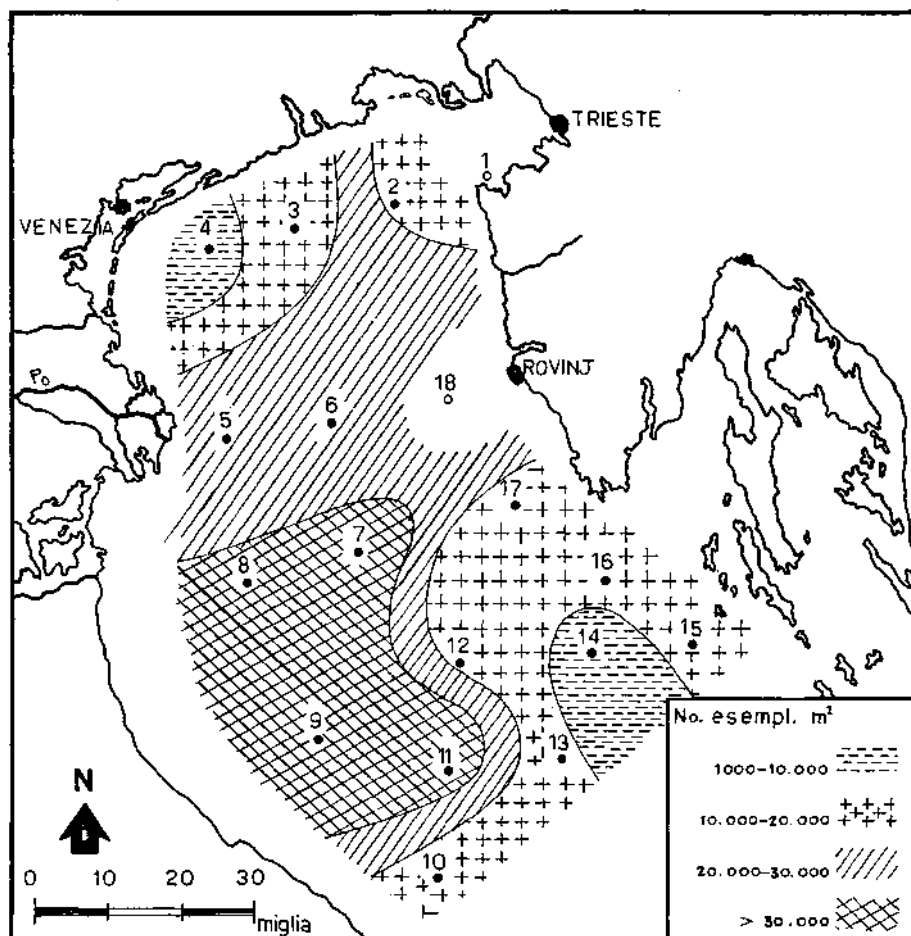


FIG. 9. Distribuzione della popolazione a Copepodi nell'Adriatico nord durante il periodo 15-18 settembre 1965 (No. di esempl./m²).

CARATTERISTICHE GENERALI DEL POPOLAMENTO

Nel nord Adriatico i Copepodi, pur essendo il gruppo maggiormente numeroso, formano una frazione non eccessivamente grande dello zooplancton.

Dalla tabella che segue (da ŠTIRN, manoscritto), si vede che essi, nelle 9 crociere, rappresentano soltanto il 40 % del totale:

Copepoda	40,0 %	Appendicularia	2,0 %
Cladocera	31,0 %	Thaliacea	19 %
Siphonophora	4,7 %	Meroplancton	7,1 %
Chaetognatha	2,3 %	Altri gruppi	11,0 %

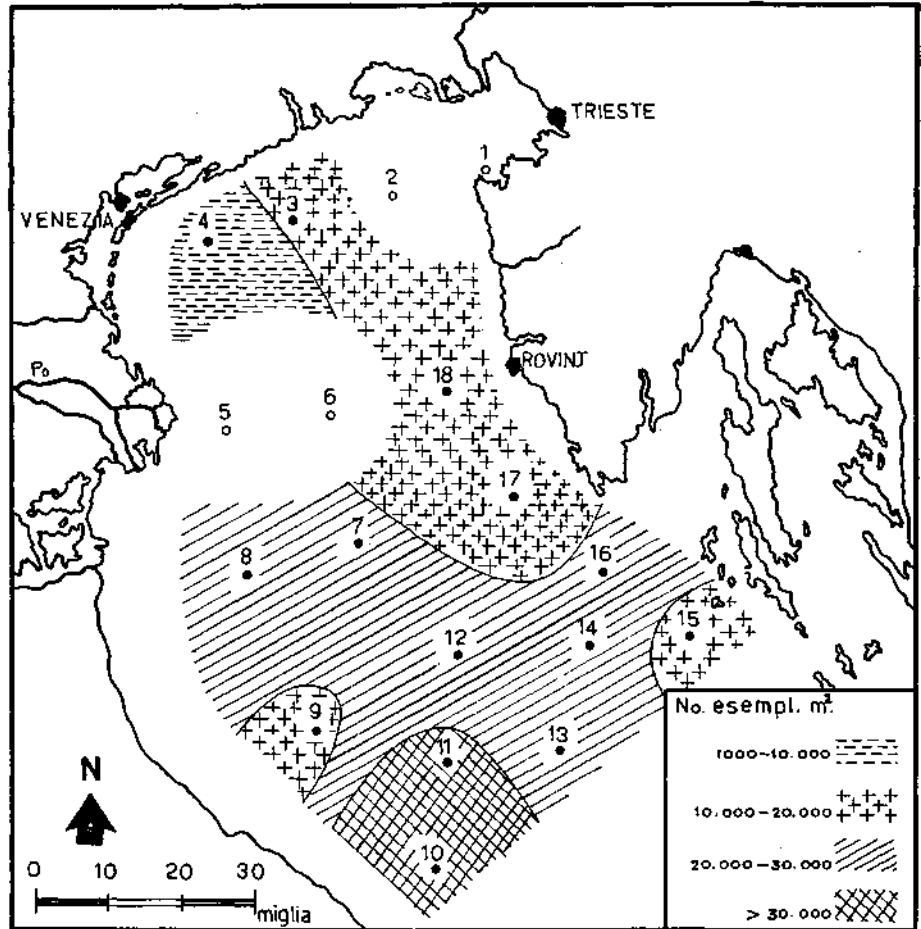


FIG. 10. Distribuzione della popolazione a Copepodi nell'Adriatico nord nel periodo 14-27 dicembre 1965 (No. di esempl./m²).

In realtà questa percentuale risulta assai variabile durante l'anno. Infatti in inverno e in primavera i Copepodi sono nettamente dominanti su tutti gli altri organismi, mentre in estate essi rappresentano una minima frazione del totale.

L'abbondanza numerica assoluta della popolazione a Copepodi presenta due massimi, il primo, più accentuato, in maggio, l'altro alla fine dell'estate, i quali non coincidono sempre con le più alte percentuali di composizione che i Copepodi assumono rispetto a tutta la fauna planctonica (Fig. 11). La dominanza dei Copepodi nel periodo invernale-primaverile non dipende infatti dalla loro abbondanza, bensì dalla generale diminuzione di tutta la popolazione plancto-

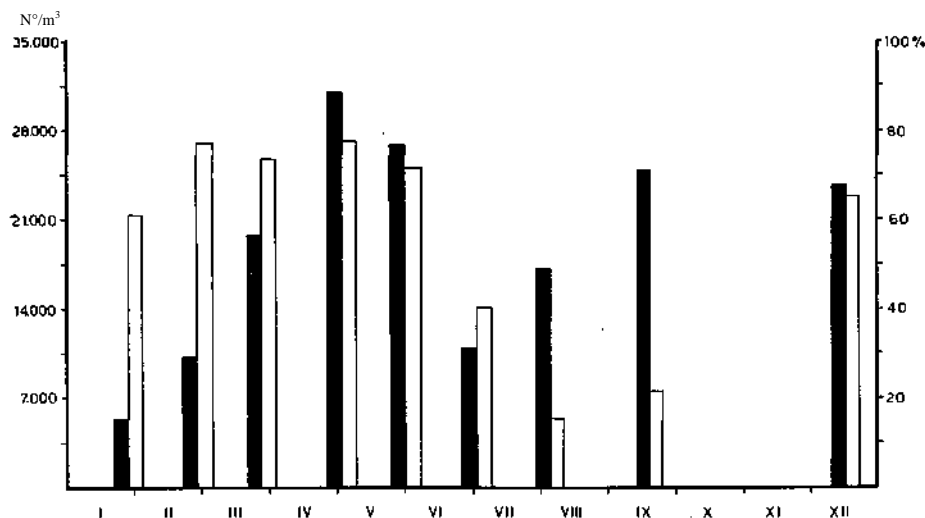


Fig. 11. Rapporto tra il numero totale dei Copepodi (colonnina nera) e la loro percentuale rispetto a tutta la fauna planctonica (colonnina bianca) durante le 9 crociere.

nica, ed inoltre il loro incremento quantitativo alla fine dell'estate non ha una considerevole influenza sulla fisionomia dello zooplancton, la quale è data, in questo periodo, soprattutto da altri gruppi animali, ed in particolare dalla eccezionale fioritura dei Cladoceri (ŠTIRN, manoscritto).

Il numero totale dei Copepodi catturati nelle 9 crociere è abbastanza diverso tra le varie zone del nord Adriatico. I più alti valori quantitativi sono stati riscontrati nelle acque centrali prospicienti la foce del Po ed a sud di essa lungo le coste italiane (staz. 5, 6, 7, 8, 9, 10). Le zone costiere, da Venezia a Rovigno, e gran parte di quelle a sud e a sud-ovest della penisola istriana, mostrano invece valori quantitativi minori (Fig. 12). Queste differenze sono ben accentuate durante tutte le crociere, eccetto la V (26-28 maggio) e la VI (28 giugno - 6 luglio), quando le acque orientali appaiono leggermente più ricche di quelle della costa italiana.

Una caratteristica generale del bacino nord Adriatico è il piccolo numero di specie dominanti, tra le quali danno il più elevato contributo quantitativo: *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus*, *Ctenocalanus vanus*, *Centropages typicus* e

Temora stylifera. Assai abbondanti risultano anche: *Clausocalanus arcuicornis*, *Temora longicornis*, *Calanus helgolandicus*, *Oithona plumifera*, *Oncaea media*, *Oithona helgolandica*, *Clausocalanus furcatus*, *Oncaea mediterranea* e *Corycaeus giesbrechti*. Tutte le altre specie mostrano valori percentuali di composizione assai minori, e soltanto poche di esse (*Pseudocalanus elongatus*, *Clytemnestra rostrata* ed *Euterpina acutifrons*) hanno in alcuni periodi una certa importanza quantitativa.

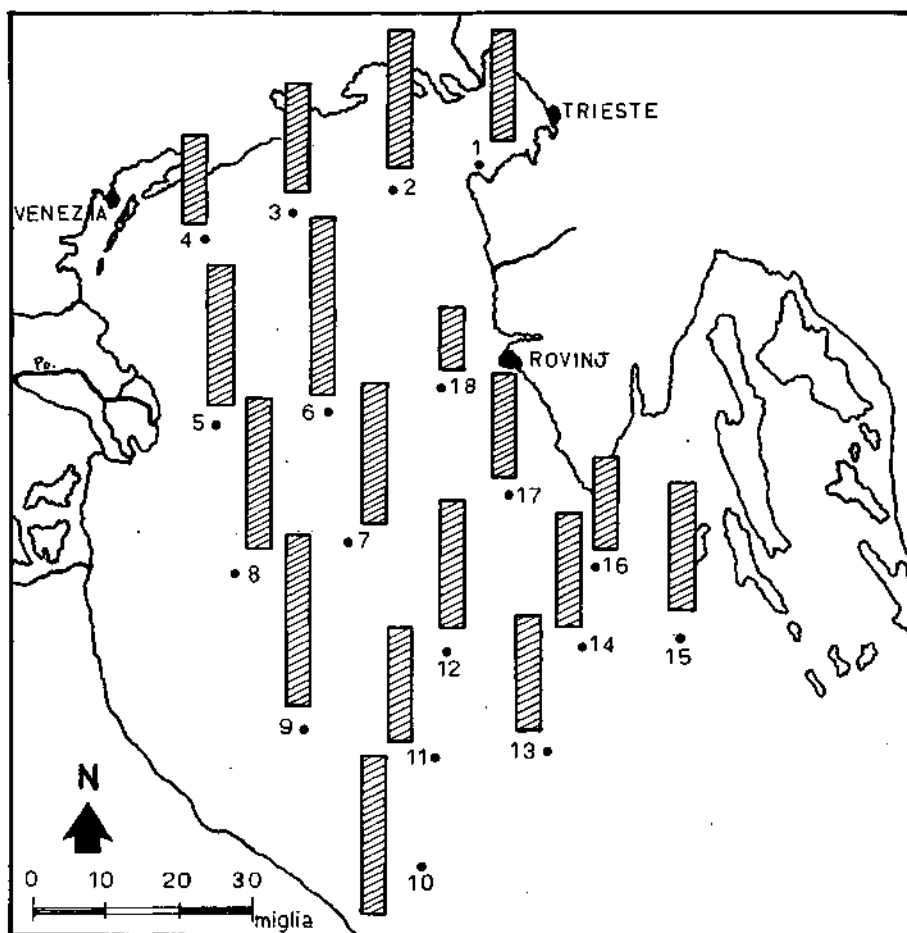


FIG. 12. Media del numero dei Copepodi/m² raccolti durante le 9 crociere sulle stazioni dell'Adriatico settentrionale.

Le forme dominanti sono state rinvenute in generale durante l'intero periodo di queste ricerche e quasi tutte mostrano una vasta distribuzione orizzontale, soprattutto durante il loro periodo di massimo annuale (Fig. 13). Tut-

tavia, in relazione alla loro abbondanza, anch'esse conferiscono caratteristiche specifiche ad areali più o meno ristretti. Così per esempio *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus* ed in particolar modo *Temora longicornis* sono molto più numerose nelle acque costiere, soprattutto sulle stazioni antistanti la foce del Po ed a sud di essa lungo le coste italiane. D'altra parte *Ctenocalanus vanus*, *Clausocalanus arcuicornis*, *Oithona plumifera* e *Clausocalanus furcatus* predominano quantitativamente nelle acque centrali più profonde a sud e a sud-ovest della penisola istriana.

Le specie che più spiccatamente caratterizzano i singoli areali di questa regione sono però la maggior parte delle tipiche forme neritiche ed alcune specie che vivono nelle zone aperte e più profonde del mare Adriatico. Queste forme hanno una frequenza di apparizione limitata nel tempo e si riscontrano su zone più ristrette.

Tra le specie caratteristiche di mare aperto particolare attenzione meritano:

<i>Calanus gracilis</i>	<i>Euaetideus giesbrechti</i>
<i>Eucalanus attenuatus</i>	<i>Euchaeta hebes</i>
<i>Aetideus armatus</i>	<i>Pleuromamma gracilis</i>
<i>Scolecithrix bradyi</i>	<i>Oncaea conifera</i>
<i>Lucicutia flavicornis</i>	<i>Oncaea venusta</i>
<i>Oithona setigera</i>	<i>Corycaeus clausi</i>
<i>Lubbockia squillimana</i>	<i>Corycaeus flaccus</i>
	<i>Corycaeus furcifer</i>

Esse si rinvencono esclusivamente durante le crociere invernali, e presentano un areale di propagazione limitato alle zone meridionali a sud della penisola istriana (staz. 11, 12, 13, 14, 15, 16). Soltanto alcune di esse (*Pleuromamma gracilis*, *Lucicutia flavicornis*, *Aetideus armatus* e *Corycaeus clausi*) hanno una più vasta distribuzione orizzontale e si rinvencono, ma in scarso numero, sulle stazioni 9 e 10 lungo la costa italiana. *Euchaeta hebes* infine si spinge anche più a nord, essendo stata rinvenuta fin nel Golfo di Trieste.

Le tipiche forme neritiche presentano anch'esse per lo più una distribuzione temporale limitata, essendo molto rare o totalmente assenti nelle crociere invernali. Esse sono però, nel loro periodo di massimo, assai abbondanti e distribuite generalmente in tutto l'Adriatico nord, soltanto poche (*Pseudocalanus elongatus*, *Euterpina acutifrons*, *Clytemnestra rostrata* ed *Oithona nana*) presentano una più ristretta distribuzione orizzontale essendo limitate per lo più a quelle zone di debole salinità influenzate dalle acque dei fiumi padani.

CONDIZIONI IDROGRAFICHE E DISTRIBUZIONE

L'importanza quantitativa della popolazione a Copepodi e la distribuzione delle singole specie nei diversi periodi dell'anno è assai variabile, in dipen-

denza delle condizioni idrografiche del momento. Questo è particolarmente evidente nei periodi più freddi e più caldi dell'anno, quando nel bacino nord Adriatico le acque di diversa origine mostrano una distribuzione opposta.

Durante l'estate le acque dei fiumi padani influenzano gran parte di questo bacino, con eccezione di una stretta fascia lungo le coste del Quarnaro e dell'Istria, dove si ritrovano invece acque di più elevata salinità di origine medio-adriatica. Le acque padane mostrano una popolazione a Copepodi quantitativa-

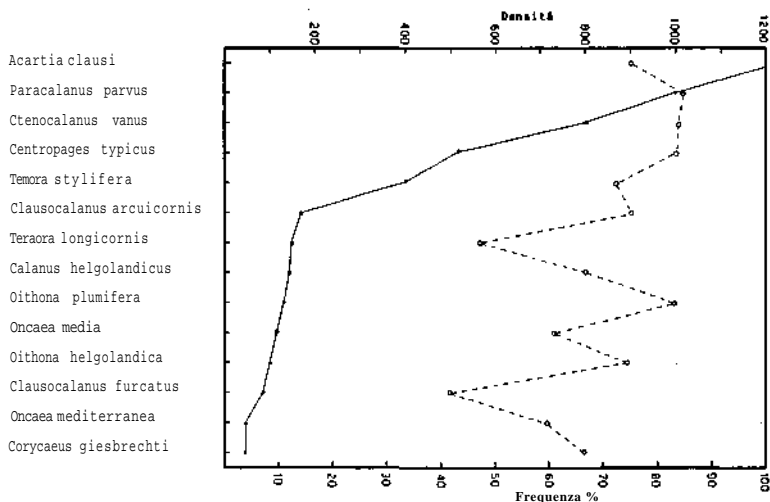


FIG. 13. Densità e frequenza delle specie dominanti (linea continua - densità: media degli individui per pescata; linea tratteggiata - frequenza: percentuale delle pescate positive in relazione al totale).

mente molto più ricca. Questa maggiore abbondanza quantitativa si verifica anche per tutto lo zooplancton (ŠTIRN, manoscritto), ed è senz'altro da mettere in relazione con la maggiore produttività primaria che presenta questa regione in dipendenza dell'immissione di acque fluviali ricche in sali nutritivi ed in materia organica (ISSEL, 1922; D'ANCONA, BATTAGLIA, MOZZI e VARAGNOLO, 1959; BATTAGLIA, MOZZI e VARAGNOLO, 1958, 1961).

Queste particolari caratteristiche idrologiche che si verificano nel periodo estivo esercitano un'azione selettiva notevole sulla fauna planctonica, sicché la popolazione a Copepodi si presenta assai monotona ed abbastanza simile su tutte le acque dell'Adriatico settentrionale.

Durante i mesi più freddi, da dicembre a marzo, nel nord Adriatico si stabilisce l'omotermita, con temperature fortemente decrescenti da sud verso nord. I valori della salinità sono invece elevati su tutto l'areale, eccetto che su di una piccola fascia costiera in prossimità del delta padano. In questo periodo le acque medio-adriatiche si espandono verso nord in superficie con

TAB. 1. I Crociera: 26-28 gennaio 1965. Specie di Copepodi e loro abbondanza alle diverse stazioni (No. di esempl./m²).

Trasversale Stazione Specie	A				B			C			D			E		F			No. totale esempl.
	1	2	3	4	18	6	5	17	7	8	16	12	9	14	11	15	13	10	
<i>Calanus helgolandicus</i>	36	126	153	60	0	—	0	—	—	—	0	—	0	72	0	48	3	0	498
<i>Calanus tenuicornis</i>	18	72	87	60	15	—	0	—	—	—	0	—	240	186	147	168	30	102	1125
<i>Nannocalanus minor</i>	0	24	21	0	0	—	18	—	—	—	0	—	30	18	84	24	0	0	219
<i>Neocalanus gracilis</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	0	3	0	3
<i>Paracalanus parvus</i>	0	0	0	18	3	—	0	—	—	—	9	—	90	0	105	24	33	81	363
<i>Calocalanus pavo</i>	0	0	0	0	0	—	18	—	—	—	0	—	0	0	21	24	3	0	66
<i>Calocalanus neptunus</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	72	0	0	72
<i>Mecynocera clausi</i>	36	0	0	0	3	—	18	—	—	—	3	—	30	54	0	96	21	0	261
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	180	267	645	270	174	—	174	—	—	—	135	—	840	570	1083	546	36	306	5226
<i>Clausocalanus furcatus</i>	0	0	0	18	6	—	0	—	—	—	6	—	0	54	147	48	0	102	381
<i>Clausocalanus pergens</i>	18	75	21	0	12	—	0	—	—	—	12	—	0	18	0	24	3	0	183
<i>Ctenocalanus vanus</i>	2340	1857	5985	980	1170	—	546	—	—	—	630	—	2040	4326	1190	1014	264	1690	24032
<i>Euaetideus giesbrechti</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	48	0	0	48
<i>Eucliaeta hebes</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	54	18	105	288	0	81	546
<i>Euchaeta marina</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	3	—	0	0	0	0	0	21	24
<i>Scolecithrix bradyi</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	0	3	0	3
<i>Diaixis pygmoea</i>	36	0	42	39	12	—	18	—	—	—	6	—	96	54	21	0	3	102	429
<i>Centropages typicus</i>	336	225	840	39	198	—	1266	—	—	—	45	—	54	168	126	0	6	144	3447
<i>Isias clavipes</i>	18	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	0	0	0	18
<i>Temora stylifera</i>	72	126	300	39	126	—	39	—	—	—	108	—	360	690	42	24	3	282	2211
<i>Temora longicornis</i>	0	0	0	0	9	—	0	—	—	—	0	—	0	108	0	0	0	0	117
<i>Pleuromamma gracilis</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	48	0	0	48
<i>Lucicutia flavicornis</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	48	3	0	51
<i>Candacia armata</i>	0	0	42	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	21	0	0	57	120
<i>Acartia clausi</i>	54	0	0	18	9	—	114	—	—	—	0	—	0	0	0	0	3	0	198
<i>Acartia negligens</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	3	—	0	0	42	0	18	0	63
<i>Oithona helgolandica</i>	36	72	42	0	36	—	174	—	—	—	24	—	81	186	21	0	9	60	741
<i>Oithona nana</i>	0	0	0	18	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	0	0	0	18
<i>Oithona plumifera</i>	162	102	645	135	126	—	405	—	—	—	54	—	540	1670	189	768	144	207	5147
<i>Oithona setigera</i>	0	0	0	0	12	—	18	—	—	—	6	—	21	0	0	168	9	60	294
<i>Oncaea conifera</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	24	0	0	24
<i>Oncaea media</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	24	3	0	27
<i>Oncaea mediterranea</i>	126	102	300	39	9	—	18	—	—	—	12	—	360	384	84	546	45	162	2187
<i>Oncaea venusta</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	0	9	0	9
<i>Copilia mediterranea</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	0	0	21	21
<i>Corycaeus clausi</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	3	—	0	0	0	24	0	21	48
<i>Corycaeus typicus</i>	6	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	0	0	0	6
<i>Corycaeus flaccus</i>	0	0	0	18	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	21	24	3	21	87
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	70	40	90	70	12	—	10	—	—	—	13	—	20	80	21	0	6	21	453
<i>Corycaeus brehmi</i>	102	206	384	104	168	—	26	—	—	—	29	—	175	304	84	0	6	0	1588
<i>Corycaeus furcifer</i>	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	0	—	0	0	0	8	2	0	10
<i>Corycella rostrata</i>	0	0	0	0	3	—	0	—	—	—	3	—	0	18	0	0	0	0	24
<i>Copepoditi sp.</i>	1034	666	1803	535	543	—	738	—	—	—	363	—	1329	3502	646	910	181	779	13029
No. totale esempl./m ²	4680	3960	11400	2460	2646	—	3600	—	—	—	1467	—	6360	12480	4200	5040	852	4320	63265

TAB. 2. II Crociera: 25-27 febbraio 1965. Specie di Copepodi e loro abbondanza alle diverse stazioni (No. di esempl./m²).

Trasversale Stazione	A				B			C			D			E		F			No. totale esempl.
	1	2	3	4	18	6	5	17	7	8	16	12	9	14	11	15	13	10	
<i>Calanus helgolandicus</i>	0	0	60	21	0	0	36	66	180	21	—	120	76	—	96	—	—	0	676
<i>Calanus tenuicornis</i>	120	60	0	0	18	18	0	18	81	0	—	120	220	—	78	—	—	198	931
<i>Nannocalanus minor</i>	18	14	0	21	18	0	0	18	42	0	—	0	39	—	21	—	—	96	287
<i>Eucalanus attenuatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	0	—	21	—	—	0	21
<i>Paracalanus parvus</i>	1450	10	200	250	72	1565	270	6	420	210	—	160	21	—	250	—	—	96	4980
<i>Calocalanus pavo</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	21	0	—	0	—	—	0	21
<i>Calocalanus contractus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	21	—	0	—	—	0	21
<i>Mecynocera clausi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	21	60	—	21	—	—	0	102
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	510	60	280	240	270	120	146	126	360	21	—	850	240	—	990	—	—	2100	6313
<i>Clausocalanus furcatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	—	0	21	—	0	—	—	0	30
<i>Clausocalanus paululus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	39	—	21	—	—	0	60
<i>Clausocalanus pergens</i>	18	0	0	120	0	60	230	120	21	0	—	72	96	—	72	—	—	198	1007
<i>Ctenocalanus vanus</i>	6440	600	1770	2670	1230	6810	4140	420	2770	1006	—	3420	8140	—	4400	—	—	8470	52286
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	36	21	42	21	0	102	270	0	42	0	—	0	21	—	0	—	—	0	555
<i>Aetideus armatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	21	21	—	0	—	—	0	42
<i>Euchaeta hebes</i>	82	0	0	0	0	0	0	30	21	42	—	180	132	—	21	—	—	0	508
<i>Diaixis pygmoea</i>	310	0	0	0	20	18	36	3	21	0	—	134	0	—	21	—	—	0	563
<i>Centropages typicus</i>	960	340	810	240	780	1260	900	620	570	200	—	240	180	—	390	—	—	480	7970
<i>Centropages violaceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	0	—	0	—	—	96	96
<i>Temora stylifera</i>	118	180	186	164	54	102	72	110	240	57	—	240	78	—	21	—	—	480	2102
<i>Temora longicornis</i>	9	0	21	220	18	90	54	15	160	21	—	0	39	—	0	—	—	0	647
<i>Pleuromamma gracilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	39	—	0	—	—	0	39
<i>Lucicutia flavicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	21	—	0	—	—	0	21
<i>Candacia armata</i>	18	21	0	0	0	0	0	9	0	0	—	21	0	—	0	—	—	0	69
<i>Paracandacia simplex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	18	0	—	0	—	—	0	18
<i>Acartia clausi</i>	160	0	72	42	720	400	13000	150	0	0	—	21	780	—	0	—	—	0	15345
<i>Acartia negligens</i>	18	0	21	0	0	0	0	0	0	0	—	0	0	—	0	—	—	0	39
<i>Oithona helgolandica</i>	18	102	0	60	0	69	144	36	0	0	—	0	78	—	250	—	—	96	853
<i>Oithona plumifera</i>	140	290	200	204	106	330	126	36	99	21	—	1300	3060	—	354	—	—	870	7136
<i>Oithona setigera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	72	—	0	—	—	0	72
<i>Oncaea media</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	—	39	39	—	0	—	—	96	194
<i>Oncaea mediterranea</i>	108	138	152	0	164	84	0	93	120	0	—	300	900	—	135	—	—	780	2974
<i>Oncaea venusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	21	—	0	—	—	0	21
<i>Corycaeus clausi</i>	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	—	21	39	—	20	—	—	0	86
<i>Corycaeus flaccus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	21	39	—	0	—	—	0	60
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	160	102	290	320	84	210	160	45	42	42	—	120	130	—	130	—	—	480	2315
<i>Corycaeus brehmi</i>	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	—	0	0	—	0	—	—	0	18
<i>Corycella rostrata</i>	0	0	0	0	0	0	6	0	0	60	—	178	0	—	21	—	—	0	259
<i>Copepoditi sp.</i>	1907	582	1116	1387	846	3264	1116	725	1051	219	—	2282	7738	—	2167	—	—	7724	32124
No. totale esempl./m ²	12600	2520	5220	6000	4400	14520	20700	2655	6240	1920	—	9920	22400	—	9500	—	—	22260	140855

TAB. 3. IH Crociera: 24-28 marzo 1965. Specie di Copepodi e loro abbondanza alle diverse stazioni (No. di esempl./m²).

Trasversale Stazione Specie	A				B			C			D			E		F			No. totale esempl.
	1	2	3	4	18	6	5	17	7	8	16	12	9	14	11	15	13	10	
<i>Calanus helgolandicus</i>	360	234	—	144	210	63	198	210	112	186	86	300	506	21	172	120	0	195	3117
<i>Calanus tenuicornis</i>	0	18	—	0	0	84	0	0	0	72	21	1020	260	420	484	420	2100	270	5169
<i>Nannocalanus minor</i>	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	165	0	42	72	132	0	0	411
<i>Paracalanus parvus</i>	480	180	—	1500	0	4650	810	350	2800	1480	630	210	1320	470	18	268	194	1710	17070
<i>Calocalanus pavo</i>	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	21
<i>Calocalanus contractus</i>	0	0	—	0	0	162	0	0	54	0	42	0	63	63	0	102	0	54	540
<i>Mecynocera clausi</i>	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	42	0	0	60
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	0	18	—	180	0	21	42	60	0	54	105	3600	82	2520	1130	1230	2730	440	12212
<i>Clausocalanus furcatus</i>	0	18	—	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
<i>Clausocalanus paululus</i>	0	0	—	0	0	0	0	39	0	0	294	32	0	0	0	0	0	0	365
<i>Clausocalanus pergens</i>	30	36	—	42	0	525	63	39	18	74	189	142	62	72	72	84	21	54	1523
<i>Ctenocalanus vanus</i>	240	870	—	2300	102	2000	1900	570	630	1050	850	12500	1260	21900	4500	14700	27400	6300	99072
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	0	0	—	145	0	0	105	0	160	90	0	0	126	0	0	0	0	0	626
<i>Euchaeta hebes</i>	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0	21	86	21	0	0	212
<i>Diaixis pygmoea</i>	12	32	—	54	0	384	21	0	324	0	0	360	0	142	18	63	0	40	1450
<i>Centropages typicus</i>	3700	4100	—	9000	900	11200	5600	520	12500	11000	1060	840	6800	210	320	450	105	170	68475
<i>Centropages violaceus</i>	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	21
<i>Isias clavipes</i>	0	0	—	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	42
<i>Temora stylifera</i>	30	54	—	0	0	0	0	0	36	0	84	645	42	270	36	250	36	39	1522
<i>Temora longicornis</i>	98	90	—	920	0	1890	540	110	650	230	330	0	540	21	18	30	0	104	5571
<i>Candacia armata</i>	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	30	66
<i>Acartia clausi</i>	1020	830	—	1080	1900	840	26250	190	2160	12900	170	0	204	20	0	21	750	70	48405
<i>Microsetella rosea</i>	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	42
<i>Euterpina acutifrons</i>	0	0	—	0	0	21	0	0	0	0	0	0	21	21	0	21	730	15	829
<i>Oithona helgolandica</i>	315	1990	—	1260	60	5400	2100	104	1890	980	290	300	1020	1890	18	375	250	390	18632
<i>Oithona plumifera</i>	260	360	—	480	42	1150	1020	40	430	36	190	420	180	2100	72	800	750	520	8850
<i>Oncaea conifera</i>	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	60
<i>Oncaea media</i>	30	9	—	21	0	60	0	0	54	0	0	136	0	168	0	204	168	69	919
<i>Oncaea mediterranea</i>	150	36	—	42	21	0	21	336	0	0	148	0	42	500	136	315	270	525	2542
<i>Corycaeus clausi</i>	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	86	0	21	0	21	0	0	128
<i>Corycaeus flaccus</i>	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	350	0	0	0	0	0	0	350
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	9	90	—	280	88	63	42	230	72	54	0	420	21	42	0	120	126	108	1765
<i>Corycaeus brehmi</i>	60	0	—	0	0	0	105	60	0	0	0	140	86	126	72	84	0	15	748
<i>Corycella rostrata</i>	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	60
<i>Copepoditi sp.</i>	1255	875	—	7971	256	6047	4782	1762	6730	3774	2111	8610	4225	2717	1842	10025	4870	8862	76714
No. totale esempl./m ²	8040	9840	—	25440	3600	34560	43620	4620	28620	31980	6600	30360	16860	33840	9120	30060	40500	19980	377640

TAB. 4. IV Crociera: 7-9 maggio 1965. Specie di Copepodi e loro abbondanza alle diverse stazioni (No. di esempl./m²).

Trasversale Stazione Specie	A				B			C			D			E		F			No. totale esempl.
	1	2	3	4	18	6	5	17	7	8	16	12	9	14	11	15	13	10	
<i>Calanus helgolandicus</i>	1524	1380	4650	390	3870	960	1830	2340	1170	198	2190	1740	—	2520	3150	2400	870	1950	33132
<i>Calanus tenuicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	21	21	0	0	0	—	0	18	900	600	36	1596
<i>Paracalanus nanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	—	9	0	9	18	0	48
<i>Paracalanus parvus</i>	2079	4740	2280	1350	3450	2850	5700	4620	225	4530	3090	1590	—	4230	2800	900	570	2820	47824
<i>Calocalanus contractus</i>	0	0	0	0	0	0	21	102	42	0	36	12	—	126	108	120	36	72	675
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	0	21	54	21	840	0	0	1380	64	60	2190	870	—	1280	1384	2300	1830	1590	13884
<i>Clausocalanus pergens</i>	0	0	0	0	0	20	21	60	42	39	420	270	—	62	18	240	186	36	1414
<i>Ctenocalanus vanus</i>	60	438	75	39	300	1560	126	2805	3570	1740	9990	5700	—	5640	5184	13800	3600	10458	65085
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	354	390	18	0	0	1560	189	0	930	1920	0	0	—	0	0	0	0	0	5361
<i>Diaixis pygmoea</i>	0	42	36	0	0	72	0	21	42	114	0	0	—	0	0	0	0	18	345
<i>Centropages typicus</i>	4710	9150	7410	720	10990	1560	2670	4410	5040	7470	4050	3090	—	10180	4380	3960	3840	4140	87770
<i>Isias clavipes</i>	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	—	0	0	0	0	0	21
<i>Temora stylifera</i>	0	21	0	0	21	0	0	0	0	0	0	12	—	0	18	0	57	0	129
<i>Temora longicornis</i>	435	1230	960	110	230	1560	4350	180	1620	3960	1380	1950	—	65	108	0	36	1260	19434
<i>Labidocera wollastoni</i>	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	0	0	0	0	30
<i>Acartia clausi</i>	2670	1920	12600	8860	3450	18180	17700	780	17160	24100	570	1170	—	130	7460	30	90	1590	118460
<i>Oithona helgolandica</i>	670	414	525	162	204	410	2190	204	1065	1110	38	162	—	190	108	42	72	220	7786
<i>Oithona nana</i>	21	0	0	0	21	0	0	21	21	18	0	0	—	0	0	0	0	0	102
<i>Oithona plumifera</i>	78	0	48	39	21	0	105	0	420	18	220	60	—	170	90	120	216	210	1815
<i>Euterpina acutifrons</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	—	0	0	0	0	18	42
<i>Oncaea media</i>	39	21	18	21	42	36	0	164	0	18	90	36	—	110	270	120	18	90	1093
<i>Oncaea mediterranea</i>	21	0	18	21	21	0	0	80	0	18	18	90	—	63	54	105	54	90	653
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	354	336	72	39	63	72	84	450	42	78	54	0	—	42	54	45	36	36	1857
<i>Corycella rostrata</i>	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	18	0	—	167	0	90	0	0	296
<i>Copepoditi sp.</i>	4295	4677	5136	948	3315	6448	3714	3602	3026	7769	8406	3372	—	8316	4676	3799	3831	5186	80516
No. totale esempl./m ²	17340	24780	33900	12720	26880	35400	38700	21240	34500	53160	32760	20160	—	33300	29880	28980	15960	29820	489480

TAB. 5. V Crociera: 26-28 maggio 1965. Specie di Copepodi e loro abbondanza alle diverse stazioni (No. di esempl./m²).

Trasversale Stazione Specie	A				B			C			D			E		F			No. totale esempl.
	1	2	3	4	18	6	5	17	7	8	16	12	9	14	11	15	13	10	
<i>Calanus helgolandicus</i>	9	240	990	510	42	2500	1280	730	810	3120	1080	2460	—	780	120	1900	52	740	17363
<i>Calanus tenuicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	600	0	0	30	—	390	34	9	690	0	1753
<i>Nannocalanus minor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	21	18	0	0	—	0	0	0	18	0	57
<i>Paracalanus denudatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	36	0	0	0	0	36
<i>Paracalanus parvus</i>	240	1680	2280	1320	195	4360	1570	3900	900	1950	2100	3060	—	1570	360	1380	1360	1080	29305
<i>Calocalanus contractus</i>	0	18	18	0	0	32	0	52	0	18	0	0	—	32	0	120	18	18	326
<i>Mecynocera clausi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	36	0	0	18	0	54
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	0	0	110	63	0	900	0	24	900	1060	1020	270	—	960	810	216	1920	1380	9633
<i>Clausocalanus furcatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	24	150	32	21	0	—	32	0	18	18	32	327
<i>Clausocalanus pergens</i>	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	42	0	—	18	42	52	18	46	236
<i>Ctenocalanus vanus</i>	18	360	1320	168	21	1500	42	420	1290	1320	3390	4950	—	3720	1590	2210	3000	4340	29659
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	18	0	18	0	0	21	255	96	0	0	62	0	—	72	0	0	0	0	542
<i>Diaixis pygmoea</i>	0	0	18	0	0	36	0	0	0	0	63	0	—	0	0	0	0	72	189
<i>Centropages typicus</i>	356	600	1560	2100	600	2580	1230	3180	450	2520	6330	7500	—	3900	1200	3420	4200	2520	44246
<i>Temora stylifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1280	0	0	0	—	0	0	0	0	0	1280
<i>Temora longicornis</i>	0	310	1200	210	21	1680	230	330	21	150	84	4800	—	108	36	1200	90	18	10488
<i>Candacia armata</i>	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	—	0	0	0	0	0	12
<i>Acartia clausi</i>	39240	60170	18120	21370	7690	19800	20600	32100	6690	1860	2310	14800	—	72	3450	2380	9240	1780	261672
<i>Oithona helgolandica</i>	18	190	110	330	21	1800	120	48	345	36	61	90	—	36	18	110	110	90	3533
<i>Oithona nana</i>	0	96	0	62	0	120	0	0	150	0	0	30	—	32	0	0	0	32	522
<i>Oithona plumifera</i>	39	120	12	21	0	60	26	72	300	195	26	270	—	180	72	72	80	270	1815
<i>Euterpina acutifrons</i>	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	30	—	0	0	18	0	0	69
<i>Oncaea media</i>	0	39	36	21	0	38	0	0	21	36	110	300	—	0	90	280	110	315	1396
<i>Oncaea mediterranea</i>	18	39	9	0	0	0	0	0	42	33	0	0	—	52	36	18	36	0	283
<i>Oncaea subtilis</i>	26	16	23	0	9	12	0	24	16	26	26	24	—	16	9	14	9	12	262
<i>Copilia mediterranea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	300	0	0	0	—	0	0	0	0	0	300
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	0	0	62	21	21	76	21	72	126	0	180	90	—	36	72	36	54	72	939
<i>Corycaeus ovalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	—	0	0	0	0	0	21
<i>Corycella rostrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	—	0	0	0	0	0	21
<i>Copepoditi sp.</i>	103	1804	326	1293	1079	7052	486	3514	4611	3300	3192	4136	—	2246	1331	5483	1039	1427	42422
No. totale esempl./m ²	40085	65682	26230	27489	9699	42600	25860	44586	19065	15674	20097	42840	—	14324	9270	18936	22080	14244	458761

TAB. 6. VI Crociera: 28 giugno 6 luglio 1965. Specie di Copepodi e loro abbondanza alle diverse stazioni (No. di esempl./m²).

Trasversale Stazione Specie	A				B			C			D			E		F			No. totale esempl.
	1	2	3	4	18	6	5	17	7	8	16	12	9	14	11	15	13	10	
<i>Calanus helgolandicus</i>	0	162	2230	354	10	18	102	0	0	192	0	3	0	9	15	21	180	54	3350
<i>Calanus tenuicornis</i>	21	18	21	18	0	0	0	0	0	36	0	0	36	3	15	21	39	0	228
<i>Nannocalanus minor</i>	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	36
<i>Paracalanus parvus</i>	3240	4470	3360	3360	3920	7375	4530	8682	6375	2880	3920	109	8418	294	390	3921	1250	1610	68104
<i>Calocalanus pavo</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	0	39
<i>Calocalanus contractus</i>	0	0	0	21	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	18	18	114
<i>Calocalanus styliremis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	18
<i>Mecynocera clausi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	72	0	0	75
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	42	60	0	0	9	72	0	0	0	0	0	21	18	60	21	1020	210	20	1553
<i>Clausocalanus furcatus</i>	0	0	0	0	0	120	0	60	240	60	0	3	20	24	18	980	68	18	1611
<i>Clausocalanus pargens</i>	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
<i>Ctenocalanus vanus</i>	0	18	420	200	0	90	106	0	0	75	0	12	18	100	28	540	2110	330	4047
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	540	0	0	0	0	0	140	0	0	40	0	0	0	0	0	0	12	0	732
<i>Diaixis pygmoea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18
<i>Centropages typicus</i>	60	1440	1150	475	30	990	1050	21	120	160	60	24	18	58	45	630	720	590	7641
<i>Temora stylifera</i>	0	0	0	0	110	720	0	180	210	0	190	80	15	18	12	110	40	320	2005
<i>Temora longicornis</i>	85	840	2880	820	0	0	2800	0	0	4970	0	3	240	0	3	0	90	0	12731
<i>Candacia armata</i>	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Anomalocera patersoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	6	0	0	9
<i>Pontella mediterranea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	8	3	0	14
<i>Acartia clausi</i>	15600	8700	6690	5070	30	3000	3750	40	120	3660	20	50	1100	60	370	820	1290	810	51180
<i>Oithona helgolandica</i>	60	96	216	78	21	120	160	0	0	0	18	0	54	9	3	21	40	580	1476
<i>Oithona nana</i>	42	0	0	21	0	32	42	0	0	0	0	3	0	0	0	0	90	56	286
<i>Oithona plumifera</i>	18	3	110	30	0	180	21	0	36	0	18	26	98	160	30	1650	400	230	3010
<i>Oncaea media</i>	60	420	40	190	0	0	0	0	0	0	16	6	18	21	6	52	160	140	1129
<i>Oncaea mediterranea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	10	0	0	156	0	169
<i>Oncaea subtilis</i>	3	0	0	0	6	4	0	0	8	2	3	0	0	6	0	6	3	6	47
<i>Copilia mediterranea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	3	0	39
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	0	550	30	0	30	18	42	21	18	0	72	0	32	3	0	21	160	0	997
<i>Corycaeus ovalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	39	0	0	42
<i>Corycaeus brehmi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	6	0	0	9	0	0	0	51
<i>Corycella rostrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	39	69	0	117
<i>Copepoditi sp.</i>	1689	4463	1753	3395	1714	3491	3817	2036	673	3309	1853	14	1261	395	343	4804	2531	1920	39461
No. totale esempl./m ²	21420	21240	18900	14040	5880	16320	16560	11040	7800	15420	6180	366	11400	1245	1314	14820	9660	6720	200325

TAB. 7. VII Crociera: 5-8 agosto 1965. Specie di Copepodi e loro abbondanza alle diverse stazioni (No. di esempl./m²).

Trasversale Stazione Specie	A				B			C			D			E		F			No. totale esempl.
	1	2	3	4	18	6	5	17	7	8	15	13	10	14	11	15	13	10	
<i>Calanus helgolandicus</i>	0	21	60	21	54	0	36	96	0	0	180	0	1020	52	52	39	0	860	2491
<i>Calanus tenuicornis</i>	0	0	0	0	0	0	36	21	90	116	60	0	90	0	0	21	36	0	470
<i>Nannocalanus minor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	30
<i>Paracalanus parvus</i>	8000	2010	5570	3490	660	11860	10660	5940	4480	9350	1410	7490	11970	1680	1360	1940	2520	12160	102550
<i>Paracalanus denudatus</i>	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	51
<i>Calocalanus contractus</i>	0	0	50	0	0	21	0	0	18	39	60	18	30	18	0	21	36	0	311
<i>Calocalanus styliremis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	9
<i>Mecynocera clausi</i>	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	39
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	15	0	0	21	12	39	52	78	21	0	90	54	390	390	54	1720	316	0	3252
<i>Clausocalanus furcatus</i>	30	42	555	63	885	6	72	2700	36	39	1710	1650	0	555	360	2900	3300	42	14945
<i>Clausocalanus pergens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	60
<i>Ctenocalanus vanus</i>	15	0	550	63	69	780	70	940	600	78	630	9	4140	2230	720	110	156	2400	13560
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	135	0	0	0	0	21	0	21	390	39	0	0	1290	0	18	0	0	2520	4434
<i>Diaixis pygmoea</i>	0	0	0	0	12	0	0	0	21	0	0	0	0	0	36	0	0	256	325
<i>Centropages typicus</i>	15	0	30	60	0	198	720	750	90	0	460	72	3000	1260	300	60	0	864	7879
<i>Centropages krøyeri</i>	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
<i>Temora stylifera</i>	720	1530	1050	160	1455	2175	160	2430	1260	2170	660	3000	2300	750	1700	555	4330	1680	28085
<i>Temora longicornis</i>	0	0	30	0	0	78	0	60	405	39	780	72	2340	360	630	0	0	5880	10674
<i>Candacia armata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	30
<i>Acartia clausi</i>	315	1900	1190	414	894	890	1680	1560	285	40	465	136	1860	750	790	21	72	4320	17582
<i>Oithona brevicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18
<i>Oithona helgolandica</i>	0	0	186	21	0	596	0	81	660	702	120	72	660	225	180	430	36	2520	6489
<i>Oithona nana</i>	30	0	0	21	12	39	72	0	36	195	0	0	90	0	0	0	0	642	1137
<i>Oithona plumifera</i>	160	86	495	63	168	450	36	1026	210	390	570	795	120	810	180	2450	720	48	8677
<i>Euterpina acutifrons</i>	0	0	30	0	0	0	30	0	0	0	30	30	0	0	0	0	0	72	192
<i>Clytemnestra rostrata</i>	75	21	150	21	0	60	0	0	56	39	0	120	90	0	56	0	0	70	758
<i>Oncaea media</i>	135	21	0	42	42	360	570	78	105	420	240	136	930	126	200	140	106	1130	4781
<i>Oncaea mediterranea</i>	0	0	230	0	0	0	0	60	0	0	30	18	30	18	0	60	36	24	506
<i>Oncaea subtilis</i>	6	0	3	0	0	0	0	12	0	0	9	12	3	0	3	0	3	0	51
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	150	42	0	63	84	154	120	450	90	0	180	90	150	180	144	21	72	120	2110
<i>Corycaeus latus</i>	0	0	0	0	3	0	0	6	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	15
<i>Corycaeus ovalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	21	0	0	57
<i>Corycella rostrata</i>	0	21	0	0	12	21	0	0	0	0	0	90	30	120	18	230	0	24	566
<i>Copepoditi sp.</i>	1839	906	3111	2487	2178	1992	4928	3530	3747	3644	2726	4436	9574	5935	2556	5701	1338	10890	71518
No. totale esempl./m ²	11640	6600	13320	7010	6540	19740	19260	19860	12600	17300	10440	18300	40200	15480	9420	16440	13080	46540	303780

TAB. 8. VIII Crociera: 15-18 settembre 1965. Specie di Copepodi e loro abbondanza alle diverse stazioni (No. di esempl./m²).

Trasversale	A				B			C			D			E		F			No. totale esempl.
Stazione	1	2	3	4	18	6	5	17	7	8	16	12	9	14	11	15	13	10	
Specie																			
<i>Calanus helgolandicus</i>	—	0	18	0	—	30	54	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	36	198
<i>Calanus tenuicornis</i>	—	0	0	0	—	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
<i>Nannocalanus minor</i>	—	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	21
<i>Paracalanus parvus</i>	—	8640	4610	3690	—	7230	8500	4970	23400	13500	4240	3480	33600	440	37500	1650	1980	4290	161720
<i>Calocalanus pavo</i>	—	18	0	0	—	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	54	0	0	114
<i>Calocalanus contractus</i>	—	0	0	0	—	60	42	21	0	42	0	0	0	0	0	0	60	0	225
<i>Ischnocalanus plumulosus</i>	—	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0	52
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	—	0	18	0	—	300	21	21	180	32	30	150	0	189	0	450	420	0	1811
<i>Clausocalanus furcatus</i>	—	126	54	60	—	600	720	2600	54	270	1050	1960	0	1290	0	5670	1920	36	16410
<i>Ctenocalanus vanus</i>	—	36	0	0	—	0	21	60	60	340	0	42	0	0	0	0	0	54	613
<i>Mecynocera clausi</i>	—	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	21	0	52	0	18	0	18	109
<i>Diaixis pygmoea</i>	—	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18
<i>Centropages typicus</i>	—	18	0	0	—	0	21	0	0	140	0	21	0	52	0	18	0	36	306
<i>Temora stylifera</i>	—	16880	6310	1560	—	7470	7260	1350	6480	6720	6660	2100	5700	3315	12000	3600	2100	2820	92325
<i>Temora longicornis</i>	—	0	0	0	—	0	21	0	0	270	0	0	60	0	0	18	0	18	387
<i>Acartia clausi</i>	—	1860	546	0	—	1380	2880	21	540	144	0	21	0	135	0	0	0	18	7545
<i>Oithona helgolandica</i>	—	18	0	0	—	0	105	0	0	130	0	21	0	0	0	0	0	0	274
<i>Oithona nana</i>	—	18	18	0	—	60	84	0	1080	0	0	0	420	0	0	0	0	0	1680
<i>Oithona plumifera</i>	—	72	142	60	—	420	126	400	900	0	1380	570	1050	370	600	690	330	36	7146
<i>Microsetella rosea</i>	—	0	0	0	—	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	0	0	12
<i>Euterpina acutifrons</i>	—	36	36	0	—	0	21	0	0	528	60	21	0	0	0	0	0	0	702
<i>Clytemmestra rostrata</i>	—	54	18	30	—	120	21	0	1260	144	30	0	1470	0	0	36	0	0	3183
<i>Oncaea media</i>	—	90	312	90	—	2860	960	162	2520	1700	288	216	1890	243	0	284	0	1220	12835
<i>Oncaea mediterranea</i>	—	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	216	10	54	180	0	460
<i>Sapphirina auronitens</i>	—	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6
<i>Sapphirina nigromaculata</i>	—	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	27
<i>Copilia mediterranea</i>	—	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	21
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	—	132	180	0	—	360	0	40	0	194	60	32	420	162	0	0	60	36	1676
<i>Corycaeus ovalis</i>	—	0	18	0	—	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	360	0	0	399
<i>Corycella rostrata</i>	—	0	0	0	—	0	0	42	0	0	0	171	0	81	9	18	0	0	321
<i>Copepoditi sp.</i>	—	4822	4940	570	—	7937	6023	4593	7086	6506	3119	3669	8670	996	12281	6268	3570	7684	88734
No. totale esempl./m ²	—	32820	17220	6060	—	28860	26880	14280	43560	30660	16920	12600	53340	7620	62400	19200	10620	16320	399360

TAB. 9. IX Crociera: 14-27 dicembre 1965. Specie di Copepodi e loro abbondanza alle diverse stazioni (No. di esempl./m²).

Trasversale Stazione Specie	A				B			C			D			E		F			No. totale esempl.
	1	2	3	4	18	6	5	17	7	8	16	12	9	14	11	15	13	10	
<i>Calanus helgolandicus</i>	—	—	0	0	27	—	—	24	420	450	42	900	312	42	1980	240	420	120	4977
<i>Calanus tenuicornis</i>	—	—	0	0	0	—	—	0	0	0	0	585	52	150	234	0	84	0	1105
<i>Nannocalanus minor</i>	—	—	0	0	0	—	—	0	150	0	0	120	0	0	18	54	42	0	384
<i>Paracalanus denudatus</i>	—	—	0	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0	114	18	0	42	0	174
<i>Paracalanus nanus</i>	—	—	0	0	0	—	—	48	90	150	0	236	90	60	36	54	42	120	926
<i>Paracalanus parvus</i>	—	—	390	144	0	—	—	270	90	300	0	240	360	60	72	0	36	2772	4734
<i>Calocalanus pavo</i>	—	—	18	36	57	—	—	126	90	0	156	900	108	270	1620	480	966	0	4827
<i>Calocalanus contractus</i>	—	—	36	36	27	—	—	24	420	300	32	705	172	0	90	54	546	42	2484
<i>Calocalanus styliremis</i>	—	—	0	0	0	—	—	0	0	0	36	0	0	0	36	0	0	0	72
<i>Ischnocalanus plumulosus</i>	—	—	0	0	27	—	—	24	0	0	42	0	0	114	0	54	42	0	303
<i>Mecynocera clausi</i>	—	—	0	0	24	—	—	48	90	0	54	234	0	104	72	300	286	42	1252
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	—	—	18	255	630	—	—	750	1800	900	1050	3090	126	1200	2190	1740	1590	1512	16851
<i>Clausocalanus furcatus</i>	—	—	0	0	57	—	—	450	0	0	42	0	0	150	0	54	42	0	795
<i>Clausocalanus pergens</i>	—	—	0	0	0	—	—	—	0	0	36	0	0	60	0	0	0	0	96
<i>Ctenocalanus vanus</i>	—	—	1350	1350	4050	—	—	6596	8100	3600	5880	5460	3640	3900	4950	3500	3360	7560	63296
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	—	—	0	0	0	—	—	0	0	0	54	0	0	0	18	0	54	42	168
<i>Euchaeta hebes</i>	—	—	0	0	0	—	—	0	0	0	0	18	0	0	18	0	42	42	120
<i>Scotceithrix bradyi</i>	—	—	0	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	42
<i>Diaixis pygmoea</i>	—	—	0	0	27	—	—	0	0	300	72	18	54	0	108	0	42	36	657
<i>Centropages typicus</i>	—	—	390	144	36	—	—	174	160	9	84	294	126	180	285	156	126	285	2449
<i>Centropages violaceus</i>	—	—	0	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0	108	0	0	108
<i>Temora stylifera</i>	—	—	1210	180	555	—	—	720	600	1350	1650	2130	460	2640	2400	960	1020	1500	17370
<i>Temora longicornis</i>	—	—	0	0	57	—	—	75	0	0	84	18	0	0	0	0	0	0	234
<i>Candacia armata</i>	—	—	0	0	0	—	—	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	36
<i>Oithona helgolandica</i>	—	—	810	180	114	—	—	174	420	750	504	354	468	480	810	156	86	165	5471
<i>Oithona nana</i>	—	—	18	72	0	—	—	72	330	150	96	120	460	0	108	0	154	1200	2780
<i>Oithona plumifera</i>	—	—	1485	36	140	—	—	570	660	450	1260	1192	252	2660	2400	1200	2694	120	15119
<i>Oithona setigera</i>	—	—	0	0	9	—	—	0	0	0	84	354	0	114	90	102	0	0	753
<i>Acartia clausi</i>	—	—	57	36	27	—	—	24	0	0	0	0	18	0	18	0	0	56	236
<i>Euterpina acutifrons</i>	—	—	48	144	86	—	—	32	900	450	756	474	1440	60	270	0	1260	4230	10150
<i>Clytemnestra rostrata</i>	—	—	0	0	0	—	—	0	0	0	42	0	18	0	18	0	0	0	78
<i>Oncaea media</i>	—	—	258	288	630	—	—	720	1260	4950	1410	2610	642	1185	1320	600	3470	7300	26643
<i>Oncaea mediterranea</i>	—	—	390	146	0	—	—	64	330	0	140	1080	36	570	740	2100	966	38	6600
<i>Lubbockia squillimana</i>	—	—	0	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	42
<i>Corycaeus clausi</i>	—	—	0	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0	0	18	54	0	0	72
<i>Corycaeus typicus</i>	—	—	0	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	—	—	60	72	27	—	—	72	0	0	210	236	18	60	90	144	156	0	1145
<i>Corycella rostrata</i>	—	—	72	0	690	—	—	42	90	300	96	120	126	104	90	54	178	120	2082
<i>Copepoditi sp.</i>	—	—	5990	2161	4043	—	—	6181	6860	10341	13808	8416	10042	7023	11023	4996	10490	29758	131132
No. totale esempl./m ²	—	—	12600	5280	11340	—	—	17280	22860	24750	27720	29940	19020	21360	31140	17160	28320	57060	325830

un largo fronte, mentre le acque del nord Adriatico defluiscono in profondità verso sud (ŠTIRN, manoscritto).

Le differenze quantitative tra le varie zone sono abbastanza accentuate anche nel periodo invernale, con una maggiore abbondanza di Copepodi lungo le coste italiane a sud della foce del Po. Questo si può mettere in relazione con le correnti discendenti che trasportano le acque del nord Adriatico lungo le coste occidentali di questo bacino. Nei mesi successivi (da maggio a luglio) i Copepodi mostrano una distribuzione quantitativa più o meno uniforme su tutto l'Adriatico settentrionale, probabilmente per una maggiore stabilizzazione delle acque di origine diversa.

Il numero di specie presenti durante l'inverno è abbastanza elevato su tutto l'areale, ma soprattutto assai ricca risulta la fauna delle zone meridionali ed orientali. Le specie che contribuiscono a rendere varia questa popolazione sono, come si è già visto, molte forme di mare aperto, tipiche del medio e basso Adriatico, la cui presenza nel bacino settentrionale è limitata al solo periodo invernale. La presenza di queste specie nel nord Adriatico fu già analizzata dai primi ricercatori in relazione alle particolari condizioni idrografiche di questo bacino. Così STEUER (1910) riporta che all'inizio dell'inverno comincia dal sud l'influenza dei Copepodi di mare più profondo. Il limite settentrionale di queste forme è in stretta correlazione con la profondità alla quale questi organismi vivono, mentre il tempo di apparizione dipende dalla distanza della loro provenienza. Anche FRÜCHTL (1920, 1924) considera l'apparizione di queste forme dipendente dalla loro distribuzione verticale, e cita a questo riguardo il comportamento dei generi *Calocalanus* e *Scolecithrix*. Sebbene questi due generi siano entrambi di mare caldo, soltanto le specie del genere *Calocalanus* si propagano fin nel nord Adriatico, essendo tipiche feoplanctonte, mentre le specie del genere *Scolecithrix*, che vivono a maggiori profondità, non vengono trasportate verso nord dalle correnti superficiali. Ambedue questi autori perciò considerano la diffusione in nord Adriatico delle forme di mare aperto come risultante della dinamica delle correnti marine e delle migrazioni verticali che questi organismi presentano nelle regioni meridionali adriatiche. Però, mentre STEUER spiega la loro diversa distribuzione orizzontale con le isoaline, FRÜCHTL ritiene che siano le basse temperature delle acque del nord Adriatico il fattore decisivo di questa distribuzione. Più recentemente HOENIGMAN (1964), riprendendo in considerazione questo problema, conclude che il regime delle correnti, la temperatura e l'intensità dell'insolazione sono i fattori più significativi nel determinare la distribuzione orizzontale dello zooplancton.

Le nostre precedenti esperienze sulla distribuzione verticale e sulle migrazioni nictimerali dello zooplancton dell'Adriatico meridionale (HURE, 1955, 1961; HURE e SCOTTO DI CARLO, 1968) confermano che la propagazione dei planctoni è, in generale, in stretta correlazione con il ritmo stagionale e giornaliero della loro distribuzione verticale. È indubbio che a questo riguardo i fattori idro-

grafici fondamentali (temperatura e salinità), nonché gli effetti dell'insolazione e il regime delle correnti abbiano una primaria importanza. Tuttavia non è sempre possibile spiegare la distribuzione verticale degli organismi planctonici con un limitato numero di fattori esterni. D'altra parte generazioni diverse di una stessa specie, nonché popolazioni di areali distinti possono mostrare un diverso comportamento riguardo alla loro distribuzione verticale. Un esempio molto significativo di ciò ci è dato da *Calanus helgolandicus*. Questa specie nel nord Adriatico si ritrova in tutte le stagioni alle stazioni costiere più settentrionali. Nelle acque aperte del basso e medio Adriatico invece essa è una tipica forma invernale, completamente assente nei mesi più caldi dell'anno, ma proprio in questo periodo è stata riscontrata alle maggiori profondità della fossa meridionale adriatica (da 1000 a 600 metri), ed in numero di esemplari abbastanza elevato (HURE e SCOTTO DI CARLO, 1969).

Partendo da queste considerazioni siamo dell'avviso che troppo poco si sa sull'ecologia e sulla biologia delle singole specie, per poter dare una spiegazione pienamente soddisfacente al problema della propagazione in Adriatico nord delle specie di mare aperto caratteristiche delle acque meridionali e centrali di questo bacino. Non ci sembra infatti che si possa, per il momento, stabilire fino a che punto queste specie possono essere considerate come indicatrici di acque più meridionali. Le specie da noi riscontrate nel nord Adriatico sono tutte presenti anche nel bacino centrale (GAMULIN, 1939, 1948), ai margini della zona esaminata dove, durante l'inverno, esse si avvicinano sensibilmente ai livelli superficiali. Non è da escludere perciò che in questo periodo esse possano penetrare nelle acque settentrionali di più debole profondità, non soltanto perché trasportate dalle correnti, ma anche perché, per un naturale ampliamento del loro areale, esse possono propagarsi attivamente in questo bacino.

BIBLIOGRAFIA

- BATTAGLIA, B., C. MOZZI e A. M. VARAGNOLO, 1958: Prime osservazioni sul materiale planctonico raccolto durante la crociera talassografica adriatica del 1955. Rapp. Proc. Verb. C.I.E.S.M.M. 15 (2), 309-315.
- , —, —, 1961: La distribuzione del plancton nell'Adriatico in rapporto con la concentrazione dei sali nutritivi. Rapp. Proc. Verb. C.I.E.S.M.M. 16 (2), 93-95.
- BULJAN, M., 1953: Fluctuations of salinity in the Adriatic. Rep. Exp. HVAR 2 (2), 1-64.
- CAR, L., 1890: Ein Beitrag zur Kenntnis der Copepoden von Triest. Glasnik hvr. nar. društva 5, 105-118.
- CLAUS, C., 1881: Neue Beiträge zur Kenntnis der Copepoden unter besonderer Berücksichtigung der Triester Fauna. Arb. Zool. Inst. Wien 3, 313-332.
- D ANCONA, U., B. BATTAGLIA, C. MOZZI and A. M. VARAGNOLO, 1959: Influence of the Surrounding Lands on the Distribution of Productivity in the Adriatic Sea. Int. Oceanogr. Congr. Preprints. Amer. Ass. Adv. Sci. Washington D. C., 572-575.

- FRÜCHTL, F., 1920: Planktoncopepoden aus der nördlichen Adria. S. B. Akad. Wiss. Wien, Math-Naturwiss. Kl. 129 (1), 463-509.
- , 1924: Beitrag zur Kenntnis der qualitativen und quantitativen Verbreitung nordadriatischer Planktoncopepoden und ihrer Epibionten. *Ibidem* 132, 195-223.
- GAMULIN, T., 1939: Kvalitativna i kvantitativna istraživanja planktonskih kopepoda u istočnim obalnim vodama srednjega Jadrana tokom godine 1936-37. *Prirod. istraž.* 22, 97-180.
- , T., 1948: Prilog poznavanju zooplanktona srednjedalmatinskog otočnog područja. *Acta Adriatica* 3 (7), 159-194.
- GRAEFFE, E., 1900: Übersicht der Fauna des Golfes von Triest. *Arb. aus d. Zoolog. Institute, Wien* 13, 33-80.
- GRANDORI, R., 1913: I Copepodi pelagici raccolti nell'Adriatico nelle crociere III-VII del R. Comitato Talassografico Italiano. *Mem. R. Com. Talass. ital.* 28, 1-64.
- HOENIGMAN, J., 1964: O nekim značajnim faktorima horizontalnog rasprostranjenja zooplanktona u Jadranu. *Acta Adriatica* 11 (20), 145-160.
- HURE, J., 1955: Distribution annuelle verticale du zooplancton sur une station de l'Adriatique méridionale. *Acta Adriatica* 7 (7), 1-72.
- , 1961: Dnevna migracija i sezonska vertikalna raspodjela zooplanktona dubljeg mora. *Acta Adriatica* 9 (6), 1-59.
- HURE, J. e B. SCOTTO DI CARLO, 1968: Comparazione tra lo zooplancton del Golfo di Napoli e dell'Adriatico meridionale presso Dubrovnik. I. COPEPODA. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli* 36, 21-102.
- , —, 1969: Ripartizione quantitativa e distribuzione verticale dei Copepodi pelagici di profondità su una stazione nel mar Tirreno ed una nell'Adriatico meridionale. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli* 37, 51-83.
- ISSEL, R., 1922: Nuove indagini sul plancton nelle acque di Rovigno (1 ottobre 1920-31 dicembre 1921). *Mem. R. Com. Talass. ital.* 102, 1-37.
- LEDER, H., 1917: Einige Beobachtungen über das Winterplankton im Triester Golf (1914). *Int. Rev. Hydrobiol.* 8, 1-21.
- MARINKOVIĆ-ROJE, M., 1958: Oceanografska istraživanja u području Rovinja i u Limskom kanalu. *Hidrogr. godišnjak*, 103-124.
- PESTA, O., 1920: Die Planktoncopepoden der Adria. *Zool. Jb. Syst.* 43, 471-660.
- STEUER, A., 1895: Sapphirinen des Mittelmeeres und der Adria. *Denkschr. K. Akad. Wiss. Wien* 62, 1-30.
- , 1903: Beobachtungen über das Plankton des Triester Golfes im Jahre 1902. *Zool. Anz.* 27, 145-148.
- , 1910: Adriatische Planktoncopepoden. *Sitzb. k. Akad. Wien* 119 (1), 1005-1039.
- , A., 1913: Einige Ergebnisse der VII. Terminfahrt S.M.C. « Najade » im Sommer 1912 in der Adria. *Int. Rev. Hydrobiol.* 5, 551-570.
- ŠTIRN, J., Oceanologija in distribucija organske materije v Severnem Jadranu. (Manoscritto).
- VATOVA, A., 1942: Osservazioni fisiche e chimiche periodiche nell'alto Adriatico (1920-38). *Thalassia* 5 (1), 1-157.
- , 1948: Osservazioni idrografiche periodiche nell'alto Adriatico (1937-44). *Nova Thalassia* 1 (2), 1-63.
- ZORE-ARMANDA, M., 1963: Les masses d'eau de la mer Adriatique. *Acta Adriatica* 10 (3), 1-89.

Dr. J. HURE, Biološki Institut, Dubrovnik, Jugoslavia.

Dr. B. SCOTTO DI CARLO, Stazione Zoologica, 80121 Napoli, Italia.

Primi risultati delle indagini fisico-chimiche lungo le coste orientali della Sicilia e meridionali della Calabria

di

GIUSEPPE MAGAZZÙ

(Dall'Istituto di Zoologia dell'Università di Messina)

Summary. The Author refers on phisico-chemical conditions and nutrients of coastal waters of Eastern Sicily and Southern Calabria during the years 1967-68. In this preliminary study, concerning water samples of about 120 hydrographic stations, it has still, been possible to single out an intermediate Ionian water interesting the Sicilian Coast, at 300-400 m depth. The concentration of nutrients is rare and discontinuous.

Riassunto. L' A. riferisce sulle condizioni chimico-fisiche e sulla concentrazione dei sali nutritivi lungo le coste sud calabresi e orientali siciliane per gli anni 1967-68. In questo studio preliminare, su circa 120 stazioni idrografiche, è stato possibile localizzare a 300-400 m uno strato d'acqua di provenienza ionica, che interessa la parte orientale delle coste siciliane. La concentrazione dei sali nutritivi è scarsa e discontinua.

Dal Gennaio del 1967 il battello oceanografico « Colapesce » di questo Istituto ha svolto una serie di indagini lungo le coste meridionali calabresi ed orientali siciliane allo scopo di fornire informazioni sulle condizioni idrologiche generali.

Il criterio seguito nella conduzione delle indagini è stato quello di limitare l'ubicazione delle stazioni nella fascia costiera con prelievi sino a cento metri. Ci si è spinti al largo ed a quote maggiori solo in taluni casi particolari. La strumentazione di bordo comprende bottiglie a capovolgimento tipo Nansen, correntometro, pHmetri, e due sonde abbinatae per la misura diretta dell' O₂ disciolto, della conducibilità elettrica, della salinità e della temperatura. La misura dell'ossigeno è fornita da un elettrodo di argento e carbonio secondo GRASSHOFF, le altre tre da una cella ad induzione di un salinometro modello RS — 5 della BECKMAN. Le misure di ottica vengono effettuate con cellule fotosensibili connesse ad un microamperometro. Prima del 1968 le misure di salinità e temperatura sono state effettuate rispettivamente secondo il metodo di KNUDSEN e con termometri a capovolgimento.

Basso Tirreno

Da C.po Cefalù a C.po d'Orlando abbiamo fissato 9 stazioni nell'ottobre 1968; alcune intorno all'isobata dei 150 m, altre perpendicolarmente alla costa

lungo la radiale di S. Stefano. In questa zona la salinità è risultata influenzata abbastanza dalle acque ioniche provenienti dalla parte sud-occidentale del canale di Sicilia. L'isoalina di 37,9 si stende già nella fascia tra 10 e 20 metri, mentre a 75 metri la salinità predominante è del 38 ‰.

Procedendo da C.po d'Orlando a C.po Milazzo, tornano le salinità normali del basso Tirreno con valori compresi tra 37,4 e 37,7 ‰, e con una concentrazione di O₂ caratteristica del periodo primaverile in cui sono stati effettuati i prelievi. Alle quote maggiori è stato possibile ritrovare una fascia di acqua ionica più calda e salata, che interessa tutto il seno tra l'arco delle Isole Eolie, la costa siciliana e quella calabrese.

Le stazioni fissate a N di C.po Milazzo hanno mostrato che il corpo d'acqua in questione è già presente a 300 m. Ulteriori indagini effettuate in inverno, confermano il medesimo andamento della suddetta massa d'acqua: già alla quota di 250 m si nota una inversione termica con un gradiente che aumenta con la profondità.

Per il Golfo di Gioia Tauro (Calabria) non è possibile fornire un profilo ben dettagliato dell'andamento stagionale, dal momento che quasi tutte le stazioni sono state fissate nello stesso periodo; si è potuto rilevare, però, che la temperatura decresce regolarmente per mostrare un'inversione dai 200 ai 400 m; quest'aumento, com'era da aspettarsi, è più rapido ed intenso all'imbocco dello Stretto di Messina, meno rilevante, ma più esteso a quote maggiori. L'eterotermia, dovuta all'acqua ionica, è accompagnata da salinità che si scostano dai valori tipici delle acque tirreniche, conservando i caratteri propri di origine ionica.

Infine, alle quote più profonde, le temperature oscillanti intorno a 14,10 C° sono imputabili all'influenza ionica mentre le acque tirreniche sono di 3-4 decimi più fredde. Se però, durante il periodo estate-autunno la temperatura media delle acque tirreniche oscilla tra 14 e 15 C°, l'acqua ionica conserva in ogni tempo le sue caratteristiche termiche con valori leggermente più bassi.

Stretto di Messina

Come è noto, in questa particolare zona il ritmo locale delle correnti, le condizioni morfologiche generali, il regime chimico-fisico dei mari adiacenti, impongono uno studio programmato con mezzi ed apparecchiature particolari. Infatti, nello Stretto non è valido quanto generalmente accettato in Oceanografia e cioè che una serie di stazioni siano rappresentative se effettuate nel medesimo giorno, assumendo che le condizioni idrologiche generali varino scarsamente; in effetti i profili dovrebbero essere registrati in sincronia fra vari mezzi nautici.

Ad ogni modo, dai risultati da noi ottenuti, e dal confronto con quelli di

VERCELLI e PICOTTI (1927) e SCORDIA e MAZZARELLI (1934, 1936) è possibile tracciare i lineamenti generali della circolazione: le acque ioniche, rimontando verso la sella esistente sul fondo, all'ingresso N dello Stretto creano in superficie delle controcorrenti, dei refoli e delle situazioni di alta instabilità. Anche l'ossigeno risente del mescolamento mostrando oscillazioni superficiali varianti da 4,6 a 6 ml/l.

Alto Ionio

L'Alto Ionio, da C.po dell'Armi a C.po Spartivento è ancora influenzato dall'azione delle correnti dello Stretto di Messina; in conseguenza si registra una forte instabilità nei primi 50 m con strati d'acqua a diverse salinità. La stessa situazione appare per la restante area compresa tra C.po Spartivento e Punta Stilo, con valori medi di salinità di 38,7 fra 10 e 50 m. Le isopicne mostrano però un gradiente di densità abbastanza regolare. I salti termici sono tali da compensare gli sbalzi di salinità; è risaputo, infatti, che nelle zone temperate, durante il periodo estivo, è più decisiva, per lo stabilirsi di un gradiente di densità, l'influenza della temperatura che non quella della salinità.

L'ossigeno disciolto superficiale mostra valori che si avvicinano alla saturazione; a quote più profonde però esso aumenta per poi diminuire sotto i 50 m. È presumibile che la quota di compensazione sia leggermente inferiore a questa profondità.

Il confronto della concentrazione idrogenionica delle zone esaminate mostra valori normali di pH; nell'inverno diminuisce a 7,8-7,9 per risalire nel periodo estivo ad una media di 8,2. Il pH dello Ionio è più basso, per tutto l'anno, rispetto a quello del Tirreno.

L'alcalinità ha valori compresi tra 2,60-2,70; valori questi che si discostano da quelli di 2,77 riscontrati sotto costa nelle Isole Eolie. Il motivo di questa anomalia è attualmente allo studio.

Per la baia di Patti (Sicilia) si è voluto eseguire uno studio più dettagliato estendendo le indagini, oltre ai soliti parametri, al volume specifico ed ai sali nutritivi.

Le concentrazioni di fosfati, nitriti e nitrati confermano le precedenti indagini di MALDURA (1952), MARGALEFF (1966), MCGILL (1960), OREN (1967). Le concentrazioni costiere di tali ioni sono risultate inferiori 5 volte a quelle delle coste atlantiche; va, tuttavia, precisato che le nostre determinazioni sono state effettuate in primavera, e cioè durante il periodo di massima utilizzazione di queste sostanze nutritive da parte del fitoplancton. È stata poi riscontrata in ogni stazione una relativamente elevata concentrazione solo di azoto nitroso con un valore medio di 2,8 µg/l, e con un massimo di 7,0 µg/l. I nitrati sono apparsi

molto scarsi soprattutto in rapporto ai nitriti e l'unico dato di $1,3 \mu\text{g-a/l}$, relativo alla profondità di 400 m, è anch'esso più basso della media dei valori riscontrati nel Tirreno a questa quota. I fosfati, nelle stazioni costiere, hanno mostrato una distribuzione pressoché costante di $0,15 \mu\text{g-a/l}$; più al largo, dopo oltre un mese (fine maggio), la distribuzione è risultata abbastanza discontinua con valori compresi tra 0 e $0,9 \mu\text{g-a/l}$.

In conclusione, durante questa prima fase di studio si è potuto ottenere un primo orientamento sull'andamento idrografico generale delle zone costiere esaminate. In particolare si è potuto stabilire che l'influenza dell'acqua ionica nel bacino tirrenico orientale è più estesa e massiccia di quanto in precedenza riferito; che le concentrazioni dei sali nutritivi sono scarse e non presentano, almeno nel periodo primaverile da noi esaminato, un gradiente allontanandosi dalla costa.

Queste indagini preliminari sono state effettuate, unitamente a quelle sulla natura del fondo marino e sul plancton, come punto di partenza per il programma del 1969-70, che prevede la valutazione della produzione primaria col metodo del C^{14} associata a misure dettagliate di sali nutritivi ed a campionamenti di zoo- e di fitoplancton. Le stesse indagini vengono eseguite grazie ai contributi del CNR, programma delle risorse marine e del fondo marino, il cui presidente dott. R. Cusmai sentitamente si ringrazia.

BIBLIOGRAFIA

- SCORDIA, C. e G. MAZZARELLI, 1934: Osservazioni idrologiche eseguite nello Stretto di Messina. Mem. Biol. mar. e Ocean. 2, 3.
- MAZZARELLI, G., 1936: Vortici e altri fenomeni delle acque dello Stretto di Messina. Mem. Biol. mar. e Ocean. 4, 7.
- VERCELLI, F. e M. PICOTTI, 1926: Crociere per lo studio dei fenomeni nello Stretto di Messina; 2: Il regime chimico-fisico delle acque nello Stretto di Messina. Mem. Com. Talass. Ital., Venezia.
- MCGILL, D. A., 1960: A preliminary study of the oxygen and phosphates distribution in the Mediterranean Sea. Deep-Sea Res 8, 259.
- MARGALEFF, R., J. HERRERA, M. STEYAERT et J. STEYAERT, 1966: Distribution et caractéristiques de communautés phytoplanctoniques dans le bassin tyrrhénien de la Méditerranée en fonction des facteurs ambiants et à la fin de la stratification estivale de l'année 1963. Bull. Inst. r. Sci. Nat. Belgique 42, 5.
- OREN, O. H., 1967: Oceanographie cruise «Cyprus-03,-09,-05. Results of oceanographie observations. Sea Fisheries Research Station. Haifa, Bulletin 47.
- MALDURA, C. M., 1952: I fattori chimici nella valutazione dello stock biologico del Mediterraneo. Boll. Pesca Pisc. Idrobiol. 7, 117.

Prof G. MAGAZZU', Istituto di Zoologia dell'Università, Messina, Italia.

La distribuzione delle attinie *Calliactis parasitica* in rapporto allo stato sociale nel paguro *Dardanus arrosor* **

di

DANILO MAINARDI e ALESSANDRO C. ROSSI *

(Dall'Istituto di Zoologia e Osservatorio di Biologia Marina, S. Margherita Ligure
dell'Università di Parma)

Summary. In the species *Dardanus arrosor* among the privileges of owning a high social status there is the possession of the actinian *Calliactis parasitica*. In fact in our experimental conditions the submitted hermit crabs, in the presence of dominant ones, were not able of actively transferring *Calliactis* to their shells.

Riassunto. Tra i privilegi che la condizione sociale elevata offre al paguro *Dardanus arrosor*, vi è il possesso dell'attinia *Calliactis parasitica*. Infatti, in condizioni sperimentali, i paguri sottomessi, in presenza dei dominanti, non sono capaci di trasferire attivamente le *Calliactis* sulla propria conchiglia.

Considerando l'interesse e la vasta diffusione delle associazioni fra paguri ed attinie, è sorprendente constatare quanti aspetti della biologia e del comportamento di questi animali siano ancora poco noti. Da lungo tempo tuttavia sono state compiute osservazioni e ricerche su queste « simbiosi » interpretate come manifestazioni di commensalismo e di mutualismo (GOSSE, 1860; CAULLERY, 1952; DALES, 1957; NICOL, 1960; Ross, 1960; Ross e SUTTON, 1961 a, b; REESE, 1962; Fox, 1965).

È interessante notare la gamma degli schemi di comportamento mostrati dai diversi paguri e dalle rispettive attinie nello stabilire la relazione che li lega. Per citare alcuni esempi noti, il *Pagurus prideauxi* è molto attivo nei confronti della propria attinia *Adamsia palliata* ed è in grado di trasferirla da una conchiglia all'altra; alcuni individui di *Dardanus arrosor*, i cosiddetti « performers » (Ross e SUTTON, 1961 b), sono dotati di attività verso le *Calliactis parasitica*; nella maggior parte dei casi invece i paguri, come il *Pagurus bernhardus*, accettano passivamente l'attività delle attinie, senza mostrare alcun interesse per loro (Ross, 1967). I meccanismi di comportamento che caratterizzano l'attività del *D. arrosor* durante il trasferimento delle *C. parasitica* da una con-

* Ricerche sovvenzionate dal C.N.R. . Ringraziamo il Dr. ELIO MAGHI dell'Osservatorio di Biologia Marina di S. Margherita Ligure per la preziosa collaborazione.

** Il presente lavoro è in corso di stampa, per esteso, sui Rendiconti della Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali della Accademia Nazionale dei Lincei.

chiglia di gasteropode alla propria, già descritti da COTTE (1922), FAUROT (1932) e ROSS (1967), sono stati da noi osservati e documentati fotograficamente.

Considerando tale gamma di abitudini differenzianti le varie specie, ci sembra ragionevole ritenere che, quando un paguro è attratto dalle attinie e attivo nei loro confronti, tale comportamento debba essere stato selezionato a favore a causa di qualche vantaggio derivante dal possesso di questi celenterati; ipotesi che d'altra parte non sembra debba avere senso nel caso di specie di paguri indifferenti verso le attinie. Un aspetto della ipotesi, trasferita dal livello di specie a quello di popolazione, pensiamo sia stato verificato dal nostro esperimento. In esso infatti viene dimostrato, nel *D. arrosor*, un rapporto fra la competizione per lo stato sociale ed il possesso di *C. parasitica*. L'esperimento compiuto su 52 paguri, ha avuto due fasi: 1) osservazione dello stabilirsi delle gerarchie in gruppi di due individui; 2) osservazione della distribuzione delle attinie assegnate loro fra il predominante ed il sottomesso di ciascuno dei gruppi di due paguri. Dalla prima fase è risultato che si stabilisce spesso una gerarchia anche in assenza di attinie e che si manifesta un atteggiamento di sottomissione tale da esercitare una inibizione incompleta della aggressività del predominante. La seconda fase ha messo in evidenza che il possesso delle attinie assegnate è prerogativa solo del predominante che impedisce la attività del sottomesso nei gruppi di due paguri. Una volta che però il predominante sia allontanato dall'acquario, anche il sottomesso si appropria delle attinie.

Durante i loro studi sull'associazione tra il *D. arrosor* e la *C. parasitica*, svolti tramite esperimenti con gruppi di animali marcati, ROSS e SUTTON (1961 b) ritennero di poter classificare i loro *Dardanus* come « performers » e « non performers ». I « performers », comprendenti circa la metà dei paguri provati, parteciparono attivamente al trasferimento delle *C. parasitica* sulle proprie conchiglie, mentre i « non performers » sembrarono incapaci di tale attività ed in questo caso le attinie si trasferirono autonomamente. Nei nostri esperimenti i paguri predominanti sono stati « performers » ed i sottomessi non lo sono mai stati in loro presenza; si sono però sempre trasformati in « performers » non appena il predominante venne allontanato dall'acquario sperimentale.

Quindi, in conclusione, nella specie *D. arrosor*, il possesso di attinie figura tra i privilegi di uno stato sociale elevato. Infatti, nelle nostre condizioni sperimentali, i paguri sottomessi, in presenza dei predominanti, non sono mai stati in grado di trasferire attivamente le *Calliactis* sulla propria conchiglia.

BIBLIOGRAFIA

- CAULLERY, M., 1952: Parasitism and Symbiosis. Sidgwick and Jackson, London.
COTTE, J., 1922: Études sur le comportement et les réactions des Actinies. Bull. Inst. Océanogr. Monaco 410, 1-42.

- DALES, R. P., 1952: In: Treatise on Marine Ecology and Palaeoecology, 1, edited by J. W. Hedgpeth. Mem. Geol. Soc. Am. 67, 391-412.
- FAUROT, L., 1932: Actinies et Pagures. Étude de psychologie animale. Arch. Zool. Exp. Gén. 74, 139-154.
- Fox, H. M., 1965: Confirmation of old observations on the behaviour of a hermit crab and its commensal sea anemone. Ann. Mag. Nat. Hist. 8, 173-175.
- GOSSE, P. H., 1860: Actinologia Britannica. A history of the British Sea Anemones and Corals. John Van Voorst, London.
- NICOL, J. A. C., 1960: The Biology of Marine Animals. Pitman, London.
- REESE, E. S., 1962: Submissive posture as an adaptation to aggressive behaviour in hermit crabs. Z. f. Tierpsychol. 19, 645-651.
- Ross, D. M., 1960: The association between the hermit crab *Eupagurus bernhardus* (L.) and the sea anemone *Calliactis parasitica* (COUCH). Proc. Zool. Soc. London **134**, 43-57.
- , 1967: Behavioural and Ecological relationships between Sea Anemones and other Invertebrates Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 5, 291-316.
- Ross, D. M. and L. SUTTON, 1961 a: The response of the sea anemone *Calliactis parasitica* to shells of the hermit crab *Pagurus bernhardus*. Proc. Roy. Soc. B **155**, 266-281.
- , 1961 b: The association between the hermit crab *Dardanus arrosor* (HERBST) and the sea anemone *Calliactis parasitica* (COUCH). Proc. Roy. Soc. B **155**, 282-291.

Prof. D. MAINARDI, Istituto di Zoologia e Osservatorio di Biologia Marina (S. Margherita Ligure) dell'Università, Parma, Italia.

Dr. A. C. ROSSI, Istituto di Zoologia e Osservatorio di Biologia Marina (S. Margherita Ligure) dell'Università, Parma, Italia.

La coltura dei Copepodi in laboratorio *

di

ARMAND NASSOGNE

(Dal Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare,
C.N.E.N. - EURATOM, 19030 Fiascherino, La Spezia, Italia)

7 Figure

Summary. Growth rates of population started with *Euterpina acutifrons* fed on 16 different unicellular algae and 2 mixtures of these algae are compared. No significant differences appear in the generation time observed according to alga or mixtures but growth rates of the populations in the various food conditions are different. Only algae of medium size (between 6-7 μ and 16 μ) support growth rates as high as those observed in the 2 mixtures.

Comparing ingestion rates of adults *Euterpina* fed on 5 species of algae, showed that algae of medium or larger size can be retained, smaller algae are not ingested.

Starting culture with eggs of *E. acutifrons* fed on 5 algae and these algae in mixture, only the mixture and those of medium size supported all development stages of the copepod.

By feeding *E. acutifrons* on *Platymonas suecica* at various concentrations, it is demonstrated that when the food concentration increases, the rate of filtration decreases, while the rate of ingestion and the egg production increases to reach a plateau.

These results show that algae size and algae concentration greatly influence the growth rate of copepods in laboratory conditions; in fact, increasing the number of algal species and their concentration in culture solution allowed us to rear some pelagic copepods, so far not cultured in laboratory.

Riassunto. Sono confrontati i tassi di crescita di una popolazione di *Euterpina acutifrons* alimentata con 16 differenti specie di alghe unicellulari e con due misture di queste alghe. Nessuna differenza significativa si nota nel tempo di generazione osservato in relazione alle alghe o misture, ma il tasso di crescita varia a seconda della specie di alga data come cibo. Solo alghe di dimensioni medie (tra 6-7 μ e 16 μ) rendono possibili tassi di crescita così elevati come quelli osservati nelle due misture. Dall'analisi delle alghe ingerite dall'*Euterpina* alimentata con 5 specie di alghe, si è visto che le alghe di dimensioni medie o grandi possono essere trattenute dall'apparato boccale e quindi ingerite mentre le più piccole non sono ingerite poiché sfuggono.

Studiando l'andamento di una coltura iniziata con uova di *Euterpina acutifrons* alimentata con 5 alghe singolarmente e con una mistura di queste alghe, si è visto che solo la mistura e le alghe di medie dimensioni permettono lo sviluppo di tutti gli stadi del Copepodo. Alimentando l'*Euterpina acutifrons* con l'alga *Platymonas suecica* in varie concentrazioni si dimostra che, quando la concentrazione di cibo aumenta, il tasso di filtrazione diminuisce e il tasso d'ingestione e la produzione di uova aumentano fino a raggiungere un plateau. Questi risultati dimostrano che le dimensioni e la concentrazione delle alghe date come cibo influiscono in maniera determinante sul tasso di crescita dei Copepodi nelle condizioni di laboratorio. Infatti, aumentando il numero delle specie di alghe e la loro concentrazione nei terreni di coltura, siamo riusciti ad allevare alcuni Copepodi pelagici finora mai coltivati in laboratorio.

* Lavoro svolto nell'ambito del Contratto di Associazione C.N.E.N. - EURATOM. Contribuzione n. 535 della Divisione di Biologia dell'EURATOM.

INTRODUZIONE

I Copepodi, i quali costituiscono dal 70 al 90 % dell'insieme dello zooplancton, rappresentano un anello importante nella trasmissione dei radioisotopi dalle alghe ai prodotti della pesca.

Per poter studiare l'accumulo e la perdita dei radionuclidi è necessario avere a disposizione un conveniente metodo di coltura in laboratorio. Benché da una cinquantina d'anni numerose ricerche siano state effettuate al proposito, sono stati ottenuti scarsi risultati positivi.

Parecchie specie di Copepodi possono sopravvivere in condizioni artificiali di laboratorio per un tempo più o meno lungo che varia da qualche giorno a qualche settimana, ma senza operare mutamenti o dare origine a nuovi individui.

Infatti, nel nostro laboratorio, NEUNES (1965) ha ottenuto simili risultati con i Copepodi più importanti della nostra zona di mare. Il fatto che queste specie non raggiungano un ciclo di sviluppo dimostra che le condizioni ambientali nelle colture sono insoddisfacenti; perciò eseguire esperimenti sul metabolismo di tali organismi può portare ad errori di valutazione.

Le specie che hanno uno sviluppo completo ed inoltre si riproducono in laboratorio per più generazioni, sono poco numerose (Tab. 1). Le condizioni di lavoro variano molto da un autore all'altro; più variabile ancora sembra essere la costituzione del medium di coltura dal punto di vista della qualità e della quantità di cibo a disposizione dei Copepodi.

Certi autori hanno coltivato Copepodi in soluzioni monospecifiche di alghe (PROVASOLI et al., 1959; SHIRAIACHI e PROVASOLI, 1959; BERNARD, 1963; GILAT, 1967; ecc.). Altri hanno usato soluzioni plurispecifiche formate da 2 a 5 specie di alghe (ZILLIOUX and WILSON, 1964; NEUNES, 1965; MULLIN and BROOKS, 1967; ecc.).

Il criterio di scelta delle varie specie di alghe si basa sulla loro presenza nella zona di pesca dei Copepodi, sia sui risultati di sopravvivenza del Copepodo in laboratorio in terreni contenenti l'alga in esame.

Fino ad oggi sono stati fatti pochi lavori sistematici sul valore nutritivo delle varie alghe durante i diversi stadi di sviluppo del Copepodo.

PROVASOLI et al. (1959) hanno studiato il valore nutritivo per il Copepodo *Tigriopus japonicus* di una ventina di flagellati con dimensioni da 6 a 15 micron. Nessuna delle specie di alghe provate singolarmente ha permesso di ottenere una coltura che sopravvivesse per più di 8 generazioni.

Un numero più grande di generazioni è stato invece ottenuto con una miscela di due alghe o con la presenza di batteri nel medium di coltura.

Infatti se sono aggiunte vitamine o sostanze favorenti la crescita i risultati ottenuti sono migliorati.

Gli autori esprimono l'opinione che la selettività non dipenda dalle dimensioni delle alghe o dallo spessore delle membrane che potrebbe ostacolarne la

digestione, ma dalla loro composizione chimica che sarebbe povera di microelementi e quindi non adatta per i Copepodi.

In questo tipo di esperimenti però, il criterio per valutare il valore nutritivo di un'alga è legato alla moltiplicazione più o meno abbondante del Copepodo in coltura. Il fatto che la concentrazione dell'alga nel terreno di coltura po-

TAB. 1. *Varie specie di Copepodi coltivati con successo in laboratorio.*

I. Specie pelagiche			
A. CALANOIDEAE	<i>Rhincalanus nasutus</i>	(MULLIN, 1967)	1 gen
	<i>Calanus hyperboreus</i>	(CONOVER, 1962)	1 gen
B. HARPACTICOIDEAE	<i>Euterpina acutifrons</i>	(BERNARD M., 1963) (NEUNES, 1965)	? 9 anni
II. Specie non pelagiche (foci di fiumi)			
A. CALANOIDEAE	<i>Acartia tonsa</i>	(ZILLIUX et al., 1964) (HEINLE, 1969)	5 gen
	<i>Pseudodiaptomus coronatus</i>	(JACOBS, 1961)	4 gen
	<i>Eurytemora affinis</i>	(HEINLE, 1969)	1 anno
B. HARPACTICOIDEAE	<i>Tigriopus brevicornis</i>	(FRASER, 1935) (GILAT, 1967) (PROVASOLI et al., 1959)	1 anno 3 anni
	<i>Tigriopus californicus</i>	(PROVASOLI et al., 1959)	?
	<i>Tigriopus japonicus</i>	(PROVASOLI et al., 1959)	3 anni
	<i>Tisbe furcata</i>	(BARR W., 1969)	1,5 anni
C. CYCLOPOIDEAE	<i>Oithona nana</i>	(MURPHY, 1923 in MULLIN, 1967)	?
Specie in coltura a Fiascherino			
<i>Euterpina acutifrons</i>	(Harpacticoide pelagico)		6 anni
<i>Acartia clausi</i>	(Calanoide pelagico)		4 generazioni (in continuazione)
<i>Tigriopus brevicornis</i>	(Harpacticoide della costa)		
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	(Calanoidi pelagici)		1 generazione (in continuazione)
<i>Ctenocalanus vanus</i>	(Calanoidi pelagici)		
<i>Centropages typicus</i>	(Calanoidi pelagici)		

trebbe intervenire nel meccanismo di ingestione o che il Copepodo potrebbe richiedere una nutrizione diversa a diversi stadi di sviluppo non è preso in considerazione.

Presentiamo qui risultati che dimostrano l'importanza di questi due parametri: qualità del cibo nei diversi stadi di sviluppo e concentrazione del cibo a disposizione del Copepodo.

TECNICHE E METODI

I Copepodi impiegati negli esperimenti eseguiti per indagare i requisiti nutrizionali provengono dalle colture di massa di *Euterpina acutifrons* ottenute in laboratorio secondo la tecnica descritta da NEUNES (1965).

Il medium è formato da acqua di mare filtrata ed addizionata di antibiotico (penicillina: 0,1 g/l) e da alghe diverse appartenenti ai principali gruppi: flagellati, Diatomee, Peridinee. Le beute, da 20 litri, sono tenute a $18 \pm 1^\circ\text{C}$ con illuminazione di 12 ore al giorno.

La soluzione è parzialmente rinnovata ogni mese per mezzo di un sifone di vetro portante alla sua estremità una rete con maglie di 21 μ , di apertura.

I Copepodi adulti usati negli esperimenti qui presentati sono prelevati da una coltura di massa con una pipetta Pasteur e lasciati per una notte in acqua di mare sterilizzata in modo da far vuotare il loro tubo digerente.

Nel caso di esperimenti iniziati dallo stadio di uova, sono state prelevate femmine nel periodo della riproduzione, i sacchi delle uova staccati con il micro ago e poi lavati in acqua di mare sterilizzata prima di essere messi nel terreno da sperimentare.

Le alghe sono mantenute in laboratorio secondo la tecnica descritta da BERNHARD e al. (1963); per la preparazione di un terreno di coltura, esse sono centrifugate, lavate e poi messe in acqua di mare addizionata di antibiotici. La conta delle alghe è effettuata con la tecnica di ÜTERMÖHL; le tecniche particolari saranno descritte in seguito.

Valore nutritivo di diverse alghe

Allo scopo di determinare il valore nutritivo di 16 alghe (Tab. 2) diverse (tra le quali le 5 alghe usate da NEUNES), 10 maschi e 10 femmine di *Euterpina acutifrons* sono messi in coltura in 100 ml di: 1) terreni contenenti separatamente ogni singola alga; 2) terreno contenente una mistura di tutte le alghe (Mistura M2); 3) terreno contenente soltanto una parte delle alghe (Mistura M1).

Le concentrazioni iniziali delle alghe sono più o meno uguali ($75-100 \cdot 10^3$ cell/ml); dopo un mese sono riportate a questa concentrazione.

Ogni 15 giorni, dopo buon mescolamento, la popolazione dei Copepodi è contata in campioni di 10 ml dividendola in femmine, maschi, copepoditi e nauplii.

Alcuni risultati sono presentati nei grafici della Fig. 1.

Il comportamento della popolazione di *Euterpina* nei diversi terreni non presenta differenze significative dal punto di vista qualitativo: inizialmente il numero dei nauplii nati nella coltura cresce; ad esso fa seguito l'aumento successivo del numero di copepoditi, poi delle femmine e maschi adulti che rappresentano la prima generazione. I vari massimi sono raggiunti dopo un mese

circa, quindi si osserva una diminuzione del numero degli organismi tra il 45° ed il 60° giorno poi si ha un nuovo aumento che corrisponde all'apparizione della seconda generazione.

Quantitativamente, la moltiplicazione di *Euterpina* varia notevolmente a seconda della specie di alga che si trova nel terreno: il numero di individui

TAB. 2. Dimensioni e volumi delle alghe impiegate come cibo.

	Misura in μ	Volume in μ^3
DIATOMEAE		
<i>Chaetoceros aff.</i>	24,9 × 8,7	1.485 ± 25
<i>Chaetoceros dan.</i>	16,5 × 4,8	299 ± 15
<i>Gyrosigma spenc.</i>	35,8 × 7,4	1.460 ± 47
<i>Leptocylindr. dan.</i>	69,5 × 5,4	1.615 ± 36
<i>Phaeodactylum tric.</i>	13,2 × 2,9	60 ± 3
<i>Skeletonema cost.</i>	12,1 × 2,5	61 ± 3
FLAGELLATE		
<i>Chroomonas frag.</i>	9,7 × 3,9	78 ± 4
<i>Dicrateria sp. (β3)</i>	4,5	48 ± 3
<i>Platymonas suec.</i>	7,2 × 9,4	259 ± 21
<i>Platymonas sp. (β43)</i>	4,5	49 ± 3
PERIDINEAE		
<i>Gymnodinium sp.</i>	11,1 × 6,5	247 ± 16
<i>Prorocentrum mic.</i>	44,0 × 24,3	11.671 ± 244
COCCOLITHOPHORIDEAE		
<i>Coccolithus huxleyi</i>	3,4	20 ± 2
MISTURE:		
M1 <i>Platymonas suecica</i> , <i>Plat. sp.</i> , <i>Dicrateria sp.</i> , <i>Gymnodinium sp.</i> , <i>Phaeodactylum tricornutum</i> .		
M2 tutte le specie.		

generati è più grande nelle due misture M1 e M2: il numero massimo dei nauplii, sia nella prima che nella seconda generazione, supera i 200; solo due singole alghe danno risultati così elevati: il flagellato *Platymonas suecica* e la Diatomea *Chaetoceros lorenzianus*. Certe alghe, come il *Coccolithus huxleyi*, i flagellati *Chroomonas fragilaria*, β-6, *Dicrateria sp.* e la peridinea *Exuviaella compressa* permettono una sopravvivenza più o meno lunga della popolazione iniziale, ma il tasso di mortalità dei nauplii generati è molto alto. La moltiplicazione dei Copepodi negli altri terreni è variabile.

Nella Fig. 2 sono riportati i numeri massimi di animali contati nelle colture dopo un mese circa (periodo in cui presumibilmente si esaurisce il ciclo vitale della prima generazione) e dopo 2 mesi circa (periodo in cui si esaurisce presumibilmente il ciclo vitale della seconda generazione) in funzione dell'alga nel terreno di coltura; le alghe sono ordinate secondo le loro dimensioni.

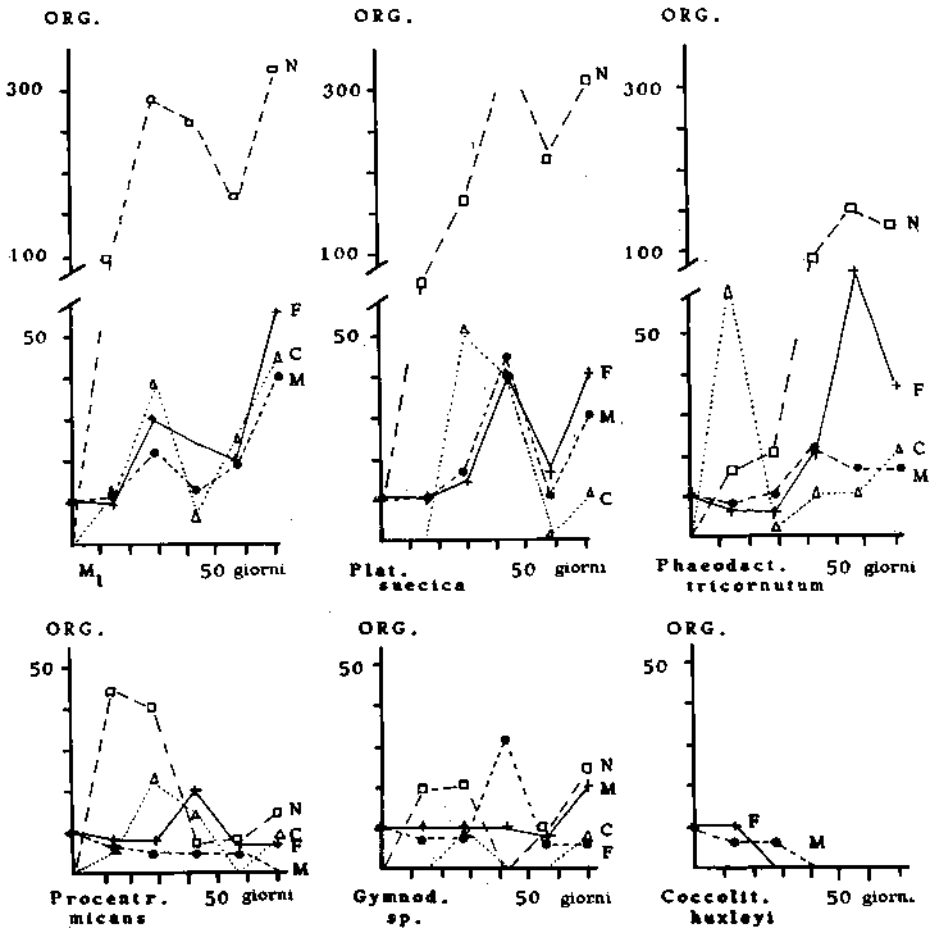


FIG. 1. Dinamica d'una popolazione di *Euterpina acutifrons* iniziata con 10 femmine e 10 maschi adulti sulle varie soluzioni di alghe. (F = femmine, M = maschi, C = copepoditi, N = nauplii).

Si può osservare che sia per la prima che per la seconda generazione di Copepoditi, le alghe più adatte sono quelle che hanno dimensioni medie, comprese cioè tra quelle di *Gymnodinium* sp. e di *Skeletonema costatum*.

La concentrazione dei Copepoditi è molto bassa quando sono usate alghe più piccole oppure alghe più grandi, anche se in questo caso la concentrazione è

leggermente maggiore. Una spiegazione del diverso valore nutritivo delle alghe può essere trovata semplicemente nella conformazione della parte boccale dell'Euterpina adulta: le alghe troppo piccole passano attraverso le setae, le alghe

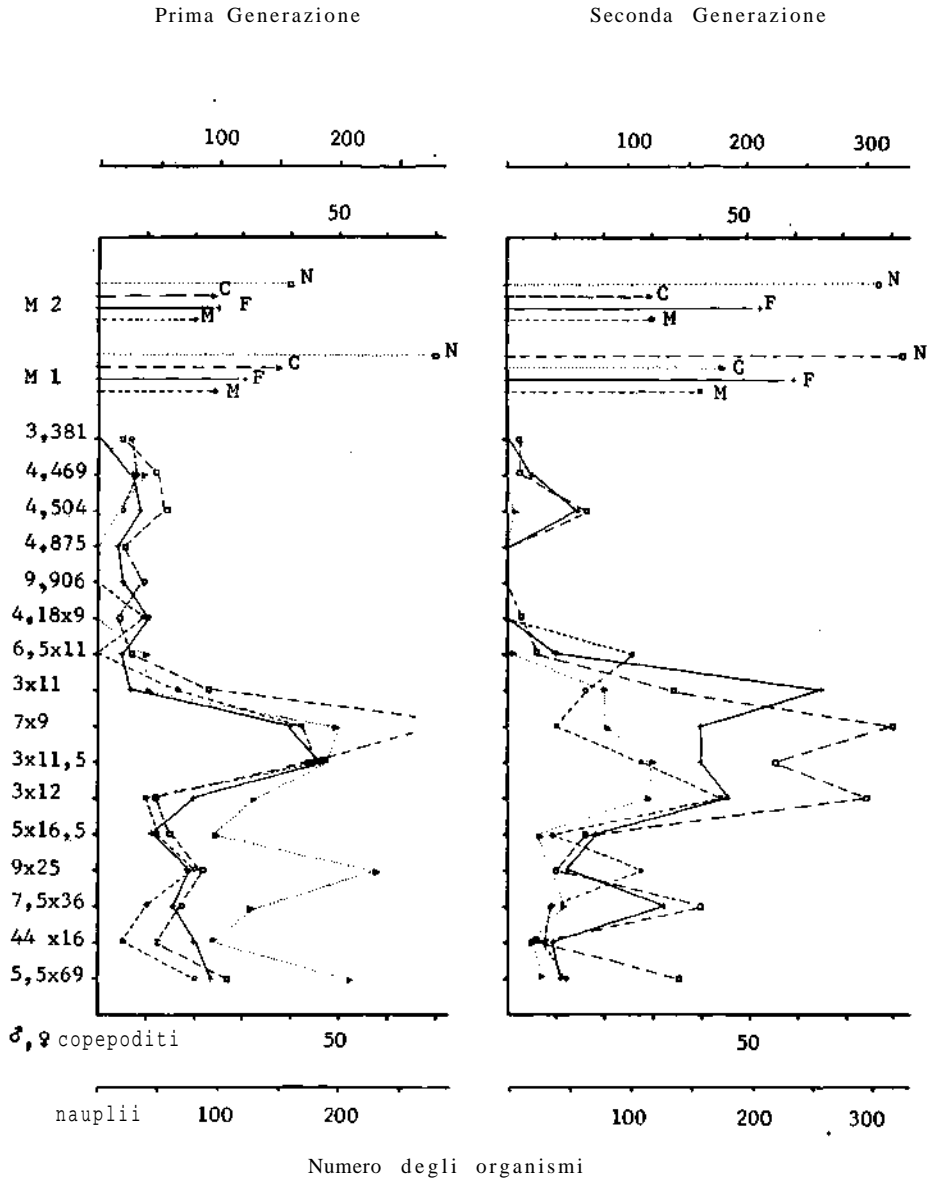


FIG. 2. Dinamica di una popolazione di *Euterpina acutifrons* su diverse alghe in soluzione. Massimi di organismi prodotti alle due generazioni in relazione alla grandezza dell'alga. N = Nauplii, C = Copepodi, F = Femmine adulte, M = Maschi adulti.

troppo grandi non possono essere ingerite dall'apparato boccale, sia dell'adulto, sia dell'animale negli stadi giovanili.

Ingestione di diverse alghe da parte della femmina adulta

Allo scopo di verificare la possibilità d'ingestione delle varie alghe da parte di *Euterpina acutifrons* adulto, abbiamo determinato tramite conteggio ottico con la tecnica di ÜTERMÖHL le quantità di cellule ingerite in un giorno dalla femmina adulta di *Euterpina* in colture di alghe diverse in varie concentrazioni.

Tra le 16 alghe in coltura abbiamo scelto *Platymonas suecica* e *Phaeodactylum tricorutum* che favoriscono una buona moltiplicazione dell'*Euterpina*, *Gymnodinium* sp. e *Prorocentrum micans*, alghe più grandi, sulle quali la moltiplicazione del Copepodo è bassa, ed infine *Coccolithus huxleyi*, l'alga dalle dimensioni più piccole, sulla quale la sopravvivenza dei Copepodi è nulla.

In questi esperimenti, da 5 a 10 Copepodi sono trasferiti, dopo lavaggio e permanenza per una notte in acqua di mare sterile, nei boveri con 20 cm³ di coltura di alghe a concentrazione determinata.

I boveri sono lasciati al buio per 24 ore; boveri senza Copepodi dimostrano che in queste condizioni la variazione nella concentrazione delle alghe è trascurabile; dopo 24 ore si prelevano i Copepodi, la coltura è ben mescolata e le alghe sono contate nuovamente; la differenza tra il numero di alghe prima e dopo l'ingestione da parte dei Copepodi permette di calcolare il numero di alghe ingerite per Copepodo in 24 ore.

Dal numero di alghe ingerite in un giorno si calcola facilmente la quantità ingerita in peso secco ed il corrispondente volume di acqua filtrata dall'animale in un giorno (Tab. 3).

La quantità di alghe ingerite ed il volume filtrato per animale in un giorno sono molto diversi a seconda dell'alga, anche se le concentrazioni sono simili, sia riguardo al numero di cellule/ml (vedi esp. 68/5 e 68/3) sia riguardo al peso secco espresso in µg/ml (vedi esp. 68/2,4,6 e 69/5).

Per la stessa alga (per esempio *Gymnodinium* sp.) la quantità ingerita ed il volume filtrato variano a seconda della concentrazione iniziale dell'alga nel terreno di coltura, come vedremo in seguito.

Fatto importante da mettere in evidenza è che il *Coccolithus huxleyi*, alga di dimensioni molto piccole, non è mai ingerita in quantità notevole; invece, alghe grandi come il *Prorocentrum micans* o *Gymnodinium* sp., che permettono soltanto una crescita modesta della popolazione di *Euterpina*, possono essere ingerite in quantità maggiori, valutate come peso secco, di alghe quali *Platymonas suecica* o *Phaeodactylum tricorutum* che sostengono un'attiva moltiplicazione del Copepodo.

Questi risultati dimostrano che al di sotto di una certa grandezza (6-7 µ) le alghe non possono essere ingerite da femmine adulte e quindi non sono adatte

TAB. 3. Tasso giornaliero d'ingestione e di filtrazione dell' Euterpina adulta in varie soluzioni di alghe

Esper.	n.	Alghe	Concentrazione iniziale		Q ing./Cop./giorno		ml filtrati Cop./giorno
			cell/ml	μg secco/ml	cellule	μg	
68/5	3	<i>Platymonas s.</i>	1.000	$300 \cdot 10^{-5}$	19.293	0,579	19,4
68/2	3	<i>Gymnodinium</i>	40	$192 \cdot 10^{-5}$	157	0,0075	3,8
»	3	<i>Prorocentrum</i>	20	$233 \cdot 10^{-5}$	201	0,235	10
»	3	<i>Phaeodactylum</i>	399	$251 \cdot 10^{-5}$	49.666	0,312	12,4
»	3	<i>Coccolithus h.</i>	1.515	$303 \cdot 10^{-5}$	1.603	0,0033	1
68/3	3	<i>Platymonas</i>	2.500	$75 \cdot 10^{-3}$	42.000	1,260	16,8
»	3	<i>Gymnodinium</i>	1.900	$91 \cdot 10^{-3}$	1.970	0,0949	1
»	3	<i>Prorocentrum</i>	1.475	1,7	1.850	2,158	1,3
»	3	<i>Phaeodactylum</i>	1.625	$102 \cdot 10^{-4}$	18.000	0,113	11,5
»	3	<i>Coccolithus h.</i>	1.500	$307 \cdot 10^{-5}$	2.175	0,004	1,4
»	3	<i>Chaetoceros d.</i>	1.550	$453 \cdot 10^{-4}$	1.350	0,039	0,9
68/6	3	<i>Platymonas</i>	5.500	$165 \cdot 10^{-3}$	45.900	1,377	8,3
»	3	<i>Gymnodinium</i>	175	$844 \cdot 10^{-5}$	1.030	0,496	3,8
»	3	<i>Prorocentrum</i>	250	$292 \cdot 10^{-3}$	500	0,583	2
»	3	<i>Phaeodactylum</i>	2.450	$154 \cdot 10^{-4}$	21.300	0,135	8,6
»	3	<i>Chaetoceros d.</i>	225	$66 \cdot 10^{-4}$	2.500	0,073	12

non solo a stimolare una moltiplicazione significativa, ma neppure a permettere una semplice sopravvivenza di una popolazione di *Euterpina*.

Le altre alghe di dimensioni medie, come il *Phaeodactylum* o il *Platymonas* o di dimensioni grandi come il *Prorocentrum* sono ingerite dalle femmine adulte.

Il fatto quindi, che solo le alghe di dimensioni medie e non le alghe di dimensioni maggiori permettono una moltiplicazione elevata di una popolazione di *Euterpina* non è dunque dovuto a dimensioni troppo piccole dell'apparato boccale dell'adulto, ma forse a quello degli stadi giovanili del Copepodo.

Sviluppo dell' Euterpina su diverse alghe

Allo scopo di verificare se le diverse alghe permettono lo sviluppo di *Euterpina* in tutti gli stadi dall'uovo all'adulto, uova di *Euterpina*, dopo lavaggio

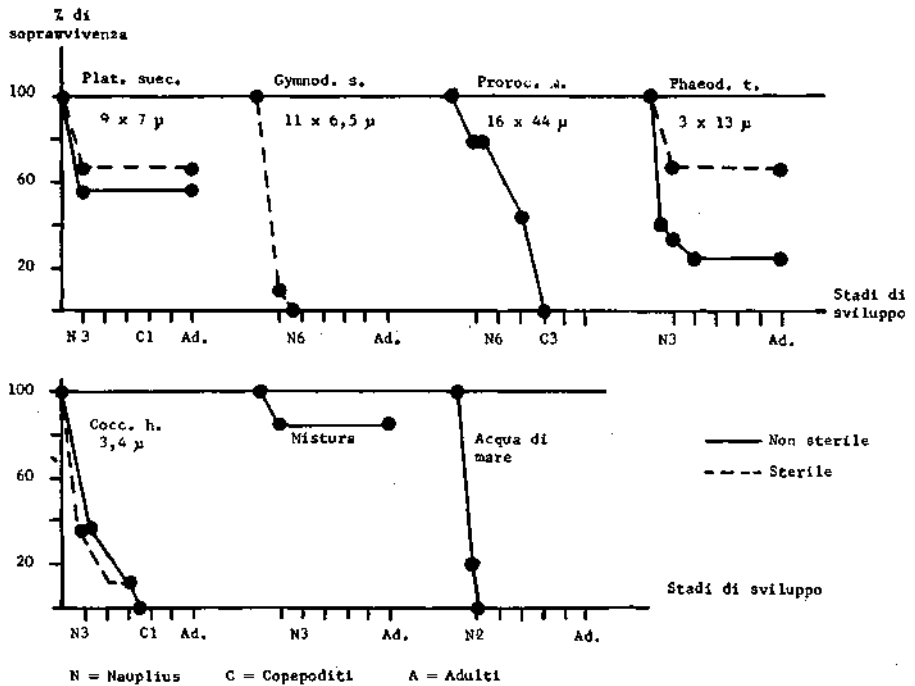


FIG. 3. Percentuali di sviluppo uova-adulti per *Euterpina acutifrons* in varie soluzioni delle alghe (medie di tre ripetizioni iniziate con 100 uova).

sterile, furono messe in tubi di coltura riempite con 10 ml di terreno con diverse alghe, sterili e non sterili (3 repliche).

Lo sviluppo dei nauplii fu osservato fino allo stadio adulto (Fig. 3). Il tasso di mortalità è sempre elevato durante i primi stadi, cioè da N1 a N3-4, eccetto che nel terreno contenente la mistura di tutte le alghe; nei terreni con *Phaeo-*

dactylum tricornutum e *Platymonas suecica*, superati questi stadi, la sopravvivenza è totale come nel terreno di mistura M2.

In questo terreno l'80 % dei nauplii raggiunge lo stadio adulto mentre lo raggiunge più o meno il 60 % nei terreni con *Platymonas suecica* sterile e non sterile e con *Phaeodactylum* sterile.

Nel terreno con *Phaeodactylum* non sterile, la mortalità è alta (± 75 %) durante i primi stadi, ma tutti i nauplii (stadio IV) raggiungono lo stadio adulto.

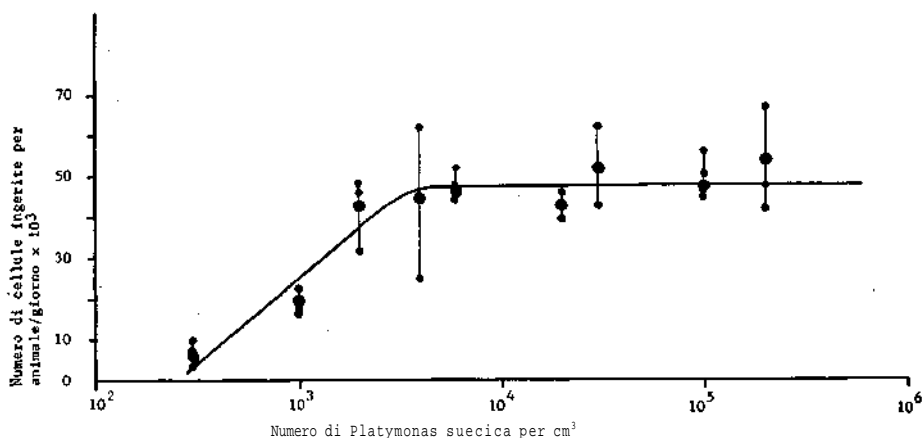


FIG. 4. Ingestione dell'*Euterpina* adulta in funzione della concentrazione in *Platymonas suecica* nella soluzione di coltura.

Questi risultati dimostrano che *Platymonas suecica* e *Phaeodactylum tricornutum*, alghe favorevoli alla crescita di *Euterpina*, lo sono anche allo sviluppo degli stadi giovanili.

Alghe di grande dimensione, come *Gymnodinium* sp. e *Prorocentrum micans*, sebbene ingerite senza difficoltà dagli adulti, non permettono lo sviluppo degli stadi di nauplii e così la crescita dell'*Euterpina* in questi terreni è scarsa; probabilmente, i nauplii essendo le alghe adulte troppo grandi per il loro apparato boccale, si nutrono con detriti o cellule giovani, le quali però sono presenti in scarso numero.

In una coltura di *Coccolithus huxleyi* (3, 4 μ), la mortalità è del 100 %; quest'alga, che è ingerita in scarsa quantità anche dagli adulti, non permette lo sviluppo degli stadi giovanili, probabilmente perché troppo piccola per essere trattenuta dalle setole filtranti.

Concentrazione di alghe nei terreni di coltura

La concentrazione di alghe nei terreni impiegati dai diversi autori per la coltura dei Copepodi si è dimostrata essere superiore a quella che si incontra

nell'ambiente naturale (140 cell/ml, MULLIN, 1967; 50 a 50.000 cell/ml, JACOBS, 1961; 100.000 cell/ml, CORKETT, 1969, ecc.).

L'influenza della concentrazione del cibo nel terreno di coltura sulla crescita dei Copepodi non è stata, però, sistematicamente studiata, come si può notare scorrendo la letteratura.

Per *Euterpina acutifrons* abbiamo visto dalla Tab. 3 che per la stessa alga

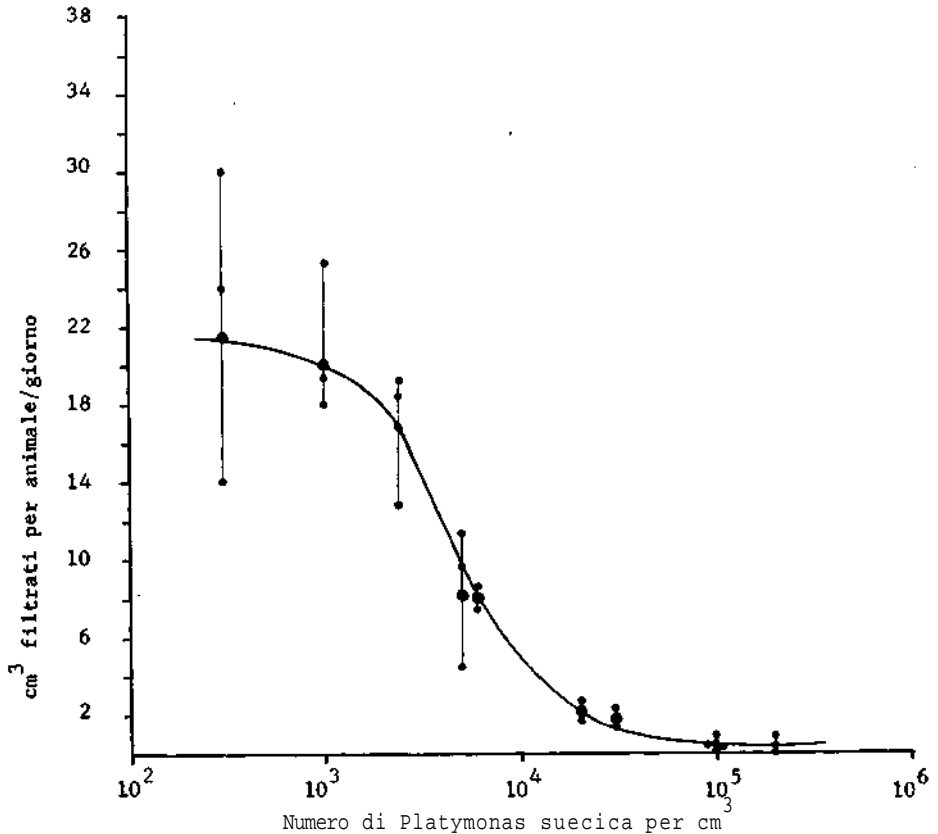


FIG. 5. Attività di filtrazione dell' *Euterpina acutifrons* adulta in funzione della concentrazione di *Platymonas suecica* nella soluzione di coltura.

il tasso di filtrazione e la quantità ingerita variano con il variare della concentrazione iniziale dell'alga nel terreno di coltura.

Allo scopo di studiare i rapporti tra concentrazione di alghe nel terreno e capacità di nutrizione da parte del Copepodo, femmine di *Euterpina* sono state messe in coltura per 1 o 2 giorni in una serie di beute contenenti *Platymonas suecica* in concentrazioni variabili.

È stato così determinato, con la tecnica di conta di ÜTERMÖHL, la quantità

di cibo ingerita al giorno per animale, e quindi il corrispondente volume giornaliero di acqua filtrata.

L'influenza della concentrazione delle alghe è illustrata nella Fig. 4.

La quantità di alghe ingerite al giorno rimane invariata indipendentemente dalla concentrazione iniziale quando questa supera le $5 \cdot 10^3$ cell/ml; al di sotto di questa concentrazione la quantità ingerita in un giorno per animale dimi-

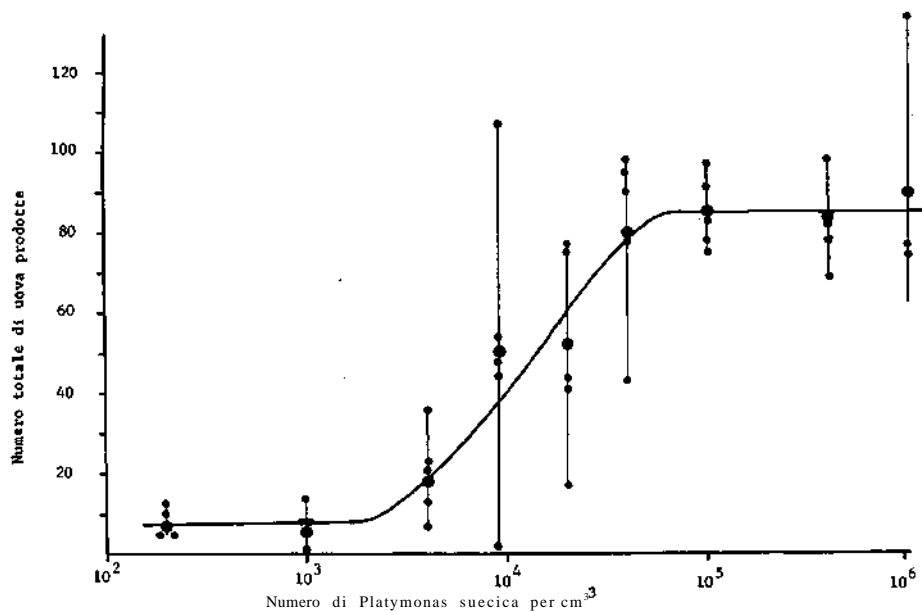


FIG. 6. Produzione di uova dall'*Euterpina acutifrons* in funzione della concentrazione del *Platymonas suecica* nella soluzione di coltura.

nuisce. Questo plateau rappresenta l'ingestione massima di *Platymonas suecica* da parte di *Euterpina acutifrons*. La concentrazione iniziale delle alghe nel terreno di coltura ha pure una incidenza diretta sulla quantità di acqua filtrata al giorno che diminuisce fino ad un valore inferiore a 1 ml a concentrazione così alta come $1 \cdot 10^5$ cell/ml e più (Fig. 5).

Influenza della concentrazione in alghe sulla produzione di uova

In una serie di esperimenti sono stati messi in coltura una femmina giovane ed un maschio di *Euterpina acutifrons* con *Platymonas suecica* a diverse concentrazioni; le uova e i nauplii prodotti sono tolti dalla coltura di giorno in giorno fino alla morte della femmina che avviene dopo 2 o 3 settimane a seconda della concentrazione di alghe (Fig. 6).

A concentrazioni inferiori o uguali a $1 \cdot 10^3$ cell/ml, la produzione di uova

è quasi nulla ed il periodo di vita riproduttiva della femmina è molto breve (circa 16 giorni); a concentrazioni più alte la produzione delle uova aumenta come pure il periodo di riproduttività della femmina per raggiungere un plateau alla concentrazione di $5 \cdot 10^4$ cell/ml e più; questo plateau è caratterizzato da una produzione di 80 uova/femmina e da un periodo di riproduttività di 25 giorni circa.

Il grafico Fig. 7 riassume i risultati concernenti l'influenza della concentrazione di *Platymonas suecica* nel terreno di coltura sui valori di filtrazione, in-

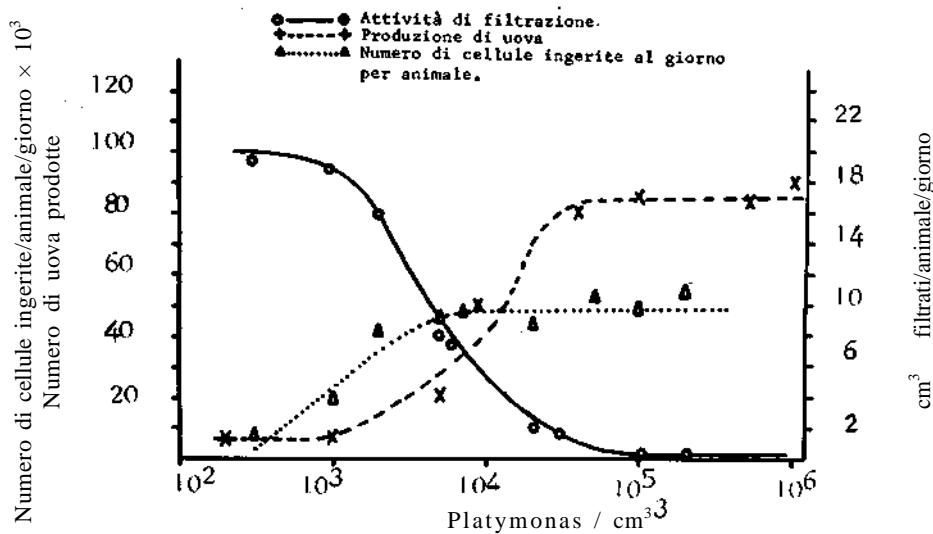


FIG. 7. Influenza della concentrazione di *Platymonas* nella soluzione di coltura sull'attività di filtrazione, d'ingestione e la produzione di uova dall'*Euterpina acutifrons* adulta.

gestione e produzione di uova da parte della femmina adulta di *Euterpina acutifrons*.

Tenteremo di dare una spiegazione di questi fenomeni in termini di ripartizione dell'attività del Copepodo.

Ad una concentrazione alta, più di $5 \cdot 10^4$ cell/ml, il Copepodo può ingerire una quantità massima di alghe senza dover ricorrere a molti movimenti per la sua ricerca di cibo; in effetti in queste condizioni il Copepodo filtra meno di 2 ml al giorno; la produzione di uova in queste concentrazioni è massima.

La riduzione della concentrazione provoca un aumento del volume di acqua da filtrare per ingerire la stessa quantità di cibo. Filtrando 50 ml al giorno il Copepodo riesce a mantenere costante la quantità di cibo ingerita, ma si osserva una riduzione nella produzione delle uova.

Se ne deduce quindi che l'attività filtrante e quella riproduttiva sono tra loro inversamente proporzionali.

A concentrazioni inferiori a 10^3 cell/ml la quantità ingerita è molto inferiore a quella ingerita in condizioni ottimali. L'aumento dell'attività di filtrazione è compensato da una diminuzione dell'attività riproduttiva. A tali concentrazioni i Copepodi possono mantenersi nelle colture, ma senza avere un alto tasso di riproduzione.

CONCLUSIONE

Questi risultati, benché parziali, mettono in evidenza l'importanza della qualità e quantità di cibo da mettere a disposizione dei Copepodi per ottenere non solo che essi riescano a sopravvivere, ma anche a moltiplicarsi in laboratorio.

Da un punto di vista qualitativo certe alghe possono essere ingerite soltanto ad un certo stadio di sviluppo, e non in tutti gli stadi. Poche sono le specie adatte alla nutrizione in ogni stadio di sviluppo.

PROVASOLI e al. (1959), SHIRASCHI e PROVASOLI (1959) ed altri hanno cercato nella mancanza di microelementi la spiegazione del diverso valore nutritivo delle alghe; i nostri risultati dimostrano che la dimensione delle cellule è un parametro molto importante da prendere in considerazione per ogni specie di Copepodo e per ogni stadio di sviluppo.

Sul piano quantitativo abbiamo visto che anche nel caso di un'alga che favorisce lo sviluppo del Copepodo a tutti gli stadi, come *Platymonas suecica*, il fattore concentrazione in cellule nel terreno di coltura controlla la possibilità di produzione massima di uova, essendo questa legata all'ingestione di una quantità massima di cibo ed alla riduzione dell'attività dedicata alla filtrazione dell'acqua.

Nel caso di *Euterpina acutifrons* coltivata su *Platymonas suecica* la quantità massima di cibo è ingerita dalla femmina a concentrazioni più alte di $5 \cdot 10^3$ cell/ml, corrispondente ad una biomassa di 0,13 $\mu\text{g}/\text{ml}$. La produzione massima di uova avviene a concentrazioni più alte ($5 \cdot 10^4$ cell/ml, 1,3 $\mu\text{g}/\text{ml}$).

Queste concentrazioni sono nell'ordine della concentrazione naturale espressa in $\mu\text{g}/\text{ml}$ osservata nella nostra zona di mare (BERNHARD, RAMPI e ZATTERA, 1969).

È interessante notare che un aumento della concentrazione a valori così alti come $1 \cdot 10^6$ cell/ml non limita l'attività di ingestione o di produzione di uova da parte del Copepodo.

Nella ricerca delle condizioni ottimali di colture per altre specie di Copepodi, sembra dunque consigliabile mettere a disposizione del Copepodo:

- 1) una serie di alghe di dimensioni diverse, in modo che ad ogni stadio di sviluppo il Copepodo trovi un'alga adatta alle dimensioni del suo apparato boccale;

2) una concentrazione in cellule nel terreno sufficientemente elevata per garantire una riproduzione massima del Copepodo.

Infatti, procedendo in questo modo, siamo riusciti a tenere in coltura in laboratorio per varie generazioni altre specie di Copepodi come *Acartia clausi*, *Ctenocalanus vanus*, *Clausocalanus acucornis*, *Centropages typicus* e *Tigriopus brevicornis*.

RINGRAZIAMENTO

Desidero ringraziare vivamente il Dottor MICHAEL BERNHARD direttore del Laboratorio, per il prezioso aiuto durante il corso di questo lavoro; esprimo inoltre la mia gratitudine alla Sig.na M. A. LARACCA e al Signor V. FIORE per la loro assistenza nella raccolta dei dati.

BIBLIOGRAFIA

- BARR, M. W., 1969: Culturing the marine Harpacticoid Copepod *Tisbe furcata* (BAIRD, 1837). *Crustaceana* 16, 95-6.
- BERNARD, M., 1963: Le cycle vital en laboratoire d'un copéopode pélagique de Méditerranée *Euterpina acutifrons* CLAUS. *Pelagos* 1, 35-48.
- BERNHARD, M., V. BOFFI, A. LUCARELLI, L. RAMPI, U. MELCHIORRI-SANTOLINI e A. BENEDETTI, 1963: Rapporto sull'attività scientifica e tecnica del Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare. C.N.E.N. RT/BIO (63) 8.
- BERNHARD, M., L. RAMPI e A. ZATTERA, 1969: La distribuzione del Fitoplancton nel mar Ligure (presentato al 1° Cong. Soc. Ital. Biol. Mar. Livorno 1969, in press).
- CONOVER, R. J., 1962: Metabolism and growth in *Calanus hyperboreus* in relation to its life cycle. *Rapp. Cons. Int. Explor. Mer.* 153, 190-197.
- CORKETT, C. J. and I. A. MCLAREN, 1969: Eggs production and oil Storage by the copepod *Pseudocalanus* in the laboratory. *J. Exp. Marine Biol. Ecol.* 3, 90-105.
- GILAT, E., 1967: On the feeding of a benthonic copepod *Tigriopus brevicornis* O. MÜLLER, *Sea Fisch. Res. Stat. Haifa Bull.* 45, 1967.
- HEINLE, D. R., 1969: Culture of Calanoid Copepods in synthetic sea water. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 26, 153-166.
- JACOBS, J., 1961: Laboratory cultivation of the marine copepod *Pseudodiaptomus coronatus* WILLIAMS. *Limnol. Oceanogr.* 6, 443-446.
- MULLIN, M. M. and E. R. BROOKS, 1967: Laboratory culture, growth rate and feeding behaviour of a planktonic marine copepod. *Limnol. Oceanogr.* 12, 657-666.
- NEUNES, H. W. and G. F. PONGOLINI, 1965: Breeding a pelagic copepod *Euterpina acutifrons* (DANA), in the laboratory. *Nature* 208, n. 5010, 571-573.
- PROVASOLI, L., K. SHIRASCHI and J. R. LANCE, 1959: Nutritional idiosyncrasies of *Artemia salina* and *Tigriopus* in monoxenic culture. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 77, 250.
- SHIRAIISHI, K. and L. PROVASOLI, 1959: Growth factors as supplements to inadequate algal foods for *Tigriopus japonicus*. *Tohoku Journ. Agricult. Res.* X 1, 89-96.
- ZILLIOUX, E. J. and D. F. WILSON, 1964: On the survival and propagation of *Acartia tonsa* in laboratory culture. *Proc. 27th Ann. Meet. Am. Soc. Limn. Oceanogr.* June, 1964.

Dr. A. NASSOGNE, Laboratorio per lo studio della contaminazione radioattiva del mare, C.N.E.N. - EURATOM, 19030 Fiascherino, La Spezia (Italia).

Campionamento quantitativo di zooplancton con un campionatore ad alta velocità (Delfino) *

di

ARMAND NASSOGNE e MICHAEL BERNHARD

(Dal Laboratorio per lo studio della contaminazione radioattiva del mare
C.N.E.N. - EURATOM, 19030 Fiascherino, La Spezia, Italia)

11 Figure

Résumé. Nous décrivons dans ce travail un échantillonneur à grande vitesse (Delfino I) ainsi que les différentes manipulations aboutissant à un échantillonnage quantitatif du zooplancton.

Lors du comptage de l'échantillon, doivent être écartés les organismes qui auraient pu passer à travers le filet et se trouvent donc par hasard dans l'échantillon. La méthode de filtration ultérieure en laboratoire de l'échantillon fixé s'avère peu exacte. Des expériences en mer avec des filets de largeurs de mailles variant de 21 à 200 microns ont permis d'établir, grâce à une mensuration optique des organismes lors du comptage, la taille minimum des animaux certainement retenus par chacun des filets employés. Les résultats montrent que cette taille minimum est nettement plus importante que la largeur de la maille lorsque les organismes sont vivants.

Une étude de la répartition des organismes suivant leur taille démontre la nécessité d'échantillonner à l'aide de filets dont la largeur de maille est de 21 microns, si l'on veut prendre en considération les zooplanctons les plus petits, dont la proportion dans l'échantillon est toujours importante. Dans ce cas le problème du comblement des filets est considéré.

L'effet de la vitesse de trait a été étudié à l'aide de différents filets tout en appliquant ce critère de « taille minimum certainement retenue »; le nombre d'organismes capturés par mètre cube d'eau filtrée augmente avec la vitesse de trait jusqu'à atteindre un plateau à 4-5 noeuds qui se maintient jusqu'à 7 noeuds, vitesse maximum testée.

Riassunto. Un campionatore ad alta velocità (Delfino I) è descritto con le varie operazioni necessarie ad un campionamento quantitativo dello zooplancton.

Durante la conta del campione, gli organismi che sarebbero potuti passare attraverso le maglie della rete, devono essere trascurati.

Il metodo di filtrazione prima del conteggio del campione fissato non è valido.

Esperimenti in mare con rete a maglie diverse da 21 a 200 μ e la misurazione ottica degli organismi durante il conteggio, ci hanno permesso di stabilire, per ogni rete usata, le dimensioni minime degli organismi vivi certamente trattenuti. Queste minime dimensioni superano le dimensioni delle maglie della rete.

Risultati sulla ripartizione degli organismi, in base alle loro dimensioni, dimostra la necessità di campionare lo zooplancton con rete da 21 μ di aperture di maglia, allo scopo di campionare gli organismi più piccoli sempre numerosi nell'ambiente naturale.

È considerato anche l'effetto dell'intasamento della rete con apertura di maglie così piccole.

Con lo studio sulla velocità di traino si è ottenuto che il numero di organismi

* Lavoro svolto nell'ambito del Contratto di Associazione C.N.E.N. - EURATOM, Collaborazione n. 536 della Divisione di Biologia dell'EURATOM.

catturati al metro cubo aumenta con un aumento della velocità di traino, per raggiungere un plateau di 4-5 nodi che si mantiene fino a 7 nodi, velocità massima sperimentata.

INTRODUZIONE

Le informazioni sull'ecologia dello zooplancton contribuiscono alla ricerca della possibilità di passaggio dei radioisotopi attraverso la catena alimentare marina.

Il campionamento quantitativo dello zooplancton fu effettuato con numerosi tipi di apparecchi (ANONYMOUS, 1968).

Nel nostro laboratorio sono stati iniziati esperimenti con vari campionatori (NEUNES, 1966; BERNHARD, 1967).

Per valutare un campionamento quantitativo, tre argomenti devono essere presi in considerazione:

- la misura esatta della quantità di acqua filtrata dalla rete;
- il passaggio degli organismi attraverso le maglie della rete fino a una certa dimensione (escapement);
- il fatto che gli organismi possono sfuggire all'apparecchio (avoidance).

Presentiamo qui i risultati preliminari ottenuti da un campionatore ad alta velocità (il Delfino I) con una determinazione della minima ritenzione nelle varie reti usate e un'analisi dell'effetto della velocità di traino sull'« avoidance » dalla rete da parte degli organismi.

Descrizione del Delfino I

Il Delfino è formato da un contenitore fatto con un tubo in PVC, (Fig. 1) facilmente ottenibile in commercio, rinforzato con lana di vetro e resine po-

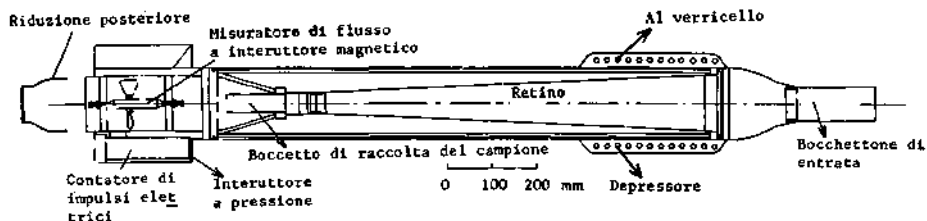


FIG. 1. Schema del Delfino I.

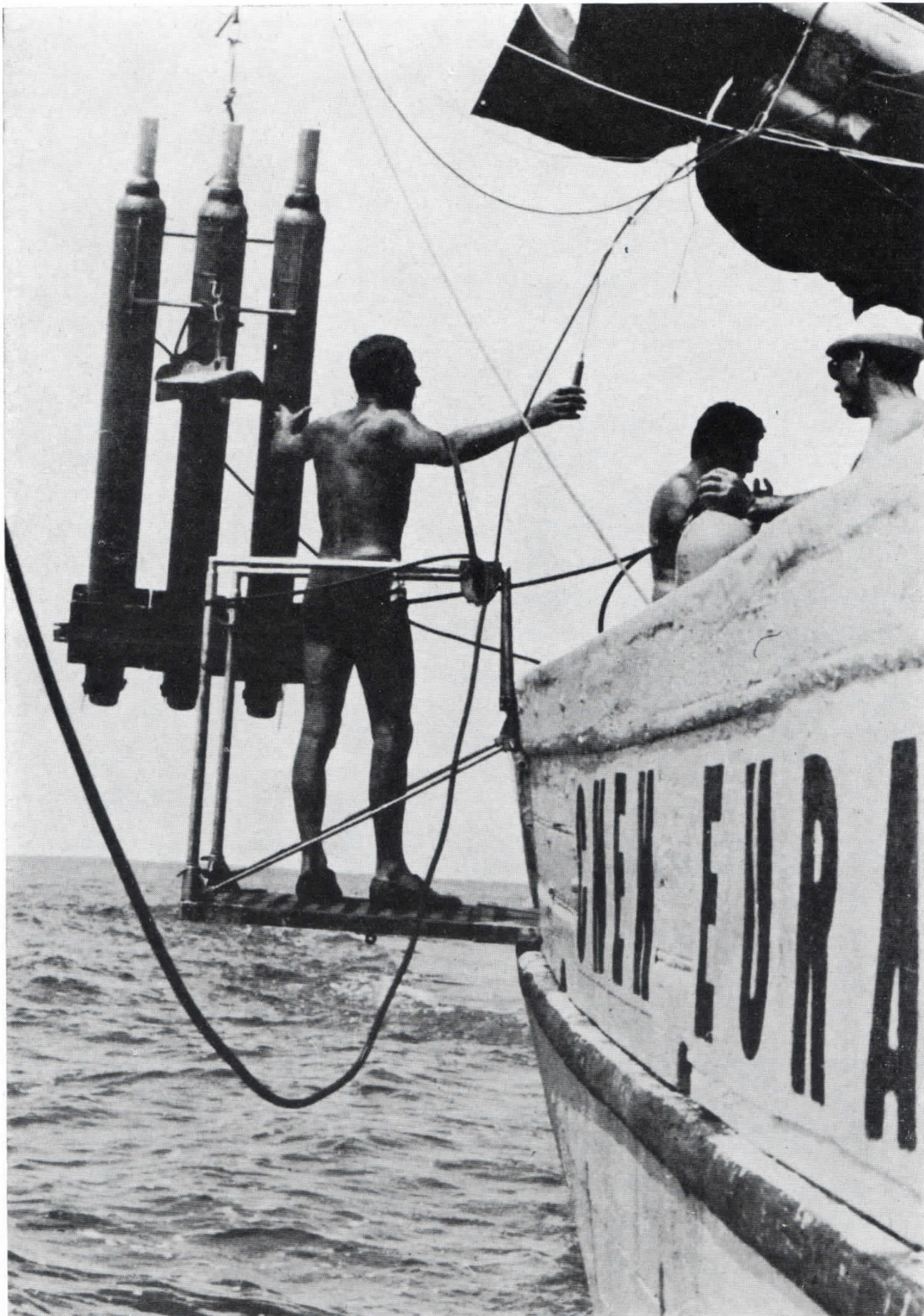


FIG. 2. Delfini collegati in batteria.

TAB. 1. Calibrazione dei flussimetri in colpi per metro cubo di acqua filtrata e in % del valore a 7 nodi (valore medio di 4 determinazioni, error standard minore di 0,40 colpi, coefficiente di variazione minore di 0,34 %).

Velocità	I	II	III	IV	V	VI	VIII
7 N	135	160	163	145	148	164	166
%	100	100	100	100	100	100	100
5 N	136	157	168	146	147	170	167
%	100	98	103	100	100	104	100
2 N	137	154	168	149	145	172	169
%	101	96	103	102	99	105	102

liestere (Gabraster-Montecatini). La sua dimensione è stata scelta in modo che un normale retino « Clarke-Bumpus » di 12 cm di diametro e lungo 85 cm vi possa essere sistemato.

L'apertura boccale, consistente in una sporgenza del tubo di PVC di 7 cm di diametro, serve a ridurre la turbolenza che potrebbe essere causata dal cavo da traino o dalla struttura dell'apparecchio.

Il flussimetro meccanico, situato nella coda del campionatore, ed usato originariamente da NEUNES (1966), è stato sostituito da un flussimetro elettrico, poiché quello meccanico ottenuto dalla trasformazione di un normale contatore domestico, non dava letture riproducibili a basse velocità. Il numero di

TAB. 2. Porosità, rapporto tra area filtrante e area della bocca efficienza di filtrazione e riduzione dell'efficienza di filtrazione nel Delfino I.

Maglia in μ	Porosità	Rapporto area/bocca	Efficienza filtrazione in %	Riduzioni dell'efficienza in %
senza rete			137	
180	0,46	25,4	125,8	8,2
150	0,42	23,22	125,2	8,6
125	0,30	16,59	124,5	8,8
100	0,28	15,48	124,5	9,1
71	0,26	14,37	126,8	7,4
53	0,23	12,69	118,8	13,3
21	0,18	9,95	89,6	34,6

« giri » è registrato utilizzando un piccolo interruttore elettromagnetico (HAM-LIN, LAKE, MILLS, WISE). La calamita è inserita in una delle pale dell'elica. L'interruttore azionato a pressione fa scattare il contatore a circa 2 m di profondità.

Il retino ed il flussimetro sono montati in un sostegno che può essere inserito dentro il Delfino. Il retino è fissato al sostegno con un sistema a baio-

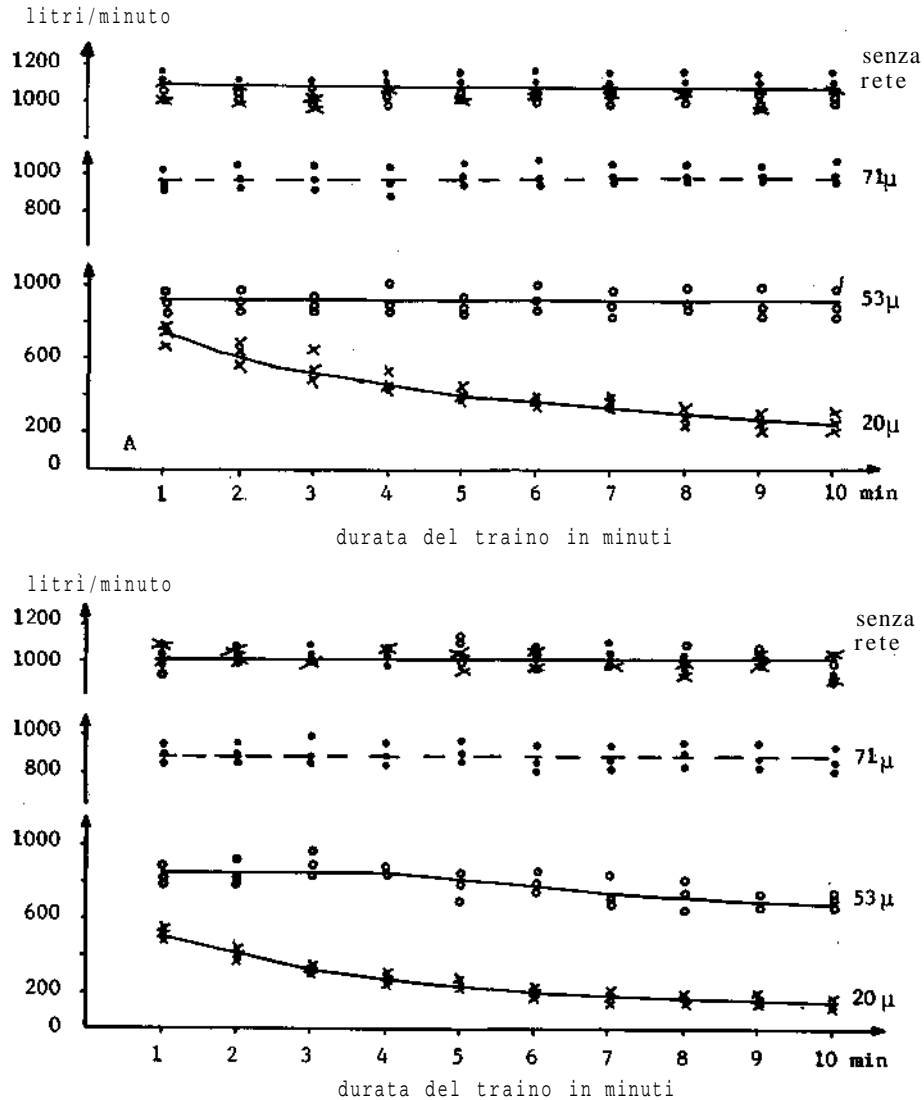


FIG. 3. Effetto dell'intasamento delle reti di 20, 53 e 71 μ; volume di acqua filtrata per minuto in confronto alla durata di traino in minuti.

netta cosicché può essere facilmente cambiato. Le reti sono fabbricate con tela di Nailon NITAL (Swiss Silk Bolting Cloth Manufacturing Co. Ltd. 9425 Thal, St. Gallen, Svizzera).

In modo da ottenere cuciture sicure ed evitare accumuli di organismi nelle cuciture stesse, la garza dei retini è stata incollata assieme con una speciale colla usata normalmente per attaccare soles di gomma. In mare, tre o sei delfini possono essere attaccati insieme per formare una batteria che è trascinata da un cavo di Nailon e mantenuta a profondità con un depressore (Fig. 2).

TAB. 3. *Distribuzione in % degli organismi sulle diverse parti del campionatore (Delfino I) (velocità: 7 nodi per 1 miglio; 17-III-66; rete 180 μ).*

Apertura bocca lunghezza	Bocchet- tone %	Lavati dalla rete %	Attaccati alla rete dopo la- vaggio %	Lavati dalla fi- nestra %	Attaccati alla fine- stra dopo lavaggio %	Totale
1/7	10	74	9	3	1	13.896
1/7	12	69	13	2	1	12.870
1/7	10	75	11	0,7	1	11.758
1/7	7	79	10	2	0,6	16.317
1/7	12	46	6	33	0,8	20.181
1/7	19	64	7	5	1	14.336
1/7	23	60	5	9	0,8	21.270
1/2	12	81	5	0,7	0,5	7.793
1/3	17	81	—	0,3	0,7	12.447
1/5	11	74	8	3	1	14.563
1/6	53	22	8	13	1	14.711

Calibrazione del Delfino I

I delfini sono stati tarati in mare su una distanza nota tra due boe e a terra con una pompa. Il numero di giri dell'elica corrispondente a un metro cubo di acqua dimostra un'alta riproducibilità (meno di un mezzo per cento di variabilità) e non dipende dalla velocità di traino (Tab. 1). L'efficienza di filtrazione, con le varie reti usate (Tab. 2) è sempre superiore a 100 %. Per le reti di maglie superiori a 71 μ la riduzione nell'efficienza di filtrazione è piccola, sempre inferiore a 10 %, per le reti di 53 e 21 μ , la riduzione è maggiore ed è dovuta all'intasamento (clogging) delle maglie durante il traino.

Allo scopo di studiare l'effetto di questo intasamento i contacolpi di sei delfini lavorando in mare sono stati fissati a bordo tramite un cavo a sei condutture. Il numero di giri notato dopo ogni minuto di traino permette di calcolare il volume filtrato per minuto dalle varie reti (Fig. 3). Si può osservare che durante il traino una riduzione della quantità d'acqua filtrata per minuto appare nelle reti da 21 e 53 μ , ma non nelle reti da 71 μ .

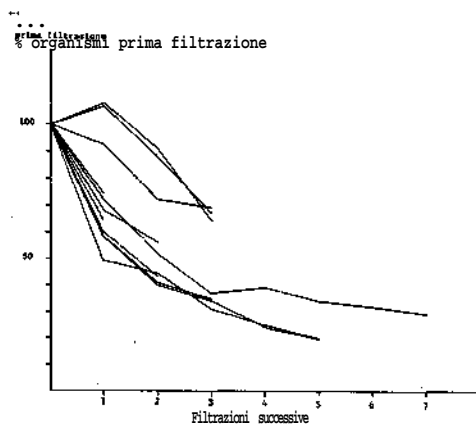


FIG. 4. Filtrazione senza misurazione degli organismi in laboratorio. (10 ripetizioni).

Calibrazione in mare

Negli esperimenti descritti sotto, una serie di 6 delfini fu trascinato per una distanza di 2 Km a 10 metri di profondità circa; una boa con ancora galleggiante, portante un riflettore per radar, fu usata come punto di riferimento; a bordo le reti sono staccate dal contenitore, e risciacquate dall'interno con acqua di mare. La necessità di un lungo lavaggio è dimostrata dalla ripartizione degli organismi tra le diverse parti della rete; il numero più grande di organismi si trova attaccato alla finestra del bocchettone e alle pareti delle reti (Tab. 3).

Tecnica di conteggio e di misurazione

Ogni maglia di una certa dimensione può trattenere organismi fino a una dimensione minima; gli organismi più piccoli di questa dimensione dovrebbero in teoria passare attraverso le maglie, ma una parte, in pratica, rimane nella rete.

Nel valutare quantitativamente lo zooplancton, è ovvio che solo quegli organismi che non possono passare attraverso la rete devono essere presi in considerazione; è dunque necessario trovare un metodo per separare questi organismi da quelli che possono sfuggire attraverso le maglie.

Due mezzi sono possibili:

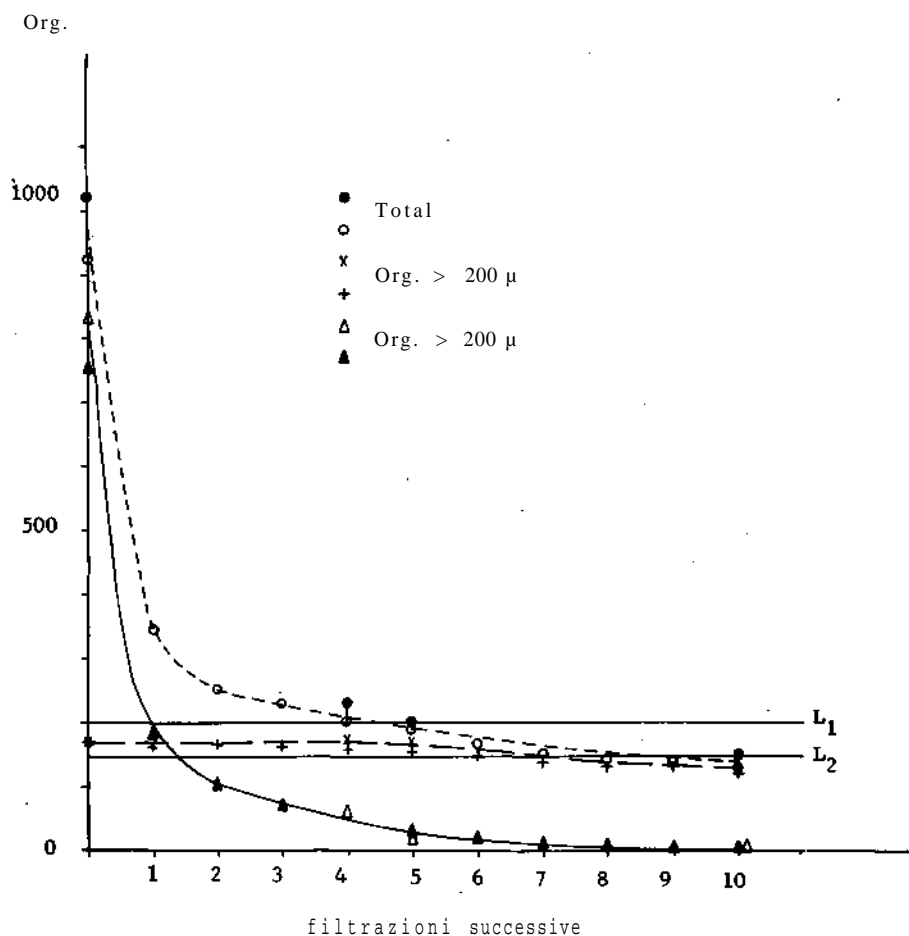


FIG. 5. Filtrazione e misurazione degli organismi in laboratorio. (2 ripetizioni).

— o la filtrazione del campione in laboratorio attraverso una rete con delle maglie simili a quelle della rete usata in mare;

— o la misura ottica degli organismi dopo avere determinato la minima ritenzione della rete impiegata. In una serie di esperimenti (Fig. 4) dei campioni fissati con formalina prelevati con una rete di 180 micron sono stati fil-

trati in laboratorio con una rete simile; gli organismi rimasti sul filtro sono stati filtrati di nuovo dopo conteggio e tale filtrazione è stata ripetuta per 7 volte; si può osservare che i risultati ottenuti in 12 esperimenti non sono riproducibili. In un'altra serie di esperimenti (Fig. 5), campioni presi con una rete di 71μ sono filtrati su una rete di 180μ ; dopo ogni filtrazione gli organismi rimasti sulla rete sono contati e divisi in due gruppi: org. $> 200 \mu$ e org.

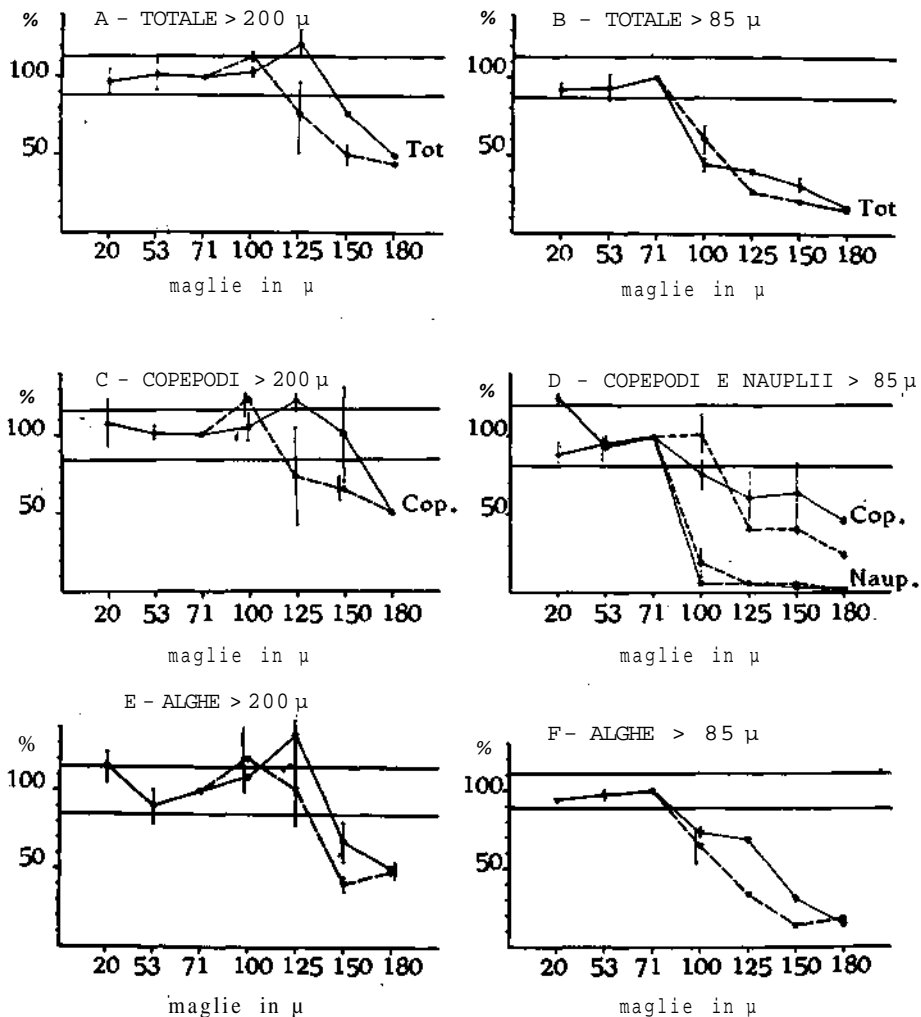


FIG. 6. Influenza della grandezza delle maglie sulla ritenzione del plancton e dei vari costituenti del plancton catturati a 7 nodi. A e B: totale; C: Copepodi; D: Copepodi e nauplii; E e F: alghe. Organismi contati sono più grandi di 200μ (A, C, E) o più grandi di 85μ (B, D, F). I numeri di organismi sono espressi in % dei numeri nella rete di 71μ .

< 200; dopo il conteggio sono filtrati di nuovo e così per 10 volte; si vede che il numero degli org. < 200 μ diminuisce con regolarità per raggiungere 0 solo dopo la decima filtrazione; il numero degli organismi > 200 μ invece rimane praticamente costante per le prime 4 filtrazioni, poi diminuisce dopo la settima filtrazione, passa sotto il limite di fiducia inferiore del primo conteggio; questo è probabilmente dovuto al fatto che certi organismi sono stati persi o distrutti durante le filtrazioni.

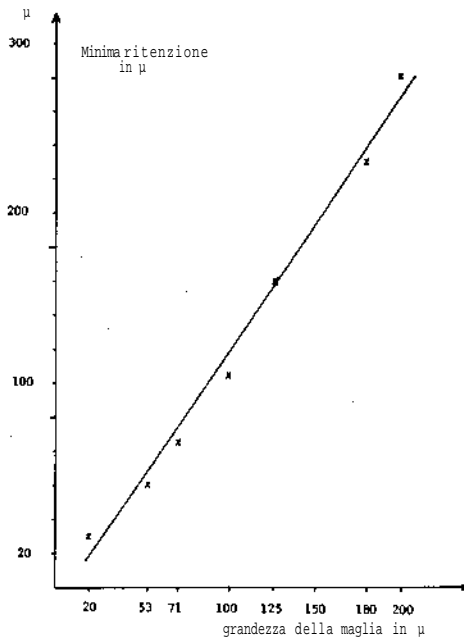


FIG. 7. Relazione tra grandezza delle maglie e grandezza minima degli organismi ritenuti da diverse reti.

Questi risultati dimostrano che la tecnica di filtrazione in laboratorio non è conveniente.

Abbiamo dunque deciso d'impiegare il metodo della misurazione ottica degli organismi durante il conteggio, tenuto conto della ritenzione minima della rete impiegata.

Minima ritenzione delle reti

Allo scopo di determinare la dimensione minima degli organismi certamente trattiene da una maglia di una certa dimensione 6 delfini sono stati trascinati insieme su una distanza di 2 km, alla velocità di 2 nodi. 2 portano

reti standard (per esempio reti di 71 μ), 2 portano le reti da sperimentare (per esempio 100, o 125 o 150 etc.) i 2 ultimi delfini sono senza rete come controllo. Questo modo di procedere permette di paragonare tutte le diverse reti con uno standard pescando nello stesso tempo. Le reti studiate sono 11 e variano da 21 a 300 μ d'apertura di maglia.

Gli organismi presenti nei campioni sono divisi in 4 gruppi: Copepodi, Nauplii, Alghe e Specie Varie e nell'ambito di ogni gruppo gli organismi sono

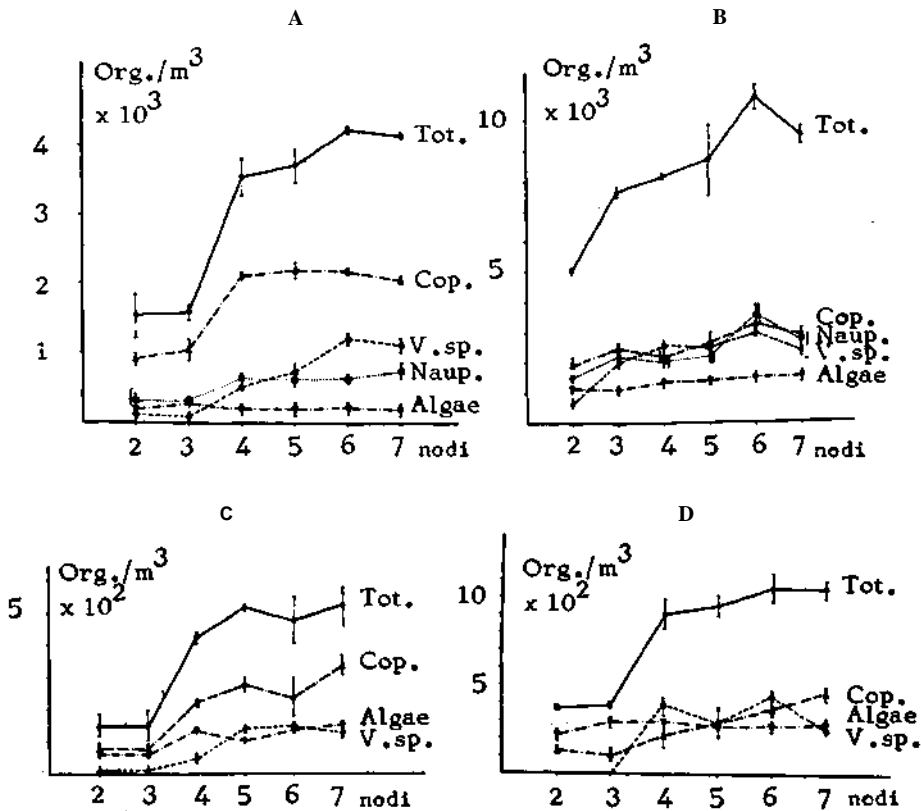


FIG. 8. Effetto della velocità di traino sui numeri di organismi catturati per metro cubo in una rete di 71 μ . Tot. = total; Cop. = Copepodi; V. sp. = specie varie. A: org. > 85 μ (29-XI-67); B: org. > 85 μ (31-I-68); C: org. > 200 μ (29-XI-67); D: org. > 200 μ (31-I-68).

divisi secondo le dimensioni: organismi più grandi di 30, 60, 85, 100, 150, 200, 250, e 300 μ . Il numero di organismi presenti nella rete da studiare è espresso in % degli stessi organismi presenti nella rete « standard ». Un esempio di questi esperimenti è dato nella Fig. 6.

Il numero degli organismi > 85 μ è lo stesso nelle reti di 21, 53 e 71 μ ma diminuisce nella rete di 100 μ e nelle reti con maglie di dimensioni maggiori.

Gli organismi più grandi di 200μ sono trattenuti nella stessa proporzione nelle reti da 21 a 125μ , ma iniziano a passare attraverso le maglie di 150μ ; si può dedurre da questi risultati che 85μ rappresenta la dimensione minima degli organismi trattenuti nella rete di 71μ e che la ritenzione minima della rete di 125μ è rappresentata da organismi di dimensioni pari a 200μ .

Ponendo in grafico la minima ritenzione che abbiamo determinato per i vari tipi di rete in funzione delle dimensioni delle maglie (Fig. 7) si ottiene una relazione praticamente lineare.

Influenza della velocità di traino

L'influenza della velocità di traino fu determinata in una serie di esperimenti condotti nella stessa maniera degli esperimenti descritti sopra; 6 delfini in serie 2 con rete di 71μ , 2 con rete di 180μ e 2 senza rete, furono trascinati a velocità da 2 a 7 nodi nella stessa massa di acqua.

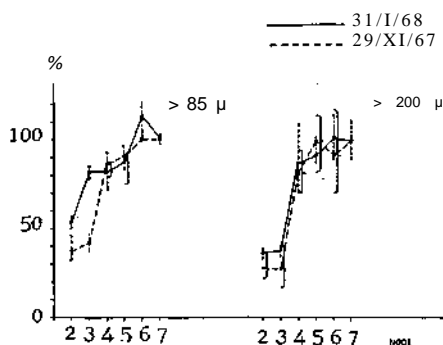


FIG. 9. Efficienza relativa del campionamento a diverse velocità di traino (rete di 71μ). (100 % = numero di organismi catturati a 7 nodi).

La Fig. 8 riassume i risultati per gli organismi > 85 e $> 200 \mu$ catturati nella rete di 71 micron.

Il numero di organismi campionati al metro cubo aumenta con la velocità fino a 4-5 nodi, poi raggiunge un plateau che rimane fino a 7 nodi; l'aumento varia per i diversi gruppi di organismi dotati di movimento attivo: Copepodi, nauplii, specie varie. Per le alghe, organismi immobili o con movimento lento, nessun aumento è ottenuto.

Se i numeri di organismi catturati al metro cubo alle varie velocità sono espressi in % di questi organismi presi a 7 nodi (Fig. 9) si osserva che solo il 20-50 % degli organismi catturati a 7 nodi si ritrova a 2 nodi, velocità abituale per le classiche reti coniche. In base a questi risultati, una velocità da 5

a 7 nodi sembra indispensabile a un campionamento quantitativo dello zooplancton.

CONCLUSIONE

Sebbene preliminari, questi risultati dimostrano l'importanza della velocità di traino e delle caratteristiche di filtrazione delle reti sulla valutazione quantitativa dello zooplancton.

Soltanto velocità superiori a 4-5 nodi permettono di catturare gli organismi più mobili; infatti alla velocità di 2 nodi, velocità massima per le reti coniche tradizionali è presente nel campione solo il 20 % degli organismi catturati a 7 nodi. Rimane ancora da vedere se una velocità superiore ai 7 nodi possa favorire la cattura di organismi ancora in grado di scappare a questa velocità.

Per il campionamento ad alta velocità, è necessario incastrare la rete in una apparecchiatura che permetta sia la riduzione della pressione dell'acqua sulla tela, sia un'alta efficienza di filtrazione. Nel Delfino I l'efficienza di filtrazione è di circa 100 % con le diverse reti usate; inoltre, la posizione arretrata dell'elica del flussimetro misurando esattamente la quantità d'acqua realmente passata permette una valutazione precisa del volume di liquido filtrato, al contrario di quanto avviene nella maggior parte dei campionatori convenzionali in cui si fa una stima del volume di acqua filtrata in base a indicazioni parziali di flussimetri posti in varie posizioni.

I risultati sulla ricerca della ritenzione minima di diverse reti usate dimostrano che molti organismi sufficientemente piccoli da sfuggire attraverso le maglie vengono trattenuti casualmente; è necessario, quindi, trascurare questi organismi, mentre si conta il campione. L'ulteriore filtrazione del campione in laboratorio non conduce a risultati riproducibili. È dunque indispensabile misurare la grandezza degli organismi contemporaneamente al conteggio quantitativo. Il delfino è stato completato con retini da 20 a 180 μ ; queste misure insolitamente piccole (vedere le descrizioni di campionatori attualmente in uso in TRANTER, 1968), consentono di catturare quantitativamente organismi più larghi di 30 μ , la misura minima osservata nelle nostre condizioni per zooplancton (uova di Copepodi).

La necessità di campionare questi piccoli organismi appare dalla distribuzione in base alle dimensioni degli organismi nelle nostre acque (Tab. 4): oltre il 90 % degli organismi totali è più piccolo di 200 μ e perciò può fuoriuscire attraverso i pori dei retini da 125 μ o più grandi, mentre circa il 45 % della popolazione, costituita principalmente da Copepodi e nauplii, essendo più piccola di 85 μ , può passare attraverso i pori di un retino da 71 μ .

Circa il 30 % del totale dei nauplii è ancora più piccolo di 60 μ e può essere catturato solamente con un retino da 20 μ .

TAB. 4. Dimensioni degli organismi catturati con reti di 21 μ (19-IV-68) e 71 μ (25-II-68).

Rete 21 μ (19-IV-68)	Totale > 30 μ		30 μ > org. < 60 μ		60 μ > org. < 85 μ		85 μ > org. < 200 μ		org. > 200 μ	
	org./m ³	%	org./m ³	%	org./m ³	%	org./m ³	%	org./m ³	%
Copepodi	2.772	100	0	0	882	31,8	1.512	54,5	378	13,7
Nauplii	11.592	100	3.843	33,1	1.323	12	6.426	55,4	0	0
Varie sp.	1.638	100	0	0	252	16	1.134	69,3	252	15,4
Alghe	4.095	100	0	0	882	21,2	1.890	46,2	1.323	32,3
Totale	20.097	100	3.843	19,1	3.339	16,6	10.962	54,6	1.953	9,7

Rete 71 μ (25-III-68)	Totale > 85 μ		85 μ > org. < 150 μ		150 μ > org. < 200 μ		200 μ > org. < 250 μ		org. > 250 μ	
	org./m ³	%	org./m ³	%	org./m ³	%	org./m ³	%	org./m ³	%
Copepodi	11.451	100	9.033	78,9	897	7	1.486	12,9	135	1,2
Nauplii	10.083	100	9.979	99	36	0,36	68	0,63	0	0
Varie sp.	3.234	100	453	14	2.077	64,2	480	14,8	224	6,9
Alghe	13.884	100	12.308	88,6	309	2,2	485	3,5	782	5,6
Totale	38.652	100	31.773	82,2	3.219	8,3	2.519	6,5	1.141	2,95

Nella rete a maglie più piccole di 71 μ , sopravviene un intasamento della rete che può portare a una diminuzione dell'efficienza di filtrazione ed a una riduzione della velocità del flusso attraverso il campionatore. Questi effetti incidono senz'altro sulla precisione del campionamento.

Sembra dunque raccomandabile il campionamento contemporaneo con reti a maglie piccole (per es. 21 μ) e reti a maglie più larghe (per es. 71 μ) nelle quali non si verifica l'intasamento.

Questo problema dell'intasamento potrebbe essere risolto dalla realizzazione di un campionatore in cui la superficie filtrante venga rinnovata a brevi intervalli, per esempio dopo 40-50 metri di traino; questo tipo di campionatore, permetterebbe inoltre, di studiare anche la microdistribuzione dello zooplancton, sulla quale pochi dati esistono finora in letteratura. Per questo, abbiamo progettato la costruzione di un campionatore ad alta velocità che, pur conservando tutte le caratteristiche del campionamento quantitativo del Delfino I, abbia come nel « Hardy continuous plankton recorder », la possibilità di un cambiamento automatico della superficie filtrante.

RIASSUNTO DELLE OPERAZIONI DI CAMPIONAMENTO QUANTITATIVO

DELLO ZOOPLANCTON (vedi Fig. 10 e 11)

Manipolazione in mare

1) La distanza di traino deve essere esattamente misurata; l'impiego di boe portando uno schermo radar rappresenta un metodo semplice.

2) La velocità di traino deve essere superiore a 4-5 nodi, essa può essere controllata misurando il tempo impiegato a effettuare il percorso.

3) È consigliabile l'impiego di una batteria da 6 delfini; caricati con 2 reti a maglie diverse (2 ripetizioni); due senza rete sono da controllo.

4) La calibrazione dei delfini è da controllare periodicamente; il valore di calibrazione è espresso in colpi / m³ d'acqua filtrata.

5) In mare, il volume filtrato in m³ è ottenuto dividendo il numero di colpi indicati dal flussimetro per il valore di calibrazione del delfino.

6) La riduzione dell'efficienza di filtrazione è calcolata in % dividendo il volume filtrato con reti per il volume filtrato senza reti che moltiplica 100.

Una riduzione superiore al 10 % con reti di maglie di 71 μ o più grandi indica un « clogging » delle reti, e perciò un campionamento irregolare.

Raccolta del campione

Le seguenti manipolazioni sono da eseguire:

- 1) Versare il contenuto del contenitore nella bottiglia contrassegnata.
- 2) Lavare la rete con contenitore attaccato in un secchio d'acqua di mare pulita.
- 3) Versare il contenuto del contenitore nella bottiglia.

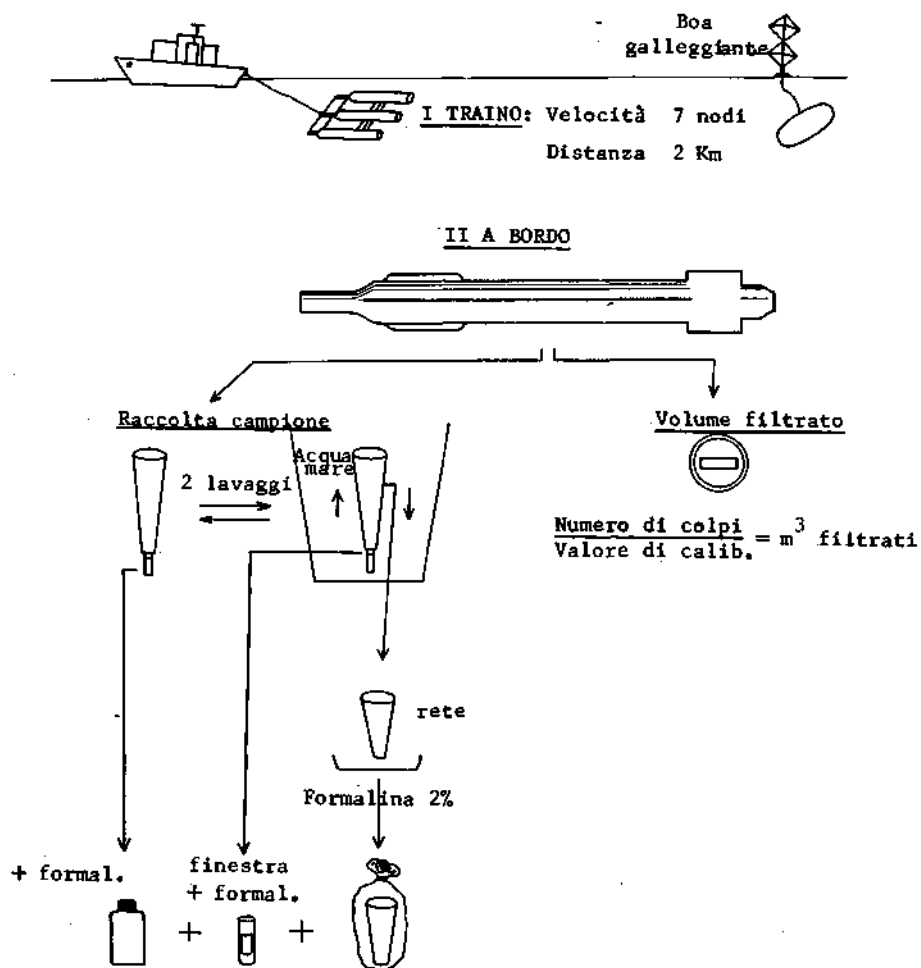


FIG. 10. Raccolta e trattamento del campione in mare.

- 4) Ripetere operazioni 2 e 3.
- 5) Lavare la finestra del contenitore.
- 6) Versare il prodotto nella bottiglia.

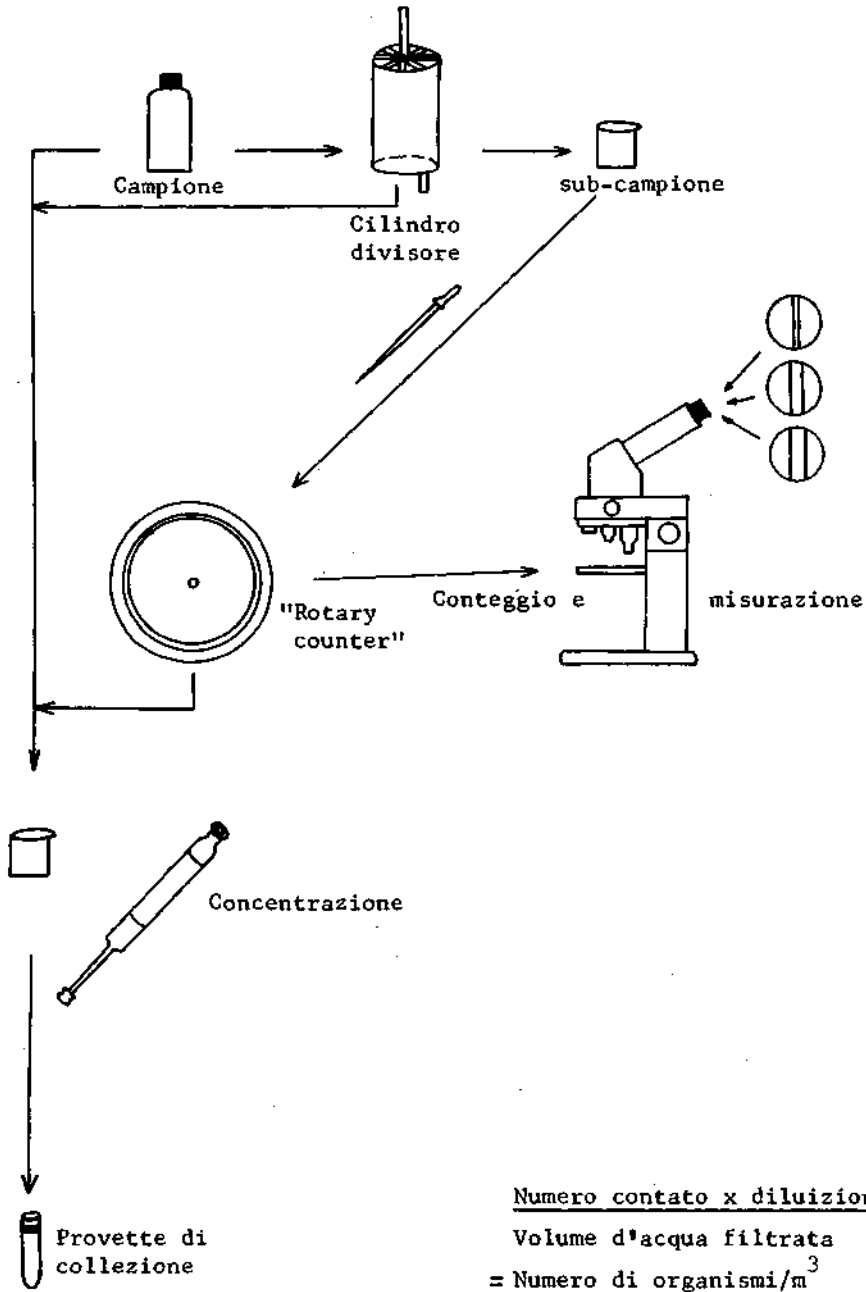


FIG. 11. Operazioni di conteggio in laboratorio.

7) Mettere la rete in un sacco di plastica con formalina 2 % e la finestra in una provetta con formalina 2 % per ulteriore controllo in laboratorio.

8) Aggiungere formalina nella bottiglia, fino a 2 %.

Tecnica di conteggio in laboratorio

1) suddividere il campione (cilindro di Giggons) in 8 o multiplo di 8. NEUNES (1965) ha dimostrato che i subcampioni ottenuti sono rappresentativi del campione.

2) Passare il subcampione per frazioni successive nella gola del « Rotary counter di Warren » (GILAT, KANE e MARTIN, 1965).

3) Nell'obiettivo del microscopio, includere un reticolo calibrato in funzione della minima ritenzione delle reti impiegate (vedi Fig. 7).

4) Se il numero di organismi contati è inferiore a 200 nel subcampione contare di nuovo uno o più subcampioni in modo da ridurre l'errore statistico sul conteggio stesso.

5) Esprimere i numeri contati (x) in numero di organismi al metro cubo

$$\frac{x \cdot \text{diluizioni}}{m^3} = y \text{ organismi/m}^3.$$

RINGRAZIAMENTI

Desideriamo ringraziare il macchinista navale Sig. M. GHIBAUDO, responsabile dell'officina del laboratorio che ha realizzato i « Delfini » usati nei nostri esperimenti ed ha provveduto alla soluzione dei numerosi problemi tecnici sorti sia durante la loro messa a punto che durante la fase di prove.

Esprimiamo inoltre la nostra gratitudine alla Sig.na M. A. LARACCA per la sua preziosa assistenza nella raccolta dei dati e nel conteggio dei campioni.

BIBLIOGRAFIA

- ANONYMOUS, 1968: Zooplankton sampling. Monographs on oceanographic methodology. UNESCO.
- BERNHARD, M., 1967: Studies on the radioactive contamination of the sea. Annual Report 1966. C.N.E.N. Report No. RT/BIO (67) 35, EUR 3635 e.
- GILAT, E., J. E. KANE and J. C. MARTIN, 1965: Study of an Ecosystem in the Coastal Waters of the Ligurian Sea. Bull. Inst. Oceanogr. Monaco 65 (1353).
- NEUNES, H., 1965: Unpublished data.
- 1966: Comparison of the sampling performance of a high-speed sampler, the Clarke Bumpus sampler and ring nets (abstract). Symposium on the Hydrodynamics of Plankton samplers, CSIRO, Cronulla, Australia.

Dr. A. NASSOGNE e Dr. M. BERNHARD, Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare, C.N.E.N. - EURATOM, 19030 Fiascherino, La Spezia, Italia.

Ricerche sul rame dell'epatopancreas

di *Octopus vulgaris* LAMARCK

di

LUIGI NOVIELLO e EUGENIO ROCCA †

(Dal Reparto di Biochimica e Fisiologia della Stazione Zoologica di Napoli)

10 Figure

Summary. Copper content of various cellular fractions of *Octopus vulgaris* hepatopancreas has been determined, by using 55 animals.

The copper content of *Octopus vulgaris* LAMARCK hepatopancreas was found to be 4880 ± 2549 p.p.m./dry wt.

The females appear to have in their hepatopancreas a Copper and Nitrogen content higher as compared to that of males.

The amount of Copper, Nitrogen and of Proteins of various cellular fractions has been analyzed. After homogenization, 50 % of the Copper appear to sediment at 1860 x g.

In particular, the cellular fraction not sedimented at 128,000 x g has been studied.

Copper was only partially complexed by Versene, but completely by Cyanide and by Chelex-100.

At neutral pH 25 % of the Copper remaining in the supernatant after centrifugation at 128,000 x g appears to be dialyzable. After dialysis at pH 5.0 the ratio Copper/Proteins increases.

The Copper present in the not sedimentable (128,000 x g) fraction appears to be the cuprous state; at SH groups present in the extract seem though to be, at least in part, responsible for the oxidation of Copper.

The variability of Copper distribution in the different cellular fractions appears to be extremely high. Some of the Copper present in the supernatant obtained after centrifugation at 128,000 x g appears to be polydispersed. 80 % of it appears to be bound to substances endowed with a molecular weight between 5,000 and 30,000, as shown by Gel-filtration experiments.

Riassunto. Si è determinato il contenuto di Rame di varie frazioni cellulari di epatopancreas di *Octopus vulgaris*, usando 55 animali.

Il contenuto di Rame dell'epatopancreas è di 4880 ± 2549 p.p.m./peso secco.

Le femmine sembrano avere un contenuto di Rame e di Azoto epatopancreatico maggiore di quello dei maschi.

Si è analizzato il contenuto di Rame, di Azoto e delle Proteine di varie frazioni cellulari. Il 50 % del Rame dopo omogenizzazione risulta sedimentabile a 1860 x g.

Si è studiata in particolare la frazione cellulare non sedimentabile a 128.000 x g.

Il Rame è solo in parte rimosibile da Versene e completamente da Cianuro e dalla resina chelante Chelex-100.

A pH neutro solo il 25 % del Rame del sovrinatante a 128,000 x g è dializzabile, mentre a pH 5.0 si ha un incremento del rapporto Rame/Proteine.

Il Rame presente nella frazione non sedimentabile a 128,000 x g, è interamente allo stato cuproso, ma sembra che gruppi Tiolici presenti nell'estratto siano almeno in parte responsabili dello stato di ossidazione del Rame.

La variabilità della distribuzione del Rame nelle varie frazioni cellulari, sembra essere estremamente alta e del Rame del sovrinatante a 128,000 x g sembra essere polidisperso, e legato per l'80 % a sostanze con peso molecolare compreso fra 5.000 e 30.000 come dimostra l'esperienza di Gel-filtrazione.

INTRODUZIONE

Diversi autori hanno determinato il contenuto di Rame presente nel fegato di un gran numero di vertebrati. Il maggior numero di dati al riguardo ci sono forniti da BECK (1956).

Tra i vertebrati, presentano il maggior contenuto di Rame epatopancreatico la pecora, l'anitra, la rana, il rospo e alcuni pesci. I feti ed i neonati presentano un contenuto di Rame epatico maggiore degli adulti.

Il contenuto di Rame è molto alto nell'epatopancreas dei Cefalopodi: infatti, i valori riscontrati nell'*Octopus*, nell'*Eledone* e nella Seppia, sono 100 volte più alti del valore medio riscontrato nel fegato dei vertebrati. La concentrazione di Rame epatopancreatico è circa 100.000 volte più alta di quella dell'acqua di mare, ma tra i singoli animali si osserva una grande variabilità.

TAB. 1. *Contenuto in rame dei fegati e degli epatopancreas di vari animali.*

Specie	Rame (p.p.m./peso secco)	Riferimento
VERTEBRATI		
Mammiferi		
<i>Homo sapiens</i>	24,9 (3)	Cunningham (1931)
<i>Homo sapiens</i>	281 fetale	Cunningham (1931)
<i>Homo sapiens</i>	24,0	Elvehjem (1935)
<i>Homo sapiens</i>	12,2	Cartwright et al. (1954)
<i>Homo sapiens</i>	44,0	Bickel et al. (1957)
<i>Homo sapiens</i>	23,6 (5)	Scheinberg & Sternlieb (1960)
<i>Homo sapiens</i>	31,1	Long (1961)
<i>Homo sapiens</i>	228,7 neonato	Long (1961)
<i>Pongo pygmeus</i>	27,0	Beck (1956)
<i>Rattus norvegicus</i>	11,4 (10)	Lindow (1929)
<i>Rattus norvegicus</i>	12,5 (23)	Cunningham (1931)
<i>Rattus norvegicus</i>	70 (3) neonato	Cunningham (1931)
<i>Rattus norvegicus</i>	12,0	Elvehjem (1935)
<i>Rattus norvegicus</i>	12-18	Boyden et al. (1938)
<i>Rattus norvegicus</i>	34±2,9	Lorenzen & Smith (1947)
<i>Rattus norvegicus</i>	13,2±0,5 (5)	Beck (1956)
<i>Rattus norvegicus</i>	21-204	Spector (1956)
<i>Rattus norvegicus</i>	336,7	Long (1961)
<i>Rattus norvegicus</i>	578 neonato	Long (1961)
<i>Cavia porcellus</i>	17 (3)	Cunningham (1931)
<i>Cavia porcellus</i>	122 (3) fetale	Cunningham (1931)
<i>Cavia porcellus</i>	203 (4) neonato	Cunningham (1931)
<i>Cavia porcellus</i>	23,0±3,5	Lorenzen & Smith (1947)
<i>Cavia porcellus</i>	77,3±5,6 (33)	Beck (1956)
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	10,0 (7)	Cunningham (1931)
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	29,0 (3) fetale	Cunningham (1931)
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	55 (4) neonato	Cunningham (1931)
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	23,0±3,6	Lorenzen (1947)
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	15,8±0,6 (7)	Beck (1956)

Segue: TAB. 1. *Contenuto in rame dei fegati e degli epatopancreas di vari animali.*

Specie	Rame (p.p.m./peso secco)	Riferimento
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	228,7	Long (1961)
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	368,5	Long (1961)
<i>Equus caballus</i>	14,8 (2)	Cunningham (1931)
<i>Equus caballus</i>	21	Elvehjem (1935)
<i>Equus caballus</i>	14,8±1,1 (6)	Beck (1956)
<i>Bos taurus</i>	70 (3)	Cunningham (1931)
<i>Bos taurus</i>	171 (4) fetale	Cunningham (1931)
<i>Bos taurus</i>	550 (2) neonato	Cunningham (1931)
<i>Bos taurus</i>	70	Elvehjem (1935)
<i>Bos taurus</i>	161-200	Sahai & Kehar (1951)
<i>Bos taurus</i>	50,8	Long (1961)
<i>Bos taurus</i>	336,3 neonato	Long (1961)
<i>Sus scrofa</i>	35 (7)	Cunningham (1931)
<i>Sus scrofa</i>	241 (5) neonato	Cunningham (1931)
<i>Sus scrofa</i>	21	Elvehjem (1935)
<i>Sus scrofa</i>	18,9±0,9 (14)	Beck (1956)
<i>Sus scrofa</i>	13-55	Spector (1956)
<i>Sus scrofa</i>	33,6	Long (1961)
<i>Capra hircus</i>	300±62 (6)	Beck (1956)
<i>Ovis aries</i>	323 (9)	Cunningham (1931)
<i>Ovis aries</i>	117 (3)	Cunningham (1931)
<i>Ovis aries</i>	190-446	Albiston et al. (1940)
<i>Ovis aries</i>	305±24 (27)	Beck (1956)
<i>Ovis aries</i>	323,0	Long (1961)
<i>Ovis aries</i>	285,9 neonato	Long (1961)
<i>Felis catus</i>	25,3	Cunningham (1931)
<i>Felis catus</i>	49,0±11 (6)	Beck (1956)
<i>Macrorhinus proboscideus</i>	66,0±6,0 (10)	Beck (1956)
<i>Canis familiaris</i>	88,0 (3)	Cunningham (1931)
<i>Canis familiaris</i>	89,0 (2) neonato	Cunningham (1931)
<i>Canis familiaris</i>	58,5	Bertrand (1943)
<i>Canis familiaris</i>	22-154 (3)	Beck (1956)
<i>Megaptera nodosa</i>	21,0±0,9 (37)	Beck (1956)
<i>Macropus ocydromus</i>	19,3±0,7 (17)	Beck (1956)
<i>Macropus agilis</i>	17,0±0,4 (35)	Beck (1956)
Uccelli		
<i>Gallus gallus</i>	12,4 (2)	Cunningham (1931)
<i>Gallus gallus</i>	18,0	Elvehjem (1935)
<i>Gallus gallus</i>	14,8±0,4 (51)	Beck (1956)
<i>Cairina moschata</i>	153±21 (34)	Beck (1956)
<i>Meleagris gallopavo</i>	13,5±0,2 (6)	Beck (1956)
<i>Cormoranus</i> sp.	16,8	Bertrand (1943)
<i>Corvus ceciliae</i>	41,0±5 (6)	Beck (1956)
<i>Dromaius novaehollandiae</i>	28±4 (4)	Beck (1956)
<i>Eudiptes chrysocome</i>	15,0±0,6 (6)	Beck (1956)
Rettili		
<i>Crocodylus johnsoni</i>	17,7±2,6 (4)	Beck (1956)
<i>Trachysaurus rugosus</i>	14,0±1,0 (5)	Beck (1956)

Segue: TAB. 1. *Contenuto in rame dei fegati e degli epatopancreas di vari animali.*

Specie	Rame (p.p.m./peso secco)	Riferimento
Anfibi		
<i>Hyla aurea</i>	293±58 (5)	Beck (1956)
<i>Bufo marinus</i>	468±140 (14)	Beck (1956)
Pesci		
<i>Clupea harengus</i>	14,2	Cunningham (1931)
<i>Lophius piscatorius</i>	149-333 (5)	Baldassi & Vignato (1942)
<i>Morone labrax</i>	301-415	Baldassi & Vignato (1942)
<i>Thunnus thunnus</i>	183	Baldassi & Vignato (1942)
<i>Anguilla vulgaris</i>	166-183	Baldassi & Vignato (1942)
<i>Salmo trutta</i>	982±147	Dewey & Nicholls (1955)
<i>Mylio butcheri</i>	544±102 (5)	Beck (1956)
<i>Arripis trutta</i>	15,0±1,2 (19) maschio	Beck (1956)
<i>Arripis trutta</i>	45,2±3,9 (26) femmina	Beck (1956)
<i>Arripis georgianus</i>	52,0±4 (26)	Beck (1956)
<i>Mugil cephalus</i>	117-395 (3)	Beck (1956)
<i>Laimeria chalumnae</i>	36-47 (2)	Beck (1956)
<i>Urolophus mucosus</i>	10	Beck (1956)
<i>Galeorhinus australis</i>	11-15 (2)	Beck (1956)
INVERTEBRATI		
Molluschi		
<i>Octopus vulgaris</i>	5921-7617 (2)	Henze 1901)
<i>Octopus vulgaris</i>	410-428	Wang-Tai-Si (1928)
<i>Octopus vulgaris</i>	2550	Ghiretti-Magaldi et al. (1958)
<i>Octopus vulgaris</i>	1276-1948 (2)	Ghiretti & Violante (1964)
<i>Octopus vulgaris</i>	4880±2549 (55)	presente lavoro
<i>Eledone moschata</i>	1900	Henze (1901)
<i>Sepia officinalis</i>	3200-9155 (3)	Henze (1901)
<i>Sepia officinalis</i>	1200	Wang-Tai-Si (1928)
<i>Architeutis dux</i>	845	Schmidt-Nielsen & Flood (1926-28)
<i>Fasciolaria gigantea</i>	2945	Phillips (1917)
<i>Cassis</i> sp.	65	Phillips (1917)
<i>Strombus gigas</i>	30	Phillips (1917)
<i>Aplysia punctata</i>	110	Phillips (1917)
<i>Aplysia punctata</i>	24	Wang-Tai-Si (1928)
<i>Patella vulgata</i>	0	Wang-Tai-Si (1928)
<i>Trochus crassus</i>	0	Wang-Tai-Si (1928)
<i>Littorina littorea</i>	0	Wang-Tai-Si (1928)
<i>Purpura lapillus</i>	40	Wang-Tai-Si (1928)
<i>Helix aspersa</i>	39	Wang-Tai-Si (1928)
<i>Helix pomatia</i>	69	Wang-Tai-Si (1928)
Artropodi		
<i>Palinurus</i> sp.	1050	Phillips (1917)
<i>Homarus americanus</i>	25,1	Cunningham (1931)
<i>Maja squinado</i>	4,4-1025 in base alla muta	Zuckermandl (1957)
<i>Limulus polyphemus</i>	170	Phillips (1917)

In *Octopus vulgaris* l'epatopancreas è l'organo più ricco di Rame (GHIRETTI-MAGALDI e altri, 1958). Esso contiene l' 80 % del Rame totale presente nell'animale, mentre solo piccole quantità sono presenti nel sangue e nei muscoli, rispettivamente l' 11 % e il 4 % (GHIRETTI & VIOLANTE, 1964). Sempre gli stessi autori hanno trovato che una dieta deficiente di Rame diminuisce la velocità di crescita mentre il Rame dell'epatopancreas raggiunge valori sempre più bassi, fino a completa morte dell'animale. Di conseguenza, sembra che la principale sorgente del Rame sia nel cibo e che il metallo sia accumulato prevalentemente nell'epatopancreas, dove forse serve per la biosintesi dell'emocianina. Secondo WIESER (1967) gli Isopodi sono capaci di concentrare il Rame dall'acqua di mare, per mezzo delle branchie e di altri epitelii.

MATERIALI E METODI

Prima dell'uccisione, gli animali furono sottoposti a digiuno per 2448 ore. Essi furono dissanguati e perfusi con acqua di mare filtrata fino a completa scomparsa dell'emocianina nel liquido di perfusione. La parte epatica dell'epatopancreas veniva liberata da vasi e capsule, e raffreddata su ghiaccio. Dopo il dissanguamento e l'epatotomia si pesavano le carcasse con una bilancia sensibile al grammo e l'epatopancreas su una bilancia sensibile a 0,1 grammi. Tutte le ulteriori manipolazioni furono effettuate a $0 \div 4^{\circ}\text{C}$. L'epatopancreas fu triturato con forbici e omogeneizzato per 5 minuti in 5 volumi di mezzo estraente, usando un omogeneizzatore Potter azionato da un motore, e con pestello di Teflon. Il mezzo estraente contenente Saccarosio 1M e fosfato 0,01 M, pH 7,5, era leggermente ipertonico rispetto all'acqua di mare (NICOL, 1967). In alcuni casi furono usati NaCl 0,55 contenente NaHCO_3 0,01 M oppure acqua bidistillata.

L'omogenato fu centrifugato per 10 minuti a $1860 \times g$ (centrifuga «International PR-2», refrigerata, rotore N. 269). Il sovrnatante S_1 fu centrifugato per 30 minuti a 24.500 volte la gravità (rotore N. 296), ottenendo un sovrnatante S_2 opalescente. Quest'ultimo fu centrifugato per 60 minuti a $128.000 \times g$. (ultracentrifuga «Spinco L», refrigerata, rotore 40.000), ottenendo un sovrnatante S_3 limpido. Quando non si dovevano analizzare i sovrnatanti S_1 e S_2 , l'omogenato veniva centrifugato direttamente a $128.000 \times g$.

Le proteine furono determinate secondo il metodo colorimetrico del Biureto (GORNALL e altri, 1949) dopo precipitazione con acido tricloroacetico, tenendo i campioni a 37°C per 15 minuti. Per la determinazione di campioni a bassa concentrazione di proteine, fu usato il metodo del «Microbiureto» descritto da BAILEY (1962). Per ambedue i metodi fu usato come standard siero di Albumina bovina.

L'azoto totale fu determinato con il reattivo di NESSLER, dopo digestione Kjeldahl, secondo JOHNSON'S (1941).

L'Azoto aminico fu determinato con la Ninidrina, secondo MOORE & STEIN (1948).

I carboidrati furono determinati con il reattivo dell'antrone o con il metodo del Fenolo-H₂SO₄, secondo HODGE & HOFREITER (1962).

Il rame fu determinato usando Dichinolina, secondo FELSENFELD (1960). Nel caso dell'omogenato, del campione S₁ e del campione S₂ fu necessario un previo incenerimento per via umida, con H₂SO₄ - H₂O₂. Altri metalli presenti non davano interferenza, anche ad una concentrazione di 10 ÷ 100 volte più alta di quella del Rame. Quando la concentrazione del Rame era molto bassa, il campione veniva analizzato con Dietilditiocarbammato secondo EDEN & GREEN (1940).

Le determinazioni furono eseguite sempre in duplicato o in triplicato, ed ogni analisi veniva sempre eseguita insieme agli standard.

RISULTATI

I. — Il contenuto di rame dell'epatopancreas di *Octopus vulgaris* LAMARCK e *Eledone moschata* LAMARCK.

Si usarono nel corso di un anno 55 animali, di 30 di essi si stabilì con sicurezza il sesso. Si trovò che l'epatopancreas di *Octopus vulgaris* contiene 4880 ± 2549 parti per milioni di Rame per peso secco.

TAB. 2. Rapporto tra peso dell'animale e peso dell'epatopancreas.

	Sesso	A		t tra sessi	B		t tra sessi	C	D	
		N	Peso Animale in Kg.		N	Peso epato-pancreas in gr.			r: coeffic. di correlazione tra A e B	Percentuale in peso dello epato. pancreas
Media ± deviazione standard	♂	15	2,62 ± 1,14	4,925	15	53,77 ± 25,75	4,714	0,708	2,13 ± 0,64%	0,352
Media ± deviazione standard	♀	15	1,11 ± 0,50		15	28,97 ± 11,50				

La Tabella 2 mostra che gli animali di sesso maschile sono più pesanti degli animali di sesso femminile ed analogamente si ha per i rispettivi epatopancreas. Il peso dell'organo fresco è il 2 ÷ 3 % del peso totale dell'animale.

Sembra esistere una correlazione significativa tra peso degli animali e peso degli organi soltanto per il sesso maschile.

I dati della Tabella 3 mostrano come esista una correlazione significativa tra contenuto di Rame e di Azoto solo per il sovrinatante a 128.000 x g e non per l'omogenato. Il sovrinatante a 128.000 x g contiene il 50 % dell'Azoto che era presente nell'omogenato mentre solo il 40 % del Rame. Il rapporto Rame/Azoto, risultava di conseguenza minore nel sovrinatante che nell'intero omogenato.

TAB. 3. Correlazione tra contenuto in Azoto ed in Rame dell'omogenato e del sovrinatante a 128.000 x g*.

	N	mg. N/ml	µg. Cu/ml	r	µg. Cu/mg. N
Omogenato	55	3,52±1,47	131,80±91,29	0,205	41,06±33,73
Sovrinatante a 128.000 x g	55	1,79±0,79	52,86±40,35	0,470	30,16±20,51

* Media ± scarto quadratico medio.

La Tabella 4 mostra come esista una correlazione estremamente significativa tra contenuto di Azoto dell'omogenato e quella del sovrinatante, mentre esiste una correlazione minore sia per il contenuto di Rame dell'omogenato e del sovrinatante sia per il rapporto tra il Rame e l'Azoto delle due frazioni.

TAB. 4. Correlazione fra omogenato e sovrinatante per il contenuto di Azoto e Rame.

	N	mg. N/ml	r	µg. Cu/ml	r	µg. Cu/mg. N	r
Omogenato (H)	55	3,52±1,47	0,905	131,80±91,29	0,478	41,06±33,73	0,565
Sovrinatante a 128.000 x g (S ₃)	55	1,79±0,79		52,86±40,35		30,16±20,51	

I dati della Tabella 5 mostrano che l'incremento della forza ionica del solvente di estrazione porta ad un incremento della quantità di Rame e di proteine estraibili pur senza alterare il rapporto Rame/Proteine.

In *Eledone moschata* l'epatopancreas contiene più Rame dell'epatopancreas di *Octopus vulgaris*, ma il rapporto tra Rame e Proteine è uguale nelle due specie.

Frazionando l'omogenato in Saccarosio 1M mediante centrifugazione si osserva che le frazioni cellulari non sedimentabili a 1860 x g, a 24.500 x g e a 128.000 x g, presentano un rapporto Rame/Azoto pressoché costante; comunque minore del rapporto tra Rame ed Azoto dell'omogenato.

TAB. 5. Effetto del solvente di estrazione sulla concentrazione di Rame e Proteine nel sovrinatante a 128.000 x g.

	Num. di animali usati	Mezzo estraente	Proteine mg/ml	Rame µg/ml	µg Cu/mg Proteine
<i>Octopus vulgaris</i>	20	Saccarosio 1M in Fosfato 0,01M, pH 7,5	5,15±1,74	48,34±42,89	9,32±6,70
<i>Octopus vulgaris</i>	14	Na Cl 0,55 M in NaHCO ₃ 0,01M	13,87±5,57	145,18±73,17	10,31±3,46
<i>Octopus vulgaris</i>	15	Acqua bidistillata	7,60±2,00	99,28±58,48	11,79±4,56
<i>Eledone moschata</i>	9	NaCl 0,55 M in NaHCO ₃ 0,01 M	16,49±2,71	226,67±71,14	10,25±3,60

Dalla Tabella 6 si ricava altresì che circa il 50 % del Rame dell'omogenato è sedimentabile a 1860 x g, un altro 14 % sembra essere associato alla frazione mitocondriale (24.000 x g) e solo una piccola parte alla frazione microsomiale (128.000 x g).

TAB. 6. Contenuto di Rame e di Azoto nell'omogenato e nei sovrinatanti a diverse gravità di epatopancreas di *Octopus vulgaris* *.

	mg N/ml	%	µg Cu/ml	%	µg Cu/mg N
Omogenato	2,30±0,31	100%	83,1±14,8	100%	39,6±12,0
Sovrinatante a 1860 x g/10 minuti	1,66±0,31	72%	43,2±23,1	52%	27,1±12,0
Sovrinatante a 24.500 x g/30 minuti	1,26±0,30	55%	31,8±22,1	38%	25,2±15,1
Sovrinatante a 128.000 x g/60 minuti	1,14±0,22	50%	28,4±17,2	34%	26,2±13,4

* Media ± scarto quadratico medio.

Per quanto riguarda il contenuto di Rame e di Azoto di animali di sesso diverso, la Tabella 7 mostra che esiste una differenza significativa tra i sessi

TAB. 7. Contenuto di Rame e di Azoto nell'omogenato e nel sovrinatante a 128.000 x g di epatopancreas di *Octopus vulgaris* di animali di sesso diverso.

	Sesso	N	mg N/ml	t tra sessi	N	µg Cu/ml	t tra sessi	N	µg Cu/mg N	t tra sessi
Omogenato	♂	10	2,22±0,42	7,130	11	98,75±93,27	3,143	10	31,27±17,95	1,970
	♀	15	4,24±0,97		14	203,00±92,55		14	50,04±28,63	
Sovrinatante 128.000 x g	♂	11	1,32±0,88	3,496	12	32,81±22,81	3,212	11	26,55±15,14	1,218
	♀	15	2,39±0,60		15	82,32±47,57		15	34,64±18,68	

per entrambi i valori. Gli epatopancreas delle femmine sembrano avere un contenuto di Rame doppio di quello dei maschi ciò vale sia per l'omogenato che per il sovrinatante a 128.000 x g. Viceversa non si hanno differenze significative tra i sessi per quanto riguarda i rapporti Rame/Azoto nelle due frazioni.

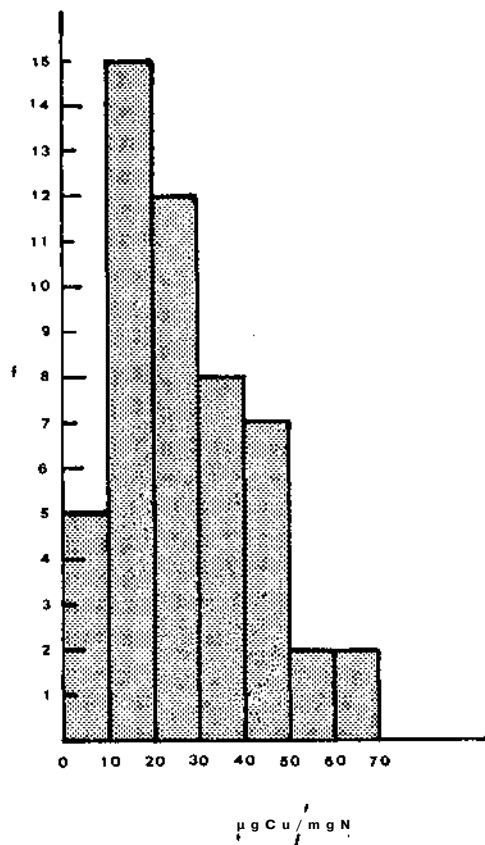


FIG. 1. Istogramma delle classi di distribuzione del rapporto Rame/Azoto nell'omogenato di epatopancreas di *Octopus vulgaris*.

Le Figure 1 e 2 mostrano le classi di distribuzione dei rapporti Rame/Azoto dell'omogenato e del sovrinatante a 128.000 x g. Le frequenze massime furono trovate per la classe $20 \div 30 \mu\text{g}$ di Rame per μg di Azoto, sia per l'omogenato che per il sovrinatante a 128.000 x g.

La Figura 3 mostra la capacità del sovrinatante a 128.000 x g. di ossidare la p-Difenilendiamina a pH 5.5 come la Ceruloplasmina.

Si operò usando 9 ml di p-Difenilendiamina 0.1 % in tampone acetato 0.05 in presenza di 1 ml di S_3 . A vari tempi si prelevarono aliquote di 1 ml pipetandoli in 5 ml di Sodio Azide 0,02 % e leggendo l'assorbanza a 525 m μ .

La Figura 4 mostra l'effetto della dialisi del sovranatante a 128.000 x g contro

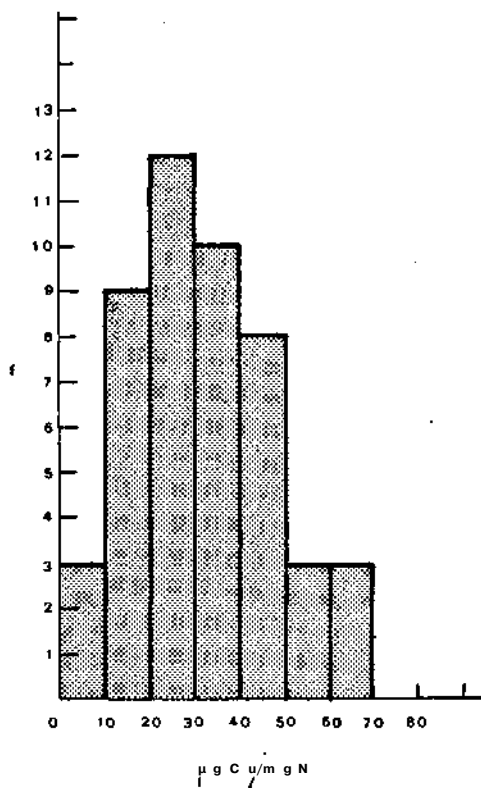


FIG. 2. Istogramma delle classi di distribuzione del rapporto Rame/Azoto nel sovranatante 128.000 x g di epatopancreas di *Octopus vulgaris*.

tamponi di vario pH (4,0 ÷ 8,0). È evidente che a pH neutro soltanto il 25 % del Rame è dializzabile, mentre a pH più acido l'aliquote di Rame dializzabile sale fino al 40 ÷ 50 %. Pur tuttavia, poiché tra pH 4,0 ÷ 6,0 si ha un precipitato, il rapporto Rame/Proteine sale da 11 a 29 nella frazione dializzata (e centrifugata) a pH 5,0.

I risultati della Figura 4 furono ottenuti usando un'aliquote del sovranatante contenente 67,7 µg Cu/ml e 6 mg di Proteine per ml. Questa veniva dializzata contro 100 volumi di tampone acetato pH 4,0 ÷ 5,5 o fosfato 6,0 ÷ 8,0

per 24 ore a $\sim 4^{\circ}\text{C}$. Si centrifugava l'eventuale precipitato e si procedeva alle analisi. I valori riportati in Figura 4 sono corretti per la diluizione dovuta alla dialisi.

Il Rame di questa frazione a 128.000 volte la gravità è rimovibile da vari

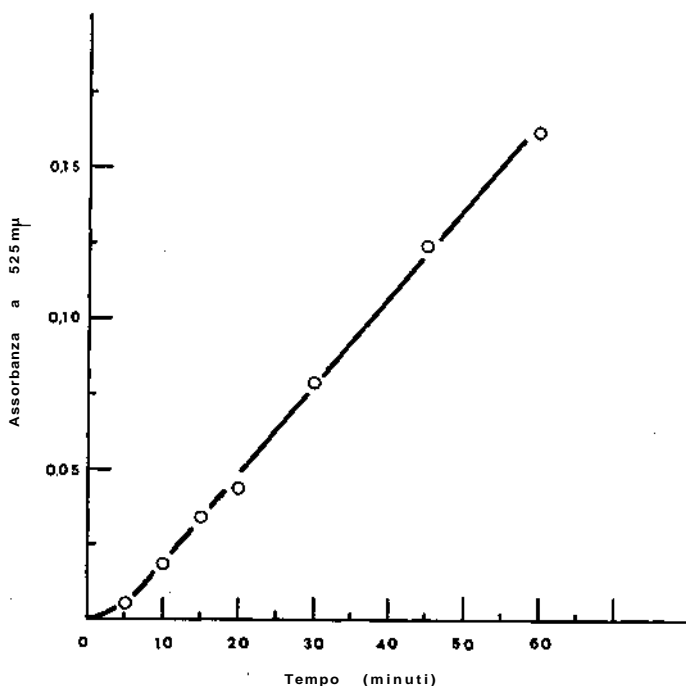


FIG. 3. Ossidazione della *p*-Difenilendiamina a pH 5,5 da parte del sovranatante 128.000 \times g di epatopancreas di *Octopus vulgaris*.

reagenti, così il passaggio attraverso una colonna di Chelex 100 rimuove il 92 % di Rame. Passando il sovranatante su delle colonne di Sephadex G-15 equilibrate con vari solventi si ottenevano i seguenti risultati: rimozione del 100 % del Rame con Cianuro 10^{-3}M in NaCl 0,9 %, rimozione dell'80 % con EDTA $2 \cdot 10^{-2}\text{M}$ in NaCl 0,9 % ed il 50 % di rimozione con EDTA 10^{-3}M in NaCl 0,9 %.

II. — Stato di ossidazione del rame nel sovranatante 128.000 \times g.

Il reattivo della Dichinolina mostra che il rame del sovranatante è completamente nello stato cuproso sia nell'epatopancreas di *Octopus vulgaris* che di *Eledone moschata*.

Lo stesso risultato fu ottenuto con tutti i mezzi di estrazione, persino quando il reattivo era addizionato sotto Argon. Il Rame sarebbe presente nelle cellule del fegato nella sua forma ridotta, ovvero si sarebbe parzialmente o totalmente ridotto durante la omogeneizzazione (Tab. 8).

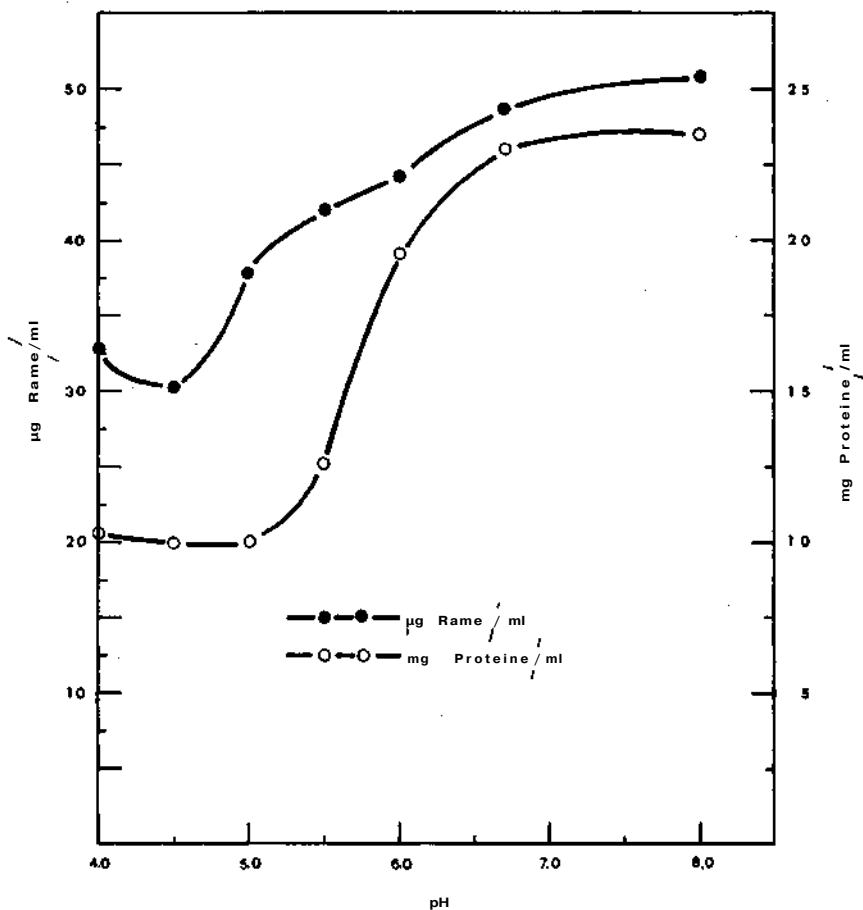


FIG. 4. Effetto delle dialisi a vario pH (4,0 ÷ 8,0) sul sovrantante 128.000 x g di epatopancreas di *Octopus vulgaris*.

I dati riportati nella Tabella 9 indicano come si sia tentato di chiarire lo stato di ossidazione del Rame. I campioni di uno stesso epatopancreas furono estratti in tre differenti mezzi NaCl 0,55 M in NaHCO₃ 0,01 M; acqua bidistillata ed infine in una soluzione 0,01 M di sale sodico dell'acido para-cloro-mercuri-fenil-solfonico (pCMPS). Quest'ultimo è un reattivo che forma un mercapturo.

Quando il tessuto veniva estratto in NaCl o in acqua bidistillata si aveva il solito 100 % di Rame cuproso. Estrahendo il tessuto con una soluzione 10^{-2} M di pCMPS la percentuale di Rame cuproso era del 50 % circa. Questo stato indi-

TAB. 8. Stato di ossidazione del Rame nel sovrinatante a 128.000 x g omogenati al 10 %.

Specie	Numero di animali usati	Mezzi estraenti	Percentuale Rame Monovalente
<i>Octopus vulgaris</i>	20	Tampone Fosfato 0,01 M pH 7,5 in Saccarosio 1 M	99,70±4,20
<i>Octopus vulgaris</i>	9	NaCl 0,55 M in NaHCO ₃ 0,01 M	101,21±4,74
<i>Octopus vulgaris</i>	9	Acqua bidistillata	100,13±3,52
<i>Eledone moschata</i>	9	NaCl 0,55 M in NaHCO ₃ 0,01 M	99,79±1,89

cherebbe che parte del Rame cuproso riscontrato viene ridotto durante l'omogenizzazione, ovvero che del Rame cuproso legato a un tiolo veniva ossidato a cuprico dopo la formazione del mercapturo tra pCMPS e il gruppo tiolico. Altri reattivi tiolici quali la Iodoacetamide e la N-Etilmaleimide non avevano lo stesso effetto né l'aveva il Versene.

TAB. 9. Effetto del solvente di estrazione sullo stato di ossidazione del Rame in nove estratti a 128.000 x g di epatopancreas di *Octopus vulgaris*.

Mezzi estraenti	Percentuale di Rame monovalente
NaCl 0,55 M in NaHCO ₃ 0,01 M	99,16±3,87
Acqua bidistillata	100,20±6,63
Sale Sodico dell'acido p. CMPS 0,01 M	43,68±10,53

III. — Tentativi preliminari di isolare una frazione contenente rame dell'epatopancreas di *Octopus vulgaris*.

Tutti i tentativi volti a frazionare il sovrinatante a 128.000 x g in modo da ottenere una frazione con un più alto contenuto di Rame si sono rivelate infruttuose: ciò vale per il frazionamento con Solfato di ammonio, con Acetone, con Alcool etilico, con una miscela di Alcool etilico-Cloroformio (3 : 1), mediante

assorbimento su Allumina C γ , Fosfato di calcio; mediante cromatografia per assorbimento su Idrossilapatite, mediante cromatografia a scambio ionico con DEAE-Cellulosa hanno dato risultati non soddisfacenti. Si sono ottenute infatti frazioni contenenti pressoché lo stesso rapporto Rame/Proteine. L'unica strada

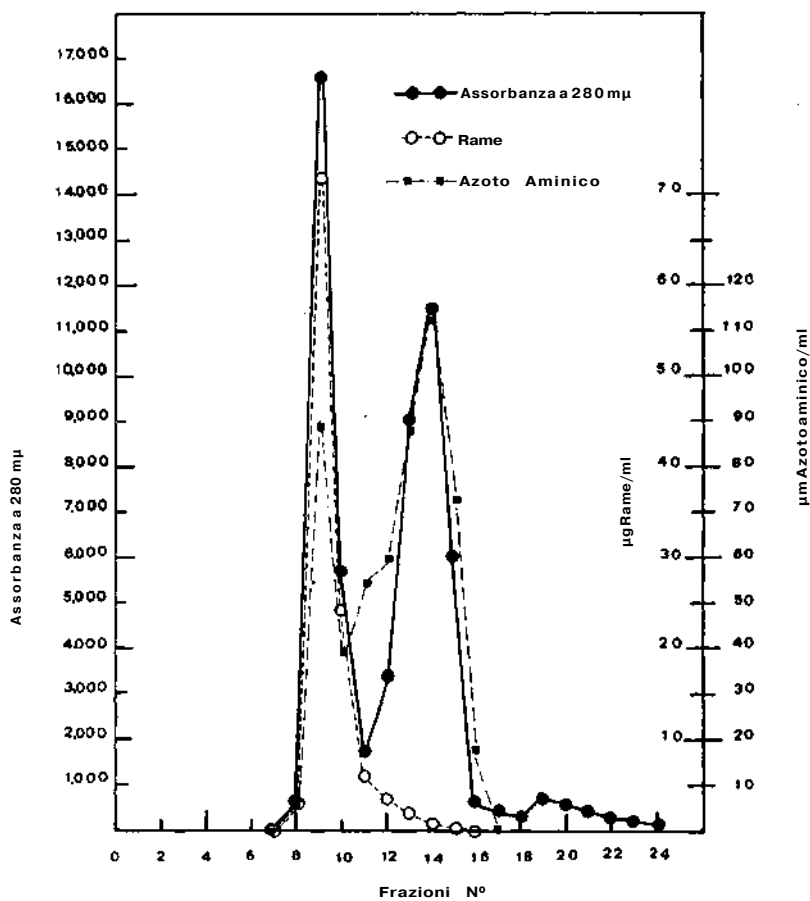


FIG. 5. Cromatografia su Sephadex G-10 di 3 ml del sovratanante 128.000 x g (ulteriori dettagli sono indicati nel testo).

che si è svelata fruttuosa è stata quella di frazionare con Solfato di ammonio solo dopo dialisi a pH 5,0, in tal modo la maggior parte del Rame resta nella frazione non precipitata dal Solfato di ammonio.

La purificazione e l'isolamento di questa sostanza costituisce l'oggetto di ricerche in corso.

IV. — Gel-filtrazione su Sephadex del sovratanante 128.000 x g.

I polidestranzi Sephadex furono equilibrati con KCl 0,2 M in base alle istruzioni della Pharmacia. La colonna aveva un diametro di 1,5 cm e le pareti interne furono rivestite con Dimetildiclorosilano della Biorad. L'altezza del letto di Sephadex era di 55 ÷ 57 cm, la base della colonna fu otturata con lana di vetro. Quando furono usate le Sephadex G-75 e G-100 fu stratificato un letto di Sephadex G-25 di altezza 1,5 cm tra la lana di vetro e la G-75 o la G-100. Il V_0 fu stabilito con Bleu Dextrano della Pharmacia.

Da due o più epatopancreas si preparò il sovratanante a 128.000 x g dividendolo in piccoli campioni tenuti congelati a -70°C fino al momento dell'uso. Almeno due campioni diversi furono cromatografati su tutte le Sephadex (G-10; G-15; G-25; G-50; G-75; G-100). Il campione analizzato aveva un volume di 3 ml. L'assorbanza a 280 m μ era di 35,0 ÷ 54,0 / ml. Il contenuto di Rame variava da 70,0 ÷ 125,0 $\mu\text{g/ml}$ e l'Azoto aminico da 35,0 ÷ 54,0 μM / ml. Tutte le operazioni furono eseguite a 4°C usando un collettore di frazioni refrigerato. Il flusso fu tenuto costante usando una pompa costante con una velocità di flusso di 12 ml/ora. Il volume delle frazioni raccolte fu di 2,5 ml. Esse vennero misurate da un contatore a gocce con cellula fotoelettrica (in corrispondenza del picco delle proteine si osservava una diminuzione del 30 % del volume). La resa di tali cromatografie fu del 90 ÷ 100 %.

Le Figure 5-10 mostrano rispettivamente dei diagrammi di eluizione su Sephadex G-10; G-15; G-25; G-50; G-75 e G-100 del sovratanante a 128.000 x g preparato da un singolo epatopancreas di *Octopus vulgaris*. Sulle ordinate dei diagrammi sono riportati i dati analitici dell'assorbimento a 280 m μ del Rame e dell'Azoto aminico; sulle ascisse invece t_f numero delle frazioni raccolte.

I diagrammi di eluizione su Sephadex G-10 e G-15 del sovratanante 128.000 x g mostrano che il Rame era completamente escluso (Figg. 5 e 6). Usando invece una Sephadex G-25 il Rame fu eluito completamente nelle frazioni intermedie tra le sostanze escluse e le sostanze incluse (Fig. 7). Su Sephadex G-50 il Rame fu lievemente ritardato (Fig. 8). Infine dalle cromatografie su Sephadex G-75 e G-100 il Rame venne completamente escluso (Fig. 9 e 10).

La Tabella 10 riporta esperimenti ulteriori di Gel-filtrazione ed indica: gli intervalli di frazionamento per Peptidi e Proteine; la percentuale di distribuzione dell'assorbanza all'ultravioletto; quella del Rame e quella dell'Azoto aminico.

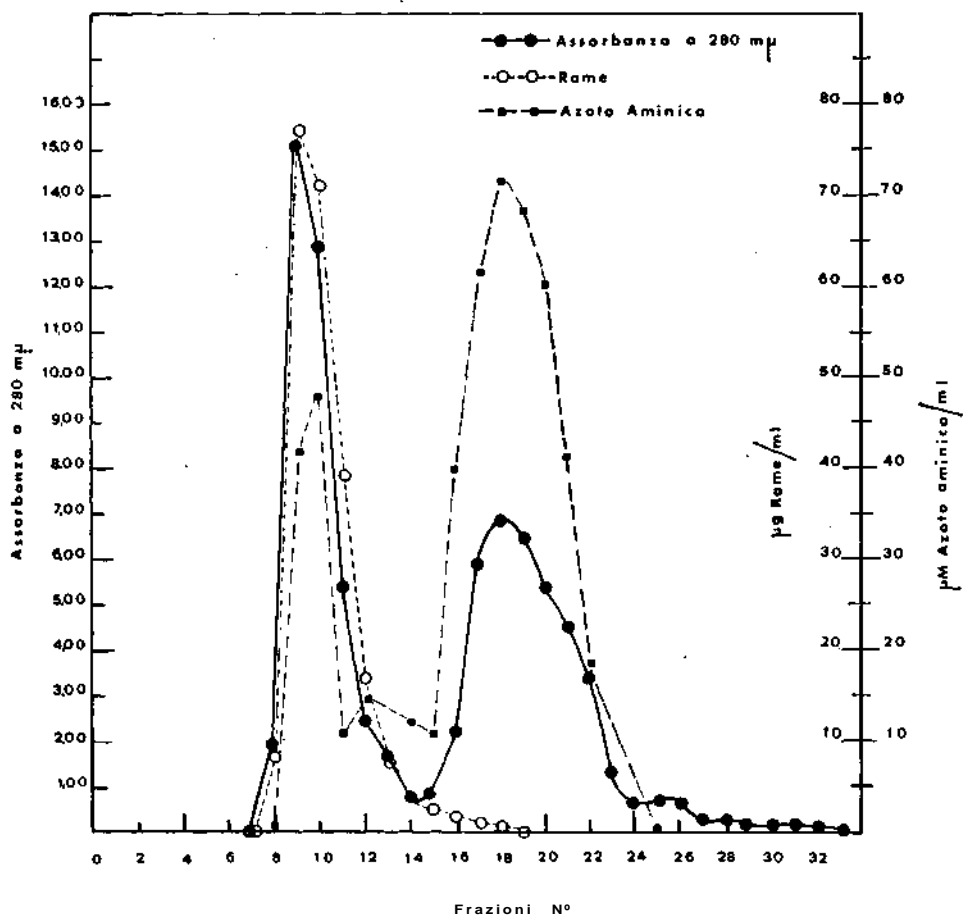


FIG. 6. Cromatografia su Sephadex G-15 (altri dettagli come in Fig. 5).

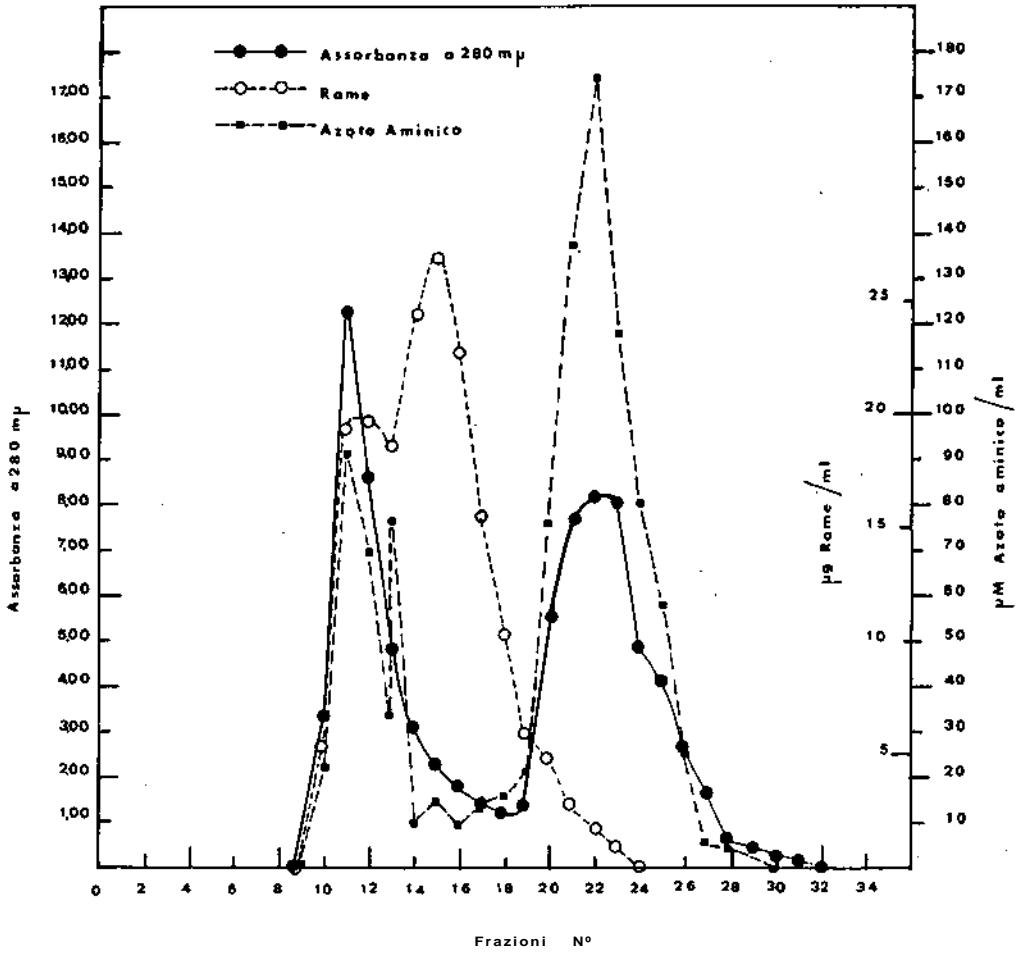


FIG. 7. Cromatografia su Sephadex G-25.

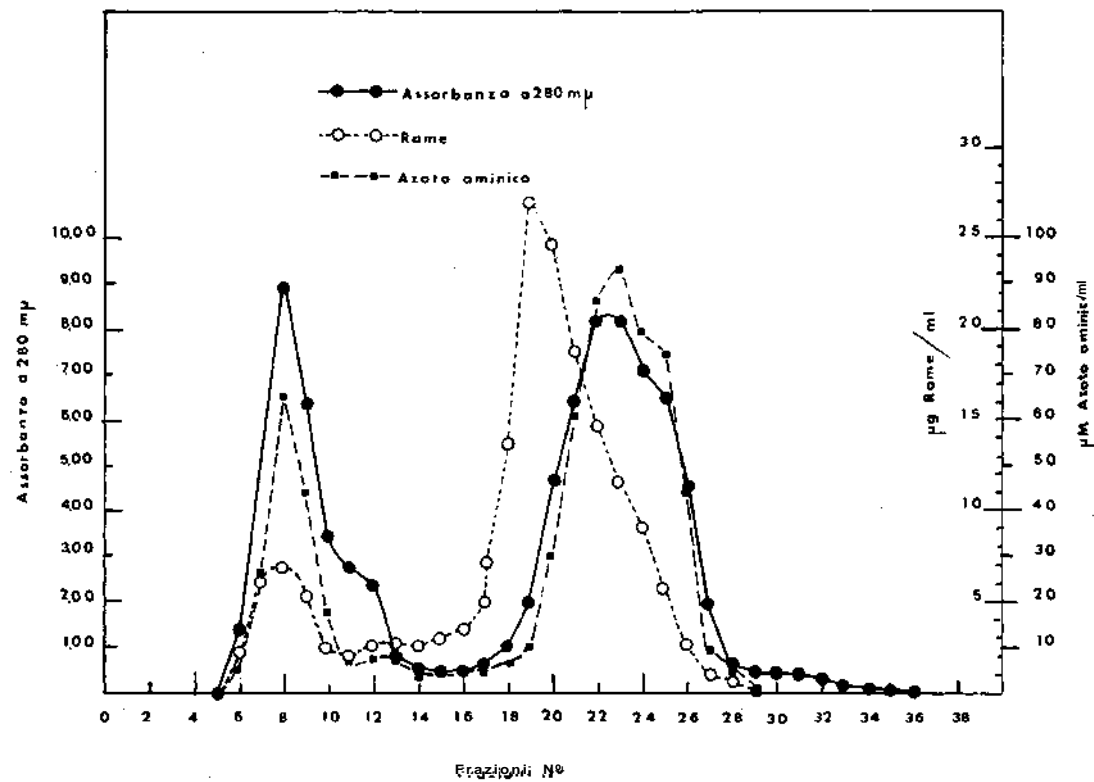


FIG. 8. Cromatografia su Sephadex G-50.

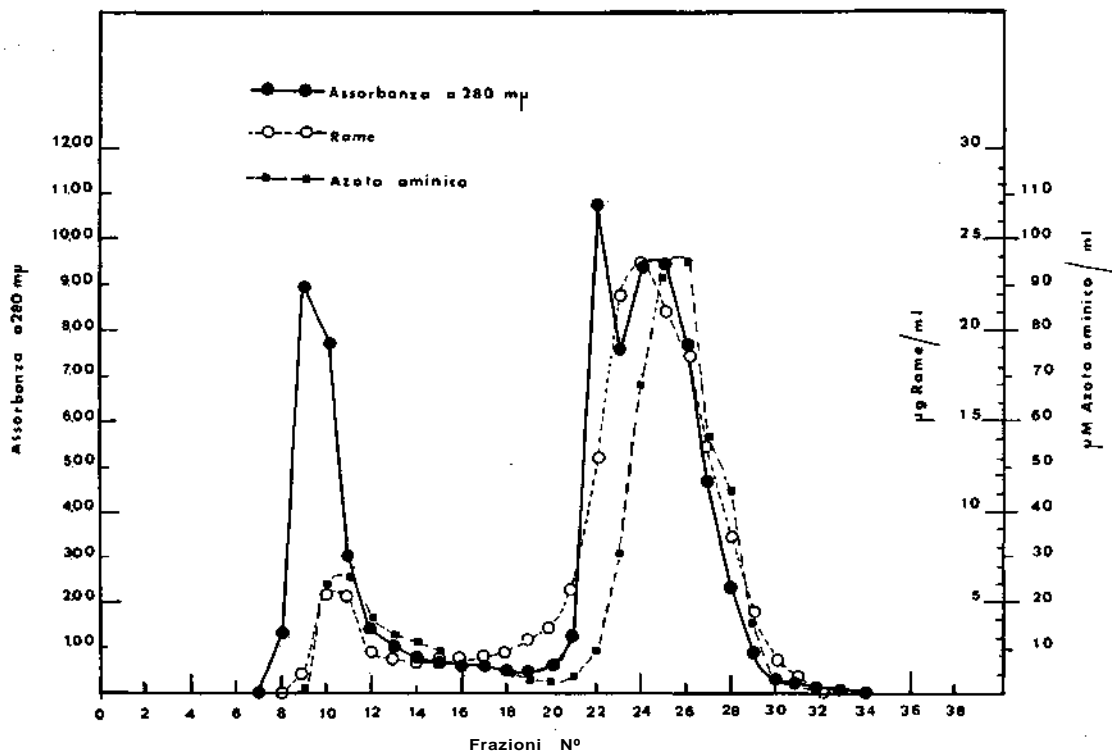


FIG. 9. Cromatografia su Sephadex G-75.

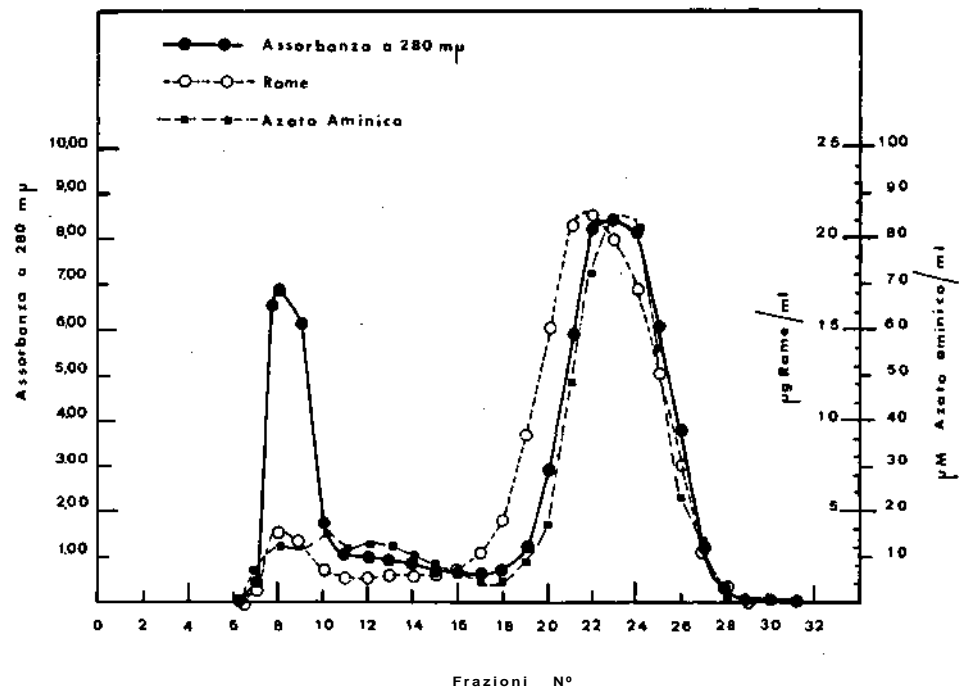


FIG. 10. Cromatografia su Sephadex G-100.

TAB. 10. Frazionamento del sovratanante a 128.000 x g ottenuto da omogenato al 10 % di epatopancreas di *Octopus vulgaris* *.

Sephadex	Numero di Analisi	Limite di esclusione	Frazioni incluse			Frazioni intermedie			Frazioni escluse		
			Assorbanza a 280 m μ	Azoto Aminico	Rame	Assorbanza a 280 m μ	Azoto Aminico	Rame	Assorbanza a 280 m μ	Azoto Aminico	Rame
G-10	3	700	49,2 \pm 10,0	35,9 \pm 11,1	95,2 \pm 1,8	—	—	—	49,8 \pm 2,0	61,8 \pm 6,3	5,6 \pm 3,8
G-15	2	1.500	44,9 \pm 1,7	24,4 \pm 1,7	96,2 \pm 1,4	—	—	—	55,1 \pm 1,7	75,3 \pm 4,1	3,5 \pm 0,7
G-25	4	5.000	28,0 \pm 3,6	16,1 \pm 5,3	30,1 \pm 8,8	15,1 \pm 4,8	15,0 \pm 13,5	59,4 \pm 9,7	56,9 \pm 6,6	68,8 \pm 15,8	10,5 \pm 3,6
G-50	3	30.000	32,3 \pm 4,5	19,5 \pm 2,4	13,7 \pm 7,2	13,6 \pm 4,3	11,5 \pm 4,3	48,6 \pm 6,0	54,0 \pm 8,6	69,0 \pm 6,3	7,6 \pm 4,0
G-75	3	70.000	29,1 \pm 9,1	11,7 \pm 1,0	7,2 \pm 3,9	6,4 \pm 1,7	6,1 \pm 2,2	12,0 \pm 3,5	62,4 \pm 9,4	82,2 \pm 1,0	77,9 \pm 7,3
G-100	2	150.000	32,9 \pm 15,3	7,1 \pm 2,2	9,1 \pm 3,3	7,3 \pm 1,0	8,4 \pm 3,0	7,1 \pm 0,2	59,7 \pm 15,7	84,6 \pm 5,1	83,7 \pm 4,0

* Come percentuale di ricupero.

DISCUSSIONE

Nell'epatopancreas di *Octopus vulgaris* il 50 % del Rame si trova nella frazione sedimentabile a 1860 x g e quindi si trova associato a frazioni cellulari di dimensioni notevoli.

Poiché esiste una correlazione significativa tra Rame ed Azoto solo per il sovratanante a 128.000 x g, ci sembra di poter dedurre che la frazione di rame sedimentabile a 128.000 x g, la quale, a sua volta è costituita in gran parte dalla frazione sedimentabile a 1860 x g, sia responsabile della grande variabilità, sia del contenuto di Rame, che del rapporto Rame/Azoto.

Questa nostra deduzione ci sembra rafforzata dall'esame delle correlazioni, sia per quanto riguarda l'Azoto, sia per quanto riguarda il Rame, esistenti tra omogenato e sovratanante.

L'incremento della forza ionica del solvente porta ad un aumento della frazione di Rame non sedimentabile a 128.000 x g con. parallelo aumento delle proteine, per cui il rapporto Rame/Proteine non varia.

La variabilità del contenuto di Rame di epatopancreas è piuttosto insolito e potrebbe essere dovuto alla funzione di organo di riserva del Rame, riscontrata da GHIRETTI & VIOLANTE (1964) e dalle funzioni di assorbimento fagocitarlo riscontrato dalla BIDDER (1957). Questa variabilità sembra dovuta soprattutto a quella frazione di Rame sedimentabile a 1860 x g. Comunque, sembra chiaro che esistano numerose specie di complessi di Rame e che una parte di questi siano presenti in quantità molto variabile tra un animale ed un altro.

I maschi sono animali di maggiori dimensioni e presentano un organo più grande, viceversa le femmine sembrano avere un epatopancreas più ricco di Azoto e di Rame.

Lo stato di ossidazione del Rame epatopancreatico sembra essere quello monovalente.

Il Rame del sovratanante a 128.000 x g è rimovibile solo in parte da Versene, mentre il 92 % è rimovibile da resina chelante Chelex-100 ed invece è completamente rimovibile da Cianuro. Ciò vuol dire che in gran parte il Rame è chelato piuttosto stabilmente ai ligandi.

A pH 5.0 si ha una rimozione del Rame ma contemporaneamente una precipitazione isoelettrica di proteine, per cui risulta un incremento del rapporto Rame/Proteine.

Che il Rame sia distribuito in modo molto eterogeneo nel sovratanante a 128.000 x g è dimostrato dai fallimenti di tutti i tentativi di frazionamento usando i metodi comunemente impiegati per le proteine. Comunque la Gel-filtrazione mostra che questo Rame è legato per l' 80 % a sostanze con peso molecolare compreso tra 5.000 ÷ 30.000, solo una piccola parte è legato a sostanze di peso molecolare inferiori e solo il 10 % a sostanze con peso molecolare superiore a 70.000. Quindi il Rame del sovratanante a 128.000 x g dell'epatopancreas

è legato a sostanze con peso molecolare molto più basso dell'emocianina e della maggioranza delle cuproproteine.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori esprimono la più viva gratitudine al sig. F. NOVIELLO per la realizzazione dei grafici che corredano il presente lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- ALBISTON, H. E., L. B. BULL, A. T. DICK and J. C. KEAST, 1940: Quoted by BECK (1956).
BAILEY, J. L., 1962: Techniques in Protein Chemistry, pp. 295. Elsevier, Amsterdam.
BALDASSI, G. e L. VIGNATO, 1942: Sul contenuto in rame nel fegato. Atti Ist. Veneto Sc. **101**, 511-515.
BECK, A. B., 1956: The copper content of the liver and blood of some vertebrates. Aust. J. Zool. **4**, 1-18.
BERTRAND, D., 1943: Le molybdène et le cuivre dans la série animale. Bull. Soc. Chim. biol. **25**, 197-200.
BICKEL, M., F. C. NEALE and G. MALL, 1957: A chemical and biochemical study of hepatolenticular degeneration (Wilson's disease). Q. J. Med. **26**, 527-558.
BIDDER, A. M., 1957: Evidence for an absorptive function in the « liver » of *Octopus vulgaris*. Pubbl. Staz. zool. Napoli **29**, 139-150.
BOYDEN, R., V. R. POTTER and C. A. ELVEHJEM, 1938: Quoted by BECK (1956).
CARTWRIGHT, G. E., R. E. HODGES, G. J. GUBLER, J. P. MAHONEY, K. DAUM, M. M. WINTROBE and W. B. BEANS, 1954: Studies on copper metabolism - XIII. Hepatolenticular degeneration. J. clin. Invest. **33**, 1487-1501.
CUNNINGHAM, I. J., 1931: Some biochemical and physiological aspects of copper in animal nutrition. Biochem. J. **25**, 1267-1294.
DEWEY, D. W. and A. G. NICOLLS, 1955: (Unpublished data) quoted by BECK (1956).
DICK, A. T., 1954: Ph. D. Thesis, University of Melbourne, quoted by BECK (1956).
EDEN, A. and H. H. GREEN, 1940: Microdeterminations of copper in biological material. Biochem. J. **34**, 1202-1208.
ELVEHJEM, C. A., 1935: The biological significance of copper and its relations to iron metabolism. Physiol. Rev. **15**, 471-507.
FELSENFELD, G., 1960: The determination of cuprous ion in copper proteins. Archs. Biochem. Biophys. **87**, 247-251.
FRIEDEN, E., S. OSAKI and H. KOBAYASHI, 1965: Copper protein and oxygen-correlations between structure and function of the copper oxidases. J. gen. Physiol. **49**, 213-252.
GHIRETTI, F. e U. VIOLANTE, 1964: Ricerche sul metabolismo del rame in *Octopus vulgaris*. Boll. Zool. **31**, 1081-1092.
GHIRETTI-MAGALDI, A., A. GIUDITTA and F. GHIRETTI, 1958: Pathways of terminal respiration in marine invertebrates - J. The respiratory system in cephalopods. J. cell. comp. Physiol. **52**, 389-429.
GORNALL, A. G., C. J. BARDAWILL and M. M. DAVID, 1949: Determination of serum protein by means of the biuret reaction. J. biol. Chem. **177**, 751-766.

- HENZE, 1901: Über den Kupfergehalt der Cephalopodenleber. Hoppe Seyler's Z. physiol. Chem. 33, 417-425.
- HODGE, J. E. and B. T. HOFREITER, 1962: Methods in Carbohydrate Chemistry (Edited by WHISTLER R. L. & WOLFROM M. L.). Academic Press, New York 1, p. 380.
- JOHNSON, M. J., 1941: Isolation and properties of a pure yeast polypeptidase. J. biol. Chem. 137, 575-586.
- LINDOW, C. W., W. H. PETERSON and N. STEENBOCK, 1929: The copper metabolism of the rat. J. biol. Chem. 84, 419-432.
- LONG, C. (Ed.), 1961: Biochemist Handbook. E. & F. N. SPON, London.
- LORENZEN, E. J. and S. E. SMITH, 1947: Quoted by BECK (1956).
- MAC HARGUE, J. S., 1925: The association of copper with substances containing the fat soluble vitamin A. Ann. J. Physiol. 72, 583-594.
- MOORE, S. and W. H. STEIN, 1948: Photometric ninhydrin method for use in the chromatography of amino acids. J. biol. Chem. 176, 367-388.
- NICOL, C. J. A., 1967: The Biology of Marine Animals, 2nd edn., p. 12. Pitman, London.
- PHILLIPS, A. H., 1917: Quoted by VINOGRADOV (1953).
- ROCCA, E. and L. NOVIELLO, 1967: Notes on the 128,000 x g supernatant copper in *Octopus vulgaris* LAMARCK and *Eledone moschata* LAMARCK hepatopancreas. Pubbl. Staz. zool. Napoli 35, 401-404.
- ROCCA, E., 1969: Copper distribution in *Octopus vulgaris* LAM. hepatopancreas. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 28, 67-82.
- SAHAI, K. and H. D. KEHAR, 1951: Quoted by BECK (1956).
- SCHEINBERG, I. M. and I. STERNLIEB, 1960: Copper metabolism. Pharmac. Rev. 12, 355-381.
- SCHMIDT-NIELSEN, S. and A. FLOOD, 1926-28: Quoted by VINOGRADOV (1953).
- SPECTOR, W. S. (Ed.), 1956: Handbook of Biological Data. W. B. Saunders, Philadelphia and London.
- VINOGRADOV, A. P., 1953: The Elementary Chemical Composition of Marine Organisms. Sears Foundation for Marine Research, Yale University, New Haven.
- WANG-TAI-SI, 1928: Recherches sur le Cuivre, le Fer, le Manganese et le Zinc chez les Mollusques. Thèse, Paris, quoted by VINOGRADOV (1953).
- WIESER, W., 1967: Conquering terra firma: The copper problem from the isopod's point of view. Helgolander wiss. Meeresunters. 15, 282-293.
- ZUCKERKANDL, E., 1957: La teneur en cuivre de l'hépatopancreas de *Maja squinata* aux divers stades d'intermue. C.r. Seanc. Soc. Biol. 151, 676-679.

L. NOVIELLO, Stazione Zoologica, Villa Comunale, 80121 Napoli, Italia.

I popolamenti bentonici di alcuni tipi di fondo mobile del Golfo di Trieste*

di

GIULIANO OREL e BARBARA MENNEA

(Dall'Istituto di Zoologia e Anatomia comparata dell'Università di Trieste)

1 Figura

Summary. In the Gulf of Trieste, during the years 1966-1967, 121 bottom samples have been collected by means of a 0.2 m² Petersen grab. On the ground of these samples it has been possible to define some areas occupied by different biocoenoses.

On a narrow belt of sandy bottom off Punta Sdobba (Fig. 1 D), there is a population corresponding to the zoocoenosis *Chione gallina* (*Ch. g.*) described by VATOVA (1949). It is also very similar to the « biocoenose des sables fins bien calibrés » (SFBC) of PERES and PICARD (1964). In this zone we collected species like *Venus gallina*, *Nassa mutabilis*, *Ensis siliqua*, *Nephtys hombergii*, *Owenia fusiformis*, which are linked to the presence of sand in the substrate. However, it has been possible to note also the influence of the surrounding muddy bottoms for, besides the above-mentioned species, we found also *Sternaspis scutata* and *Maldane glebifex*, which are characteristic of muddy bottoms.

Muddy bottoms, somewhere mixed with some detritic elements, extend in the wide North-central part of the Gulf (Fig. 1 A). Here we defined a biocoenosis of « vases terrigènes côtières » (VTC of PERES and PICARD). We think that this biocoenosis is more similar to the zoocoenosis *Schizaster Turritella* (*Sch. T.*) of VATOVA (1935), rather than to the zoocoenosis *Schizaster chiajei* (*Sch. ch.*) which the same Author describes for the Gulf of Trieste. Anyway, we noted in general the presence of some species (for instance, *Pectinaria auricoma* and *Aporrhais pes-pelecani*) characteristic of more or less detritic muddy bottoms.

On the muddy bottoms off the Western coast of Istria, the detritic component is more conspicuous (Fig. 1 B). Here we defined a population in which *Ophiotrix quinque-maculata* is constantly present. In this area epifauna organisms, like Sponges and TUNICATA are more abundant than in the other areas of the Gulf. Here we found also *Tellina serrata* and *Paguristes oculus*, which are species linked to the presence of detritic elements in the substrate.

The natural conformation of the bottom of the area facing the Port (Fig. 1 C) has been altered by wastes of any kind. Here we found a population characterized by a low number of species and individuals and by low values of biomass. Besides, it is not homogeneous, for it is made up by species characteristic of different biotopes. Only at its limits towards the open sea, there begin to appear species like *Sternaspis scutata*, *Maldane glebifex* and *Turritella communis*, which are characteristic of the muddy bottoms of the central part of the Gulf.

Riassunto. Negli anni 1966-1967 sono stati raccolti nel Golfo di Trieste 121 campioni di fondo per mezzo di una benna Petersen da 0,2 m². In base a questi campioni, sono state delimitate alcune aree popolate da biocenosi diverse.

In una ristretta fascia costiera al largo di Punta Sdobba (Fig. 1 D), su fondi sabbiosi con una certa quantità di fango, è presente un popolamento che, per le sue caratteristiche, corrisponde alla zoocenosi *Chione gallina* (*Ch. g.*) di VATOVA (1949), oppure alla biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC) di PÉRÈS e PICARD (1964).

Fondi fangosi, misti a tratti ad una certa quantità di detrito, occupano l'ampia

* Ricerche eseguite con contributi del C.N.R.: Commissione oceanografica e Programma di ricerca per le risorse marine e del fondo marino.

parte centro settentrionale del Golfo (Fig. 1 A), Su tali fondi è stata individuata una biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC di PERES e PICARD) che ci sembra omologabile alla zoocenosi *Schizaster Turritella* (*Sch. T.*) di VATOVA (1935) piuttosto che alla zoocenosi *Schizaster chiajei* (*Sch. ch.*) che lo stesso Autore descrive appunto per il Golfo di Trieste.

Sui fondi fangosi al largo della costa occidentale istriana (Fig. 1 B) dove la componente detritica si fa più cospicua, abbiamo individuato un popolamento caratterizzato dalla presenza costante di *Ophiotrix quinquemaculata*, delimitabile come facies in alcune stazioni, dove gli individui di questa specie sono più abbondanti.

I fondi prospicienti l'area portuale (Fig. 1 C), la cui natura è stata alterata da scarichi di ogni genere, sono caratterizzati in generale da una fauna povera di specie e di individui e da bassi valori della biomassa.

MATERIALE E METODO

Il lavoro di campionamento è stato eseguito a bordo della m/b « F. VerCELLI » nella primavera-estate degli anni 1966-1967. Sono stati prelevati 121 campioni di fondo per mezzo di una benna Petersen da 0,2 m² a profondità superiori ai 5 m.

Il materiale così raccolto veniva posto in un setaccio a maglie di 2 mm di lato ed il sedimento veniva eliminato mediante lavatura con una manichetta alimentata da acqua di mare. Il materiale residuo, liberato dai detriti e dalle spoglie organiche più grosse, veniva fissato con formalina al 5 % e conservato in barattoli della capacità di 1 l,5.

In laboratorio, gli animali così raccolti venivano smistati, determinati e pesati, dopo averli distesi su carta da filtro per eliminare l'eccesso di soluzione formolata.

In questo modo sono stati tabulati i dati di tutte le 121 stazioni; quelli riportati in Tab. 1 però si riferiscono solo a 15 di esse. Queste 15 stazioni sono state scelte come le più rappresentative dei fondali che abbiamo attribuito alla biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC).

LIMITI DELL'AREA STUDIATA

E CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E SEDIMENTOLOGICHE DEI FONDI

Le aree di fondo, oggetto di questo lavoro, si estendono ad Est della congiungente P.ta Salvore - P.ta Sdobba e corrispondono, quindi, alla parte più interna del Golfo di Trieste, cioè a quella compresa tra P.ta Sottile e P.ta Sdobba e la costa che va da Trieste a Monfalcone, e ad una parte dei fondi prospicienti la costa istriana (Fig. 1 A, B, C, D). Non sono stati presi in considerazione invece i fondi del Vallone di Muggia, le cui caratteristiche biologiche sono già state studiate in un precedente lavoro (SPECCHI e OREL, 1968).

I fondali esplorati si sviluppano ad una profondità compresa tra 5 e 24 metri.

La morfologia ed i sedimenti dei fondi sono stati studiati recentemente (GIORGETTI, MOSETTI e MACCHI, 1968; BRAMBATI e VENZO, 1967). Naturalmente questi lavori trattano l'argomento da un punto di vista strettamente sedimentologico e quindi, anche se talvolta vi accennano, raramente pongono l'accento sulla presenza di una componente detritica organogena. Da un punto di vista biologico invece, questa componente può assumere un'importanza notevole. Infatti, mentre il sedimentologo definisce un fondo semplicemente fangoso, anche se al fango sono frammisti detriti di origine organica, lo stesso fondo è invece definito fangoso-detritico dal biologo.

Nella parte settentrionale del Golfo, davanti alle coste alluvionali comprese tra le foci del Timavo e le Bocche di Primero, i fondi sono pianeggianti e degradano lentamente verso il largo. Le dimensioni dei granuli del sedimento diventano via via minori ed alle sabbie costiere si sostituiscono materiali più fini. Soltanto davanti al tratto di costa compreso tra l'imboccatura del Porto di Monfalcone e le foci del Timavo, si trovano sedimenti fangosi già a poche decine di metri dalla linea di riva. In certi punti di questa zona a fondo molle, specialmente ai limiti con i fondi sabbiosi costieri, la componente detritica organogena a cui si è già accennato è tale da permettere l'instaurarsi in zone, per altro molto limitate, di un'abbondante epifauna comprendente diverse forme incrostanti.

In corrispondenza al tratto di costa alta in parte calcarea, in parte marinoso-arenacea che si estende tra Duino e Miramare, i fondi degradano più rapidamente e presentano fino a una certa distanza dalla costa una morfologia piuttosto tormentata. Infatti a zone più o meno pianeggianti si alternano sollevamenti ed avvallamenti irregolari. I sedimenti vicini alla costa sono costituiti da massi e poi da ciottoli di dimensioni via via minori, ma già a poca profondità, al di là del limite delle praterie di Fanerogame marine (posto in media a — 6 metri), incomincia una successione di materiali più fini e i fondi che si estendono al largo sono in prevalenza fangosi, più raramente sabbiosi. In entrambi questi tipi di fondo si può trovare talvolta una quantità più o meno rilevante di resti di conchiglie (sono numerose soprattutto le spoglie di *Turritella communis*, *Aporrhais pes-pelecani*, *Corbula gibba*, *Chlamys* sp. e *Tapes* sp.). Davanti al Promontorio di Miramare e fino ad una profondità di circa 20 m si possono rilevare zone poco ampie di substrato sabbioso. Anche nei fanghi che circondano questa zona, e specialmente al largo di Santa Croce, è presente una certa quantità di sabbia.

Ad Ovest della congiungente P.ta Sdobba - P.ta Grossa, nella metà settentrionale del Golfo, si trovano altre zone di fondo sabbioso che si allargano via via verso Ovest. Queste costituiscono le propaggini orientali dei fondi sabbiosi ben più estesi che caratterizzano la costa gradese ed altre vaste aree che si estendono al largo di questa stessa costa.

I sedimenti dei fondi antistanti il Porto di Trieste risentono fortemente di modificazioni dovute all'attività dell'uomo (Rossi, MOSETTI e CESCONE, 1968). Infatti alla prevalente componente sabbiosa delle zone più prossime alla costa ed a quella fangosa delle zone più al largo si sono aggiunti, talvolta in quantità notevoli, detriti di ogni genere. Si tratta spesso dei rifiuti scaricati dalle navi che sostano in questa località, oppure di materiali gettati in mare, provenienti dalla demolizione di edifici e da scavi. È ovvio quindi che per questi motivi e forse anche per eventuali azioni inquinanti questi fondi hanno caratteristiche fisiche e biologiche assai diverse da quelle naturali.

Poco possiamo dire dei fondi immediatamente antistanti la costa istriana, non avendo potuto fare osservazioni dirette e perché scarsi sono i dati reperibili nella bibliografia recente. Si è notato tuttavia nella massa fangosa dei nostri saggi un aumento della quantità di detriti, quasi esclusivamente costituiti da resti di conchiglie, specialmente nei campioni raccolti più ad Ovest. Ci sembra abbastanza sensato pensare, confortati anche da alcune analisi della fauna di questa zona, che questi fondi costituiscono una transizione tra i fondi fangosi del Golfo ed i fondi prossimi alla costa istriana, da Isola a P.ta Salvore, in cui la componente detritica si fa più cospicua.

STUDIO BIOLOGICO

Introduzione

In un compendio dei suoi lavori precedenti (VATOVA, 1928, 1931, 1932, 1934, 1935, 1936, 1940, 1942, 1943, 1946) apparso nel 1949, VATOVA ha redatto una carta biocenotica dell'Alto e Medio Adriatico. In essa descrive per queste zone nove zoocenosi ed alcune facies ad esse proprie.

Alcune aree più o meno estese dell'Alto Adriatico vengono attribuite alla zoocenosi *Schizaster chiajei* (*Sch. ch.*). Secondo VATOVA, questa zoocenosi corrisponde alla *Bryssopsis chiajei* community di PETERSEN (1915), descritta per i mari del Nord. Per quanto riguarda l'Alto Adriatico, l'Autore citato (1949) afferma che questa zoocenosi è « piuttosto polimorfa e costituisce quasi una zoocenosi di transizione tra la zona costiera e quella al largo » e ancora « si estende su fondi in prevalenza melmosi o fangosi, ma anche fangoso-sabbiosi con maggiore o minore numero di detriti ». La zoocenosi in questione viene scissa dallo stesso VATOVA (1943), per quanto riguarda i fondi prospicienti la costa occidentale istriana, in una *Sch. ch. litoranea* e una *Sch. ch. pelagica*. Una facies particolare è poi presente sui fondi al largo della Laguna veneta. Per questo insieme di zoocenosi che presentano come specie costanti l'Echinide irregolare *Schizaster canaliferus* e l'Ofiuroide *Amphiura chiajei*, VATOVA (1946) ha anche espresso l'opinione che si possa trattare di facies della più estesa zoocenosi *Turritella*. Una

ulteriore facies di questa zoocenosi è presente sui fondi melmosi del Canale di Leme e viene denominata *Schizaster Turritella* (*Sch. T.*) (VATOVA, 1931). È chiaro quindi che VATOVA ha osservato il carattere composito dei popolamenti caratterizzati dalle specie nominate e anche, come si è detto, dei fondi da essi occupati. Su questo argomento torneremo fra poco, ma è opportuno riferire già adesso, a questo proposito che, secondo BELLAN (1969), si può ammettere che i fondi melmosi degli Autori italiani corrispondano ai fanghi terrigeni costieri ed i fondi fangosi a quelli fangoso — detritici del Mediterraneo Nord-occidentale; mentre a questi diversi tipi di substrato gli Autori francesi fanno corrispondere biocenosi diverse, spesso in VATOVA, come si è visto a proposito della zoocenosi *Sch. ch.*, queste diverse unità ecologiche vengono rilevate come possibili facies di una stessa zoocenosi (VATOVA, 1946). Già nel 1959 infatti, BELLAN aveva rilevato la corrispondenza tra la zoocenosi *Sch. T.* dell'Adriatico e la biocenosi dei fanghi molli terrigeni del Mediterraneo occidentale e tra la *Sch. ch.* dell'Adriatico e le biocenosi dei fondi detritici costieri del Mediterraneo. Sempre a questo proposito, GAMULIN-BRIDA (1967) distingue, sui fondi mobili delle stesse aree in cui fu condotto il lavoro di VATOVA e che l'Autore attribuì alla zoocenosi *Schizaster chiajei*, almeno due diverse unità ecologiche e cioè appunto, popolamenti dei fondi fangosi più o meno detritici e popolamenti di fondi fangosi. Queste unità corrispondono, secondo la terminologia usata da PÉRÈS e PICARD (1964), rispettivamente alle biocenosi DE (Biocoenose des Fonds Détritiques Envasés) e VTC (Biocoenose des Vases Terrigènes Côtières).

I popolamenti dei fondi della parte centro-settentrionale del Golfo di Trieste
(Fig. 1 A).

Secondo VATOVA (1949), la zoocenosi *Schizaster chiajei*, che occupa alcune aree dell'Alto Adriatico, si insinua anche nel Golfo di Trieste. Bisogna tener presente però che in tale area VATOVA raccolse solo 5 saggi da 0,2 m²: 3 lungo la costa istriana, uno nel Vallone di Muggia e uno davanti a Miramare. In questi saggi trovò una ventina di specie, tra le quali le più diffuse sono nell'ordine: *Maldane glebifex*, *Dentalium dentale*, *Cucumaria elongata*, *Labidoplax digitata*, *Corbula gibba*, *Turritella communis*, *Aporrhais pes-pelecani*.

I saggi da noi raccolti sono invece molto più numerosi ed in base a questi risulta che fra le specie più significative per la delimitazione qualitativa delle biocenosi alcune (*Maldane glebifex*, *Labidoplax digitata*, *Turritella communis*, *Sternaspis scutata*, *Nephtys hysticis*) sono più uniformemente distribuite e diventano rare o mancano solo dove cambiano le caratteristiche del biotopo. Accanto alle specie elencate che, come abbiamo detto, hanno un più preciso significato biocenotico risultano comuni anche: i Molluschi *Dentalium dentale*, *Aporrhais pes-pelecani*, *Nucula nucleus* e *Corbula gibba*; gli Echinodermi *Cucu-*

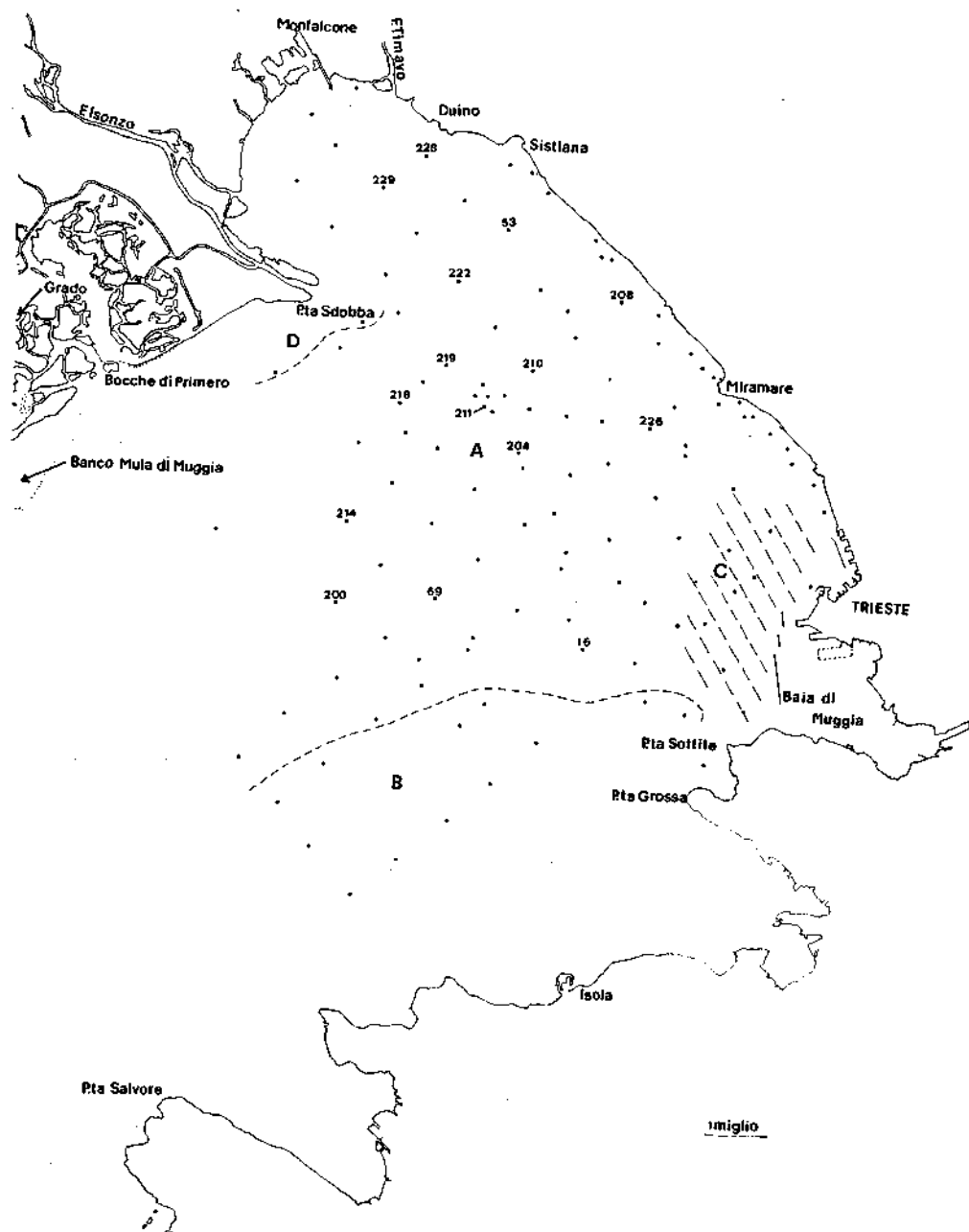


FIG. 1. Carta delle stazioni. I punti contrassegnati da un numero indicano le stazioni più significative della biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (vedi Tab. 1). Gli altri si riferiscono alle stazioni per le quali non è stata riportata in questo lavoro un'analisi dettagliata.

maria elongata e *Schizaster canaliferus*; il Sipunculide *Aspidosiphon clavatus* ed il Polichete *Terebellides stroemi*.

Questo aspetto faunistico, più che alla zoocenosi *Schizaster chiajei* descritta da VATOVA per il Golfo di Trieste, ci sembra vicino alla zoocenosi *Schizaster Turritella* descritta dallo stesso Autore per il Canale di Leme. Infatti in questa località sono state trovate tutte le specie che abbiamo nominato ad eccezione di *Maldane glebifex*. D'altra parte GAMULIN-BRIDA (1967 a e b), in base a saggi raccolti nelle località in cui lavorò VATOVA, attribuisce i fondi antistanti la costa occidentale istriana (secondo VATOVA caratterizzati dalla zoocenosi *Schizaster chiajei*) in parte alla biocenosi dei fondi detritici più o meno fangosi e, solo per aree meno estese, alla biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC di PÉRÈS e PICARD), mentre attribuisce interamente quelli del Canale di Leme alla biocenosi dei fanghi terrigeni costieri.

Anche per quanto riguarda il Golfo di Trieste, in base alle specie che abbiamo nominato e ad alcune altre che però sono meno abbondanti, ci sembra che la maggior parte dei fondi sia occupata da una biocenosi dei fanghi terrigeni costieri, mentre solo in zone più ristrette è possibile intravedere una certa componente faunistica legata ai fondi detritici più o meno fangosi (DE di PÉRÈS e PICARD).

È da tener presente però che nel fare queste considerazioni, come del resto sembra avvenire nei lavori di GAMULIN-BRIDA, abbiamo spesso accettato come validi anche per il Golfo di Trieste il significato ecologico ed il ruolo che PÉRÈS e PICARD (1964) e PICARD (1965) assegnano alle varie specie nella delimitazione delle biocenosi del Mediterraneo Nord-occidentale. È possibile però che questa corrispondenza non sussista in ogni caso; ci sembra tuttavia che ciò si verifichi piuttosto raramente. Tale ipotesi, almeno per certe biocenosi, sembra confermata dai lavori di GAMULIN-BRIDA (1967 c). Comunque il significato ecologico delle specie da noi trovate non è ancora accertato con estrema sicurezza, in quanto il nostro lavoro riguarda un'area caratterizzata da pochi biotopi e non si fonda su un'ampia indagine statistica. Per questa ragione i fattori che regolano la distribuzione di alcune specie nel Golfo di Trieste rimangono ancora in parte imprecisati. Per esempio, *Brada villosa*, che PICARD (1965) definisce specie caratteristica esclusiva dei fanghi profondi (VP di PÉRÈS e PICARD), è distribuita nel Golfo di Trieste in stazioni costiere a una profondità media di 15 metri su fondi fangosi o anche fangoso-sabbiosi. Non possiamo pensare che questo Polichete possa essere attribuito alla categoria delle specie accidentali, in quanto in soli sei saggi ne è stata raccolta una cinquantina di esemplari. Essi inoltre non sembrano qui trovarsi in condizioni di disagio; infatti le loro dimensioni medie (2-4 cm) corrispondono a quelle riportate da FAUVEL (1927) per questa specie. *Brada villosa* è già stata segnalata per l'Adriatico nel Canale di Leme, quindi ad una profondità di circa 30 metri (FAUVEL, 1934).

Inoltre, secondo USHAKOV (1965), questa specie è distribuita nei mari orientali da 0 a — 592 metri. Si tratterebbe quindi, secondo questo Autore, di una specie euribata.

Questo esempio sembra appunto confermare la possibilità che una singola specie possa assumere significati ecologici diversi in zone geografiche differenti. Questo fatto, a proposito dei Policheti, è già stato messo in evidenza da BELLAN (1959). Tuttavia, come abbiamo detto, sono casi piuttosto rari. Infatti tutte le specie che abbiamo citato sembrano avere nella delimitazione dei popolamenti del Golfo di Trieste la stessa importanza che viene loro attribuita nell'ambito dei popolamenti del Golfo di Marsiglia. Per questa ragione, dove queste specie sono presenti ed uniformemente distribuite, appare logico ritenere che i fondi siano caratterizzati dalle medesime biocenosi descritte per il Mediterraneo Nord-occidentale. Più precisamente: dove i fondi sono più spiccatamente fangosi, ed è questo il caso della ampia parte centro-settentrionale del Golfo, la biocenosi prevalente è quella dei fanghi terrigeni costieri.

Per un quadro esemplificativo dei popolamenti dominanti sui fondi del Golfo di Trieste, rimandiamo alla Tab. 1. in cui sono elencate le specie raccolte in 15 delle stazioni fatte nelle quali è evidente la prevalenza di specie caratteristiche dei fanghi terrigeni costieri. Queste stazioni, come si è detto nel paragrafo materiale e metodo, non sono state scelte a caso, ma perché, in base alle specie che vi sono state trovate, ci sono sembrate le più rappresentative della biocenosi in questione. Come risulta dalla cartina (Fig. 1 A), le 15 stazioni scelte sono distribuite soprattutto nella parte centro-settentrionale dell'area in esame. Tuttavia anche in questi saggi, e maggiormente in altri, è presente anche un certo numero di specie che secondo PÉRÈS e PICARD (1964) sono legate ai fondi detritici più o meno fangosi. Per esempio, dalla Tab. 1 risulta che *Pectinaria auricoma*, considerata da PICARD (1965) specie caratteristica preferenziale dei fondi fangoso — detritici, è stata trovata in ben 7 delle 15 stazioni che abbiamo scelto come rappresentative dei fanghi terrigeni costieri del Golfo di Trieste. Inoltre è da rilevare che *Aporrhais pes-pelecani* è specie molto comune e largamente diffusa nel Golfo di Trieste ed è stata trovata in 6 dei 15 saggi scelti. In base al lavoro di PICARD (1965), *Aporrhais pes-pelecani* è frequente nel Golfo di Marsiglia soprattutto sui fondi detritico-fangosi e l'Autore la definisce « espèce mixticole », non attribuendole in ogni caso un significato biocenotico più preciso. Secondo GAMULIN-BRIDA (1967 a), questo Gasteropode caratterizza nei dintorni di Rovigno alcune facies della biocenosi dei fanghi detritici costieri.

È evidente quindi (Tab. 1) che anche nelle stazioni che noi abbiamo attribuito alla biocenosi dei fanghi terrigeni costieri si può notare una certa infiltrazione di elementi caratteristici di fondi fangosi più o meno detritici. Si tratta però in generale di un fenomeno ancora non ben interpretabile, almeno finché non saremo in possesso di dati che ci consentano, specialmente per quanto riguarda le zone di transizione, una elaborazione precisa quanto quella

messa a punto da PICARD (1965). In alcune zone però ci sembra che il popolamento dei fondi detritico-fangosi abbia un aspetto meglio delineabile. Ciò accade in alcune strette fasce costiere e sui fondi prospicienti il Promontorio di Miramare. Si tratta comunque in genere di zone piuttosto ristrette, se non addirittura di stazioni isolate. È questo ad esempio il caso della Staz. 215 (molto vicina alla 200 citata in Tab. 1), in cui, accanto a specie legate a substrati fangosi, come *Maldane glebifex* e *Nephtys hysticis*, si trova una rappresentanza piuttosto ampia di specie dei fondi detritici, come *Clymene palermitana*, *Pectinaria auricoma*, *Tellina donacina* e *Tellina serrata*. L'unica zona di una certa estensione che potrebbe essere attribuita con più sicurezza alla biocenosi dei fondi fangoso — detritici è quella che si trova al largo della costa istriana. Vi abbiamo localizzato infatti un popolamento caratterizzato dalla presenza costante di *Ophiothrix quinque maculata*, talvolta delimitabile come facies. Questa specie, secondo PÉRÈS e PICARD (1964) e GAMULIN-BRIDA (1967 a, b e c) è molto comune sui fondi fangoso — detritici. Le caratteristiche del bentos di questa zona saranno trattate nel paragrafo seguente.

Per quanto riguarda l'aspetto quantitativo, nelle 15 stazioni scelte come le più significative dei fanghi terrigeni costieri del Golfo di Trieste, abbiamo rilevato una biomassa pari a 169,70 g/m². Per tutta la zona del Golfo che per il momento abbiamo attribuito alla stessa biocenosi, la biomassa regionale è molto vicina al valore suddetto.

I popolamenti dei fondi antistanti la costa settentrionale istriana.

Abbiamo detto, a proposito dei fondi mobili che si estendono al largo della costa Nord dell'Istria (Fig. 1 B), che la loro componente detritica è più abbondante e che probabilmente si accentua man mano che si procede verso Ovest. Non sono molte tuttavia le specie raccolte in questa zona che potrebbero far attribuire con sicurezza questi fondi alla biocenosi dei fondi fangoso — detritici.

Però, tra le specie raccolte, *Ophiothrix quinque maculata* è stata trovata in tutte le stazioni fatte in questa zona, eccetto in una. Assieme a questo Echinoderma si incontrano più raramente, ma sempre in quantità maggiore che nella restante parte del Golfo, organismi d'epifauna (Spugne e Tunicati) ed altri, come *Tellina serrata* e *Paguristes oculatus* che PICARD (1965) considera specie caratteristiche rispettivamente delle biocenosi dei fondi detritico-fangosi (DE) e detritici costieri (DC). PÉRÈS e PICARD (1964) affermano inoltre che *Ophiothrix quinque maculata* rappresenta talvolta la parte preponderante dei popolamenti di certi fondi fangoso — detritici e ne costituisce spesso una facies. Anche sui fondi fangoso — detritici al largo di Rovigno sono frequenti facies di questo tipo (GAMULIN-BRIDA, 1967 a e b). Su queste sole basi non ci sarebbe possibile però attribuire questi popolamenti alla biocenosi dei fondi detritici più o meno fangosi.

Si è visto infatti che la presenza massiva di *Ophiotrix quinquemaculata* è spesso determinata, oltre che dalle caratteristiche del substrato, anche dall'abbondanza di materiale organico in sospensione nell'acqua (CZIHAK, 1959; PÉRÈS e PICARD, 1964).

Per questa ragione, a convalida della nostra ipotesi, ci sembra opportuno citare le testimonianze di parecchi pescatori istriani che nel dopoguerra si sono trasferiti a Trieste. In base a queste informazioni risulta che larghi tratti di fondo dell'area in questione (specialmente ad Ovest della congiungente Isola - Bocche di Primero), venivano sfruttati un tempo per la pesca dei « Mussoli » (*Arca noaè*). In queste zone era sempre abbondante *Ophiotrix quinquemaculata*. Ad Est della congiungente questa specie era invece più rara e distribuita in zone isolate. Anche *Arca noae* si faceva in questa località sempre più rara rispetto ai fondi più occidentali. VATOVA (1928) afferma che *Arca noae* è «specie tipica dei fondi detritici che accompagnano la costa istriana a cominciare dal Golfo di Trieste fino all'altezza di Parenzo». GAMULIN-BRIDA (1967) trova la stessa specie su vari tipi di fondo detritico della costa occidentale dell'Istria, davanti a Rovigno. I « Mussoli » sono spesso accompagnati da notevoli quantità di *Microcosmus vulgaris*. Anche questa specie è commestibile ed è chiamata volgarmente «Sponza» o «Ovo de mar». Secondo GAMULIN-BRIDA (1967 a e b), *Microcosmus vulgaris* è comune appunto sui fondi detritici, e secondo PICARD (1965) è addirittura specie caratteristica esclusiva di tali fondi. Noi abbiamo raccolto questa specie una sola volta e assieme a specie caratteristiche dei fanghi terrigeni costieri.

Da quanto abbiamo detto, è evidente che non ci è ancora possibile una sicura classificazione di questi fondi. Possiamo dire soltanto che alcune caratteristiche dei sedimenti, alcune specie raccolte e le informazioni assunte tra i pescatori che conoscono i fondi in questione, rendono possibile distinguerli dai fondi fangosi del Golfo di Trieste. Probabilmente si tratta solo di una zona di transizione tra questi e i fondi detritici o fangoso — detritici che si estendono immediatamente al largo della costa istriana ed i cui caratteri si fanno più evidenti ad Ovest della congiungente Isola - Bocche di Primero.

I popolamenti dell'area portuale.

La zona prospiciente l'area portuale (Fig. 1 C), a partire dalla costa fino a 2-3 miglia al largo, si differenzia per le caratteristiche dei suoi popolamenti dalle altre zone del Golfo. In quest'area infatti la fauna è piuttosto povera, sia come numero di specie che come numero di individui. Inoltre, le specie che vi abbiamo raccolto non consentono una esatta delimitazione di biotopi abbastanza estesi e di saggio in saggio si raccolgono specie, per altro rappresentate da pochi esemplari, caratteristiche di ambienti diversi. In qualche saggio,

raccolto per lo più verso il largo, incominciano a comparire specie come *Sternaspis scutata*, *Maldane glebifex*, *Turritella communis* ed altre che caratterizzano, come abbiamo detto, i fanghi della parte centrale del Golfo. Essendo però quest'area aperta verso il mare e soggetta alle stesse condizioni idrologiche di altre zone del Golfo più densamente popolate, non possiamo invocare fattori naturali per spiegare le condizioni del suo popolamento.

Nei suoi aspetti generali, la fauna dell'area portuale presenta alcune caratteristiche simili a quelle dei popolamenti della zona centrale della Baia di Muggia; le classi più rappresentate sono quelle dei Bivalvi e dei Gasteropodi; gli Echinodermi, che nella Baia di Muggia sono presenti con pochi esemplari di una sola specie (*Astropecten spinulosus*), sono invece assenti nell'area portuale. Anche i valori della biomassa sono molto prossimi: 74,12 g/m² in questa zona e 52,40 g/m² nella parte centrale del Vallone di Muggia, mediocrementemente inquinata (SPECCHI e OREL, 1968). Questi valori sono molto bassi in confronto a quelli della zona centrale del Golfo. Sarà opportuno condurre ulteriori indagini per identificare i fattori responsabili di questo aspetto della fauna della zona portuale di Trieste.

I popolamenti dei fondi costieri presso Punta Sdobba.

In una ristretta fascia costiera al largo di P.ta Sdobba (Fig. 1 D), su fondi sabbiosi più o meno puri, abbiamo delimitato un popolamento che per le sue caratteristiche potrebbe corrispondere alla zoocenosi *Chione gallina* di VATOVA (1949) oppure alla biocenosi delle sabbie fini ben calibrate («classate») (SFBC) di PÉRÈS e PICARD (1964).

In questa zona tale popolamento risente ancora dell'influenza dei fondi fangosi circostanti; infatti assieme a specie come *Venus gallina*, *Nassa mutabilis*, *Ensis siliqua*, *Nephtys hombergii* e *Owenia fusiformis*, più o meno strettamente legate ai substrati sabbiosi oppure direttamente alla biocenosi delle sabbie fini ben calibrate, si trovano anche *Sternaspis scutata* e *Maldane glebifex*, caratteristiche dei fondi fangosi. Per la presenza contemporanea di forme di sabbia e di specie di fango, può darsi che questa zona ristretta rappresenti solo un preludio ai popolamenti più nettamente caratterizzabili che, seguendo i fondi più spiccatamente sabbiosi, si estendono verso Ovest. Infatti tra P.ta Sdobba e Grado *Venus gallina*, specie tipica dei fondi sabbiosi, è molto abbondante, tanto che attorno al Banco della Mula di Muggia, presso Grado, viene pescata attivamente.

È certo che questa biocenosi ha più ampia diffusione; infatti su varie spiagge sabbiose più occidentali, durante i mesi invernali, abbiamo raccolto, spiaggiate dal forte moto ondoso, ingenti quantità di *Macra corallina* e di spoglie recenti di *Echinocardium cordatum*. Queste specie sono caratteristiche esclusive della

biocenosi delle sabbie fini ben calibrate che si sviluppa sulle coste francesi del Mediterraneo fra i 2,5 ed un massimo di 20 metri di profondità (PICARD, 1965). Il fatto però che noi abbiamo trovato queste specie spiaggiate può far pensare che il limite superiore della biocenosi SFBC si trovi nelle nostre zone a profondità minore. A tale proposito, possiamo ricordare che GAUTIER (1957) descrive per la zona del Golfo di Fos e quella antistante il delta del Rodano, una biocenosi a *Venus gallina* e *Nassa mutabilis* che si sviluppa tra 0 e — 9 m circa. È da tener presente però che a tale epoca non erano ancora state distinte dalla scuola francese le biocenosi delle sabbie fini ben « classate » (SFBC), cioè a granuli uniformi e delle sabbie fini dei livelli superiori (SFHN) (PICARD, 1965).

La zoocenosi *Chione gallina* ed eventuali sue facies sono caratterizzate, secondo VATOVA (1949), dalla presenza di numerosi esemplari di *Venus gallina*. Secondo PÉRÈS e PICARD (1964) invece, delle specie da noi raccolte, sarebbero caratteristiche esclusive di questa biocenosi soltanto *Nassa mutabilis* ed *Ensis siliqua*. *Venus gallina* sarebbe solamente specie preferenziale di questo biotopo in quanto presente anche sulle sabbie fini dei livelli superiori. Quest'ultima biocenosi è rappresentata anche sulle nostre coste; *Venus gallina* quindi, anche nel nostro caso, non può essere considerata specie esclusiva delle sabbie fini ben calibrate.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Da quanto è stato detto, non sembra errato affermare che, come aspetto generale, i fondi fangosi del Golfo di Trieste che abbiamo esplorato, anche se attribuibili a grandi linee ad una stessa unità ecologica, presentano una certa variabilità. Questa si esprime soprattutto come presenza di una maggiore o minore quantità di detrito nel sedimento fangoso. In conseguenza di ciò, anche la fauna non ha quei caratteri di uniformità che permettono di delimitare con precisione una biocenosi. Tale variabilità potrebbe essere una caratteristica intrinseca dei fondi del Golfo di Trieste; potrebbe tuttavia essere anche determinata da fattori di evoluzione naturale o introdotti dall'attività dell'uomo: costruzione di opere portuali, scarichi di materiali, scarichi urbani ed industriali, attività pescherecce, etc.

A tale proposito, possiamo ricordare che le caratteristiche dei fondi prospicienti la costa tra Miramare e Sistiana stanno rapidamente evolvendo. I pescatori del Golfo di Trieste riferiscono infatti che in quella zona non ci sono mai stati « fondi sporchi ». Vengono chiamati così quei fondi su cui le reti da posta e specialmente quelle a strascico si caricano di materiale non utile, in questo caso, di moltissimi tubi di *Serpula* cementati tra di loro o con altro materiale detritico.

Nel periodo di tempo intercorso fra la stesura del presente lavoro e la pubblicazione dello stesso siamo venuti in possesso di dati che confermano le ipotesi formulate in questo paragrafo.

BIBLIOGRAFIA

- BELLAN, G., 1959: Repartition biogéographique et bionomique de quelques Annélides Polychètes de la Méditerranée Occidentale et du Proche Océan. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume 29 (17), 127-172.
- , 1969: Contribution à l'étude des Annélides Polychètes de la région de Rovinj (Yougoslavie). Rad. JAZU, 13, 354, 25-55.
- BRAMBATI, A. and G. A. VENZO, 1967: Recent Sedimentation in the Northern Adriatic Sea between Venice and Trieste. Studi Trentini Sc. Nat., Sez. A, 44 (2), 202-274.
- CZIHAK, G., 1959: Vorkommen und Lebensweise des *Ophiotrix quinque-maculata* in der nördlichen Adria bei Rovinj. Thalassia Jugoslavica, 1 (6-10).
- FAUVEL, P., 1927: Polychètes Sedentaires. Faune de France. 16. Lechevalier, Paris.
- , 1934: Annélides Polychètes de Rovigno d'Istria. Thalassia, 1 (7).
- GAMULIN-BRIDA, H., 1967 a: Biocenolška istraživanja pomirnog morskog dna sjevernog Jadrana kod Rovinja. Thalassia Jugoslavica, 3 (1-6), 23-31.
- , 1967 b: Contribution aux recherches sur la bionomie des fonds meubles de l'Adriatique du Nord. Ibidem, 32, 33.
- , 1967 c: The Benthic Fauna of the Adriatic Sea. Oceanogr. mar. Bio. 5, 535-568.
- GAUTIER, Y. U., 1957: Recherches sur les biocoenoses benthiques des côtes de Camargue et du Golfe de Fos. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume 22 (13), 55-64.
- GIORGETTI, F., E. MOSETTI, e G. MACCHI, 1968: Caratteristiche morfologiche, fisiche e chimiche del fondo marino del Golfo di Trieste nell'area compresa entro la congiungente Punta Grossa - Bocche di Primero. Boll. Soc. Adriatica Sc. 56 (1), 3-21.
- PERES, J. M. et J. PICARD, 1964: Nouveau Manuel de Bionomie Benthique de la Mer Méditerranée. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume 47 (31).
- PETERSEN, G. G. J., 1915: On the Animal Communities of the Sea Bottom in the Skagerrak, the Christiania Fjord and the Danish Waters. Rep. Danish Biological Station, 23.
- PICARD, J., 1965: Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume 52 (36), 1-160.
- Rossi, S., F. MOSETTI e B. CESCO, 1968: Morfologia e natura del fondo del Golfo di Trieste (Adriatico settentrionale fra Punta Tagliamento e Punta Salvore). Boll. Soc. Adriatica Sc. 56 (2), 187-206.
- SPECCHI, M. e G. OREL, 1968: I popolamenti dei fondi e delle rive del Vallone di Muggia presso Trieste. Boll. Soc. Adriatica Sc. 56 (1), 137-171.
- VATOVA, A., 1928: Compendio della flora e fauna del Mare Adriatico presso Rovigno. Con la distribuzione geografica delle specie bentoniche. Mem. R. Comit. Talass. Ital. 143.
- , 1931: La fauna bentica del Canal di Leme in Istria. Mem. R. Comit. Talass. Ital., 181.
- , 1932: Elenco degli animali marini che più spesso si incontrano nel Mare Adriatico presso Rovigno. Not. Ist. Biolog. Rovigno 1 (4).
- , 1934: Ricerche quantitative sul bentos del Golfo di Rovigno. Not. Ist. Biolog. Rovigno, 1 (12).

- , 1935: Ricerche preliminari sulle biocenosi del Golfo di Rovigno. *Thalassia*, 2 (2).
 - , 1936: Ricerche quantitative sulla fauna bentonica dell'Alto Adriatico e loro importanza per la biologia marina. *Not. Ist. Biolog. Rovigno*, 1 (19).
 - , 1940: La fauna bentonica del Bacino di Pomo (Medio Adriatico). *Not. Ist. Biolog. Rovigno*, 2 (15).
 - , 1942: La fauna bentonica del Carnaro e del Canal d'Arsa. *Not. Ist. Biolog. Rovigno*, 2 (23).
 - , 1943: Le zoocenosi dell'Alto Adriatico presso Rovigno e le loro variazioni nello spazio e nel tempo. *Thalassia*, 5 (6).
 - , 1946: Le zoocenosi bentoniche dell'Adriatico. *Boll. Pesca, Pisc. Idrobiol.*, 1 (2), 131-139.
 - , 1949: La fauna bentonica dell'Alto e Medio Adriatico. *Nova Thalassia*, 1 (3).
- USHAKOV, P. V., 1965: POLYCHAETA of the Far Eastern Seas of the U.S.S.R. *Zool. Inst. of the Academy of Science of the U.S.S.R.*, 56.

Dr. GIULIANO OREL, Dr. BARBARA MENNEA, Istituto di Zoologia dell'Università, Trieste, Italia.

Il metodo della tassonomia numerica applicato alla classificazione dei batteri pelagici del mar Ligure *

di

CORRADO PERONI

(Dal Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare,
C.N.E.N. - EURATOM, 19030 Fiascherino, La Spezia, Italia)

6 Figure

Summary. A method of numerical taxonomy applied to the study of the culturable pelagic bacteria of the Ligurian Sea is presented.

Twelve main metabolic types of bacteria, each of these with a set of typical characters, have been selected by this method.

On the basis of these results a preliminary classification key has been set up. The constancy of the characters has been tested and a new key has been set up according to the observed modifications.

Some applications of the key in the identification of unknown strains isolated from the marine environment are suggested.

At last an immunofluorescence technique to simplify the identification method is described.

Riassunto. Viene presentato un metodo di tassonomia numerica applicato allo studio dei batteri pelagici coltivabili del Mar Ligure.

Con questo metodo sono stati individuati 12 principali tipi metabolici di batteri, aventi ciascuno una serie di caratteri peculiari.

Sulla base di questi risultati è stata costruita una chiave preliminare di classificazione. Si è proceduto poi alla verifica della costanza dei caratteri e sulla base delle modificazioni osservate è stata costruita una nuova chiave.

Vengono suggerite alcune applicazioni della chiave per l'identificazione di ceppi sconosciuti isolati dall'ambiente marino.

Infine viene descritta una tecnica di immunofluorescenza che semplifica la procedura di identificazione.

INTRODUZIONE

Il ruolo che i batteri giocano nel mare e nella sua radiocontaminazione è imperfettamente conosciuto. Ciò dipende dal fatto che non si hanno ancora informazioni attendibili né sul numero dei batteri metabolizzanti nell'ambiente marino, né sulle loro capacità metaboliche. Utili indicazioni riguardo al secondo punto si possono ottenere dall'analisi dei principali tipi metabolici dei batteri

* Lavoro svolto nell'ambito del Contratto di Associazione C.N.E.N. - EURATOM.

coltivabili in laboratorio. Un metodo di studio che al riguardo ha preso campo in questi anni anche nella microbiologia marina è quello della tassonomia numerica (LISTON, 1960; COLWELL e LISTON, 1961; FLOODGATE e HAYES, 1963; PFISTER e BURKHOLDER, 1965; MELCHIORRI-SANTOLINI, 1968). Essa viene definita da SOKAL e SNEATH (1963) come « la misura numerica dell'affinità o della similarità tra unità tassonomiche e l'ordinamento di queste unità in classi sulla base delle loro affinità ». Ciò è ottenuto analizzando le risposte date dalle unità da classificare ad un'ampia serie di tests, a nessuno dei quali si attribuisce a priori un peso tassonomico più grande (SOKAL e SNEATH, 1963). Una classificazione di questo genere, applicata a ceppi batterici isolati a random da campioni di acqua di mare, può darci un quadro attendibile dei tipi metabolici dominanti nella flora batterica della zona di campionamento. Lo studio delle loro capacità metaboliche in ricerche di laboratorio può darci utili informazioni per risalire al loro comportamento ecologico e per capire la funzione che i batteri svolgono nell'ambiente marino, particolarmente nell'accumulo e nella mineralizzazione delle sostanze radioattive.

La classificazione ottenuta permette inoltre di costruire una chiave di identificazione, per mezzo della quale è possibile analizzare su larga scala popolazioni microbiche sconosciute, individuandone le forme in base al gruppo metabolico di appartenenza.

MATERIALI E METODI

I batteri furono isolati da campioni prelevati al largo delle « Cinque Terre » da Melchiorri-santolini¹ (BERNHARD et al., 1963) e furono da lui sottoposti ad una serie di 49 tests (MELCHIORRI-SANTOLINI, 1968), che prendevano in esame talune loro caratteristiche morfologiche, nutrizionali, biochimiche, il loro tipo di crescita e la loro sensibilità agli antibiotici (Tab. 1).

I risultati furono elaborati da un computer (IBM 19-70) su un programma scritto da F. JAMES ROHLF (University of Kansas).

Il computer confronta le risposte di ciascun ceppo batterico con quelle di tutti gli altri ceppi e stampa i risultati in una matrice di similarità (« similarity matrix »). Se i dati introdotti nel computer anziché essere dati binari sono dati continui, come nel nostro caso, viene stampata la matrice di correlazione (« correlation matrix»), analoga alla matrice di similarità. Dopo aver calcolato la matrice di similarità o di correlazione, il computer allinea gli organismi in gruppi detti clusters in base al grado di similarità o di correlazione.

Il risultato viene stampato dal computer in un « fenogramma », che è un diagramma a forma di albero (Fig. 1) dove sono rappresentate le interrelazioni tra i vari ceppi ed i vari gruppi.

¹ Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare, C.N.E.N. - EURATOM, Fiascherino, luglio 1959 - ottobre 1964.

TAB. 1. Serie dei tests cui sono stati sottoposti i ceppi batterici.

1^a Serie di tests

CARATTERI MORFOLOGICI	
<i>Numero progressivo</i>	
1 forma	10 produzione di indolo
2 lunghezza	11 produzione di ammoniacca
3 diametro	12 produzione di nitriti
4 motilità	13 produzione di acido solfidrico
5-6 colore	14 liquefazione della gelatina
7 gram	15 produzione di acidi dal glucosio
	16 produzione di acidi dagli zuccheri
CARATTERI BIOCHIMICI	
8 produzione di spore	
9 crescita su terreno con H ₂ O d.	CARATTERI CULTURALI
	17 crescita su terreno C ₂ B ₂

2^a Serie di tests

CARATTERI BIOCHIMICI	
18 produzione di acidi dal galattosio	33 torbidità
19 produzione di acidi dal fruttosio	34 sedimento
20 produzione di acidi dal maltosio	35 pellicola
21 produzione di acidi dal lattosio	36 valutazione generale della crescita
22 produzione di acidi dal glicerolo	
23 produzione di acidi dal mannitolo	SENSIBILITÀ AGLI ANTIBIOTICI
	37 penicillina
CARATTERI CULTURALI	
24 crescita su terreno C ₄ D ₄	38 ismicetina
25 crescita su terreno D ₂	39 vulcamicina
26 crescita su terreno C ₄ B ₄	40 ambramicina
27 crescita su terreno SS	41 colimicina
	42 streptomicina
	43 neomicina
CARATTERI BIOCHIMICI	
28 emolisi	44 eritromicina
29 idrolisi dell'amido	45 sulfametossipiridazina (sulfamidico)
30 presenza di ossidasi	46 aureomicina
31 presenza di catalasi	47 terramicina
32 crescita in anaerobiosi	48 bacitracina
	49 crescita in presenza di antibiotici

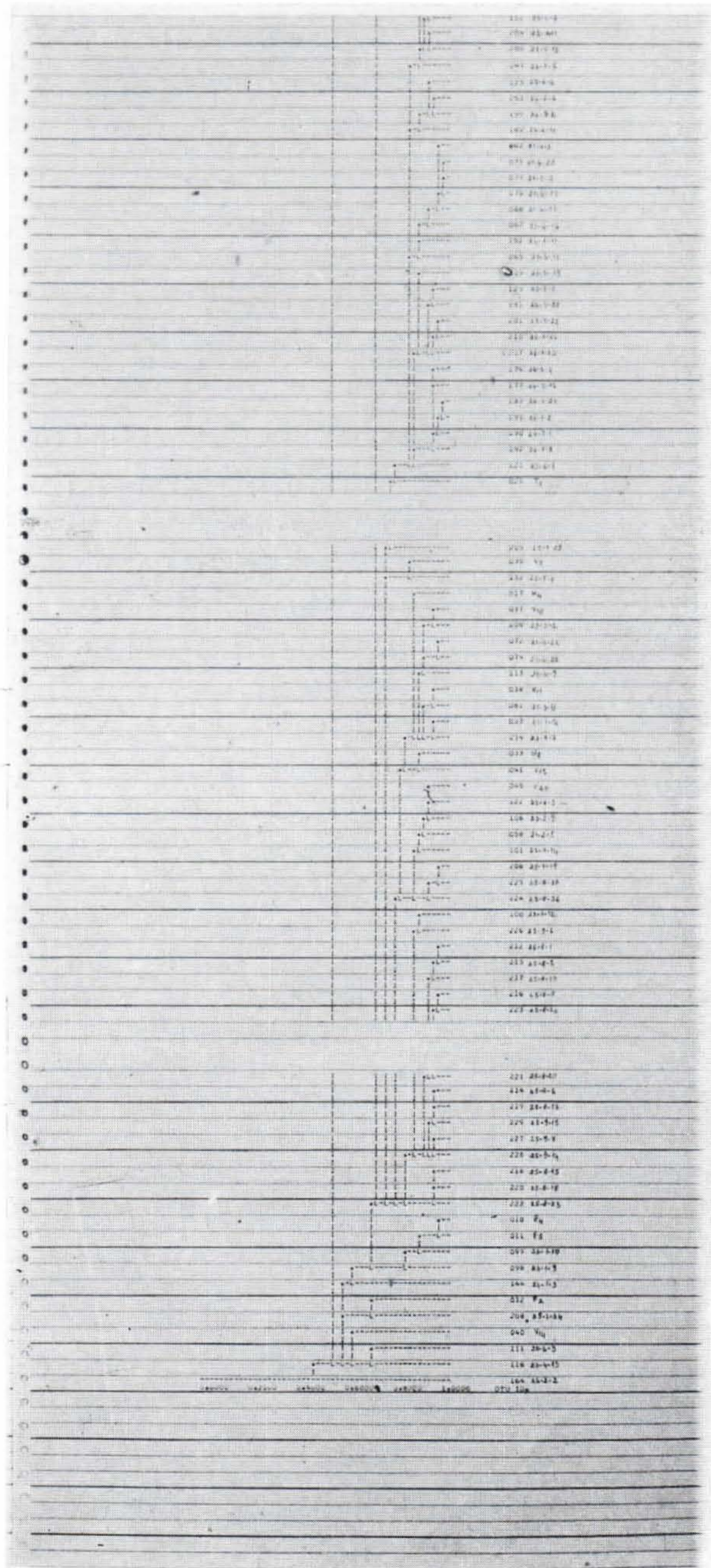


FIG. 1. Rappresentazione parziale del fenogramma stampato dal computer. (Programma scritto da F. JAMES ROHLF, Kansas University, USA).

RISULTATI

Il fenogramma mostra in ascissa il grado di correlazione, mentre in ordinata ogni linea terminale individua un ceppo.

Se si traccia una retta perpendicolare all'asse del grado di correlazione, vengono tagliate alcune righe orizzontali che rappresentano gli steli dei clusters.

Se il grado di correlazione scelto è basso, verrà individuato un solo cluster raggruppante tutti i ceppi; mano a mano che il grado di correlazione aumenta, verranno individuati clusters in numero sempre maggiore finché ad un certo livello ogni ceppo rappresenterà un cluster. Nella scelta del grado di correlazione ottimale per una suddivisione dei ceppi in clusters, occorre soddisfare la condizione di clusters tra loro il più possibile dissimili, ma comprendenti ceppi ad elevato livello di similarità. Nel nostro caso abbiamo verificato empiricamente che tale condizione si realizza meglio in corrispondenza del valore 0,75 del grado di correlazione (MÖLLER e PERONI, 1968).

A questo livello vengono individuati 22 clusters; se non consideriamo i gruppi comprendenti soltanto uno o due ceppi, il numero dei clusters è ridotto a 12, che, arrangiati in un comune albero sistematico, sono mostrati nella Fig. 2.

Individuati i clusters, è determinata per ciascuno di essi quella serie di caratteri che sono tipici dei ceppi di quel cluster.

Se stabiliamo che tutti i ceppi del cluster debbono possedere il carattere in esame, noi otterremo gruppi monotetici. Ciò può essere utile quando si ha a che fare con un numero piccolo di ceppi e di tests ed uno solo o pochissimi caratteri sono sufficienti ad individuare il gruppo. Se, invece, stabiliamo che i ceppi del gruppo non debbano necessariamente possedere tutti i caratteri in esame per appartenere al gruppo, avremo gruppi politetici. Tale criterio è generalmente seguito, come nel nostro caso, quando si ha un numero elevato di ceppi e di tests e quindi più caratteri sono necessari per descrivere i gruppi. Ne consegue che i ceppi appartenenti ad un gruppo possiederanno in genere la maggioranza dei caratteri peculiari del gruppo, ma non necessariamente tutti (SOKAL, 1967).

Le sequenze tipiche, nel nostro caso, danno origine a gruppi politetici. Ad es., se consideriamo il cluster 12, si osserva (Fig. 3) che alcuni caratteri sono comuni a tutti i ceppi del cluster (crescita su terreno C_2B_2 , crescita su terreno D_2 , mancanza di motilità, mancata produzione di indolo), mentre alcuni caratteri sono esibiti solo dalla maggioranza dei ceppi (forma sferica, produzione di pigmento, $gram^+$, crescita in terreno con acqua distillata, crescita in terreno C_4D_4 , mancanza di ossidasi, ecc.). Determinati i gruppi e stabiliti i caratteri tipici che li descrivono, si può passare al successivo problema della identificazione, cioè quello di assegnare un ceppo sconosciuto ad uno dei gruppi.

Dalla tavola delle sequenze tipiche sono stati scelti quei caratteri che pote-

vano distinguere un cluster dagli altri e su questa base è stata costruita una chiave di identificazione (Fig. 4).

Poiché la classificazione in gruppi era politetica, cioè basata su più caratteri non necessariamente condivisi da tutti i ceppi del gruppo, la chiave di

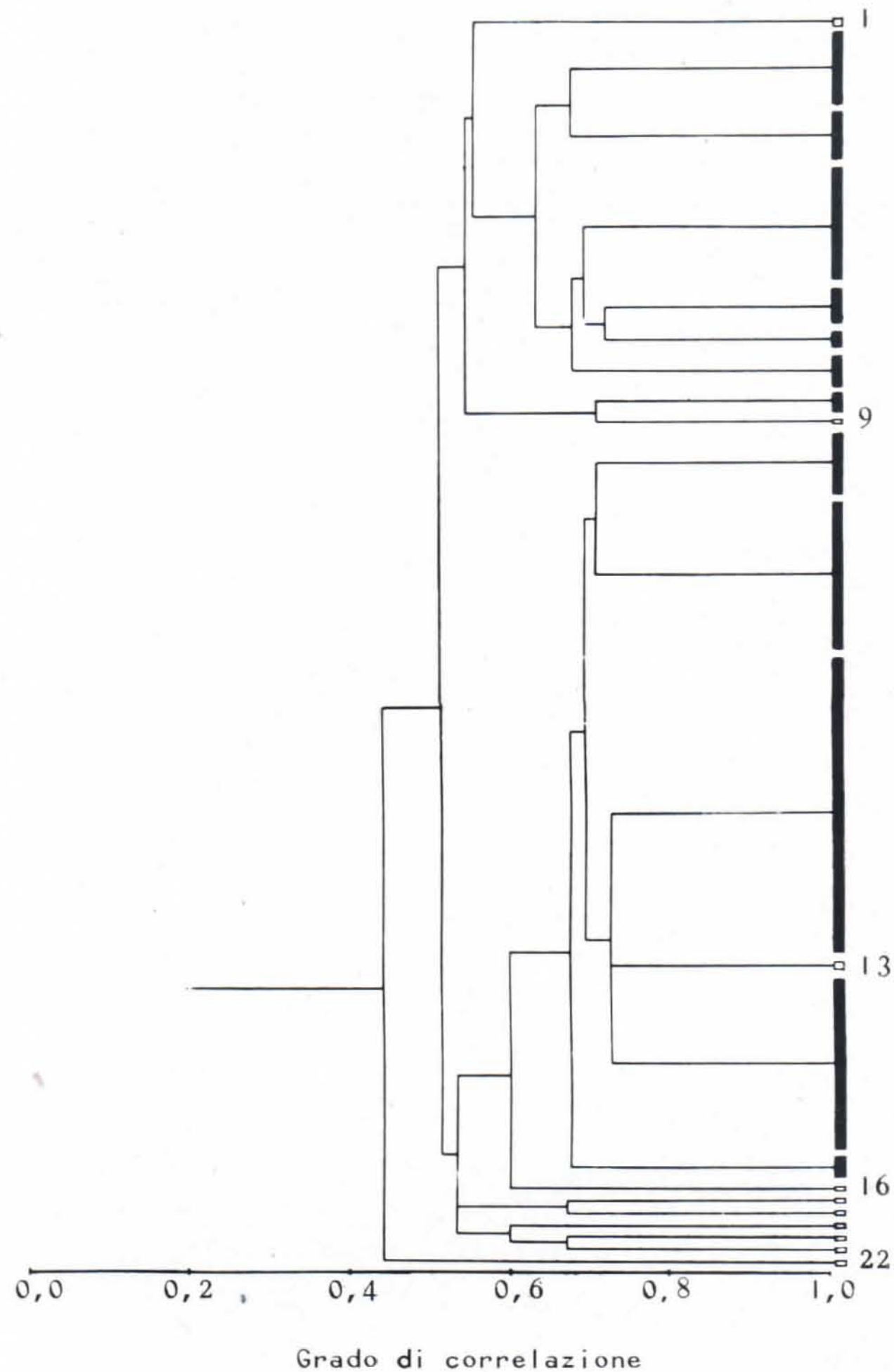


FIG. 2. Albero sistematico derivato dal fenogramma mostrante il grado di correlazione tra i vari clusters. La lunghezza dei rettangoli è proporzionale al numero di ceppi contenuti nel cluster. (MÖLLER e PERONI, 1968).

identificazione sarà probabilistica, cioè permetterà di assegnare un ceppo sconosciuto al suo effettivo gruppo con buona probabilità.

Per ridurre al minimo le probabilità che un ceppo sia assegnato erroneamente ad un certo cluster, nella chiave ogni gruppo è identificato in genere da più tests o da diverse combinazioni di tests.

È ben noto, tuttavia, che i microorganismi possiedono un'ampia gamma di possibilità metaboliche, per cui, posti in ambienti diversi, adeguano il proprio metabolismo alle nuove caratteristiche ambientali, mutando così alcuni

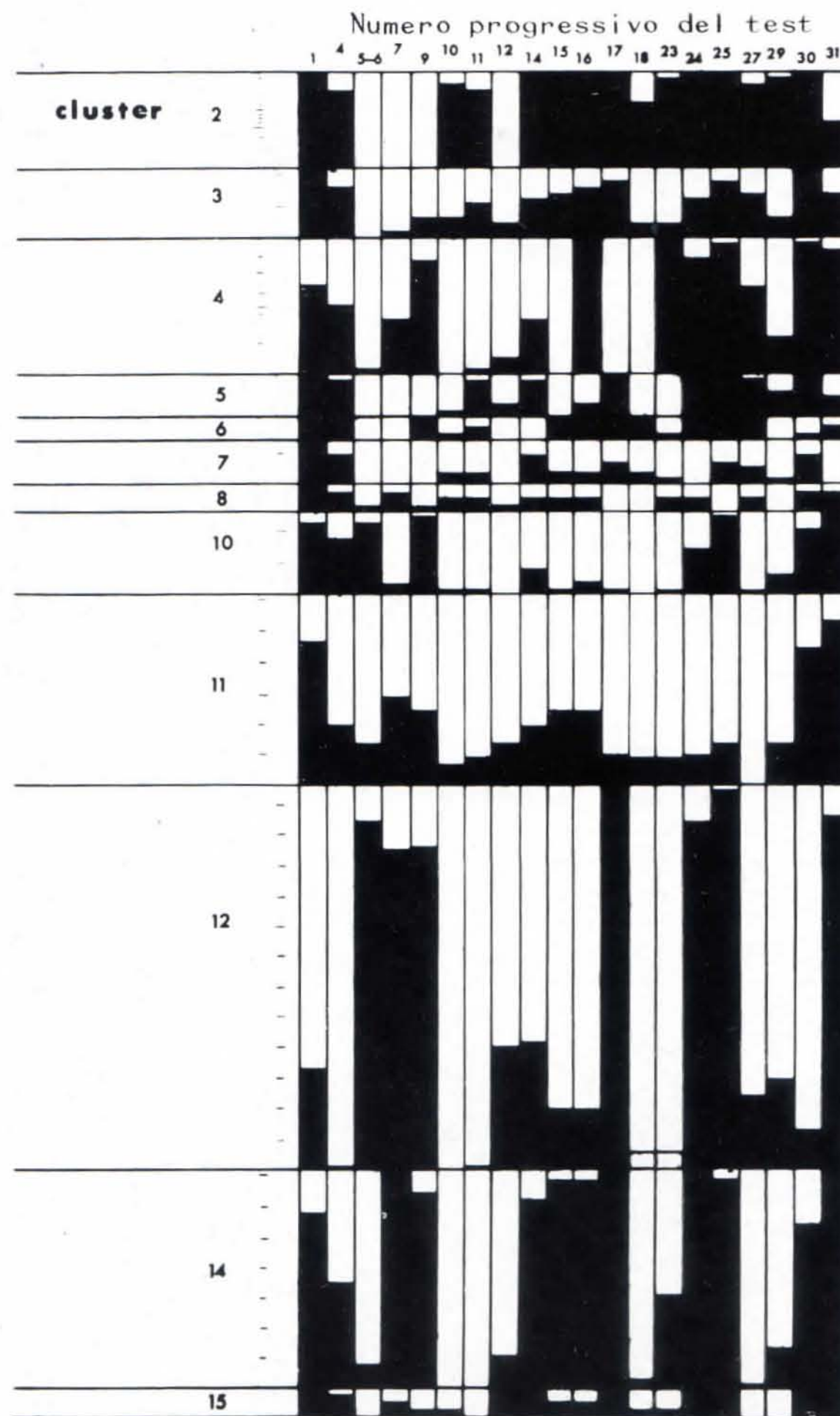


FIG. 3. Sequenze tipiche dei clusters più importanti. La lunghezza dello spazio riservato a ciascun cluster è proporzionale al numero di ceppi appartenenti al cluster. La lunghezza dei rettangoli scuri è proporzionale al numero di ceppi che possiedono il carattere indicato dal numero corrispondente nella Tab. 1, quella dei rettangoli bianchi al numero di ceppi che non lo possiedono. (MÖLLER e PERONI, 1968).

caratteri. Pertanto la chiave perderebbe gran parte della sua validità se i caratteri, sulla base dei quali è costruita, andassero soggetti a mutazione. Abbiamo quindi esaminato l'entità di tale variazione nei ceppi usati per l'effettuazione dei tests originari. Questi ceppi fanno parte da più di sette anni della

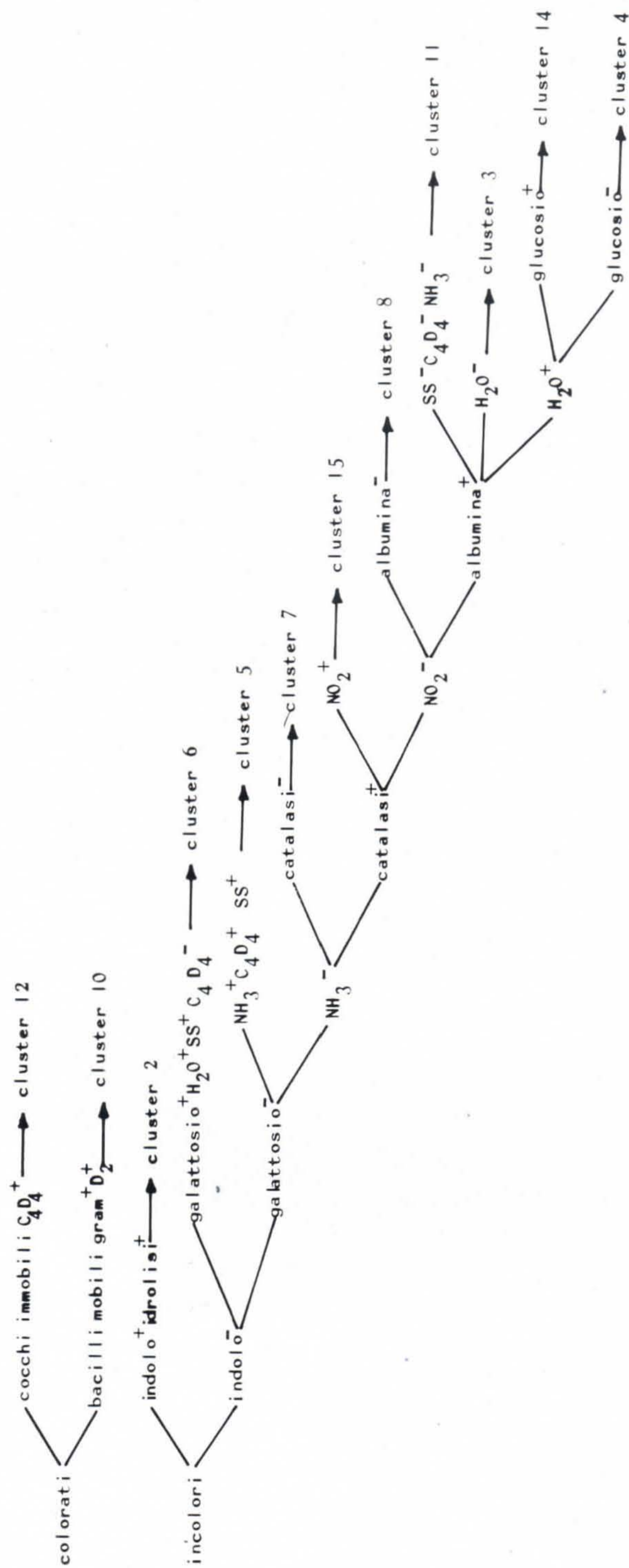


FIG. 4. Chiave per l'identificazione e l'assegnazione di ceppi sconosciuti ai vari clusters. (MÖLLER e PERONI, 1968).

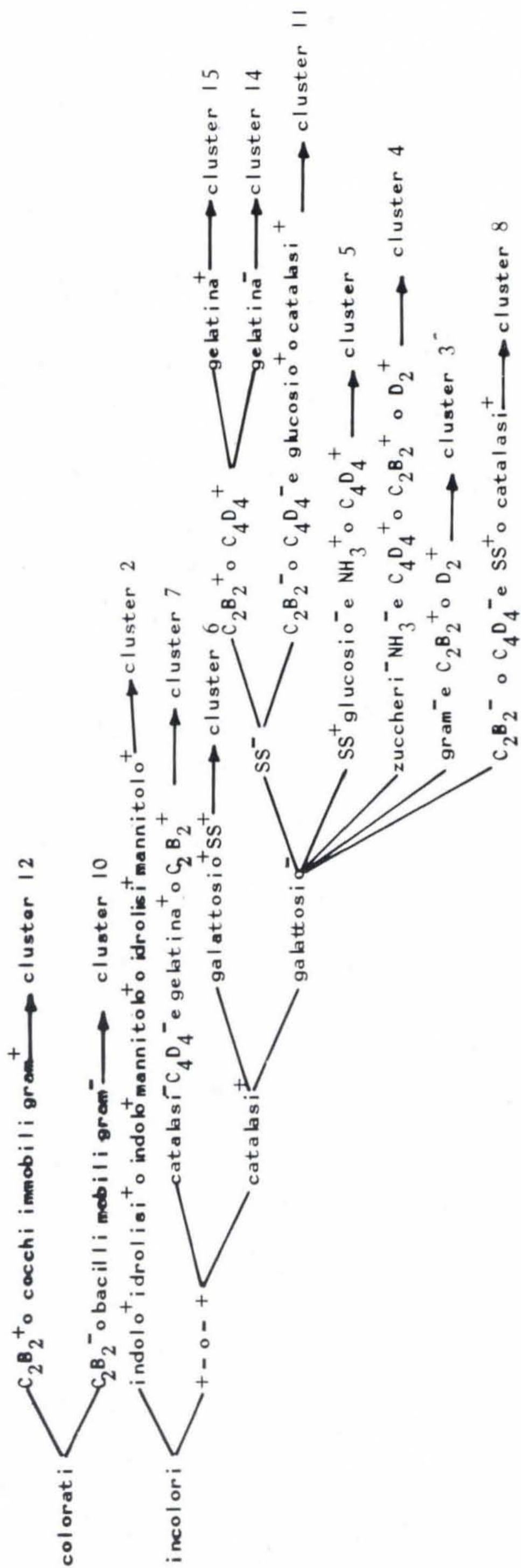


FIG. 5. Chiave per l'identificazione e l'assegnazione di ceppi sconosciuti ai vari clusters tenuto conto della variazione dei caratteri. (MÖLLER e PERONI, 1968).

TAB. 2. Costanza delle risposte ai tests effettuati sui microorganismi nel 1960-62 e nel 1967.

Test	Ceppi esaminati	Ceppi mutati	%
Crescita su terreno con H ₂ O d.	222*	50	23
Produzione di indolo	222	12	5
Produzione di NH ₃	222	26	12
Produzione di NO ₂	222	51	23
Liquefazione della gelatina	222	38	17
Prod. di acidi dal glucosio	222	37	16
Prod. di acidi dal galattosio	222	19	9
Prod. di acidi dal mannitolo	222	33	15
Prod. di acidi dagli zuccheri	222	36	16
Crescita su terreno C ₂ B ₂	222	26	12
Crescita su terreno C ₄ D ₄	222	28	13
Crescita su terreno D ₂	222	25	11
Crescita su terreno SS	222	30	13
Idrolisi dell'amido	222	38	17
Presenza di catalasi	222	16	7

* Sette ceppi sono andati perduti.

nostra collezione di laboratorio e vengono ovviamente tenuti in ambiente artificiale. Essi sono stati di nuovo sottoposti agli stessi tests usati per la costruzione della chiave ed i risultati sono stati confrontati con quelli ottenuti originalmente. Da ciò è emerso che alcune risposte sono variate in sensibile percentuale (Tab. 2) (ad es., il test produzione di nitriti ha dato risposta diversa nel 23 % dei ceppi). Si è reso quindi necessario eliminare quei tests con alta percentuale di mutazione e costruire una nuova chiave che tenesse conto soltanto dei caratteri più stabili (Fig. 5).

Abbiamo anche preso in considerazione l'influenza del numero dei tests riguardo alla validità della classificazione ottenuta. Poiché avevamo a disposizione un fenogramma elaborato sulla base delle risposte a soli 19 tests da parte degli stessi ceppi, abbiamo preso in esame l'importanza del numero dei tests analizzando se la classificazione ottenuta con 49 tests rimaneva costante anche in questo caso. Abbiamo visto che si otteneva, invece, una diversa classificazione. Infatti, i ceppi che nella classificazione con 49 caratteri appartengono al cluster 12, nell'altra sono dispersi in 4 clusters (Fig. 6).

Questo fatto sottolinea l'importanza del numero dei tests nella tassonomia numerica, dove essi debbono essere i più numerosi possibile (MICHENER e SOKAL, 1957).

Stiamo ora cercando di semplificare la tecnica di identificazione attraverso

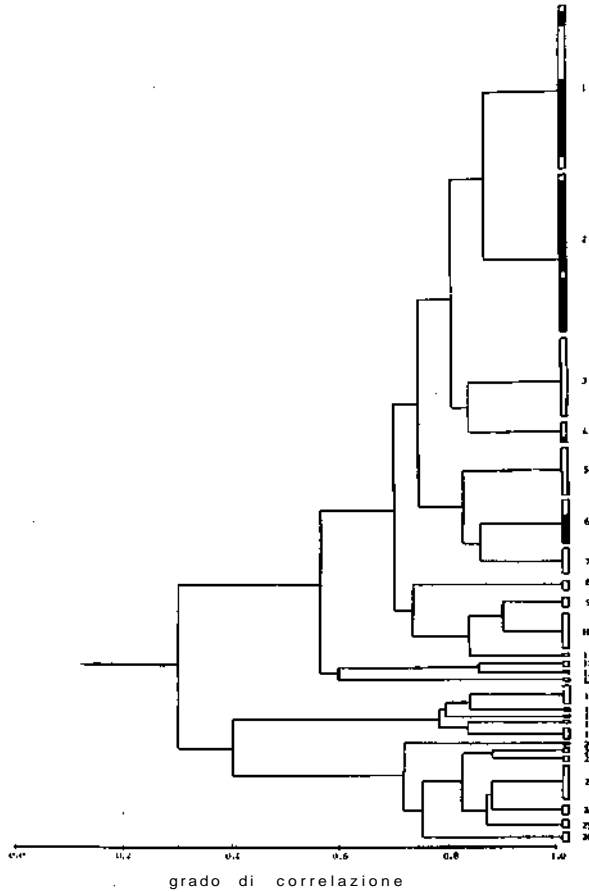


FIG. 6. Dispersione dei ceppi del cluster 12 (rettangoli scuri) nei clusters ottenuti dal fenogramma a 19 caratteri. (MÖLLER e PERONI, 1968).

un metodo immunologico, che ci permetterà anche di verificare per altra via la validità della classificazione ottenuta. È logico, infatti, supporre che ceppi simili metabolicamente abbiano pure una struttura antigenica simile. Sono stati inoculati dei conigli con il ceppo tipo di un cluster, ottenendone l'antisiero relativo².

² Ringraziamo il Prof. M. SALETTI ed il Dr. G. RIPARBELLI dell'Istituto « SCLAVO » di Siena per la collaborazione nella preparazione dell' antisiero coniugato e per la loro consulenza.

Con questo antisiero si stanno esaminando, tramite una reazione antigene-anticorpo, i ceppi del cluster e quelli di altri clusters. Se la divisione in clusters ottenuta rispecchia effettivamente affinità reali tra i ceppi appartenenti allo stesso cluster, dovremmo osservare reazione positiva solo per i ceppi del cluster di appartenenza e non per gli altri.

Abbiamo messo a punto per questo scopo una tecnica di immunofluorescenza che permette di visualizzare al microscopio se la reazione è avvenuta o

TAB. 3. *Reazione di ceppi batterici appartenenti a diversi clusters con l'antisiero preparato con il ceppo 21-6-9 del cluster 2.*

Ceppo	Cluster di appartenenza	Diluizioni antisiero			Blank
		1/1	1/2	1/5	
21-6-9	2	+++	+++	+++	-
21-6-8	2	+++	+++	+++	-
21-3-5	2	+	-	-	-
21-1-3	2	+++	+++	+++	-
21-7-2	4	+	+	-	-
21-7-22	4	-	-	-	-
V-16	11	-	-	-	-
21-1-10	12	-	-	-	-
<i>E. coli</i>		-	-	-	-

+++ reazione fortemente positiva
 + reazione debolmente positiva
 - reazione negativa

meno. Infatti, i batteri che hanno reagito con l'anticorpo, precedentemente coniugato con isotiocianato di fluoresceina, danno al microscopio a raggi ultravioletti una fluorescenza verde; i batteri che non hanno reagito ed i blanks non esibiscono, invece, fluorescenza alcuna.

I risultati preliminari ottenuti finora con questa tecnica (Tab. 3) sono incoraggianti e permettono di sperare di sostituire la reazione immunologica ai numerosi tests fisiomorfologici, altrimenti necessari per l'identificazione.

CONCLUSIONI

Il metodo della tassonomia numerica adoperato in questo lavoro permette di ottenere una classificazione in «gruppi naturali» dei ceppi batterici isolati dall'ambiente marino con maggior precisione e obiettività e miglior valutazione dei dati che non la tassonomia tradizionale, la quale lascia un margine notevolmente più ampio alla soggettività del tassonomista (FLAKE e TURNER, 1968).

La costruzione di una chiave di classificazione permette inoltre di assegnare ceppi sconosciuti al cluster metabolico di appartenenza con buona probabilità. Tuttavia i tests da effettuare a questo scopo richiederebbero tempo e materiale considerevoli. Abbiamo perciò introdotto la tecnica di immunofluorescenza. Questa è entrata in largo uso nella pratica immunologica permettendo, tra l'altro, conoscenze approfondite sulla localizzazione e la dinamica della reazione antigene-anticorpo e soppiantando certi metodi comuni di indagine medica.

Per la sua estrema sensibilità e precisione è stata scelta anche per i nostri scopi. Essa, infatti, consentirà di sveltire la procedura di identificazione in quanto una semplice reazione immunologica tra il ceppo sconosciuto e gli antisieri tipici dei vari clusters permetterà la sua assegnazione ad un certo tipo metabolico.

Con la tecnica di immunofluorescenza si potrà anche indagare se esiste affinità metabolica tra batteri coltivabili sui comuni terreni di laboratorio e quelli non coltivabili, sottoponendo a reazione campioni di SW naturale e confrontando il numero di cellule che hanno reagito con quello ottenuto dalle conte su piastra.

BIBLIOGRAFIA

- BERNHARD, M., V. BOFFI, A. LUCARELLI, L. RAMPI, U. MELCHIORRI-SANTOLINI E A. BENEDETTI, 1963: Rapporto sull'attività scientifica e tecnica del laboratorio per lo studio della contaminazione radioattiva del mare. RT/BIO 8.
- COLWELL, R. R. and J. LISTON, 1961: Taxonomic analysis with the electronic computer of some *Xanthomonas* and *Pseudomonas* species. J. Bacteriol. 82, 913-919.
- FLAKE, R. H. and B. L. TURNER, 1968: Numerical classification for taxonomic problems. J. Theoret. Biol. 20, 260-270.
- FLOODGATE, G. D. and P. R. HAYES, 1963: The adansonian taxonomy of some yellow pigmented marine bacteria. J. gen. Microbiol. 30, 237-244.
- LISTON, J., 1960: Some results of a computer analysis of strains of *Pseudomonas* and *Achromobacter* and other organisms. J. Appl. Bact. 23 (3), 391-394.
- MELCHIORRI-SANTOLINI, U., 1968: Numerical taxonomy of pelagic bacteria from the Ligurian Sea. Ann. Microbiol. Enzimol. XVIII, 67-83.
- MICHENER, C. D. and R. R. SOKAL, 1957: A quantitative approach to a problem in classification. Evolution 11, 130-162.
- MOLLER, F. and C. PERONI, 1968: A classification of marine microorganisms by numerical taxonomy. Qual. Quant., 2, 162-175.
- PFISTER, R. M. and P. R. BURKHOLDER, 1965: Numerical taxonomy of some bacteria isolated from Antarctic and tropical seawaters. J. Bacteriol. 90 (4), 863-872.
- SOKAL, R. R. and P. H. A. SNEATH, 1963: Principles of numerical taxonomy. Freeman W. H. and Co., S. Francisco and London.
- SOKAL, R. R., 1966: Numerical taxonomy. Scientific American 215 (6), 106-116.

Dr. C. PERONI, Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare. C.N.E.N.-EURATOM - 19040 Fiascherino (La Spezia), Italia.

Determinazione dei nutrienti mediante autoanalyzer *

di

A. PIRO e G. ROSSI

(Dal Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare,
C.N.E.N. - EURATOM, 19030 Fiascherino, La Spezia)

7 Figure

Summary. Nutrients concentration in sea water is one of the most important environmental factors affecting the growth of marine organisms. In order to avoid any possible contamination or natural change in the samples, the « in situ » analysis seems to be the better way to determine these parameters. Some automatic methods for nitrite, nitrate, inorganic and total phosphate analysis suitable to be used in submarine sets are reported.

Riassunto. Fra i fattori ambientali che influenzano la crescita degli organismi marini, uno dei più importanti è la concentrazione dei sali nutritivi. La loro analisi quantitativa è pertanto una impellente necessità ed il mezzo per evitare ogni possibile contaminazione o degenerazione dei campioni di acqua prelevati è quella di effettuare analisi « in situ » con apparecchiature automatiche subacquee.

Metodi automatici per l'analisi quantitativa di nitrati, nitriti, fosfati reattivi e totali, applicabili a sistemi subacqueei sono descritti nel testo.

È noto che l'accumulo di un radioisotopo da parte degli organismi marini è in stretta relazione con i fattori ambientali che determinano la crescita degli organismi stessi. Di conseguenza è necessario avere informazioni sicure sulla distribuzione dei sali nutritivi nell'acqua di mare.

A tutt'oggi, nella maggior parte dei casi, i campioni di acqua marina, prelevati sul posto a bordo di navi appositamente attrezzate, vengono poi analizzati in laboratorio in un tempo successivo variabile da qualche giorno a qualche mese. Ciò comporta una infinita possibilità di mutamenti nel campione originario, che, nonostante le cautele avute, può non essere più rappresentativo delle condizioni ambientali ove è stato raccolto.

Val la pena di ricordare come l'adsorbimento sulle pareti del contenitore, l'influenza di microorganismi presenti, le variazioni nel contenuto dei gas disciolti e la variazione del pH siano alcune tra le più comuni vie di degenerazione del campione. Oltre a ciò esiste lo svantaggio che i risultati delle analisi sono disponibili solo dopo un tempo così lungo dal momento del prelievo da rendere impossibile l'utilizzazione dei dati stessi per programmare ulteriori campionamenti nella zona interessata.

* Lavoro svolto nell'ambito del Contratto di Associazione C.N.E.N. - EURATOM.

È opportuno, quindi, che l'analisi chimica venga effettuata immediatamente dopo il prelievo, o meglio ancora « in situ » impiegando apparati subacquei. Tuttavia le comuni tecniche di laboratorio mal si prestano al loro impiego su di un battello oceanografico in quanto esse sono solitamente lunghe e laboriose ed è addirittura impossibile usarle quando le condizioni del mare, come spesso accade, sono sfavorevoli. In quest'ultimo caso, poi, l'errore umano dovuto all'operatore aumenta notevolmente a causa del maggiore sforzo fisico necessario per lavorare su di un battello che rolla e beccheggia.

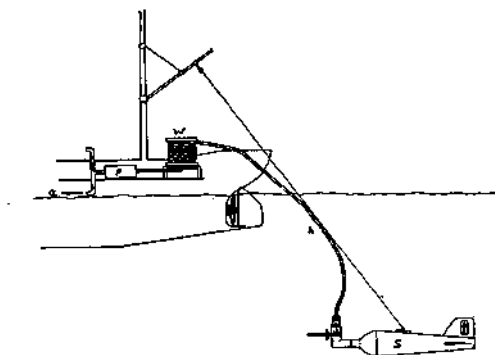


FIG. 1. *Campionatore subacqueo per prelievo continuo* (da BERNHARD e MACCHI, 1965).

In base a tutte queste considerazioni, il laboratorio di Fiascherino, durante questi ultimi anni, si è dedicato all'adattamento dell'Autoanalyzer Technicon all'analisi chimica automatica dei nitriti, nitrati, fosfati reattivi e totali presenti in acqua di mare.

Queste tecniche automatiche presentano infatti numerosi vantaggi, tra i quali i più notevoli sono:

- a) riduzione del tempo intercorrente tra prelievo e analisi da giorni a qualche minuto;
- b) ottenimento dei risultati delle determinazioni in breve tempo, da 3 a 60 minuti circa a seconda del tipo di analisi;
- c) possibilità di registrare con continuità uno o più parametri lungo linee o profili orizzontali e verticali.

Per quest'ultimo scopo è stato messo a punto un particolare apparecchio per campionare l'acqua marina. Esso consiste in un tubo « h » avvolto su un verricello la cui estremità immersa è connessa, mediante un regolatore di pressione, ad una bombola di aria compressa « S », mentre l'estremità sul battello è connessa ad una pompa peristaltica « P ». Dal punto « a » il campione viene immesso nell'apparato automatico di analisi. Lo scopo della bom-

bola di aria compressa è di segmentare il campione mediante bolle d'aria, in tante piccole frazioni, per evitare che esso si diluisca con il successivo.

Se invece di campionare in modo continuo si preleva l'acqua di mare con bottiglie Van Dorn, il campione viene immesso in piccoli contenitori di polietilene muniti di tappo in moplex e questi vengono introdotti in un campionatore. Quest'ultimo provvede poi automaticamente a stapparli, aspirare una quantità prefissata di liquido e richiuderli riducendo al minimo la manipolazione e, quindi, la possibilità di contaminazione del campione. Il liquido aspirato viene a sua volta mescolato con i reattivi mediante una pompa dosatrice peristaltica ed il prodotto risultante inviato al colorimetro a flusso continuo per la registrazione della densità ottica.

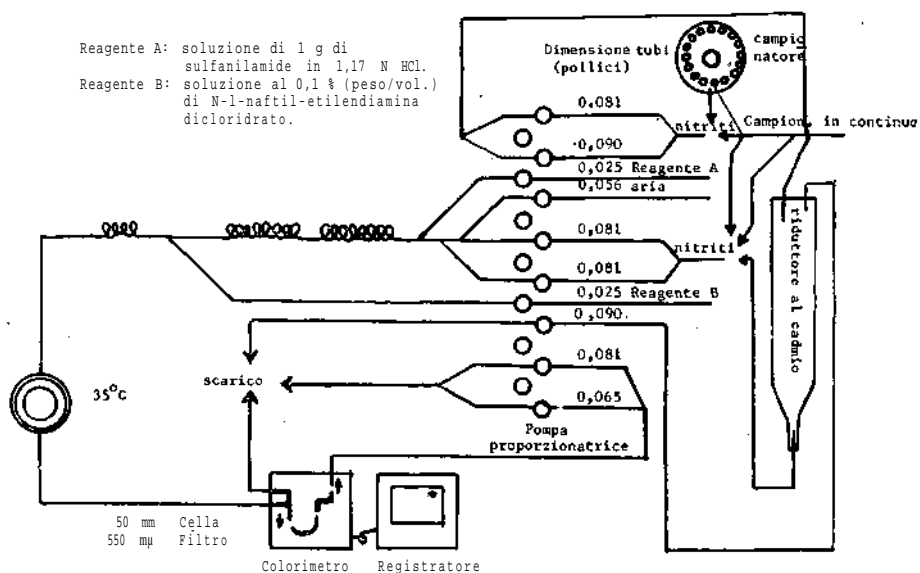


FIG. 2. « Flow diagram » per la determinazione automatica dei nitrati e nitriti in NSW (da BERNHARD e MACCHI, 1965).

La Fig. 2 mostra il flow diagram relativo al metodo di analisi dei nitrati e nitriti (BERNHARD e MACCHI, 1965), derivato da un adattamento dei metodi di MORRIS e RILEY (1963). I reattivi impiegati sono la sulfanilammide (1 g in 100 ml di HCl 1,17 N) ed il cloridrato di N-1-naftiletildiammina (soluzione allo 0,1 %). La reazione colorimetrica, specifica per i nitriti, viene rivelata dal colorimetro alla lunghezza d'onda di 550 m μ . I nitrati devono essere preventivamente convertiti a nitriti e ciò avviene mediante passaggio su una colonna di riduzione riempita di amalgama di cadmio. Quest'ultimo è formato da 100 g di polvere di cadmio, setacciata attraverso un retino da 500 μ e sbattuta con 100 ml di una soluzione all'1 % di cloruro mercurico.

Nel caso di un campionamento discontinuo la determinazione dei campioni appare sotto forma di picchi intervallati tra loro, proporzionali alla concentrazione dei NO_2^- e NO_3^- come si vede in Fig. 3 e la valutazione della con-

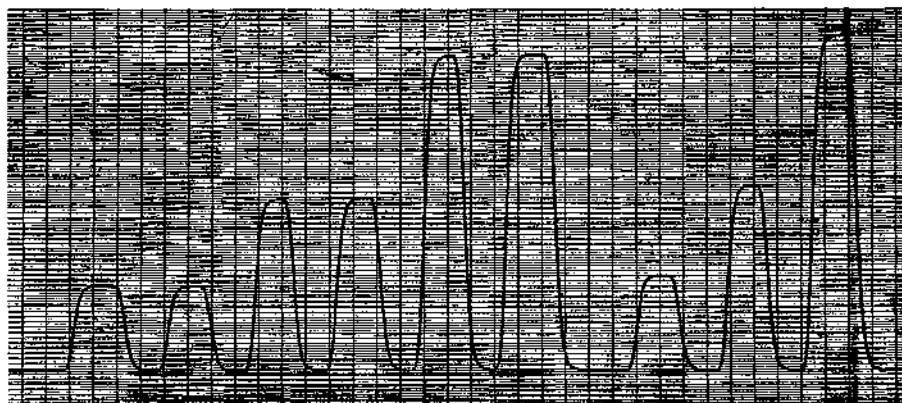


FIG. 3. Tipica registrazione di campioni alternati con i blanks.

centrazione viene fatta per riferimento ad una curva di taratura ottenuta con concentrazioni note di nitriti e nitrati.

Nel caso di campionamento continuo con l'impiego dell'apparecchio descritto precedentemente, si ottiene una registrazione continua, del tipo visibile

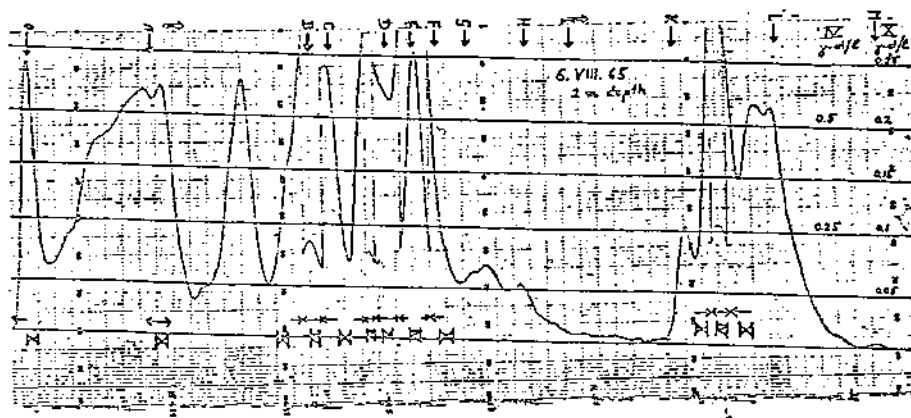


FIG. 4. Tipica registrazione di NO_3^- in NSW effettuata in continuo mediante l'uso del campionatore di Fig. 1 (da BERNHARD e MACCHI, 1965).

in Fig. 4. La registrazione si riferisce all'analisi di un tratto di mare sotto costa compreso tra Lerici e Fiascherino, appena fuori dal golfo di La Spezia. Le lettere indicano punti di riferimento geografici, i numeri romani la sensi-

bilità del registratore mentre le linee orizzontali sovrapposte al grafico servono per la calibrazione in $\mu\text{g at. N/l}$.

Passando ad esaminare l'analisi automatica dei fosfati occorre anzitutto distinguere tra fosfati reattivi e fosfati totali, comprendenti cioè anche il fosforo legato a molecole organiche. La Fig. 5 mostra lo schema del metodo per

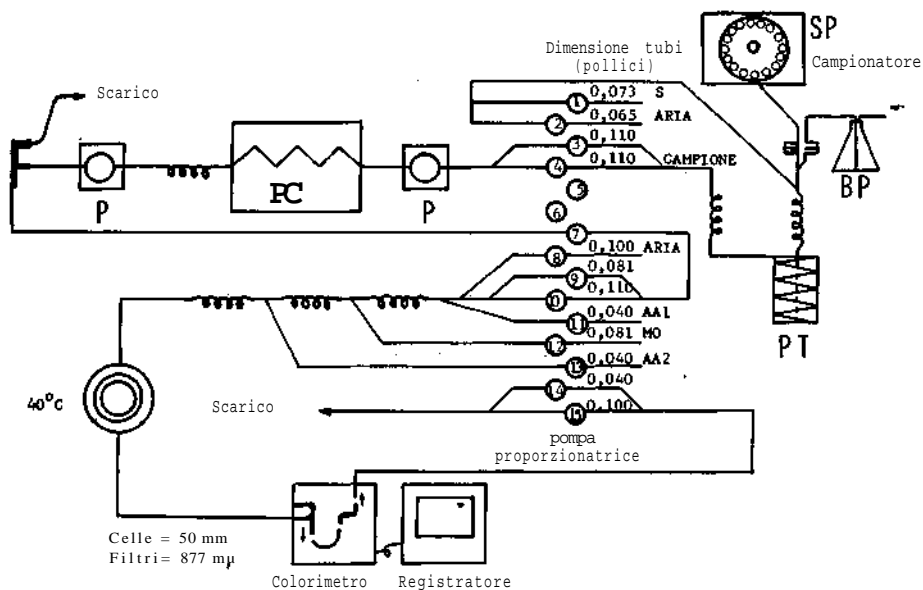


FIG. 5. « Flow diagram » per la determinazione automatica del fosfato totale in NSW e colture di alghe (da M. BERNHARD, E. TORTI e G. Rossi, 1967).

il fosfato totale, applicabile anche all'analisi del fosforo presente in alghe in sospensione acquosa (BERNHARD, TORTI e Rossi, 1967). I reattivi impiegati sono:

- S) Soluzione di $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ al 5 %
- AA) Soluzione di acido ascorbico (1,76 % peso/volume)
- AA₂) Soluzione di acido ascorbico (5 % peso/volume)
- Mo) 125 ml di 2,5 N H_2SO_4 + 37,5 ml di $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{27} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ al 40 % peso/volume + 12,5 ml di $\text{KOOC}(\text{CHOH})_2\text{COOSbO} \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ allo 0,27 % il tutto portato a 350 ml con acqua distillata.

I campioni presi dal cambia-campioni (SP) sono pompati dentro la serpentina di predigestione (PT) (tempo di ritardo 8 min. a 90°C e 0,2 atm). Da qui passano attraverso la valvola di deviazione (V) che connette la serpentina di predigestione con un recipiente contenente il blank (BP). La valvola a due vie

alterna i campioni con i blanks. Uscendo dalla serpentina di predigestione i campioni vengono raffreddati e dopo essere passati attraverso la pompa dosatrice sono spinti attraverso la pompa peristaltica a velocità variabile P_1 (Sigma motor) dentro la serpentina del digestore (PC). Quivi i campioni sono idrolizzati a 125°C e 3,5 atm, restando nella serpentina per circa 35 minuti. All'uscita essi vengono raffreddati e quindi passati attraverso un'altra pompa peristaltica variabile (P_2). Quest'ultima pompa è regolata in maniera che la pressione nel digestore è mantenuta a circa 3,5 atm. Il campione idrolizzato è quindi mescolato con i reattivi per la determinazione del P come PO_4^- . La lettura dell'assorbimento viene effettuata alla lunghezza d'onda di 877 m μ .

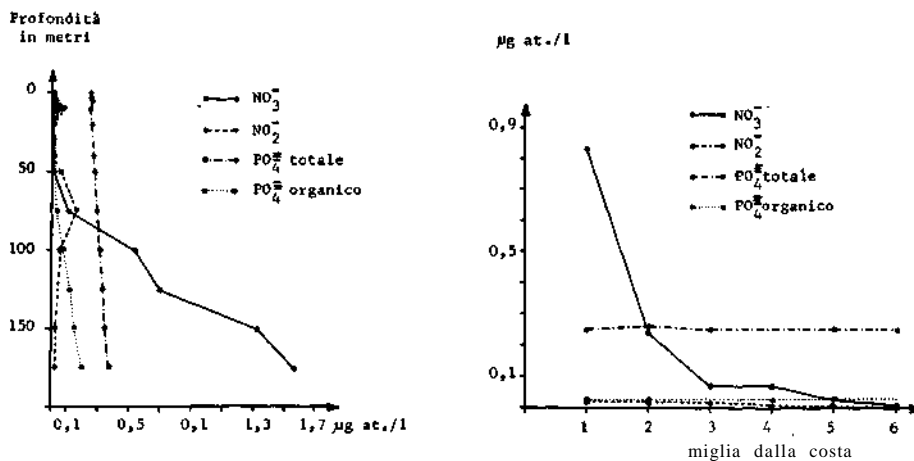


FIG. 6. Distribuzione verticale e orizzontale di nitriti, nitrati, fosfati totali e reattivi nel Mar Ligure nelle vicinanze di La Spezia (crociera effettuata nel maggio 1967).

Il sistema di predigestione è risultato necessario per evitare che le alghe in sospensione si attacchino lungo le pareti dei tubicini, prima di giungere al bagno a pressione.

Lo schema per il fosfato reattivo è analogo a quello ora visto ad eccezione del pretrattamento e del trattamento a pressione non più necessari.

La Fig. 6 mostra infine alcuni profili di distribuzione orizzontale e verticale dei nitriti, nitrati, fosfati reattivi e totali ottenuti con i metodi sopradescritti durante una delle crociere periodicamente effettuate dal laboratorio al largo di La Spezia. Come si può vedere, i nitrati ed i fosfati totali presentano una concentrazione variabile in funzione della profondità mentre le concentrazioni dei nitriti e dei fosfati reattivi non risentono particolarmente né della profondità né della distanza dalla costa.

Per quanto riguarda l'analisi « in situ », il laboratorio di Fiascherino ha messo a punto una unità subacquea per la determinazione dei nitrati e nitriti.

Essa consiste in una semplificazione del sistema Autoanalyzer Technicon, inserito in un contenitore di acciaio, posto a sua volta all'interno di un siluro trainato dal battello (Fig. 7). Entro il contenitore sono poste le parti essenziali all'analisi chimica (la pompa peristaltica, i bagni, la colonna di riduzione, le cellule fotoelettriche, ecc.) mentre un cavo elettrico a più conduttori consente il controllo a distanza e la trasmissione dei dati ad un registratore posto sulla nave.



FIG. 7. Una fase di montaggio del sistema automatico subacqueo di analisi dei nitriti e nitrati (da M. BERNHARD, E. TORTI, M. GHIBAUDO, G. ROSSI e A. BRUSCHI, 1967).

Infine un ulteriore miglioramento delle analisi colorimetriche automatiche può essere portato dalla elaborazione automatica mediante computer dei risultati della registrazione. Ricerche in questo senso sono condotte attualmente presso il laboratorio di Fiascherino per trasformare il segnale fornito dal registratore dell'Autoanalyzer da analogico a digitale ed introdurlo quindi in un calcolatore appositamente programmato.

A questo punto l'automatizzazione dell'intero processo di analisi sarà effettivamente completata consentendo il controllo pressoché immediato dei parametri ricercati, con un enorme risparmio di tempo e con un ridottissimo margine di errore casuale essendo eliminate totalmente o quasi le manipolazioni del campione da parte dell'operatore.

BIBLIOGRAFIA

- BERNHARD M. and G. MACCHI, 1965: Applications and possibilities on automatic chemical analysis (Autoanalyzer) in oceanography. Technicon Symp., New York (1965). In: « Automation in Analytical Chemistry » 225-259. L. T. Skeggs (Ed.); Mediad Inc. New York (1966).
- BERNHARD M., E. TORTI, M. GHIBAUDO, G. ROSSI and A. BRUSCHI, 1967: An underwater apparatus for « in situ » determination with the Autoanalyzer. Technicon Symp., Brighton, 1967; In: « Automation in Analytical Chemistry » 391-394. E. Kawerau (Ed.); Mediad Inc. New York (1968).
- BERNHARD M., E. TORTI and G. Rossi, 1967: Automatic determination of total hydrolyzable P-PO₄ in seawater and algae cultures. Technicon Symp., Brighton, 1967; In: « Automation in Analytical Chemistry » 395-400. E. Kawerau (Ed.); Mediad Inc. New York (1968).
- MORRIS A. W. and J. P. RILEY, 1963: Determinations of nitrates in sea water. Anal. Chim. Acta, 29, 272-279.

Dr. A. PIRO e Dr. G. Rossi, Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare, C.N.E.N. - EURATOM, 19030 Fiascherino (La Spezia), Italia.

L'importanza dello stato fisico-chimico degli elementi
per l'accumulo negli organismi marini.
I. Lo stato chimico-fisico dello zinco
in acqua di mare

di

A. PIRO, M. VERZI e C. PAPUCCI

(Dal Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare,
C.N.E.N. EURATOM, 19030 Fiascherino, La Spezia)

11 Figure

Summary. The zinc in sea water seems to be naturally present in three different physico-chemical forms: ionic, particulated, and probably bounded with organic substances. These fractions quantitatively represent 10-15 %, 35-40 % and 50 % of total zinc respectively. The exchange reactions among them are widely different, the last showing a very slow reaction rate. Ionic radioactive zinc, added to sea water is quickly distributed in the ionic and particulate fraction. On the other hand the bounded fraction does not show any exchange with the radioactive zinc even some months after the mixing.

The zinc physico-chemical states appear constant and are independent on the sampling zone.

Diagrams showing the horizontal and vertical distribution of zinc concentration in the La Spezia area are also reported.

Riassunto. Lo zinco presente in acqua di mare appare suddiviso in tre differenti stati chimico-fisici: ionico, particellato e complessato probabilmente con sostanze organiche. Quantitativamente queste frazioni hanno i seguenti valori: 10-15 % ionico, 35-40 % particellato, 50 % circa chelato.

Le reazioni di scambio tra le varie forme sono più o meno favorite; in particolare la frazione complessata appare estremamente inerte. Aggiungendo zinco ionico radioattivo, all'acqua di mare, esso si distribuisce rapidamente nelle frazioni ionica e particellata, mentre praticamente non se ne trova traccia nella frazione complessata, anche tre mesi dopo il mescolamento.

Gli stati chimico-fisici dello zinco in mare appaiono costanti e indipendenti dalle varie zone di campionamento. Diagrammi sulla distribuzione orizzontale e verticale dello zinco nel Golfo di La Spezia e nel Mar Ligure sono riportati nel testo.

È stato notato da esperimenti di accumulo di radioisotopi in organismi marini, che la ripartizione degli isotopi stabili e radioattivi negli organismi e nel medium di coltura è in stretta relazione con gli stati chimico-fisici degli elementi stessi. Durante questi anni le nostre indagini si sono orientate verso la determinazione degli stati chimico-fisici e della concentrazione dello zinco, elemento presente sia in acqua di mare che nei terreni di coltura impiegati negli esperimenti di accumulo. La scelta di questo elemento è stata dettata

dal fatto che esso è particolarmente significativo dal punto di vista della contaminazione radioattiva dell'ambiente marino.

Il metodo per l'analisi e l'indagine chimico-fisica è la polarografia oscilloscopica di stripping anodico, integrata dalla radiopotenziostatimetria per quanto riguarda lo zinco radioattivo.

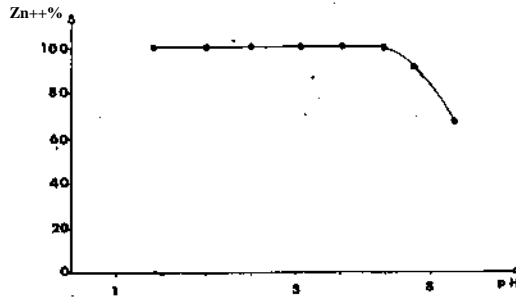
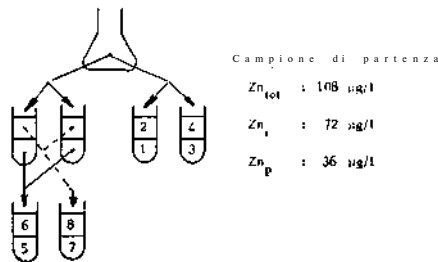


FIG. 1. Determinazione polarografica dello zinco ionico in funzione del pH per un campione di acqua di mare addizionato di Zn⁺⁺.

La prima tecnica consiste nel concentrare su una microgoccia di mercurio lo ione zinco, riducendolo al potenziale di -1,3 V rispetto all'elettrodo a calomelano saturo, e nel misurare poi la corrente corrispondente al picco di dissoluzione dello zinco amalgamato, ottenuta facendo variare la tensione dell'elettrodo verso lo zero. Questa corrente risulta proporzionale alla concentrazione



Campioni N.	Zinco totale (µg/l)	
	Teorico	Speriment.
2	72	71
4	72	99
1	144	122
3	144	144
6	72	93
8	72	105
7	72	93
5	216	187

FIG. 2. Separazione per centrifugazione della frazione particellata di un campione di acqua di mare addizionato di 100 µg/l di zinco ionico.

dello ione zinco presente in soluzione, che può essere così determinato fino alla concentrazione di 10^{-8} g-at/l (MACCHI, 1965).

La tecnica radiopotenziostatimetrica consiste, invece, nel fare una elettrolisi, su un grosso catodo di mercurio a potenziale costante, di una soluzione contenente lo ione che si vuol ridurre e nel seguire contemporaneamente la diminuzione degli ioni stabili e radioattivi impiegando rispettivamente un polarografo ed un contatore di impulsi.

Vediamo cosa accade quando dello zinco ionico è aggiunto ad una soluzione di sodio cloruro della stessa concentrazione dell'acqua di mare o ad un campione di acqua di mare entrambi a pH 8. Eseguendo l'analisi si riscontra,

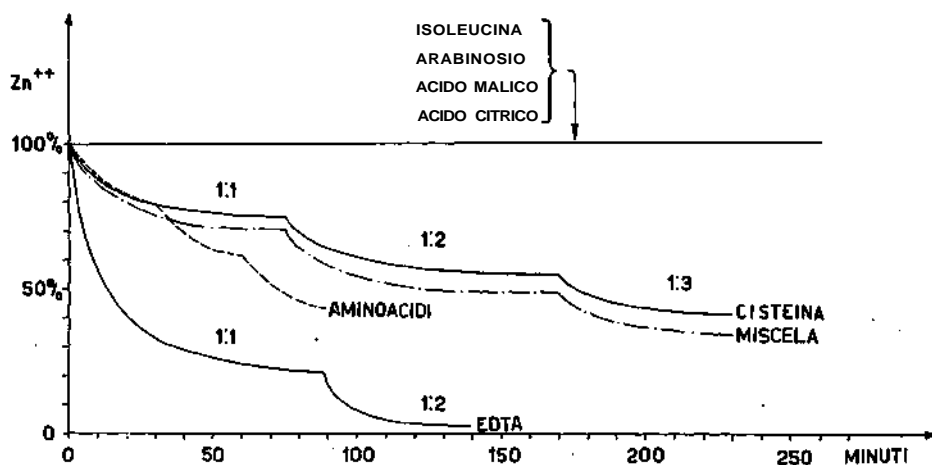


FIG. 3. Diminuzione percentuale dello zinco ionico a pH 8 in funzione del tempo, causata dall'aggiunta di diversi agenti complessanti (TORTI E. e C. PAPUCCI, 1967).

come si può vedere dalla Fig. 1, che a pH 8 è visibile solo una frazione dello zinco ionico introdotto poiché questo si è rapidamente distribuito tra le forme ionica e particellata, mentre al disotto di pH 7 tutto lo zinco risulta presente in forma ionica, poiché le particelle vengono disciolte e lo zinco rilasciato da esse.

La presenza di una frazione particellata a pH > 7 è messa in evidenza dai risultati di alcune centrifugazioni effettuate a pH 8,6 e a pH 6. Operando a pH 8,6, infatti, la parte di zinco corrispondente alla frazione particellata (cioè la differenza tra la concentrazione dello zinco determinata a pH 6 e quella a pH 8) viene a essere concentrata nella parte inferiore del tubo da centrifuga. La Fig. 2 mostra lo schema ed i risultati di una centrifugazione a pH 8,6. All'analisi polarografica su 108 µg/l di zinco presente nel campione 72 µg/l risultano nello stato ionico (non concentrabile per centrifugazione) e 36 µg/l nello stato particellato. Dopo una centrifugazione, supposto 100 % il suo ren-

dimento, nella parte bassa dei tubi di centrifuga si dovrebbe avere in teoria $108 + 36 = 144 \mu\text{g/l}$. In effetti si trovano due valori, uno di $122 \mu\text{g/l}$ e di $144 \mu\text{g/l}$ l'altro, coincidente con il teorico. Centrifugando ulteriormente il liquido contenuto nelle metà inferiori e superiori dei tubi già sottoposti alla prima centrifugazione, si dovrebbe avere in teoria rispettivamente 72 e $216 \mu\text{g/l}$; in pratica si ottengono rispettivamente 93 e $187 \mu\text{g/l}$. Effettuando invece la cen-

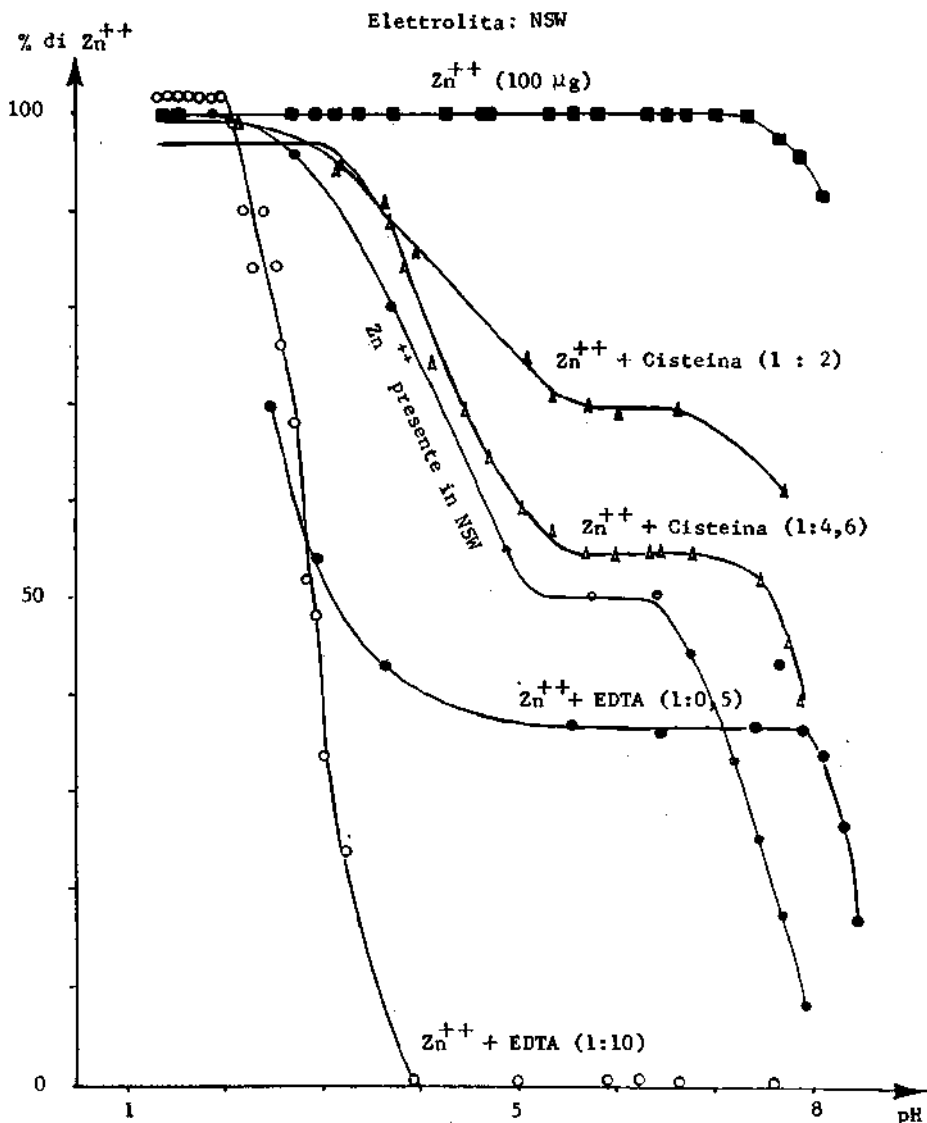


FIG. 4. Variazione della concentrazione dello zinco ionico in funzione del pH in presenza di agenti complessanti e in acqua di mare naturale.

trifugazione a pH 6 non si nota alcun gradiente di concentrazione nel tubo da centrifuga, in quanto a questo pH lo zinco è tutto presente in forma ionica e non può essere quindi separato per gravità.

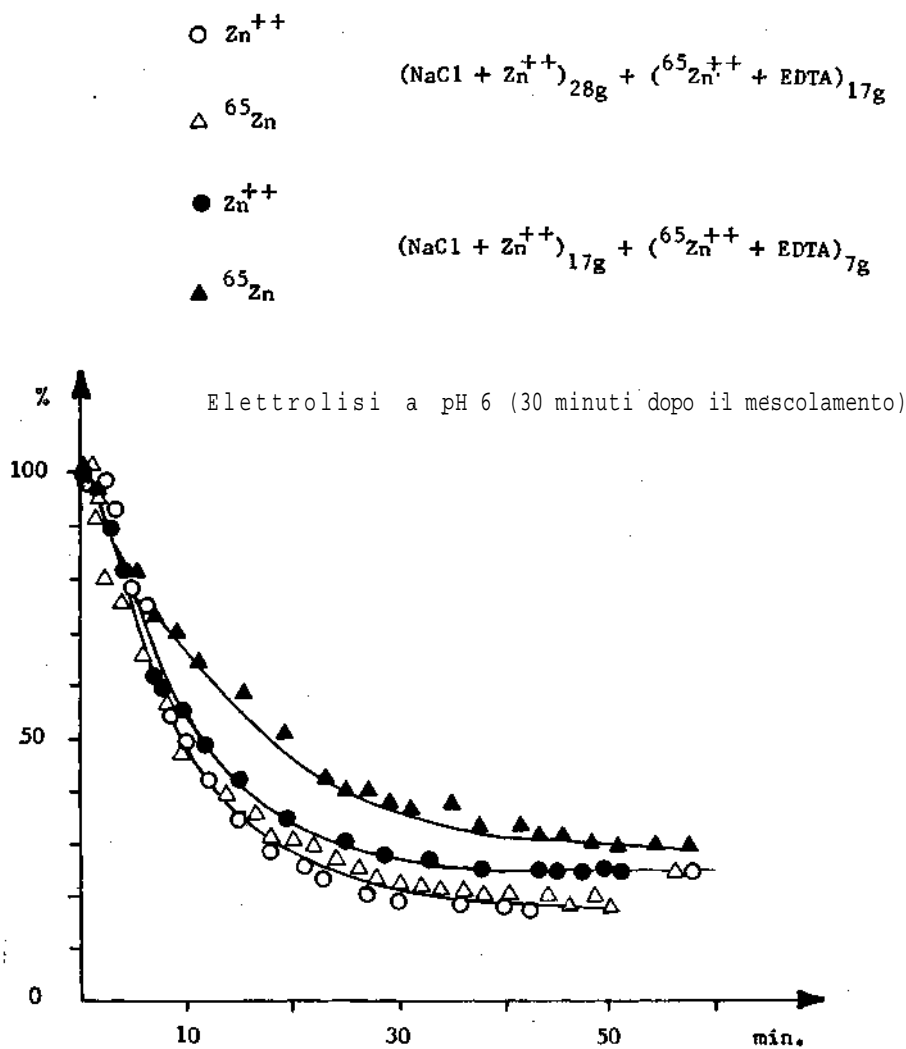


FIG. 5. Diminuzione percentuale della concentrazione di zinco stabile e radioattivo in un campione di NaCl a pH 6 contenente EDTA, dovuta alla separazione della frazione ionica mediante elettrolisi. (Gli indici alle parentesi indicano i giorni trascorsi dalla preparazione della soluzione).

Se in una soluzione di NaCl a pH 8 addizionata di zinco ionico o in acqua di mare vengono introdotti, in differenti concentrazioni, degli agenti complessanti capaci di formare complessi inerti (EDTA e cisteina per esempio), la

concentrazione dello zinco ionico presente diminuisce sensibilmente. La Fig. 3 mostra la diminuzione dello zinco ionico in funzione del tempo per diverse aggiunte di sostanze organiche.

Lo zinco legato a questi agenti chelanti può tuttavia essere liberato facendo variare il pH verso valori più bassi, come si può vedere dalla Fig. 4 in cui il tratto compreso tra pH 5 e pH 2 corrisponde all'idrolisi del complesso dello zinco.

Se ad una soluzione di NaCl contenente zinco stabile in differenti stati chimico-fisici aggiungiamo dello zinco radioattivo, esso si distribuirà propor-

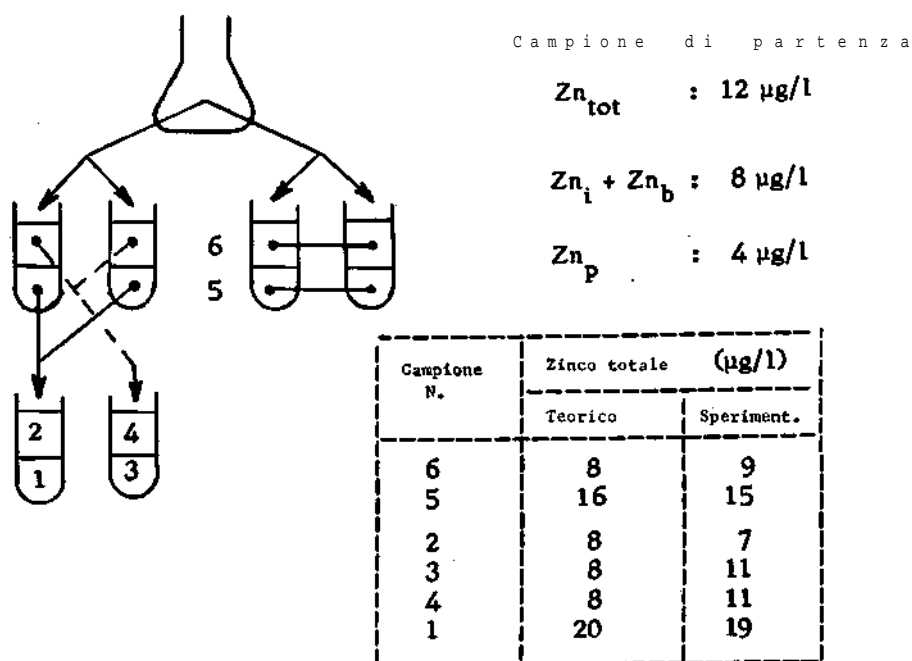


FIG. 6. Centrifugazione di un campione di acqua di mare; separazione della frazione di zinco particellato.

zionalmente, come è logico supporre, su ognuno degli stati chimico-fisici presenti. Per verificare ciò, una soluzione di NaCl contenente Zn stabile e ionico è stata mescolata con una soluzione di zinco radioattivo in presenza di EDTA in eccesso. La quantità di EDTA eccedente era tale da complessare anche una parte dello zinco stabile. La soluzione finale è stata sottoposta a elettrolisi a pH 6 dopo 30 minuti dal mescolamento; a questo pH lo zinco presente si trova suddiviso tra le frazioni complessate e ionica e l'elettrolisi è in grado di asportare totalmente quest'ultima. I risultati di due di questi esperimenti sono riportati nel grafico di Fig. 5. In esso sono indicati in ordinate la percentuale

di zinco ionico stabile e di zinco ionico radioattivo riferita al valore dell'elettrolisi e in ascisse la durata del processo elettrochimico. Si nota che lo zinco stabile (indicato da un piccolo cerchio) e quello radioattivo (indicato da un triangolino) hanno un andamento pressoché identico e raggiungono lo stesso valore al termine dell'elettrolisi. Ciò dimostra che lo zinco stabile e quello radioattivo si sono distribuiti proporzionalmente nelle due frazioni, ionica e complessata, pari rispettivamente all'80 % e al 20 % dello zinco totale.

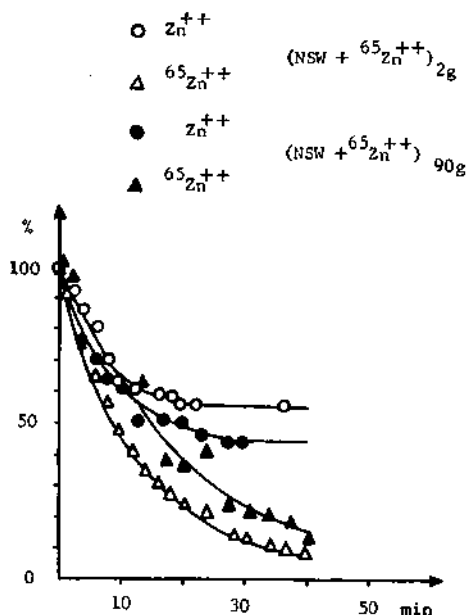


FIG. 7. Diminuzione percentuale dello zinco stabile e radioattivo in un campione di acqua di mare, dovuta alla separazione della frazione ionica mediante elettrolisi. (Gli indici alle parentesi indicano i giorni trascorsi dalla preparazione della soluzione).

Passando ora ad analizzare il contenuto di zinco normalmente presente in acqua di mare, si ottiene una curva Zn^{++}/pH che è del tutto simile a quella ottenibile aggiungendo grandi quantità di zinco in acqua di mare o in soluzione di cloruro sodico in presenza di agenti complessanti capaci di formare complessi inerti. Il diagramma centrale della Fig. 4 mostra appunto tale curva.

A pH 8 lo zinco rivelabile al polarografo è presente in acqua di mare soprattutto come ione zinco bivalente ed in piccola parte come $Zn(OH)^+$ (BARIC e BRANICA, 1967); val la pena di ricordare a questo punto che il metodo da noi usato può rivelare come zinco ionico a questo pH anche forme diverse dallo zinco ionico purché siano in equilibrio labile con esso e si trasformino in quest'ultimo nel tempo necessario alla riduzione sull'elettrodo.

Nel tratto di pH da 8 a 6,5 il comportamento dello zinco in acqua di mare

è del tutto simile a quello che si ottiene quando alte quantità di zinco sono aggiunte sia in soluzione di NaCl che in acqua di mare. Gli esperimenti di centrifugazione precedentemente descritti avevano stabilito che in quel caso la quantità di zinco compresa tra pH 8 e pH 6 si trova in forma particellata. Gli stessi esperimenti, applicati ora allo zinco naturalmente presente in acqua di mare, conducono alla medesima conclusione. La Fig. 6 mostra i risultati della centrifugazione di un campione di acqua di mare che all'analisi dava i seguenti valori: Zn totale = 12 µg/l; Zn particellato = 4 µg/l, Zn ionico + Zn complessato = 8 µg/l. Supposta 100 % la resa della centrifugazione, il calcolo teorico dà per il centrifugato una concentrazione di 16 µg/l mentre sperimentalmente si ottengono 15 µg/l. Centrifugando ancora il contenuto delle metà su-

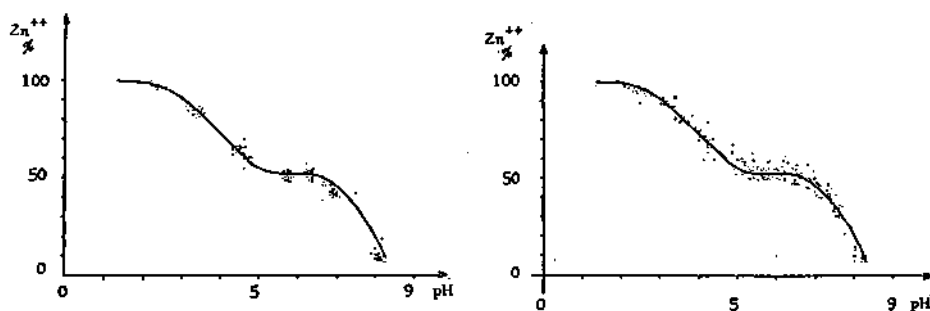


FIG. 8. Curva Zn^{++}/pH per campioni prelevati nel Golfo di Taranto (figura di destra) e al largo di La Spezia (figura di sinistra).

periori ed inferiori dei tubi da centrifuga si ottengono rispettivamente i valori di concentrazione di 11 e 19 µg/l per le frazioni più ricche in particelle contro gli 8 e 20 µg/l desunti dal calcolo teorico. La centrifugazione a pH 8-8,5, quindi, permette di raccogliere nella parte inferiore del tubo di centrifuga proprio la frazione compresa tra i valori a pH 8 e a pH 6, mentre, operando a pH 6, non si nota nessuna differenza tra prima e dopo il trattamento.

La terza frazione dello zinco, infine, e cioè quella compresa tra i valori a pH 2 e a pH 6, mostra un comportamento del tutto analogo a quello ottenibile dall'idrolisi dei complessi inerti, artificialmente formati per aggiunta di EDTA o di cisteina a soluzioni di cloruro sodico o di acqua di mare addizionate di zinco ionico.

Sulla base di queste considerazioni si può concludere che lo zinco naturalmente presente in acqua di mare è frazionato in tre stati chimico-fisici diversi: ionico (la cui concentrazione corrisponde al valore ottenibile a pH 8), particellato (il cui valore corrisponde alla differenza tra i valori a pH 6 e pH 8), e legato ad agenti complessanti sotto forma di complessi inerti (differenza tra i valori a pH 2 e pH 6), come è stato riscontrato, sebbene con metodi diversi, anche da altri autori: RONA (1962), SLOWEY (1966), HOOD (1967).

Dal punto di vista quantitativo, le tre frazioni sono così suddivise: il 50 % del totale è costituito da Zn legato a chelanti non ancora determinati sotto forma di complessi inerti, il 35-40 % del totale è costituito da Zn particellato, ed il restante 10-15 % è zinco ionico.

Allo scopo di osservare se lo zinco ionico radioattivo aggiunto all'acqua di mare entra in equilibrio con quello stabile originalmente presente in ognuna delle tre forme ora viste, un campione di acqua di mare addizionata di ^{65}Zn è stato sottoposto ad elettrolisi a pH 6 dopo tempi variabili dall'immissione del

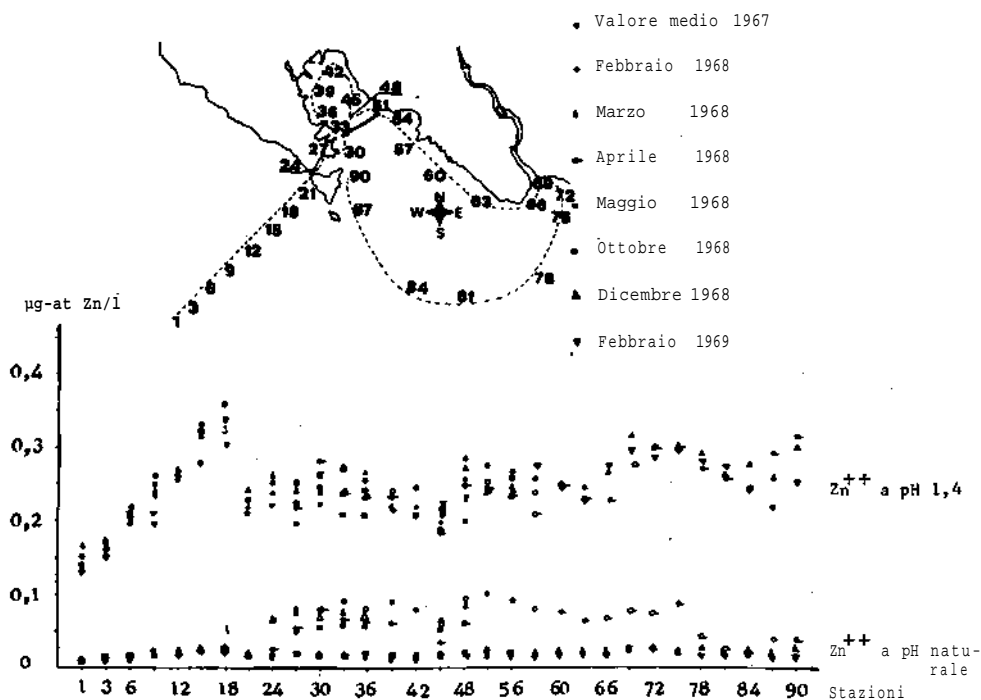


FIG. 9. Distribuzione orizzontale dello zinco nella zona di La Spezia.

radioisotopo, e precisamente ogni mese a partire dal secondo giorno dopo il mescolamento. La Fig. 7 mostra i risultati dell'esperimento e se confrontiamo questo grafico con quello di Fig. 5 notiamo subito una profonda differenza. Infatti la percentuale di zinco ionico radioattivo raggiunge, dopo elettrolisi, circa lo zero, mentre la percentuale di zinco ionico stabile raggiunge circa il 50 %, valore tipico per l'acqua di mare in cui lo zinco a pH 6 è per il 50 %, sotto forma di complessi non elettrolizzabili e per il restante 50 % in forma ionica. Al contrario di quanto accadeva nell'analogo esperimento con $\text{NaCl} + \text{EDTA}$ quindi, lo zinco radioattivo non entra in equilibrio con quello stabile legato ai complessi inerti neppure dopo che sono trascorsi più mesi dal-

l'immissione del radioisotopo. Lo zinco radioattivo aggiunto, pertanto, si distribuisce soltanto nelle frazioni ionica e particellata e di questo bisogna tener conto nel valutare gli esperimenti di accumulo negli organismi marini.

Parallelamente allo studio degli stati chimico-fisici dello zinco in mare, l'indagine si è indirizzata anche verso l'esame della costanza dei parametri studiati e del loro valore in varie zone di mare e in funzione del tempo.

Il grafico di destra della Fig. 8 rappresenta la curva media Zn^{++} %/pH per numerosissimi campioni raccolti durante una crociera nel golfo di Ta-

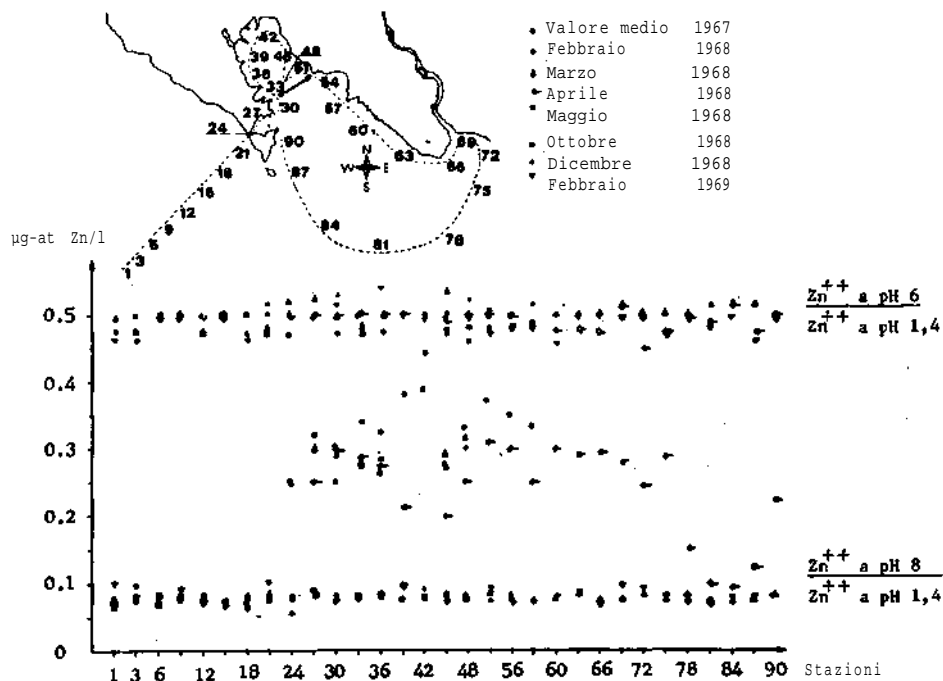


FIG. 10. Rapporto tra le concentrazioni di Zn^{++} a pH 6 e pH 1,4 e di Zn^{++} a pH 8 e a pH 1,4 per le stazioni di campionamento nella zona di La Spezia.

ranto nell'estate 1968; la stessa curva, confrontata con i valori sperimentali ottenuti per campioni raccolti nella stessa estate al largo di La Spezia (grafico di sinistra della Fig. 8), non rivela alcuna differenza tra le due serie di campioni che coincidono perfettamente, sia dal punto di vista del frazionamento nei tre stati chimico-fisici discussi, sia per quanto riguarda i valori assoluti di concentrazione.

La Fig. 9 mostra la distribuzione orizzontale dello zinco, dentro, fuori e lungo le coste del golfo di La Spezia. In ordinate sono riportate le concentrazioni dello zinco a pH 8 e a 1,4 espresse in $\mu\text{g-at/l}$ e in ascisse le stazioni di

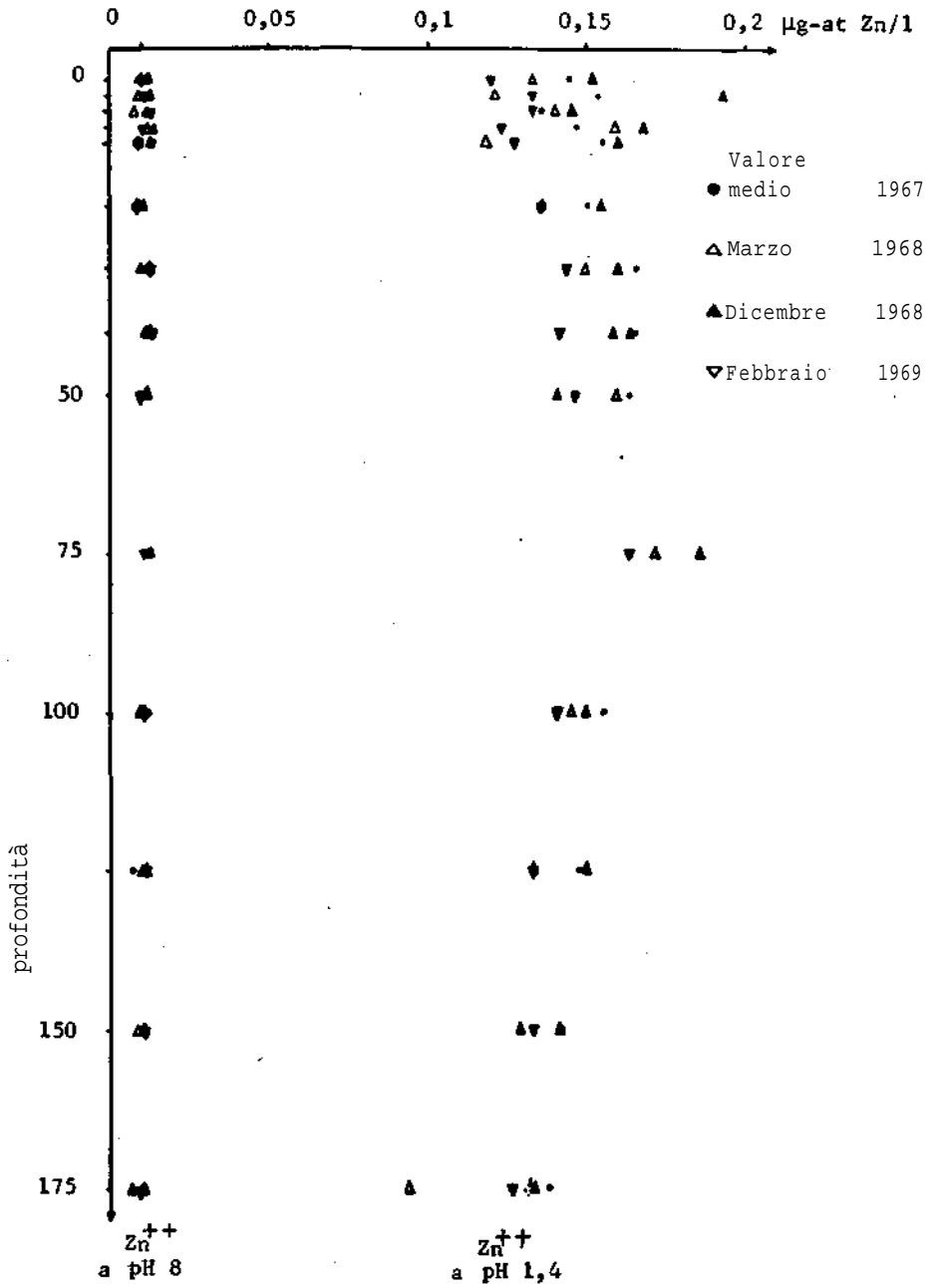


FIG. 11. Distribuzione verticale dello zinco 7 miglia al largo di La Spezia.

campionamento, riconoscibili dalla mappa allegata. Si può notare evidentissimo un forte gradiente di concentrazione dal mare aperto verso la costa, contro una distribuzione eterogenea nell'interno del golfo; una concentrazione leggermente più alta della media del golfo è inoltre visibile nelle vicinanze della foce del fiume Magra (stazioni 66-75). In Fig. 10 sono riportati per le stesse stazioni di campionamento il rapporto tra $[Zn^{++}]$ a pH 6 e $[Zn^{++}]$ a pH 1,4 (pari alla frazione dello zinco complessato) e quello tra $[Zn^{++}]$ a pH 8,1 e $[Zn^{++}]$ a pH 1,4 (pari alla frazione dello zinco ionico). Si può notare che il valore della frazione dello zinco complessato si mantiene pressoché costante indipendentemente dalla zona di prelievo, mentre il valore della frazione ionica è costante solo in mare aperto.

La Fig. 11 illustra invece la distribuzione verticale dello zinco alla stazione n. 1 a 7 miglia dalla costa. In ordinate è riportata la profondità e in ascisse la concentrazione, espressa in $\mu\text{g-at/l}$, dello zinco a pH 8 e a pH 1,4. Come si può notare la concentrazione risulta indipendente dalla profondità.

Concludendo, quindi, si può affermare che lo zinco naturalmente presente in mare si trova suddiviso nei tre seguenti stati chimico-fisici: chelato, particellato e ionico. Di questi, gli ultimi due presentano la capacità di reagire rapidamente tra loro e con eventuali sostanze aggiunte; lo zinco chelato al contrario presenta una notevole lentezza nelle reazioni di scambio con le altre frazioni.

Questo fatto è di capitale importanza ovunque si debbano fare considerazioni in base alla diluizione isotopica.

Per la maggior parte degli esperimenti, infatti, la notevole differenza di reattività fra le varie frazioni impedisce che si possa calcolare la diluizione isotopica semplicemente come rapporto tra la concentrazione totale del radioisotopo e quella totale del corrispondente isotopo stabile. Un valore così ottenuto sarebbe rispondente alla realtà soltanto nell'istante in cui viene misurato, perché col procedere delle reazioni i rapporti tra radioattivo e stabile nelle varie frazioni sono, come si è visto, soggetti a notevoli cambiamenti.

È indispensabile, quindi, sia nel caso dello zinco che in quello più generico di tutti quei metalli che possono presentare in mare diversi stati chimico-fisici, calcolare la diluizione isotopica singolarmente per ogni diversa frazione. Soltanto in questo modo sarà possibile ottenere un valore veramente rappresentativo delle reali condizioni dell'ambiente marino.

BIBLIOGRAFIA

- BARIC, A. and M. BRANICA, 1967: Polarography of sea water. I. Ionic State of Cadmium and Zinc in sea water. *J. Polarographic Soc.*, 13, 4.
- HOOD, D. W., 1967: Chemistry of Oceans. Progress Report to U.S.A.E.C. February, 1966 to June, 1967.

- MACCHI, G., 1964: The determination of ionic zinc in sea water by anodic stripping voltammetry using ordinary capillary electrodes. *J. Electroanal. chem.* 9 (1965), 290-298.
- RONA, E., D. W. HOOD, L. MUSE and B. BUGLIO, 1962: Activation analysis of Manganese and Zinc in sea water. *Limnol. and Oceanogr.* 7, 201-206.
- SLOWEY, J. F. JR., 1960: Studies on the distribution of Copper, Manganese and Zinc in the Ocean using neutron activation analysis. In: *The chemistry and analysis of trace metals in sea water. Final Report. A and M Project 276 AEC contr. NAT (40-1) 2799.*
- TORTI, E. and C. PAPUCCI, 1967: Possibilities of metal complexation in sea water. *RTI/LCM (67) 6.*

Dr. A. PIRO, Dr. M. VERZI e Dr. C. PAPUCCI, Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare, C.N.E.N.-EURATOM, 19030 Fiascherino (La Spezia), Italia.

Attuali conoscenze sul « fouling » della Liguria

di

GIULIO RELINI

(Dal Laboratorio per la Corrosione Marina dei Metalli del C.N.R., Genova)

3 Figure

Summary. The Author gives a report on the most important observations and acquired data on fouling problems in Liguria, in particular in the ports of Genova, Savona, La Spezia, Imperia and in the bay of Vado Ligure.

Riassunto. L'A. riferisce sulle principali ricerche condotte sul « fouling » in Liguria ed in particolare nei Porti di Genova, Savona, Imperia, La Spezia e nella rada di Vado Ligure, sottolineando le più importanti conoscenze acquisite.

Lo studio del « fouling »¹ in Italia è iniziato solo recentemente (MOR, 1961; RELINI, 1962, 1964 a; CHIMENZ, 1965) ed ha interessato, per il momento tre zone della costa italiana: la laguna Veneta (P. FRANCO, 1964), il porto di Civitavecchia (TARAMELLI e CHIMENZ, 1965, 1966, 1968 a, 1968 b) e la Liguria (MOR, 1963, 1968; MOR e LUFT, 1963; RELINI, 1962, 1964 a, 1964 b, 1966 a, 1966 b, 1967, 1968 a, 1968 b, 1968 c; RELINI e GERACI, 1969 a; RELINI e GIORDANO, 1969).

Una particolare ricerca sul « fouling » marino è inoltre quella eseguita nel lago salmastro di Faro da GENOVESE e GANGEMI (1966), i quali hanno studiato le prime fasi di colonizzazione di vetrini immersi fino a 28 metri di profondità.

In Liguria sono stati studiati cinque punti principali (Fig. 1): i quattro porti di maggiore importanza (La Spezia, Genova, Savona ed Imperia) e la rada di Vado Ligure (Savona). Quest'ultima località risulta di particolare interesse perché trovandosi in condizioni di « mare aperto » presenta biocenosi alquanto diverse da quelle portuali ed inoltre, essendo un ambiente in via di trasformazione a causa della costruzione di impianti di raffreddamento di una centrale termoelettrica e di dighe portuali, offre la possibilità di seguire le trasformazioni delle biocenosi.

In questa zona le ricerche, tuttora in corso, sono iniziate nel novembre 1967 sia mediante immersione di pannelli sia mediante prelievi di campioni dal fondo e dai piloni dei pontili Shell e Vadoil. Per un intero ciclo stagionale

¹ Con il termine « fouling » si intende l'insieme degli organismi che si insediano su un substrato artificialmente immerso in mare.

sono state studiate le comunità « fouling » in quattro punti a diversa profondità (Fig. 2) ed a differente esposizione, mentre quest'anno vengono raccolti dati sulla successione ecologica, sulla progressione stagionale e sui ritmi di accrescimento dei principali organismi su pannelli di una sola stazione con tre diverse esposizioni.

Nel porto di Genova le prime saltuarie osservazioni risalgono al 1956, mentre dal 1961 vennero effettuati regolari studi e controlli nella zona antistante la testata del Molo Cagni (avamposto orientale) ove questo Laboratorio possiede una piccola stazione idrologica corredata di tutte le apparecchiature necessarie per una adeguata conoscenza dell'ambiente. Per le prove di immersione sono inoltre disponibili tre zattere sperimentali (Fig. 3).

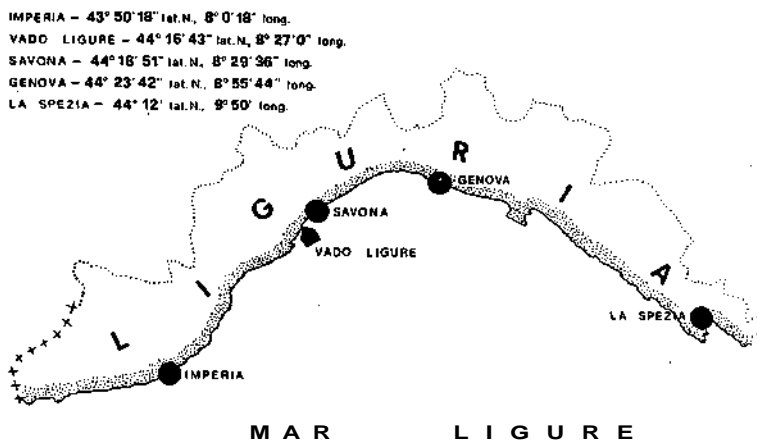


FIG. 1. Località nella quali sono stati effettuati studi sul fouling.

Attualmente altre zone del porto sono oggetto di studio anche in relazione ai problemi dell'inquinamento ed in particolare all'influenza dei vari tipi di inquinazione sull'insediamento degli organismi e sull'alterazione dei materiali immersi in mare.

Nelle altre località della Liguria (Savona, Imperia, La Spezia) le osservazioni sono state effettuate dal gennaio 1967 al gennaio 1968.

Dallo studio comparativo dei quattro porti è risultato che il « fouling » dell'avamposto di Genova è senz'altro il più intenso e può essere considerato rappresentativo delle biocenosi portuali liguri. Il meno intenso è quello di Imperia nel quale predominano i Mitili, *B. perforatus* BRUG., *Spirorbis* sp. e sono presenti anche Alghe coralline.

Il « fouling » del porto di Genova è il meglio conosciuto di tutta la Liguria poiché le osservazioni, come è stato sopra accennato, si riferiscono a diversi

anni e a più zone. Per lo specchio d'acqua nel quale sono ormeggiate le zattere sperimentali sono stati determinati i periodi di insediamento ed i ritmi di accrescimento dei principali organismi nonché la profondità preferenziale di insediamento tra 0 e 16 metri (BAZZICALUPO e RELINI, 1969; RELINI, 1964 a, 1966 b, 1968; RELINI e GERACI, 1969; RELINI e GIORDANO, 1969; RELINI e MONTANARI, 1969; RELINI, ROSSI e MONTANARI, 1969).

Nel « fouling » dell'avamposto si possono riconoscere sei comunità dominanti: Microorganismi, *Ciona*, Balani, *Zoobotrion*, Serpulidi, Mitili. Di queste,

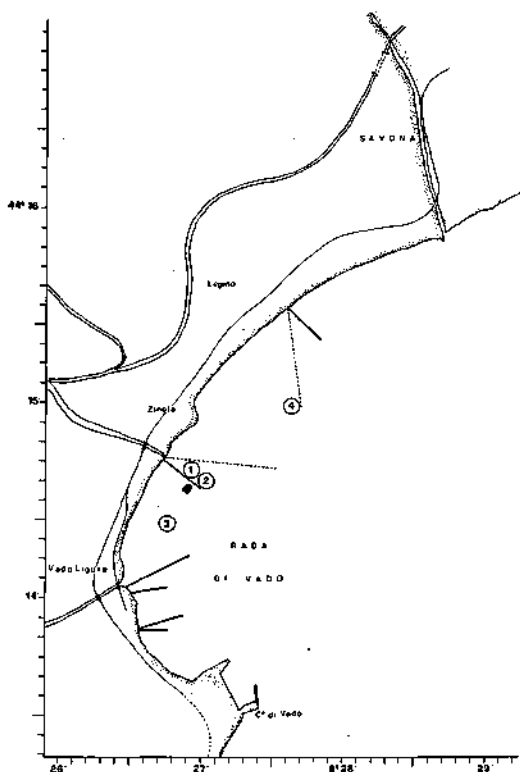


FIG. 2. Stazioni di studio nella rada di Vado Ligure (Savona).

alcune (*Zoobotrion* e Mitili) si riscontrano solo su substrati che presentano già una associazione biologica, mentre la comunità a Microorganismi emerge solo su materiali da poco immersi o talora su substrati inizialmente tossici. Le altre tre comunità (*Ciona*, Balani, Serpulidi) si costituiscono sia su substrati di nuova immersione sia su quelli già ricoperti da una associazione biologica, ad eccezione dei Mitili sui quali gli altri organismi non riescono a dominare.

I Mitili si insediano in primavera e riescono a rimanere sul substrato che hanno colonizzato anche per più anni. Tra i Serpulidi, *Hydroides norvegica*

GUNN. e *Serpula concharum* LANG. dominano sui pannelli superficiali, mentre *Pomatoceros triqueter* L. è più frequente su quelli posti in vicinanza del fondo. Alcuni Serpulidi presentano il massimo di insediamento in estate ed autunno come i Balani ed i Briozoi. Tra questi ultimi però *Zoobotrion* appare soltanto durante i mesi estivi. Le osservazioni condotte negli ultimi anni sull'insediamento di *Ciona intestinalis* L. e di altri Ascidiacei hanno messo in evidenza una grande variabilità annuale nei periodi di comparsa delle specie, pur rimanendo una certa predilezione (nella zona delle zattere), come già segnalato (RELINI, 1964 a), per i mesi invernali e primaverili.

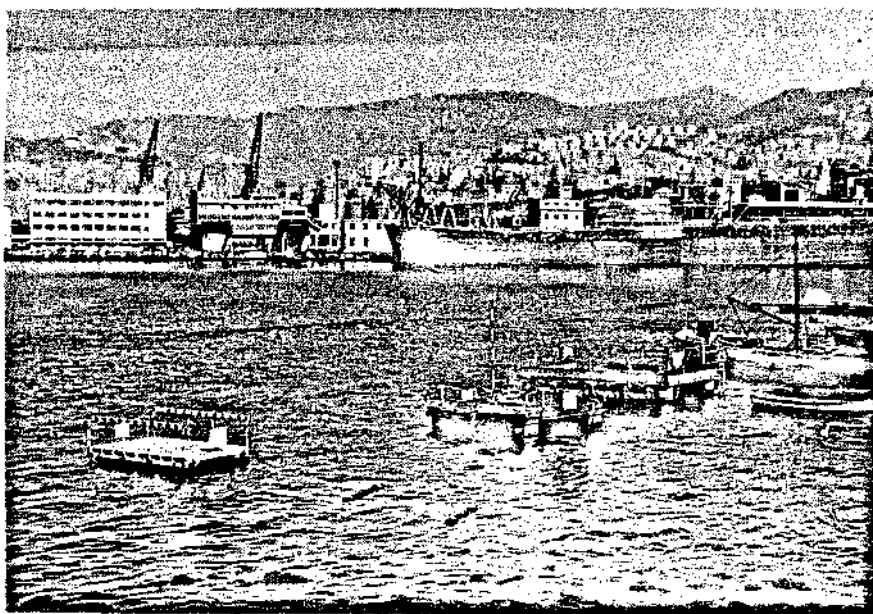


FIG. 3. Zattere sperimentali del Laboratorio per la Corrosione Marina dei Metalli del C.N.R. ormeggiate all'estremità di Molo Cagni (Porto di Genova).

Altre osservazioni sono state condotte sulle variazioni stagionali del « fouling » (espresso come peso umido) in relazione alla profondità e alla durata di immersione. Il peso del « fouling » cresce generalmente nell'ambito di un anno con l'aumentare della durata di immersione, ma dipende dalla stagione e quindi dagli organismi presenti. Infatti un substrato immerso in primavera (periodo in cui si insediano in prevalenza Alghe, Tunicati, Idroidi) e prelevato alla fine di luglio presenta un peso del « fouling » minore rispetto ad un substrato immerso solo durante giugno e luglio; infatti nel primo caso l'insediamento dei Balani è stato ostacolato dagli altri organismi, mentre a giugno e luglio questi Cirripedi hanno avuto a disposizione tutta la superficie.

I maggiori valori mensili del peso umido del « fouling » si riscontrano a tutte le profondità durante l'estate e sono in dipendenza del massimo insediamento dei Balani e dei Serpulidi (RELINI, 1968 a).

Il peso del « fouling » e la densità dei su citati organismi diminuisce generalmente con la profondità. Il più alto valore mensile è stato trovato nell'agosto 1967 con 89 gr/dmq in un pannello superficiale, mentre il corrispondente a — 14 metri presentava un valore di circa 18 volte inferiore. I valori annui di accumulo del « fouling » espresso in peso umido nel porto di Genova sono piuttosto alti 33,7 kg/mq (molo Cagni, pannello prelevato nel dicembre 1967 dopo 12 mesi di immersione), 60,7 kg/mq nella zona dello Y.C.I. (pannello immerso per 12 mesi e prelevato nell'aprile del 1967).

Negli altri porti l'accumulo annuo è leggermente inferiore, mentre alquanto diverso è quello riscontrato nella rada di Vado Ligure ove un pannello immerso per 1 anno può presentare un « fouling » anche di 2 kg inferiore a quello corrispondente del porto di Genova.

Nella rada di Vado sono stati studiati i periodi di insediamento dei principali organismi, i quali costituiscono comunità un po' diverse da quelle del porto di Genova. Innanzitutto scarseggiano Poriferi ed Ascidiacei, mentre assumono particolare importanza Idroidi e Molluschi, anche diversi dal *Mytilus galloprovincialis* LAM. che rimane il Lamellibranco più comune. Delle sei comunità dominanti descritte per il porto di Genova solo quattro sono rilevabili nella rada di Vado, ed esattamente: Microorganismi, Balani, Serpulidi, Mitili. Gli Idroidi possono talora formare comunità dominanti soprattutto su pannelli di nuova immersione e nei mesi invernali e primaverili. Anche nell'ambito dei gruppi sistematici esistono differenze tra la frequenza delle specie nei due ambienti. Ad esempio tra i Balani, *B. perforatus* BRUG. e *B. trigonus* DARW. dominano nella rada di Vado, mentre nel porto di Genova sono più frequenti *B. amphitrite* DARW. e *B. eburneus* GOULD. (RELINI, 1968 c), tra i Serpulidi del primo ambiente sono frequenti *Spirobranchus politrema* (PHILIPPI) e *Pomatoceros triqueter* L. mentre *Hydroides norvegica* GUNN. e *Serpula concharum* LANG. sono più abbondanti nelle acque portuali.

BIBLIOGRAFIA

- BAZZICALUPO, G. e G. RELINI, 1969: I Policheti Sedentari del porto di Genova. Ann. Mus. St. Nat. Genova (in stampa).
- CHIMENZ, C, 1965: Sugli organismi incrostanti del cosiddetto « Fouling » (Rivista sintetica). Ann. Ist. Mus. Zool. Univ. Napoli, 17 (1), 1-33.
- FRANCO, P., 1964: Osservazioni sulle comunità fouling nel porto-canale di Malamoco (Laguna Veneta). Ric. sci. 33 (II-B), 35-44.
- GENOVESE, S. e G. GANGEMI, 1966: Primo contributo allo studio di forme fissate su vetrini immersi in un ambiente salmastro meromittico. Atti Soc. Peloritana Sc. fis. mat. nat. 12, 509-519.

- MOR, E., 1961: Testing Station at Genoa. In: Hydrological and biological conditions in Testing Stations in Europe. OECE.
- , 1963: Fouling et corrosion dans l'eau de mer. Navires, Ports et Chantiers, 156 (5), 1-6.
- , 1968: Variations de la concentration des ions hydrogène dans l'eau de mer et son influence sur la fixation des organismes du fouling. Atti 2° Congr. Internaz. della Corrosione e Incrostazione Marina. Atene, settembre.
- MOR, E. e G. LUFT, 1963: Studio sul comportamento dei vari tipi di alluminio e sue leghe all'attacco corrosivo in presenza della vegetazione marina. Alluminio e Nuova metallurgia, 30, 299-310.
- RELINI, G., 1962: Nota preliminare sul bentos vivente nel porto di Genova. Doriania, 3 (123).
- , 1964 a: Andamento stagionale degli organismi sessili del porto di Genova. Arch. Oceanogr. Limnol. 13 (2), 281-296.
- , 1964 b: I Cirripedi Opercolati del porto di Genova. Ann. Mus. St. Nat. Genova 137, 397-411.
- , 1966 a: Le comunità dominanti nel «fouling» portuale di Genova. Natura 57 (2), 136-156.
- , 1966 b: Ricerche sul «fouling» nel porto di Genova. Atti 35° Convegno U.Z.I., Pisa 1966; in: Boll. Zool. 33 (1), 179.
- , 1967: Le comunità fouling di alcuni metalli. Ricerche sperimentali nel porto di Genova. Atti 36° Convegno U.Z.I., Messina 1967; in: Boll. Zool. 34, 165.
- , 1968 a: Variazioni quantitative stagionali del fouling nel porto di Genova in relazione alla durata di immersione e alla profondità. Bull. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 36, 23-40.
- , 1968 b: Fouling e natura del substrato: alcune osservazioni sperimentali nel porto di Genova. Boll. Zool. 35, 349.
- , 1968 c: Osservazioni preliminari sui Balani della rada di Vado Ligure (Savona). Bull. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova 36, 185-190.
- RELINI, G. e S. GERACI, 1969 a: Comportamento di alcuni organismi del «fouling» in presenza di A.B.S. Acqua e Aria, 5, Maggio-Giugno 1969, 1-4.
- , —, 1969 b: I Briozoi del fouling portuale di Genova. (In preparazione).
- RELINI, G. e E. GIORDANO, 1969: Distribuzione verticale ed insediamento delle quattro specie di Balani presenti nel porto di Genova. Atti Sc. Nat. Milano (in stampa).
- RELINI, G. e M. MONTANARI, 1969: Gli Ascidiacei del porto di Genova. (In preparazione).
- RELINI, G., G. G. ROSSI e M. MONTANARI, 1969: Variazioni del fouling in relazione alla profondità. Osservazioni nel porto di Genova. (In preparazione).
- TARAMELLI RIVOSECCHI, E. e C. CHIMENZ Gusso, 1965: Studi sperimentali e sistematici sul «fouling» del porto di Civitavecchia. Rend. Accad. Naz. dei XL, 16 (serie IV), 1-37.
- , —, 1966: Nuove ricerche sul «fouling» nel porto di Civitavecchia. Boll. Zool. 33 (1).
- , —, 1968 a: Nuove ricerche sul «fouling» del porto di Civitavecchia. I. Successione ecologica e progressione stagionale di organismi incrostanti piastre metalliche verniciate immerse. Rend. Accad. Naz. dei XL, 18 (serie IV), 1-19.
- , —, 1968 b: Variazione del «fouling» del porto di Civitavecchia a diverse profondità. Boll. Zool. 35, 350-351.

Dr. G. RELINI, Laboratorio per lo Studio della Corrosione marina dei Metalli del C.N.R., Via Mercanzia 4, 16123 Genova, Italia.

Controllo del « fouling » e comportamento di alcuni organismi marini nei confronti di sostanze tossiche

di

GIULIO RELINI e SEBASTIANO GERACI

(Dal Laboratorio per lo studio della Corrosione Marina dei Metalli del C.N.R., Genova)

5 Figure

Summary. The results of series of investigations on the use of toxic chemical substances with different concentrations in relation with the fouling control are given. The effect of these substances on marine organisms is also investigated.

Riassunto. Gli AA. riportano una serie di dati riguardanti l'impiego di sostanze chimiche tossiche a diverse concentrazioni, per il controllo del « fouling » e nell'azione che esse svolgono sugli organismi marini.

Il problema della protezione dei materiali immersi in mare ha assillato l'uomo fin dagli albori della navigazione ed è, ancora oggi, quanto mai attuale. Anzi, mentre prima si trattava di proteggere soprattutto gli scafi, più recentemente si è aggiunta l'impellente necessità della protezione delle strutture immerse, come opere murarie, piattaforme fisse o galleggianti del tipo usato per le ricerche petrolifere, tubazioni per impianti di dessalazione, condotte di raffreddamento attraverso le quali vengono convogliate grandi quantità di acqua marina, e così via.

Il problema si presenta sotto un duplice aspetto: chimico-fisico e biologico. Il primo riguarda l'azione corrosiva del mare; v'è poi l'azione degli organismi marini, animali e vegetali, che insediandosi provocano il deterioramento o l'inefficienza delle strutture con cui vengono a contatto (REDFIELD e HUTCHINS, 1952; LA QUE, CLAPPE e YOUNG in: UHLIG, 1953; CALLAME, 1965). Pertanto due dovranno essere le protezioni: una dalla corrosione e l'altra per evitare l'insediamento del « fouling »¹. Qui ci occuperemo soltanto dei sistemi antifouling. Questi ultimi sono di natura fisica o di natura chimica. I primi, tra i quali citeremo ad es. l'uso di ultrasuoni o di barriere di bolle d'aria, avrebbero il vantaggio di non alterare se non transitoriamente l'ambiente circostante, ma in generale non hanno dato i risultati sperati². È inevitabile quindi ricorrere a metodi chimici dei quali i più comuni ed efficienti sono:

¹ Per « fouling » si intende l'insieme degli organismi che si insediano su substrati artificialmente immersi in mare.

² In questo senso l'eccezione è rappresentata dalle condotte in cui l'acqua marina è convogliata a velocità tale da impedire l'insediamento.

- a) Rivestimenti con pitture contenenti sostanze tossiche.
- b) Immissione in acqua di sostanze ad elevata tossicità.
- c) Rivestimenti con metalli inibenti il « fouling » (metodo riservato a casi particolari).

Tra i metalli quello che dà i migliori risultati è senza dubbio il rame, che può rimanere privo di « fouling » anche per parecchi mesi (Fig. 1).

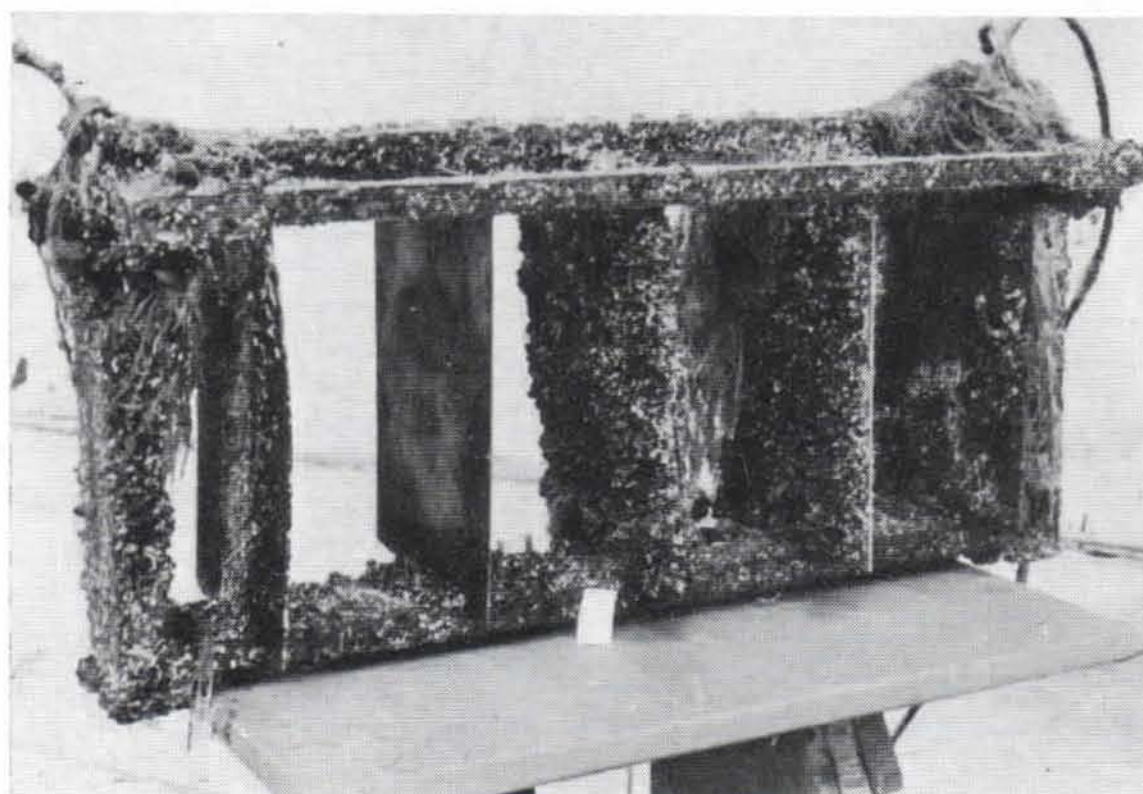


FIG. 1. Struttura porta pannelli in p.v.c. contenente da sinistra a destra: zinco, rame, controllo (cemento-amianto), alluminio, ferro. Questi pannelli sono rimasti immersi da marzo a settembre: solo il rame è praticamente privo di fouling.

Il rame perde il suo potere antivegetativo tanto più presto quanto più rapidamente diminuisce il suo tasso di lisciviazione. È stato calcolato che una pittura contenente questo elemento è efficace quando può liberare almeno da 6 a 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{giorno}$ di rame.

Tra gli organismi, quelli più sensibili al rame sembrano essere le larve dei Mitili mentre il *Balanus amphitrite* DARW. è uno dei più resistenti e riesce ad insediarsi anche se il suo accrescimento è irregolare.

Sembra che un substrato di rame o di pitture antivegetative agisca sulle larve in tre modi differenti in relazione al tasso di lisciviazione (WISELY, 1964):

- 1) Azione repellente: cioè la larva viene respinta.
- 2) Azione letale preattacco: la larva viene uccisa prima di riuscire ad insediarsi.
- 3) Azione letale postattacco: l'animale viene ucciso dopo l'insediamento.

Per pitture a base di rame lo stesso Autore ha segnalato una mortalità preattacco in larve di alcuni Briozoi (*Watersipora cucullata* BUSK, *Bugula neri-*

tina L.) e *Spirorbis* (*S. lamellosa* LAM. e *S. convexus* WISELEY) mentre le larve di alcuni lamellibranchi subiscono l'azione repellente (*Mytilus edulis planulatus* LAM. e *Lasaea australis* LAM.). Le tre modalità d'azione si possono comunque manifestare nei confronti della stessa specie in relazione ad una differente concentrazione del tossico.

DE WOLF (1964 a) ha infatti segnalato per *B. crenatus* BRUG. che un alto tasso di lisciviazione di rame del substrato agisce sia come repellente sia perché letale al pre-insediamento mentre basse concentrazioni di rame agiscono uccidendo l'animale dopo il suo insediamento. CRISP e AUSTIN (1960) avevano osservato invece che i *cypris* di *Balanus balanoides* L. ed *Elminius modestus* DARW. erano uccisi durante la metamorfosi o poco dopo, allorché si insediavano su pitture contenenti ossidulo di rame.

Non è ancora chiaro come gli ioni del rame (ci si riferisce al rame perché è l'elemento più studiato) agiscano sugli organismi. Nei Balani secondo BERNARD e LANE (1961, 1963) gli ioni rame sarebbero assorbiti dallo stadio planctonico del *cypris* soprattutto a livello dell'epitelio del torace e sarebbero escreti nel lume intestinale. La presenza di rame in alcune particolari sedi cellulari suggerirebbe l'importanza di questo metallo per lo sviluppo dell'animale. Gli stessi Autori (1963) hanno trovato anche che il consumo di ossigeno da parte del *cypris* di *Balanus amphitrite niveus* veniva aumentato allorché la concentrazione degli ioni rame saliva a 0,5 a 1 e 5 mg/l nell'acqua di mare in esperienza.

Concentrazioni più alte, da 10 a 500 mg/l, provocavano una progressiva diminuzione dell'assorbimento dell'ossigeno.

DOLGOPOLSKAYA e coll. (da DE WOLF, 1964 a) misero in evidenza la differente concentrazione di ioni rame presenti in gusci di *B. eburneus* del Mar Nero viventi su substrati naturali rispetto a quelli insediati su pitture contenenti ossidulo di rame. Nel corpo di questi ultimi la concentrazione di rame era 2-3 volte superiore a quella degli individui viventi in condizioni naturali, ma la concentrazione nel guscio degli animali viventi sulle pitture era ben 150 volte maggiore.

Gli animali che vivono su superfici tossiche presentano gusci malformati e tendono ad innalzare il guscio per allontanare il corpo dalla superficie non favorevole. Ulteriori notizie al riguardo si possono trovare in DE WOLF, 1964 a, b; DE WOLF, 1968; DE WOLF e VAN LODEN, 1966; HOUGHTON, 1968.

Una dimostrazione che la tossicità del rame, come quella di altre sostanze, si esplica solo allo stato ionico o comunque solubilizzato ci è fornita dalla constatazione che tale azione si esplica anche a distanza e che il rame messo in « coppia galvanica » con un metallo che lo precede nella serie elettrochimica degli elementi, si ricopre in breve tempo di « fouling » (Fig. 2).

Simili accoppiamenti accidentali o realizzati sperimentalmente con i pannelli di acciaio standard in uso presso questo Laboratorio, ci hanno in vero permesso di verificare tale fenomeno che provoca d'altra parte una accentuata

corrosione del metallo meno nobile (ferro) il quale diventa l'anodo solubile della coppia.

Questo è il motivo principale dell'impossibilità di rivestire la parte immersa dello scafo delle navi costruite in acciaio con pannelli di rame, metodo che aveva dato buoni risultati con le navi di legno. Ed è stato questo fatto ad indirizzare il problema verso la formulazione e l'uso di pitture antifouling più comunemente conosciute nel nostro Paese come pitture antivegetative. L'azione

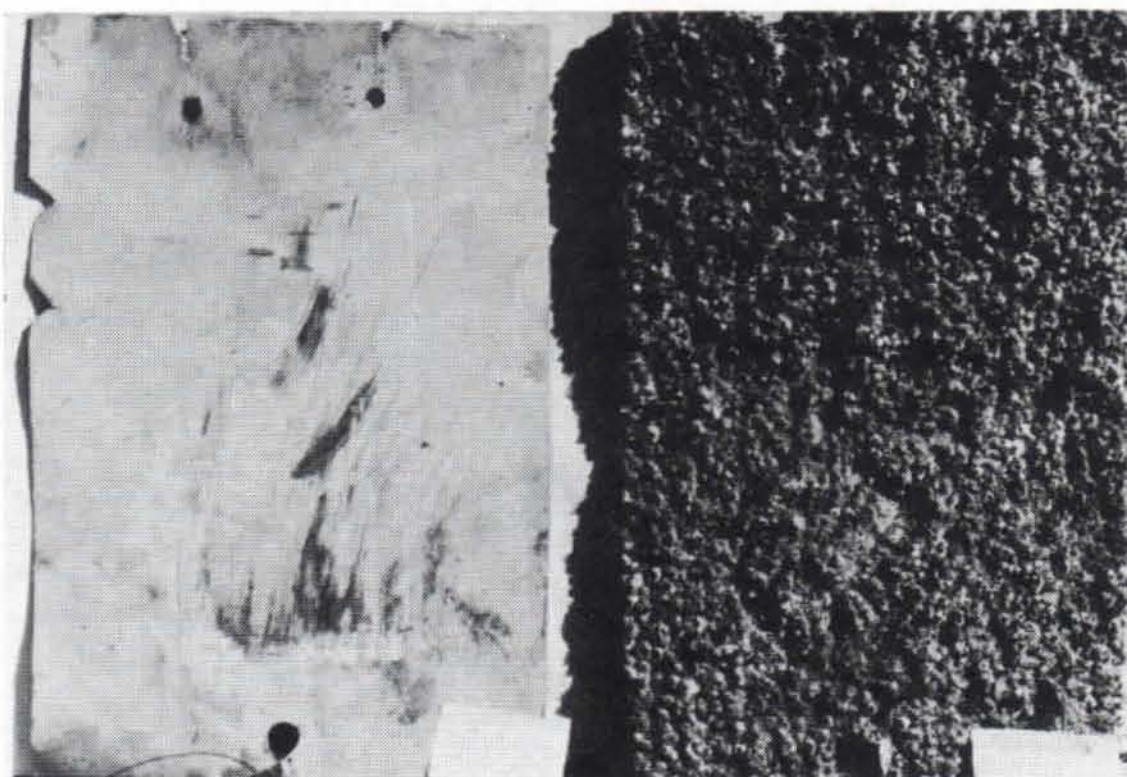


FIG. 2. Due pannelli di rame rimasti immersi per il medesimo periodo: quello di destra è densamente insediato perché ha perso il suo potere antifouling essendo entrato accidentalmente in coppia galvanica con un morsetto di ferro zincato. (Per ulteriori spiegazioni vedere testo).

inibente il fouling dipende ovviamente dalle sostanze tossiche presenti nella pittura. La maggior parte è a base di composti del rame, del mercurio e dell'arsenico o di particolari composti organici o metallo-organici dello stagno e del piombo (vedi anche LAURENCE, 1967).

Il rame quasi sempre viene impiegato come Cu_2O e meno frequentemente sotto forma di polvere o di altri sali (cianuro, aceto-arsenito, ecc.).

Ottimi risultati si ottengono con il mercurio sia come ossido che come arseniato e acetoarsenito. La spiccata azione sinergica che presenta con il rame e il suo costo elevato ne limitano l'uso solo insieme a quest'ultimo metallo.

L'efficacia di una pittura antifouling viene saggiata in diversi modi, sia con prove di laboratorio, sia con prove di campo. Il primo controllo necessario è accertare se la sostanza tossica inglobata negli altri componenti ha la possibilità di liberarsi, e con quale tenore nel tempo, ciò che si esprime normalmente come tasso di lisciviazione in $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{giorno}$.

Per rispondere a questi quesiti sono necessari i seguenti tipi di prove:

a) Controllo iniziale in laboratorio delle caratteristiche chimico-fisiche ed in particolare reologiche della pittura.

b) Determinazione del tasso di lisciviazione su provette esposte per tempi crescenti in acqua di mare corrente e in mare aperto sotto la zattera sperimentale.

c) Controllo diretto dell'insediamento in uno specchio d'acqua a caratteristiche note (zattera porta pannelli situata in vicinanza di una Stazione Idrologica).

d) Controllo dinamico con apparecchiature riproducenti la velocità della nave o su pannelli sistemati sotto la carena delle navi³.

Le prove di Laboratorio per la determinazione della tossicità di un prodotto, consistono nel trattare larve ed adulti con soluzioni in acqua di mare a concentrazioni scalari delle sostanze in esame. Generalmente si ricorre all'impiego di animali da esperimento che siano disponibili tutto l'anno dato che le forme larvali degli organismi del fouling sono soggette in genere a ritmo stagionale. Le prove vengono condotte in ambienti controllati.

Come animale test il più usato è l'*Artemia salina* LEACH allo stadio larvale (*nauplius*) di 24 ore dalla schiusa e alla temperatura di 24°C. Questo crostaceo, pur non essendo un costituente del fouling, fornisce dati che possono essere indicativi anche per gli organismi del fouling, permettendo così di impostare meglio l'indagine su questi ultimi, appena diventano disponibili.

Da ricerche da noi svolte in laboratorio è risultato che la larva di *Artemia* è generalmente più resistente delle forme larvali degli organismi del fouling di fronte ai tossici normalmente adoperati a scopo antifouling, la qual cosa ci consente di stabilire le concentrazioni da esaminare sia in prove di laboratorio che di campo.

Con l'uso di questi crostacei sono state effettuate alcune esperienze allo scopo di valutare quantitativamente l'azione di sostanze notoriamente tossiche quali il rame e il mercurio comparando ad essi alcuni altri elementi non del tutto noti nella loro efficacia antivegetativa.

Le prove con *Artemia salina* venivano effettuate nel modo seguente: alcune uova di *Artemia salina* LEACH, venivano poste ad incubare a 24°C per un periodo di 48 ore. Le larve così ottenute venivano quindi prelevate dal recipiente in cui le uova erano state ad incubare e venivano poste in numero di 100 nei recipienti d'esperienza che contenevano acqua di mare preventivamente bifiltrata, aerata e termostata a 24°C. Si aggiungeva quindi la soluzione da esaminare; i recipienti venivano tenuti in bagno termostatico per 24 ore. A intervalli regolari e alla fine dell'esperienza si effettuavano controlli per osservare l'anda-

³ Il nostro Laboratorio partecipa ormai da un decennio a tali studi e ricerche in sede internazionale e attualmente quale unico organismo nazionale nel Comitato Internazionale Permanente per la Preservazione dei Materiali immersi nell'ambiente marino. In particolare collabora con i Laboratori dell'Ammiragliato Britannico, con Stazioni Oceanografiche Francesi e con i Laboratori Olandesi del T.N.O.

mento dell'avvelenamento degli animali e per poter ottenere le curve di mortalità. Venivano considerate morte quelle larve che giacevano sul fondo del recipiente e che non reagivano a stimoli meccanici.

I risultati venivano quindi tabulati e dai valori medi si ricavava il TLm 24 (limite medio di tollerabilità a 24 ore) che esprimeva la dose di tossico letale al 50 % della popolazione dopo 24 ore. Naturalmente il 50 % di mortalità si otteneva per estrapolazione in carta semilogaritmica. Questo metodo è ampiamente adoperato specialmente dagli Autori americani.

Il controllo della mortalità veniva effettuato al microscopio da dissezione. Per ogni serie di recipienti contenenti le diverse concentrazioni della sostanza da esaminare sempre in doppio, erano presenti due recipienti in cui le larve erano poste in H₂O mare pura le cui caratteristiche chimico-fisiche venivano registrate di volta in volta.

A titolo di esempio riportiamo alcune delle prove effettuate:

Le prove con il CuSO₄ hanno dato i seguenti risultati:

Artemia salina LEACH a 24 ore dalla schiusa

Soluzioni di	CuSO ₄	1 mg/l	5 mg/l	10 mg/l	controllo
% morti dopo 24 ore (valori medi) di 4 prove in doppio		52 %	80%	97 %	0,5 %

Il valore di TLm 24 per questi animali è risultato essere di 0,8 mg/l.

Nauplius di *Balanus perforatus*

Soluzioni di	CuSO ₄	0,5 mg/l	1 mg/l	2 mg/l	controllo
% morti 24 ore (valori di 4 prove in doppio)		20 %	40 %	87 %	7 %

Le prove su questi nauplius che venivano fatti nascere in laboratorio da uova di *B. perforatus* maturi, data l'alta mortalità riscontrata nei controlli hanno solo carattere indicativo. Per lo stesso motivo non si è ritenuto opportuno calcolare il valore di TLm 24.

Ciona intestinalis di 5 cm lunghezza

Soluzioni di	CuSO ₄	1 mg/l	5 mg/l	controllo
% morti 24 ore (valori medi)		12,5 %	97,5 %	0 %

Il valore di TLm 24 è di 2,4 mg/l.

Diversi altri sali sono stati provati in Laboratorio allo scopo di saggiare la tossicità di alcuni elementi chimici nei confronti di *Artemia salina* a 24 ore dalla schiusa e di *Balanus amphitrite* DARW. adulti. La Tabella 1 fornisce i valori

di TLM 24 (ottenuti in base a 4 esperienze eseguite in doppio) per alcuni di questi sali, che vengono confrontati con il CuSO_4 .

TAB. 1. TLM 24.

	<i>Artemia</i>			<i>Balanus amphitrite</i>		
	Sale idrato g/l	S. anidro g/l	Elem. g/l	Sale idrato g/l	S. anidro g/l	Elem. g/l
$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	3,2	1,7	0,66	3,3	1,8	0,69
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	1,4	0,76	0,34	—	—	—
CsCl	4,5	4,5	0,27	10	10	7,88
LiCl	2	2	0,32	13	13	2,12
CuSO_4	0,0008	0,0008				

Dalla Tabella 1 appare evidente la differenza di tossicità tra il CuSO_4 con un TLM 24 di 0,0008 g/l e i due sali di Nichel con TLM 24 pari a 3,2 g/l e 1,4 g/l, che pure mostrano una certa tossicità, specialmente se confrontati con i sali CsCl e LiCl , i quali presentano TLM 24 molto alti. Analogamente per *Balanus amphitrite* si può rilevare dalla Tabella 1 che la tossicità dei sali di Cs e Li è di gran lunga inferiore a quella dei sali di Nichel.

Tali prove di laboratorio sono state ampiamente convalidate da prove di

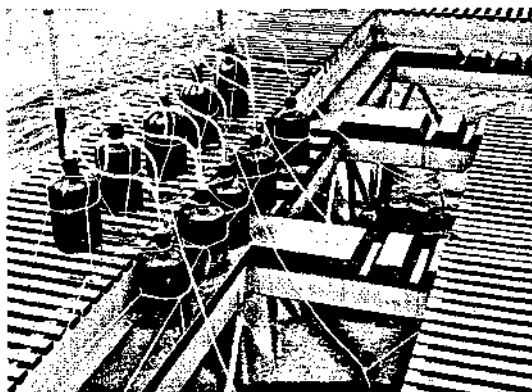


FIG. 3. Vasi di riserva delle soluzioni in esame e dispositivo per il mantenimento del battente costante.

campo con i suddetti sali, usando il sistema dei vasi porosi, ideato dal Direttore del nostro Laboratorio e che ha già fornito ottimi risultati nello studio del pH dei substrati (MOR, 1967, 1968; RELINI, 1968).

Il dispositivo sperimentale (Fig. 3) è costituito da vasi porosi di materiale e porosità determinate, riempiti delle soluzioni in istudio e mantenuti immersi nell'ambiente marino.

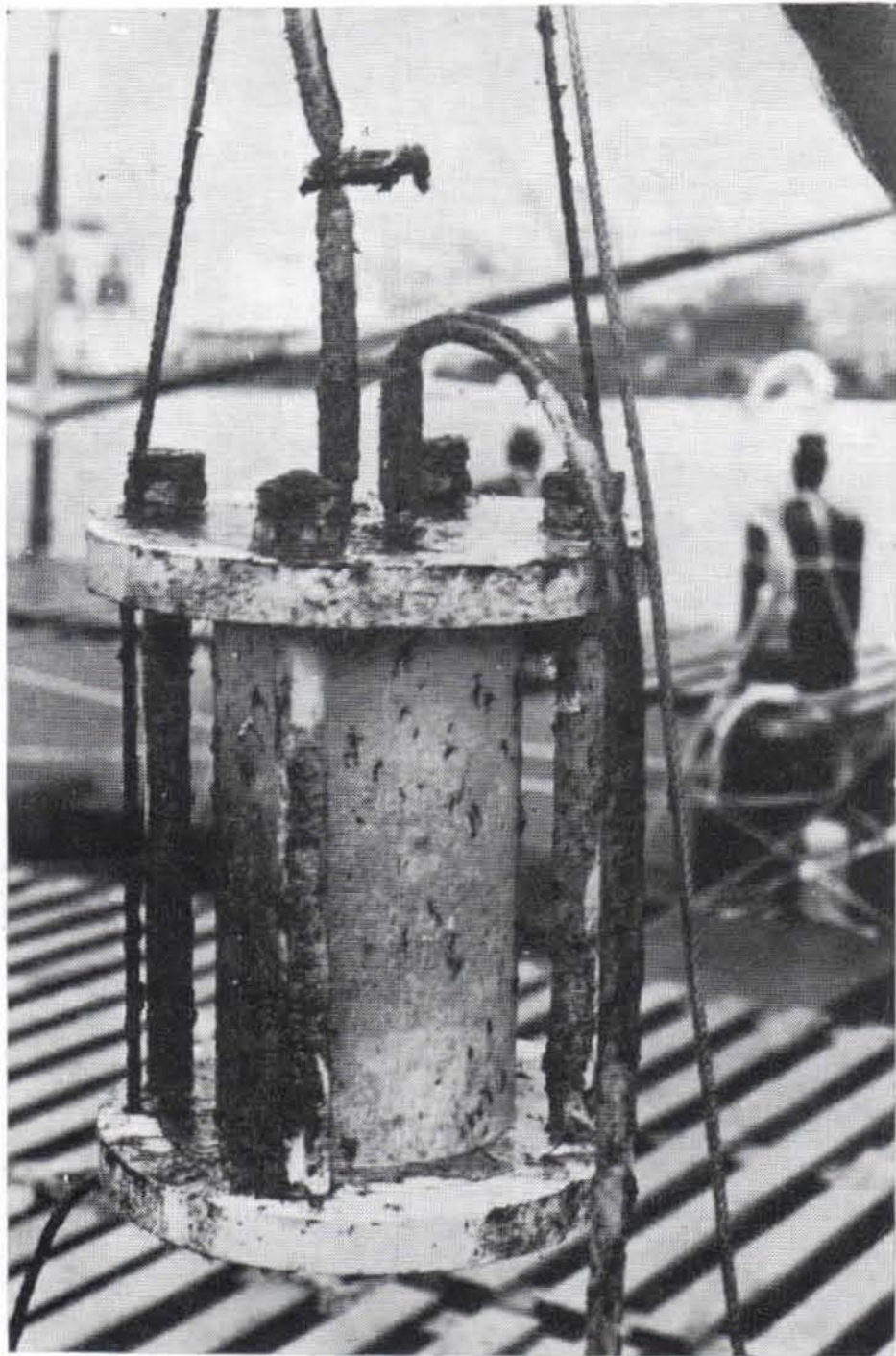


FIG. 4. *Parte immersa del dispositivo sperimentale contenente la parete porosa. Dai recipienti posti sulla zattera, illustrati nella foto precedente, la soluzione in esame arriva all'interno della struttura filtrante mediante un tubo di politene. L'efflusso è regolato in modo che la velocità sia costante.*

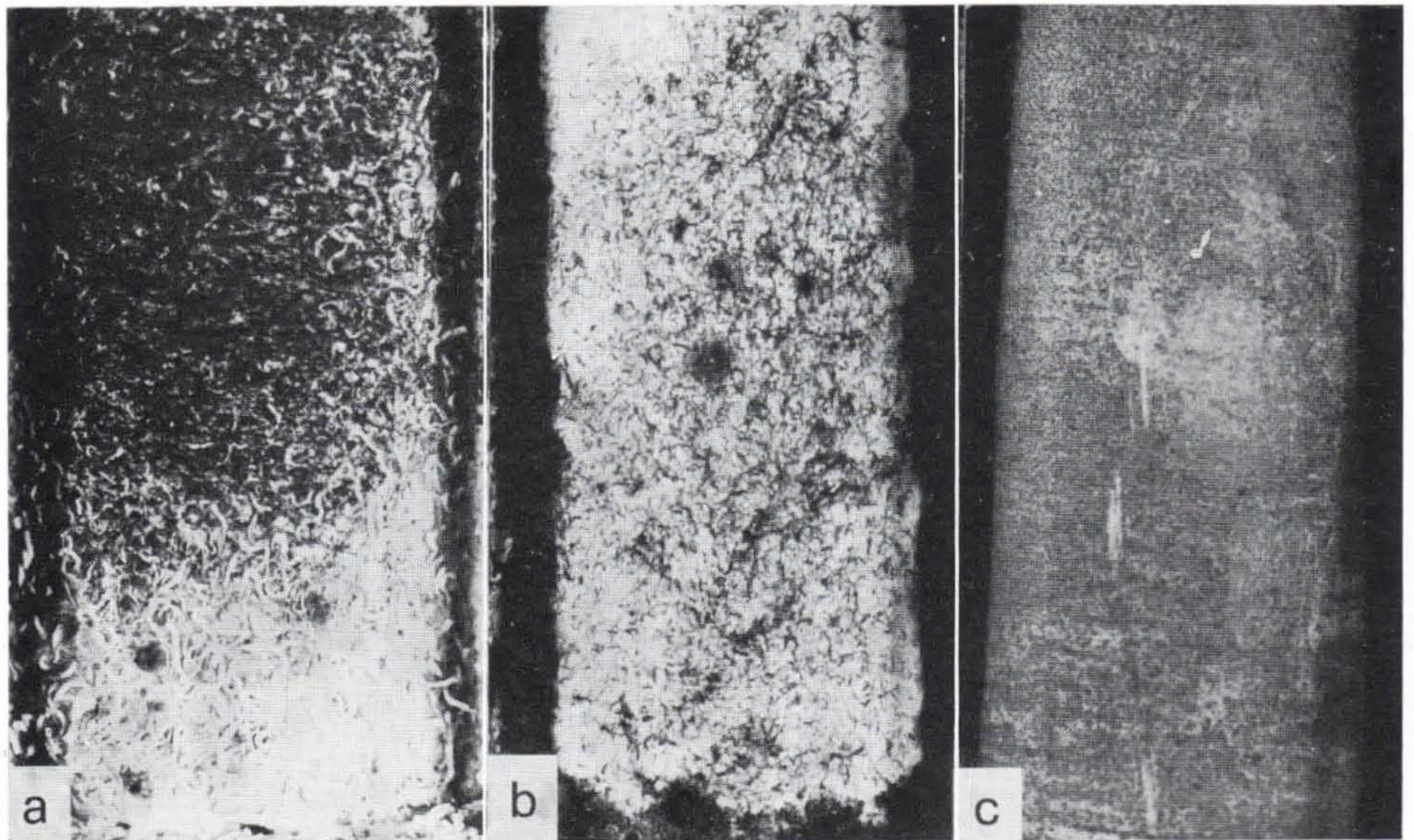


FIG. 5. *Particolari di vasi porosi rimasti immersi per 34 giorni. a) Sul vaso filtrante acqua di mare (controllo) si osserva un denso insediamento soprattutto di Serpulidi e di Alghe. Si scorgono anche alcuni Balani. b) Vaso filtrante una sostanza che ha impedito l'insediamento dei Serpulidi e dei Balani, ma non quello delle Alghe. c) Sostanza che ha inibito ogni forma di insediamento.*

La sostanza in esame filtra lentamente (il flusso è di circa 1 1/24 h) attraverso la parete porosa (Fig. 4). L'efficacia di una soluzione viene determinata in base alla selezione qualitativa e quantitativa operata sugli organismi insediati rispetto ai vasi di controllo filtranti acqua di mare.

Nella Fig. 5 sono illustrate tre situazioni: *a*) controllo, con denso insediamento di Serpulidi, Alghe e Balani; *b*) sostanza parzialmente inibente il fouling: si sono insediate solo Alghe; *c*) sostanza inibente l'insediamento del fouling. Le prove sono durate 34 giorni.

Quanto sopra esposto nei riguardi dei sali saggianti e delle metodiche seguite vuole essere in questa comunicazione — come abbiamo già detto — soltanto a titolo esemplificativo. Le ragioni che hanno indotto il nostro Laboratorio ad interessarsi di questo argomento ed i risultati più ampi e dettagliati saranno pubblicati a parte.

Comunque le esperienze che abbiamo ricordato sono tra i controlli più importanti per la ricerca di nuove sostanze antifouling. Quelle attualmente in uso infatti sono solo parzialmente efficaci o gravemente inquinanti. Non è possibile infatti trascurare il grande problema dell'inquinamento, che in alcuni tratti delle nostre coste ha già assunto aspetti preoccupanti. Occorrerà pertanto essere guardinghi nell'uso dei tossici in alte dosi che arrecherebbero danni a distanza di luogo e di tempo probabilmente molto più gravi di quelli provocati localmente dal fouling. Il problema quindi rimane aperto e, per le sue implicazioni pratiche, quanto mai attuale per i paesi marittimi ed in particolare per l'Italia che ha uno sviluppo costiero superiore a 8000 km. ed acque che favoriscono un intenso fouling.

BIBLIOGRAFIA

- CALLAME, B., 1965: Influence des salissures marines sur la corrosion des carènes de navires. Peintures, pigments, vernis 41, n. 10, 616-618.
- CRISP, D. J. and A. P. AUSTIN, 1960: The action of copper in antifouling paints. *Ann. Appl. Biol.* 48, n. 4, 787-799.
- DE WOLF, P., 1964 a: Barnacle fouling in aged antifouling paints, a survey of pertinent literature and some recent observation. Report n. 64 C of Netherlands' Research Centre T.N.O. for Shipbuilding and Navigation, 1-17.
- , 1964 b: The distribution of Barnacles on aged antifouling paints; consequences and a new hypothesis. *Congres International de la Corrosion marine et des Salissures, Cannes*, 381-387.
- , 1968: The problem of quality control in antifouling. *J. Oil Col. Chem. Assoc.* 51, 944-960.
- DE WOLF, P. and A. M. VAN LONDEN, 1966: Anti-fouling Compositions. *Nature* 209, n. 5020, 272-274.
- HOUGHTON, D. R., 1968: Mechanisms of Marine Fouling. *Biodet. Mat. Microbiol. and Allied Aspects* 55-61.

- LAURENCE, C. D., 1967: Antifouling paints and processes. *The Engineer*. June 1967.
- MOR, E., 1963: Fouling et corrosion dans l'eau de mer. *Navire, Port et Chantiers* (Numero special sur la corrosion marine) n. 156.
- , 1964: Metodi di controllo delle pitture anti vegetative. *Atti IV Convegno dei Chimici d'Italia*, Milano.
- , 1967: Alterazione dei valori della concentrazione degli ioni idrogeno nell'acqua marina e sua influenza sull'insediamento degli organismi del fouling. *Rassegna Chimica* n. 6.
- , 1968: Variations de la concentration des ions hydrogene dans l'eau de mer et son influence sur la fixation des organismes du fouling. *Atti II Congr. Internaz. della Corrosione e Incrostazione marina*. Atene.
- RELINI, G., 1968: Fouling e natura del substrato: alcune osservazioni sperimentali nel porto di Genova. *Boll. Zool.* 35,
- REDFIELD, A. C. and L. W. HUTCHINS, 1952: Problems of fouling. *Marine fouling and its prevention*. Annapolis, U.S. Naval Institute.
- UHLIG, H. H., 1953: *The Corrosion Handbook*. J. Wiley & Son, New York.
- WISELY, B., 1964: An antifouling and anti-corrosion system. *Nature* 203, 1132-1133.

Dr. G. RELINI e Dr. S. GERACI, Reparto di Biologia Marina, Laboratorio per lo studio della Corrosione Marina dei Metalli del C.N.R., via Mercanzia 4, 16123 Genova, Italia.

Alcuni aspetti dell'accrescimento dei Balani nel Porto di Genova

di

GIULIO RELINI e LIDIA RELINI ORSI

(Dal Laboratorio per la Corrosione Marina dei Metalli del C.N.R., Genova
e dall'Istituto di Anatomia e Fisiologia Comparate dell'Università di Genova)

4 Figure

Summary. The settlement and growth (expressed by measuring the rostrocarenal diameter) of 4 species of *Balanus* (*B. amphitrite* DARW., *B. eburneus* GOULD, *B. trigonus* DARW. and *B. perforatus* BRUG.) in harbour environment have been described.

The animals, settled on atoxic panels, have been thinned out, cleared from fouling and regularly measured for one year. Observations on three successive generations (June, August and October), at three different depths (- 0,5; - 8; -16 metres), show optimal conditions for the settlement and growth of each species.

Riassunto. Gli Autori descrivono l'accrescimento (mediante misurazione del diametro rostro-carenale) di 4 specie di Balani (*B. amphitrite* DARW., *B. eburneus* GOULD, *B. trigonus* DARW. e *B. perforatus* BRUG.) in ambiente portuale.

Gli animali, insediati su pannelli atossici, sono stati diradati, liberati dal fouling e misurati per un anno; l'esame di tre generazioni successive (di giugno, agosto ed ottobre) e di tre profondità (- 0,5; - 8; - 16 metri) mette in rilievo le condizioni ottimali di insediamento e di accrescimento delle singole specie.

INTRODUZIONE

Molti dati sono stati raccolti sui periodi di insediamento ed i ritmi di accrescimento di Balani in acque temperate; in genere queste osservazioni riguardano specie che vivono tra i limiti di marea o in condizioni di completa sommersione, ma in acque superficiali, come *Balanus balanoides* (L.) (RUNNSTRÖM, 1925; HATTON e FISCHER-PIETTE, 1932; MOORE, 1934; FULLER, 1946; PYEFINCH, 1948; CORLETT, 1948; BARNES, 1952-53, 1955; BARNES e POWELL, 1953; BARNES e BARNES, 1958, 1959 a, 1959 b), *Balanus crenatus* BRUG. (TOPSENT, 1911; PYEFINCH, 1948; CORLETT, 1948; BARNES e BAGENAL, 1951; BARNES e POWELL, 1953; CRISP, 1960), *Balanus improvisus* DARW. (VAN BREEMEN, 1934; WEISS, 1948; COSTLOW e BOOKHOUT, 1953, 1957; BLOM, 1965), *Balanus balanoides* (L.) DA COSTA (CRISP, 1954; BARNES e BARNES, 1954), *Elminius modestus* DARW. (CRISP, 1960; BARNES e BARNES, 1962).

Secondo BARNES e BARNES (1959) l'accrescimento annuale di molte specie di Cirripedi in acque temperate presenta una fase di incremento rapido che segue all'insediamento primaverile, poi un rallentamento estivo e una prolungata stasi durante l'autunno e l'inverno. BARNES (l.c.) correla questi ritmi soprattutto

alla disponibilità dell'alimento, avendo potuto mettere in evidenza che una stessa specie, *Balanus balanoides* (L.), mostra sulle coste americane una curva di accrescimento diversa da quella che si riscontra in Europa: in corrispondenza con una particolare abbondanza di diatomee, che si verifica in inverno a Woods Hole, è possibile un accrescimento vivace anche nella stagione più fredda.

Nelle acque del Golfo di Genova sono presenti quattro specie di Balani (RELINI, 1962, 1964 a, b): *B. amphitrite* DARW., *B. eburneus* GOULD., *B. trigonus* DARW., *B. perforatus* BRUG., che sono caratterizzati da una diversa distribuzione verticale (RELINI, 1966 b; RELINI e GIORDANO, 1969) in un intervallo di 16 m controllato sperimentalmente col sistema dei pannelli atossici fissati ad una zattera (attrezzatura del C.N.R., molo Cagni, Genova). Non esistono osservazioni sull'accrescimento dei Balani nel Mediterraneo, ma delle specie citate, sono stati studiati *Balanus eburneus* a Woods Hole (GRAVE, 1933) e a Miami (MOORE e FRUE, 1959), *Balanus amphitrite* alle Hawaii (EDMONSON e INGRAM, 1939), a Pearl Harbor (EDMONSON, 1944) e a Miami (MOORE e FRUE, l.c.) e *Balanus trigonus* (WERNER, 1967) a Miami.

Ci è parso interessante studiare l'accrescimento di queste specie nelle acque del Porto di Genova considerando diverse generazioni e diverse profondità. Una conoscenza di base dei ritmi di accrescimento, a parte i riflessi pratici legati al fenomeno, data l'incidenza dei Balani sulla massa totale del fouling (RELINI, 1966 a, 1968) è necessaria per approfondire in seguito i processi citologici della costruzione del guscio calcareo delineati da COSTLOW per *Balanus improvisus* (1956), ma in gran parte tuttora sconosciuti.

MATERIALI E METODI

Pannelli atossici di materiale fibrocementizio, neutralizzati e lavati a lungo in acqua di mare, sono stati immersi dalla zattera del Laboratorio per la Corrosione Marina dei Metalli (Genova, estremità SE di Molo Cagni) alle profondità di 0,5 m, 8 m e 16 metri.

Poiché il periodo di insediamento dei *cypris* va dalla primavera all'autunno, questa serie è stata ripetuta tre volte, nel giugno, agosto e ottobre 1967, al fine di raccogliere tre generazioni successive di Balani e confrontarne l'accrescimento.

A insediamento avvenuto, i Balani sono stati ridotti in numero, così da lasciare sul pannello gli individui a distanze di almeno 1 cm gli uni dagli altri (Fig. 1), ciascun individuo, così isolato, disponendo dello spazio sufficiente per accrescersi in modo regolare. I singoli Balani sono stati identificati con una sigla riferita ad una mappa del pannello; questo con ispezioni periodiche, veniva tenuto sgombro dagli organismi insediati in tempi successivi e fotografato.

Se si escludono le forme distorte o sopraelevate a calice, che si ottengono in condizioni di affollamento, l'accrescimento si può misurare con parametri relativamente semplici. Noi abbiamo usato il diametro di base misurato sull'asse rostro-carenale (HATTON, 1938); le misure sono state eseguite a intervalli di una settimana per le prime 10 settimane, poi ad intervalli di un mese fino al settembre 1968.

I grafici (Fig. 2 e seguenti), salvo diversa indicazione, rappresentano le medie delle misure ottenute da gruppi di almeno 10 individui.

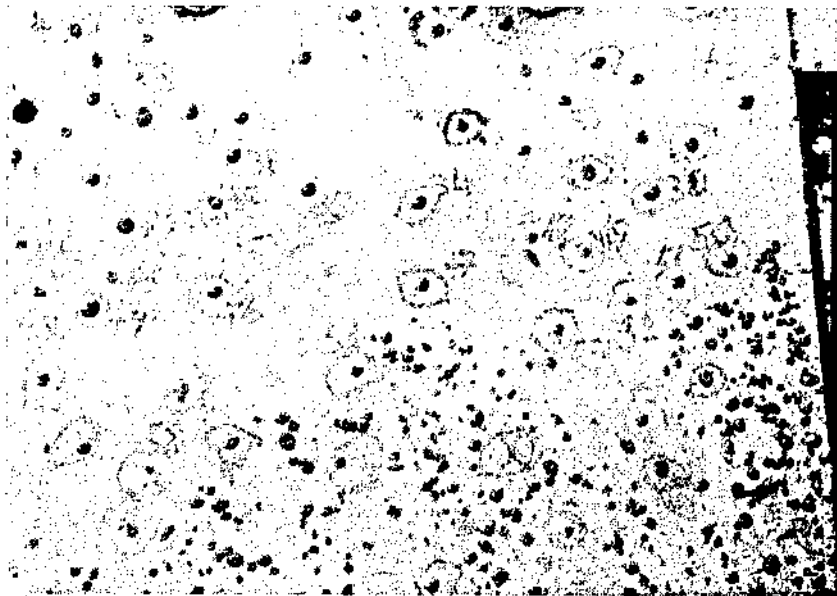


FIG. 1. Porzione di un pannello tossico durante l'operazione di scelta ed isolamento dei Balani.

ACCRESIMENTO DI *Balanus amphitrite*

Balanus amphitrite è presente a tutte le profondità considerate, nei tre periodi prescelti, con l'insediamento più numeroso: questa specie rappresenta quasi da sola la popolazione di Balani che si insedia nel mese di ottobre.

La Fig. 2 rappresenta le curve di accrescimento del guscio, misurato col diametro rostro carenale (in ascisse) di tre successive generazioni di *Balanus amphitrite* (linee intere), di giugno, agosto e ottobre su pannelli superficiali, ma in condizioni di costante sommersione. I gruppi considerati erano formati da 26, 24 e 30 individui. La curva contrassegnata da cerchietti indica le temperature medie mensili dell'acqua di mare ad un metro di profondità. L'accrescimento non appare strettamente correlato alle variazioni di temperatura. I Balani insediati a giugno hanno raggiunto molto presto le dimensioni assolute maggiori e poi vivono senza accrescersi ulteriormente fino al maggio successivo. Il gruppo di agosto si accresce allo stesso modo ed ha circa la stessa durata vitale. Il gruppo di ottobre ha un accrescimento iniziale limitato, ma una ripresa primaverile precoce che lo porta nell'agosto successivo alle stesse dimensioni finali del gruppo di giugno.

Nella stessa figura sono riportate le curve di accrescimento di *Balanus amphitrite* (linee tratteggiate) a 8 m di profondità. I gruppi erano formati da 39 individui a giugno, 23 ad agosto e 30 a ottobre.

Le prime due curve sono simili a quelle ottenute al livello superficiale, ma le dimensioni assolute sono minori. Il gruppo di ottobre invece ha mostrato un accrescimento lento e ininterrotto per tutto l'inverno.

La temperatura dell'acqua a questo livello è molto simile a quella misurata in superficie.

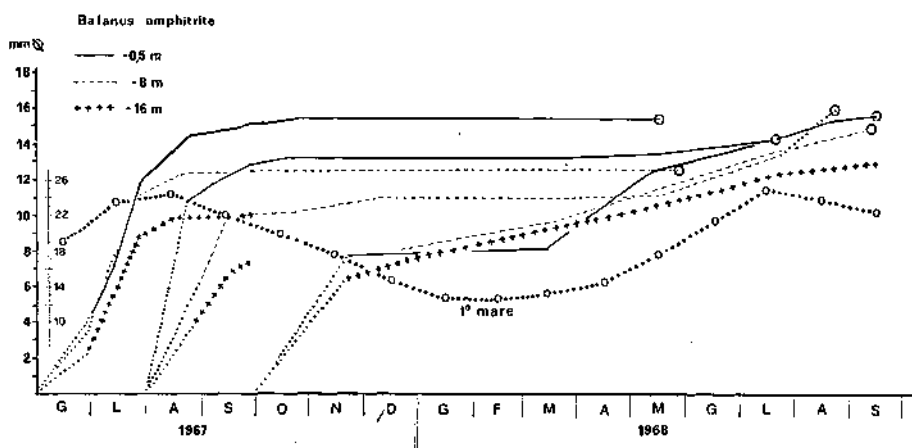


FIG. 2. Curve di accrescimento di *B. amphitrite* insediati su pannelli immersi a - 0,5 m, - 8 m e - 16 m di profondità a partire da giugno, agosto ed ottobre del 1967. La curva a punti e cerchietti esprime l'andamento della temperatura dell'acqua (valori medi mensili misurati ad 1 m di profondità). Sulle ordinate le misure del diametro rostro-carenale espresse in mm. Le porzioni punteggiate delle curve indicano l'accrescimento dei primi giorni.

Ancora nella Fig. 2 sono riportate le curve di accrescimento di *B. amphitrite* (linee a crocette) a 16 metri di profondità. I gruppi erano costituiti da 10 individui a giugno, 18 ad agosto e 31 ad ottobre. I primi due gruppi, dopo un periodo di accrescimento rapido, sono morti precocemente entro settembre, probabilmente per la forte competizione di *Balanus trigonus* e *Balanus eburneus* (vedi oltre).

Il gruppo di ottobre, invece, che occupava da solo il substrato a disposizione ha mostrato un accrescimento praticamente ininterrotto per tutto l'inverno, la primavera e l'estate successiva; questi Balani tuttavia si sono ridotti ad una diecina in agosto e di questi uno solo era ancora presente al dicembre 1968 con un'età di 14 mesi e dimensioni di mm 12,5.

ACCRESIMENTO DI *Balanus eburneus*

Non è stato possibile ottenere *cypris* di questa specie a ottobre né su pannelli superficiali: i gruppi considerati erano quindi quattro e riguardavano i mesi di giugno e di agosto e le profondità di 8 e di 16 metri (Fig. 3 linee intere e punteggiate): gli individui erano rispettivamente 25 (giugno, -8 m), 22 (giugno, -16 m), 4 (agosto, -8 m), 20 (agosto, -16 m).

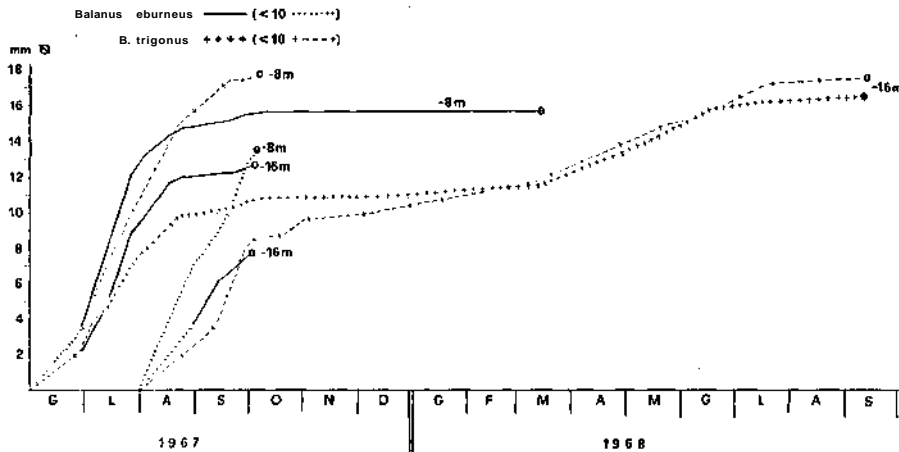


FIG. 3. Curve di accrescimento del guscio di *B. eburneus* e *B. trigonus*. In ottobre non c'è stato insediamento. Quando gli individui considerati sono meno di 10 la linea è punteggiata per *B. eburneus* e tratteggiata con crocette per *B. trigonus*.

I gruppi di agosto hanno avuto vita molto breve (2 mesi al massimo), per quanto si siano accresciuti nel mese di settembre in maniera del tutto simile a quelli di giugno. Tra questi ultimi il campione a 16 metri di profondità è morto entro lo stesso mese di settembre, mentre il gruppo di giugno non solo ha mostrato dimensioni medie maggiori, ma è sopravvissuto ancora sei mesi in condizioni stazionarie, terminando al marzo successivo con dimensioni medie di diametro di circa 15,5 mm.

In questo gruppo si è registrato il maggior aumento di diametro in senso assoluto: due individui misuranti mm 3,5 il 29 giugno sono arrivati a mm 13,5 il 27 luglio successivo.

ACCRESIMENTO DI *Balanus trigonus*

L'insediamento di *Balanus trigonus* è avvenuto in giugno e in agosto, con netta prevalenza del gruppo di giugno del pannello più profondo (37 individui in confronto di 4 nel pannello di giugno a -8 m e di 5 individui nel pannello di agosto a -16 m di profondità).

Il gruppo in questione (grafici in Fig. 3, linee a crocette e tratteggiate con crocette) ha mostrato un accrescimento iniziale accentuato che ha portato alcuni individui a raggiungere 1 cm di diametro rostro carenale in agosto e poi un accrescimento più lento ma continuo per i mesi di settembre, ottobre, gennaio, febbraio.

Una breve interruzione si è verificata soltanto nei mesi di ottobre e di novembre. Si è osservata poi una ripresa primaverile fino al raggiungimento di oltre 16 mm al compimento di un anno. Al settembre 1968 molti individui del gruppo erano ancora vitali e in fase di accrescimento.

ACCRESIMENTO DI *Balanus perforatus*

Balanus perforatus non è stato trovato sui pannelli di ottobre; ad agosto è stato possibile ottenere soltanto due gruppi di 3 individui a 8 e 16 metri di profondità: questi ultimi sono morti entro ottobre, mentre dei primi uno solo ha superato l'inverno arrivando alla primavera successiva. Degli esemplari fissati in agosto non è stato quindi possibile costruire la curva di accrescimento.

Tra i *Balanus perforatus* insediati a giugno, uno solo si era fissato sulla

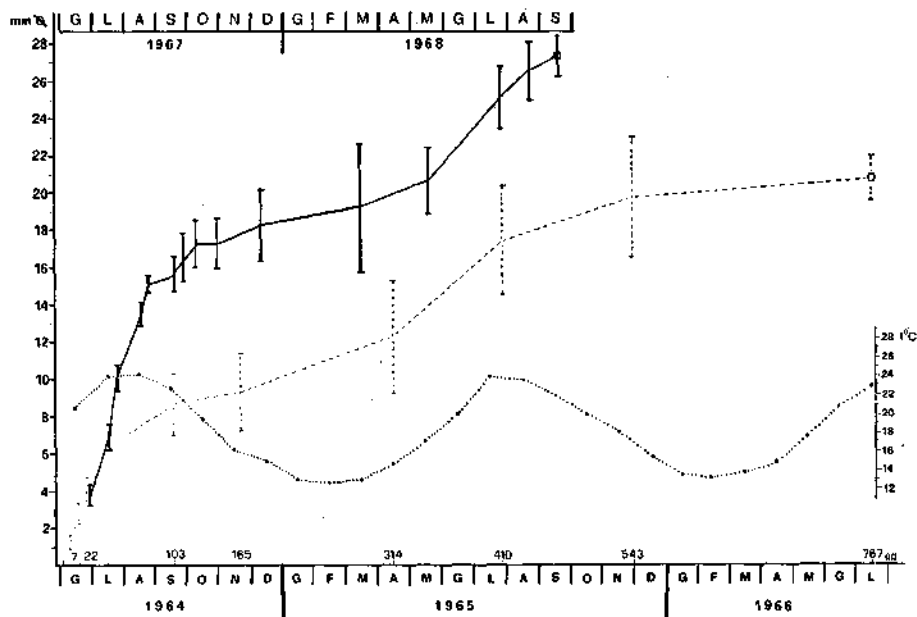


FIG. 4. Curve di accrescimento del guscio di *B. perforatus* insediati nel giugno 1964 (linea tratteggiata) e nel giugno 1967 (linea intera); i segmenti verticali rappresentano l'intervallo fiduciale delle medie. La linea punteggiata esprime la temperatura del mare (medie mensili) dal 1964 al 1966 e perciò va riferita soltanto alla prima delle due curve di accrescimento.

piastra più profonda, morendo entro il primo mese, mentre un gruppo di 7 del pannello superficiale, ai quali si riferisce il grafico (Fig. 4 linea intera), mostrano una curva di accrescimento ininterrotto con due fasi di incremento più rapido corrispondenti ai mesi più caldi; nel settembre 1968 alcuni esemplari di grandi dimensioni (diametro r.c. medio cm 2,6) e di età 15 mesi mostravano di essere ancora in accrescimento.

Dato lo scarso numero di individui disponibili in questa serie sperimentale, riteniamo utile riportare altri dati raccolti negli anni 1964, 1965 e 1966 su 10 individui di *Balanus perforatus* scelti tra un gruppo di circa cinquanta insediati su un pannello superficiale; non tutti erano però perfettamente isolati.

Anche in questo caso (Fig. 4 linea tratteggiata) l'accrescimento appare continuo nei due anni considerati: a 25 mesi di età era di entità modesta, ma ancora in atto.

Le dimensioni medie di questo gruppo tuttavia erano inferiori a quelle del gruppo precedente probabilmente in relazione al fatto che ciascun individuo aveva a disposizione uno spazio più limitato. Nel grafico è riportato l'andamento delle temperature medie mensili, (2. a curva dall'alto) e l'incremento medio del diametro rostro carenale (linea tratteggiata) ottenuto come differenza tra due punti consecutivi della prima curva.

DISCUSSIONE

La composizione dei campioni di popolazione a Balani considerati in questa ricerca, è in buon accordo con rilevamenti numerici più estesi, eseguiti nello stesso ambiente, per determinare l'incidenza delle quattro specie alle diverse profondità (RELINI e GIORDANO, 1969). *Balanus amphitrite* è la specie più diffusa sia per numero totale, sia per distribuzione verticale, sia per durata dell'insediamento; essa rappresenta da sola l'intera popolazione a Balani che è stato possibile raccogliere sui pannelli nel mese di ottobre.

Il fatto che un popolamento di *B. amphitrite* esista ai tre livelli e alle tre epoche considerate, permette di cogliere qualche aspetto dell'incidenza dei fattori ambientali sull'accrescimento.

Riguardo alle caratteristiche fisico-chimiche dell'ambiente marino in cui è stata condotta la ricerca, nessuno dei fattori controllati (temperatura, salinità, pH, ossigeno disciolto)¹ mostra una variazione così spiccata dall'uno all'altro livello da sembrare da solo determinante sul differente comportamento della specie in esame. Altri fattori molto importanti, sui quali per il momento non abbiamo precise indicazioni, sono l'inquinamento delle acque, sempre presente in un ambiente portuale per quanto la zona di esperienza sia il più possibile

¹ Dati raccolti dalla stazione idrologica del Laboratorio per la Corrosione Marina dei Metalli del C.N.R.

prossima al mare aperto, e la distribuzione verticale dell'alimento (plancton ed eventualmente detrito) nella stessa zona, durante l'anno. Rispetto alla distribuzione verticale e alle tre successive generazioni, il gruppo di individui che presenta l'accrescimento maggiore nel tempo più breve è quello superficiale con la generazione di giugno. Questa generazione e questo livello sembrano dunque ottimali; tuttavia poco diversi risultano sia il livello inferiore, sia la generazione successiva. Invece la terza generazione di *B. amphitrite* mostra un comportamento diverso: l'accrescimento iniziale è modesto qualunque sia il livello considerato, ma non presenta interruzioni o almeno ha una precocissima ripresa; le dimensioni degli altri gruppi vengono così raggiunte entro un anno e talora superate perché la generazione in questione ha una maggiore durata vitale.

È evidente che nel caso di *B. amphitrite* si riscontra un accrescimento tipico solo nelle prime due generazioni; quindi più che a fattori nutritivi sembra si debba ricorrere a fattori interni (è una osservazione comune che un individuo più giovane si accresca più rapidamente di uno di età più avanzata), mentre la disponibilità d'alimento nell'autunno rimane evidentemente la stessa ad un dato livello. D'altra parte anche variando la profondità essa non deve cambiare in maniera sensibile dato che i tre gruppi di ottobre di 0, - 8, - 16 m, hanno un comportamento molto simile.

Le altre specie di Balani presenti nello stesso ambiente hanno una distribuzione più limitata nel tempo e nello spazio.

Balanus perforatus è l'unica specie che si è affiancata a *B. amphitrite* sui pannelli superficiali; l'insediamento però è avvenuto soltanto all'inizio della estate. Questo *Balanus* è di più grandi dimensioni, ma compare con un numero inferiore di esemplari, probabilmente perché meno tollerante delle acque inquinate: passando dal porto alle acque aperte, il rapporto *B. amphitrite/B. perforatus* si sposta in favore di quest'ultimo (ricerca tuttora in corso).

La curva di accrescimento di questa specie sembra soggetta a cicli annuali, con massimi che si verificano nell'estate: è probabile che si tratti della specie più longeva tra quelle considerate, forse avvicicabile, per ciclo vitale, a *B. balanus* che conserva nel guscio calcareo le tracce di più cicli di accrescimento annuali (CRISP, 1954).

Balanus eburneus è risultato presente ai livelli medi e profondi con insediamento caratteristico della piena estate: la curva di accrescimento appare del tutto simile a quella di *B. amphitrite* e il ciclo vitale breve.

B. trigonus, limitatamente al mese di giugno e alla profondità maggiore, ha sostituito *B. amphitrite*: in questo gruppo si è inoltre constatata una durata vitale superiore all'anno: anche la curva di accrescimento lascia intravedere un ciclo annuale che si ripete. È probabile che il differente comportamento delle specie riguardo all'accrescimento e ai fenomeni riproduttivi siano strettamente correlati. *B. amphitrite* e *B. eburneus* in relazione ad una più breve du-

rata vitale potrebbero raggiungere prestissimo la maturità (1-2 mesi dall'insediamento) ed impiegare le loro energie, in seguito, unicamente nella produzione di nauplii. *B. trigonus* e *B. perforatus* invece con una durata vitale maggiore compenserebbero una produzione di larve che ha luogo prevalentemente nell'estate.

Se si considera l'insediamento dei Balani nel suo insieme, esso si svolge nel tempo con un netto massimo estivo a cui contribuiscono le 4 specie. Dopo pochi mesi rimane unicamente *B. amphitrite*. Se si esclude quest'ultimo caso, in senso verticale, diversi livelli considerati, mostrano una variazione della composizione della comunità, dato che alcune specie appaiono decisamente orientate per una data profondità (il caso più tipico è quello dei *B. trigonus*).

È interessante confrontare i dati raccolti con quelli segnalati per le stesse specie dagli A.A. citati.

Secondo MOORE e FRUE (1959) solo in due mesi invernali *B. eburneus* presenta un accrescimento di meno di 10 mm in un mese, valore un po' superiore a quello registrato a Woods Hole (GRAVE, 1933) dove la misura massima a circa 1 anno è di 20 mm. Per *B. amphitrite*, MOORE e FRUE ritengono i loro dati comparabili con quelli di EDMONSON e INGRAM (1959) e di EDMONSON (1944): 15 mm in 28 giorni e 24 mm in un anno. Essi segnalano ancora che a differenza di *B. eburneus*, *B. amphitrite* non è tollerante di basse salinità. WERNER (1967) riscontra che a Miami l'insediamento di *B. trigonus* presenta due massimi (in primavera e in autunno) e due minimi (agosto e dicembre). La profondità preferenziale (studiata con pannelli immersi da 0 a 4 m) non è ben definita, ma l'insediamento maggiore avviene a 3 m, forse per la minore competizione con altri organismi. Misurati ogni due settimane per 28 settimane, da gennaio a luglio, gruppi di *B. trigonus* mostrano un accrescimento rapido nelle prime 10 settimane, poi una graduale diminuzione; i valori medi sono 10 mm a 8 settimane e 15 mm alla fine dell'esperienza. Confrontato con una serie crescente di temperature, l'accrescimento tipo di *B. trigonus* aumenta più o meno periodicamente. Questo indica che altri fattori, oltre a quello citato possono essere in giuoco nel determinare l'accrescimento stesso. Le dimensioni massime delle quattro specie riscontrate nelle nostre acque appaiono in genere inferiori a quelle della Florida e più simili a quelle di Woods Hole.

Ai fini dello studio della costruzione del guscio calcareo risulta che i fenomeni più vivaci si riscontrano nel periodo che va da giugno ad agosto e in particolare nelle specie *B. amphitrite* e *B. perforatus* se si dispone di individui insediati su pannelli superficiali. A profondità intermedia lo stesso fenomeno si riscontra in *B. eburneus*. Quando poi si vogliono cogliere in attività nella stagione meno favorevole come l'autunno e l'inverno gli stessi meccanismi citologici, allora è opportuno ricorrere a *B. amphitrite*, purché di recente insediamento, a *B. trigonus* a 16 metri di profondità, oppure a *B. perforatus* su pannelli superficiali.

BIBLIOGRAFIA

- BARNES, H., 1952-53: The effect of light on the growth rate of two barnacles *Balanus balanoides* (L.) and *B. crenatus* BRUG. under condition of total submergence. *Oikos*. 4, 104-111.
- , 1955: The growth rate of *Balanus balanoides* (L.). *Oikos*. 6, 109-113.
- BARNES, H. and T. B. BAGENAL, 1951: Observations on *Nephrops norvegicus* (L.) and on a epizoic population of *Balanus crenatus* BRUG. *Jour. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 30, 369-380.
- BARNES, H. and M. BARNES, 1954: The general biology of *Balanus balanoides* (L.) DA COSTA. *Oikos*. 5, 63-76.
- , 1958: The rate of development of *Balanus balanoides* larvae. *Oceanogr. and Limnol.* 3, 29-32.
- , 1959 a: A comparison of the annual growth patterns of *Balanus balanoides* (L.) with particular reference to the effect of food and temperature. *Oikos*. 10, 1-18.
- , 1959 b: Some parameters of growth in the common intertidal barnacle, *Balanus balanoides* (L.). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 38, 581-587.
- , 1962: The growth rate of *Elminius modestus* (CRUST., CIRRIPIEDIA) in Scotland. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 47, 481-486.
- BARNES, H. and H. T. POWELL, 1953: The growth rate of *Balanus balanoides* (L.) and *Balanus crenatus* BRUG. under varying conditions of submersion. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 32, 107-128.
- BLOM, S. E., 1965: *Balanus improvisus* DARWIN on the west Coast of Sweden. *Zool. Bidrag. Uppsala*. 37, 59-76.
- BREEMEN, L. VAN, 1934: Zur Biologie von *Balanus improvisus*. *Zool. Anz.* 105, 247-257.
- CORLETT, J., 1948: Rates of settlement and growth of the «pile» fauna of the Mersey estuary. *Proc. Liverpool Biol. Soc.* 56, 2-28.
- COSTLOW, J. D. JR., 1956: Shell development in *Balanus improvisus* DARWIN. *J. Morph.*, 99 (2), 359-416.
- COSTLOW, J. D. and C. G. BOOKOUT, 1953: Moulting and growth in *Balanus improvisus*. *Biol. Bull.* 105, 420-433.
- COSTLOW, J. D. JR. and C. G. BOOKOUT, 1957: Body growth versus shell growth in *Balanus improvisus*. *Biol. Bull.* 113 (2), 224-232.
- CRISP, D. J., 1954: The breeding of *Balanus porcatus* (DA COSTA) in the Irish Sea. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 33, 473-496.
- , 1960: Factors influencing growth-rate in *Balanus balanoides*. *J. Anim. Ecol.* 29, 95-116.
- EDMONSON, C. H., 1944: Incidence of fouling in Pearl Harbor. *Occas. Pap. Bishop Mus.* 18 (1), 1-35.
- EDMONSON, C. H. and W. M. INGRAM, 1939: Fouling organisms in Hawaii. *Occas. Pap. Bishop Mus.* 14 (14), 251-300.
- FULLER, J. L., 1946: Season of attachment and growth of sedentary marine organisms at Lamoine, Maine. *Ecology*, 27, 150-158.
- GRAVE, B. H., 1933: Rate of growth, age at sexual maturity and duration of life of certain sessile organisms, at Woods Hole, Massachusetts. *Biol. Bull.*, 65 (3), 375-386.
- HATTON, H. et FISCHER-PIETTE, 1932: Observations et experiences sur le peuplement des côtes rocheuses par les Cirripedes. *Bull. Inst. Oceanogr.*, Monaco 592, 15.

- MOORE, H. B., 1934: The biology of *Balanus balanoides*. I. Growth rate and its relation to size, season and tidal level. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 19, 851-868.
- MOORE, H. B. and A. C. FRUE, 1959: The settlement and growth of *Balanus improvisus*, *Balanus eburneus* and *Balanus amphitrite* in the Miami area. Bull. Mar. Sci. Gulf and Caribbean, 9 (4), 421-440.
- PYEFINCH, K. A., 1948: Notes on the biology of Cirripedes. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 27, 464-503.
- RELINI, G., 1962: Nota preliminare sul bentos nel Porto di Genova. Doriana, 3 (123).
- , 1964 a: Andamento stagionale degli organismi sessili del Porto di Genova. Arch. Oceanogr. Limnol. 13 (2), 281-296.
- , 1964 b: I Cirripedi opercolati del Porto di Genova. Ann. Mus. St. Nat. Genova 137, 397-411.
- , 1966 a: Le comunità dominanti nel « fouling » portuale di Genova. Natura 57 (2), 136-156.
- , 1966 b: Ricerche sul « fouling » nel porto di Genova. Atti del XXXV Convegno U.Z.I., Pisa 1966 in Boll. Zool. 33 (1), 179.
- , 1968: Variazioni quantitative stagionali del « fouling » nel Porto di Genova in relazione alla durata di immersione e alla profondità. Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova 36, n. 236, 2340.
- RELINI, G. e E. GIORDANO, 1969: Distribuzione verticale ed insediamento delle quattro specie di Balani presenti nel Porto di Genova. Natura, Soc. It. Sc. Nat., Museo Civ. St. Nat. e Acquario Civ., Milano 60 (4), 251-281.
- RUNNSTRÖM, S., 1925: On the biology and development of *Balanus balanoides* (L.). Bergen Mus. Aarbok. 5.
- TOPSENT, E., 1911: Croissance et mort des balanes à Luc-sur-Mer. Ann. Inst. Oceanogr. 2 (6), 5.
- WEISS, C. M., 1948: The seasonal occurrence of sedentary marine organisms in Biscayne Bay, Florida. Ecology 29, 153-172.
- WERNER, W. E., 1967: The distribution and ecology of the barnacle *Balanus trigonus*. Bull. Mar. Sci. 17, 64-84.

Dr. G. RELINI, Reparto di Biologia Marina - Laboratorio Corrosioni Marine dei Metalli, C.N.R., Via Mercanzia 4, 16123 Genova, Italia.

Dr. L. RELINI ORSI, Istituto di Anatomia e Fisiologia Comparate dell'Università di Genova, Via Balbi 5, 16121 Genova, Italia.

Influenza della temperatura sulla microdistribuzione superficiale del plancton nel Golfo di Trieste *

di

MARIO SPECCHI

(Dall'Istituto di Zoologia e Anatomia Comparata dell'Università di Trieste)

4 Figure

Summary. The sea-water temperature has been recorded at the surface of the sea and at 15, 55, 75 cm of depth during the plankton sampling by means of thermistors fastened to the sampling net.

The sampling has been performed at different levels in the first metre of water, by means of a net having five inlet openings.

Generally temperature influences neither the volumes of plankton caught, nor the distribution of the different species. Anyway, there are some cases in which it is possible to find some relation between temperature and the superficial microdistribution of some species. For instance, *Penilia avirostris* and *Evadne tergestina* were generally less abundant in the layer having the highest temperature of the five. On the other hand, a preference for the layers having the highest temperatures has been remarked for *Sagitta* sp. and for the larvae of *Polygordius*.

Probably a more important influence on microdistribution is due to salinity and to the presence of small-thickness currents.

Riassunto. È stata rilevata la temperatura dell'acqua alla superficie del mare, a 15, 35, 55, 75 cm di profondità in modo continuo durante pescate di plancton fatte a differenti livelli nel primo metro di acqua avvalendosi di un retino a cinque bocche.

La temperatura non ha generalmente influenza sui volumi di plancton pescati e neppure sulla distribuzione delle diverse specie. Vi sono però dei casi in cui si intravede un certo rapporto tra la temperatura e la microdistribuzione superficiale di alcune specie. Così ad esempio in alcune pescate *Penilia avirostris* ed *Evadne tergestina* erano meno abbondanti in quello dei cinque strati che presentava la temperatura più elevata. La preferenza per gli strati a temperatura più alta è stata osservata per esempio per *Sagitta* sp. e per le larve di *Polygordius*.

Probabilmente la salinità e la presenza di correnti laminari concorrono in misura maggiore a determinare la microdistribuzione.

In precedenti ricerche sulla microdistribuzione superficiale del plancton nel Golfo di Trieste (GHIRARDELLI, 1966, 1967 a; SPECCHI, 1968) è stato usato un retino costituito da cinque elementi rettangolari sovrapposti con bocca di cm 20 × 60 e lunghezza 200 cm che permette di esplorare con buona precisione cinque strati d'acqua prossimi alla superficie e precisamente da 0 a 5 cm, da 5 a 25 cm, da 25 a 45 cm, da 45 a 65 cm e da 65 a 85 cm circa.

Sono state messe in evidenza particolarità notevoli sullo stato di aggrega-

* Ricerche eseguite con contributi del C.N.R.: Commissione oceanografica e Programma di ricerca per le risorse marine e del fondo marino.

zione degli organismi planctonici nei primi 5 cm d'acqua. Infatti, invece di disporsi secondo un gradiente quantitativo crescente o decrescente dal primo strato all'ultimo, quasi tutte le specie planctoniche presentano discontinuità nella distribuzione a livello del terzo e quarto strato. Queste discontinuità sono state messe in evidenza anche da DELLA CROCE e SERTORIO (1959 a, 1959 b) nel Mar Ligure e precedentemente da HASLE (1950) e Zo BELL e Mc EWEN (1935) per popolamenti rispettivamente di Fitoflagellati e Batteri. ZAITSEV (1968) nel Mar Nero, usando un retino simile a quello descritto da GHIRARDELLI (1966), ha osservato una massiccia presenza di organismi nello strato più superficiale mentre, generalmente, gli strati sottostanti presentano una relativa povertà dei popolamenti.

Le discontinuità osservate ai vari livelli hanno fatto pensare evidentemente a discontinuità di carattere ambientale (DELLA CROCE e SERTORIO, 1959 a; GHIRARDELLI, 1966, 1967 a; SPECCHI, 1968) dovute alle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua; tra queste la temperatura e la salinità potrebbero avere il ruolo più importante.

A questo proposito GHIRARDELLI (1967 b) ha eseguito misure continue di temperatura durante la pescata accoppiando alla bocca dei retini dei termometri elettrici ma non ha osservato una correlazione tra la temperatura ed i volumi di plancton raccolti.

Per dimostrare l'eventuale rapporto tra il diverso stato di aggregazione dei planctonti nei cinque microstrati e la temperatura bisognava dunque fare un esame qualitativo e quantitativo più dettagliato procedendo alla determinazione ed al conteggio delle specie più rappresentative. Questo esame è stato eseguito da SPECCHI (1970) sulle stesse pescate prese in considerazione da GHIRARDELLI (1967 b) (13 luglio 1967, ore 12 e ore 22; 5 agosto 1967, ore 12 e ore 24) ed inoltre sono state effettuate altre due serie di pescate in una stazione fissa del Golfo di Trieste¹ rispettivamente il 17 ottobre 1967 alle ore 12 e alle ore 18 e il 4 marzo 1968 alle ore 12 e alle ore 24 usando sempre lo stesso retino.

Per quanto riguarda le pescate fatte da GHIRARDELLI (1967 b) il 13 luglio 1967 alle ore 12 e alle ore 22 in cui vi erano differenze abbastanza sensibili nelle temperature dei diversi strati, i dati riferentisi alle specie considerate hanno praticamente confermato l'indipendenza tra la temperatura e la microdistribuzione. In alcuni casi, però, è stata osservata una certa correlazione tra l'andamento della temperatura e la distribuzione di qualche gruppo di planctonti. Ad esempio nella pescata fatta alle ore 12 gli stadi larvali di Gasteropodi aumentano progressivamente dagli strati più caldi a quelli più freddi e profondi. Data l'ora in cui fu effettuata la pescata non si è potuto escludere l'influenza della luce. Per quanto riguarda la pescata eseguita lo stesso giorno ma alle 22, in

¹ La stazione è posta a 10 miglia al largo del porto di Trieste, in mezzo al Golfo in corrispondenza della maggiore profondità del Golfo stesso (25 m).

una notte perfettamente buia, si è visto che il numero più alto di Meduse, Actinotroche e Cladoceri del genere *Penilia* si trovava nello strato più profondo che era anche quello più freddo. Anche per il Cladocero *Evadne spinifera* la temperatura potrebbe aver avuto una certa influenza poiché la netta diminuzione del numero di esemplari di questo Crostaceo che si osservava nel terzo, quarto e quinto strato poteva essere correlata con un abbassamento di temperatura registrato nei suddetti strati durante la pescata (SPECCHI, 1970).

Nella pescata del 5 agosto 1967 alle ore 12 e alle ore 24 GHIRARDELLI (1967 b) aveva osservato volumi differenti di plancton nei singoli strati; le temperature rilevate durante la pesca, invece, non presentavano variazioni sensibili.

Il conteggio ha confermato che le differenze di volume sono dovute a notevoli differenze numeriche riguardanti la distribuzione di quasi tutti gli organismi del plancton nei diversi strati. Anche in questo caso quindi, non si può parlare di correlazione fra la temperatura e la microdistribuzione perché, come si è detto, pur restando pressoché costante la temperatura, i volumi di plancton e la frequenza delle specie variavano in modo considerevole da strato a strato.

Alquanto diversa è la situazione delle pescate fatte nell'ottobre 1967.

In quella delle ore 12 il volume maggiore di plancton è stato raccolto nel primo strato (questo dato è tanto più significativo se si tiene conto che il primo retino, non completamente immerso, filtra un volume di acqua circa quattro volte minore di quello filtrato da ciascuno dei retini sottostanti). I minimi volumi di plancton si hanno negli strati quarto e quinto che sono i più caldi (Fig. 1).

Nella pescata fatta alle ore 18 questa correlazione non è più così netta (Fig. 1).

Anche per queste due pescate è molto probabile che la luce possa aver avuto una notevole influenza sulla distribuzione. Interessante è l'andamento della temperatura. Infatti quella del quarto strato specialmente alla sera è nettamente superiore a quella degli strati sopra e sottostanti il che vuol dire che in questo strato l'acqua doveva essere più densa di quella dei primi tre strati nonostante fosse più calda (Fig. 1).

Per ciò che si riferisce alla distribuzione delle varie specie di planctonti nei cinque strati esplorati dal retino ed ai loro rapporti con le temperature registrate nel corso della pescata si possono fare le seguenti considerazioni: i Cladoceri *Penilia avirostris* ed *Evadne tergestina* presentano un numero enorme di individui che si accumulano nei primi centimetri d'acqua durante il giorno (GHIRARDELLI, 1967 a; SPECCHI, 1968) (Fig. 2). Questo fatto non è evidentemente legato alla temperatura che è intermedia rispetto a quella degli strati sottostanti (Fig. 1), ma piuttosto alla influenza della luce o a fattori legati alla luce stessa.

Evadne spinifera invece, non presenta grandi variazioni quantitative nei cinque strati e questa sua distribuzione potrebbe essere influenzata da fenomeni competitivi con *Evadne tergestina* (THIRIOT, 1968). Nel nostro materiale

l'esistenza di questa forma di competizione sembra limitarsi al primo strato (Fig. 2).

Per concludere, alle ore 12 la microdistribuzione dei Cladoceri è piuttosto irregolare e non mostra alcun rapporto con la temperatura. Alle ore 18 invece,

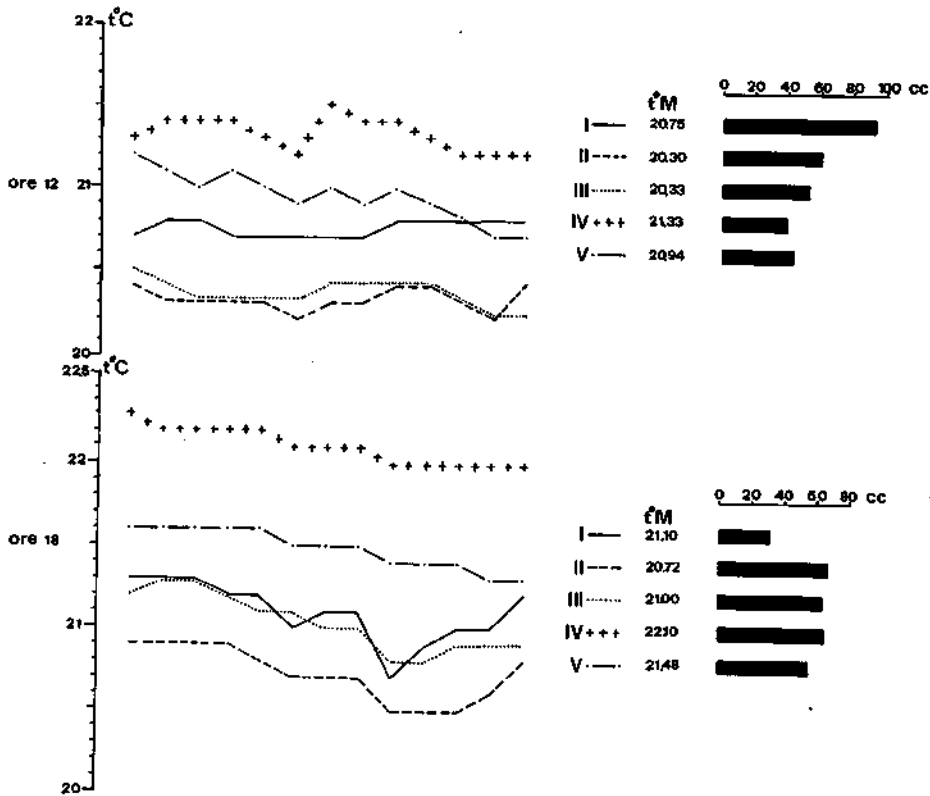


FIG. 1. Stazione fissa - 17 ottobre 1967. Temperature e volumi di plancton in due pesche fatte rispettivamente alle ore 12 ed alle ore 18. A sinistra l'andamento della temperatura nei singoli strati durante la pescata; al centro, i segni corrispondenti ai diagrammi della temperatura nei diversi strati con le medie delle temperature; a destra, i volumi di plancton raccolti nei singoli strati.

Penilia avirostris, *Evadne tergestina* ed i Copepodi² presentano un minimo di popolamento al livello del quarto microstrato in corrispondenza della maggiore temperatura rilevata.

² In questo lavoro i Copepodi vengono considerati generalmente nel loro insieme. È in corso il lavoro di determinazione e di conteggio delle singole specie. In questo modo si potrà valutare anche la distribuzione superficiale della categoria più importante di planctoni.

Nelle due pescate effettuate alle ore 12 e alle ore 24 del 4 marzo 1968, l'andamento termico rilevato nei cinque strati merita di essere considerato con una certa attenzione (Fig. 3). Infatti sia alle ore 12 che alle ore 24 la situazione si presenta con queste caratteristiche: i primi 5 cm sono più freddi dei due strati sottostanti; il quarto strato è il più freddo di tutta la zona esplorata dal retino; l'ultimo strato è relativamente più caldo; il secondo strato è sempre più caldo (nella pescata fatta a mezzanotte si ha un abbassamento complessivo della temperatura pur restando inalterata la stratificazione) (Fig. 3). Questo tipo di stratificazione termica è certamente dovuto a corpi d'acqua laminari.

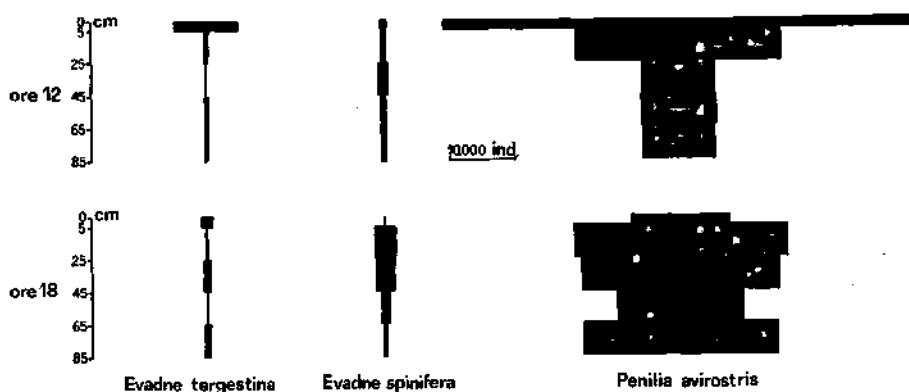


FIG. 2. Stazione fissa - 17 ottobre 1967. Variazioni quantitative di tre specie di Cladoceri nei cinque strati. In ordinate la profondità, in ascisse il numero di individui.

Per ciò che si riferisce ai volumi di plancton misurati in toto, le differenze riscontrate in rapporto con la temperatura sembrano non essere significative sia per il fitoplancton che per lo zooplancton (Fig. 3).

Per quanto riguarda la distribuzione quantitativa dei singoli strati, si possono far rimarcare i seguenti fatti: alle ore 12, come si è detto, le temperature presentano un massimo nel secondo ed un minimo nel quarto strato; i Sifonofori presentano un incremento quantitativo a livello del secondo strato e un decremento a livello del quarto. Le stesse considerazioni si possono fare anche per le larve di *Polygordius* (Fig. 4). Per quanto riguarda i Copepodi essi aumentano nel secondo strato che è quello più caldo. La distribuzione delle diverse specie di questi Crostacei non è però la stessa in tutti gli strati; infatti, nei primi 5 cm i Copepodi sono quasi esclusivamente rappresentati da *Centropages typicus*, negli strati sottostanti *Centropages* diminuisce gradualmente mentre compaiono in numero sempre maggiore individui appartenenti ad altre specie come *Calanus helgolandicus*. È probabile che anche *Centropages typicus*, come

tanti altri organismi del plancton, preferisca disporsi, in certe ore del giorno e in determinate condizioni ambientali, nello spazio immediatamente sottostante la lamina di tensione superficiale (ZAITSEV, 1968; GHIRARDELLI, 1967 a; SPECCHI, 1968).

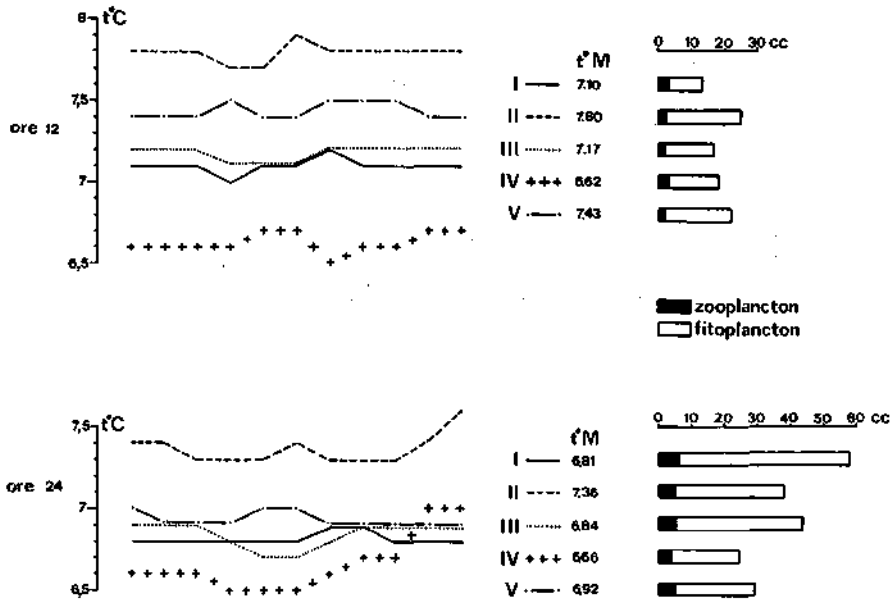


FIG. 3. Stazione fissa - 4 marzo 1968. Temperatura e volumi di plancton in due pesche fatte rispettivamente alle ore 12 e alle ore 24. Per la spiegazione vedi Fig. 1.

A questo proposito è da far rilevare che DELLA CROCE e SERTORIO (1959 a) ritengono, sulla base della elaborazione statistica dei dati in loro possesso, che *Centropages typicus* abbia una distribuzione casuale.

I dati più significativi sui rapporti tra la microdistribuzione e la temperatura potrebbero essere, come si è accennato, quelli rilevati di notte quando la luce non interagisce con la temperatura.

Nella pescata fatta alle ore 24 interessante è la distribuzione delle larve di *Polygordius*, delle Sagitte (Fig. 4) e dei nauplii che nel quarto strato, più freddo, sono meno abbondanti che negli strati soprastanti e sottostanti. Le larve di Gasteropodi e di Bivalvi presentano invece un incremento numerico abbastanza considerevole a livello del quarto strato.

I Copepodi sono abbastanza numerosi nello strato più caldo; *Centropages typicus*, abbondantissimo a mezzogiorno, scompare quasi del tutto a mezzanotte

ed è sostituito da Calanoidi (soprattutto *Paracalanus parvus* e *Calanus helgolandicus*), da *Oithona nana* e *Oithona helgolandica*, da *Oncaea* sp. e *Corycaeus* sp. Lo stesso comportamento osservato per *Centropages typicus* nella pescata di mezzogiorno è presentato in questa pescata notturna anche dai Ctenofori del genere *Hormiphora* e *Pleurobrachia*; a mezzanotte infatti queste due specie sono ben rappresentate solo nei primi due strati.

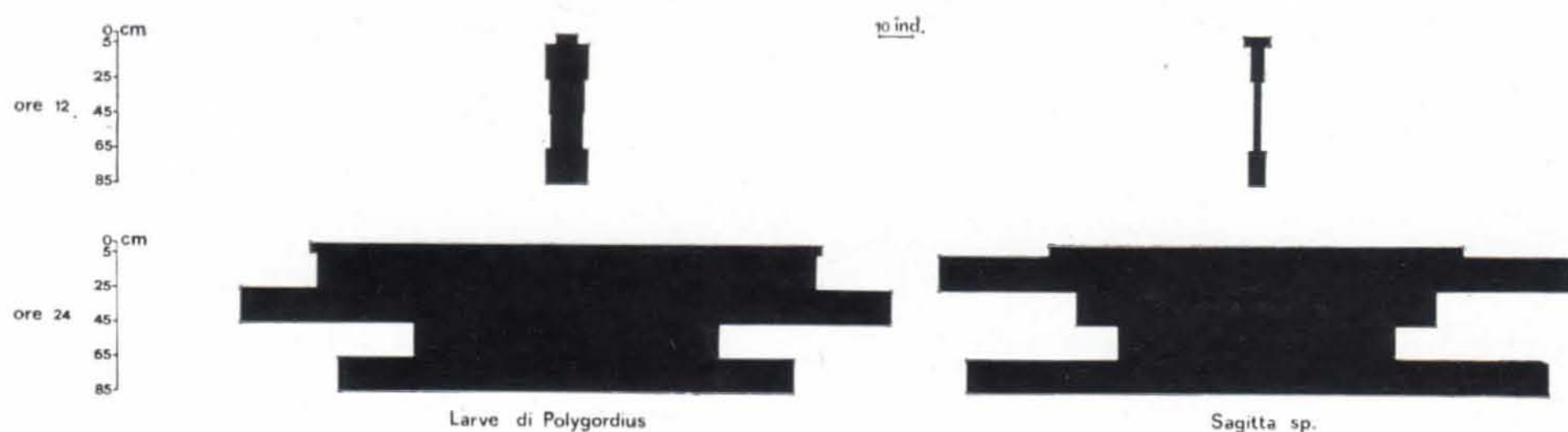


FIG. 4. Stazione fissa - 4 marzo 1968, Variazioni quantitative delle larve di *Polygordius* e di *Sagitta* sp. nei cinque strati. Per altre spiegazioni vedi Fig. 2.

CONCLUSIONI

Nel primo metro d'acqua gli organismi planctonici non hanno una distribuzione uniforme, il loro numero varia ovviamente in rapporto con le migrazioni nictemerali ma anche in seguito all'azione di fattori non ancora ben individuati. Le conclusioni di questo lavoro sono del tutto provvisorie anche perché non è stato possibile sul materiale a nostra disposizione procedere ad una analisi statistica dei dati. Ciò è dovuto al fatto che avrebbe scarso valore comparare dati ottenuti in pescate fatte in tempi diversi il che comporta variazioni quantitative e qualitative assai notevoli. Tuttavia si possono mettere in rilievo i seguenti tre fatti:

a) L'addensarsi di un numero talvolta sterminato di organismi della stessa specie nei primi 5-7 cm d'acqua sotto la superficie.

b) Nonostante questa particolare distribuzione di taluni planctonti, fino a questo momento non è stato possibile mettere in evidenza nel Golfo di Trieste un vero e proprio iponeuston come quello segnalato da ZAITSEV nel mar Nero e da DAVID (1965) nell'Oceano Indiano.

c) La presenza quasi costante di una discontinuità nella distribuzione di talune specie di organismi pelagici in corrispondenza di una profondità variabile tra i 40 e i 60 cm. Proprio per indagare sulle cause di questa discontinuità sono state intraprese le ricerche oggetto di questo lavoro.

I primi fattori ad essere presi in considerazione sono stati la luce e la temperatura. È evidente che la luce ha una influenza notevolissima nel determinare la differente distribuzione che si osserva nelle diverse ore del giorno in quanto nei singoli strati la intensità luminosa dovrebbe diminuire secondo un gradiente abbastanza regolare. Ovviamente, poi, la luce non può intervenire nel determinare la discontinuità nelle pescate fatte in notti completamente buie.

Per ciò che si riferisce alla temperatura in ciascuno degli strati considerati si possono avere variazioni sensibili anche nella mezz'ora durante la quale viene effettuata la pescata.

Si sono osservati infatti aumenti o diminuzioni sensibili della temperatura per periodi più o meno lunghi il che indica che ad una stessa profondità il retino può esplorare lenti d'acqua con caratteristiche diverse. Anche questo fenomeno, ovviamente, può contribuire a determinare differenze nella composizione del plancton.

Poiché i volumi del plancton raccolto nei singoli strati non presentano correlazioni significative con le temperature (GHIRARDELLI, 1967 b) si è pensato di analizzare in maniera più dettagliata i campioni di plancton raccolti in modo da avere informazioni sulla distribuzione delle specie più caratteristiche (SPECCHI, 1970). Pur non essendo completamente dimostrativi, vi sono alcuni casi che sembrano mostrare un certo rapporto tra l'andamento della temperatura e la microdistribuzione di talune specie di planctoni.

Nelle pescate effettuate nell'ottobre 1967 si nota che la temperatura del quarto strato e, in misura minore quella del quinto sono nettamente superiori a quelle degli strati soprastanti. Nel quarto strato i Cladoceri *Evadne tergestina* e *Penilia avirostris* ed i Copepodi considerati nel loro insieme mostrano una diminuzione rispetto agli strati vicini.

Nelle pescate fatte nel marzo 1968 alle ore 24, nel quarto strato si è osservata la stessa diminuzione riguardante le Sagitte, i nauplii, le larve di *Polygordius* ed i Copepodi. Questa volta però il quarto strato è quello più freddo.

I dati più significativi sono in ogni caso quelli rilevati di notte in quanto la luce non interagisce con gli altri fattori.

L'esame dei diagrammi della temperatura e quelli della distribuzione mostrano però che la temperatura non può essere il solo fattore che influenza la microdistribuzione. È evidente infatti che nei casi considerati debbano esservi anche differenze nella densità. Infatti riprendendo in considerazione i dati rilevati alle ore 18 della pescata di ottobre si nota che il quarto strato ha in media una temperatura di 0,5°C superiore a quello del quinto strato e di ben 1,5°C superiore a quella del secondo strato. La densità deve essere dunque notevolmente diversa da quella degli altri strati perché altrimenti non si spiegherebbe una stratificazione tanto netta come quella messa in evidenza dall'andamento quasi lineare della temperatura. Purtroppo l'apparecchiatura a nostra dispo-

sizione non ci permetteva di rilevare anche i valori della salinità attraverso alla quale è possibile risalire alla densità. Sarà dunque utile in futuro attrezzare il retino in modo da poter determinare oltre alla salinità anche i volumi di acqua filtrata. Si pensa poi di ricorrere ad altro tipo di strumento di raccolta e di ridurre la durata della pescata al fine di evitare che possano venire esplorate ad una stessa profondità lame d'acqua aventi temperature e salinità molto diverse, cosa che i diagrammi delle temperature indicano essere probabile. Infatti anche se non è del tutto facile ottenere una rappresentazione spaziale delle condizioni esistenti nel primo metro di acqua, possiamo pensare all'esistenza di lame o lenti aventi diverso spessore, temperatura e densità e probabilmente anche una diversa velocità. Tutti questi fattori e particolarmente le correnti potrebbero influire in modo sensibile sul plancton. Il retino infatti pesca a barca ancorata raccogliendo gli organismi trascinati dalle correnti. Se la loro velocità è differente nei diversi strati o se essa varia nel tempo in uno stesso strato o se cambiano, anche per periodi brevi, i valori di temperatura e salinità per il passaggio di lenti d'acqua con particolari caratteri è evidente che può cambiare anche la composizione del plancton.

Talvolta però si osserva anche una certa stabilità della temperatura nei diversi strati il che indica che questi possono restare separati tra di loro in condizioni di mare calmo e per periodi abbastanza lunghi. In questo caso è ovvio che i dati sulla microdistribuzione possono venire più facilmente interpretati.

È già stato notato che la quantità di detrito organico tende ad addensarsi in modo differente nei diversi microstrati (DELLA CROCE e SERTORIO, 1959). È evidente che questo fenomeno può essere correlato con la diversa densità dell'acqua determinando condizioni ecologiche diverse per ciascuno degli strati. Questa potrebbe essere una condizione che richiamerebbe o respingerebbe, a seconda dei casi, alcune specie di planctonti; senza contare che piccole differenze di salinità possono agire anche direttamente sugli organismi planctonici determinandone una differente distribuzione.

Anche fenomeni competitivi tra le singole specie possono influenzare la microdistribuzione.

Resta infine da fare un'ultima importante considerazione. Durante il lavoro abbiamo avuto più volte occasione di rilevare come un enorme numero di organismi sia presente nei primi centimetri di acqua sotto la superficie. ZAITSEV (1968) ritiene addirittura che il primo centimetro di acqua sotto la superficie racchiuda una biomassa superiore a quella degli strati sottostanti, tanto da farne a livello trofico lo strato più importante di tutto il mare. Noi non possediamo ancora una quantità di dati paragonabile a quella dell'Autore russo. Possiamo però confermare che, nell'ambito del primo metro d'acqua, almeno per alcune ore del giorno, per alcune specie, il maggior numero di individui

tende ad addensarsi nei primi centimetri d'acqua ed è molto probabile che altre specie che ancora non abbiamo studiato abbiano la stessa distribuzione. Alludiamo particolarmente alle uova e alle larve dei pesci e ad alcune specie di Copepodi.

Questi dati hanno anche, come è facile intuire, una importanza pratica notevole. A livello dello strato superficiale si hanno gli scambi più attivi tra l'atmosfera e l'idrosfera con un imponente flusso di energia termica nelle due direzioni, accumulo di sostanza organica prodotta dalla fotosintesi e presenza di alghe e batteri in quantità superiore a quella pensabile, data la intensità in superficie delle radiazioni nella banda dell'ultravioletto (ZAITSEV, 1968).

È chiaro così che qualsiasi azione che modifichi l'equilibrio esistente a questo livello può avere conseguenze non facilmente prevedibili, ma in qualche caso sicuramente gravi. Può bastare infatti un velo di idrocarburi o di qualsiasi agente inquinante che agisca sugli organismi che popolano il primo centimetro di acqua per provocarne la morte con ripercussioni su tutta la catena alimentare che si svolge dalla superficie fino al fondo. Questi fenomeni ovviamente possono aver una rilevanza maggiore in golfi e baie chiuse di piccola profondità, come è appunto il Golfo di Trieste.

BIBLIOGRAFIA

- DAVID, P. M., 1965: La faune de surface des océans. *Endeavour* 24, 92. 95-100.
- DELLA CROCE, N. 1962: Aspects of microdistribution of the zooplankton. *Rapp. Cons. Explor. Mer* 153, 149-151.
- DELLA CROCE, N. and T. SERTORIO, 1959 a: Microdistribution of the zooplankton. *Prepr. Int. Oceanogr. Congr.* 31, 306-308.
- , —, 1959 b: Microdistribuzione dello zooplancton. *Boll. Ist. biol. Univ. Genova* 29, 175, 5-28.
- GHIRARDELLI, E., 1966. L'iponeuston del Golfo di Trieste. Metodi di raccolta, primi risultati. *Boll. Zool.* 33, 1, 222.
- , 1967 a: Microdistribuzione superficiale del plancton del Golfo di Trieste. Metodi di raccolta, primi risultati. *Boll. Soc. Adriatica Scienze Trieste* 55, 18-26.
- , 1967 b: I fattori che regolano la microdistribuzione superficiale del plancton: la temperatura. *Boll. Soc. Adriatica Scienze Trieste* 55, 80-86.
- HASLE, G. R., Phototactic vertical migration in marine dinoflagellates. *Oikos* 2, 162-175.
- SPECCHI, M., 1968: Observations préliminaires sur l'iponeuston du Golf e de Trieste. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.* 19, 3, 491-494.
- , 1970: Influence de la température sur la microdistribuzione superficielle du zooplancton dans le Golfe de Trieste. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* (in stampa).
- THIRIOT, A., 1968: Les Cladocères de Méditerranée occidentale. I. - cycle et répartition des espèces du genre *Evadne* à Banyuls-sur-Mer (Golfe du Lion), 1967. *Vie et Milieu* 19, 2-B, 361-394.

- ZAITSEV, YU. P., 1968: La Neustonologie marine; objet, méthodes, réalisations principales et problèmes. *Pelagos* 8, 1-47.
- ZO BELL, C. E. and G. F. Mc EWEN, 1935: The letal action of sunlight upon bacteria in sea water. *Biol. Bull.* 68, 93-106.

Dr. M. SPECCHI, Istituto di Zoologia e Anatomia Comparata dell'Università, Trieste, Italia.

Ricerche sulle zoocenosi delle alghe fotofile
e in particolare di *Halopteris scoparia* (L.) Sauv.
a Tor Valdaliga (Civitavecchia)

di

ESTER TARELLI RIVOCCHI

(Dall'Istituto di Zoologia dell'Università di Roma)

4 Figure

Summary. The A. has examined the photophilous ALGAE (particularly *Halopteris scoparia*) with associated mesobenthos, of a stretch of coast nearly Civitavecchia (Rome).

Twelve surveys were carried out in the course of one year. In each of these surveys, 3 samplings were effected. The first was the sampling of all the ALGAE living in an area 0.25 m square, the other two of *Halopteris* only. The qualitative and quantitative analysis concerned essentially POLYCHAETA, AMPHIPODA, OPHIUROIDA, GASTEROPODA.

ALGAE collected in one year were: 5045 -1970 -1320 g in the 3 samples respectively; the number of associated animals being 2724 -1497 -1272, and their biomass 37, 1; 6, 8; 6 7, g respectively.

The analysis of the seasonal variation shows that a regular and homogeneous distribution of animals is associated with a great variety of species of ALGAE. A particular biocenosis of *Halopteris scoparia* is not existing. This alga appears to be the preferred refuge for POLYCHAETA and AMPHIPODA.

Riassunto. Nell'ambito di ricerche sulle zoocenosi di un tratto di costa sito nei pressi di Civitavecchia, l'A. esamina i popolamenti associati ad Alghe fotofile e in particolare a *Halopteris scoparia*. In un anno vengono compiuti 12 sopralluoghi in ciascuno dei quali furono effettuate 3 campionature, una costituita da tutte le alghe presenti in 0,25 m², le altre due solo da *Halopteris*. L'indagine qualitativa e quantitativa venne rivolta al mesobenthos vagile associato a tali alghe e costituito essenzialmente da Policheti, Anfipodi, Ofiuroidi, Gasteropodi.

Durante i 12 sopralluoghi vennero raccolte rispettivamente nei tre campioni g 5045 -1970 -1320 di Alghe. Il numero di organismi animali a queste associate era rispettivamente 2724-1497 -1272; la loro biomassa g 37, 1 g 6, 8 g 6, 7. Dall'analisi delle variazioni stagionali delle composizioni percentuali della biocenosi nei tre campioni appare evidente che una distribuzione regolare ed omogenea dei popolamenti è favorita dalla presenza di più specie di Alghe. In un campione così composto si nota una maggiore quantità in peso di organismi animali.

Non esiste una biocenosi particolare di *Halopteris scoparia* pur sembrando questa alga rifugio preferenziale di Policheti e Anfipodi.

Da alcuni anni presso l'Istituto di Zoologia dell'Università di Roma si viene svolgendo una serie di ricerche sulle zoocenosi di un piccolo tratto di costa situato a 4 Km a Nord di Civitavecchia in località Tor Valdaliga.

La zona prescelta si presenta quanto mai interessante con tutta una serie di biotopi dalle caratteristiche affatto peculiari: nel complesso è costituita da

varie pozze di scogliera diverse per ampiezza, profondità, substrato, copertura algale, vicinanza alla riva e di conseguenza con biocenosi diverse. Per una buona conoscenza di tali biocenosi è sembrato pertanto opportuno compiere tutta una serie di ricerche onde poter stabilire quali fossero i fattori che maggiormente influenzano la composizione delle comunità più caratteristiche.

In una precedente indagine faunistico-ecologica (E. TARAMELLI RIVOSECCHI e A. HERZEL, 1969), era stato studiato il mesobenthos vagile associato alle alghe. Erano state fissate 4 stazioni di raccolta, -distanti da riva da m 1 a m 18, con profondità variabili da —10 a —80 cm, ove ogni mese venivano prelevate le alghe presenti in un quadrato di 50 cm di lato. Erano quindi contati, pesati e determinati gli organismi animali ad esse associati e rappresentati essenzialmente da Policheti, Anfipodi, Isopodi, Decapodi, Gasteropodi, Ofiuroidi. I dati ottenuti erano stati elaborati statisticamente. In generale si era constatato che il numero di individui aumentava man mano ci si allontanava dalla riva, registrandosi valori massimi nella stazione più distante; per quanto riguardava le variazioni stagionali, i Policheti (essenzialmente Nereidi) apparivano più numerosi nei mesi primaverili, mentre Ofiuroidi e Anfipodi erano più abbondanti nei mesi invernali. Le quantità in peso delle Alghe raccolte durante l'anno presentavano variazioni minime nelle 4 stazioni — come del resto nei vari mesi. Pareva quindi non vi fosse necessariamente stretta relazione tra quantità di alghe e numero di organismi ad esse associate, come veniva anche dimostrato dai coefficienti di correlazione lineare tra le frequenze dei gruppi e la quantità di alghe e dal coefficiente di correlazione tra la biomassa delle alghe e quella degli organismi animali. Si poteva pertanto supporre che tra i vari fattori che determinavano la distribuzione qualitativa e quantitativa delle specie, avesse un ruolo di notevole importanza la struttura delle alghe. Infatti la spiccata rugofilia degli organismi di questo particolare ambiente li spinge a ricercare alghe che come *Cystoseira*, *Laurencia* o *Halopteris scoparia* possono offrire un miglior riparo soprattutto durante l'emersione.

Ho pertanto ritenuto opportuno esaminare separatamente le biocenosi di *Halopteris scoparia*, che per il suo tallo finemente suddiviso e l'alto potere di imbibizione mi sembrava rifugio preferenziale degli organismi della zona esaminata.

Ogni mese per un anno, dal giugno '67 al maggio '68, furono compiuti regolari sopralluoghi nella stazione indicata nel precedente lavoro (E. TARAMELLI RIVOSECCHI e A. HERZEL, *l. c.*) col n.° 3. Questa stazione si trova lungo il margine estremo di una piattaforma orizzontale, larga 50 m, distante da riva 18 m, al di là del quale la profondità aumenta rapidamente da —10, —20 cm a circa 2 m. Il substrato è qui formato da un lastrone calcareo compatto, in cui si notano qua e là varie fessure, con copertura algale costituita oltre che da *Halopteris* da Corallinacee (*Amphiroa rigida*, *Corallina mediterranea*, *Jania*

corniculata, ecc.) da *Ulva lactuca*, *Cystoseira ericoides*, *Laurencia pinnatifida* e a volte da *Padina pavonia* e *Acetabularia mediterranea*.

Data la scarsa profondità, la temperatura dell'acqua in questa zona risente in maniera sensibile della temperatura dell'aria (Tab. 1) raggiungendo valori minimi (12° C) in inverno e massimi in estate (28° C).

TAB. 1. Dati fisico-chimici registrati nei giorni dei prelievi*.

Data	T °C		pH	Solidi totali mg/l	O ₂ mg/l
	aria	acqua			
7-VI-1967	23,9	19,9	8,2	41,164	9,1
5-VII	24,9	20,9	8,2	42,887	8,28
27-VII	25,2	25,4	8,0	46,974	8,9
7-IX	27	28	8,2	44,558	8,9
14-X	22,5	21	8,3	41,040	6,4
14-XI	21	18,1	8,3	40,990	6,7
5-XII	13	12	8,3	42,146	6,9
17-I-1968	13	12,3	8,2	40,847	—
27-II	13,2	13	8,2	38,440	—
27-III	17	17,5	8,1	40,260	—
25-IV	20,8	20	8,1	42,440	6,9
16-V	26,2	20	8,2	41,600	—

* Le analisi chimiche sono state compiute dal laboratorio chimico della Centrale Termoelettrica dell'ENEL di Civitavecchia.

Il pH è invece piuttosto costante variando da 8 a 8,3, mentre maggiori variazioni si hanno nelle quantità di O₂ disciolto e nei solidi totali.

Anche le condizioni idrodinamiche nella stazione in esame sono piuttosto variabili, essendo questa esposta al moto ondoso, tuttavia ho cercato di compiere i prelievi sempre nelle medesime condizioni, cioè con mare calmo o quasi e quando le alghe erano completamente sommerse.

Durante ogni sopralluogo venivano compiuti tre prelievi in tre distinte aree delimitate da una cornice quadrata di cm 50 di lato lanciata a caso nella suddetta stazione. In una di queste tre aree venivano raccolte tutte le alghe presenti (Campione A), nelle altre due (Campioni B e C) soltanto *Halopteris scoparia*. Le alghe portate in laboratorio erano poste in ampi cristallizzatori con acqua di mare, si procedeva quindi allo smistamento degli organismi ani-

mali presenti che erano contati, pesati e quindi fissati. Anche le alghe venivano pesate (peso umido).

Come nel precedente lavoro, l'indagine si è rivolta al mesobenthos vagile costituito da Policheti, Anfipodi, Ofiuroidi e Gasteropodi, oltre che da altri gruppi quali Turbellari, Crostacei Decapodi, Isopodi, Pantopodi, Sipunculidi comparsi sporadicamente; furono quindi trascurati Protozoi, Nematodi, Crostacei Entomostraci, Rotiferi — a volte abbondanti nell'acqua di lavaggio delle alghe — e gli organismi sessili.

Dalla Tab. 2 e dalla Fig. 1 possiamo notare la variazione stagionale nei

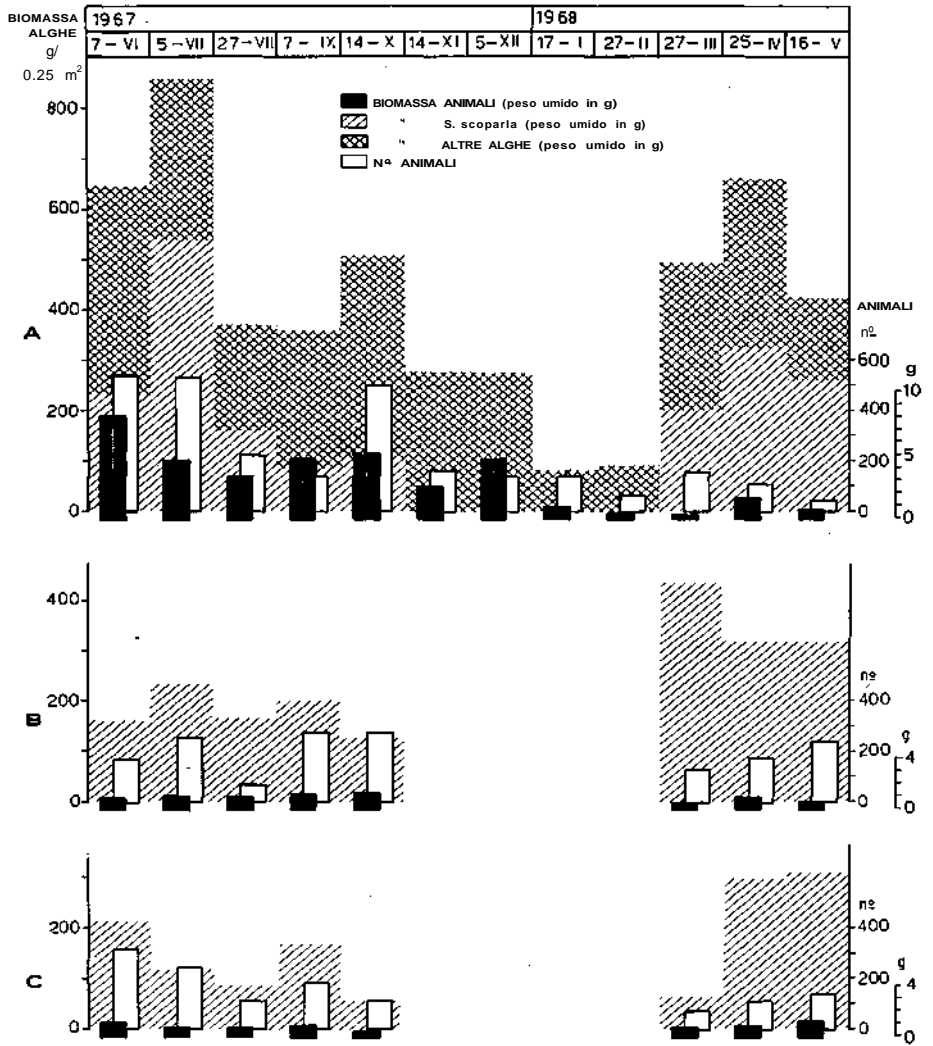


Fig. 1

TAB. 2.

Data	Peso Alghe in g			N.° Policheti			N.° Anfipodi			N.° Ofiuroidi		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
7-VI-1967	645	160	215	25	38	13	155	117	119	318	18	146
5-VII	855	235	120	25	12	102	201	134	117	270	92	13
27-VII	370	170	85	15	9	18	89	47	43	80	8	20
7-IX	360	200	170	14	19	12	94	220	161	3	10	—
14-X	515	125	55	47	15	6	318	206	100	102	35	—
14-XI	275	—	—	19	—	—	111	—	—	10	—	—
5-XII	275	—	—	16	—	—	87	—	—	—	—	—
17-I-1968	85	—	—	6	—	—	98	—	—	25	—	—
27-II	90	—	—	2	—	—	47	—	—	6	—	—
27-III	495	440	65	25	21	24	82	74	44	34	25	—
25-IV	660	320	300	42	51	48	44	128	55	13	—	—
16-V	420	320	310	10	25	55	13	118	82	10	—	4
Totali	5045	1970	1320	246	190	278	1339	1044	731	871	188	183

Data	N.° Gasteropodi			N.° altri org.			Totali n.° anim.			Biomassa org. anim. (g)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
7-VI-1967	37	—	5	4	3	12	539	176	295	8,2	0,8	1,1
5-VII	16	11	3	12	3	5	524	252	240	4,7	1,0	0,7
27-VII	11	6	9	23	2	22	218	72	112	3,3	0,9	0,7
7-IX	27	5	10	2	25	2	140	279	185	4,9	1,2	0,9
14-X	22	13	4	5	5	1	494	274	111	5,1	1,2	0,4
14-XI	20	—	—	—	—	—	160	—	—	2,4	—	—
5-XII	26	—	—	10	—	—	139	—	—	4,9	—	—
17-I-1968	4	—	—	2	—	—	135	—	—	0,8	—	—
27-II	6	—	—	1	—	—	62	—	—	0,4	—	—
27-III	14	2	—	6	—	2	161	122	70	0,2	0,4	0,6
25-IV	6	—	—	5	—	4	110	179	117	1,6	0,8	0,9
16-V	7	—	—	2	—	1	42	143	142	0,6	0,5	1,4
Totali	196	37	31	72	38	49	2724	1497	1272	37,1	6,8	6,7

tre campioni (A-B-C) del peso delle alghe raccolte ogni mese in 0,25 m², del numero di organismi animali ad esse associati e della loro biomassa.

Evidentemente il peso delle Alghe nel campione A (costituito da tutte le Alghe presenti nella superficie esaminata) raggiunge valori più elevati di quelli dei campioni B e C. Il peso globale delle Alghe del I campione è di g 5045, degli altri due rispettivamente g 1970 e g 1320. È da notare che *Halopteris* manca completamente da novembre a marzo.

Anche il numero totale di organismi animali e la loro biomassa è maggiore nel campione A che negli altri due. Nel campione A sono stati contati complessivamente 2724 individui la cui biomassa era di 37 g; nel campione B, 1497 individui con biomassa di g 6,8; nel campione C, 1272 individui con biomassa di g 6,7. La sproporzione tra la biomassa del campione A e quella degli altri due viene in gran parte determinata oltre che dal minor numero di campionature (8 invece di 12), dalla presenza nel campione A di un maggior numero di Gasteropodi che con il peso della loro conchiglia incidono in modo notevole sul peso complessivo degli organismi esaminati. Si nota inoltre che *Halopteris scoparia* è stata raccolta in maggiore quantità nei mesi primaverili, mentre la biomassa delle Alghe del campione A raggiunge valori elevati in estate. In estate inoltre si ha il maggior numero di organismi animali nei campioni A e C, mentre nel campione B valori maggiori si hanno nei mesi autunnali.

È evidente che tali dati hanno valore puramente indicativo e vanno sempre considerati con una certa riserva, in quanto per un'analisi accurata dei dati globali sarebbe necessario un maggior numero di campionature. Infatti si può vedere (Fig. 1) come le quantità in peso delle Alghe raccolte nella stessa data in aree vicine presentano a volte differenze notevoli, in quanto essendo i prelievi casuali può capitare di fare le raccolte in aree dove le alghe si trovano in minore quantità.

Più interessante pertanto mi sembra il confronto della composizione percentuale dei popolamenti della biocenosi nei vari mesi dell'anno e nei tre campioni (Fig. 2-3-4).

Nel campione A (Fig. 2) le variazioni delle percentuali sono nel complesso poco sensibili: i Policheti, che costituiscono il 9,2 % dell'intero popolamento sono presenti nelle prime 8 raccolte, con valori oscillanti dal 5 all'8 %, in febbraio diminuiscono per poi aumentare nei mesi primaverili.

Gli Anfipodi sono gli organismi numericamente più abbondanti costituendo il 49 % della biocenosi in esame. Durante l'anno sono presenti con valori oscillanti dal 23 al 70 %.

Maggiori variazioni si hanno per gli Ofiuroidi (rappresentati dall'unica specie *Amphipholis squamata*) le cui percentuali variano dal 57 %, registrato in giugno, allo 0 % (gennaio).

I Molluschi sono rappresentati da valori percentuali piuttosto bassi (va-

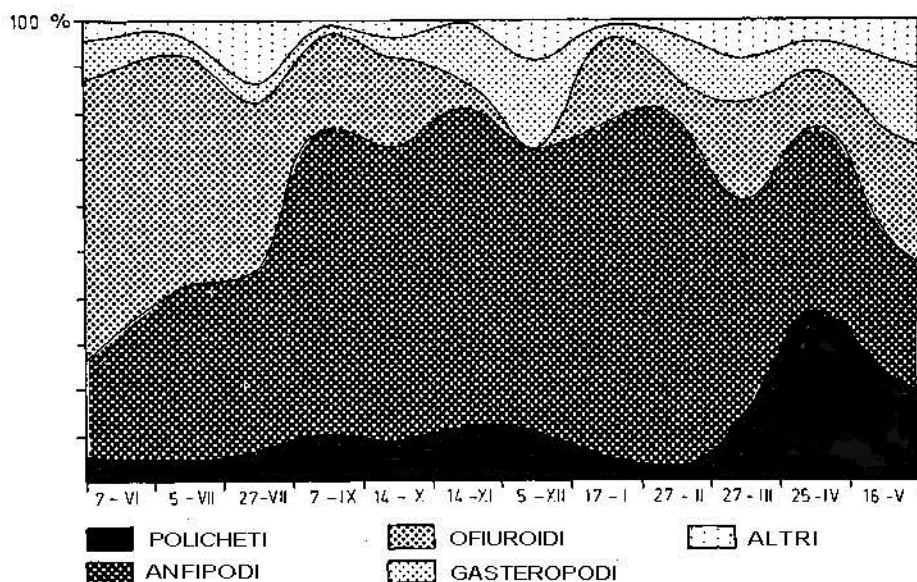


FIG. 2. Variabilità stagionale della composizione percentuale della zoocenosi nel campione A.

lore medio 7,1 %) con massimi in settembre e dicembre (rispettivamente 18-19 %).

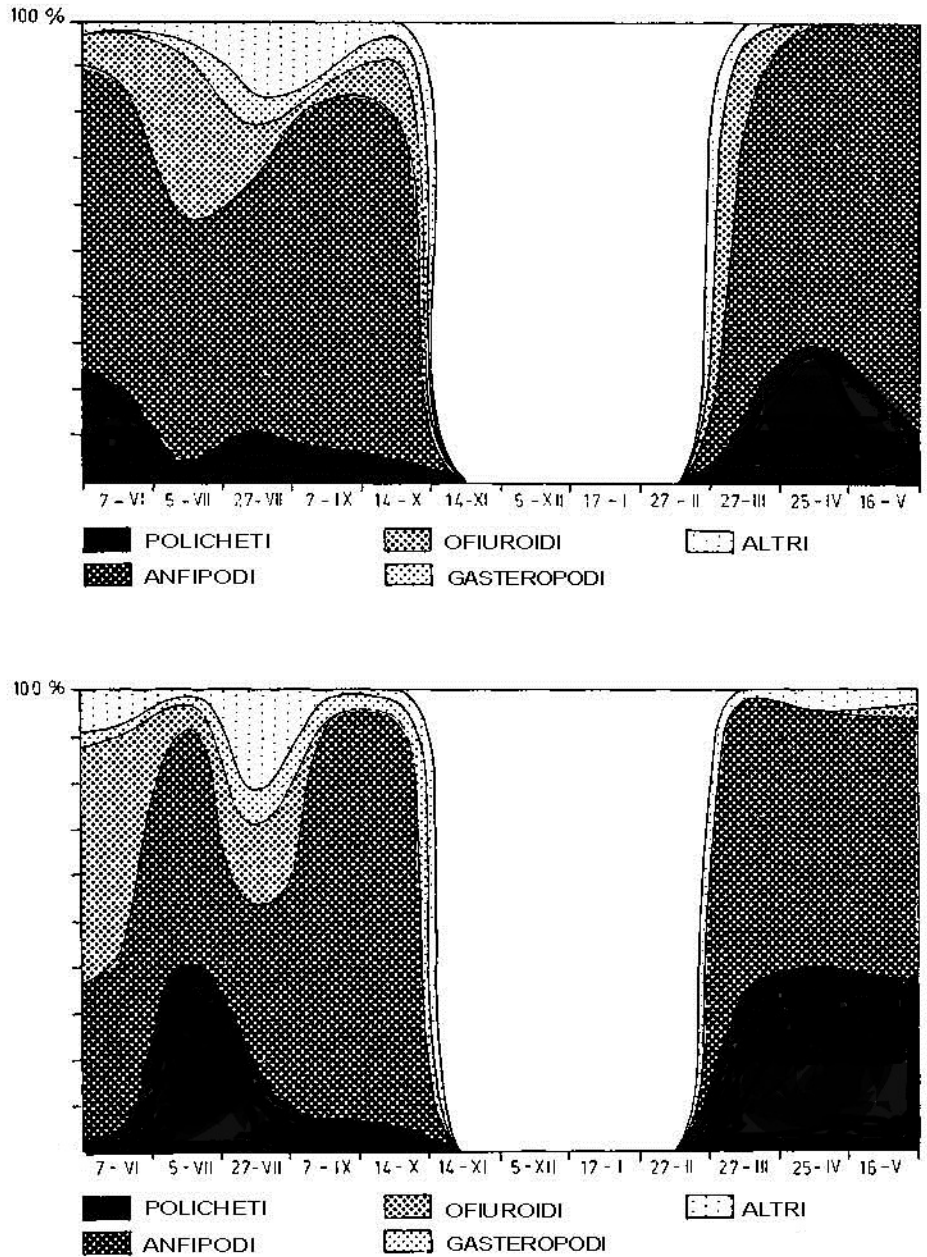
Nei campioni B e C, quelli cioè costituiti da organismi trovati solo in *Halopteris scoparia*, le variazioni delle percentuali sono assai più sensibili e con distribuzione poco omogenea in quanto spesso nel campione manca o l'uno o l'altro gruppo.

I Policheti, almeno nel campione B, presentano un comportamento simile a quello osservato nel campione A: valori percentuali piuttosto bassi durante l'anno, massimi nei mesi primaverili; nel campione C, oltre che nei mesi primaverili si registra un valore elevato (42 %) in luglio.

Gli Anfipodi, presenti sempre in numero notevole nei due campioni ne costituiscono il 69,8-57,8 % del popolamento totale. Nel campione B sono presenti sempre con valori oscillanti dal 35 al 70 %; maggiori oscillazioni si hanno nel campione C (dal 39 al 90 %). I Gasteropodi come l'Ofiuroido *Amphipholis squamata*, risultano spesso assenti nei campioni B e C, oppure sono presenti in piccole percentuali generalmente inferiori a quelle con le quali sono rappresentate nel campione A.

Sembrerebbe quindi che una distribuzione più regolare degli organismi animali in seno alla biocenosi, fosse favorita dalla presenza di più Alghe in una determinata area; tuttavia se consideriamo il peso medio delle Alghe dei tre campioni e le quantità medie degli organismi animali (Tab. 3) potremo vedere una netta dominanza dei Policheti e degli Anfipodi in *Halopteris*.

Dal punto di vista qualitativo, almeno dall'esame preliminare delle specie mi sembra di dover escludere l'esistenza di una biocenosi particolare di *Halopteryis scoparia*: tutte le specie esaminate sono state trovate indifferentemente



FIGG. 3-4. Variabilità stagionale della composizione percentuale della zoocenosi nei campioni B e C.

nei tre campioni, anche se a volte secondo rapporti quantitativi diversi che sembrano dovuti essenzialmente all'andamento stagionale o alle condizioni idrodinamiche. Infatti soprattutto per quanto riguarda gli Anfipodi, il confronto delle popolazioni nelle varie stagioni mostra differenze quantitative spesso notevoli. Tali differenze rivelano non solamente delle variazioni fortuite dovute

TAB. 3. Valori medi del numero e della biomassa degli organismi nei tre campioni. I numeri tra parentesi relativi ai campioni B e C, indicano i valori che si dovrebbero avere proporzionalmente alla biomassa delle Alghe del campione A per es. in una media di g 420 di Alghe sono stati trovati una media di 227 individui, il n° medio di individui che si dovrebbero trovare in una media di g 246,2, sarebbe 131,6.

	A	B	C
Peso medio Alghe in g)	420,4	246,2	165,0
N.° medio organismi anim.	227,0	187,1 (131,6)	159,0 (81,7)
Peso medio organismi anim. (in g)	3,0	0,85 (1,74)	0,83 (1,17)
N.° medio Policheti	20,5	22,5 (15)	34,6 (7,3)
Peso medio Policheti (in g)	0,16	0,5 (0,09)	0,23 (0,06)
N.° medio Anfipodi	111,5	130,5 (64,6)	91,3 (40)
Peso medio Anfipodi (in g)	0,41	0,43 (0,23)	0,35 (0,16)
N.° medio Ofiuroidi	72,5	23,5 (42)	22,8 (26,1)
Peso medio Ofiuroidi (in g)		0,04 (0,08)	0,03 (0,05)
N.° medio Gasteropodi	16,3	4,6 (9,4)	3,8 (5,8)
Peso medio Gasteropodi (in g)	2,55	0,19 (0,20)	0,2 (0,99)
N.° medio altri org. anim.	6	4,7 (3,4)	6,1 (2,1)
Peso medio altri org. anim. (in g)	0,06	0,04 (0,03)	0,05 (0,02)

alla casualità dei prelievi ma anche, senza alcun dubbio, l'esistenza di un ciclo stagionale delle varie specie.

Nel complesso la biocenosi appare costituita da poche specie rappresentate altresì da molti individui. Tra i Policheti specie dominanti sono apparse *Platynereis dumerilii* e *Polyophtalmus pictus*. Tra gli Anfipodi: *Amphithoe ramondi*, *Elasmopus pocillimanus* e *Hyale schmidti*. Gli Ofiuroidi sono rappresentati dall'unica specie *Amphipholis squamata*; i Gasteropodi da *Gibbula varia*, *Monodonta*

turbinata, *Columbella rustica*. Tra gli altri organismi è da segnalare la presenza del Tanaidaceo *Tanais cavolinii* e del Sipunculide *Aspidosiphon clavata*.

Pertanto, dai dati finora esposti, si possono trarre le seguenti conclusioni:

1) una distribuzione più omogenea e regolare degli organismi animali è favorita dalla presenza di più specie di Alghe;

2) in un campione così costituito, la biomassa degli animali è maggiore di quella che si può trovare in un campione in cui è presente una sola specie di Alga;

3) poiché tutte le specie animali esaminate erano presenti indifferentemente nei tre campioni, sembra che si possa escludere l'esistenza di una biocenosi particolare di *Halopteris scoparia*;

4) *Halopteris scoparia*, per la conformazione speciale del suo tallo è rifugio preferenziale di Policheti e Anfipodi;

5) il biotopo esaminato si discosta dalle condizioni ecologiche ottimali come viene dimostrato — in accordo alla II legge biocenotica di THIENEMANN — dalla presenza di poche specie rappresentate da molti individui.

BIBLIOGRAFIA

- BELLAN SANTINI, D., 1963: Étude quantitative du peuplement à *Cystoseira stricta* (MONT.) SAUV. Rap. P.V.C.I.E.S.M.M. 17 (2), 133-138.
- CHEVREUX, E. et L. FAGE, 1925: Amphipodes. Faune de France 9.
- FAUVEL, P., 1923: Polichètes errantes. Faune de France 5.
- , 1927: Polichètes sédentaires. Faune de France 16.
- HOLME, N. A., 1953: The biomass of di bottoni fauna in the English Cannel of Plymouth. Journ. Mar. Biol. Ass. 32 (1), 1-9.
- LEDOJER, M., 1962: Étude de la faune vagile des herbiers superficiels de Zosteracees et de quelques biotopes d'algue littorales. Rec. Trav. St. Mar. Endoume 25, 39, 117-235.
- MARCUZZI, G., 1968: Ecologia Animale. Ed. Feltrinelli, 1-832.
- RIEDL, R., 1963: Fauna und Flora der Adria. Ed. V. P. Parey.
- SACCHI, C., 1964: Problemi di ecologia e di evoluzione negli ambienti di marea. Boll. U.Z.I. 31, 147-236.
- TARAMELLI RIVOSECCHI, E. e A. HERZEL, 1969: Analisi qualitativa e statistica del mesobenthos vagile associato alle alghe delle pozze di scogliera di Tor Valdaliga (Civitavecchia). Arch. Zool. It. 54, 59-108.
- TORTONESE, E., 1965: ECHINODERMATA. Fauna d'Italia 6, Ed. Calderini, Bologna.
- TRUCHOT, J. P., 1963: Étude faunistique et écologique des Amphipodes des faciés rocheux intertidaux de Roscoff. Cah. Biol. Mar. Roscoff. 4, 121-176.
- ZAVODNIK, D., 1968: La communauté d'*Acetabularia mediterranea* LAMOUR. dans l'Adriatique du nord. Rap. P.V.C.I.E.S.M.M. 19 (2), 137.

Dr. E. TARAMELLI RIVOSECCHI, Istituto di Zoologia dell'Università, Viale Regina Elena 324, Roma, Italia.

Ricerche sugli organismi incrostanti del Porto di Civitavecchia

di

ESTER TARAMELLI RIVOSACCHI e CARLA CHIMENZ GUSSO

(Dall'Istituto di Zoologia dell'Università, Roma)

Summary. The purposes and the results of a series of investigations, accomplished since 1961, on the fouling of Civitavecchia Harbour, are here reported. In particular, the Authors have studied the biotic succession of fouling organisms and its variations with season, substratum and depth.

Riassunto. Gli AA. espongono scopi e risultati di una serie di indagini sul « fouling » del porto di Civitavecchia iniziate nel 1961. In particolare, gli AA. si sono occupati della successione ecologica degli organismi incrostanti e dell'influenza che su questa hanno le variazioni stagionali, il substrato, la profondità.

Nel quadro di alcune ricerche sulle biocenosi costiere del litorale laziale che da alcuni anni si svolgono presso questo Istituto, fra i vari problemi studiati, abbiamo preso in speciale considerazione quello delle biocenosi incrostanti — il cosiddetto « fouling » — cioè l'insieme di organismi animali e vegetali che si insediano su substrati artificiali sommersi. Come è noto, lo studio del « fouling » investe oltre che questioni relative ad importanti applicazioni pratiche, tutta una serie di interessanti problemi di biologia marina quali: la azione dei fattori ambientali sull'insediamento degli organismi, le modificazioni da essi prodotte sul substrato, i fenomeni di successione stagionale ed ecologica, le complesse interrelazioni che si instaurano tra i membri della biocenosi incrostante, ecc.

Fino dal 1961 iniziammo pertanto un ciclo di osservazioni su piastre metalliche immerse in mare aperto, che andarono purtroppo disperse durante una forte mareggiata; in seguito si decise di varare una zattera sperimentale nelle acque del Porto di Civitavecchia. A tale galleggiante furono fissate 40 piastre in acciaio Aq 45, delle quali 20 erano state trattate con vernici anticorrosive e antivegetative. Dal maggio 1962 al novembre 1963 ogni mese vennero prelevate due piastre (una verniciata e una no). Si poté così rilevare una sequenza temporale nell'insediamento dei principali gruppi di organismi, che per le piastre verniciate si può così riassumere: Diatomee e Protozoi (dopo 20 gg. di immersione) → Alghe e Idrozoi (dopo 2 mesi) → Briozoi (dopo 75 gg.) → Balani (dopo 3 mesi) → Policheti tubicoli e Tunicati (dopo 4 mesi) → Mitili (dopo 5 mesi) → Poriferi (dopo 7 mesi).

In seguito la biocenosi raggiungeva uno stato di equilibrio (« climax ») con dominanza di Mitili. Sulle piastre non verniciate la sequenza è simile e tende allo stesso « climax », con insediamenti in genere più precoci, specialmente per quanto si riferisce ai Policheti tubicoli e ai Tunicati.

Differenze di peso si poterono anche notare tra le incrostazioni delle piastre verniciate e quelle delle piastre non trattate: il peso delle prime aumentava all'inizio piuttosto lentamente per raggiungere dopo 8 mesi valori elevati, quello delle piastre non trattate raggiungeva subito valori elevati ma successivamente si notavano forti oscillazioni dovute allo sfaldamento delle piastre via via che si arrugginivano. Si notava inoltre un diverso insediamento delle singole specie secondo la posizione sulla piastra e l'esposizione di questa; l'instaurarsi di epibiosi di 2° grado nella comunità in fase avanzata.

Poiché in questo ciclo di ricerche non ci era possibile distinguere, nella sequenza temporale di insediamento, i fenomeni di successione ecologica da quelli di progressione stagionale, si rendeva necessario compiere nuove osservazioni che ci permettessero di individuare l'azione dei diversi fattori sulle biocenosi incrostanti.

Nel settembre 1965 perciò mettemmo in opera nel Porto 3 apparecchiature, per lo studio di 3 aspetti fondamentali del « fouling »: 1) la successione ecologica e stagionale, 2) l'azione del substrato sugli organismi, 3) le differenze di insediamento dovute alla profondità.

I) Per lo studio della progressione stagionale e la successione ecologica, abbiamo usato una zattera alla quale erano fissate piastre di acciaio trattate con vernici anticorrosive e antivegetative e piastre di controllo in Eternit. Ogni mese per un anno, secondo un definito programma, venivano prelevate alcune piastre e fissate altre nuove. La successione ecologica risultò simile a quella rilevata nelle ricerche precedenti con la sola eccezione dell'assenza di Mitili e Poriferi. La progressione stagionale non apparve chiara forse a causa della scarsa variabilità dei fattori ambientali nel biotopo in esame e dell'azione tossica della vernice che disturba lo svolgimento naturale della successione. Nel « film » o « velo pelogleico » abbiamo comunque notato dominanza di Diatomee specialmente sessili, in inverno, di Protozoi e Nematodi in autunno e primavera, di stadi larvali — specialmente di Balani e Bivalvi — in estate. Tra le alghe, *Enteromorpha* scompare quasi del tutto nei mesi estivi, come anche gli Idrozoi, al contrario dei Serpulidi, i quali presentano un maximum in questo stesso periodo.

II) Per lo studio dell'azione del substrato sugli organismi, abbiamo usato una zattera simile alla precedente, alla quale erano fissate delle serie di piastre di diversa natura (cloruro di polivinile, vetro liscio trasparente, Eternit, acciaio trattato con tre tipi di vernice antivegetativa). Ogni due mesi per un anno

venne prelevata una serie di piastre. Risultarono nette differenze quantitative di insediamento, anzitutto tra il gruppo di piastre costruite in materiale neutro e quelle di acciaio verniciato. Su queste ultime abbiamo notato una diversa efficacia antivegetativa (rilevabile dal ritardo nell'insediamento) delle diverse vernici: alcune piastre dopo due mesi di immersione erano già coperte di incrostazioni, altre rimasero quasi intatte dopo un anno. Anche tra le incrostazioni di piastre di materiale neutro vi furono differenze qualitative e quantitative. Per esempio sulle piastre di Eternit si poté rilevare una netta dominanza di Serpulidi, mentre sulle piastre di vetro erano più abbondanti i Balani.

III) Per lo studio delle variazioni di insediamento del «fouling» con la profondità, fu fissata ad una banchina del Porto una catena verticale mobile su due rulli, portante dei telami snodabili, ai quali furono fissate 84 piastre abbinata di acciaio verniciato, che si trovavano così immerse dal livello medio delle maree al fondo che in quel punto raggiungeva m 6,50. Per un anno furono eseguite osservazioni mensili (con piccoli prelievi di materiale); dopo 12 mesi abbiamo tolto una serie di 42 piastre e dopo due anni la serie abbinata. Abbiamo così notato che la successione ecologica, almeno per le piastre superficiali, non si discosta da quella già descritta per il «fouling» delle piastre tenute in semi-immersione: dopo uno stadio in cui si nota solo la patina e che dura circa due mesi, si succedono le Alghe, gli Idrozoi, i Policheti tubicoli e i Balani, i Briozoi e i Tunicati e infine dopo 9 mesi i Poriferi (*Sycon raphanus*) e i Molluschi Bivalvi.

A profondità superiori ai 4 metri la successione, pur seguendo le stesse modalità, risulta ritardata; si nota inoltre la mancanza di Alghe verdi, di Poriferi e di Mitili: in quest'ultimo caso è da tenere presente che si tratti di «secondary-fouling organisms» (D. J. CRISP, 1964) che si insediano in comunità già avanzate. Dal punto di vista qualitativo si nota la scomparsa ai livelli profondi delle Alghe brune e verdi, mentre le Alghe rosse si possono trovare fino a -5,75 m. Idrozoi, Briozoi e Botrilli nel complesso non mostrano preferenze per livelli particolari al contrario di *Balanus amphitrite* che è molto numeroso sulle piastre superficiali, raro o addirittura assente sotto i 5,50 metri. Molto netta è anche la distribuzione di *Mytilus galloprovincialis*: numeroso sulle prime piastre, diminuisce progressivamente fino a scomparire sotto i 2 metri. Qualitativamente le differenze appaiono ancora più nette dopo 2 anni di immersione con la comparsa di nuove specie e ciò non soltanto a causa del naturale evolversi della comunità nel tempo, ma anche a causa della perdita di tossicità della vernice. Così si nota la comparsa dopo due anni di *Polydora ciliata*, *Pedicellina cernua*, *Balanus perforatus* (solo vicino alla superficie), *Hydroides lunulifera* e *H. uncinata*, *Pomatoceros triqueter* (limitato alle due piastre profonde).

Le differenze quantitative risultano chiare anche dal confronto dei pesi

umidi delle incrostazioni che variano dopo un anno da g 155 per le piastre superficiali a g 3,20 per quelle profonde e dopo due anni da g 475 a g 25.

L'esperienza di questi due anni e l'analisi dei dati raccolti ci ha portato ora ad escludere per il momento dalle nostre indagini alcuni problemi relativi al substrato — quali la differenza di insediamento del « fouling » su materiali diversi, l'azione chimica delle vernici — limitandoci quindi ad usare un solo tipo di substrato, usando piastre più grandi delle precedenti per eliminare il cosiddetto « effetto di bordo », eseguendo più completi rilevamenti dei dati chimico-fisici ed ambientali, immergendo serie di piastre in epoche diverse al fine di studiare l'influenza delle stagioni sulla successione ecologica. Attualmente abbiamo in corso un ciclo di osservazioni su piastre di Eternit di dimensioni doppie di quelle usate nelle precedenti ricerche (20 × 40 cm), fissate alla « catena » della quale abbiamo già riferito. Dopo 3 mesi di immersione abbiamo già potuto notare una netta differenza, sia qualitativa che quantitativa, tra gli insediamenti sulle piastre prossime alla superficie e quelli sulle piastre situate alle diverse profondità. Dai dati finora esposti appare evidente da una parte quanto siano vari e complessi i problemi inerenti all'insediamento e sviluppo delle comunità incrostanti e dall'altra quanto lo studio di tali problemi possa essere utile ai fini di una migliore conoscenza delle biocenosi litorali e degli organismi che di queste fanno parte.

RINGRAZIAMENTI

Rivolgiamo sinceri ringraziamenti al Chiar.mo Prof. PASQUALE PASQUINI, Direttore dell'Istituto di Zoologia dell'Università di Roma, che ci fu prodigo di consigli e incoraggiamenti e che rese possibile la realizzazione di queste ricerche.

BIBLIOGRAFIA

- CALLAME, B., 1955: Lutte contre les salissures de carènes. Aspect biologique du problème des salissures. *Peint. pigm. vern.* 31 (3), 233-239.
- CHIMENZ, C., 1965: Sugli organismi incrostanti del cosiddetto «fouling» (Rivista sintetica). *Ann. Ist. Mus. Zool. Univ. Napoli* 17 (1), 1-33.
- CHIMENZ Gusso, C. e E. TARAMELLI RIVOSECCHI, 1970: Nuove ricerche sul «fouling» del Porto di Civitavecchia. II: Osservazioni sulle comunità incrostanti piastre metalliche verniciate immerse a varia profondità. *Rend. Accad. Naz. dei XL. Serie IV*, 20, 1-20.
- CRISP, D. J., 1964: The Ecology of Marine Fouling. In: *Ecology and the industrial society*. Blakwell, Oxford.
- HUVÈ, P., 1953: Étude expérimental du peuplement des surfaces rocheuses immergées en Méditerranée occidentale. *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris* 236 (1), 419-422.

- LEFÉVÈRE, S., 1965: Le recouvrement biogène le long de la côte belge. Bull. Inst. Roy. Sc. Nat. Belg. 41, 26, 1-10.
- SCHEER, B. T., 1945: The Development of Marine Fouling Communities. Biol. Bull. 89, 103-121.
- TARAMELLI, E. e C. CHIMENZ, 1965: Studi sperimentali e sistematici sul « fouling » nel porto di Civitavecchia. Rend. Accad. Naz. dei XL. Serie IV, 16, 151-187.
- TARAMELLI RIVOSECCHI, E. e C. CHIMENZ GUSSO, 1966: Nuove ricerche sul « fouling » nel porto di Civitavecchia. Boll. Zool. 33, 200-201.
- , —, 1968: Nuove ricerche sul fouling del porto di Civitavecchia. I: Successione ecologica e progressione stagionale di organismi incrostanti piastre metalliche verniciate immerse. Rend. Accad. Naz. dei XL. Serie IV, 18.
- , —, 1968: Variazioni del « fouling » del porto di Civitavecchia a diversa profondità. Boll. Zool. 35, 350-351.
- WOODS HOLE OCEANOGRAPHY INSTITUTION, 1952: Marine fouling and its prevention. U. S. Nav. Inst. Annapolis, Maryland.

Dr. E. TARAMELLI e Dr. C. CHIMENZ GUSSO, Istituto di Zoologia dell'Università, Viale Regina Elena, 324, Roma, Italia.

Valore della protezione offerta ai Policheti Serpulidi dal tubo e dall'opercolo

di

VITO TENERELLI

(Dall'Istituto di Zoologia dell'Università di Catania)

Summary. The operculum of *Hydroides norvegica* GUN., when the animal is retracted inside its tube, is a valid mean of protection against unfavourable conditions of the external environment. Experimental evidence is given that *Hydroides norvegica*, in perfect morphological conditions and retracted, is able to withstand great chlorine variations ranging from 0,117 to 0,031 gr/l in 24 hours; while the maximum concentrations the animal is able to tolerate, when devoided of tube and operculum, are respectively 0,028 to 0,007 gr/l.

Riassunto. L' A. dimostra che in *Hydroides norvegica* GUN., l'opercolo costituisce un valido mezzo di isolamento dall'ambiente esterno, quando questi Policheti sono retratti nel tubo. Infatti viene provato sperimentalmente che gli *Hydroides* col sistema tubo-opercolo completamente integro resistono, in condizioni di retrazione, a concentrazioni di cloro anche notevoli che nelle 24 ore vanno da 0,117 a 0,031 gr/litro, mentre le concentrazioni maggiori che l'animale sopporta, se privato di tali organi, vanno da 0,028 a 0,007 gr/litro nello stesso periodo di tempo.

INTRODUZIONE

Fra i Policheti tubicoli, gli unici che presentano un tubo calcareo sono i Serpulidi; inoltre, essi sono forniti di un opercolo che tende ad assicurare una migliore protezione agli animali quando si ritraggono nel proprio tubo che, normalmente, non abbandonano mai. L'unico caso noto in cui avviene l'abbandono del tubo si verifica in *Salmacina incrustans* CLAP. in cui gli individui, in acqua lievemente alcoolata, fuoriescono dai tubi in gran numero (LA GRECA, 1946); ma in tal caso ci troviamo di fronte ad una condizione eccezionale, perché si tratta di un genere, le cui specie sono appunto prive di opercolo. Sembra perciò che i Serpulidi, quando siano forniti di opercolo, trovino nel proprio tubo un rifugio così sicuro contro condizioni ambientali avverse da non cercare la propria salvezza nella fuga; v'è inoltre da supporre che essi (o almeno alcune specie) si trovino così in condizioni vantaggiose per sopravvivere in acque anche notevolmente inquinate; alcune osservazioni condotte in natura lungo la costa orientale di Sicilia, ad Augusta, sembrano confermare tale ipotesi.

La rada di Augusta, a Sud di Catania, è oggi diventata, per i complessi industriali petrolchimici che vi si affacciano e per il conseguente traffico ma-

rittimo che in essa si svolge, una delle più importanti d'Europa. L'inquinamento delle acque marine, dovuto soprattutto al grezzo ed ai prodotti di scarico delle industrie che si accumulano lungo la costa, provoca significative e crescenti alterazioni delle condizioni ambientali, rendendo estremamente complesso il problema dello sviluppo degli organismi marini e determinando notevoli turbamenti nell'equilibrio biologico delle biocenosi costiere, con conseguenti modificazioni della loro costituzione a vantaggio di alcune specie più resistenti che finiscono per diventare predominanti. Fra queste specie, ad Augusta, va annoverato il Serpulide *Hydroides norvegica* (GUN.), che con i suoi tubi calcarei incrostanti forma spessi e fitti ammassi che rivestono in più punti le opere d'arte della rada, per un buon tratto dell'infralitorale superiore, fino al pelo dell'acqua. Gli animali vivono costantemente nel loro tubo dal quale sporgono, se non sono disturbati, con tutta la loro porzione anteriore; se stimolati in qualsiasi maniera si ritraggono istantaneamente nell'interno del tubo. La parte anteriore dell'animale detta torace, presenta alla sua estremità libera una corona di tentacoli, piumosi per la presenza di pinnule, che circondano la bocca e mediante i quali l'animale filtra i microrganismi del plancton di cui si nutre. Uno dei tentacoli, privo di pinnule, porta all'apice un opercolo conico a margine dentellato, dal centro del quale si erge una corona di 10-12 spine denticolate. Quando il Serpulide si ritrae nel tubo, l'opercolo per la sua forma, s'incastria nel lume del tubo e lo occlude perfettamente. Tale chiusura, come si è detto, dovrebbe rappresentare una sufficiente difesa, tale da consentire all'animale di isolarsi e quindi di sopravvivere con successo a condizioni ambientali che possono variare anche notevolmente.

Allo scopo di saggiare sperimentalmente la validità di questa ipotesi ed i limiti della protezione offerta a questi organismi del complesso tubo-opercolo, ho condotto in laboratorio ricerche sulla resistenza degli *Hydroides* ad una sostanza tossica largamente diffusibile. La mia scelta è caduta sul cloro che, presentando le caratteristiche desiderate, è usato, com'è noto, sia per la sterilizzazione delle acque destinate all'alimentazione umana, sia quale antifouling in diversi impianti che utilizzano l'acqua marina per scopi industriali o in prese d'acqua marina antincendio.

RICERCHE DI LABORATORIO RELATIVE ALL'AZIONE DEL CLORO
su *Hydroides norvegica* (GUN.)

Le ricerche dell'azione del cloro sono state condotte sottoponendo lotti di *Hydroides*, di 20 individui ciascuno, all'azione di acqua clorata a diverse concentrazioni e per periodi di varia durata; ciascuna esperienza è stata ripetuta tre volte con tre lotti distinti del nostro Anellide. Nel corso di ciascuna esperienza si è avuto cura di ricavare gli individui dei vari lotti da un unico am-

masso incrostante, in modo da essere certi che tutti fossero, all'inizio dei saggi, nelle stesse condizioni. Dallo stesso ammasso fu isolato, per ciascuna prova, anche un lotto che, non trattato con cloro, è servito da controllo.

A) Concentrazione iniziale di Cl di gr/l 0.028 che entro 24 ore scende a gr/l 0.007

Tutti gli individui viventi in tubi calcarei integri, immersi in questo ambiente si retraggono immediatamente nei tubi e per alcune ore; ogni qualvolta accennano a fuoruscire, tornano subito a ritrarsi, mostrando così, nella fase iniziale dell'esperimento, chiari segni di sofferenza. Dopo 24 ore, pur trovandosi in acqua di mare che contiene ancora cloro ad una concentrazione pari a gr/l 0.007 essi sono perfettamente vivi e vitali con la corona dei tentacoli normalmente espansa e fuoruscite dal tubo: dimostrano così di non risentire per nulla della presenza del cloro residuo.

Allo scopo di saggiare l'efficacia del cloro su animali privi della protezione del tubo, furono eseguiti altri due tipi di esperienze immettendo nell'acqua clorata, alla stessa concentrazione e per lo stesso periodo di tempo della precedente esperienza, lotti di animali privati dal tubo e lotti di esemplari con tubo non perfettamente integro; in quest'ultimo caso i tubi lasciavano allo scoperto una superficie del corpo dell'animale non superiore a circa 6 mm². I primi dopo 24 ore risultarono tutti morti, mentre i secondi manifestavano chiari segni di sofferenza poiché reagivano lentamente agli stimoli e presentavano le pinnule della corona dei tentacoli e i tentacoli stessi fortemente contratti; tutti questi individui, trasferiti in acqua di mare pura, finirono col riprendersi del tutto. Non si sono condotte esperienze su esemplari privati dall'opercolo per evitare di impiegare animali traumatizzati, sia a causa dell'indispensabile impiego di un narcotico, sia in conseguenza dell'asportazione dell'opercolo.

B) Concentrazione iniziale di cloro di gr/l 0.035 che entro le 24 ore scende a gr/l 0.030

Con tale esperienza ho voluto saggiare l'azione del cloro mantenuto ad una concentrazione pressoché costante per tutte le 24 ore, rivolgendo però la mia attenzione soltanto ad individui con tubo integro; poiché tale concentrazione è ovviamente mortale per gli individui estratti dai tubi. Tutti gli animali viventi in tubi perfettamente integri dopo 24 ore manifestavano chiari segni di sofferenza, pur mantenendosi in buone condizioni senza accenno di degenerazione della corona di tentacoli: l'addome reagisce bene agli stimoli, ma le pinnule della corona dei tentacoli (non sempre interamente fuoriuscita dal tubo) permangono costantemente contratte; riportati in acqua di mare pura tutti gli

esemplari si riprendono normalmente in breve tempo. Gli stessi risultati si ottennero partendo da una concentrazione iniziale di cloro ancor più elevata, pari a gr/l 0.117, che dopo 24 ore scende a gr/l 0.031. Tali risultati confermano la validità della protezione offerta agli *Hydroides* del complesso tubo-opercolo e la loro possibilità di resistere a concentrazioni di cloro molto alte.

C) *Concentrazione di cloro di gr/l 0.147 per 40 minuti*

Gli esemplari con tubo integro si retraggono immediatamente appena posti nell'acqua così fortemente clorata e, al termine dell'esperienza, riportati in acqua di mare pura si riprendono rapidamente. Tale concentrazione risulta letale agli individui estratti dal tubo e in gran parte anche agli individui con tubo non integro: di questi ultimi, infatti, dopo 40 minuti muore circa il 50 % mentre la restante metà, portata in acqua di mare pura, stenta a riprendersi anche dopo alcune ore. Tale concentrazione di cloro si può considerare quindi la soglia oltre la quale non sopravvivono gli individui con il tubo danneggiato.

D) *Concentrazione di cloro oscillante periodicamente, da gr/l 0.140 a gr/l 0.050 ogni 18 ore e per la durata di 72 ore*

Con tale esperienza ho voluto stabilire quale fosse la massima concentrazione di cloro sopportata senza danno, dagli *Hydroides* viventi in tubi integri, sottoposti all'azione del cloro per un periodo di tempo prolungato: ciò era indispensabile poiché i dati ricavati dalle precedenti esperienze avevano dimostrato che per brevi periodi di tempo, concentrazioni anche molto elevate erano sopportate senza alcun danno da questi Policheti, sempre che il tubo calcareo e l'opercolo restassero in perfette condizioni. A questo scopo, gli *Hydroides* furono mantenuti in acqua clorata per la durata di 72 ore; la concentrazione di cloro veniva fatta variare ripetutamente da gr/l 0.140 a gr/l 0.050, con un periodo di 18 ore circa.

Al termine del 1° periodo, cioè 18 ore dopo l'inizio dell'esperienza, tutti gli *Hydroides* erano ritirati nei tubi ad eccezione del 15 % di essi che ancora lentamente si affacciavano, sebbene con la corona dei tentacoli fortemente contratta. Al termine delle 72 ore, cioè al termine del 4° periodo, la metà degli esemplari apparivano per buona lunghezza fuoriusciti dal tubo, sicuramente morti e con la corona di tentacoli in via di disfacimento; gli esemplari restanti erano retratti nel tubo. Alcuni di questi individui estratti dal proprio tubo, allo scopo di riconoscerne le condizioni fisiche, risultavano fortemente contratti e reagivano scarsamente agli stimoli: trasferiti in acqua di mare pura,

unitamente agli individui che non erano stati estratti dai tubi calcari, tutti si riprendevano perfettamente e si mantenevano vivi e vitali per numerosi giorni successivi.

CONCLUSIONI

I risultati delle esperienze effettuate ci permettono di formulare le seguenti conclusioni:

a) il complesso tubo-opercolo, allo stato integro, offre agli *Hydroides* una validissima protezione, tale da rendere inefficaci concentrazioni di cloro che, nelle 24 ore, vanno da gr/l 0.117 a gr/l 0.031; gli *Hydroides* con tubo ed opercolo integri cominciano invece a risentire in maniera significativa (50 % di mortalità) degli effetti del cloro se sottoposti ad una concentrazione pari a gr/l 0.140, e per una durata non inferiore a 72 ore e purché esso non scenda, in questo intervallo di tempo, ad una concentrazione inferiore a gr/l 0.050. Non è però da escludere che la mortalità riscontrata negli esperimenti sia da attribuire ad impercettibili lesioni dei tubi calcarei, non rilevabili al binoculare: in tal caso l'efficacia protettiva del tubo acquisterebbe un valore ancor più accentuato. Indipendentemente dalla protezione offerta dal tubo, una concentrazione di cloro inferiore a gr/l 0.008 non risulta neanche minimamente dannosa agli *Hydroides*, che si comportano in tali condizioni come se fossero in acqua pura;

b) individui con tubo non perfettamente integro, pur non venendone uccisi, mal sopportano una permanenza in acqua clorata ad una concentrazione che in 24 ore scenda da gr/l 0.028 a gr/l 0.007, infatti tutti gli esemplari sono in grado di riprendersi perfettamente se riportati in acqua di mare pura, per tali individui con tubo non perfettamente integro una concentrazione di gr/l 0.147 deve invece considerarsi il limite oltre al quale una permanenza inferiore ad un'ora in acqua clorata risulta letale;

c) individui privati del tubo si dimostrano estremamente sensibili a concentrazioni anche molto basse, purché non inferiori a gr/l 0.008; infatti risulta letale anche la semplice permanenza in acqua clorata che nelle 24 ore scende da una concentrazione di gr/l 0.028 a gr/l 0.007.

BIBLIOGRAFIA

LAGRECA, M., 1946: Anatomia, moltiplicazione e rigenerazione in *Salmacina incrustans* CLAP. (Policheti, SERPULIDAE). Archiv. Zool. Ital. 31, 239-275.

Prof. V. TENERELLI, Istituto di Zoologia dell'Università, Via Androne, Catania, Italia.

La fauna del Mediterraneo e i suoi rapporti con quelle dei mari vicini

di

ENRICO TORTONESE

(Dal Museo Civico di Storia Naturale di Genova)

Summary. The Mediterranean fauna is closely connected with that existing in the nearest Atlantic zones (Lusitanian, Mauretanian). After the disappearance of the Tertiary palaeomediterranean fauna, the Mediterranean received a number of species from both colder and warmer Atlantic areas, some of which later on became extinct. As a whole, a «Mediterranean» fauna can be recognized, but its features are far from uniform. In the western basin the Atlantic influence is more strongly felt and the great current penetrating from the ocean shows a remarkable biological influence. As in the other main basins, peculiar species are present.

In the eastern basin, having warmer and saltier water, the fauna has a more tropical character, that is emphasized by the continuous arrival of new species from the Red Sea. In the northern Adriatic, clear affinities are found with the Black Sea. The latter, that derives from the Sarmatic Sea existing in the Miocene, is a quite peculiar basin, where the fauna is poorer than in the Mediterranean, several important groups being completely absent.

According to their geographical distribution, the Mediterranean species (littoral, pelagic and living in the deep zones), chiefly belong to three main sections: endemic, atlanto-mediterranean, cosmopolitan. Comparing the populations of the same species dwelling in the Mediterranean and in the neighbouring areas (Atlantic, Black and Red Seas), morphological and physiological differences are often detected and new cases will surely be found as this is a matter that deserves further and careful investigations.

Riassunto. La fauna mediterranea ha stretti rapporti con quella esistente nelle vicine zone atlantiche (Lusitanica, Mauretana). Dopo la scomparsa della fauna paleo-mediterranea del Terziario, il Mediterraneo ricevette parecchie specie dalle aree atlantiche di bassa o alta temperatura; alcune di esse in seguito si estinsero. Può riconoscersi una fauna « mediterranea », ma i suoi caratteri non sono uniformi. Nel bacino occidentale l'influenza atlantica è sentita più fortemente e la grande corrente che penetra dall'oceano dimostra una considerevole influenza biologica. Come negli altri grandi bacini, sono presenti specie particolari.

Nel bacino orientale, avente acque più calde e più salate, la fauna ha un carattere più tropicale, il che è accentuato dalla continua penetrazione di nuove specie dal mar Rosso. Nell'Adriatico settentrionale vi sono chiare affinità col mar Nero. Quest'ultimo, che deriva dal mare Sarmatico del Miocene, è un bacino affatto particolare, ove la fauna è più povera che nel Mediterraneo; importanti gruppi sono completamente assenti.

Secondo la loro distribuzione geografica, le specie mediterranee (litorali, pelagiche e di profondità), appartengono essenzialmente a tre fondamentali raggruppamenti: endemiche, atlanto-mediterranee, cosmopolite. Confrontando le popolazioni delle medesime specie che abitano il Mediterraneo e le aree vicine (Atlantico, mar Nero e mar Rosso), si rilevano spesso differenze morfologiche e fisiologiche, e nuovi casi verranno sicuramente osservati poiché questo argomento merita ulteriori e attente indagini.

È questo un argomento di tale ampiezza, che ben difficilmente può essere illustrato in breve, soprattutto se si considera che da parte di studiosi di diversi paesi sono oggi in corso ricerche di notevole portata, che continuano a modificare vedute tradizionali, sia per quanto concerne argomenti ristretti e specifici, sia per quanto ha attinenza a problemi di ordine generale. Tenterò comunque di enumerare alcuni dati fondamentali, affinché ne risultino delineati quei rapporti faunistici che è indispensabile conoscere ai fini di una più esatta valutazione dei caratteri della fauna mediterranea. Avrò spesso occasione di riferirmi ai pesci, che riescono assai dimostrativi in quanto sono partecipi di tutte e tre le fondamentali comunità dell'Alobio: gli adulti presentano una fisionomia ora bentonica, ora più spiccatamente nectonica, mentre uova e larve contribuiscono in larga misura alla composizione del plancton.

Il termine « fauna mediterranea » con il quale suole indicarsi un gruppo di animali il cui studio ebbe inizio nell'antichità, può venire inteso in senso ristretto — cioè con riferimento al solo bacino mediterraneo — o in senso largo, cioè con inclusione di una parte del vicino Atlantico. In realtà, non ha significato il considerare soltanto il Mediterraneo, essendo quanto mai evidente che lo stretto di Gibilterra non rappresenta un definito punto di demarcazione biogeografico. Le difficoltà si incontrano quando, prendendo a considerare anche il vicino oceano, si intende stabilire quante e quali zone abbiano col Mediterraneo più stretti rapporti.

Secondo la vecchia ripartizione di SCHMIDT, sono « mediterranei » non soltanto una quindicina di settori compresi in questo mare, ma anche il golfo di Cadice e quello di Guascogna. EKMAN (1953) ammette tre divisioni nell'area faunistica atlanto-mediterranea: *lusitanica* (dal Portogallo alla Manica), *mauretanic* (da Gibilterra al Capo Bianco o forse al Capo Verde, con inclusione delle Azzorre) e *mediterranea*. In seguito ai suoi studi sull'ecologia e distribuzione dei pesci, MAURIN (1968) ripartisce così la « provincia atlanto-mediterranea »: regione *mediterranea*, regione *lusitanica* (dalla Manica al Marocco), regione *sahariana* (Rio de Oro); a sud di quest'ultima si troverebbe la regione senegalese, ascritta alla provincia di Guinea. Infine, KLAUSEWITZ (1968) enumera una sottoregione *Est-atlantica tropicale* (dal golfo di Guascogna fino all'incirca al Capo Bianco), una sottoregione *mediterranea* e una *Sarmatica* (Mar Nero).

Comunque sia, queste diverse distinzioni — alle quali mi dovrò richiamare in seguito — si accordano nel porre la fauna del Mediterraneo vero e proprio insieme con quella, evidentemente affine, di un settore atlantico che si estende dall'ingresso della Manica sino a un non ben definito punto delle coste occidentali africane.

È nozione comune che il popolamento animale del Mediterraneo presenta un carattere fondamentalmente atlantico, facile a rilevarsi quando si studi la distribuzione delle specie appartenenti a qualsiasi gruppo zoologico. Altret-

tanto nota è l'antichissima inclusione del Mediterraneo e dell'Atlantico nella Tetide. L'area occupata dal Mediterraneo fece parte della Tetide fino al Paleocene e in corrispondenza di essa l'Atlantico comunicava con l'oceano Indiano. Tale comunicazione si obliterò durante il Miocene; in questo periodo venne individuandosi il « primo » Mediterraneo o Paratetide, che costituiva un'appendice dell'Atlantico, popolata da una fauna « paleomediterranea » a fisionomia tropicale. A partire dal Pliocene, i caratteri della fauna si modificarono progressivamente, insieme con l'abbassarsi della temperatura, e mentre finirono con lo scomparire moltissime specie paleomediterranee, altre ne giunsero dal vicino oceano. Senza entrare in dettagli, ricorderò la penetrazione di specie boreali (es. *Cyprina islandica*, tipico rappresentante di « fauna fredda ») e di specie senegalesi (es. *Strombus bubonius*, esponente della « fauna calda »), le quali in parte si estinsero con il sopravvenire di condizioni sfavorevoli, in parte si mantennero e finirono per coesistere. Queste successive invasioni furono anzi di tale entità, da imprimere alla fauna un carattere del tutto nuovo, ben diverso da quello del complesso paleomediterraneo che l'aveva preceduta. Ma naturalmente la diffusione delle specie termofile non fu identica a quella delle specie con preferenza per acque più fredde, cioè delle specie di origine boreale: si ravvisa qui una prima causa che si oppone all'uniformità faunistica nelle diverse zone del Mediterraneo.

La tradizionale idea di una fauna mediterranea a caratteri definiti e uniformi non può dirsi errata, ma va tenuto presente che con sempre maggiore evidenza ci appaiono differenze quali — e quantitative tra il mondo animale che vive nell'una e nell'altra delle predette zone. Le differenze faunistiche connesse sia con la latitudine, sia con la longitudine, devono attribuirsi non solo ai locali fattori ambientali, ma anche — e questo ci riporta al titolo del presente scritto — alla vicinanza di questo o quello dei mari che al Mediterraneo sono adiacenti: Atlantico, mar Nero, mar Rosso.

Fondandosi sulle caratteristiche regionali del bentos, PÉRÈS e PICARD (1958 a) e PÉRÈS (1967) enumerarono il mar di Alboran, il bacino occidentale e quello orientale — ciascuno con un'area settentrionale, centrale e meridionale — e l'Adriatico. Sulle notevoli differenze, tanto ambientali quanto biologiche, che intercedono fra il bacino occidentale e quello orientale — separati dal Canale Siculo-Tunisino — ho già avuto occasione io stesso di insistere (TORTONESE, 1951).

Nel primo di detti bacini le analogie faunistiche con le vicine aree atlantiche sono molto più strette, come attesta la comunanza di una serie di specie che non risultano essere presenti nel settore orientale. Prima di accennare al Mediterraneo vero e proprio, conviene dunque soffermarci su quanto è da rilevarsi in Atlantico. In accordo con le già menzionate ripartizioni biogeografiche, intendiamo come *lusitanici* i popolamenti a nord di Gibilterra e come *mauretanici* quelli a sud. È interessante il fatto che specie molto affini sono caratte-

ristiche dell'uno oppure dell'altro: così, fra i Crostacei, *Scyllarides latus* è mauretano (dal Portogallo al Capo Verde), mentre *Scyllarus arctus* — pur esso comune nel Mediterraneo — è lusitano (da Madera alla Manica). L'ingresso della Manica segna il limite nord di diffusione di parecchie specie atlanto-mediterranee, come *Holothuria tubulosa* e, fra i Molluschi bivalvi, *Acanthocardia aculeata*, *A. tuberculata* e *Donax variegatus*. Poco più di 1/4 dei Crostacei Decapodi mediterranei non sono diffusi oltre la Manica. Ben al di là di questa si estendono invece altri animali, che quindi entrano a far parte della fauna boreale. È facile trovare esempi fra i più noti abitatori dei nostri litorali; parecchi sono presenti lungo le coste della Scandinavia, altri — come *Sprattus sprattus* — penetrano nel Baltico. Fra i Crostacei, *Homarus gammarus* si trova dalle isole Lofoten al Marocco (Agadir), *Crangon crangon* dal mar Bianco a Gibilterra, donde si estende fino al mar Nero. Secondo SARS, 68 % dei Molluschi scandinavi esiste anche nel Mediterraneo.

Le specie mauretane, più termofile, hanno un areale esteso lungo le coste africane di nord-ovest e presso i vicini arcipelaghi; vi sono buone ragioni per ritenere il Capo Verde, anziché il Capo Bianco, come limite meridionale di questa fauna, che ha un complessivo carattere subtropicale, pur essendo insediata in una zona con temperatura relativamente bassa rispetto alla latitudine. Come è impossibile una netta distinzione dalla fauna lusitana, così è impossibile la separazione da quella di Guinea, che compare più a sud e che è decisamente tropicale. Anche in questo caso è facile additare specie ben note quali componenti della fauna mediterranea. Alle isole del Capo Verde giungono *Corallium rubrum*, *Calappa granulata* e numerosi altri invertebrati, fra i quali circa metà dei Molluschi. *Ophidiaster ophidianus* è un bell'Asteroide che nei mari italiani si osserva soprattutto nelle zone più calde e che in Atlantico è presente dal Portogallo fino a Sant' Elena. Quanto ai Pesci, ricorderò *Callanthias ruber* e *Thalassoma pavo*, noti rispettivamente fino a Rio de Oro e al golfo di Guinea.

Nei riguardi del bacino mediterraneo vero e proprio, mi soffermerò soprattutto sul mar di Levante, mentre mi limiterò a brevi cenni intorno al Mediterraneo occidentale e all'Adriatico. La trattazione non riuscirebbe poi completa senza alcune notizie sul mar Nero.

Capitale importanza per la vita che si svolge nel Mediterraneo ha la grande corrente atlantica che, scorrendo in superficie, penetra attraverso lo stretto di Gibilterra. Questa notevole massa d'acqua viene a compensare quella perduta per evaporazione. DUMONT D'URVILLE (1833) la rilevò per primo lungo le coste nord-africane e, dopo la campagna del «Thor», NIELSEN (1912) ne affermò l'importanza, che di recente venne posta nel dovuto risalto dalle indagini degli oceanografi e biologi francesi (ALLAIN e coll., 1966). L'acqua atlantica si estende sul mar di Alboran e prende quindi a scorrere lungo l'Algeria. Raggiunta la

Sicilia, si divide in un ramo settentrionale — che penetra nel Tirreno e scorre verso nord lungo le coste italiane — e un ramo meridionale. Quest'ultimo — con una salinità che ormai ha raggiunto 37 ‰ — prosegue verso oriente lungo l'Africa e finisce col dar luogo alla grande corrente che percorre in senso antiorario le zone mediterranee costiere, fino alla Spagna e quindi a Gibilterra. La corrente atlantica agisce nel favorire la penetrazione di specie oceaniche nel Mediterraneo e ben si comprende come esse vengano riscontrate con maggior frequenza presso le coste algerine ed anche, benché in minor grado, lungo quelle spagnole. Detta corrente esercita un notevolissimo in flusso quali — e quantitativo sul plancton, nel quale si sono anzi riconosciuti « indicatori » di acque atlantiche (Copepodi, Chetognati, ecc.). Soltanto in Algeria si sono rinvenuti due Crinoidi (*Leptometra celtica* e *Antedon bifida*), la *Myxine glutinosa* e diversi pesci (*Galeoides*, *Halosaurus*, ecc.) che rientrano fra le specie sino ad oggi note, per quanto riguarda il Mediterraneo, soltanto nel bacino occidentale. È molto facile aggiungerne altre, segnalate in località varie: *Eunicella verrucosa*, *Patella safiana*, *Trivia candidula*, alcuni *Cymatium*, *Palinurus mauritanicus*, ecc. Con il progredire delle conoscenze intorno al Mediterraneo orientale, si è constatato che anche in esso sono presenti alcuni animali già ritenuti esclusivamente « occidentali »: *Asterina gibbosa* valga come esempio.

Jonio, Egeo e mar di Levante sono i tre settori del bacino mediterraneo orientale, al quale sono pure collegati l'Adriatico e il mar Nero. Dobbiamo fermare la nostra attenzione soprattutto sul mar di Levante, dove per lungo tempo non si compirono che poche ricerche scientifiche, sporadiche e non coordinate. Degli animali presenti in esso diedero notizie HASSELQUIST (1757) e, nel secolo successivo, GEOFFROY — dopo la spedizione napoleonica in Egitto — e FORBES. In seguito, si ebbero le crociere della « Pola » e del « Thor », le indagini di GRUVEL in Siria e quelle promosse dagli egiziani ad Alessandria. Nel corso dell'ultimo trentennio, l'attività si intensificò in modo notevolissimo per opera degli istituti scientifici di Israele e della Turchia, nonché dell'Università Americana di Beirut; il viaggio della « Calypso » nelle acque del Levante fu fecondo di importanti risultati.

In sintesi, deve dirsi che il settore più orientale è quello più caldo e più salato dell'intero Mediterraneo. In buona parte esso è circoscritto dall'isoterma media annua superficiale di 20°; questa decorre dal centro del litorale libico alla Siria, passando a sud di Creta e a nord di Cipro. La salinità tocca valori assai elevati: 39,8 ‰ presso le coste di Israele. In corrispondenza del delta del Nilo essa è più bassa e nel periodo delle piene può scendere a 26 ‰ in conseguenza del rilevante apporto di acqua dolce.

Anche nel mare di Levante si riscontra una notevole varietà nell'aspetto dei litorali. Montagne, accompagnate da scogliere, esistono quasi soltanto

lungo la zona settentrionale, mentre a est e a sud — cioè in corrispondenza delle coste asiatiche ed africane — si estendono vasti arenili. Nel Libano si osservano caratteristici « banchi a *Vermetus* », che formano piattaforme irregolari e talvolta assai ampie, popolate dai consueti elementi infralitorali. Per contro, mancano — in analoghe situazioni ambientali — le formazioni di *Lithophyllum tortuosum*, Corallinacea di così comune occorrenza nel Mediterraneo occidentale.

Al Mediterraneo orientale, o almeno al mar di Levante, suole attribuirsi una fauna subtropicale e si è anche prospettata la necessità di ravvisarvi una particolare regione o sottoregione, biogeograficamente distinta. Il notevole divario tra i due fondamentali bacini mediterranei sembra indubbiamente appoggiare un tal modo di vedere. A oriente vivono infatti parecchie specie in alto grado termofile, di chiara origine indo-pacifica oppure senegalese (cioè atlantica); almeno in parte, esse sono interpretabili come relitti della fauna paleomediterranea del Terziario. Possono segnalarsi alcuni crostacei (*Ocypode cursor*, *Charybdis longicollis*, *Pachygrapsus transversus*) e pesci (*Carcharhinus brevipinna*, *Taeniura grabata*, *Scyris alexandrinus* molto affine a *S. indicus* del mar Rosso), che in Algeria mancano del tutto oppure sono molto meno frequenti (*Rhinobatos*). Anche le Spugne cornee oggetto di pesca sono, com'è noto, ben più abbondanti nel Mediterraneo orientale. Le biocenosi che in questo si rilevano, sono — secondo PÉRÈS e PICARD (1958 b) — corrispondenti nelle loro linee fondamentali a quelle presenti nel bacino occidentale, ma le facies sono diverse in seguito alle più o meno spiccate differenze tra le specie componenti. Non identici, ad esempio, sono i popolamenti del coralligeno. Nei riguardi di alcune specie, anche pelagiche come *Ceratoscopelus maderensis* (Pesci, Mictofidi), sono scaturite differenze razziali fra gli individui dei due grandi bacini mediterranei, o differenze nell'entità delle popolazioni.

Non ancora del tutto chiarita è la questione del cosiddetto « nanismo orientale », cioè della minore statura che gli individui di alcune specie presentano nei confronti dei loro corrispondenti occidentali. Un tale nanismo esiste, ad esempio, in alcuni Echinodermi (*Amphiura chiajei*, *Ophioderma longicaudum*). Si è voluto attribuire il fenomeno a un deficiente nutrimento, ma è più probabile che la causa prima risieda nell'elevata temperatura; da questa deriverebbe un più intenso metabolismo e quindi un accrescimento più rapido e una maturità sessuale più precoce. Verrebbe dunque a ripetersi, su scala più ridotta, lo stesso rapporto che intercede fra gli individui mediterranei e quelli atlantici di svariate specie.

Ma l'interesse massimo che il mar di Levante presenta oggi per il biologo sta nei suoi rapporti faunistici con il Mar Rosso e nella presenza di specie, animali e vegetali, che da questo sono penetrate attraverso il canale di Suez e costituiscono un gruppo — ormai non esiguo — di specie che possiamo de-

finire come « eritree ». È tuttavia importante osservare che la presenza di questi interessanti elementi non deve sempre e immediatamente attribuirsi a una recente immigrazione dal mar Rosso. A parte il fatto che l'esistenza di alcuni di essi potrebbe essere per lungo tempo sfuggita, resta la possibilità di un indigenato, tale da far riconoscere la natura di relitti paleomediterranei. Sembra essere questo il caso della fanerogama marina *Halophila stipulacea*, che è diffusa dall'Egitto alla Grecia; qua e là, come a Rodi, essa forma cospicue praterie ove peraltro la fauna è scarsa, anzi l'epifauna è del tutto assente. La specie predetta risulta essere identica a quella comune in mar Rosso e nel canale di Suez. La sua presenza nel mar di Levante trova riscontro nella mancanza della *Posidonia* e relativi animali epibionti.

Il canale di Suez, aperto nel 1869, misura 162 km di lunghezza e 15 m di profondità massima; attraversa due laghi, Timsah più a nord, Amaro più a sud. Esso consentì alle faune degli opposti mari di venire nuovamente in contatto, così da ristabilirsi un certo collegamento, sia pure non così cospicuo come quello esistente in un lontano passato. Erano da attendersi scambi di specie che avvennero ben presto e che furono attentamente seguiti; non a torto si affermò che il canale rappresenta per il biologo un grande dispositivo sperimentale.

Sia prima che dopo la spedizione inglese promossa dall'Università di Cambridge (1924) e guidata da MUNRO FOX, numerosi furono i lavori che annunciarono la presenza di specie eritree nel canale e il loro arrivo a Porto Said o anche più a nord. Si verificò dunque una penetrazione su notevole scala, con conseguente comparsa di nuove specie nel mar di Levante; esse appartengono a gruppi zoologici svariati e non sempre furono correttamente identificate, cosicché apparve sempre più necessaria un'accurata revisione critica dei dati della letteratura.

Il passaggio di animali dal mar Rosso al Mediterraneo o viceversa fu per molto tempo ostacolato dall'elevata salinità del lago Amaro (fino al 75 ‰). Gli spostamenti ebbero luogo essenzialmente in senso sud-nord, cioè a partire dal mar Rosso, e ciò per il fatto che per dieci mesi all'anno (restano esclusi agosto e settembre) — in dipendenza dei monsoni che soffiano sull'oceano Indiano determinando anche in mar Rosso un periodico innalzamento del livello delle acque — il canale è percorso da una corrente in tale direzione. In particolare, molte larve entrano nel canale e lo percorrono durante i mesi di aprile e maggio.

Le specie giunte in Mediterraneo sono tutte litorali e molto probabilmente euriterme ed eurialine in notevole grado; trovano condizioni favorevoli soprattutto quelle con preferenza per fondali sabbiosi o fangosi, non quelle legate ad ambienti rocciosi o madreporici. La diffusione a partire dalle coste egiziane fu molto variabile a seconda delle specie; di regola gli immigranti si estesero

a popolare le acque israeliane e siriane, col favore della grande e già menzionata corrente che dall'Africa procede verso nord in senso antiorario.

STEINITZ (1967) presentò un elenco delle specie immigrate. Vi figurano due piante e 110 animali, fra cui 9 Policheti, 41 Crostacei e 20 Molluschi. Sono degni di nota alcuni Peneidi divenuti così abbondanti da assumere importanza per la pesca, il grande *Portunus pelagicus*, la *Squilla massavensis*, la piccola *Pteria* che ora si trova in gran numero anche lungo le coste settentrionali dell'Africa, la *Asterina burtoni* — pluriraggiata e fissipara allo stato giovanile — la caratteristica Ascidia *Phallusia nigra*. Secondo la rassegna critica che ne effettuò BEN TUVIA (1966), penetrarono dal mar Rosso almeno 24 specie di pesci, fra cui due selaci; questo gruppo formerebbe il 9 % del complessivo numero di pesci presenti nel mar di Levante. Comparvero in questo ben sei famiglie nuove (Dussumieridi, Olocentridi, Leiognatidi, Siganidi, Platicefalidi, Monacantidi). Alcune specie ebbero un particolare successo, poiché sono oggi rappresentate da cospicue popolazioni. Il Mullide *Upeneus moluccensis*, ad esempio, ha assunto una notevole importanza commerciale anche nelle acque della Turchia e della Grecia. Presso il Libano, *Siganus rivulatus* ha occupato la nicchia biologica dell'indigena *Boops salpa*, determinando la rarefazione di questa specie che ha lo stesso regime alimentare (erbivoro). Alcuni pesci si sono alquanto diffusi anche verso occidente lungo la costa africana: *Parexocoetus mento* ha raggiunto il golfo di Sidra, *Pranesus pinguis* la Cirenaica, *Leiognathus klunzingeri* è stato pescato presso Lampedusa, *Stephanolepis diaspros* è comune in Tunisia ed è stato segnalato anche nel golfo di Taranto (è l'unica specie eritrea che sinora risulti aver raggiunto le coste della nostra penisola).

Molto esigui per contro sono stati i passaggi dal mar di Levante al mar Rosso. Secondo STEINITZ non sono da registrarsi che tre Poriferi, due Sipunculoidi, un Anfipode ed alcuni pesci, fra i quali l'Acciuga, il Branzino, l'Ombrina e la Sogliola. Si noti che questi animali non si sono affatto diffusi nel nuovo ambiente, ma sono rimasti nella baia di Suez. Non è escluso che la ragione — sia pure non unica — di questo fatto vada ricercata nella ben maggiore ricchezza faunistica del mar Rosso, nelle cui acque si avrebbe una « pressione faunistica » che si oppone all'insediamento di nuove specie, che difficilmente troverebbero nicchie ecologiche non occupate.

La modificazione del mar di Levante in rapporto agli organismi che vi hanno dimora è dunque in atto a partire da un secolo e deve essere seguita con la massima attenzione. Essa si va rapidamente accentuando, in quanto il passaggio attraverso il canale di Suez risulta oggi facilitato da varie cause. In seguito al dissolvimento del banco salino posto in fondo al lago Amaro, è scomparsa l'anormale salinità delle sue acque: essa si aggira ora sul 43-44 ‰. Il passaggio delle larve è in particolare più facile che in passato. La chiusura del canale al traffico ha comportato un minore inquinamento e una situa-

zione sempre calma sui fondali, non sconvolti dal movimento delle eliche delle navi. Inoltre, con la costruzione della diga di Assuan, verrà quanto prima a cessare il periodico afflusso di grandi masse d'acque del Nilo, con conseguente modificarsi delle condizioni ambientali presso la costa egiziana e indubbe ripercussioni sul plancton e sull'intera catena alimentare. Per l'attività peschereccia si prospettano incognite; riesce ben evidente l'interesse pratico delle modificazioni faunistiche intervenute — quale diretta conseguenza dell'attività umana — nel Mediterraneo orientale.

Ai biologi non interessano soltanto la penetrazione di questa o quella specie e il suo progressivo diffondersi, ma l'eventuale competizione con gli animali indigeni, le possibili ibridazioni, l'insorgere di nuove biocenosi. Sono quindi più che mai giustificati sia l'interesse su scala internazionale, sia il rammarico che le note condizioni politiche abbiano precluso e tuttora impediscano quegli studi in collaborazione che sarebbero non soltanto della massima importanza, ma anche della massima urgenza.

Al bacino orientale del Mediterraneo sono collegati l'Adriatico e — con una ben più spiccata individualità — il mar Nero. Anche l'Adriatico, comunque, rappresenta un'area assai ben definita per le caratteristiche della sua fauna. Vi sono notevoli differenze tra la parte meridionale e quella settentrionale. Il popolamento della prima ripete quello che generalmente si incontra nel Mediterraneo. Alcune specie (a parte l'eventuale presenza in Atlantico) si conoscono soltanto in Adriatico e nel Mediterraneo occidentale: basti citare la gorgonia *Isidella elongata* e il granchio *Paragalene longicrura*. Veramente curioso è il caso della medusa *Drymonema dalmatinum*, finora segnalata soltanto presso le coste della Dalmazia e quelle dell'Angola!

L'Adriatico settentrionale è poco profondo (non oltre 200 m) e la sua salinità, di regola bassa (33 ‰), può divenire localmente bassissima (18 ‰). La temperatura è poco elevata, poiché quest'area si trova a nord dell'isoterma media annua superficiale di 15°; in inverno le acque possono misurare soltanto 9-10°. Secondo GAMULIN-BRIDA (1967) sono endemiche circa 10 % delle specie animali bentoniche viventi in Adriatico; esse si incontrano soprattutto al nord, come l'ascidia *Distoma adriaticum*. Non può tacersi di una caratteristica comunità accentrata su una specie endemica di *Fucus* (*F. virsoides*).

Quanto mai degni di nota sono i rapporti con il mar Nero, spiegabili sia con le analogie ambientali (fra l'altro, anche il mar Nero sta quasi interamente a nord della sopra citata isoterma di 15°: ne rimane esclusa solo la parte antistante l'Anatolia), sia con vicende storiche: l'antico mare Sarmatico — dal quale, come si dirà più oltre, è derivato l'odierno mar Nero — si estese fino all'Austria e certamente vi furono comunicazioni con la zona corrispondente all'Adriatico settentrionale di oggi. Le affinità faunistiche adriatico-pontiche sono espresse ad esempio dal fatto che in entrambi questi mari sono comuni

alcuni pesci (Storione, Spratto, Merlango, Passera) ben più rari nel rimanente Mediterraneo. I merlanghi dell'Adriatico e del mar Nero appartengono a una medesima sottospecie (*Odontogadus merlangus euxinus*) che appare ben isolata dalla forma nominale atlantica. Un comune pesce ago del Mediterraneo (*Syngnathus typhle*) è rappresentato da una sottospecie (*rotundatus*) nell'alto Adriatico e da un'altra (*argentatus*) nel mar Nero: esse sono molto simili fra loro e diverse sia da quella (*rondeleti*) propria del Mediterraneo, sia dalla forma nominale atlantica.

Come si è detto, anche meglio caratterizzato dell'Adriatico è il mar Nero, ove durante gli ultimi decenni si sono susseguite ricerche numerose ed accurate. Si deve a CASPERS (1957) un'ampia trattazione dal punto di vista fisico e biologico; essa ci induce a condividere l'opinione di ROUCH (1946) che ravvisò in questo mare una « curiosità oceanografica ».

Il mar Nero è situato a circa 3000 km da Gibilterra e la sua comunicazione con il Mediterraneo è molto ridotta (Bosforo, Dardanelli); a nord, lo stretto di Kertch presso la penisola di Crimea immette nel piccolo mar d'Azov. Le isole sono pressoché assenti. Le coste sono basse soprattutto nella parte occidentale (Dobrugia) e nord-occidentali (Ucraina), montuose altrove. Ne consegue che la platea continentale è molto estesa essenzialmente fra il delta del Danubio e la Crimea, cioè nella zona di Odessa. La profondità massima è di 2243 m. La salinità è bassa, anche in relazione all'ingente massa d'acqua dolce convogliata da diversi fiumi, primo fra i quali il Danubio; essa non supera 22 ‰ e in superficie presenta generalmente valori assai inferiori (16-18 ‰). Sempre in conseguenza degli apporti fluviali, per cui giunge una notevole quantità di CaCO_3 , l'alcalinità è elevata (7,7-8,45); vi sono imponenti sedimenti terrigeni. La temperatura superficiale in inverno discende a 3-6° e presso alcuni tratti di litorale, come in Dobrugia, le acque gelano spesso. La temperatura è più alta lungo le coste anatoliche, fronteggiate da acque che si trovano più a sud dell'isoterma media annua di 15°.

Quanto alle correnti, deve anzitutto menzionarsi il doppio circuito in senso antiorario: uno decorre nella metà occidentale del mar Nero, l'altro nella metà orientale. La massa d'acqua che scende verso sud di fronte alle coste occidentali può penetrare nel Bosforo soltanto in parte: il resto piega a est e scorre lungo l'Anatolia. La corrente superficiale diretta dal Bosforo al mar di Marmara è accompagnata da una profonda che si muove in senso opposto. Il Bosforo è lungo una trentina di km e profondo 90 m al massimo. La salinità dell'acqua in superficie cresce rapidamente, giungendo al 30 ‰ nei Dardanelli. A proposito dei continui scambi che intervengono, attraverso il Bosforo, fra il mar di Marmara e il mar Nero, permangono questioni insolute. Nel mar Nero non vi sono maree.

Com'è noto, questo bacino è azoico nelle zone profonde, in seguito alla

presenza di idrogeno solforato che già si incontra a 100-150 m; al disotto di 200 m non v'è circolazione verticale. Nonostante i suoi peculiari caratteri, la fauna pontica ha strette relazioni con quella mediterranea. Tali relazioni non sono comprensibili senza qualche richiamo storico.

Una vasta superficie dell'Europa orientale, durante il Miocene superiore, era coperta dal mare Sarmatico, comparso dopo la contrazione della Tetide; la sua estensione andava pressoché dall'Austria al lago d'Aral. Nel Pliocene, in seguito all'emersione del Caucaso, si verificò la separazione tra il bacino Pontico — ossia l'attuale mar Nero — e il bacino Caspio-Araliano. Mediterraneo e mar Nero furono, con alterne vicende, uniti e separati nel corso del Quaternario; comunque, la primitiva fauna Sarmatica — insediata in acque originariamente salmastre — scomparve in buona parte, mentre penetrarono e si diffusero nelle acque pontiche, gradualmente più salate, le specie mediterranee. Durante l'interglaciale fra Riss e Würm (Tirreniano) non era ancora formato il Bosforo e la comunicazione Mediterraneo - Mar Nero aveva luogo in una zona corrispondente all'odierno golfo di Izmit - corso del Sakaria; questo antico braccio marino lasciò come residui alcuni laghi (Sapança, ecc.) situati nell'Anatolia nord-occidentale e abitati da un'interessante fauna a carattere relitto, studiata da KOSSWIG e dai suoi collaboratori.

La fauna pontica deve dunque intendersi come formata da specie mediterranee e da altre, in molto minor numero, definibili come sarmatiche; nel mare di Azov le condizioni si invertono, in quanto gli elementi Sarmatici assumono la prevalenza. Confronto a quella mediterranea, la fauna pontica è anzitutto molto più povera; un comportamento eurialino ed euritermo è essenziale per gli animali che ne fanno parte.

Della bassa salinità sembra risentire più lo zooplancton che il fitoplancton. Diversi gruppi sono infatti completamente assenti: Radiolari, Sifonofori, Ctenofori, Pteropodi, Salpe. Tra le Meduse, è abbondante *Aurelia aurita* e si trova pure *Rhizostoma pulmo*. Anche il bentos è ridotto: secondo la tabella presentata da CASPERS, le specie animali bentoniche non sono che il 21 % di quelle mediterranee. Si estendono localmente ampie praterie di Rodoficee (*Phyllophora*), con una caratteristica fauna associata: sia nei pesci, sia negli invertebrati, sono frequenti le tinte rosse o rossastre. La *Posidonia* manca, mentre esistono due specie di *Zostera* (*Zostera marina* e *Z. nana*). Non vi sono Madreporari, né Cefalopodi e gli Echinodermi sono rappresentati solo da *Cucumaria kirschbergi* e *Amphiura stepanovi* (quest'ultima è endemica), in alcune zone occidentali. I Molluschi pontici ammontano a una novantina, mentre in Egeo vivono circa 400 specie. Molto abbondanti sono i mitili e *Aloidis maeotica*, piccolo bivalve che popola a milioni le distese sabbiose, facendo parte di una diffusissima biocenosi. Fra i Tunicati, *Ascidella* e *Ciona* sono comuni e contribuiscono all'alimentazione degli storioni.

In mar Nero si conoscono circa 150 specie di pesci (di contro ai 540 mediterranei), fra cui sei Selaci. Mancano i grossi squali (v'è un'unica segnalazione di *Sphyrna zygaena*); comune e di statura insolitamente grande (fino a quasi due metri di lunghezza) è *Squalus acanthias*. Noto è la frequenza di Storiioni (5 specie di *Acipenser* e una di *Huso*) e di Alose (5 specie), il che viene a stabilire una delle salienti differenze rispetto al Mediterraneo. Un'altra differenza consiste ovviamente nella presenza di una serie di particolari Singnatiidi e Gobidi che vengono interpretati quali residui dell'antica fauna Sarmatica. L'abbondanza di spratti, merlanghi e passere stabilisce poi un evidente parallelismo con quanto si rileva in Adriatico. Fra i numerosi pesci di origine mediterranea, alcuni hanno conservato tutti i caratteri originari, ma altri hanno subito un differenziamento più o meno accentuato, così da potersi riconoscere sottospecie endemiche (*Belone belone euxini*, *Mullus barbatus ponticus*, ecc.). Accanto a specie di comune occorrenza, ve ne sono alcune la cui cattura è affatto occasionale (es. Dentice) ed altre che non risiedono stabilmente nel mar Nero, ma vi giungono in seguito a stagionali movimenti migratori: sono in questo caso lo Sgombro e il Pesce spada, che penetrano dal Bosforo ma non si riproducono nelle acque pontiche.

Premesso che non furono mai osservati Misticeti, è da rilevare — nei riguardi dei Cetacei — che oltre ai due delfini comuni nel Mediterraneo (*Delphinus delphis* e *Tursiops truncatus*), è presente *Phocoena phocoena*: questa ben nota e comune specie atlantica è molto rara, o forse del tutto assente, nel Mediterraneo. Lungo le coste bulgare e anatoliche sembra sussistere qualche rara foca monaca.

A questa rassegna più che sommaria è necessario aggiungere che per uno studio comparativo delle due faune, mediterranea e pontica, si devono considerare le eventuali differenziazioni presentate dai membri della seconda; già se ne è fatto cenno a proposito dei pesci. Sono necessarie revisioni alla luce dei moderni criteri sistematici. Di particolare interesse è la probabile esistenza, supposta con ragione da PORA, di razze fisiologiche, adattate ad acque meno salate di quelle ove la specie ha la sua fondamentale residenza (Mediterraneo); diversi esempi sono senza dubbio da ravvisarsi fra i pesci (*Crenilabrus*, *Blennius*, *Hippocampus*, ecc.). Può darsi che nessuna modificazione morfologica accompagni quella fisiologica.

Per addivenire a più precise conoscenze circa i rapporti faunistici tra il mar Nero e il Mediterraneo — con particolare riferimento all'Adriatico — è auspicabile un'accurata esplorazione dell'Egeo settentrionale, il cui mondo animale ci è pressoché ignoto.

In una trattazione — sia pure oltremodo concisa — della fauna mediterranea e dei problemi inerenti ai suoi rapporti con quelle dei mari vicini, non si può prescindere dai popolamenti delle zone più profonde. A parte qualche

più antica notizia — come quelle derivanti dalle ricerche di A. MILNE EDWARDS — essi divennero noti dopo una serie di crociere svoltesi in parte nel secolo XIX (« Pola », « Washington »), in parte in quello attuale (« Princesse Alice », « Thor », « Dana », « Calypso », « Prés. Th. Tissier », « Thalassa », ecc.). Un complesso di condizioni, e anzitutto l'omotermitia delle regioni profonde, si oppone all'esistenza in queste di una ricca fauna. Tuttavia, non mancano nel Mediterraneo numerose specie nettamente batifile, che spesso sono partecipi di caratteristiche comunità.

A qualche centinaio di metri si hanno, ad esempio, i fondi a *Madrepora oculata*, a *Funiculina quadrangularis*, a *Isidella elongata*, a *Dentalium*, ecc. Tre specie di pesci vennero tratte da oltre 2000 m: *Centroscymnus coelolepis*, *Lepidion lepidon*, *Chalinura mediterranea* (quest'ultima, che risulta endemica, è la specie catturata a maggiore profondità nel Mediterraneo: 2904 m nel Tirreno). Durante recenti immersioni col batiscafo, numerosi pesciolini del genere *Cyclothone* furono veduti a 2290 m.

PÉRÈS (1967) ascrive tutto il bentos mediterraneo di profondità al piano batiale (sistema afotico) e dichiara che il problema dell'esistenza in questo mare di una vera e propria fauna abissale non può dirsi ancora risolto. Dal punto di vista biogeografico, dobbiamo ravvisare tre gruppi di specie:

a) *Specie endemiche*. — Ne è esempio l'Oloturoide *Kolga ludwigi*, che la « Pola » dragò in Egeo a 1922 m.

b) *Specie mediterraneo-atlantiche*. — Sono molto più numerose ed appartengono ad ogni gruppo zoologico, compresi i Pogonofori. *Actinauge richardi*, *Lophelia prolifera*, *Bathypolypus sponsalis* valgono come esempi. Il minuto Oloturoide *PseudoStichopus occultatus*, che in Mediterraneo fu dragato a ben 3624 m, è oggi noto anche nell'oceano Indiano, oltre che nell'Atlantico.

c) *Specie cosmopolite*. — Si riscontrano tanto nel bentos (es. *Dendrophyllia cornigera*), quanto nel plancton (es. *Periphylla periphylla*) e nel necton (es. *Chauliodus sloanei*).

Una simile tripartizione induce a ravvisarne una analoga, relativa al restante insieme della fauna. In quanto favorevole al manifestarsi di differenziazioni geografiche più o meno accentuate, conseguenti all'isolamento, l'ambiente mediterraneo è sede di numerose forme endemiche. Queste sono particolarmente frequenti nei gruppi comprendenti animali bentonici sessili, come — secondo PÉRÈS e PICARD (1958 a) — gli Idroidi (27 % di endemiti) e gli Ascidiacei (50 %). Specie endemiche si rilevano anche nel bentos vagile (*Haliotis lamellosa*, *Antedon mediterranea*, *Holothuria helleri*), nonché fra i pesci. A proposito di questi ultimi è da notare che il grosso Sgombroide pelagico *Tetrapturus belone* non è fino ad oggi conosciuto fuori del Mediterraneo: ciò riesce certo sorprendente, mentre è affatto naturale che famiglie litorali e bentoniche come i Go-

bidì, i Blennidi e i Singnatidi contino un'alta percentuale di specie endemiche. Non mancano naturalmente gli endemiti in senso lato, presenti cioè anche nel vicino Atlantico: fra gli Cnidarii, sono tali sia il grande Zoantideo *Gerardia savaglia*, rinvenuto a Madera, sia il Corallo rosso, che giunge sino alle isole del Capo Verde, ma viene abitualmente considerato come uno dei più caratteristici animali mediterranei.

È del più alto interesse l'esistenza di certe coppie di forme affini, una atlantica e una mediterranea, che hanno raggiunto un vario grado di differenziazione. In alcuni casi si tratta senza dubbio di specie ben definite come tali da lungo tempo, ad es. *Pecten maximus* dell'Atlantico e *P. jacobaeus* dell'area mediterranea. In certi casi, la differenza è stata riconosciuta più di recente, ad es. nel caso dei Carcinus: nelle nostre acque *C. mediterraneus* sostituisce *C. moenas* che vive lungo le coste atlantiche, sia europee che americane. Più discussa è la questione dei Mitili, poiché il nostro *Mytilus galloprovincialis* potrebbe essere identico specificamente a *M. edulis* diffuso nell'Atlantico e nel Pacifico boreale.

E infine, v'è la questione delle « sottospecie mediterranee ». Deve ritenersi perfettamente naturale che gli individui mediterranei, in confronto a quelli atlantici della medesima specie, siano differenziati sotto l'aspetto morfologico e biologico. Questo fatto è stato rilevato in numerosi casi. È noto che i pesci mediterranei rispetto a quelli atlantici presentano spesso statura inferiore, maturità sessuale più precoce, vita più breve: non è difficile correlare tutto ciò con fattori ambientali. Talvolta (es. Acciuga) si sono individuate « razze statistiche » in base al variare di alcuni caratteri meristici; altre volte si è voluta ravvisare una differenza più accentuata, così da definire sottospecie mediterranee (es. Sardina, Alosa, Nasello, ecc.). Senza indugiare in lunghe disquisizioni, che qui riuscirebbero superflue, dirò che nei riguardi di molte sottospecie è giustificato un certo scetticismo. Nell'adottare rigide distinzioni sottospecifiche, secondo l'ordinaria prassi sistematica, viene spesso dimenticato che — per dirla con le parole di MAYR (1963) — «una specie è composta da popolazioni distribuite nello spazio e nel tempo, le quali possiedono caratteristiche morfologiche ed anche fisiologiche ed ecologiche ».

In alcuni invertebrati mediterranei furono rilevate interessanti particolarità di comportamento (*Ciona intestinalis*: rapporti con la temperatura. *Asterina gibbosa*: riproduzione).

Di contro alle specie mediterranee endemiche, stanno quelle più o meno largamente diffuse nell'Atlantico o anche negli altri oceani. Senza ritornare sulle specie lusitaniche o mauretaniche, ricorderò quelle pertinenti a quattro gruppi:

a) *Anfiatlantiche*. — Sono presenti anche nell'Atlantico occidentale; hanno carattere ora tropicale (*Arbacia lixula*, *Caranx fusus*), ora boreale (*Thenea muricata*, *Arenicola marina*).

b) *Bipolari*. — Mancano in un certo tratto dell'Atlantico orientale, ma ricompaiono presso il Sud Africa, ove presentano talora un certo differenziamento (es. *Marthasterias glacialis*).

c) *Cosmopolite*. — È forse meglio riservare questo appellativo alle specie più euriterme, diffuse in ogni latitudine (es. *Ciona intestinalis*, *Aurelia aurita*, *Pelagia noctiluca*) e definire *tropicopolite* quelle che vivono essenzialmente nei mari caldi (es. *Caretta caretta*, *Coryphaena hippurus*, ecc.).

d) *Indo-pacifiche*. — Sono ovviamente quelle che attraverso il canale di Suez penetrano dal mar Rosso nel Mediterraneo orientale.

A conclusione di queste notizie, necessariamente sintetiche, è forse opportuno additare alcuni punti meritevoli di attenzione da parte degli studiosi. È infatti desiderabile che

— i caratteri faunistici che distinguono le varie aree mediterranee vengano meglio definiti;

— nei riguardi delle singole specie vengano analizzate le locali caratteristiche morfologiche, fisiologiche, biologiche, cioè si proceda a confronti fra le diverse popolazioni;

— si organizzino nuove ed estese indagini sulla fauna di profondità;

— siano esplorate aree che non risultano sufficientemente note, come le coste della Libia e quelle dell'Egeo settentrionale;

— le ricerche nel mar di Levante si sviluppino in rapporto a quanto si è più sopra ricordato nel presente scritto.

Tutto ciò potrà rientrare in quei programmi di studi in collaborazione che si rendono ormai indispensabili e che autorevoli organismi come la Commissione per l'esplorazione del Mediterraneo intendono promuovere e possibilmente coordinare a livello internazionale.

BIBLIOGRAFIA

- ALLAIN, CH., M. L. FURNESTIN et C. MAURIN, 1966: Essai de synthèse sur l'Océanographie physique et biologique dans la zone d'influence du courant Atlantique en Méditerranée du sud et du levant. C.I.E.S.M. Paris.
- BEN TUVIA, A., 1966: Red Sea Fishes recently found in the Mediterranean. *Copeia* 2, 254-275.
- CASPERS, H., 1957: Black Sea and Sea of Azof. *Mar. Ecol. Paleoecol.* 1, Geol. Soc. America, Mem. 67, 7. 801-889.
- EKMANN, S., 1953: *Zoogeography of the Sea*. Sidgwick-Jackson, London.

- GAMULIN-BRIDA, H., 1967: The benthic fauna of the Adriatic Sea. *Oc. Mar. Biol. Ann. Rev.* 5, 535-568.
- KLAUSEWITZ, W., 1968: Remarks on the geographical situation of the Mediterranean and the Red Sea. *Ann. Mus. St. Nat. Genova* 77, 323-328.
- MAURIN, C., 1968: Ecologie ichthyologique des fonds chalutables (de la baie ibéro-marocaine à la Mauritanie) et de la Méditerranée occidentale. *Inst. Sci. Techn. Pêches Mar.*, Paris, 1-146.
- MAYR, E., 1963: *Animal Species and Evolution*. Harvard Cambridge Mass. Univ. Press, 1-797.
- PÉRÈS, J. M., 1967: The Mediterranean benthos. *Oc. Mar. Biol. Ann. Rev.* 5, 449-533.
- PÉRÈS, J. M. et J. PICARD, 1958 a: Manuel de Bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume* 14 (23), 7-122.
- , 1958 b: Recherches sur les peuplements benthiques de la Méditerranée nord-orientale. *Ann. Inst. Oc. Paris* 34, 213-291.
- RIEDL, R., 1963: *Fauna und Flora der Adria*. Parey. Hamburg-Berlin, 1-640.
- ROUCH, J., 1946: *La Méditerranée*. Flammarion, Paris 1, 241.
- STEINITZ, H., 1967: A tentative list of immigrants via the Suez Canal. *Israel Journ. Zool.* 16, 166-169.
- TORCHIO, M., 1958 a: Osservazioni e considerazioni sugli spostamenti di alcuni Malacostraci in Mediterraneo. *Natura* 59, 61-74.
- , 1958 b: Elenco dei Cefalopodi del Mediterraneo con considerazioni biogeografiche ed ecologiche. *Ann. Mus. Civ. Stor. Nat. Genova* 77, 257-269.
- TORTONESE, E., 1951: I caratteri biologici del Mediterraneo orientale e i problemi relativi. *Attuai. Zool.* 7, 207-251.

Prof. ENRICO TORTONESE, Museo Civico di Storia Naturale « G. Doria », Genova, Italia.

Distribuzione quantitativa e qualitativa del fitoplancton dell'Adriatico settentrionale nell'estate del 1965

di

DOMENICO VOLTOLINA

(Dall'Istituto di Biologia del Mare, Venezia)

Riassunto. Vengono esposti i risultati di un'analisi quantitativa del fitoplancton prelevato nell'Adriatico settentrionale nel corso di una crociera svoltasi nell'estate del 1965 e delle correlazioni esistenti fra il fitoplancton ed alcune variabili idrologiche.

I risultati permettono di suddividere il bacino in esame in due zone; quella meridionale, sotto la diretta influenza del Po, presenta densità fitoplanctoniche elevate e inversamente correlate con la salinità; quella settentrionale presenta una distribuzione della densità fitoplanctonica inferiore e non correlabile con nessuna delle variabili idrologiche considerate.

Fra le Diatomee, presenti sempre in concentrazioni notevolmente superiori a quelle degli altri gruppi, predominano i generi *Chaetoceros*, *Nitzschia* e *Thalassionema*; fra le Peridinee l'unico gruppo presente in quantità significative è quello delle GYMNODINIAEAE.

Estratto da « Archivio di Oceanografia e Limnologia » 16, 173-187.

Dr. D. VOLTOLINA, Istituto di Biologia del Mare, Riva dei Sette Martiri 1364/A, Venezia, Italia.

L'importanza dello stato chimico-fisico degli elementi per l'accumulo negli organismi marini.

II. Accumulo di zinco stabile e radioattivo in *Phaeodactylum tricornutum* *

di

ANTONIO ZATTERA e MICHAEL BERNHARD

(Dal Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare,
C.N.E.N. - EURATOM, 19030 Fiascherino, La Spezia, Italia)

4 Figure

Summary. Uptake and loss of stable and radioactive zinc had been studied in a unicellular diatom (*Phaeodactylum tricornutum*) and a chelating resin (Chelex 100) during a certain time interval.

When stable and radioactive zinc are added to the medium so as they are prepared the distribution pattern of the two isotopes between liquid and particulate (algae and chelating resin) phases are different. When, on the other hand, the solution of the two isotopes are heated at 600° C, in order to destroy all the organic substance present, and then dissolved in HCl, the distribution curves, are practically identical. This indicates that in the first case the two isotopes are present in different physico-chemical states, while in the second they are in similar physico-chemical states.

In loss experiments stable and radioactive zinc are lost by algae exactly in the same proportion.

By addition of EDTA (10^{-3} M) the two isotopes are entirely lost from algae.

Adding ^{65}Zn as Zn-EDTA complex to solution containing seawater and chelex the stable zinc is at first taken up to an higher rate than radiozinc. When ^{65}Zn is added in ionic form the radioactive zinc is taken up proportionally higher than stable.

Zinc in ionic form is taken up by algae and Chelex before other physico-chemical forms.

The possibility of a different distribution between stable and radioactive isotopes must be taken always into consideration in studies with tracers and in the provisions of the distribution of radioisotopes in the environment based on the specific isotopic content approach.

Riassunto. L'accumulo e la perdita di zinco stabile e radioattivo sono stati studiati in una Diatomea unicellulare (*Phaeodactylum tricornutum*) per un certo intervallo di tempo.

La dinamica di accumulo è stata pure osservata in una resina chelante (Chelex 100).

Quando zinco stabile e radioattivo vengono aggiunti nell'ambiente, così come sono preparati dalle ditte produttrici, le curve di distribuzione dei due isotopi fra la fase particellata (alghe o resina chelante) e quella liquida sono diverse.

Quando, invece, gli isotopi vengono scaldati in una stufa a 600° C in modo da distruggere tutta la sostanza organica presente, e successivamente ripresi con HCl, le curve di distribuzione dei due isotopi coincidono.

Ciò indica che nel primo caso i due isotopi sono presenti in stati fisico-chimici diversi mentre nel secondo caso sono portati in stati fisico-chimici simili.

In esperimenti di perdita zinco stabile e radioattivo vengono rilasciati dalle alghe nella stessa esatta proporzione.

Aggiungendo EDTA (10^{-3} M) i due isotopi vengono rilasciati completamente dalle alghe.

* Lavoro svolto nell'ambito del Contratto di Associazione C.N.E.N. - EURATOM.

Aggiungendo lo ^{65}Zn come complesso Zn-EDTA in un ambiente contenente acqua di mare e Chelex lo zinco stabile viene accumulato inizialmente a velocità più elevata dello zinco radioattivo. Quando lo ^{65}Zn si aggiunge in forma ionica lo zinco radioattivo accumulato è proporzionalmente maggiore dello zinco stabile.

Lo zinco in forma ionica è accumulato dalle alghe e dalla resina più facilmente di altre forme fisico-chimiche.

La possibilità di distribuzioni diverse fra isotopi stabili e radioattivi deve essere tenuta sempre nella migliore evidenza negli studi con traccianti e nelle previsioni sulle distribuzioni di radioisotopi nell'ambiente basate sul contenuto isotopico specifico.

INTRODUZIONE

L'importanza che hanno le forme chimico-fisiche degli elementi, stabili e radioattivi, per la radiocontaminazione degli organismi acquatici è stata posta in buona evidenza da numerosi autori (SCOTT, 1954; JONES, 1960; REVELLE, 1956; GOLDBERG, 1957; KECKES et al., 1966; KECKES et al., 1967; BERNHARD e ZATTERA, 1969 e altri citati da POLIKARPOV, 1966).

In esperimenti con radioferro è stato notato che le Diatomee marine assimilano solamente particelle colloidali di Fe idrossido e non assorbono i complessi che il ferro può formare ad es. con gli acidi citrico, ascorbico e umici (GOLDBERG, 1957).

Zirconio, titanio ed altri metalli sono inglobati in particelle di ferro idrossido e in tale forma estratti dall'acqua di mare e metabolizzati, assieme al ferro, dalle piante (REVELLE et al., 1956).

Il ferro idrossido forma un complesso insolubile col rutenio.

Il diverso accumulo di ^{106}Ru , proveniente da rifiuti radioattivi, negli organismi è dovuto alle diverse forme chimico-fisiche (Nitrosil rutenio o rutenio cloruro) con cui il rutenio è scaricato (JONES, 1960).

Risultati recenti sull'importanza dello stato chimico-fisico per l'accumulo negli organismi marini sono forniti da CHIPMAN (1966); KECKES, PUCAR, MARAZOVIC (1966); BERNHARD e ZATTERA (1969).

La chelazione di radioisotopi, cioè la modificazione del loro stato chimico-fisico, ha come risultato una minore disponibilità e quindi un minor accumulo negli organismi (HIYAMA e SCHMIZU, 1964) ed altri citati da POLIKARPOV (1966).

L'aggiunta di EDTA a terreno di coltura contenente ^{65}Zn riduce lo ^{65}Zn accumulato in cellule di *Nitzschia* a quantità non misurabili (CHIPMAN, RICE e PRICE, 1958). Sostanze organiche naturalmente presenti in acqua di mare o introdotte come contaminazioni possono chelare lo zinco di diversa origine a differenti entità; ciò influenza la disponibilità di zinco stabile e radioattivo per le alghe.

Per lo zinco si nota che le masse dei suoi isotopi naturali differiscono poco da quella dello ^{65}Zn , per ciò l'effetto isotopico può ritenersi trascurabile. Quindi

qualora si notino comportamenti diversi dei due isotopi, stabile e radioattivo, si dovrà indagare se ciò non dipenda appunto dai loro diversi stati chimico-fisici.

Autori precedenti hanno sempre tacitamente assunto che lo ^{65}Zn , aggiunto all'acqua di mare, si distribuisca uniformemente in tutti i possibili stati chimico-fisici dello zinco stabile presente nel medium di coltura e che dal comportamento dello ^{65}Zn si può dedurre quello dello Zn stabile (CHIPMAN, RICE e PRICE, 1958).

Questa assunzione potrebbe essere perfettamente valida se la trasformazione fra questi stati fosse veloce in confronto all'accumulo negli organismi.

Se così fosse l'isotopo radioattivo aggiunto in un certo stato sarebbe rapidamente ripartito in tutti i possibili stati chimico-fisici. Conseguentemente l'equilibrio isotopico verrebbe raggiunto rapidamente in tutti gli stati chimico-fisici e tutti avrebbero la stessa attività specifica. È stato, recentemente, osservato che lo zinco stabile presente in acqua di mare è per il 10-15 % del totale in forma ionica (TORTI e PAPUCCI, 1969) per il 35-40 % adsorbito alla fase particellata dell'acqua di mare ed il rimanente è probabilmente complessato con la sostanza organica disciolta (PIRO, VERZI e PAPUCCI, 1969).

Aggiungendo $^{65}\text{ZnCl}_2$ ad acqua di mare è stato notato (PIRO, VERZI e PAPUCCI, 1969) che per oltre 60 giorni questo resta diluito soltanto nella frazione ionica e particellata dello stabile e non si diluisce nella parte dello zinco stabile complessato. Quindi lo scambio fra i differenti stati chimico-fisici o non esiste o è molto lento per cui in normali condizioni sperimentali dobbiamo aspettarci che siano presenti forme di zinco a diversa attività specifica.

È noto che gli organismi accumulano preferibilmente da certi stati chimico-fisici per loro più facilmente assimilabili; per cui un organismo può accumulare un elemento da una frazione chimico-fisica ad attività specifica diversa da quella degli altri stati chimico-fisici presenti.

Comparando la distribuzione relativa dello ^{65}Zn con quella dello Zn stabile fra gli organismi ed il loro terreno di coltura è possibile osservare se lo zinco è assunto con la stessa attività specifica del medium.

Distribuzioni simili indicheranno che gli organismi accumulano lo zinco con la stessa attività del medium; mentre distribuzioni diverse suggeriranno che gli organismi accumulano da uno stato disponibile avente un'attività specifica diversa da quella della totalità del medium.

METODI

Phaeodactylum tricorutum (avuto dal Dr. Provasoli, Haskins Laboratory, New York) è stato coltivato in acqua di mare, invecchiata per almeno 2 mesi, ed addizionata (RSW) di 0,1 g $\text{NaNO}_3/1$; 0,2 g $\text{NaHCO}_3/1$; 0,002 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}/1$; pH $8,0 \pm 01$ (BERNHARD, 1955).

Prima dell'aggiunta delle alghe per l'inizio degli esperimenti le pareti delle beute sono sempre state portate in equilibrio con il medium di coltura.

Lo zinco radioattivo ($^{65}\text{ZnCl}_2$ in HCl 1N; ZAS2 Amersham, England) è stato aggiunto in accordo alla formula di preparazione riportata per ogni figura (vedi risultati).

La sorgente è stata talvolta neutralizzata prima della aggiunta al terreno di coltura.

L'attività specifica delle sorgenti era $> 100 \text{ Ci } ^{65}\text{Zn/g Zn}$.

Lo zinco stabile è stato aggiunto come $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ o ZnCl_2 .

Tutti gli esperimenti con alghe o resine sono stati fatti in condizioni sterili a 18°C e in beute da 2 litri con 1600 ml di terreno.

Le colture di alghe sono state illuminate con tubi fluorescenti (Osram L 40 W/20), e agitate manualmente per 3-5 minuti ogni 24 ore.

Da BERNHARD e ZATTIERA (1969) sono riportati due esperimenti di accumulo con resina chelante (Chelex 100).

In tali esperimenti soluzione e resina erano agitate continuamente alla velocità di 300 giri/minuto con un agitatore magnetico.

In esperimenti preliminari era stata valutata la quantità di chelex necessaria per accumulare dal 20 all'80 % dello zinco totale presente.

Lo zinco ionico stabile presente è stato determinato, in accordo con MACCHI (1965), in polarografia di stripping anodico con Polarografo modello 457 (Amel, Milano).

Lo zinco stabile solubile è stato determinato, in un primo tempo, dopo estrazione con Chelex-100 (BIO RAD Laboratories, Richmond, Calif.) seguendo il metodo sviluppato da TORTI e PAPUCCI (1967 *a*) e successivamente per acidificazione del campione secondo il metodo di TORTI e PAPUCCI (1967 *b*).

Lo zinco stabile particellato è stato determinato, dopo idrolisi in umido e successivo incenerimento a 400°C , secondo il metodo di MACCHI e CHAMARD (1969).

Per facilitare la determinazione dello zinco all'acqua di mare, base del medium, è stato normalmente aggiunto Zn stabile e perciò tutte le concentrazioni come il rapporto Zn ionico/Zn totale sono generalmente più alte che in condizioni naturali.

La concentrazione media dello zinco totale nel Mar Ligure è 0,15 g-at/l di Zn totale e circa 0,01 g-at/l di Zn ionico. Il rapporto Zn I/Zn T è pressoché costante e si aggira attorno a 0,075 (TORTI e PAPUCCI, 1969). Le concentrazioni dello zinco stabile (Zn totale) variano da 0,72 a 3,2 $\mu\text{g-at Zn/l}$ per il totale e da 0,23 a 2,5 $\mu\text{g-at/l}$ per lo ionico (Zn ionico) ed il rapporto Zn I/Zn T da 0,496 a 0,95.

Lo Zn radioattivo è compreso fra $4,18 \times 10^{-4}$ e $18 \times 10^{-4} \mu\text{g-at/l}$ (220-960 $\mu\text{Ci/l}$). Il contenuto isotopico specifico del medium varia fra 5×10^4 e $10,3 \times 10^4$.

Per gli esperimenti che verranno discussi lo zinco accumulato all'equilibrio per individuo varia fra $0,195 \times 10^{-9}$ e $0,82 \times 10^{-9} \mu\text{g-at Zn/l}$.

I campioni sono stati prelevati periodicamente dalle beute di coltura e le concentrazioni delle popolazioni sono state stimate con la tecnica di ÜTERMÖHL (1936).

I campioni per la determinazione di Zn stabile prelevati dalle beute venivano centrifugati; sul soprannatante si determinava Zn totale e ionico, sul centrifugato lo Zn stabile particellato con le tecniche indicate.

Identica procedura è stata, in pratica, seguita per la determinazione dello ^{65}Zn con la differenza che per questo venivano prelevate dal campione, prima della centrifugazione, anche parti aliquote per la determinazione dello ^{65}Zn totale.

Lo zinco radioattivo solubile si determinava da aliquote del soprannatante, il particellato del centrifugato corretto per il volume di soprannatante necessario per la sua risospensione.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati di tutti gli esperimenti sono presentati, per tempi successivi, in termini di frazione (F) dello zinco stabile e radioattivo totali presenti nell'intero sistema prima dell'inoculo.

Per comodità tutti i grafici che seguono riportano lo zinco stabile (totale e ionico) e il radioattivo (totale) nella fase liquida espressi come frazione del totale. Il corrispondente zinco nella fase particellata (alghie o chelex) è dato dal complemento a 1 (o a 100) dello zinco presente nella fase liquida. Ossia le curve che descrivono il processo di accumulo sono complementari con quelle che descrivono la diminuzione nella fase liquida.

Posti i dati in questa maniera si può comparare rapidamente la distribuzione dello zinco stabile e del radioattivo, a differenti tempi dall'inoculo, fra gli organismi ed il medium. Se lo zinco stabile ed il radioattivo sono assorbiti nello stesso rapporto le rispettive curve di perdita nel medium e di accumulo nelle alghie devono coincidere.

Quando alghie non radioattive sono introdotte nel medium contenente radioisotopi la radioattività nella fase particellata sarà zero mentre lo zinco stabile in questa fase sarà diverso da zero a causa dello zinco presente nelle alghie dell'inoculo. Va da sé che questa quantità può essere rivelabile o meno a seconda delle alghie inoculate e dalla sensibilità del metodo.

Se delle alghie radioattive sono invece trasferite in un medio radioattivo entrambe le curve inizieranno con una certa frazione di zinco accumulato.

Quando si trasferiscono delle alghie radioattive in un medium non radioattivo se c'è perdita di zinco dalla fase particellata le curve di perdita dello stabile e del radioattivo dovrebbero coincidere in quanto è ragionevole ammettere che i due isotopi siano legati nella stessa maniera nell'organismo. Tutte le altre possibili differenze fra le curve dello zinco stabile e radioattivo dovrebbero essere causate da differenti accumuli e perdite; ciò implicando la presenza di stati chimico-fisici diversi.

La Fig. 1 mostra i risultati ottenuti coltivando *Phaeodactylum tricorutum* in condizioni asettiche in un terreno naturale con aggiunta di ^{65}Zn e di Zn stabile per facilitare le determinazioni (Fig. 1 I).

Lo zinco stabile ed il radioattivo più la piccola quantità di carrier ($^{65}\text{Zn} + \text{Zn}_{\text{carrier}}$) sono stati mescolati a parte, neutralizzati con NH_3 e infine aggiunti al medium.

Le alghie sono state inoculate a 7 giorni dalla preparazione del terreno.

Il procedimento di preparazione può essere espresso dalla formula:

$$\{(\text{RSW} + \text{Zn}_{\text{RSW}}) + [({}^{65}\text{Zn} + \text{Zn}_{\text{carrier}}) + \text{ZnCl}_2]_{30 \text{ min}}\} 7_g + \text{alghie}$$

La concentrazione dello zinco ed altri dettagli sono dati nelle note della figura.

Come si può osservare dalla Fig. 1 I lo ^{65}Zn e lo Zn stabile sono accumulati in rapporti diversi.

Lo zinco stabile raggiunge l'equilibrio (dopo circa 6 giorni) prima dello Zn radioattivo (dopo circa 11 giorni).

L'accumulo all'equilibrio è il 55 % del totale per lo stabile e il 70 % del totale per il radioattivo.

Può essere interessante notare il comportamento dello zinco ionico nel medium. Questo passa dal 96 % del totale al tempo zero al 4 % all'equilibrio; quindi la diminuzione dello zinco ionico (91 %) nella fase liquida è più elevata della diminuzione del totale (55 %).

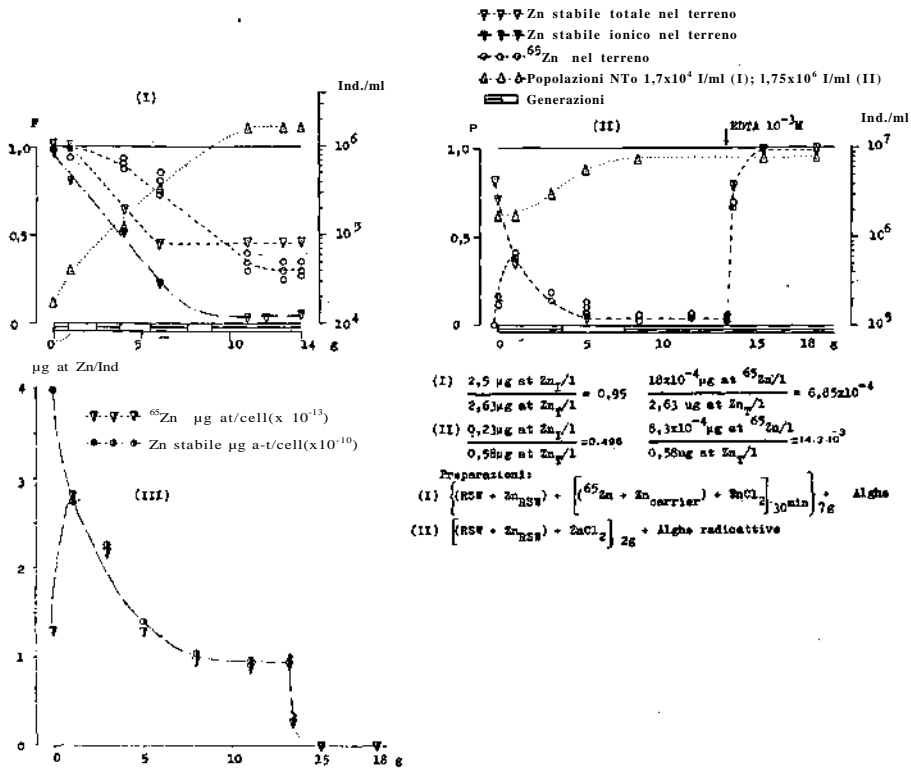


FIG. 1. Accumulo (I) e perdita (II) di Zn stabile e radioattivo in *Phaeodactylum tricorutum*.

Apparentemente durante l'esperimento parte dello ionico si è trasformato (forse legandosi alla sostanza organica prodotta dalle alghe) in uno stato fisico-chimico non disponibile per le alghe.

La Fig. 1 II presenta i dati ottenuti da un esperimento di perdita.

In questo caso al medium è stato aggiunto solo zinco stabile.

Le alghe radioattive dell'esperimento di accumulo della Fig. 1 I sono state centrifugate a 3020 g lavate ed aggiunte al medium.

La procedura può essere descritta come segue:

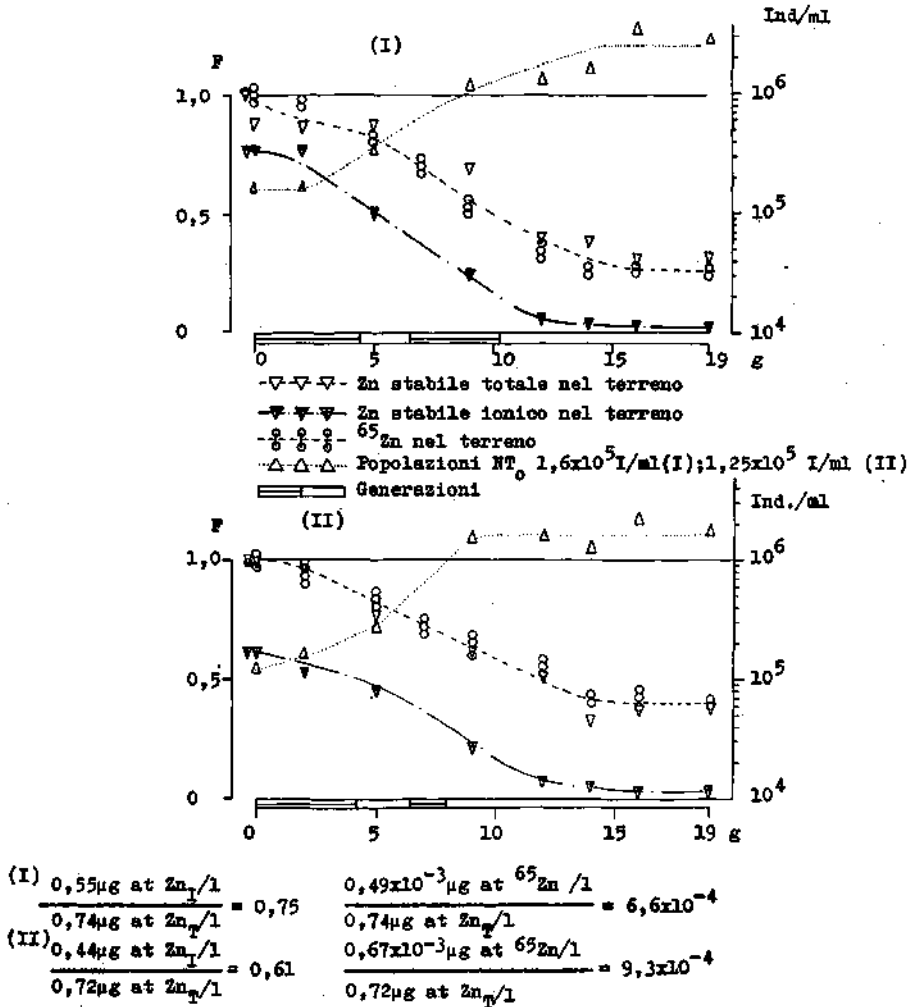
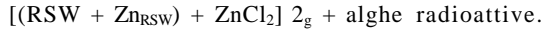


FIG. 2. Accumulo di Zn stabile e radioattivo in *Phaeodactylum tricornutum* in acqua di mare, Zn stabile e radioattivo sono stati mineralizzati a 600° C prima dell'aggiunta al terreno.

Lo zinco stabile, vedi Fig. 1 II, viene accumulato subito e raggiunge l'equilibrio al 5° giorno; quindi seguita a rimanere in equilibrio fino al 13° giorno. Lo zinco radioattivo viene rilasciato dalle alghe nel primo giorno di sospensione. Questo coincide con la fase di « Lag ». Terminata la fase di « Lag » la popolazione inizia la crescita e lo zinco radioattivo prima rilasciato viene accumulato.

Nell'accumulo (dal 2° al 5° giorno) lo zinco 65 viene assunto nello stesso rapporto dello zinco stabile e le due curve di distribuzione sono esattamente coincidenti.

Il rilascio di zinco radioattivo nel primo giorno si può spiegare ammettendo che fra ambiente e organismi si instauri un influx ed un outflux; così oltre all'accumulo di zinco stabile si ha perdita di zinco 65.

Siccome lo zinco potrebbe avere una maggiore affinità per l'EDTA che per le alghe al 13° giorno abbiamo aggiunto, alla coltura, EDTA fino a 10^{-3} M per osservare se questo influisce sul rilascio di zinco.

Si può constatare che dopo l'aggiunta lo zinco radioattivo e lo stabile vengono completamente rilasciati nel medium.

La Fig. 1 III riporta lo zinco (stabile e radioattivo) presente per cellula nei diversi tempi dell'esperimento. Si osservi come lo ^{65}Zn e lo zinco stabile/Ind diminuiscono continuamente, fatta eccezione per l'accumulo dello stabile durante il 1° giorno, fino a raggiungere un plateau verso l'ottavo giorno quando la popolazione termina di crescere. È chiaro che siamo in presenza di una diluizione biologica. Aggiungendo EDTA il contenuto di zinco per individuo scende praticamente a zero.

È interessante notare come, contrariamente a quanto accadeva nell'accumulo, nella perdita i due isotopi vengono rilasciati dal materiale biologico esattamente nella stessa proporzione.

Questo conferma che isotopo stabile e radioattivo erano legati nelle alghe nella stessa maniera.

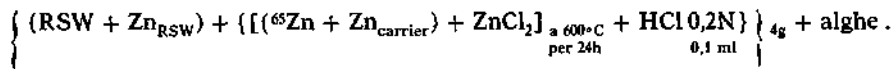
Si osserva quindi che in presenza di isotopi di Zn presenti in forme chimico-fisiche diverse le curve di distribuzione sono diverse (Fig. 1 D); mentre quando lo stato chimico-fisico è unico le curve di distribuzione degli isotopi sono esattamente coincidenti.

Le Figg. 2 I e 2 II riportano i risultati di due esperimenti di accumulo eseguiti in condizioni pressoché simili.

Ritenendo che nello $^{65}\text{ZnCl}_2$ usato potessero essere presenti dei radiocolloidi o delle tracce di detergenti o comunque della sostanza organica e che nella soluzione madre di ZnCl_2 potessero presentarsi situazioni più o meno simili abbiamo pensato di muffolare il pool dello zinco a 600°C per 24 h in modo da distruggere tutta la sostanza organica.

Il pool di Zn così trattato è stato ripreso con 0,1 ml HCl 0,2 N ed aggiunto al medium. Dopo quattro giorni sono state aggiunte le alghe.

La preparazione può essere espressa sommariamente dalla seguente formula:



Il contenuto in zinco stabile nel terreno prima della aggiunta dello stabile era:

Zinco ionico	0,0076 µgat./l
Zinco particellato	0,0634 µgat./l
Zinco complessato	0,071 µgat./l
Zinco complessato + particellato	0,1344 µgat./l

quindi lo zinco particellato + il complessato (0,1344 µgat./l) presente nel terreno prima delle aggiunte è il 18,16 % dello zinco totale presente nel medium al tempo zero. ($0,1344/0,74 = 18,16\%$).

Ora si nota (si veda la Fig. 2 I) che al tempo zero lo zinco complessato + particellato è circa il 25 % del totale ($0,74-0,55 = 0,19$; $0,19/0,74 = 25,5\%$) abbastanza prossimo al 18,16 % di cui sopra.

Lo stesso rapporto eseguito per l'esperimento di Fig. 2 II dà una percentuale del 39 % circa ($0,72-0,44 = 0,28$; $0,28/0,72 = 39\%$).

Per la I parte lo zinco complessato e particellato è rimasto quindi sostanzialmente invariato rispetto a quello contenuto nel medium di coltura prima di ogni aggiunta; mentre nella II parte sono state introdotte, evidentemente durante le manipolazioni successive alla muffolatura, contaminazioni che hanno complessato parte dello zinco trattato. Però l'effetto complessante dei contaminanti si è esplicato nella stessa proporzione fra zinco stabile e radioattivo (come dimostrano le curve di distribuzione dei due isotopi). Ciò significa che, in effetti, il trattamento dei pools a $600^\circ C$ è stato efficace nel portare i due isotopi allo stesso stato fisico-chimico.

Ambedue gli esperimenti (Figg. 2 I e 2 II) dimostrano che i due isotopi erano presenti nella stessa forma chimico fisica.

Infatti, salvo errori di determinazione, ed in ogni caso, come si può vedere dai dati riportati nelle figure, mai superiori al 10 %, lo zinco stabile ed il radioattivo vengono assorbiti dalle alghe nella stessa esatta proporzione. Notare le chiare differenze nelle distribuzioni dei due isotopi di Fig. 1 I e quelle ora descritte.

È pure interessante notare come per ambedue gli esperimenti lo zinco stabile accumulato corrisponda alla diminuzione dello zinco ionico nel terreno.

Questo lascia pensare, come già è stato notato (BERNHARD e ZATTERA, 1969), che lo zinco ionico sia una forma chimico-fisica più facilmente assimilabile di altre per le alghe.

In Fig. 3 sono presentati i risultati di un esperimento condotto in due vie parallele (3 I e 3 II).

Nella preparazione dei pools dello zinco si complessa lo zinco stabile per circa il 40-50 % con EDTA.

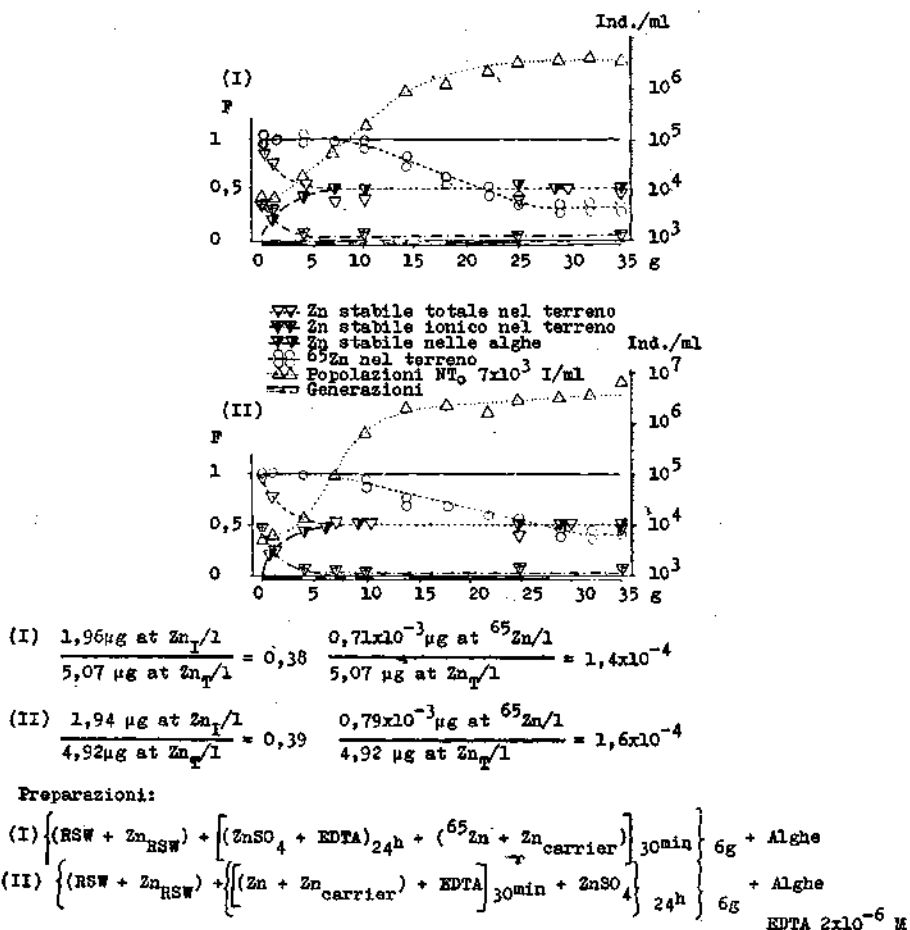
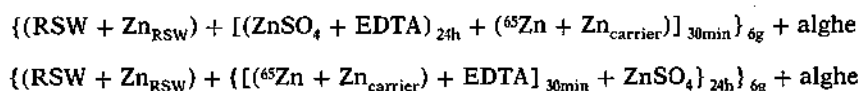


FIG. 3. Accumulo di Zn stabile e radioattivo in *Phaeodactylum tricornutum* in acqua di mare. In (I) lo ⁶⁵Zn è aggiunto al terreno di coltura in forma ionica, in (II) come complesso ⁶⁵Zn-EDTA.

Nella I parte (Fig. 3 I) lo zinco radioattivo viene aggiunto dopo che lo stabile è stato complessato con l'EDTA; mentre nella II parte (Fig. 3 II) lo zinco radioattivo è stato prima complessato con l'EDTA e quindi è stato aggiunto lo stabile.

Le preparazioni possono essere espresse con le formule:



La concentrazione di EDTA nel medium di coltura è $2,10^{-6}$ M e lo zinco stabile è circa $5,10^{-6}$ M.

Quindi (l'EDTA complessa lo zinco Mole contro Mole) nel terreno, prima dell'inoculo, dovremo avere lo zinco complessato al 50 % circa.

Nel preparare l'esperimento ci basavamo sul presupposto che non ci fosse scambio fra le diverse forme chimico-fisiche.

Per cui ci aspettavamo che nel primo caso tutto lo zinco radioattivo fosse in forma ionica e quindi che venisse assunto fino ad un livello più alto dello zinco stabile; mentre nel secondo, ritenendo tutto lo zinco radioattivo in forma complessata, poco o nulla doveva essere assunto dalle alghe.

Successivamente alla preparazione di questo esperimento è stato però notato (PIRO, PAPUCCI e VERZI, 1969) che nelle condizioni di preparazione sopra indicate lo zinco stabile ed il radioattivo si ripartivano nei due stati (ionico e complessato) nelle stesse proporzioni.

I risultati ottenuti non sono completamente in accordo con le aspettative (vedi Figg. 3 I e 3 II).

Infatti mentre lo zinco stabile, conformemente alle aspettative, è assunto dalle alghe nella stessa proporzione in ambedue i casi lo zinco radioattivo è accumulato in modo pressoché uguale per le due preparazioni e con rapporti e curve di distribuzione diverse dallo stabile; ciò contrariamente a quanto i risultati di PIRO, PAPUCCI e VERZI potevano lasciar pensare.

È difficile spiegare un tale comportamento.

Una spiegazione si può dare solo ammettendo che lo zinco radioattivo e lo zinco stabile possano essere in forme fisico-chimiche a diversa assimilabilità per le alghe.

È interessante notare, ancora una volta, come lo zinco ionico (o i complessi labili) siano una forma fisico-chimica più facilmente accumulabile di altre dalle alghe. Si noti infatti dalla Fig. 3 come lo zinco stabile accumulato dalle alghe sia tutto ionico.

Differenti rapporti di accumulo e differenti equilibri sono stati pure osservati, quando, in condizioni sterili, Zn stabile e radioattivo erano accumulati da una resina chelante (Chelex 100).

Le preparazioni sono pressoché simili a quelle necessarie per preparare gli esperimenti con le alghe.

La Chelex 100 era aggiunta alle beute e come per gli esperimenti con le alghe, l'accumulo di Zn stabile e radioattivo nelle resine veniva determinato a differenti intervalli di tempo.

In un esperimento (BERNHARD e ZATTERA, 1969) (Fig. 4 I) cisteina e zinco stabile sono stati lasciati a complessare per 24h e quindi aggiunti al medium.

Lo ^{65}Zn ionico è stato aggiunto più tardi separatamente. In un altro esperimento (Fig. 4 II) lo ^{65}Zn è stato fatto complessare con EDTA, è stato quindi

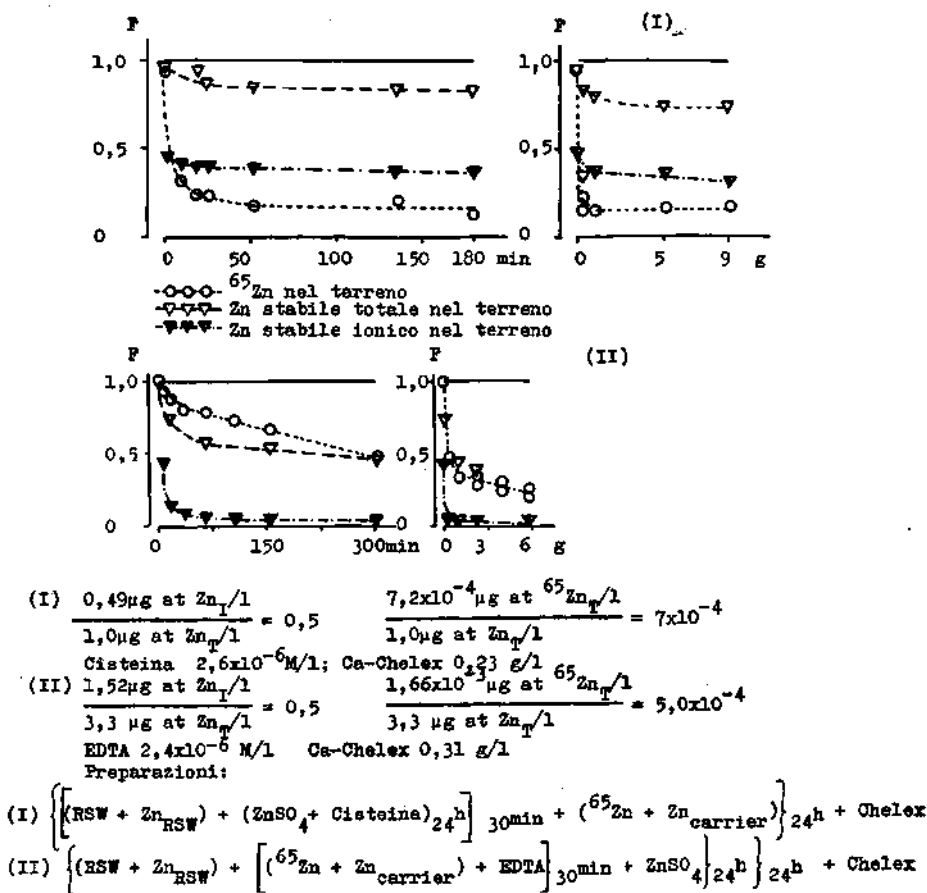


FIG. 4. Accumulo di Zn stabile e radioattivo in resina chelante (Chelex 100) in acqua di mare. In (I) lo ^{65}Zn è aggiunto in forma ionica, in (II) come complesso $^{65}\text{Zn-EDTA}$ (BERNHARD e ZATTERA, 1969).

aggiunto Zn stabile e dopo 24 ore il pool così preparato è stato aggiunto al medium.

La comparazione fra i dati dimostra: 1) che zinco stabile e il radioattivo, come negli esperimenti con le alghe, sono stati accumulati dalla Chelex secondo rapporti diversi; 2) gli equilibri di distribuzione, fra chelex e medium, raggiunti sono diversi per i due isotopi.

Lo ^{65}Zn aggiunto in forma ionica è stato assunto dalla chelex più velocemente di quando si aggiunge in forma complessata.

Come si può notare il comportamento della resina è simile a quello delle alghe.

Sebbene sia ancora prematuro presentare modelli sull'accumulo di zinco nelle alghe e nelle resine gli esperimenti dimostrano che in certe condizioni lo zinco stabile ed il radioattivo non si comportano nella stessa maniera. I dati suggeriscono che lo zinco stabile è presente nell'ambiente in differenti forme chimico-fisiche e che lo zinco radioattivo non era diluito nell'intero pool dello zinco stabile, ma solo in quella frazione dello zinco totale che aveva lo stesso stato fisico-chimico o che può essere rapidamente trasformato in questo stato.

Visto che le differenze fra gli accumuli di Zn in differenti stati fisico-chimici possono essere considerevoli, questa possibilità deve essere tenuta in debito conto nel programmare studi con traccianti.

Le previsioni sulla distribuzione di radioisotopi in dati siti sono spesso basate sulla distribuzione dei loro isotopi stabili.

Se sono necessarie delle previsioni accurate deve essere preso in seria considerazione il diverso comportamento degli elementi nei vari stati fisico-chimici. Ciò in particolare per quegli elementi per i quali è noto che la trasformazione fra i vari possibili stati chimico-fisici è lenta o non è conosciuta.

Poiché è ragionevole prevedere che altri metalli (es. Co) oltre lo zinco possano essere discriminati dalle alghe, o dagli organismi biologici in generale, in relazione allo stato chimico-fisico con cui sono presenti nell'ambiente gli studi sull'accumulo dello zinco potranno servire per programmare futuri esperimenti di accumulo, perdita ecc. avendo come base un modello dedotto dalle informazioni raccolte dalle esperienze con lo zinco.

BIBLIOGRAFIA

- BERNHARD, M., 1955: Die Kultur von Seeigellarven (*Arbacia lixula* L.) in künstlichem und natürlichem Meerwasser mit Hilfe von Ionenaustauschsubstanzen und Komplexbildnern. Pubbl. Staz. Zool. Napoli 29, 80-95.
- BERNHARD, M. and A. ZATTERA, 1969: A comparison between the uptake of radioactive and stable zinc by a marine unicellular alga. In: « Symposium on Radioecology », 389-398. II Nat. Symp. on Radioecol., Ann Arbor, 1967. Ed.: J. D. Nelson and F. G. Evans. USAEC.
- CHIPMAN, W. A., 1966: Uptake and accumulation of ^{51}Cr by the clam *Tapes decussatus* in relation to physical and chemical forms. In Disposal of Radioactive Wastes into seas. « Ocean and surface water », IAEA, Dierma 1966, 571-582.
- CHIPMAN, W. A., T. R. RICE and T. J. PRICE, 1958: Uptake and accumulation, of radioactive zinc by marine plankton, fish and shellfish. U. S. Fish Wild Serv., Fish Bull. (135), 279-292.

- GOLDBERG, E. D., 1957: Biochemistry of trace metals. In Treatise on Marine Ecology and Paleontology. Ed. J. W. Hedgpeth. Memoir Geological Soc. Am. 67 (1), 345-357.
- HIYAMA YAND and M. SHIMIZU, 1964: On the concentration factors of radioactive Cs, Sr, Cd, Zn, and Ce in marine organism. Records of Oceanogr. work in Japan 7, 43-77.
- JONES, R. F., 1960: The accumulation of nitrosil rutenium by zinc particles and marine organism. Limnol. Oceanogr. 5, 312-325.
- KECKES, S., Z. PUCAR and L. MARAZOVIC, 1966: Accumulation of Electrodiolitically separated physico-chemical forms of ^{106}Ru by mussels. Oceanology and Limnology 1, n. 4, 246-253.
- , —, —, 1967: The influence of the physico-chemical form of ^{106}Ru on its uptake by mussels from sea water. In: Proc. Int. Symp. Radioecol. Concentr. Processes, 993-994. Ed. Aberg Band F. P. Hungate Pergamon Press, New York.
- MACCHI, G., 1965: The determination of ionic zinc in sea water by anodic stripping voltammetry using ordinary capillary electrodes. J. Electroanal. Chem. 9, 290-298.
- MACCHI, G. and P. CHAMARD, 1966: Sequential analysis of Zn, Cd, Pb and Cu and seasonal variation in the Zn, Cd, Pb and Cu contents in the ashes of *Mytilus galloprovincialis*. In press. Internal Report RTI/LCM 4.
- PIRO, A., M. VERZI e C. PAPUCCI, 1969: L'importanza dello stato fisico-chimico degli elementi per l'accumulo negli organismi marini. I. Zinco in acqua di mare. Pre-sentato al I Congresso della Società Italiana di Biologia Marina. In corso di stampa.
- POLIKARPOV, G. G., 1966: Radioecolgy of aquatic organism. North Holland Publ. Co. Amsterdam.
- REVELLE, R. R., T. R. FOLSOM, E. D. GOLDBERG and J. D. ISAACS, 1956: Nuclear science and oceanography. Proc. Int. Conf. on the Peaceful Uses of Atomic Energy 13, 371-380.
- RICE, T. R., 1956: The accumulation and exchange of stronzium by marine planktonic algae. Limnol. Oceanogr. 1 (2), 123-138.
- SCOTT, R., 1954: A study of Cesium accumulation by marine algae. In: Proc. 2nd Radioisotope conference 1954. Oxford 19-23 July 1, Medical and Physiological App. Proc. 373-380. Academic Press Inc., N. Y.
- TORTI, E. and C. PAPUCCI, 1967 a: Determination of total zinc in sea water with the resin chelating agent Chelex 100. In press. Internal Report RTI/LCM 5.
- , —, 1967 b: Possibility of metal complexation in sea water. In press. Internal report RTI/LCM 6.
- ÜTHERMÖL, H., 1936: Quantitative metoden zur Untersuchung des Nannoplanktons. Ab-derhalden Handb. biol. Arb. Meth. 9, 1879-1937.

Dr. A. ZATTERA, Dr. M. BERNHARD, Laboratorio per lo Studio della Contaminazione Radioattiva del Mare, C.N.E.N. - EURATOM, 19030 Fiascherino (La Spezia), Italia.