

NOVA THALASSIA

vol. 7 1985 suppl 3

Atti del XVII Congresso della
Società Italiana di Biologia Marina
Ferrara, 11-15 giugno 1985

provincia, comune e università di trieste
laboratorio di biologia marina
sorgenti di aurisina - trieste

Hanno contribuito alla realizzazione del Congresso:

Università degli Studi di Ferrara
Regione Emilia-Romagna
Provincia di Ferrara
Comune di Ferrara
Cassa di Risparmio di Ferrara
Camera di Commercio di Ferrara

Reg. Trib. Trieste n. 557 dd. 9.11.1979
Direttore Responsabile Mario Specchi
Segretario di Redazione Marino Vocci

Riproduzione vietata

TIPOGRAFIA VILLAGGIO DEL FANCIULLO
TRIESTE

STRUTTURA E DINAMICA DELLE COMUNITÀ MARINE

NOVA THALASSIA	7	Suppl.3	7-30	1985

PERSISTENCE AND CHANGES IN MARINE BENTHIC COMMUNITIES

M.Sarà

Istituto di Zoologia dell'Università, Via Balbi, 5, Genova (Italy)

INTRODUCTION

The processes and factors structuring and changing the marine benthic communities have been widely analyzed in the last two decades (among others Sanders, 1968; Dayton 1971; Dayton et al., 1974; Dayton et al., 1984; Pèrés, 1971; Menge, 1976; Menge and Lubchenko, 1981; Sutherland and Karlson, 1977; Jackson, 1977; Jackson and Buss, 1975; Lewis, 1977; Osman, 1977; Karlson, 1978; Sousa, 1979; Woodin and Jackson, 1979; Underwood, 1980; Kay and Keough, 1981; Ott, 1981; Russ, 1982; Grigg, 1983; Dethier, 1984; Paine, 1984). This sector of study has quickly advanced in part through theoretical but essentially through field and experimental investigations. The research has been carried out for various communities but especially for those of the intertidal and subtidal zones of the Atlantic and Pacific coasts of North America and of tropical coral reefs. Little has been made on the structure and dynamics of the Mediterranean communities, with some exceptions as the research on O-R-M (Ophryothrix-Reniera-microcosmus) Adriatic community and on the Posidonia ecosystem.

However it is now possible to provide a synthesis of the various facts and problems arising from the very extensive and recent literature on the subject and to delineate some common processes and mechanisms which work in maintaining or changing the structure of different marine benthic communities. On the other hand major problems, as the respective role played by the physical and biological factors and, more generally, that of stochasticity and determinism in the regulation of communities, with the consequent unpredictability or predictability, remain open to discussion. Furthermore the important field of the evolutionary changes in communities, which links the ecological to the evolutionary theory, at present largely unexplored, should also be taken in due consideration.

THE CONCEPTS OF STABILITY AND PERSISTENCE

Recent trends in the community ecology have challenged the classical ideas (Mac Arthur, 1955; Hutchinson, 1959) of the existence of stable equilibrium states in communities and of a positive proportionality between stability and diversity (May, 1973; Sutherland, 1974; Rahel et al., 1984, Pimm, 1984). In fact diversity, the richness in species, is only one aspect of the complexity of communities; another one is the connectance, that is the degree of species interrelationships. The stability concept has been used differently by different Authors, encompassing different properties: the resistance, that is the capability of the community to maintain its equilibrium towards the disturbance, the resilience, related to the time needed for its

recovery after disturbances and the persistence, which is the maintenance during time of its general structure in species composition and abundances.

Differently from stability, persistence increases both with higher diversities and connectances and is more easily detectable and measurable in an empirical way (Bernstein and Jung, 1979; Connell and Sousa, 1983; Kay and Butler, 1983; Rahel et al., 1984). Therefore, in practice, persistence may be considered a more suitable basic concept than stability for the study of communities. Certainly, also the concept of persistence has been considered in different ways, for example as a synonym of stability or as the property of maintaining species populations during time in a nearly constant condition with small fluctuations in numbers (Turner, 1985). However a wide consensus exists around the position of Connell and Sousa (1983) who emphasize the qualitative aspect of persistence, based on the presence-absence of species and populations against the quantitative aspect of stability.

In this wide sense persistence is a dynamic property common to the large majority of natural communities. In fact it appears that nearly all communities, apart from catastrophes or strong and prolonged perturbances, persist globally unchanged for periods of decades or more. Dayton et al. (1974) rightly emphasize, as indicated also by Connell and Sousa (1983) and Rahel et al. (1984), that stability (persistence) depends from the temporal and spatial scale which is considered: enlarging the scale the community becomes more and more persistent. According to Dayton et al. (1974) the right temporal scale is that which encompasses a time little longer than a generation time of the structurally important species and the right spatial scale is that which is adequate to provide enough propagules and proper environmental conditions for recruitment and survival of these species.

It is however important to note that natural communities are aggregates of patches and guilds within which there are strong biological interactions while the inter-patch dynamics is mainly regulated by physical factors (Dayton et al., 1984). Global persistence is often obtained only through these mechanisms of local variation and instability (Bernstein and Jung, 1979).

The analysis of the physical and biological factors which lead to changes in the communities shows that the unpredictable as well the predictable ones cooperate in strategies which are favourable also to their global persistence. This may happen in different ways. In the rocky intertidal of Washington State preemption of space is very important and dense beds of solitary animals (mussels and barnacles) may persist for decades, a time considerably larger than the average life-span of the organisms involved (Paine, 1974). In contrast similar assemblages in the New England rocky intertidal are often replaced annually but the assemblage in spite of this turnover is remarkably persistent (Menge, 1976). Preemption effects are also very important in the maintenance of dense assemblages of colonial organisms (Jackson, 1977; Karlson, 1978). The persistence of dense colonial assemblages may be very long: for the assemblages of sheet-like colonial animals which cover most of the undersurfaces of plate-like corals in Jamaica, this persistence may be calculated in a period more

than 50 to 100 year long (Woodin and Jackson, 1979).

Problems of persistence are closely related to the definition and boundaries of the communities. The community has been considered as a perfectly integrated and deterministic super-organism according to the organismal point of view of Clements (1916) or, on the contrary, as a stochastically arranged assemblage of species, following the individualistic point of view of Gleason (1926); an intermediate point of view is generally adopted and is likely to be more realistic (Freschi *et al.*, 1977; Sarà, 1977).

TYPES OF CHANGES AND ROLE OF DISTURBANCES

Many types of changes can be detected in marine benthic communities (Pèrés, 1971) but first of all two main processes of variation should be distinguished. On the one hand communities may change - in a more or less cyclic way - in relation to seasonal or yearly fluctuations or through local destructions and restorations giving rise to successions. These ecological changes are generally reversible and maintain globally the structure and organization of the community. On the other hand climatic shifts (Connell and Sousa, 1983) and species invasions, extinctions or speciation processes (Fowler and Mac Mahon, 1982) may change the community along evolutionary, irreversible pathways.

Disturbances are a very important factor in shaping communities. Besides the abiotic physical factors also some biotic factors as predation are often included in this category. As for the stochasticity of their effects, at one end are the catastrophes, rare and wholly unpredictable events, allowing destructions to which organisms cannot adapt, at the other end are chronic disturbances which are globally predictable such that the species can become adapted to them (Dethier, 1984). According to Sutherland (1981) disturbances may be ranked in three classes: the slight disturbances incapable of changing the resident assemblage, the middle ones altering the community structure only temporarily and the strong ones which change the structure permanently. Bender *et al.* (1984) distinguish between instantaneous (pulse) perturbations without durable consequences and prolonged (press) perturbations eliminating certain species and determining changes in the structure of the community. Disturbances may also represent indirectly a positive structuring force preventing competitive exclusion of other species by dominants and consequently increasing diversity (Paine, 1966), especially at an intermediate level of intensities (Connell, 1978).

Major storm disturbances, according to their frequency and magnitude, can determine the structure of different kinds of communities (Ebeling *et al.*, 1985). Hurricanes can clear large amounts of primary substrate in which settled sessile organisms can grow leading to a permanent change of the community if the disturbance rate exceeds the recovery time (Sutherland, 1981). In areas as Jamaica and Southern California in which severe storms are rare the community may undergo cycles of alteration and recovery (Connell and Sousa, 1983). Ebeling *et al.* (1985) studied the recovery time in a subtidal kelp forest in temperate waters between two severe winter storms, showing the opposite effect of the two storms according to the state of the community.

A storm in 1980 removed canopies of the giant kelp *Macrocystis pyrifera*, spaced understory kelps and obliged sea urchins to consume most surviving plants. But another storm in 1983 reversed the process, eliminating the exposed sea urchins, clearing rock surfaces for new kelp settlements and growth, and leading to extensive canopies already in summer 1984. Thus major and destroying disturbances as storms may, depending on the community state, contribute to its persistence. Other catastrophes may be caused by severe cold winters as described by Gerdes (1977) for the *Amphiura filiformis* community in the German Bight and by Porter et al. (1982) for shallow water corals of Florida, or in soft bottoms by oxygen deficiency and salinity crises as in the Gulf of Bothnia (Andersin et al., 1977) and at Bornholm (Leppakovsky, 1971). In this last case recolonization was characterized by high densities and productivities and invasion of new species. Oxygen deficiency is likely to be the major causative agent in the recent extensive destructions and mass mortalities in the O-R-M community of the Northern Adriatic Sea (Stachowitsch, 1984). Catastrophes and other changes in communities may be provoked by pollution and man activities: this is a wide and complex topic which cannot be treated here.

The major part of physical disturbances, being of middle or slight intensities, do not alter in a permanent way the communities but put them in a dynamic state characterized by temporal fluctuations. Fluctuations may occur according to seasonal or yearly cycles and also with periodicities of 6 to 7 years, of 11 to 12 years or nearly secular in relation to analogous periodic variations of hydrographic conditions depending the first from nutations and the others from variations of the sun activity (Gray and Christie, 1983).

The most important ecological variations of the community are however the successional ones.

SUCCESSIONAL CHANGES

Succession, which follows colonization on a bared substrate, is a developmental cycle which leads from the pioneer population to the mature or climax community. The concept of succession is a central one in the community ecology. However the classical aspects of succession, as traced by Odum (1969) and Huvé (1971) have been challenged in recent years in regard to several benthic communities (Connell, 1972; Connell and Slatyer, 1977; Sutherland and Karlson, 1977; Sousa, 1979). According to Odum (1969) succession is an orderly and directional process which results from modification of the physical environment by the community and culminates in a stable climax. This view is based essentially on a facilitation model according to which the following colonizers are favoured by the preceeding ones. Theoretical and experimental research on benthic communities has demonstrated that among three possible models of succession, the facilitation, the tolerance (neutral or competitive) and the inhibition model (Field, 1982), the last one, at least in the early post-colonization phase, is the most diffuse and important.

In the rocky intertidal algal community of South California (Sousa, 1979) the early successional alga *Ulva* which monopolize the available resources of space and light inhibits the recruitment of perennial

red algae but the selective grazing on Ulva by the crab Pachygrapsus accelerates succession no vale opening small patches in the substratum on which late species may settle and grow to maturity. Once this mosaic community has been formed direct competition starts between early and late successional adults plants with further decline in cover of the remaining early species. Thus, also the inhibition model leads to a predictable successional pattern. In a relatively short time community goes from an almost pure stand of green algae with some barnacles to a mixed stage of green and red algae and, later, to a community dominated by a single species of red perennial alga. The inhibition by early colonizers has been also observed for sessile animal's (Sutherland, 1974; Sutherland and Karlson, 1977; Dayton, 1975). Dean and Hurd (1980) in an intertidal fouling community observed the dominance of Mytilus through inhibition on all the other potential dominants. As shown by Sousa (1979), the successional sequence is basically determined by the seasonality of recruitment in which species colonize the newly cleared spaces. The species which is least seasonal in its recruitment will usually become established first, particularly if it has high reproductive and growth rates. The early dominance affects the pattern of the subsequent succession. Inhibition processes have been also described in kelp communities of Southern California (Day and Osman, 1981), in epibenthic communities of Puget Sound (Greene et al., 1983), with the abnormal dominance of solitary long lived sessile species on the colonial ones in the absence of a tolerance model of succession favouring interspecific competition, and in soft bottom communities (Santos and Bloom, 1983; Whitlatch and Zojac, 1985).

Succession is influenced by seasonal environmental fluctuations and by the dimensions of the available substratum in relation to Patchiness. Kay and Keough (1981) regard the differences between the epifaunal communities on pier pilings in South Australia and the epifauna established in the same sites on Pinna bicolor as due to the limited substratum size of Pinna bicolor on which good competitors are rare owing to the low densities of larval settlement. A subtidal community along the atlantic coast of Massachussetts is established on rocky bodies of different dimensions. Large rockies remain stable for long periods of time and are usually dominated by single species; but intermediate size rockies between 1 to 10 dm remain stable only enough to develop an equilibrium number of species, being disturbed before dominance occur. Consequently there is, for a certain depth, an optimal frequency of disturbance at which diversity is maximized. The interplay between biotic factors, as larval abundance and behaviour, interspecific competition and the different size and stability of sites allows colonization to follow different pathways (Osman, 1977). Intertidal pools studied by Dethier (1984) along the pacific coast of Washington State is another striking example of Patchiness characterized by a species composition which varies from pool to pool and from time to time. Six different dominants were identified and each of these, when established, spread rapidly through the pool modifying the environment and preventing potential competitors from settling. The variability of pools depends not only by predictable factors as the tidal height, pond size, wave exposure, predation and competition but

also by unpredictable disturbances such as storms. The high disturbance frequency and the slow rates of recovery make it impossible for any dominant species to occupy all the pools in its tidal range at any one time and structure thus the tide pool community as a patchy, mosaic complex of species assemblages. Patchiness as holes or breaks in the sessile flora and fauna covering the substrate is an important feature of the rocky and other intertidal communities (Osman, 1977; Karlson, 1978; Kay and Keough, 1981). The intertidal community along the North American Pacific coast is structured as a mosaic of patches, in different stages of development, embedded in a background mode of Mytilus californianus (Levin and Paine, 1974). Disturbances, as frequent storm damages, avoid that each patch of the exposed coastline becomes ultimately covered by Mytilus. Because, however, the localized events of colonization and disturbance are asynchronous, each patch may be found in a distinct phase of development (Levin and Paine, 1981). Such a patchy community, with its different opportunities, globally favours the persistence of the whole community. Spatial Patchiness, indeed, determines local escapes from the control of predation and, in harsh environments, from the control of weather (Connell, 1975).

The reduced substratum size seems to be an important obstacle to the development of normal succession in the fouling communities. In fact for the artificial substrates there is little agreement about whether or not succession really occurs. Sutherland (1974) and Sutherland and Karlson (1977) studying the fouling community at Beaufort observed that stochasticity in larval recruitment, which varied markedly from year to year, strong mortality in post-settlement, different patterns of initial development depending on the order of invasions, produced in this type of community absence of succession in the classical sense. Sutherland and Karlson (1977) however note that the time of observation was too short to exclude at all a further development of the community towards a climax. Absence of a clear succession in marine benthic communities depends for Sutherland and Karlson (1977) from the non alteration of the substrate, the no-possibility of storing dormant seeds - as in the terrestrial successions - and the short life of colonizers. In fouling communities, furthermore, differently from other benthic communities, dominant species are lacking. On the other hand it should be remarked that some regular successional processes were observed also in these communities (Relini, 1974; Relini and Sarà, 1974; Field, 1982). Castric (1977) gives for the fouling community along the french coasts an ordered succession after a study prolonged for two years. In this succession four phases may be distinguished. In the first year, during the phases of recruitment and installation, the plates are considerably divergent one from the other and are essentially physically controlled. In the second year, during the phases of convergence and predestination, the plates are essentially biologically accommodated and reach at the end of the fourth phase a qualitative climax, in which all the species typical of the surrounding natural community are represented even if not with similar abundances. Disagreement in results, as already suggested by the remark of Sutherland and Karlson (1977), may depend by the length of observations, fouling communities being very slow in reaching a climax because limitation of space and disturbance effects considerably

obstacle the onset of dominances.

Regular, but slow, successional processes have been observed by Harmelin (1980) in dark submarine cave communities, after a survey prolonged for 9-10 years, with elimination of Serpulids by Demosponges, a late establishment of corallines and a biotic conditioning of substratum by constructing and destroying organisms. A facilitation model of succession, even if with some differences from the classic one, has been described for the seagrass Phyllospadix (Potamogetonaceae) community in the low zone of the rocky intertidal of Oregon coast (Turner, 1983).

The clearest examples of successional sequences in benthic ecosystems come however from the sea-grass communities of Zosteraceae reviewed in a comparative manner for Posidonia, Thalassia and Zostera communities by Den Hartog (1971). In the Mediterranean Sea succession generally leads to the final stage of Posidonia oceanica association which lives on infralittoral sand bottoms down to 50 m and may be several thousands of years old. Its final and persistent stage is reached through the successional stage of Cymodocea nodosa, which is the first pioneer in shallow depressions of the sand bottom enriched with organic material. On rocks the succession begins with sand-binding algae as Padina pavonia and Jania rubens, followed by Cymodocea and Posidonia, or directly by Posidonia. This community is very persistent for the longevity of its main component, the uniformity of the environmental conditions of the sublittoral habitats and the scarcity of predators but disturbances due to man activities, storms, extreme physical, especially temperature, stresses cause, in many places, its degradation, determining the onset of successional cycles.

In the Caribbean a succession, starting from different communities, after a number of stages, develops in the climax community of Thalassia testudinum, preceded by the successional community of Halimeda. The development of the Zostera beds is simpler, without several stages. As Posidonia beds also Zostera ones are in a state of continuous change, with a dynamical equilibrium of construction and erosion due to sedimentation and, in the intertidal, also to desiccation and strong fluctuations of salinity and temperature.

Succession in marine communities follow therefore different pathways according to the type of community and in relation to the rate and intensity of disturbances. No single paradigm seems at the moment generalizable. However it may be remarked that in some intertidal and other patchy communities succession is very irregular, temporally and spatially: the community may be somewhat always in a transient condition, without reaching true mature stages.

THE STRUCTURING ROLE OF ECOLOGICAL FACTORS IN DIFFERENT COMMUNITIES

Different phases as reproduction and dispersal, colonization (settlement and recruitment), succession and mature stage can be distinguished in the community cycle. During all these phases communities are regulated by the interplay of several ecological factors which may be distinguished in stochastic, unpredictable, mostly physical factors and in deterministic, predictable, mainly biological factors. However this distinction is a schematic one because communities are evolutio-

nary structured entities. Purely stochastic is only the role of the strong and rare unpredictable disturbances which may provoke catastrophes. On the other hand stochasticity may be found also in the working of biological factors as predation, competition and mutualism. A mixture of stochastic and deterministic factors may be observed also in the settlement of larvae which in part is regulated by dispersal and other stochastic factors and in part by the habitat selection. Indeed a considerable literature challenges the well known distinction of Sanders (1968) between the physically regulated and biologically accommodated communities. Because the rocky intertidal communities are subjected to an extreme range of environmental conditions and are also relatively simple from a taxonomic and structural point of view, Sanders (1968) has suggested that they are essentially under a physical control. Further experimental research (Dayton, 1971; Paine, 1974; Menge 1976) has shown that even these communities are essentially under a biological control determined mainly by predation and competition.

In the rocky intertidal of the North American Atlantic coast of New England the high intertidal zone and the exposed or protected mid-intertidal zones are each under a different type of control (Menge, 1976). In the high intertidal zone the structuring factors are the interspecific competition, with dominance of *Balanus balanoides*, and some physical stresses. In the mid-intertidal exposed areas the structuring factor is mainly interspecific competition of mussels (*Mytilus edulis*) which prefer a secondary substrate autcompeting barnacles which have previously settled. In the mid-intertidal protected areas the main structuring factor is predation by the gastropod *Thais* which prevents barnacles and mussels by monopolizing space. In general it may be predicted (Connell, 1975) that for this type of community, in relatively protected environments, predation is the main structuring agent while the importance of competition grows with increasing exposition to environmental stresses; but with extreme physical disturbance, physical harshness becomes the major direct cause of community structure (Menge, 1976). In the rocky intertidal communities of the North American Pacific coasts in which there is more diversity, competition is important also at higher tidal levels and space is the primary limiting resource (Dayton, 1971). Competition for primary space results in dominance hierarchies, with barnacles dominant over algae; but afterwards *Mytilus californianus* is capable of growing over barnacles and all other sessile species, being potentially the competitive space dominant in this type of community.

The monopolization of space by *Mytilus* on other sessile species is however prevented by predators.

Predations is therefore very important as structuring agent in the rocky intertidal communities. Some recent studies (Underwood, 1980; Chaloupka and Hall, 1984) indicate that in the intertidal communities not only the lower boundaries but also the upper ones are regulated by biological factors, especially predation. On the other hand Quinn and Dunham (1983) agree with Connell (1972) on the physical regulation, mainly through desiccation, of the upper limits of intertidal communities.

According to Lewis (1977) the role of physical factors in

Structuring communities should not be overlooked and special attention should be given to the reproductive, dispersal and settlement phases which are influenced by even slight physical changes. Physical factors are therefore basic and biological interactions as predation and competition can only prevent species from realizing the full potential of their physical tolerances. According to Lewis rocky intertidal communities are characterized, in a general way, by a relatively few dominant species as algae, barnacles and mussels, by their grazers and predators and by a wide range of subordinate and opportunistic species the occurrence of which is bound to the characters of the ground-covering species. Two gradients, horizontal, in relation to exposure, and vertical, between tide levels, may be distinguished. On European shores, with increasing wave action, the furoid cover of Ascophyllum declines in relation to an augmentation of grazers but also as a direct response to the greater water turbulence, with a replacement by barnacles, mussels and cushion-forming algae characterized by high wave tolerance. Persistence may be reached through the dominance of Ascophyllum but also through a dynamic balance of the replacing species. On the Pacific coast of North America with the same physical gradients and the same general types of organisms there is a larger number of species of different taxa and consequently a larger local variation, also because a dominant alga as Ascophyllum is lacking. On the high levels of open coast barnacles and mussels occupy, as in Europe, a refuge zone above the reach of predators but in the middle and lower levels differences arise for the ecological dominance of Mytilus californianus (larger than that of Mytilus edulis) and because the main mussel predator, Pisaster, is intolerant of extreme wave exposure. Consequently in the exposed places Mytilus californianus becomes as dominant as Ascophyllum at the sheltered places of the gradient in Europe. In the predated areas, Mytilus lacking, the community structure is highly variable, spatially and temporally. On the rocky shores of the Cape of Good Hope (South Africa) the wave exposed shores are dominated by filter feeders and carnivore predators but the sheltered ones by algae and herbivores (Mc Quaid and Branch, 1985). According to them wave action is the only physical factor which alter the trophic structure of the community. In the wave exposed areas the community is dominated by predators which prevent the monopolization of the habitat by a single dominant. On the other hand in the sheltered areas herbivore competitors may coexist without exclusion of species; predators and physical disturbance are there less important in structuring the community.

Settlement however is regulated also by biological factors. The gregarious settlement is very frequent and represents an intraspecific facilitation contrasting predation and favouring competitive success. Settlement of larvae is often mediated by chemicals which work as inhibitors or inducers. Inhibitors function also in competitive interactions and as chemical defense against predators (Standing *et al.*, 1984).

The interaction of different physical and biological factors is indeed a well established fact. Distributional limits may be affected simultaneously by increasing physical stress, competition and predation (Quinn and Dunham, 1983). By the interaction of predation and

competition a special effect arises: when a generalized predator is removed, distributions of many species typically contract, instead of expanding, because they are displaced by one or few dominant competitors (Connell, 1978; Dayton, 1971). The same occurs for interactions between physical stresses and competition (Dayton, 1971; Levin and Paine, 1974; Sousa, 1979; Paine and Levin, 1981) because physical stresses, removing chief competitors, actually contribute to the persistence of many species. On the contrary when physical disturbance, as the wave action, determines a decrease of predation rates the probability of competitive exclusion increases. A peculiar importance is given in this context to predation, considered as the basic factor for preventing space monopolization by single species in such different communities as both the rocky intertidal and subtidal, the coral reefs and the soft bottoms, and therefore increasing species diversity (Russ, 1980). In a community as the Antarctic subtidal rocky one, below 33 m, where the physical environment is sufficiently stable most of the conspicuous species in the community are sponges and their predators, nudibranches and asteroids. Field experiments have demonstrated (Dayton et al., 1974) that the sponge *Mycale acuata* is the potential dominant in the competition for space but its dominance is prevented by the predation of two species of asteroids and consequently a free space is available for other members of the sponge community. Predatory epibenthic fishes and invertebrates have important effects on the soft bottom communities, causing changes in the local abundance patterns of species and new behavioural accommodations (Von Blaricom, 1982; Summerson and Peterson, 1984). According to Reise (1977) epibenthic predators destabilize but infaunal ones stabilize soft bottom communities. Species with insufficient refuges from predation may possess high reproductive potentials with extended periods of reproduction.

A basis structuring factor is interspecific competition, which in benthic communities is essentially competition for space, the main limiting resource. Less significant appears competition for other resources as the trophic ones. Okamura (1984), however, shows that form and orientation of colonies in Bryozoa are related to food competition and Hartman (1975) indicates that food selection can explain the differential bathymetric zonation of different species of Clionids. The real impact of competition in structuring communities has been challenged in recent years by some Aa. (Connell, 1983; Strong, 1983) in contrast with others (Jackson, 1981; Roughgarden, 1983). However in several marine benthic communities interference competition is likely to take a very relevant role. The most common mechanism is that of overgrowth between competitors as of mussels over barnacles, among species of corals, bryozoans, ascidians and sponges, but may also happen for exocoelenteric digestion of competitors as in corals (Connell, 1976) and through allelopathy as in cryptic invertebrate communities of coral reef (Jackson and Buss, 1975; Jackson, 1977). An interspecific competition may also occur among algae (Sousa, 1979) in clearings of the canopy and in soft bottom communities (Wilson, 1983).

Competition for space between sponges, and sponges and bryozoans in coral reef communities shows, according to Jackson and Buss (1975) and Jackson (1977, 1981), competitive networks and not simple hierar-

chical sequences. On the other hand Kay and Keough (1981) and Russ (1982) in the subtidal community on pier pilings at Port Philips in Southern Australia found absence of a clear competitive dominance in interactions between species and the consequent formation of backloops with stochastic interactions leading to a wide range of possible outcomes also in relation to clony dimensions. On the contrary, super-specific taxa differ in capacity for overgrowth: tunicates overgrow sponges, sponges bryozoans and bryozoans Serpulids with a directional succession.

In coral reefs interference competition may have an effect on the habitat selection of settling larvae of sessile invertebrates (Jackson, 1977). Experimental research carried out in Caribbean reefs showed that small substrates as the under-surface of foliaceous corals act as a refuge area for poor competitors for space, increasing diversity and unpredictability of the system while its predictability is given by post-settlement competition which leads to an hierarchy of dominances (Jackson, 1977). However stochasticity and determinism in this coral community, in my opinion, cannot be sharply separated between the two phases of settlement and post-settlement. The settlement of larvae is not only stochastic being regulated through larval habitat choice in relation to slight different flow effects produced by the various sizes of substratum and, on the other hand, competitive hierarchies are not only deterministic acting not as unilinear chains but as networks embodying some stochasticity due to position effects (Jackson and Buss, 1975). The existence of habitat selection indicates that also settlement, an important step in the structuring of communities, is bound to the evolutionary processes of each assembled species.

Also coral reef communities are regulated by an interplay of factors: physical, as desiccation and wave exposure for shallow corals and light and sedimentation levels for deeper ones, and biological as competition, predation and mutualism. Coral species differ in tolerances: faster growing corals at the Great Barrier Reef are more susceptible to desiccation stress than slow-growing, massive, brain-like corals (Glynn, 1976). Differently from the temperate intertidal communities in which competition for space among mussels, barnacles and sea-weeds is very important, the population dynamics of the non-encrusting forms is essentially regulated, in the tropical rocky intertidal, by predation (Menge and Lubchenko, 1981). Therefore in these communities holes and crevices act, for many species, as a refuge from predators and the cryptofauna (sponges, bryozoans, hydrozoans, tunicates) co-occurs more intimately with organisms such as barnacles, oysters, limpets etc., which in temperate areas are more frequent on exposed surfaces. Predation, interacting with other factors, may determine paradoxical effects in structuring the coral communities as when sea-urchins graze away filamentous algae allowing corals to recruit.

Mutualism is another important factor in shaping communities and especially the coral reef ones. The role of mutualistic interactions should not be underestimated and has been described in a variety of cases, as cooperation between sponge species (Sara, 1970), in gregariousness of Bryozoa as a result of competitive interactions (Buss,

1981), in interphyletic association, as for the hydroid Zanclea which stings small predators and competitors for space of the bryozoan Celleporaria allowing the two species to cover a larger area than individually (Osman and Havngness, 1981) and for the sea anemone Metridium senile which reduces predation on Mytilus edulis by the starfish Asterias forbesii (Kaplan 1984).

Another case is represented by the symbiosis of the Crustaceans Alpheus and Trapezia with Pocilloporid coral which protects them from the predation by Acanthaster in the Gulf of Panama (Glynn, 1976). Massive corals are scarce in the shallow waters, suffering high mortality caused by the omnivorous damselfish Eupomacentrus, while Pocilloporid corals are scarce, in turn, in deep reef areas for the grazing by parrotfishes and other corallivorous. Damselfishes provide however, in shallow waters, a refuge for Pocillopora reducing or eliminating the potential space competitor, the massive coral Pavonia gigantea which dominates in deeper areas of the reef. A proposed successional model suggests that Pocillopora abundance can ultimately control the abundance of damselfishes (Wellington, 1982) which, in turn, lower the rate of predation by Acanthaster, removing the competitively dominant corals on which Acanthaster feed.

Succession in coral communities is regulated by many factors. Grigg (1983) for the Hawaiian reefs indicates as basic factors disturbances, substrate facilitation, differential tolerances to competition and predation. The biological interactions assume an increasing role with depth and species which ultimately dominate are, according to the habitats, either the most tolerant to wave stress or the competitively superior. For Karlson (1980), on Jamaican reefs, at low levels of disturbance, dominant competitors prevail by species overgrowth while, at stronger levels of disturbance, growth inhibition for competitive dominants occurs and middle successional species may survive.

Local diversity and habitat heterogeneity, with the resulting Patchiness, are very important also in the coral reef system, which is considered generally among the more stable of the biosphere. Coral communities appear random in a small scale but not random in a large scale (Reichelt and Bradbury, 1984) and their persistence is maintained through a very complex and sophisticated interplay of abiotic and biotic factors. Periodic disturbances, slowing resource monopolization, play, as in other communities, a fundamental role in their dynamics, favouring high species diversity (Palumbi and Jackson, 1982).

However, in evaluating the role of factors in structuring communities, it cannot be forgotten that each species of the community is characterized by reproductive strategies and habitat preferences which are the selective outcome of evolutionary processes. Therefore the stochastic physical and biological control operates only within the frame fixed by the natural selection. An example is given by the epiphytes community of the giant kelp Macrocystis where persistence occurs in spite of the short term unpredictabilities of an unstable environment. The whole pattern - with the competitive seasonal dominant bryozoan Membranipora located during winter and spring in the outer edge of the canopy while the other species live in the inner parts of the bed - is persistent and is maintained as a result of the

species coevolution. Larval behaviour, life history strategies, competition and predation, all contribute to maintain constant, from year to year, the number of species and their connectance in an unstable environment (Bernstein and Jung, 1979). Patchiness and habitat heterogeneity are basic elements of this persistence favouring species diversity and disturbances act as a positive selecting agent especially for the opportunistic species which, with their high reproductive rates, short life span, early maturation, large population size and wide physiological tolerance, are better adapted to colonize new areas (Hicks, 1982).

STRATEGIES IN THE COMMUNITY DYNAMICS

The persistence of marine benthic communities may be obtained through two different strategies (Ott, 1981). Communities with an accumulation of energy and biomasses are protected by the normal environmental fluctuations but require an high energy budget and are unprotected from catastrophic events. They are generally composed by long-living organisms with small fluctuations in numbers. On the contrary communities with low storage of energy and biomasses are exposed to environmental fluctuations but protected against catastrophes. The latter are normally composed by small short-living organisms with high fluctuations in numbers. An evolutionary strategy directed towards storage, in which the effect of environmental fluctuations is dampened through individual adaptations, would be successful only when the probability of catastrophic disturbances as storms and strong physical stresses as temperature extremes and oxygen deficiency, is low (kelp canopies, sea-grass beds). When, on the contrary, the probability of strong unpredictable disturbances is high the better strategy is that of high turnover and low biomass, avoiding storage which makes the effects of disturbances more severe. In this type of communities species utilize rapid repopulation or survival in the form of dormancy. This happens, for example, in the annually defaunated soft bottom communities of the Baltic Sea (Tulkii, 1965) and in polluted areas. These communities follow, as long as possible, the external fluctuations.

A Mediterranean community with an high biomass is the *Ophryotrix Reniera* - *Microcosmus* (O-R-M) community which develops on soft bottoms of the Northern Adriatic especially in the Gulf of Trieste (Fedra et al., 1976; Ott and Fedra, 1977). The O-R-M is a highly evolved, mature community characterized not only by high biomass but also by a high diversity and is centred on large, perennial, slow growing species, while short living opportunistic ones play an insignificant role. The filter and suspension feeders live in multispecies clumps on substrates of biogenic origin and are formed by large ascidians and sponge aggregations. A considerable number of filter feeding brittle stars is present on and around these clumps. The species composition, the biomass (average of $370 \pm 37 \text{ g/m}^2$) and metabolism of the community remain constant over prolonged periods. Almost 90% of the community biomass is represented by filter and suspension feeders; filter feeders represent an important link in the energy transfer from the pelagic to the benthic subsystem, a mechanism which dampens the effect

of oscillation of the environmental parameters, typical of a physically stressed system as the Northern Adriatic sea. Such a strategy can nevertheless operate only within a certain range of ecological conditions. Extreme environmental stresses may lead to the disruption of the dampening mechanism, to various degrees of community degradation and, under certain circumstances, also to mass mortality (Ott, 1981).

Indeed, as described by Stachowitsch (1984), oxygen deficiency, as main factor, has destroyed, after previous occasional delimited events of mass mortality, large extensions of the O-R-M community in the Gulf of Trieste, affecting a several hundreds Km area, in the short period between September 12 and 26 of 1983. In this catastrophe, already on the first day sponges and their associated crustacean fauna were killed by a coating of mucus threads, with the consequent death in the first day also of benthic fishes. *Ophryotrix* survived until the second and third day. Within the first week virtually all the macroorganisms were destroyed with the exception of sea anemones and some infaunal species. Oxygen deficiency was the apparent immediate cause of the catastrophe. This phenomenon is known to occur periodically in northern seas, for example in the Baltic Sea, predominantly in the late summer (Pearson and Rosenberg, 1978). The development of anoxic conditions in the Gulf of Trieste appears to involve the interplay of several factors (Stachowitsch, 1984). They are: the meteorological events which lead to a strong thermocline 2-3 m above the bottom; the peculiar hydrology of the Gulf of Trieste which is a sediment and silt trap; the extremely high production of the North Adriatic Sea due to eutrophication processes, with sinking of planktonic materials which, by the coating of mucus threads, involved the death of sponges representing the 40% of the community and therefore the death of the other species; bottom currents produced especially between full and new moon, the period of the catastrophe; pollution, consequent to the general eutrophication in Northern Adriatic, especially in the eastern zone. According to Stachowitsch (1984) the recolonization of the destroyed large areas is a difficult process. Virtually all the sessile species of the O-R-M community require secondary hard bottom bodies on which to settle. With the loss of multispecies clumps these bodies (fragments of bivalves and gastropods) are more likely to become inaccessible to larvae because of the highly mobile sediments. Consequently the destruction of these aggregations will also destroy the microhabitats needed by larvae and juveniles. A recolonization due to transport of the multispecies clumps from other areas by hermit crabs is hypothesizable but questionable. Recurring mass mortalities will then prevent repopulation of these soft bottoms and will change the nature of the benthic communities in the Gulf of Trieste.

EVOLUTIONARY CHANGES

Knowledge of the evolutionary changes and of their mechanisms in the marine benthic communities is presently very scarce, also owing to the paucity of paleoecological data. Evolutionary neo-darwinian theory predicts that the action of abiotic and biotic factors which determine, in the communities, ecologically relevant changes, as the successional ones, should also, through selective pressures on popula-

tions and species, produce, in the community, continuous, gradual directional evolutionary changes. On the other side the theory of punctuated equilibria predicts periods of evolutionary stasis during which only a stabilizing selection can work. However, presently, discussion is carried at the taxon level and not at the more complex community level and here the problem may be seen only in perspective.

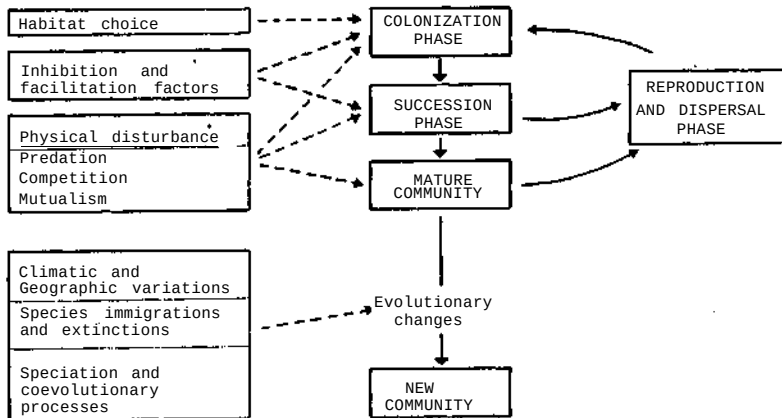


Fig. 1 - Ecological and evolutionary changes in marine benthic communities and main controlling factors.

Niche requirements of species may be modified in time through general climatic and biogeographic changes. Selective extinction of species, invasions of new species and differential speciation are all elements which can determine new structures and functioning of the communities (Fowler and Mac Mahon, 1982). In the geological history of the earth there took certainly place periods of more intense evolutionary changes of communities bound to fluctuations in climates and orogenetic transformations. These acted as pumps of diversity, enhancing them during climatic deterioration and retaining some fraction of the new lineages during amelioration (Valentine, 1967). On a different scale, binding microevolution to macroevolutions, also biotic factors as predation (Vermeij, 1982), competition and mutualism, may have evolutionary relevance because they favour revolutionary changes of species. Evolutionary changes in communities should be analyzed testing coevolutionary processes together with species extinction, immigration and speciation (Rummel and Roughgarden, 1983; Stenseth, 1983). Biological interactions which give rise to coevolutionary adaptations are basilar for the "red queen" evolutionary hypothesis (Van Valen, 1973). On the other hand there is the evolutionary hypothesis (evolutionary stable strategy) which predicts that evolution would cease in the absence of changes in abiotic parameters (Stenseth and Maynard Smith, 1984).

It is controversial if immigrations of new species determine necessarily changes in the community structure and functioning. This point is challenged by Simberloff (1982) and Walker and Valentine (1984) which observe that a very high proportion of empty niches exists in a community and consequently new species may find new adaptive zones where competitors are lacking. On the other side structural and functional changes may be determined by immigrations or extinctions if they regard species with a key role in the interspecific interactions, as some predators, which are not always the more frequent or abundant species in the community.

The evolution of the marine benthic communities during geological times is known only in its general lines and from scattered informations. Paleozoic reefs, with Archaeocyathids and extinct groups of sponges and Coelenterates, were certainly very different from the mesozoic ones and those from the present ones. For restricted periods of time also, only a limited information is available. In a benthic community of muddy bottom in Limsy Canal, near Rovinj, notwithstanding the rate of sedimentation and grain size remained constant during a period of 3850 years, significant changes, especially in the last 1000 years, arose in the species composition and abundances (Paul, 1971).

The coralligenous South Adriatic community is presently found, between 10 and 30 m depth to be an heterogenous assemblage formed by epifaunal and epiphytic species living on the surface of concreted blocks whose bulk is made by subfossile corallines, and especially Neogoniolithon mamillosum, crossed by crevices inhabited by infauna (Sara, 1969). These blocks probably had originated in shallower waters by the building activity of coralline algae before that sea-level changes after the last glaciation placed them at major depth. With the changes of sea-level, this community underwent the considerable modifications which led to the present assemblage. The considerable persistence of the coral reef communities is linked to an high diversity which depends from successional events produced by disturbances, according to the intermediate disturbance hypothesis of Connell (1978). In the Grigg's (1983) opinion, in the Hawaii, extant reefs are probably all holocenic dating from 6000-9000 years but the existence of this type of community is much older, fringing reefs developing in 2,5 millions years and an atoll-system in about 12 millions years.

By the increased knowledge of the evolutionary changes in marine benthic communities it should be possible to advance predictions on their future in relation also to deteriorating agents as pollutions and other man influences. Historical events, as the opening of the Suez Canal with the massive introduction of Lessepsian immigrants in the Eastern Mediterranean basin, can determine considerable modifications in the communities. That immigration, however, has been favoured by the empty niches opened in the Levant basin during its quaternary geological history and, according to the assumptions of Walker and Valentine (1984), could not have immediate consequences: appropriate surveys should test this point.

CONCLUSIONS

1) Benthic communities appear generally globally persistent but fluctuating in time and locally changing. This heterogeneity is associated to successional variations and Patchiness and constitutes a mechanism which at last ensure the maintenance over long periods of time of the overall structure and functioning of the community.

2) The recent field and experimental research has shown that predictable and unpredictable, biological and physical factors, interplay in a complex manner in all benthic communities, even if in a various degree, during the different phases (colonization, succession, mature stage, reproduction and dispersal) of the community cycle.

3) Very important, in each; phase of the community cycle, is the role of physical disturbances and of predation. Settlement is regulated both by the stochastic factor of the dispersal and the deterministic one of habitat selection. The post-settlement phases are controlled by the inhibition factors, due to preemption of space, and the interspecific competition for space. Sometimes, as in sea-grass beds, succession follows a facilitation model. Interspecific mutualism is also an important structuring agent.

4) In the community dynamics two different strategies (opportunistic and specialistic) may be distinguished. The first one is followed by communities which, developing in unpredictable environments, are characterized by low biomasses, high rates of reproduction, short living species and strong fluctuations in numbers and follow the environmental fluctuations, adapting to them as long as possible. The second refers to communities which, developing in predictable environments, are characterized by high biomasses, low rates of reproduction, long living species, small fluctuations in numbers and dampen the environmental fluctuations by storage of energy. The last, as the Mediterranean O-R-M community, are more exposed to mass mortalities caused by unpredictable environmental stresses.

5) Evolutionary changes, distinct from the ecological ones, are long term and irreversible changes of the communities and depend from climatic and geographic variations, species immigrations and extinctions and from speciation and coevolutionary processes. Limited knowledge is up to day available but it is likely that considerable modifications can happen also in relatively short periods (of thousands) of years.

RIASSUNTO

Le comunità bentoniche marine appaiono in genere persistenti, cioè conservano su lunghi periodi, a livello qualitativo, la loro struttura e funzionamento. Tale persistenza è dinamica, mantenuta mediante continue fluttuazioni e diversificazioni temporali e locali la cui frequenza ed intensità varia a seconda del tipo di comunità. La "patchiness" o frammentazione di molte comunità bentoniche rappresenta un meccanismo per la loro persistenza.

Recenti ricerche di campo e sperimentali hanno indicato che la dinamica delle comunità bentoniche risulta da una complessa interazio-

ne di molteplici fattori, imprevedibili e prevedibili, fisici e biologici che operano durante le diverse fasi (colonizzazione, successione, stadio maturo, riproduzione e dispersione di propaguli) del loro ciclo. Parametri fisici e predazione sono importanti durante tutte le fasi. L'insediamento è regolato sia da fattori stocastici come la dispersione larvale dei propaguli che deterministici come la scelta del substrato. La successione dipende dall'inibizione che i preesistenti organismi operano sull'insediamento dei nuovi. La monopolizzazione del substrato da parte di forme preesistenti è però continuamente contrastata dai fattori fisici di disturbo e dalla predazione, consentendo una successione attraverso la competizione interspecifica per lo spazio. In alcuni casi, come nelle praterie di *Fanerogame* marine, la successione segue il modello regolare della facilitazione. La strutturazione delle comunità dipende inoltre dal mutualismo interspecifico.

Si distinguono due strategie (opportunistica e specialistica) nella dinamica delle comunità. La prima è propria di ambienti imprevedibili con comunità caratterizzate da limitata biomassa, forte potenziale riproduttivo, specie a vita breve e forte oscillazioni di abbondanza, che rispondono alle sollecitazioni dell'ambiente accompagnandolo, fin dove possibile, nelle sue fluttuazioni. La seconda è propria di ambienti prevedibili, con comunità caratterizzate da elevata biomassa, specie a lunga vita e limitate capacità riproduttive e scarse oscillazioni nella loro abbondanza; queste, come la O-R-M dell'Alto Adriatico, sono meno elastiche di fronte alle sollecitazioni dell'ambiente e, per imprevedibili eventi catastrofici, possono subire mortalità massicce.

Cambiamenti di tipo evolutivo hanno luogo in tempi più o meno lunghi e in modo irreversibile fino a dar luogo a comunità diverse. È discusso il ruolo che in tale trasformazione hanno i cambiamenti climatici e geografici, l'immigrazione ed estinzione di specie e i processi di coevoluzione e di speciazione. Le conoscenze attuali sono limitate, ma è probabile che cambiamenti notevoli di comunità possano verificarsi in periodi relativamente brevi, di alcune migliaia di anni.

REFERENCES

- ANDERSIN A.B., J. LASSIG and H. SANDLER, 1977 - Community structure of soft-bottom macrofauna in different parts of the Baltic. In: Biology of Benthic Organisms, Keegan B.F., P. O'Ceidigh and P.J.S. Boaden eds., Pergamon Press, Oxford, 7-20.
- BENDER E.A., T.J. CASE and M.E. GILPIN, 1984 - Perturbation experiments in community ecology, theory and practice. Ecology, **65**, 1-13.
- BERNSTEIN B.B. and N. JUNG, 1979 - Selective pressures and coevolution in a kelp canopy community in Southern California. Ecol. Monogr., **49**, 335-355.
- BUSS L.W., 1981 - Group living, competition and the evolution of cooperation in a sessile invertebrate. Science (Wash. D.C.), **213**, 1012-1013.

- CASTRIC A., 1977 - Recruitment et succession du benthos rocheux sublittoral. In: Biology of Benthic Organisms; Keegan B.F., P. O'Ceidigh and P.J.S. Boaden eds., Pergamon Press, Oxford, 147-154.
- CHALOUPIKA M.Y. and D.N. HALL, 1984 - An examination of species dispersion patterns along the intertidal gradient on Macquarie Islands (Sub-Antarctica) using a restricted occupancy model. J. Exp. mar. Biol. Ecol., 84, 133-143.
- CLEMENTS F.E., 1916 - Plant succession: an analysis of the development of vegetation. Carnegie Inst. Wash. Publ., 242, 512 pp.
- CONNELL J.H., 1972 - Community interactions on marine intertidal shores. Annu. Rev. Ecol. Syst., 3, 169-192.
- CONNELL J.H., 1975 - Some mechanisms producing structure in natural communities: a model and evidence from field experiments. In: Ecology and evolution of communities, Cody M.L. and J.M. Diamond eds., Belknap Press, Harvard Univ., Cambridge, 460-490.
- CONNELL J.H., 1976 - Competitive interactions and the species diversity of corals. In: Coelenterate ecology and behaviour. Mockie G. ed., Plenum, New York, 51-58.
- CONNELL J.H., 1978 - Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science (Wash. D.C.), 199, 1307-1310.
- CONNELL J.H., 1983 - On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence from field experiments. Am. Nat., 122, 661-696.
- CONNELL J.H. and R.O. SLATYER, 1977 - Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. Am. Nat., 111, 1119-1144.
- CONNELL J.H. and W.P. SOUSA, 1983 - On the evidence needed to judge ecological stability of persistence. Am. Nat., 121, 789-824.
- DAY R.W. and R.W. OSMAN, 1981 - Predation by Patiria miniata (Asteroidea) on Bryozoans: prey diversity may depend on the mechanisms of succession. Oecologia (Berl.), 51, 300-309.
- DAYTON P.K., 1971 - Competition, disturbance and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. Ecol. Monogr., 41, 351-389.
- DAYTON P.K., 1975 - Experimental evaluation of ecological dominance in a rocky intertidal algal community. Ecol. Monogr., 45, 137-159.
- DAYTON P.K., V. CURRIE, T. GERRODETTE, B.D. KELLER, R. ROSENTHAL and D. VANTRESCA, 1984 - Patch dynamics and stability of some California kelp communities. Ecol. Monogr., 54, 253-289.
- DAYTON P.K., G.A. ROBILLIARD, R.T. PAINE and L.B. DAYTON, 1974 - Biological accomodation in the benthic community at Mc Murdo Sound. Ecol. Monogr., 44, 105-128.
- DEAN T.A. and L.E. HURD, 1980 - Development in an estuarine fouling community; the influence of early colonists on later arrivals. Oecologia (Berl.), 46, 295-301.
- DEN HARTOG G., 1971 - The dynamic aspect in the ecology of sea-grass communities. Thalassia jugosl., 7, 101-112.
- DETHIER M.N., 1984 - Disturbance and recovery in intertidal pools: maintenance of mosaic patterns. Ecol. Monogr., 54, 99-118.
- EBELING A.W., D.R. LAUR and R.J. ROWLEY, 1985 - Severe storm disturbances and reversal of community structure in a southern Califor-

- nia kelp forest. Mar. Biol. (Berl.), 84, 287-294.
- FEDRA K., E.M. OLSCHER, C. SCHERUBEL, M. STACHOWITSCH end R.S. WURZIAN, 1976 - On the ecology of a north adriatic benthic community: distribution, standing crop and composition of the macrobenthos. Mar. Biol. (Berl.), 38, 129-146.
- FIELD B., 1982 - Structural analysis of fouling community development in the Damariscotta River estuary, Maine. J. exp. mar. Biol. Ecol., 57, 25-33.
- FOWLER C.W. and J.A. MAC MAHON, 1982 - Selective extinction and speciation: their influence on the structure and functioning of communities and ecosystems. Am. Nat., 119, 480-498.
- FRESI E., L. MAZZELLA e M.P. PONTICELLI, 1977 - Una ricerca sul concetto di biocenosi. Atti IX Congresso SIBM, Lacco Ameno d'Ischia, Cinelli F., E. Fresi e L. Mazzella ed., 235-244.
- GERDES D., 1977 - The re-establishment of an Amphiura filiformis (O.F. Muller) population in the inner part of the German Bight. In: Biology of Benthic Organisms, Keegan B.F., P. O'Ceidigh and P.J.S. Boaden eds., Pergamon Press, Oxford, 277-284.
- GLEASON H.H., 1936 - The individualistic concept of the plant association. Bull. Torrey Bot. Club, 53, 7-26.
- GLYNN P.W., 1976 - Some physical and biological determinants of coral community structure in Eastern Pacific. Ecol. Monogr., 46, 431-456.
- GRAY J.S. and H. CHRISTIE, 1983 - Predicting long term changes in marine benthic communities. Mar. Ecol. Progr. Ser., 13, 87-94.
- GREENE C.H.H., A. SCHOENER and E. CORETS, 1983 - Succession on marine hard substrata: the adaptive significance of solitary and colonial strategies in temperate fouling communities. Mar. Ecol. Progr. Ser., 13, 121-130.
- GRIGG R.W., 1983 - Community structure, succession and development of coral reefs in Hawaii. Mar. Ecol. Progr. Ser., 11, 1-14.
- HARMELIN J.G., 1980 - Etablissement des communautés des substrats durs en milieu obscur. Resultats préliminaires d'une experience a long terme en Méditerranée. Mem. Biol. Oceanogr. N.S., 10, suppl., 29-52.
- HARTMAN W.D., 1957 - Ecological niche differentiation in the boring sponges (Clionidae). Evolution, 11, 294-297.
- HICKS G.R.F., 1982 - Habitat structure, disturbance and equilibrium in crustacean communities. Mar. Ecol. (Pubbl. Stn. Zool. Napoli I), 3, 41-52.
- HUTCHINSON G.E., 1959 - Homage to Santa Rosalia: why are there so many kind of animals? Am. Nat., 93, 145-159.
- HUVE' P., 1971 - Sur le concept de "succesion" en écologie littorale marine. Thalassia jugosl., 7, 123-129.
- JACKSON J.B.C., 1977 - Habitat area, colonization and development of epibenthic community structure. In: Biology of Benthic Organisms, Keegan B.F., P. O'Ceidigh and P.J.S. Boaden eds., Pergamon Press, Oxford, 349-358.
- JACKSON J.B.C., 1981 - Interspecific competition and species distribution: the ghosts of theories and data past. Am. Zool., 21, 889-901.

- JACKSON J.B.C. and L. BUSS, 1975 - Allelopathy and spatial competition among coral reef invertebrates. Proc. nat. Acad. Sci. U.S.A., 72, 5160-5163.
- KAPLAN S.W., 1984 - The association between the sea anemone Metridium senile (L.) and the mussel Mytilus edulis (L.) reduces predation by the starfish Asterias forbesii (Desor). J. exp. mar. Biol. Ecol., 79, 155-158.
- KARLSON R.H., 1978 - Predation and space utilization patterns in marine epifaunal community. J. exp. mar. Biol. Ecol., 31, 225-239.
- KARLSON R.H., 1980 - Alternative competitive strategies in a periodically disturbed habitat. Bull. mar. Sci., 30, 894-900.
- KAY A.M. and A.J. BUTLER, 1983 - Stability of the fouling communities on the pilings of two piers in South Australia. Oecologia (Berl.), 56, 70-78.
- KAY A.M. and M.J. KEOUGH, 1981 - Occupations of patches in the epifaunal communities on pier pilings and the bivalve Pinna bicolor at Edinburgh, South Australia. Oecologia (Berl.), 48, 123-130.
- LEPPAKOSKI E., 1971 - Benthic recolonization of the Bornholm basin (Southern Baltic) in 1969-71. Thalassia jugosl., 7, 171-179.
- LEVIN S.A. and R.T. PAINE, 1974 - Disturbance, patch formation and community structure. Proc. nat. Acad. Sci. U.S.A., 71, 2744-2747.
- LEWIS J.R., 1977 - The role of physical and biological factors in the distribution and stability of rocky shore communities. In: Biology of Benthic Organisms, Keegan B.F., P. O'Ceidigh et P.J.S. Boaden eds., Pergamon Press, Oxford, 417-423.
- MAY R.M., 1973 - Stability and complexity in model ecosystems. Princeton University Press, Princeton, U.S.A.
- MAC ARTHUR R.H., 1955 - Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. Ecology, 36, 533-536.
- MC QUAID C.D. and G.M. BRANCH, 1985 - Trophic structure of rocky intertidal communities: response to wave action and implications for energy flow. Mar. Ecol. Progr. Ser., 22, 153-161.
- MENGE B.A., 1976 - Organization of New-England rocky intertidal community. Role of predation, competition and environmental heterogeneity. Ecol. Monogr., 46, 355-394.
- MENGE A. and J. LUBCHENCO, 1981 - Community organization in temperate and tropical rocky intertidal habitats: prey refuges in relation to consumer pressure gradients. Ecol. Monogr., 51, 429-450.
- ODUM E.P., 1969 - The strategy of ecosystem development. Science (Wash. D.C.), 164, 262-270.
- OKAMURA B., 1984 - The effects of ambient flow velocity, colony size and upstream colonies on the feeding success of Bryozoa. I. Bugula stolonifera Ryland, an arborescent species. J. exp. mar. Biol. Ecol., 83, 179-183.
- OSMAN R.W., 1977 - The establishment and development of a marine epifaunal community. Ecol. Monogr., 47, 37-63.
- OSMAN R.W. and J.A. HAUGSNESS, 1981 - Mutualism among sessile invertebrates: a mediator of competition and predation. Science (Wash. D.C.), 211, 846.
- OTT. J.A., 1981 - Adaptive strategies at the ecosystem level: examples from two benthic marine systems. Mar. Ecol. (Pubbl. Stn. Zool.

- Napoli I), 2, 97-180.
- OTT. J.A. and K. FEDRA, 1977 - Stabilizing properties of a high-biomass benthic community in a fluctuating ecosystem. Helgol. Meeresunters., 30, 485-494.
- PAINE R.T., 1966 - Food web complexity and species diversity. Am. Nat., 100, 65-75.
- PAINE R.T., 1974 - Intertidal community structure. Experimental studies on the relationship between a dominant competitor and its principle predator. Oecologia (Berl.), 15, 93-120.
- PAINE R.T., 1984 - Ecological determinism in the competitor for space. Ecology, 65, 1339-1348.
- PAINE R.T. and S.A. LEVIN, 1981 - Intertidal landscapes: disturbance and the dynamics of pattern. Ecol. Monogr., 51, 145-178.
- PALUMBI S.R. and J.B.C. JACKSON, 1982 - Ecology of cryptic coral reef communities. II. Recovery from small disturbance events by encrusting Bryozoa: the influence of "host" species and lesion size. J. exp. mar. Biol. Ecol., 64, 103-115.
- PAUL J., 1971 - Long-time changes of a benthic community in a well aerated muddy bottom under quiet water conditions, Limski Canal, Rovinj. Thalassia jugosl., 7, 231.
- PEARSON T.H. and R. ROSENBERG, 1978 - Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. mar. biol. ann. Rev., 16, 229-311.
- PERES J.M., 1971 - Consideration sur la dynamique des communautés benthiques. Thalassia jugosl., 7, 247-277.
- PIMM S.L., 1984 - The complexity and stability of ecosystems. Nature (Lond.), 307, 321-326.
- PORTER J.W., J.F. BATTEY and G.J. SMITH, 1982 - Perturbation and change in coral reef communities. Proc. nat. Acad. Sci. U.S.A., 79, 1678.
- QUINN J.F. and A.E. DUNHAM, 1983 - On hypothesis testing in ecology and evolution. Am. Nat., 122, 602-617.
- RAHEL F.J., I.D. LYONS and A. COCHRAN, 1984 - Stochastic or deterministic regulation of assemblage structure? It may depend on how the assemblage is defined. Am. Nat., 124, 583-589.
- REICHELTE R.E. and R.H. BRADBURY, 1984 - Spatial patterns in coral reef benthos: multiscale analysis from three oceans. Mar. Ecol. Progr. Ser., 17, 251-258.
- REISE K., 1977 - Predation pressure and community structure. In: Biology of Benthic Organisms, Keegan B.F., P. O'Ceidigh et P.J.S. Boaden eds., Pergamon Press, Oxford, 513-519.
- RELINI G., 1974 - La colonizzazione dei substrati duri del mare. Mem. Biol. mar. Oceanogr., N.S., 4, 201-261.
- RELINI G. and M. SARA', 1971 - Seasonal fluctuations and successions in benthic communities on asbestos panels immersed in the Ligurian sea. Thalassia jugosl., 7, 313-320.
- ROUGHGARDEN J., 1983 - Competition and theory in community ecology. Am. Nat., 122, 583-601.
- RUMMEL J.D. and J. ROUGHGARDEN, 1983 - Some differences between invasion-structured and coevolution-structured competitive communities: a preliminary theoretical analysis. Oikos, 41, 477-486.

- RUSS G.R., 1980 - Effects of predation by fishes, competition and structural complexity of the substratum on the establishment of a marine epifaunal community. J. exp. mar. Biol. Ecol., 42, 55-69.
- RUSS G.R., 1982 - Overgrowth in a marine epifaunal community: competitive hierarchies and competitive networks. Oecologia (Berl.), 53, 12-19.
- SANDERS H.L., 1968 - Marine benthic diversity: a comparative study. Am. Nat., 102, 243-268.
- SANTOS S.L. and S.A. BLOOM, 1983 - Evaluation of succession in an estuarine macrobenthic soft-bottom community near Tampa, Florida (USA). Int. Rev. -Gesamten Hydrobiol., 68, 617-632.
- SARA' M., 1969 - Research on coralligenous formations: problems and perspectives. Pubbl. Stn. Zool. Napoli, 37 suppl., 124-134.
- SARA' M., 1970 - Competition and cooperation in sponge populations. Symp. Zool. Soc. London, 25, 273-284.
- SARA' M., 1977 - Lineamenti e prospettive delle ricerche sulle biocenosi bentoniche di fondo duro. In: Atti IX Congr. SIBM, Lacco Ameno d'Ischia, Cinelli F., E. Fresi et L. Mazzella ed., 103-118.
- SIMBERLOFF D., 1982 - The status of competition theory in ecology. Ann. Zool. Fenn., 19, 241-253.
- SOUSA W.P., 1979 - Experimental investigations of disturbance and ecological succession in a rocky intertidal algal community. Ecol. Monogr., 49, 227-254.
- STACHOWITSCH M., 1984 - Mass mortality in the Gulf of Trieste: the course of community destruction. Mar. Ecol. (Pubbl. Stn. Zool. Napoli), 5, 243-264.
- STANDING J.D., J.R. HOOPER and J.D. COSTLOW, 1984 - Inhibition and induction of barnacle settlement by natural products present in octocorals. J. Chem. Ecol., 10, 823-834.
- STENSETH N.C., 1983 - A coevolutionary theory for communities and food web configurations, Oikos, 41, 487-495.
- STENSETH N.C. and J. MAYNARD SMITH, 1984 - Coevolution in ecosystems: red queen evolution or stasis? Evolution, 38, 870-880.
- STRONG D. Jr., 1983 - Natural variability and the manifold mechanisms of ecological communities. Am. Nat., 122, 636-660.
- SUMMERSON H.C. and H.C. PETERSON, 1984 - Role of predation in organizing benthic communities of a temperate-zone seagrass bed. Mar. Ecol. Progr. Ser., 15, 63-77.
- SUTHERLAND J.P., 1974 - Multiple stable points in natural communities. Am. Nat., 108, 859-873.
- SUTHERLAND J.P., 1981 - The fouling community at Beaufort, North Carolina: a study in stability. Am. Nat., 118, 499-519.
- SUTHERLAND J.P. and R.H. KARLSON, 1977 - Development and stability of the fouling community at Beaufort, North Carolina. Ecol. Monogr., 47, 425-466.
- TURNER T., 1983 - Facilitation as a successional mechanism in a rocky intertidal community. Am. Nat., 121, 729-738.
- TURNER T., 1985 - Stability of rocky intertidal surfgrass beds: persistence, preemption and recovery. Ecology, 66, 83-92.
- UNDERWOOD A.J., 1980 - The effects of grazing by Gastropods and physical factors on the upper limits of distribution of intertidal macroalgae. Oecologia (Berl.), 46, 201-213.

- VALENTINE J.W., 1967 - The influence of climatic fluctuations on species diversity within the Tethyan provincial system. In: Aspects of Tethyan Biogeography, Adams C.G. and D.V. Ager eds., Syst. Assoc. Publ. 7, London, 153-166.
- VAN BLARICOM G.R., 1982 - Experimental analyses of structural regulation in a marine sand community exposed to oceanic swell. Ecol. Monogr., 52, 283-305.
- VERMEIJ G., 1982 - Unsuccessful predation and evolution. Am. Nat., 120, 701-720.
- WALKER T.D. and J.W. VALENTINE, 1984 - Equilibrium models of evolutionary species diversity and the number of empty niches. Am. Nat., 124, 887-899.
- WELLINGTON G.M., 1982 - Depth zonation of corals in the Gulf of Panama: control and facilitation by resident reef fishes. Ecol. Monogr., 52, 223-241.
- WHITLATSCH R.B. and R.N. ZAJAC, 1985 - Biotic interactions among estuarine infaunal opportunistic species. Mar. Ecol. Progr. Ser., 21, 299-311.
- WILSON W.H. Jr., 1983 - The role of density dependence in a marine infaunal community. Ecology, 64, 295-306.
- WOODIN S.A. and J.B.C. JACKSON, 1979 - Interphyletic competition between marine benthos. Am. Zool., 19, 1029-1043.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	31-42	1985

THE STRUCTURE AND DYNAMICS OF MARINE BENTHIC COMMUNITIES

R.M. Warwick

NERC Institute for Marine Environmental Research, Prospect Place, The Hoe, Plymouth PL1 3DH, U.K.

INTRODUCTION

Clearly a comprehensive review of the above topic would fill several books the size of this symposium volume, so of necessity this account will be selective. The basis of this selection reflects my own research interests and activities, which I hope will illustrate some developing lines of research in benthic community ecology which I personally regard as both important and exciting. It would be arrogant of me to imply that my own rather specialised field of research is the most significant for the advancement of the broader discipline, and I am sure that if another benthic ecologist had been invited to give this paper, the result would have been completely different.

There is no doubt that our knowledge of the ecology of pelagic communities is more advanced than our knowledge of benthic ones. This is partly due to the impetus of fisheries biologists in the theoretical modelling of population dynamics, but also to some extent on the possibility of automated sample collection and data handling: the current "bucket and spade" image of the benthic ecologist is unfashionable and unattractive to the more theoretically inclined modern young ecologist who cannot be bothered with the laborious and arduous tasks of sample collection, extraction and sorting. As a consequence, there is a tendency for us to accept all too readily the concepts derived from studies of pelagic systems, for example the factors controlling community structure, rather than looking for the special features of the benthos. For this reason, I want to focus on the contrast between the way in which benthic and pelagic communities are organised, emphasising three main points which are to some degree interrelated: firstly, because of the overwhelming importance of surfaces or substrates in controlling benthic community structure and functioning, we would do well to abandon any expectation of similarity with pelagic systems although comparisons with them may be instructive; secondly it is important to consider benthic communities as integrated units covering a very wide size spectrum of organisms which are interacting with each other; thirdly it is also important to consider the functional attributes of the component species when interpreting patterns of community structure. I hope to show that the threads which link these three topics are the profound ecological and evolutionary constraints on body size.

IMPORTANCE OF SURFACES

One very important effect of surfaces is on the size-distribution

of organisms present in benthic communities. In pelagic communities where there are no constraints of surfaces, the size spectrum of organisms is characterised by similar biomass in all logarithmic size-classes (Sheldon *et al.*, 1972), which has been explained in terms of size-dependent models of metabolism and predation (Kerr, 1974; Silvert & Platt, 1978). Indeed, predation in its broadest sense (i.e. including grazing on phytoplankton) appears to be the major structuring force for pelagic communities. Schwinghamer (1981) found that benthic communities consistently differed from this spectrum of biomass in a uniform manner, with three biomass peaks corresponding with bacteria, interstitial meiofauna and macrofauna respectively, and troughs between them. Organisms perceive sedimentary environment on three principal scales: they may either colonise the particle surfaces, inhabit the interstices between the particles or regard the sediment as effectively "non-particulate", living on its surface or burrowing within it. Troughs in the spectrum represent discontinuities between these lifestyles. It is strange that Schwinghamer's findings were greeted with a degree of scepticism among some marine biologists: they did not conform to the conventional wisdom derived from planktonic communities, therefore there must have been some methodological error! Actually, his findings could have been anticipated from first principles.

The physical complexity of the habitat at different scales of magnification is clearly of fundamental importance in determining benthic community structure both in soft sediments and on hard bottoms, but until very recently it has not been possible to establish any formal relationship between this and the numbers and sizes of animal species present. These attributes of community structure have only been loosely related to concepts of "habitat complexity" or "environmental grain". The study of "fractals" as a new mathematical discipline (Mandelbrot, 1983) has opened up a number of very fruitful possibilities in this direction. Mandelbrot (1967) in an already classic paper, used as an example the coastline of Britain. Measuring its length by stepping round with dividers gives a successively longer total length as the step-length used becomes successively shorter. If the log of the step-length is plotted against the log of the total length measured a straight line of negative slope results: the slope is $1-D$, D being the "fractal dimension" of the coastline. This would obviously be a useful measure of habitat complexity at different scales and the application of this concept should be of fundamental importance in benthic systems which are so greatly influenced by the nature of surfaces. Terrestrial ecologists have already made a start. Morse *et al.* (1985) investigated the relationship between the fractal dimensions of vegetation and the distribution of arthropod (mainly insect) body sizes. This study, however, raised a number of problems and left a number of unanswered questions. Firstly, animals respond to the complexity of surfaces rather than perimeters, and the mathematical difficulties of measuring the fractal dimensions of a surface are challenging (but not insuperable). Secondly, it remains to be seen whether observed differences in the size distribution of animals can be explained by differences in the fractal dimensions of the surfaces

and the biology of the associated animals. Thirdly, "theoretical and empirical links between patterns in the number of species and number of individuals of different body lengths constitute an important unsolved problem". I hope that benthic ecologists will not be slow to take up these questions: many benthic systems would be ideal for such studies and, not only is this concept of fundamental importance to our understanding of benthic community structure and functioning, but this is a field where benthic ecologists could make a real contribution to more general ecological theory.

The Sheldon spectrum is based on the size distribution of all organisms regardless of their taxonomic identity or developmental stage. Community ecologists are, however, more concerned with how the relative abundances of individual species within the community are determined. Recently (Warwick, 1984) I examined the number of benthic metazoan species of different body size which are found to co-exist in a variety of shallow water sediments. This investigation was inspired by the observation of Hutchinson (1959) that "... small size, by permitting animals to become specialised to the conditions offered by small diversified elements of the environmental mosaic, clearly makes possible a degree of diversity quite unknown among groups of larger organisms". My expectations were only partially fulfilled. Over limited sections of the size spectrum there were indeed more small species than large ones, as indicated by a lognormal distribution. However, in all cases there were two separate lognormals corresponding to the traditional size categories of meiofauna and macrofauna, with a trough of very few species between them. At certain of the sites there were large numbers of individuals in the trough region, and the positions of the peaks and trough were invariant to the nature of the sediment (fine or coarse grained). For these reasons I felt unable to accept that this pattern arose from the ecological constraints of sediment granulometry which were invoked to account for the benthic Sheldon spectrum. Instead I pointed to the very different life-history and feeding characteristics of meiofauna and macrofauna, which switch rather abruptly in the trough region of the size spectrum. I suggested that there is a particular body size at which meiofaunal life-history and feeding traits can be optimized, and another for macrofaunal traits. As size departs in either direction from these optima, fewer species of the same size are able to coexist. This implies that meiofauna and macrofauna comprise two separate levels of organization which form evolutionary units each with an internally coherent set of biological characteristics but with rather few shared characteristics.

An intriguing aspect of these species size distributions was that both the meiofauna and macro-infauna occupy about the same number of X^2 geometric size-classes, roughly 12 in all the communities I studied (although the macrobenthos curves include some large epibenthic invertebrate predators at the right hand end, which extend this scale a little). Subsequently I have attempted to expand these observations in both directions (larger and smaller) on the size spectrum, although these results are as yet not very comprehensive. At one of my sites, a sand-flat in the Exe estuary, I have estimated the species body weight

distribution of the interstitial ciliates, and at another, a sublittoral sand station in Carmarthern Bay, I have estimated this distribution for the demersal fish which prey on the benthos (Fig. 1).

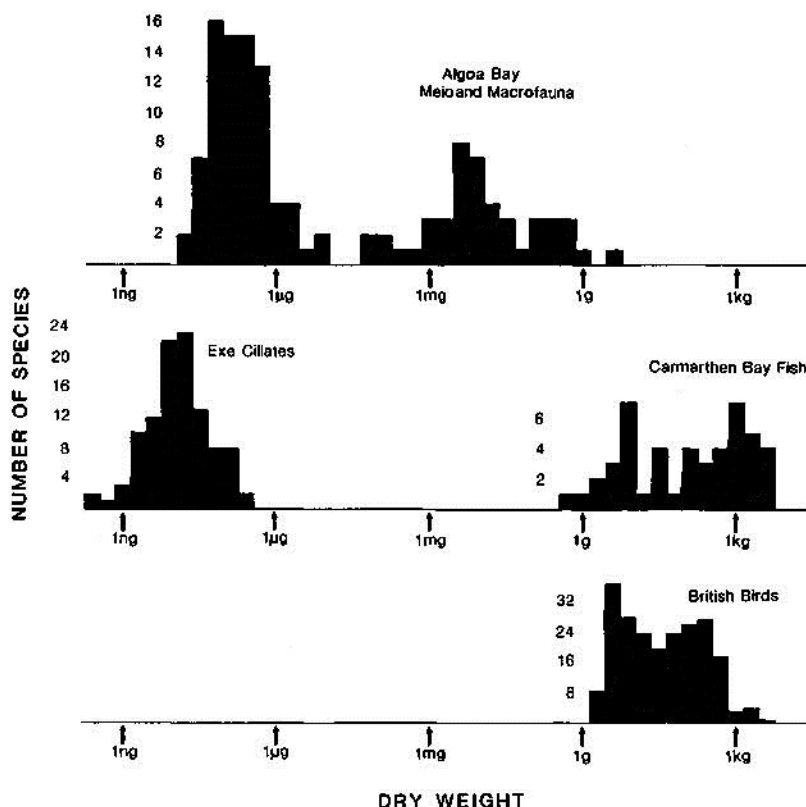


Fig. 1 - Species size (dry weight) frequency histograms on a x2 geometric scale. Meiofauna and macrofauna from Warwick (1984), data on ciliates derived from H.E. Skilton (unpublished report), on fish from J.M. Gee (pers. comm.) and on birds from Hickling (1983).

Again these distributions were found to occupy about the same number of weight classes as the meio- and macrobenthos. So, this size range would appear to be a general rule for various levels of organization within the benthos. Neither does this state of affairs appear to be unique to benthic communities: for example the weight distribution of birds of the British Isles (derived from Hickling, 1983) again spans

12 X 2 geometric weight classes (Fig. 1). These distributions are not always unimodal lognormals, for reasons which I will come on to later: they appear to be so for ciliates, but not for fish and birds. I have no idea why there should be such uniformity in the size ranges of such diverse groups of animals, and would welcome any speculations readers might have. I do not believe that it is an artefact of the human conception of a "level of organization", since for the benthic invertebrates the separate distributions for meio- and macrofauna were derived objectively from an analysis of the entire fauna, and only subsequently were the two levels of organization defined.

But what have species size distributions to do with surfaces? It is because the benthic infauna are relatively immobile and confined to the substrate that many of the differences between meiofaunal and macrofaunal life-history traits arise, and why the mechanisms for maintaining species diversity are different from those of pelagic communities. The problems of dispersal are perhaps paramount: benthic organisms must either be large enough to produce large numbers of planktonic larvae, accepting a high larval mortality, or small enough to be dispersed as adults in which case the more conservative strategy of direct benthic development is possible. There is little room for compromise. Also, resource partitioning by vertical spatial segregation on a relatively fine scale is possible within sediments but not in pelagic communities where vertical mixing nearly always occurs.

In the absence of the constraints of surfaces one might reasonably expect a single lognormal distribution of species body sizes in pelagic communities. Recently, Warwick *et al.* (submitted) have shown that this is more or less the situation, although there are far fewer pelagic than benthic species so that it is not possible to fit a theoretical distribution to the species size frequency data. Intriguingly, the centre of the pelagic species size distribution corresponds exactly with the benthic trough between the meiofauna and macrofauna. This we cited as evidence for interaction between the benthic and pelagic systems, but we can only speculate on the exact nature of this interaction.

INTERACTIONS BETWEEN SIZE CLASSES OF BENTHOS

Whilst I have argued that meiofauna and macrofauna comprise separate units in the evolutionary sense, that is they are subjected to different sets of selection pressures, this obviously does not preclude ecological interactions between them. Probert (1984), in a comprehensive and thought-provoking review, has highlighted the potential of such interactions, but much work needs to be done to substantiate some of the hypotheses. Traditionally benthic ecologists have chosen to work exclusively either on meiofauna or macrofauna so that possible interactions are not identified and erroneous interpretations of patterns of community structure or functioning may result. There is a real need for more comprehensive studies.

The potential effects of the macrofauna on the meiofauna are fairly

obvious. Many macrobenthic deposit feeders ingest meiofauna, so that in benthic communities which have a high density of macrofaunal deposit feeders one might expect heavy predation relative to those communities which are predominated by suspension feeders or have a generally low macrofaunal density. This has important implications for meiofaunal community structure. Probert (1984) went further, and hypothesised that this should influence the functional attributes of the meiofaunal community: the meiofauna associated with predominantly deposit-feeding macrobenthic communities would need to have high turnover rates because of high predation, whereas those in predominantly suspension-feeding macrobenthic communities (or areas of generally low macrofaunal density) might have slower turnover rates. Some recent research we have been doing suggests that these hypotheses might be correct.

In the Tamar estuary a site at Neal Point, with a very low density of macrofauna, is characterized by low meiofaunal species diversity in comparison even with a station at Clifton where the salinity is much lower but where there is a very high biomass of deposit feeding macrofauna, notably the bivalve *Scrobicularia plana* (Warwick & Gee, 1984). At Neal point X-radiographs of sediment cores have revealed a distinct banding of sedimentary layers which is associated with the absence of bioturbation, and there is a marked fine-scale vertical stratification of meiofaunal species. We invoked the dynamic equilibrium hypothesis of Huston (1979) to account for the differences in diversity: the absence of predation and disturbance by macrofauna at Neal Point results in a high meiofaunal density, competitive exclusion of species, and a lowered species diversity compared with sites where the abundance of macrofaunal deposit feeders is high. If we know nothing about the macrofauna the results would have seemed very anomalous, since they contradict the traditional expectation of lowered diversity in lower salinity regions. Interestingly enough, the meiofauna at Neal Point was dominated by nematodes with low respiration rates, and by inference low rates of turnover (Humphries, 1979), and that at Clifton by nematodes with high rates of respiration and turnover, exactly as Probert predicted (although we did not relate our observations to this prediction as both papers were in press simultaneously).

To test whether the activity of deposit feeders could indeed be responsible for these differences in meiofaunal diversity profiles and functional attributes, we transplanted *Scrobicularia plana*, in densities comparable to those at Clifton, to caged experimental plots at Neal Point. Meiofaunal community structure has been monitored and compared to control enclosures into which no *Scrobicularia* had been introduced. The predictions of both Huston's and Probert's hypotheses were substantiated. After just one month, in the experimental enclosures there was a marked reduction in meiofaunal density and an increase in diversity as indicated by the lowered K-dominance curve (see Lambshead et al., 1983) relative to the controls (Fig. 2). These changes were largely due to a marked reduction in two nematode species with a low respiration rate, *Terschellingia longicaudata* and *T. communis* and to a lesser degree an increase in species with faster

respiration rates (Daptonema setosa and Ptycholaimellus ponticus).

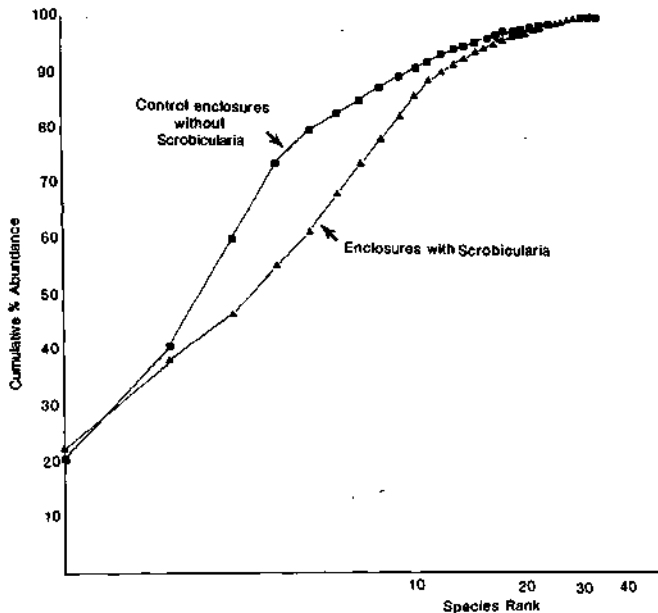


Fig. 2 - K-dominance curves for meiofauna in enclosures to which the bivalve mollusc Scrobicularia plana had been added, compared with controls.

Clearly such mechanisms could result in a mosaic of differently structure associations of meiofaunal species on the sea-floor which would be dependent on the spacing of major sedentary deposit feeding macrobenthic animals, particularly in hydrodynamically stable sediments of deeper water. To investigate this possibility we sampled a transect across the prominent faecal mounds of the Terrellid polychaete Streblosoma bairdi, which was established in laboratory mesocosms of sublittoral mud (Warwick et al., 1986). We found that the abundance of meiofauna was highest in the mounds, the faecal pellets with their associated bacteria providing a rich food source for bacterivorous meiofauna species, but was very reduced in the feeding area and with intermediate densities in unaffected areas. Species diversity was highest in the feeding area, as we might have predicted from the Tamar study, and lower in the mounds and unaffected areas. Differences in the trophic structure of the dominant nematode component of the meiofauna led us to the view that diversity profiles were not only

influenced by direct predation and disturbance by the deposit feeder, but also indirectly by the influence of the deposit feeder on the nature of the primary food resources (bacteria, diatoms etc.) available to the meiofauna. H. Rumohr and J.A. Berge (pers. comm.) have studied the foraging behaviour of the errant polychaete *Ophiodromus flexuosus* in the mesocosm boxes using time-lapse photography. This species is a predator of meiofauna and spends much more time foraging on the faecal mounds of *Streblosoma* where meiofaunal densities are highest than it does between the mounds. Positive correlations between the occurrence of these two species are therefore determined by a complex interaction involving both the microbiology and the meiofauna: such an interaction would, of course, be impossible to explain if only one component of the system were being studied.

As I said earlier, the potential influence of the macrofauna on the meiofauna is intuitively obvious, but what about the reverse interaction? Probert (1984) pointed to the possibility that, after an event which causes sediment disturbance and defaunation, meiofauna are likely to be the first to recolonize. Many species produce large amounts of mucus, which will result in mucous-binding of the sediment which would provide the stable sedimentary conditions favouring the settlement of suspension feeding macrofauna, which would otherwise be precluded by the presence of bioturbating macrofaunal deposit feeders. This "attraction" of suspension feeding larvae would in turn be advantageous to the meiofauna since the latter are likely to be subjected to less predation by suspension feeding than deposit feeding macrofauna.

Thus, for a complete understanding of the system one really needs to encompass the entire community (macrofauna, meiofauna and microfauna), not to mention the epibenthic predators of the macrofauna! A council of perfection, perhaps, but something benthic ecologists should be working towards.

In this discussion I have focused on interactions between meiofauna and macrofauna, and the importance of predation, competition and sediment modification. These mechanisms have been relatively well studied as structuring forces, both for benthic and other communities. However, there are two other classes of interaction whose potential importance has been largely overlooked. Firstly, "gardening" of microorganisms is potentially important in determining community structure, particularly for smaller benthic animals which partition food resources on the basis of size, shape and quality of individual food particles. At least some meiofaunal species are known to be able to create monospecific gardens of their preferred food microorganisms, which would enable them to utilize relatively rare food species efficiently and contribute to a more equitable partitioning of food resources, and hence a higher species diversity (Warwick, 1981). It is difficult to imagine such a mechanism operating in pelagic communities. Secondly, commensal relationships of various kinds will also enhance diversity. These have been studied to some extent for the macrofauna: Josephson (1981) for example recognized twelve possible commensal relationships

in a benthic community in the Skagerrak. The study of Reise (1984) on the relationships between turbellarian species and the burrows of *Arenicola* suggest that such relationships may be even more commonplace between meiofauna and macrofauna, and this is a field ripe for investigation. Although commensal relationships undoubtedly occur in pelagic systems, for example between hyperiid amphipods and medusae, it seems that they are not nearly so commonplace.

RELATION BETWEEN COMMUNITY STRUCTURE AND FUNCTION

Recently (Warwick, 1982) I expressed some concern regarding the fact that students of community structure frequently use abundance as the only criterion by which the "importance" of a species within a community is measured. Community structure can only be a reflection of the way the community is functioning, and the functional importance of a species depends not only on its numbers but also on its size, its activity and its behaviour. Energy-flow ecologists dealing with whole trophic levels have recognized the obvious differences in pyramids of numbers, biomass and energy for many years, whilst community ecologists working at the level of individual species populations are still hoping for interpretable patterns in terms of numbers only! In the above mentioned paper I examined how the total energy flow through communities of both macro- and meiobenthos was apportioned among species. Within a particular trophic group I found this distribution to be lognormal: this is to be expected both on theoretical grounds and from the fact that resources, such as wealth among the population of the United States, are generally found to be so distributed because of multiplicative processes whereby "the rich grow richer" (May, 1975). However, I found that in trophically mixed communities differences in the "scope for diversification" within trophic groups resulted in a departure from the lognormal partitioning of energy flow through the community as a whole. Such an interpretation could not have been deduced from a consideration of numbers, since the most important species in terms of energy flow were not necessarily the numerical dominants. Of course, the analysis of community structure in terms of energy flow through its component species involves an extremely laborious data gathering exercise, but one which I believe is necessary if we are to be able to interpret observed structural patterns. A better insight might be gained by the use of biomass data rather than numbers, but of course the energy flow through a large polychaete weighing one gram is much less than through five million nematodes making up the same weight. Perhaps a better approximate measure of "importance" in energetic terms would be numbers $\times$ mean metabolic body size ($\text{weight}^{.75}$), although this would imply that a single regression of metabolism against body size was valid over the whole size range of animals, which is clearly an over-simplification (Banse, 1982).

The relative importance of a species within a community cannot only be measured in terms of the amount of energy it is able to capture, which in equilibrium communities is a measure of its competitive ability and in successional communities of its intrinsic rate of increase. Other important functional attributes related to a species feeding behaviour, and which may profoundly affect other animals in

the community, are predation and sediment modification, the latter involving both habitat complexity and bioturbation. Much has been written on these topics, and it is not possible for me to review them here. However, I would like to deal briefly with one concept which I think is potentially important but has been largely overlooked by soft-bottom ecologists, that of "keynote species". Rocky shore ecologists have recognized for some time that certain species, which are not necessarily numerically abundant, may have a dominant influence in controlling the structure and functioning of the community in which it lives. On rocky shores these species are usually predators, but on soft bottoms they could also be macrofaunal species which have a significant affect on habitat complexity or sediment stability. Streblosoma bairdi in the Norwegian mesocosms which I have discussed above is a case in point, since its presence has a controlling influence over many aspect of the ecology of the community, including microbes, meiofauna and other macrofauna. Arenicola marina in intertidal sand flats is another obvious example: this species has a profound affect on habitat complexity, creating a variety of chemical and biological microenvironments which, for example, results in an extraordinary high diversity of turbellarians (Reise, 1984). Temporal changes in community structure could well be related to changes in abundance of a single keynote species. Such an explanation has very recently been invoked to explain long term changes in the benthic fauna of the coast of Northumberland, England (Buchanan & Moore, 1986), which had hitherto been difficult to interpret. In this case the changes seem to be related to fluctuations in the abundance of the opheliid polychaete Ophelina acuminata (formerly Ammotrypane aulogaster). Similar changes in community structure related to the presence of the enteropneust Schizocardium sp. have been found in Corpus Christi Bay, Texas (Flint & Kalke, 1986). Unfortunately, so little is known about the complex interactions between species in benthic communities that it is extremely difficult to draw such conclusions. I can only close this essay by reiterating the words of Gray (1981), with which I heartily concur: "benthic ecologists have done enough theorising for the time being and now more concrete data of the natural-history type are needed before any material advances in our understanding of factors controlling the structure of benthic communities can be made".

ACKNOWLEDGEMENTS

I am very grateful to Professor Colombo and his colleagues for their generous hospitality at this very stimulating meeting, and for giving me the opportunity of visiting the beautiful city of Ferrara.

BIBLIOGRAPHY

BANSE K., 1982 - Mass-scaled rates of respiration and intrinsic growth in very small invertebrates. Mar. Ecol. Prog. Ser., 9, 281-297.

- BUCHANAN J.B. and J. MORE, 1986 - A broad review of variability and persistence in the Northumberland benthic fauna. J. mar. biol. Ass. U.K., 66, 641-657.
- FLINT R.W. and R.D. KALKE, 1986 - Biological enhancement of estuarine benthic community structure. Mar. Ecol. Prog. Ser., 31, 23-33.
- GRAY J.S., 1981 - The ecology of marine sediments. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- HICKLING R. (ed.), 1983 - Enjoying ornithology. T. and A.D. Poyser, Calton, England.
- HUMPHRIES W.F., 1979 - Production and respiration in animal populations. J. anim. Ecol., 48, 427-453.
- HUSTON M., 1979 - A general hypothesis of species diversity. Am. Nat., 113, 81-101.
- HUTCHINSON G.E., 1959 - Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals. Am Nat., 93, 145-159.
- JOSEPHSON A.B., 1981 - Persistence and structure of two deep macrobenthic communities in the Skagerrak (west coast of Sweden). J. exp. mar Biol. Ecol., 50, 63-97.
- KERR S.R., 1974 - Theory of size distribution in ecological communities. J. Fish. Res. Bd. Can., 31, 1859-1862.
- LAMBSHEAD P.J.D., H.M. PLATT and K.M. SHAW, 1983 - The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. J. nat. Hist., 17, 859-874.
- MANDELBROT B.B., 1967 - How long is the coastline of Britain? Science, 156, 636-638.
- MANDELBROT B.B., 1983 - The fractal geometry of nature. Freeman, New York.
- MAY R.M., 1975 - Patterns of species abundance and diversity. In: Ecology and evolution of communities, Cody M.L. and J.M. Diamond eds., Belknap, Cambridge, Mass., 81-120.
- MORSE D.R., J.H. LAWTON, M.M. DODSON and M.H. WILLIAMSON, 1985 - Fractal dimension of vegetation and the distribution of arthropod body lengths. Nature, 314, 731-733.
- PROBERT P.K., 1984 - Disturbance, sediment stability, and trophic structure of soft-bottom communities. J. mar. Res., 42, 893-921.
- REISE K., 1984 - Free-living Platyhelminthes (Turbellaria) of a marine sand flat: an ecological study. Microfauna Marina, 1, 1-62.
- SCHWINGHAMER P., 1981 - Characteristic size distributions of integral benthic communities. Can. J. Fish. aquat. Sci., 38, 1255-1263.
- SHELDON R.W., A. PRAKASH and W.H. SUTCLIFFE, 1972 - The size distribution of particles in the ocean. Limnol. Oceanogr., 17, 327-340.
- SILVER W. and T. PLATT, 1978 - Energy flux in the pelagic ecosystem: a time-dependent equation. Limnol. Oceanogr., 23, 813-816.
- WARWICK R.M., 1981 - Survival strategies of meiofauna. In: Feeding and survival strategies of estuarine organisms, Jones N.V. and W.J. Wolff ed., Plenum, New York, 39-52.
- WARWICK R.M., 1982 - The partitioning of secondary production among species in benthic communities. Neth J. sea Res., 16, 1-16.
- WARWICK R.M., 1984 - Species size distributions in marine benthic communities. Oecologia (Berl.), 61, 32-41.

- WARWICK R.M., N.R. COLLINS, J.M. GEE and C.L. GEORGE, (submitted) - Benthic and pelagic size distributions: evidence for interaction?
- WARWICK R.M. and J.M. GEE, 1984 - Community structure of estuarine meiobenthos. Mar. Ecol. Prog. Ser., 18, 97-111.
- WARWICK R.M., J.M. GEE, J.A. BERGE and W. AMBROSE J.R., 1986 - Effects of the feeding activity of the polychaete Streblosoma bairdi (Malmgren) on meiofaunal abundance and community structure. Sarsia, 71, 11-16.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	43-62	1985

DYNAMICS AND ORGANIZATION OF FISH COMMUNITIES

E. Macpherson

Instituto de Investigaciones Pesqueras
Paseo Nacional s/n, 08003 Barcelona, Spain

INTRODUCTION

One of the main problem areas in ecology concerns determination of the factors regulating the number and abundance of species in a community (e.g., Margalef, 1974; Connell, 1978; Seifert, 1984) in order to ascertain whether these processes are dependent upon predictable or unpredictable mechanisms or a combination of the two.

The dynamics and structure of fish communities, the result of ontogenic changes taking place during each species' life history, differentiate them from other groups of organisms (Helfman, 1978; Liem, 1984). Such changes are even more striking if the larval stage is considered.

From a practical standpoint it is useful to divide a fish's life into larval and adult stages, since larvae generally occupy a very different niche during the fish's life span. The number of recruits joining the adult community will depend on what happens during this stage, which is thus of basic importance in any community structure (Sale, 1982, 1984). The dynamics of larvae, moreover, is much more intense than that of adults, since they remain in the system for only a few months, subsequently becoming part of an adult stage whose structure is, *a priori*, more persistent.

Fishes in general change their diet and habitat with size, hence it can be argued that fish species occupy several niches or subniches simultaneously.

Ontogenic changes and sequential occupation of a series of subniches by each species (Margalef, 1978; Macpherson, 1981) means that the impact of the factors affecting community structure (competition, predation, etc.) may vary substantially at each stage.

For this reason analyses of community organization must consider each stage separately, together with the qualitative and quantitative effects of each of the mechanisms operating on it. Ignorance of these aspects has made a large number of studies of community structure and dynamics incomplete, in all too many cases leading to incorrect forecasts of the system's ability to withstand exploitation by man.

The purpose of the present study is to analyze the larval and adult stages separately, the latter being divided into benthic and pelagic communities. While this is obviously an oversimplification, particularly in relation to adult communities, the mechanisms operating in each case may be clearly differentiated, since the ecosystems inhabited by each are normally quite different.

Particular attention will be paid to those mechanisms affecting the community structure which have traditionally been considered to be most important, i.e., competition and predation (e.g., Connell, 1983; Schoener, 1983).

LARVAL COMMUNITIES

The popularity of work dealing with interspecies competition and coexistence notwithstanding, studies on the interrelationships among larvae are scarce. Most of those that do exist suggest that competition is absent and that mechanisms tending to promote coexistence exist. Duka (1969) found that vertical distribution and diet separate several Mediterranean species. Keast (1980) found that the appearance of larvae in six Lake Opinicon species was sequential, as was resource utilization. This differentiation and progressive dispersal of juveniles throughout the area tended to minimize opportunities for competition. Other authors like Robb and Hislop (1980) found quite distinct diets for five gadid species in the North Sea, and Loeb et al. (1983) reported that maximum abundance of 27 species taken in the same area off the California coast took place in different seasons and that the species dwelled at different levels in the water column, thereby reducing direct interactions.

This low level of interrelationships is in agreement with the type of habitat, in which organisms with a rapid reproduction rate predominate and fluctuations are large (Margalef, 1981).

Predation is an important factor in determining the structure of larval communities (Hunter, 1981). A large number of organisms (Coelenterates, crustaceans, etc.) prey on eggs as well as on larvae and fry.

The jellyfish *Aurelia aurita* eats large amounts of herring larvae, decreases in the larval population coinciding with increasing numbers of jellyfish. These predators eat between 2 and 5 % of the total number of larvae daily (Moller, 1980, 1984). Certain siphonophores feed primarily on larvae (Purcell, 1981a), and some like *Rhizophysa eysenhardti* eat nine larvae per day per individual (Purcell, 1981b).

Fish are another important predator of eggs and larvae. Santander et al. (1983) showed that both cannibalism and predation by sardine have a high impact on larval mortality in anchoveta off Peru, with an average of 5.5 eggs/day consumed by anchoveta and 16.4 by sardine. These values are higher for California anchovy (Hunter and Kimbrell, 1980). Magnuson and Crowder (1983) suggested that predation by *Alosa pseudoharengus* on the eggs and larvae of different planktonic fishes might be the cause of numerous fluctuations in year-class strength. In that system, those species whose larvae dwell in predator-free environments, like *A. pseudoharengus*, whose eggs are located in the littoral zone outside the reach of predators, and *Nitropis hudsonis*, whose eggs are benthic, do not undergo large fluctuations in abundance.

Certain mechanisms, however, as in the above case, tend to offset the effect of predation. Alvarino (1980) showed that there was a negative correlation between predator abundance and anchovy larval abundance. Moreover, anchovy larval abundance was correlated with that of zooplanktonic species that were potential prey of both anchovy larvae and anchovy adults.

In addition to predation, mortality from fluctuations in food

availability is probably one of the most important factors regulating larval community structure.

In a series of studies on this feature, Lasker (1975, 1981) found that a minimum food concentration associated with stable oceanic conditions was required to ensure the feeding threshold. Such factors as wind speed, upwelling rate, etc. affect food distribution and consequently year class success. Bailey (1981) found a high negative correlation between the offshore Ekman Transport and Merluccius productus year class survival. Carscaden (1983) reported that when the flow of warm water (richer in prey) increases, so does the year class of Mallotus villosus in the Atlantic. Such success may also be due to an absence of predators, which tend to be cold-water dwellers, since in the presence of predators the number of recruits.

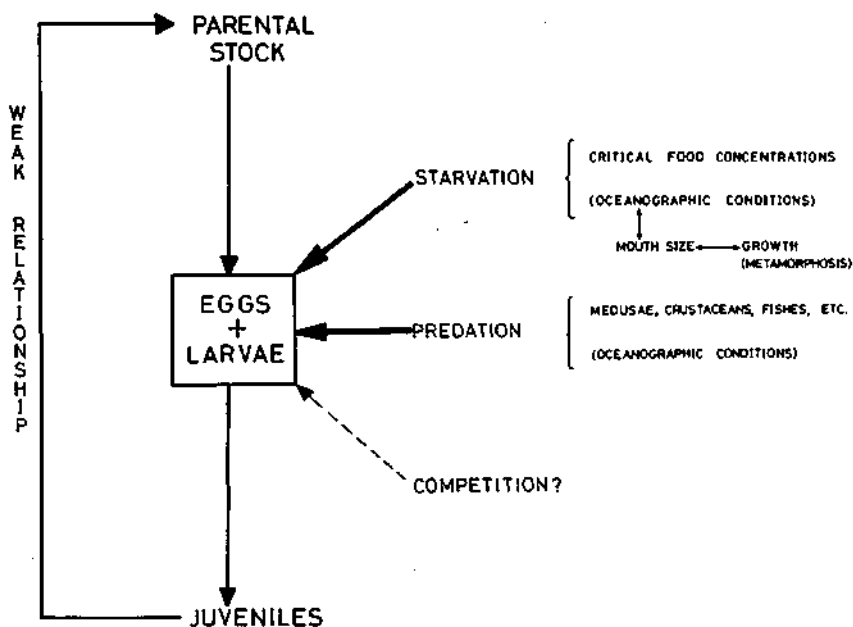


Fig. 1 - The main factors regulating the structure of a larval community. Predation is perhaps one of the most important, though starvation may also be a regulatory mechanism for certain species. Mouth size is to a large extent related to the growth rate and hence to the likelihood of survival. Competition is probably the least important factor. These mechanisms mean that the structure is primarily regulated by stochastic factors, and consequently the parent stock-juvenile relationship is very weak.

The need for a prey density threshold is also associated with the morphological development of the larvae. Hunter (1981) found a direct relationship between prey size and mouth size. Growth tends to be slower in small-mouthed species, which also take longer to complete metamorphosis (e.g., Arthur, 1976; Theilacker and Dorsey, 1980). In the first year of life, anchovy, for instance, increase 42-fold in size, whereas big-eye tuna increase some 370-fold (Kawai and Isibasi, 1983). Such rapid growth affords the advantage of making individuals less vulnerable to predators (Bailey, 1984).

While there is no clearly defined pattern, many wide-mouthed species, Myctophidae, Gonostomatidae, etc. (Mooser, 1981) are usually found in waters farther offshore, whereas a higher proportion of small-mouthed species frequents shelf waters. Although the total biomass of phyto- and zooplankton is lower in offshore areas than in inshore areas, the chlorophyll maximum still contains substantial concentrations of copepods and other organisms potentially preyed upon by larvae (Alcaraz, 1985; Estrada, 1985). It should not be overlooked that narrow but rich layers of phyto- and zooplankton (at times 69 % of the total zooplankton biomass was concentrated in a layer 10 m thick) can be found offshore. In such areas the size of potential prey is larger, making them at one and the same time more readily detectable and more nutritious, which helps offset the negative effects of possible fluctuations in abundance and availability of prey in these waters. As pointed out by Coombs et al. (1983), more detailed study of the distribution of both prey and larvae-containing layers might furnish more complete information on larval population structure and dynamics.

Some large-mouthed species whose larvae dwell over the shelf (e.g., Merluccius productus) tend to feed on a wide range of prey items, preferably large ones. This species' spawning seasons is short, which restricts the size mix in the area and hence reduces the impact of cannibalism (Sumida and Moser, 1980). Other species, e.g., Urophycis tenuis and Scomber japonicus, have short spawning seasons and undergo faster growth than species that spawn serial cohorts, like Mallotus villosus and Clupea harengus (Lambert and Ware, 1984). Sherman et al. (1984) also pointed out that redfish, haddock, and cod spawn during short periods when prey concentration is at its highest, whereas other species, like the sand eel, spawn over longer periods, particularly when conditions are favourable.

Most Elasmobranchians and Holocephalans use a quite different strategy from those discussed above. Such species usually have a low reproduction rate, with the eggs highly protected so that predation has only a slight effect. Larval development is also protected, and consequently the number of eggs and recruits is closely related to the spawning stock. Other species belonging to various families of teleost (Gobiidae, Gasterosteidae, Ariidae, Ictularidae, Cichlidae, etc.) protect their eggs and young for a varying length of time, depending on the species (Keensleyside, 1979), and as a result spawning stock abundance has a direct influence on the number of new recruits entering the community and hence on its initial structure.

Once the larval stage is past, recruitment of juveniles obviously plays a crucial role in determining the subsequent structure of the

community, and it is subject to the influence of a large number of factors which vary according to the species.

Species dealing with the factors regulating recruitment are more numerous for coral reef communities than for other communities. Schulman (1984) found that the level of recruitment for several species dwelling in the waters of the Virgin Islands was affected by the nature and number of shelters in the area and that this was a limiting factor. Victor (1983) indicated for *Thalassoma bifasciatum* that recruitment took place over a short span of time, despite the fact that its spawning period was rather long. Neither space nor other resources affected the level of recruitment. The density of adults does not seem to influence various *Pamacentrus* and proximal species, even when juveniles and adults intermingle (Doherty, 1982; Jones, 1984a). Other authors (Talbot et al., 1978; Bohnsack, 1983; Schulman et al., 1983) reported better recruitment when adults were not present, which would seem to be an affect of competition. Such competitive interaction between juveniles and adults are in principle less important in pelagic habitats and in bottom habitats inhabited by non-territorial species or where resources are not limiting.

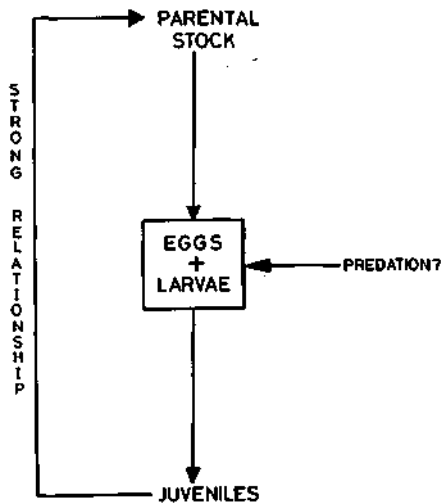


Fig. 2 - In certain groups (Elasmobranchians, Holocephalans, etc.), eggs and juveniles are well-protected and are unaffected by predation (very weak) or competition, and as a result the parent stock-juvenile relationship is quite strong.

However, predation by adults on juveniles does have an appreciable impact in certain assemblages. While in many species juveniles in the

youngest year classes often form a group, with hardly any overlap between them and older year classes (Helfman, 1978; Werner, 1984), in certain areas such overlap does occur and results in significant mortality. Macpherson (1980) found a high level of cannibalism in Merluccius capensis off the coast of Namibia, accounting for between 30 and 70 % of the total mortality (Leonart et al., 1985). Such cannibalism coincided with areas of low diversity. Where diversity is greater, the level of cannibalism is considerably lower, even when the distributions of juveniles and adults overlap.

In the western Mediterranean, recruits of some species (Micromesistius poutassou, Phycis blennoides, Merluccius merluccius, etc.) are subjected to a certain level of predation by other species (including cannibalism), but the effect of such predation is slight, since the abundance of large predators is low (Macpherson, 1977, 1981).

PELAGIC COMMUNITIES

Pelagic species have certain biological characteristics (growth, habitat, migrations, etc.) that set them off clearly from demersal species. Species with short life spans and higher reproduction rates, common to less well-balanced ecosystems, are more prevalent (Margalef, 1981). In such communities, generally composed of relatively few species, environmental fluctuations and the impact of the various causes of mortality are difficult for the community to absorb, and changes and fluctuations in community structure are more noticeable.

Small species (clupeids, ammodytes, etc.) are usually subject to a high rate of predation. In certain fisheries seabirds are the principal predator. Furnes and Cooper (1982) estimated that in the Cape region seabird predation accounted for 16.500 tonnes of pelagic species (chiefly Engraulis capensis), compared to commercial catches of 55.000 tonnes, and they expressed the opinion that in other regions (e.g., Peru, North Sea), seabird predation could account for between 19 and 29 % of the commercial fisheries yield. Declines in fish populations have in some areas led to increased mortality of seabirds (Tovar, 1983).

In contrast to demersal species, competition among pelagic species has not been the object of much study. Some interesting work has been carried out in lakes (Magnuson and Crowder, 1983), though these systems are simpler than pelagic marine systems. Alosa pseudoharengus and Osmerus mordax compete for food, the abundance of one rising as the other falls. In that system, declining populations of species preying on these two species has enabled them to increase. However, since they prey on eggs and larvae, this has resulted in large fluctuations in the fish populations. Furthermore, Crowder (1984) pointed out that decreases in the population of certain planktivorous fishes in lakes following invasion by Alosa pseudoharengus was probably caused by competition. Nineteen years after introduction of this species, one of the indigenous species exhibited a significant reduction in the number of gill rakers and had changed over to a benthic habitat. As stated by the above-mentioned authors, interactions are likely to be weaker in more diverse systems, such as ocean systems,

which at the same time are more complex.

Skud (1982) reported two instances of competition between pelagic species (*Clupea harengus*-*Scomber scombrus* and *Sardinops sagax*-*Engraulis mordax*). In these cases the dominant species responds positively to favourable environmental changes, causing a decline in the dominated species. When this dominance changes, so does the response of these species, indicating that abundance of the subordinate species is regulated by the dominant species. The difference in the response to environmental changes, when a species is dominant or dominated, leads to inversion of this competition from year to year. The above instances of competition have not, however, been fully explained, since there could also be a mortality relationship at the larval stage (e.g., the case of *Mallotus villosus* in Carscaden, 1983) or other factors that need to be taken into account (e.g., resource abundance).

For example, off the coast of Peru, interactions among four of the primary species, (anchoveta, sardine, mackerel, and horse mackerel), change in response to the "El Niño" phenomenon (Santander and Flores, 1983). In normal conditions the spawning areas and seasons of sardine and anchoveta partially overlap, so that interactions between the two take place both among larvae and adults. When "El Niño" occurs, there is high mortality on anchoveta larvae, resulting in poor recruitment, while the opposite holds true for sardine. Horse mackerel occupy a different area, and there is hardly any interaction. In normal conditions mackerel also occupy a different area, but when the "El Niño" phenomenon takes place this species expands both its spawning grounds and its spawning season and preys upon the eggs and larvae of anchoveta and sardine. All these factors combine to cause a decline in the anchoveta population and increases in the sardine, horse mackerel, and mackerel populations.

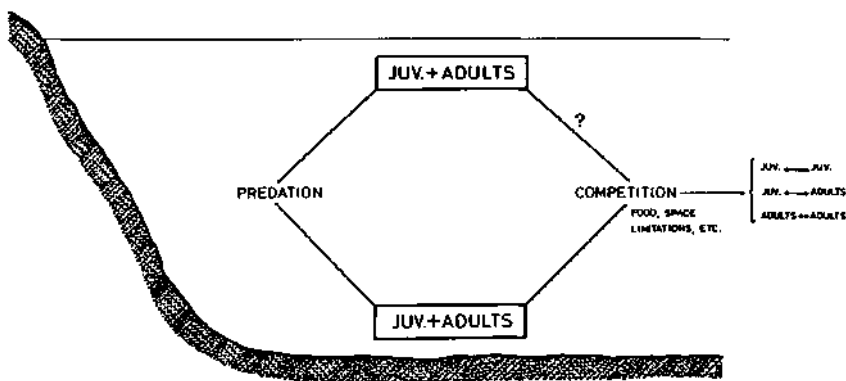


Fig. 3 - Predation affects benthic, littoral, and pelagic communities in varying degrees. Competition is only significant in certain benthic and littoral communities. Such competition may be between juveniles, adults, or both.

BENTHIC AND LITTORAL COMMUNITIES

Benthic systems are more diverse than pelagic systems, and this allows more interrelationships, narrows the amplitude of fluctuations, and permits greater stability (McNaughton, 1978; Margalef, 1981). In fact, historical variations in the populations of benthic fish species are much smaller than those for pelagic species (Daan, 1980).

Numerous studies have been published on the interrelationships among the species dwelling in such communities (see Macpherson, 1981; Branch, 1984; Grossman, 1985; and references).

Because of the wide variety of assemblages and environments, the pattern of mechanisms regulating the organization of the different communities is not as clearly defined as for pelagic populations.

Coral reefs have been given the most thorough study, with quite a few publications dealing with the patterns governing the number of species and their relative abundance (e.g., Sale, 1984). Most such studies consider space to be the limiting factor, though this is probably a rather broad generalization (Branch, 1984). Furthermore, large seasonal fluctuations have been found, though clearly defined and constant patterns have not been recorded for the various assemblages (Sale, 1984).

In some communities in temperate seas the interactions among the different niche parameters favour resource partitioning. The high degree of overlap among dimensions is reduced by low values for one or more of them.

In a community of 26 demersal species in the western Mediterranean, Macpherson (1981) found a low level of overlap, primarily in diet. For those species for which the values were significant, this was so only for certain length groups. Moreover, when two species utilized the same food source and habitat, abundance was highest in different seasons, or they exhibited different diel patterns of activity. Hallacher and Roberts (1985) found that coexistence among three *Sebastes* species was the result of food and space partitioning, and consequently the process was more predictable than those observed in other communities (e.g., coral reefs).

Langton (1982) found the greatest overlapping among the youngest age groups in 17 species in the Northwest Atlantic (and he further suggested that this type of study should be directed primarily at the smallest length classes).

Robertson et al. (1979) pointed out that an *Acanthurus* community in the Indian Ocean was organized mainly around competition for benthic algae. Coexistence among the different species was based on resource partitioning (food and space), and the largest individuals in this community tended to be found in shallower waters.

Livingston (1982) studied a coastal community in the Gulf of Mexico for eight years and found that juveniles were more generalist than adults. The level of partitioning of food resources changed with time, the extend of overlapping increasing as productivity rose.

One of the most interesting examples of competition between two species was that between *Embiotoca lateralis* and *E. jacksoni* reported by Hixon (1980). Both species have similar morphology and feeding habitats. The former lives in shallow waters, while *E. jacksoni* dwells

in poorer areas at greater depths if E. lateralis is present and at any depth if it is not. Elimination of E. jacksoni does not affect E. lateralis unless its food is also eliminated, in which case, given the dominance of the latter species over the former, it moves into deeper waters. This is a typical case of a dominant species, relegating a subordinate species to a less productive habitat.

Werner and Hall (1976) (see also Werner 1984) found that when three Lepomis species inhabited the same area they remained mutually segregated, whereas if they were separated, reducing competition, growth and feeding were enhanced. These authors concluded that competition was an important factor in the organization of small lake communities, since species altered their behaviour in the presence of other, similar species. Consequently, such communities were regulated primarily by predictable mechanisms.

Evans and Tallmark (1985) pointed out, for a community made up chiefly of Pomatoschistus minutus and P. microps and Crangon crangon, that a reduction in one species led to an increase in recruitment for another, so that the overall level remained constant. As a result, interrelationships might affect the structure of the assemblage, but their effect on total density was minimum.

Jones (1984b) showed that the number of Pseudolabrus celidotus adults rose with the number of juveniles. However, the relationship was not linear, because young fish competed among themselves for food, and the number of survivors was inversely correlated to initial density. There was no direct competition between adults and juveniles.

Grossman (1982, 1985) found a littoral fish community to be persistent and resilient over several years. Because of limited food resources, partitioning was the main mechanism regulating the organization of this fish assemblage. Other factors, such as predators, competition for space, and environmental disturbances, did not appear to have an important effect.

This community was persistent to repeated defaunations, implying that it was regulated by predictable or deterministic mechanisms (sensu Grossman). These results stand in contrast to those recorded for several coral reef systems, in which the mechanisms in operation tended to follow less predictable processes (e.g., Sale, 1982, 1984, and references). Other communities, river and lake communities as well as ocean communities, have been reported to exhibit both predictable and unpredictable processes (see Grossman, 1982; Grossman et al., 1984; and references). Systems organized along the lines of either type of process occur in both tropical and temperate waters.

Unfortunately, abundance levels and resource availability were not known in some of the studies, and for this reason it is difficult to tell whether partitioning occurred as a result of competition or of other mechanisms (morphology, behaviour, etc.) facilitating coexistence.

As already indicated, in some communities juvenile individuals form aggregations which act to reduce the effect of predation. However, the juveniles of certain species move to less favourable habitats when predators are present, at the cost of reduced growth (Werner, 1984). In other assemblages in which the range of lengths and variety of species are greater (e.g., many temperate areas), such interactions are not limited only to juveniles but extend to larger length groups

and to species which have a small maximum length (e.g., gobiids). Although in some communities this effect is small (Grossman, 1985), in others between 20 and 50 % of the species base their diet (30 %) on species from within their own community (Macpherson, 1981, 1983). Unfortunately, few data are available on the effect of predation on fish species, with studies concentrating primarily on commercial species. For example, each *Merluccius capensis* individual older than age 7 eats an average of 25 individuals of its own species yearly (Leonart et al., 1985). And each year, each *Genypterus capensis* and *Lophius upsicephalus* individual eats on average 54 and 12 *Merluccius capensis* individuals, respectively (Macpherson, 1983, 1985). In some lakes increased predation by pike was one of the principal causes of the decline of perch populations (Le Gren et al., 1977).

GENERAL COMMENTS

In recent years particular attention was focused on determining the mechanisms regulating the organization of fish communities (see, among others, Grossman, 1982; Grossman et al., 1982; and Branch, 1984). In general such mechanisms can be classified into two broad groupings:

- 1) those involving predictable processes, predictable being understood to mean factors making inter- or intraspecific interaction dominant, in communities whose structure is persistent or resilient over time, such that the future structure of such communities can be predicted from the present structure.
- 2) those involving stochastic processes whose operation allow a community to have a range of possible structures, making it difficult to predict future community structure.

This classification, no doubt overly simplistic (Grossman, 1982) has given rise to much debate (Herbold, 1984; Rahel et al., 1984; Yant et al., 1984; Grossman et al., 1985). The key to this debate may reside in the use of the terms predictable and unpredictable. Despite the high degree of variability involved, unpredictable processes are in many cases predictable after enough research. While a consideration of this question lies outside the scope of the present paper, it is clear that the division of communities into those whose structure can be predicted from their past structure and those whose structure cannot is an exceedingly useful starting point for any study dealing with the structure and dynamics of fish assemblages.

The larval stage plays an extremely important role in regulating the structure, since year-class strength and the initial population structure will depend on the number of recruits (except for those species limiting the number of recruits entering the population). This stage is subject to a series of mechanisms (predation, mortality from starvation, etc.) leading to large fluctuations in the number of recruits. Such variability caused Sale (1978, 1982) to develop his

lottery hypothesis, in which he points out that the maintenance of a high degree of diversity in fish species in coral reef communities is basically a result of recruitment.

Larvae are mainly subjected to stochastic factors (*sensu* Grossman), since the impact of starvation-induced mortality and predation is often highly variable both qualitatively as well as quantitatively. Such variability is more pronounced in the case of slow-growing larvae, generally associated with a specific morphology (small mouth size) and with serial batch spawning in several cohorts to ensure a minimum level of recruitment.

Faster-growing larvae, associated with a larger mouth size and short spawning periods, are in principle in a better position to adapt to possible alterations in food availability. Their rapid growth rate also helps minimize the effect of predation.

Species that protect their eggs reduce this variability in large measure, making the community structure more predictable, with a close relationship between the spawning stock and the number of recruits.

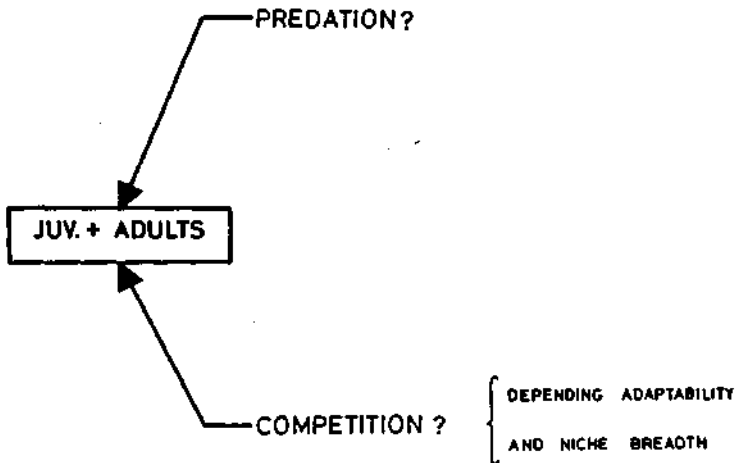


Fig. 4 - In Elasmobranchians, Holocephalans, and similar species, which have a highly developed capacity to react to the environment and for self-defense by the end of the larval stage, both predation and competition are weak. Competition may exist in more specialized species inhabiting a narrower niche (e.g., Holocephalans).

As previously discussed, juvenile and adult communities do not exhibit very clearly defined patterns. Nevertheless, for short-lived pelagic species, generally with slow development during the larval stage and a small mouth, the structure basically depends on the level of recruitment, which makes such populations difficult to predict only

on the basis of the initial structure- In benthic and littoral populations, communities are organized by predictable and/or stochastic processes. The populations of many Chondrichthians, though, are predictable, because they readily dominate their habitats (Holocephalans are somewhat more specialist species, in contrast to many Elasmobranchians) and can compensate for outside fluctuations. Furthermore, they stabilize their populations, reducing the energy flow (Margalef, 1974).

In a comprehensive review of competition among marine organisms, Branch (1984) indicated a series of mechanisms for coexistence and alternative situations: There is still a certain tendency to consider competition and predation to be the main mechanisms regulating any community (see the review by Connell, 1983; Schoener, 1983). Without attempting to detract from their importance, it would seem that this might be an extrapolation from human society applied to nature, overlooking other mechanisms for achieving coexistence and hence regulation. Of the various alternatives put forward by Branch (1984), i.e., interspecies cooperation, enhancement of the food supply, etc., optimal feeding is perhaps one of the mechanisms most frequently used by fish, and one which does not usually receive consideration. In recent years there has been a substantial increase in work on optimal feeding and predator-prey relationships (e.g., Sih, 1984, and references). In general predators fit into two large groups, energy-maximizers and time-minimizers, though there are obviously intermediate cases. This means that species, by tending to optimize their behaviour, change their habits, thus facilitating coexistence within the community.

Despite morphological, anatomical, and similar limitations, many species exhibit a certain degree of opportunism, capturing the most abundant prey or those requiring the least energy expenditure. This implies adaptation to environmental changes and the possibility of risk avoidance (competition, predation, etc.). The examples given by Crowder (1984) and Werner and Hall (1976) are quite illustrative of such changes. In these examples, changes in diet were dependent upon competition, so that for some species such changes were adverse. Nevertheless, it is likely that for species with an extended niche breadth (e.g., Elasmobranchians) or for large predators this effect is lower (see also Branch, 1984).

The importance of competition as a determining factor regulating communities has been discussed by a number of authors (e.g., Schoener, 1983, and references), some of whom suggest that it might to a certain extent be sporadic in nature. Connell (1983) pointed out that competition may vary in space and time. In general, competition is lower in organisms subject to environmental change or to predation, and for this reason invertebrates and small fish are not as competitive as predators of a certain size. When examining competition between two predators, their interaction with their prey should also be taken into account, as competition among prey may in turn affect the level of interaction between predators. In like fashion, predation on a community may help to reduce competition.

In their study of insect communities, Lawton and Strong (1981) suggest a series of rules that can be extrapolated to fish communities. They considered eight different rules: 1) large areas support

more species than small areas; 2) complex habitats support more species than simple habitats; 3) persistent habitats support more species with narrower niches than do ephemeral habitats; 4) ecologically significant size differences exist within and between species in a guild; 5) communities become "saturated" with species in ecological time; 6) density compensation occurs in depauperate guilds; 7) species compete most strongly with close relatives; and 8) within habitats, species show "niche separation". They, like some of the authors mentioned previously, concluded that, while in theory competition is the most important factor in community organization, it is rarely so in nature due to these other factors, since evolution will tend to rapidly minimize it. As predicted by the niche diversification model (Connell, 1978), resources are partitioned among the members of a community in such a way as to minimize competition. In any event, as Connell (1978) points out, this model is not amenable to testing because of its assumption of the historical action of competition.

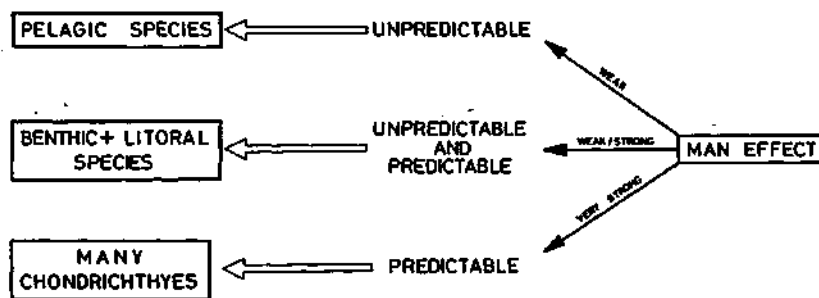


Fig. 5 - The effects caused by man, in particular by fishing, vary according to the type of community involved. The effect on communities regulated primarily by unpredictable processes is low. It is higher for species with a slow growth rate and few juveniles, in communities regulated by predictable processes.

The effect of disturbances, in particular those caused by man, may vary depending on the type of community involved. Systems with a large number of interconnections, whose species have many interrelationships (e.g., tropical rain forests, coral reefs), are especially fragile (Margalef, 1981). In pelagic communities, in which interactions are few and renewal rates high and extremely dependent upon recruitment, the effect of fishing may be smaller than in other communities. Some studies on the effect of disturbances on fish assemblages have been carried out for benthic and littoral communities. As already indicated, Grossman (1982) found a high level of persistence in a coastal

community even after successive defaunations. Bohnsack (1983) examined the effect of cold on a reef community, where the inhabiting species were killed by cold temperatures, after which recolonization took place. The initial importance of recruitment was high, so that at first the community differed from the pre-disturbance community. However, a year later it was similar in structure to the original.

These effects may be quite different if the disturbance arises from the introduction of a new predator. Zaret (1982) indicated that in some lakes this has led to the destruction of numerous species (see Magnuson and Crowder, 1983).

Fisheries are a disturbance, normally less selective than would be desirable and rather constant. This favours species with high growth and/or dispersal rates, while competitive species or those with low reproduction rates may be eliminated (Miller, 1982). In fact, species with low growth and reproduction rates (e.g., many Elasmobranchians) have disappeared from a large number of fishing grounds. There are some data suggesting that high-growth species increase in areas subject to overexploitation, but such data have been difficult to verify.

Such fisheries-related problems may arise after continuous overexploitation. Botsford (1981) indicated that several populations that had fallen to low levels, even after exploitation had ceased. The individual growth rate rises and may contribute to such low levels within a certain equilibrium.

It is clear that, given the complexity of fish communities and their environments, a broad picture of what is taking place, and in particular of what will take place, is difficult to achieve (existing exploited populations are a case in point). However, studies such as those by Grossman (1982, 1985), Connell (1983), Schoener (1983), Branch (1984), and others cited above suggest that, despite the wide variety of mechanisms, there are certain general patterns that help scientists gain greater insight into the structure of a given assemblage. The results of in-depth consideration of such features will, beyond their intrinsic interest, help solve problems of great importance in ecology in general and population dynamics in particular.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to thank G. D. Grossman, P. Olivar, B. Roël, and M. J. Uriz for their constructive criticism and useful comments.

SUMMARY

One of the main problem areas in community ecology is identifying the factors regulating the number of species and their relative abundance and ascertaining whether these processes are governed by predictable or unpredictable patterns.

Fish communities have their own dynamics and general structure, compared to those of other organisms. Fishes tend to change diet and habitat with size, hence it can be argued that fish species occupy

several niches or subniches simultaneously. Therefore, any analysis of the dynamics and organization of fish communities must take into account each step or subniche, because the mechanisms regulating the organization of multispecific assemblages may have a different effect on each. Ignorance of these mechanisms has led to misunderstandings concerning many multispecies communities, and their predicted responses to given disturbances, especially to those caused by man, are often unrealistic.

Competition is weak during the larval stage, and this conclusion is in accordance with the type of ecosystem, in which large fluctuations take place and organisms have fast renewal rates. Predation is perhaps the most important mechanism regulating larval fish communities, along with starvation.

The larval populations of many species are regulated mainly by stochastic mechanisms, with three main groups identifiable: the spawning strategy of species with slow growth rates and small mouths is to deposit successive cohorts; large-mouthed, fast-growing species spawn over a short length of time during periods of high productivity; and species which protect their eggs and larvae for some time. These last two groups, and particularly the latter, can, at least in part, avoid unpredictable changes, and hence the number of recruits can be related to the parent stock.

In pelagic communities, populated by short-lived species, population structure is determined by the number of recruits. Benthic and littoral assemblages have a more complicated pattern. It is overly simplistic to suggest that assemblages are regulated by a single process, but species with a certain control over recruitment, either because they are territorial or because they have a recruit-spawning stock relationship, are more predictable.

Competition among pelagic species is weak, and in some areas they are influenced by high predation rates. Benthic ecosystems are generally more diversified than pelagic ecosystems, with more interrelationships, and as a result fluctuations are less marked and stability is greater.

The effect of man will vary greatly depending on the type of community considered. Assemblages with a high number of interactions are very fragile. The effect on communities regulated by stochastic mechanisms, e.g., certain pelagic populations, tends to be low, whereas it is high for species with a high recruits-parent stock relationship, particularly if the number of eggs is low (e.g., Chondrichthians).

REFERENCES

- ALCARAZ M., 1985 - Vertical distribution of zooplankton biomass during summer stratification in the western Mediterranean. J. Biol. Ass. U.K. (in press).
- ALVARINO A., 1980 - The relation between the distribution of zooplankton predators and anchovy larvae. CalCOFI Rep., 21, 150-160.
- ADAMS P.B., 1980 - Life history patterns in marine fishes and their consequences for fisheries management. Fish. Bull. U.S., 78, 1-12.

- ARTHUR D.K., 1976 - Food and feeding of larvae of three fishes occurring in the California current, Sardinops sagaz, Engraulis mordax, and Trachurus symmetricus. Fish. Bull. U.S., 74, 517-530.
- BAILEY K.M., 1981 - Larval transport and recruitment of Pacific hake, Merluccius productus. Mar. Ecol. Prog. Ser., 6, 1-9.
- BAILEY K.M., 1984 - Comparison of laboratory rates of predation on five species of marine fish larvae by three planctonic invertebrates: effects of larval size on vulnerability. Mar. Biol. 79, 303-309.
- BOHNSACK J.A., 1983 - Resiliency of reef fish communities in the Florida Keys following a January 1977 hypothermal fish kill. Env. Biol. Fishes, 9, 41-53.
- BOTSFORD L.W., 1981 - The effects of increased individual growth rates on depressed population size. Am. Nat., 117, 38-63.
- BRANCH G.M., 1984 - Competition between marine organisms: ecological and evolutionary implications. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 1984, 22, 429-593.
- CARSCADEN J.E., 1983 - Population dynamics and factors affecting the abundance of capelin (Mallotus villosus) in the Northwest Atlantic. In: Sharp G.D. and J. Csirke (eds.), Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species of neritic fish resources. FAO Fish. Rep., 291, 789-811.
- CONNELL J.H., 1978 - Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science, 199, 1302-1310.
- CONNELL J.H., 1983 - On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence from field experiments. Am. Nat., 122, 661-696.
- COOMBS S.H., J.A. LINDLEY and C.A. FOSH, 1983 - Vertical distribution of larvae of mackerel (Scomber scombrus) and microplankton, with some conclusions on feeding conditions and survey methods. In: Sharp G.D. and J. Csirke (eds.), Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species of neritic fish resources. FAO Fish. Rep., 291, 939-956.
- CROWDER L.B., 1984 - Character displacement and habitat shift in a native cisco in Southeastern Lake Michigan: evidence for competition. Copeia 1984 (4), 878-883.
- DAAN N., 1980 - A review of replacement of depleted stocks by other species and the mechanisms underlying such replacement. Rapp. P.V. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 177, 405-421.
- DOHERTY P.J., 1982 - Some effects of density on the juveniles of two species of tropical, territorial damselfish. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 65, 249-261.
- DUKA L.A., 1969 - Feeding of pelagic larvae of some common species of fish in the Mediterranean Sea. Prob. Ichthyol., 9, 547-554.
- ESTRADA M., 1985 - Primary production at the deep chlorophyll maximum in the Western Mediterranean. J. Biol. Ass. U.K. (in press).
- EVANS S. and B. TALLMARK, 1985 - Niche separations within the mobile predator guild on marine shallow soft bottoms. Mar. Ecol. Prog. Ser., 23, 279-286.
- FURNES R.W. and J. COOPER, 1982 - Interactions between breeding seabird and pelagic fish populations in the Southern Benguela region. Mar. Ecol. Prog. Ser., 8, 243-250.

- GROSSMAN G.D., 1982 - Dynamics and organization of a rocky intertidal fish assemblage: the persistence and resilience of tax-ocene structure. Am. Nat., 119, 611-637.
- GROSSMAN G.D., 1985 - Food resource partitioning in a rocky intertidal fish assemblage. Journ. Zoology (Lond.) (in press).
- GROSSMAN G.D., M.C. FREEMAN, P.B. MOYLE and J.O. WHITAKER Jr., 1985 - Stochasticity and assemblage organization in an Indiana stream fish assemblage. Am. Nat. (in press).
- GROSSMAN G.D., P.B. MOYLE and J.O. WHITAKER Jr., 1982 - Stochasticity in structural and functional characteristics of an Indiana stream fish assemblage: a test of community theory. Am. Nat., 120, 423-454.
- HALLACHER L.E. and D.A. ROBERTS, 1985 - Differential utilization of space and food by the inshore rockfishes (Scorpaenidae: Sebastes) of Carmel Bay, California. Env. Biol. Fish., 12, 91-110.
- HELFMAN G.S., 1978 - Patterns of community structure in fishes: summary and overview. Env. Biol. Fish., 3, 129-148.
- HERBOLD B., 1984 - Structure of a Indiana fish association: choosing an appropriate model. Am. Nat., 124, 561-572.
- HIXON M.A., 1980 - Competitive interactions between California reef fishes of the genus Embiotoca. Ecology, 61, 918-931.
- HUNTER J.R., 1981 - Feeding ecology and predation of marine fish larvae. In: Lasker R. (ed.), Marine Fish Larvae. University of Washington press, Seattle.
- HUNTER J.R. and C.A. KIMBRELL, 1980 - Egg cannibalism in the northern anchovy, Engraulis mordax. Fish. Bull. U.S., 78, 811-816.
- JONES G.P., 1984a - Population ecology of the temperate reef fish Pseudolabrus celidotus Bioch & Schneider (Pisces: Labridae). I. Factors influencing recruitment. J. Exp. Mar Biol. Ecol., 75, 257-276.
- JONES G.P., 1984b - Population ecology of the temperate reef fish, Pseudolabrus celidotus Bioch & Schneider (Pisces: Labridae). II. Factors influencing adult density. J. Exp. Mar Biol. Ecol., 75, 277-303.
- KAWAI T. and K. ISIBASI, 1983 - Change in abundance and species composition of neritic pelagic fish stocks in connection with larval mortality caused by cannibalism and predatory loss by carnivorous plankton. In: Sharp G.D. and J. Csirke (eds.), Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species of neritic fish resources. FAO Fish. Rep., 291, 1081-1112.
- KEAST A., 1980 - Food and feeding relationships of young fish in the first weeks after beginning of exogenous feeding in Lake Opinicon, Ontario. Env. Biol. Fish., 5, 305-314.
- KEENSLEYSIDE M.H.A., 1979 - Diversity and adaptation in fish behaviour. Springer Verlag, Berlin.
- LAMBERT T.C. and D.M. WARE, 1984 - Reproductive strategies of demersal and pelagic spawning fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41, 1565-1569.
- LANGTON R.W., 1982 - Diet overlap between Atlantic cod, Gadus morhua, silver hake, Merluccius bilinearis, and fifteen other Northwest Atlantic finfish. Fish. Bull. U.S., 80, 745-759.

- LASKER R., 1975 - Field criteria for survival of anchovy larvae: the relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. Fish. Bull. U.S., 73, 453-462.
- LASKER R., 1981 - The role of a stable ocean in larval fish survival and subsequent recruitment. In: Lasker R. (ed.), Marine Fish Larvae. University of Washington Press, Seattle.
- LAWTON J.H. and D.R. STRONG Jr., 1981 - Community patterns and competition in folivorous insects. Am. Nat., 118, 317-338.
- LE CREN E.D., C. KIPLING and J.C. McCORMACK, 1977 - A study of the numbers, biomass and year-class strengths of perch (Perca fluviatilis L.) in Windermere from 1941 to 1966. J. Anim. Ecol., 46, 281-307.
- LIEM K.F., 1984 - Functional versatility, speciation and niche overlap: are fishes different. In: Meyers D.G. and J.R. Strickler (eds.), Trophic interactions within aquatic ecosystems. AAS Selected Symposium 85. Westview Press, Inc.
- LIVINGSTON R.J., 1982 - Trophic organization of fishes in a coastal seagrass system. Mar. Ecol. Prog. Ser., 7, 1-12.
- LLEONART J., J. SALAT and E. MACPHERSON, 1985 - CPVA, an expanded VPA with cannibalism, application to a hake population. Fish. Res., 3, 61-79.
- LOEB V.J., P.E. SMITH and H.G. MOSER, 1983 - Recurrent groups of larval fish species in the California current area. CalCOFI Rep., 24, 152-164.
- MCNAUGHTON S.J., 1978 - Stability and diversity of ecological communities. Nature, 274, 251-253.
- MACPHERSON E., 1977 - Estudio sobre las relaciones tróficas en peces bentónicos de la costa catalana. Tesis Univ. Barcelona, 369 pp.
- MACPHERSON E., 1980 - Algunos comentarios sobre el canibalismo en Merluccius capensis de la Subárea 1. Colin Scient. Pap. int. Commn. SE. Atl. Fish., 7 (II), 217-222.
- MACPHERSON E., 1981 - Resource partitioning in a Mediterranean demersal fish community. Mar. Ecol. Prog. Ser., 4, 183-193.
- MACPHERSON E., 1983 - Ecología trófica de peces de la costa de Namibia. I. Hábitos alimentarios. Res. Exp. Cient, 11, 81-137.
- MACPHERSON E., 1985 - Efecto de la predación de Lophius upsicephalus sobre la población de Merluccius capensis. Coll. scient. Pap. int. Commn SE. Atl. Fish., 12 (I), 155-162.
- MAGNUSON J.J. and L.B. CROWDER, 1983 - Species interaction in the dynamics of planktivorous fish assemblages in Lake Michigan. In: Sharp G.D. and J. Csirke (eds.), Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species of neritic fish resources. FAO Fish. Rep., 291, 779-788.
- MARGALEF R., 1974 - Ecología. Omega, Barcelona.
- MARGALEF R., 1978 - General concepts of population dynamics and food links. In: Kinne O. (ed.), Marine ecology, Vol. IV. Dynamics. Wiley, Chichester, 617-704.
- MARGALEF R., 1981 - La biosfera: entre la termodinámica y el juego. Omega, Barcelona, 236 pp.
- MILLER T.E., 1982 - Community diversity and interactions between the size and frequency of disturbance. Am. Nat., 120, 423-454.

- MOLLER H., 1980 - Scyphomedusae as predators and food competitors of larval fish. Kiel Meeresforsch., 28, 90-100.
- MOLLER H., 1984 - Reduction of a larval herring population by a jellyfish predator. Science, 224, 621-622.
- MOOSER H.G., 1981 - Morphological and functional aspects of marine fish larvae. In: Lasker R. (ed.), Marine Fish larvae. University of Washington Press, Seattle, 89-131.
- PURCELL J.E., 1981a - Dietary composition and diel feeding patterns of epipelagic siphonophores. Mar. Biol., 65, 83-90.
- PURCELL J.E., 1981b - Feeding ecology of Rhizophisa eysenhardti, a siphonophore predator of fish larvae. Limn. Oceanogr., 26, 424-432.
- RAHEL F.J., J.D. LYONS and P.A. COCHRAN, 1984 - Stochastic or deterministic regulation of assemblage structure. It may depend on how the assemblage is defined. Am. Nat., 124, 583-589.
- ROBB A.P. and J.R.G. HISLOP, 1980 - The food of five Gadoid species during the pelagic 0-group phase in the northern North Sea. J. Fish. Biol., 16, 199-217.
- ROBERTSON D.R., N.V.C. POLUNIN and K. LEIGHTON, 1979 - The behavioral ecology of three Indian Ocean surgeonfishes (Acanthurus lineatus, A. leucosternon, and Zebbrasoma scopas): their feeding strategies and social and mating systems. Env. Biol. Fish., 4, 125-170.
- SALE P.F., 1980 - Assemblages of fish on patch reefs - predictable or unpredictable? Env. Biol. Fish., 5, 243-249.
- SALE P.F., 1982 - Stock-recruit relationships and regional coexistence in a lottery competitive system: a simulation study. Am. Nat., 120, 139-159.
- SALE P.F., 1984 - The structure of communities of fish on coral reefs and the merit of a hypothesis-testing, manipulative approach to ecology. In: Strong D.R. Jr., D. Simberloff, L.G. Abele and A.B. Thistle (eds.), Ecological communities Conceptual issues and the evidence. Princeton Press, 478-490.
- SANTANDER H., J. ALHEIT, A.D. MACCALL and A. ALAMO, 1983 - Egg mortality of the Peruvian anchovy (Engraulis ringens) caused by cannibalism and predation by sardines (Sardinops sagax). In: Sharp G.D. and J. Csirke (eds.), Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species of neritic fish resources. FAO Fish. Rep., 291, 1011-1026.
- SANTANDER H. and R. FLORES, 1983 - Los desoves y distribución larval de cuatro especies pelágicas y sus relaciones con las variaciones del ambiente marino frente al Perú. In: Sharp G.D. and J. Csirke (eds.), Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species of neritic fish resources. FAO Fish. Rep., 291, 835-869.
- SCHOENER T.W., 1983 - Field experiments on interspecific competition. Am Nat., 122, 240-285.
- SEIFERT R.P., 1984 - Does competition structure communities. Field studies on neotropical Heliconia insect communities. In: Strong D.R. Jr., D. Simberloff, L.G. Abele, and A.B. Thistle (eds.), Ecological communities. Conceptual issues and the evidence. Princeton Press, 54-63.

- SHANNON L.V. and J.G. FIELD, 1985 - Are fish stocks food-limited in the southern Benguela pelagic ecosystem. Mar. Ecol. Prog. Ser., 22, 7-19.
- SHERMAN K., W. SMITH, W. MORSE, M. BERMAN, J. GREEN and L. EJSYMONT, 1984 - Spawning strategies of fishes in relation to circulation, phytoplankton production, and pulses in zooplankton off the northeastern United States. Mar. Ecol. Prog. Ser., 18, 1-19.
- SHULMAN M.J., 1984 - Resource limitation and recruitment patterns in a coral reef fish assemblage. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 74, 85-109.
- SHULMAN M.J., J.C. OGDEN, J.P. EBERSOLE, W.N. MCFARLAND, S.L. MILLER and N.G. WOLF, 1983 - Priority effects in the recruitment of juvenile coral reef fishes. Ecology, 64, 1508-1513.
- SIH A., 1984 - Optimal behavior and density-dependent predation. Am. Nat., 123, 314-326.
- SKUD B.E., 1982 - Dominance in fishes: the relation between environment and abundance. Science, 216, 144-149.
- STROGALEV V.D., 1984 - Environmental aspects of estimating year-class strength for Cape hakes in ICSEAF Division 1.3 and 1.4. Colin scient. Pap. int. Commn SE. Atl. Fish., 11 (II), 55-59.
- SUMIDA B.Y. and H.G. MOSER, 1980 - Food and feeding of Pacific hake larvae, Merluccius productus, off southern California and northern Baja California. CalCOFI Rep., 21, 161-166.
- TALBOT F.H., B.C. RUSSELL and G.R.V. ANDERSON, 1978 - Coral reef fish communities: Unstable high diversity systems. Ecol. Monogr., 48, 425-440.
- THEILACKER G. and K. DORSEY, 1980 - Larval fish diversity, a summary of laboratory and field research. In: Sharp G.D. (ed.). Workshop on the effects of environmental variation on the survival of larval pelagic fishes. UNESCO IOC no. 28, 105-142.
- TOVAR H., 1983 - Fluctuaciones de poblaciones de aves guaneras en el litoral peruano, 1960-1981. In: Sharp G.D. and J. Csirke (eds.), Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species of neritic fish resources. FAO Fish. Rep., 291, 957-976.
- VICTOR B.C., 1982 - Recruitment and population dynamics of a coral reef fish. Science, 219, 419-420.
- WERNER E.E., 1984 - The mechanisms of species interactions and community organization in fish. In: Strong D.R. Jr., D. Simberloff, L.G. Abele, and A.B. Thistle (eds.), Ecological communities. Conceptual issues and the evidence. Princeton Press, 360-381.
- WERNER E.E. and D.J. HALL, 1976 - Niche shifts in sunfishes: experimental evidence and significance. Science, 191, 404-406.
- YANT P.R., J.R. KARR, and P.L. ANGERMEIER, 1984 - Stochasticity in stream fish communities: an alternative interpretation. Am. Nat., 124, 573-582.
- ZARET T.M., 1982 - The stability/diversity controversy: a test of hypotheses. Ecology, 63 (3), 721-731.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	63-79	1985

METODI QUANTITATIVI IN DINAMICA DI POPOLAZIONI MARINE: UNA PANORAMICA CRITICA

M. Gatto

Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano

INTRODUZIONE

Questa relazione si propone di fornire una breve panoramica critica e aggiornata dei metodi quantitativi usati in dinamica di popolazioni marine. Con metodi quantitativi si intendono quegli strumenti matematici e statistici che permettono di stimare, a partire dai dati disponibili, i parametri che regolano la dinamica di una popolazione naturale o sottoposta a prelievo e di predirne l'andamento futuro.

Lo studio quantitativo della dinamica di popolazioni ha in biologia marina una lunga e gloriosa tradizione: si può veramente dire che in moltissimi casi i biologi marini abbiano percorso i tempi ed aperto la strada a tutti gli altri biologi di popolazione. Basti ricordare Petersen (1896), che introdusse i metodi di cattura, marcatura e ricattura, Baranov (1918), che introdusse i metodi cosiddetti analitici (struttura d'età di una popolazione), Graham (1935), che introdusse i modelli cosiddetti di produzione (dipendenza da densità). La somma di questa tradizione trova la sua più compiuta espressione nei due testi di Beverton e Holt (1957) e di Ricker (1958) ancor oggi usati.

Pur riconoscendo a questi libri il grande merito di avere creato una scuola di pensiero e di essere stati brillantemente innovativi ai loro tempi, va tuttavia detto che essi hanno ormai un'impostazione un po' vecchia. Le ragioni sono diverse. Prima di tutto la pretesa di creare manuali enciclopedici, come appunto i due testi citati, si è rivelata utopica in tutti i campi della scienza e specialmente nelle scienze complesse come la biologia. Inoltre la congerie di metodi ad hoc proposti per ogni situazione fa perdere di vista una filosofia unitaria di approccio. Infine le tecniche proposte per la soluzione dei vari problemi sono sovente incomprensibili ai non iniziati, in particolare ai biologi che non abbiano approfondite conoscenze di statistica e di matematica. Quest'ultimo difetto dei manuali tradizionali ha tuttavia un'importantissima scusante: la mancanza di mezzi di calcolo adeguati (e a basso costo) al tempo in cui i manuali furono scritti. Ciò sicuramente costrinse a cercare metodi ingegnosi, e quindi difficilmente capibili, per raggiungere lo scopo con i mezzi allora a disposizione. Non si capisce però perchè nell'epoca attuale in cui potenti calcolatori sono disponibili a basso prezzo si continui a riproporre metodi tradizionali che non hanno più senso di esistere. Il semplice esempio illustrato nel prossimo paragrafo aiuterà a meglio comprendere questi spunti un po' polemici.

Questa relazione, che, dato il breve spazio a disposizione, non ha la pretesa di esaurire l'argomento, procederà poi analizzando tre casi fondamentali: crescita malthusiana, popolazioni con reclutamento co-

stante, popolazioni con relazione tra stock e reclutamento. Infine un paragrafo verrà dedicato al problema della previsione e al ruolo svolto dai modelli stocastici.

UN SEMPLICE PROBLEMA: L'ADATTAMENTO DI DATI SPERIMENTALI AD UNA CURVA DI CRESCITA

E' assai frequente che il biologo marino abbia a disposizione dati, ad esempio di lunghezza, relativi ad un campione costituito da individui di diversa età. Un classico e semplice problema è quello di trovare una curva teorica di crescita della lunghezza con l'età che ben si adatti ai dati. Vediamo qual'è la procedura logica per affrontarlo:

1. Scegliere un modello (curva teorica)

Esistono diversi modelli (Von Bertalanffy, Gompertz, curva logistica, Krüger, Richards) e si può scegliere quello più adatto al proprio caso. Ad esempio, se si decide di servirsi della curva di Von Bertalanffy, essa è data da

$$L(x) = L_{\infty}(1 - \exp \{-K(x-x_0)\})$$

dove L è la lunghezza e x l'età. L , K e x_0 sono i parametri da stimare per ottenere un buon adattamento.

2. Scegliere un criterio di bontà dell'adattamento del modello ai dati. Anche qui ci sono diversi criteri che riflettono che cosa un ricercatore intende con un buon adattamento. Il più noto è quello dei minimi quadrati, che consiste nel trovare quei coefficienti della curva teorica che rendono minimo lo scarto quadratico medio tra i dati e la curva medesima, ovvero

$$\sum_i [L_D(x_i) - L(x_i)]^2$$

dove $L_D(x_j)$ è la lunghezza media all'età x_j ricavabile dal campione e $L(x_j)$ è la corrispondente lunghezza sulla curva teorica. Sono però usabili ed usati anche altri criteri, quali ad esempio quelli della minimizzazione della somma dei moduli degli scarti e della somma degli scarti percentuali.

3. Cercare la curva teorica ottima

Si tratta, mediante un opportuno metodo matematico (algoritmo), di cercare il modello migliore secondo il criterio adottato al punto 2. Ad esempio, nel caso della curva di Von Bertalanffy, se si adotta il criterio della minimizzazione della somma degli scarti in modulo, bisogna risolvere il problema seguente

$$\min_{K, L_{\infty}, x_0} \sum_i |L_D(x_i) - L_{\infty}[1 - \exp\{-K(x-x_0)\}]| \quad (1)$$

Una volta trovati i valori ottimi dei coefficienti della curva di Von Bertalanffy, è così trovata la curva che meglio si adatta ai dati. Se i risultati non sono soddisfacenti, si può tornare al passo 1 e scegliere un'altra curva teorica oppure al passo 2 e scegliere un altro

criterio e così via.

Una procedura così semplice nasconde tuttavia delle difficoltà che potrebbero sfuggire alla persona inesperta: un problema come (1) non è praticamente risolubile senza l'ausilio di un piccolo calcolatore e senza avere a disposizione un algoritmo opportuno per la ricerca del minimo di una funzione non elementare. Tuttavia queste difficoltà sono ormai facilmente superabili perchè algoritmi opportuni, tipici della disciplina che va sotto il nome di Ricerca Operativa, sono in circolazione fino dai primi anni '60 (vedi ad es. Phillips et al., 1976) e d'altra parte, come già s'è detto, piccoli ma potenti calcolatori sono ormai alla portata di tutti.

Analizziamo ora come paragone quale sarebbe la procedura tradizionale (riportata ancora ad es. dal recente rifacimento del libro di Ricker, 1975). Si consideri la curva di Von Bertalanffy; con alcuni passaggi matematici si ottiene

$$L(x+1) = L(1 - e^{-k}) + L(x)e^{-k} = a + bL(x)$$

con $a = L(1 - \exp(-k))$ e $b = \exp(-k)$. Si opera quindi una regressione lineare di $L(x+1)$ su $L(x)$ e si trovano a e b . Si risale poi a k e L . Manca così però la stima di x_0 . Come fare, se si vuole averla? Partendo dalla formula della curva si ottiene

$$\ln \frac{L_{\infty} - L(x)}{L_{\infty}} = kx - kx_0$$

che è un'espressione lineare in kx e in k . Si sceglie allora un valore di prova per L (ad es. quello ottenuto col metodo precedente) e si fa una regressione lineare del logaritmo sull'età x stimando k e x_0 . Si varia L finché la regressione non è soddisfacente.

Questa procedura tradizionale merita alcune osservazioni. Prima di tutto il procedimento è complicato e richiede alcuni "trucchi" matematici. In secondo luogo vale solo per la curva di Von Bertalanffy e non può essere generalizzato ad altri modelli di crescita. Infine non è chiaro il criterio di adattamento della curva ai dati, poichè tutto si basa su delle trasformazioni di comodo per potersi ricondurre a semplici regressioni lineari. L'unico vantaggio, essenziale fino a una ventina d'anni fa, ma oggi totalmente irrilevante, è che tutto il procedimento si può fare con carta, matita e una piccola calcolatrice da tavolo.

CRESCITA MALTHUSIANA

Dopo- il semplice esempio del precedente paragrafo passiamo ora a considerare il primo vero e proprio argomento di dinamica di popolazioni. Con l'aggettivo malthusiano si vogliono denominare tutte quelle situazioni in cui i coefficienti legati alla mortalità e alla natalità non dipendono dalla densità della popolazione. Uno dei modelli malthusiani più famosi e certamente il più utile dal punto di vista quantitativo è il modello di Leslie (1945, 1948). Se si introduce la

seguente notazione

n_{ti} = N° di organismi di età i nel periodo (ad es. anno) t
 σ_i = coefficiente di sopravvivenza dall'età i all'età $i+1$
 f_i = fertilità all'età i

allora le equazioni di Leslie sono date da

$$\begin{aligned}
 n_{t+1,1} &= \sigma_0 (f_1 n_{t1} + f_2 n_{t2} + \dots + f_m n_{tm}) \\
 n_{t+1,2} &= \sigma_1 n_{t1} \\
 &\vdots \\
 n_{t+1,m} &= \sigma_{m-1} n_{t,m-1}
 \end{aligned} \tag{2}$$

dove m è il numero delle classi d'età. Ricordiamo brevemente le proprietà del modello (2) (si veda ad es. il testo di Gatto, 1985). Se si indica con $N_t = \sum_i n_{ti}$ il numero totale di organismi, allora l'andamento di N_t al passare del tempo è sostanzialmente proporzionale a σ^t , dove σ è una costante che prende il nome di tasso finito di crescita. Se $\sigma > 1$ la popolazione cresce, se $\sigma < 1$ decresce. Parimenti, col trascorrere del tempo, la distribuzione d'età, ovvero la presenza percentuale n_{tx}/N_t in ogni classe d'età x , tende verso la cosiddetta distribuzione stabile d'età.

$$\pi_x \div p_x \sigma^{-x} \tag{3}$$

dove $p_x = \sigma_0 \sigma_1 \dots \sigma_{x-1}$ è la probabilità di sopravvivere dall'età 0 all'età x . Per la sua capacità di descrivere solo una situazione in cui non c'è limitazione di risorse, il modello di Leslie viene spesso guardato con sospetto e sufficienza e, al più, considerato adatto per popolazioni di laboratorio. Invece la crescita malthusiana è un buon modello anche per tutte quelle popolazioni naturali che, ridotte a livelli molto bassi da uno sfruttamento indiscriminato, vanno piano piano ricostituendosi. Questo è particolarmente vero per i mammiferi marini, che sono ora quasi ovunque soggetti ad una legislazione protezionistica. Come esempio si considerino le Figg. la e lb che riportano rispettivamente i dati di crescita dell'abbondanza dell'elefante marino (*Mirounga angustirostris*) in California (Le Boeuf, 1981) e della lontra marina (*Enhydra lutris*) sempre in California (Woodhouse et al., 1977).

Il problema di stima più semplice che si pone per il modello di Leslie è quello di una popolazione in condizioni di distribuzione stabile d'età per cui si vogliono stimare le sopravvivenze alle diverse età, supponendo che le fertilità f siano note, i numeri totale N_t siano misurati in diversi periodi successivi e la struttura d'età π_x sia determinata una volta per tutte. In questo caso N_t , σ , N_0 e dunque σ può essere stimato esattamente con gli stessi metodi descritti nel

precedente paragrafo. D'altra parte, dalla conoscenza della struttura stabile d'età π_x e dalla formula (3) è facile risalire alle sopravvivenze P_x .

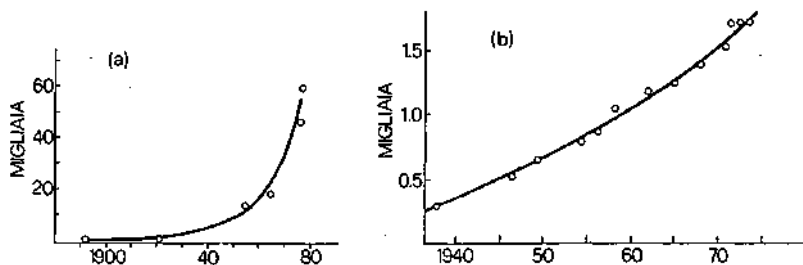


Fig. 1 - Crescita delle popolazioni di : (a) elefante marino (da Le Boeuf, 1981); (b) lontra marina (da Woodhouse et al., 1977) in California. Le curve interpolanti sono state tracciate ad occhio.

POPOLAZIONI CON RECLUTAMENTO COSTANTE

Questo paragrafo è dedicato all'analisi di una seconda situazione che, a differenza della precedente, è veramente tipica delle popolazioni marine. In molti casi il numero d'individui della prima classe d'età catturabile (reclutamento) è relativamente costante nel tempo. Ciò è sostanzialmente dovuto a due cause: la prima, messa in evidenza da Beverton e Holt (1957), è che per specie estremamente fertili (come alcune specie demersali) e in cui la mortalità degli stadi giovanili sia dipendente da densità, il reclutamento è praticamente indipendente dallo stock parentale; la seconda causa è che molte volte la riproduzione avviene in aree del tutto distinte da quelle dove vive la popolazione adulta che si vuole considerare e il reclutamento è legato non allo stock di adulti, ma alla migrazione nella zona di una piccola frazione dell'immenso potenziale biotico giovanile disponibile in mare (si pensi ad es. alle anguille).

Quando il reclutamento è costante, se le cause di morte cui va incontro una coorte non variano nel tempo, allora la situazione è come schematicamente rappresentato in Fig. 2: il numero di individui lungo una linea di coorte non varia al variare della coorte e se si opera un censimento ad un dato istante, valutando la percentuale di organismi in ogni classe d'età si ricostruisce completamente la struttura d'età della popolazione, poichè essa non varia col tempo. Si noti che se la popolazione è soggetta a prelievo (ad es. per scopi commerciali) le mortalità dovute alle catture devono essere funzioni solo dell'età e

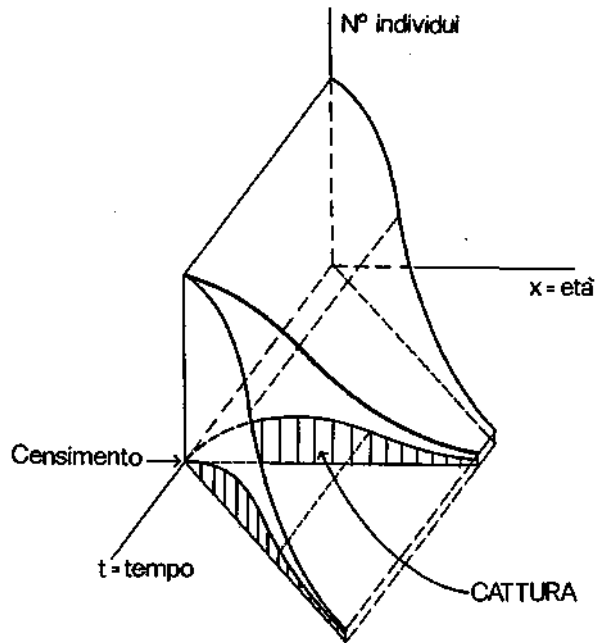


Fig. 2 - Andamento del numero di organismi in funzione del tempo e dell'età con reclutamento costante.

non anche del tempo perchè siano verificate le condizioni di cui sopra. Più precisamente dunque, se la mortalità non varia col tempo, si ha

$$\begin{aligned}
 n_0 &= R \\
 n_1 &= \sigma_0 (1 - u_0) n_0 & h_0 &= u_0 n_0 \\
 & & & \\
 & & & \\
 & & & \\
 n_m &= \sigma_{m-1} (1 - u_{m-1}) n_{m-1} & h_{m-1} &= u_{m-1} n_{m-1} \\
 & & h_m &= u_m n_m
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

dove 0 è l'età di reclutamento, R il reclutamento, n_i il numero di organismi in ogni classe d'età, h_i i prelievi in ogni classe d'età, σ_i le sopravvivenze alle cause di morte naturali, u_i le percentuali di cattura. Queste ultime sono legate alla natura, qualità e quantità degli attrezzi usati per il prelievo. Se si indica con E lo sforzo di cattura (misurato ad es. in numero di attrezzi operanti), una relazio-

ne molto usata tra le percentuali u_i ed E è la seguente

$$u_j = 1 - e^{-qE s_j} \quad (5)$$

dove q è il cosiddetto coefficiente di catturabilità e riflette l'efficienza dell'attrezzo nell'operare il prelievo, mentre s_j sono le cosiddette selettività e riflettono la diversa capacità dell'attrezzo di catturare diverse età (ad es. a seconda della maglia usata). Perciò l'ipotesi che la mortalità da cattura non vari col tempo equivale all'assunzione che lo sforzo, la catturabilità e le selettività siano costanti.

Il problema che logicamente si pone e che molti vorrebbero risolvere è quello di stimare il reclutamento, le sopravvivenze naturali e il coefficiente di catturabilità a partire da dati sullo sforzo, sulle catture alle varie età e sulle selettività. Ciò permetterebbe tra l'altro, usando le eq. (4) di valutare il numero di organismi in ogni classe d'età. Ora il fatto essenziale, e ciò è istruttivo pur nella sua negatività, è che questo problema è di solito mal posto (come fatto notare da Seber, 1982). Infatti supponiamo per semplicità che le sopravvivenze; siano all'incirca costanti per tutte le età e che la selettività dell'attrezzo sia approssimativamente a gradino. In formule ciò vuol dire assumere che per ogni j

$$\sigma_j = \sigma$$

$$s_j = 1, \quad u_j = 1 - \exp\{-qE\} = u$$

Ma allora, usando le eq. (4) si ottengono le seguenti relazioni tra le quantità note (sforzo e catture) e i parametri incogniti (reclutamento R , sopravvivenza e catturabilità q):

$$\begin{aligned} h_0 &= u_0 n_0 = uR = (1 - \exp\{-qE\})R \\ h_1 &= u_1 n_1 = u \sigma (1-u) n_0 = \sigma (1-u) h_0 = \exp\{-qE\} \sigma h_0 \\ &'' \\ &'' \\ h_m &= \exp\{-qE\} \sigma h_{m-1} \end{aligned}$$

E' facile notare che in queste relazioni i tre parametri da stimare R , q e σ non compaiono separatamente, bensì sempre nelle due combinazioni $(1 - \exp\{-qE\})R$ e $\exp\{-qE\} \sigma$. Perciò non solo queste due combinazioni che possono venire stimate, qualsiasi metodo statistico si decida di usare, ed è ovviamente impossibile risalire da queste due combinazioni ai tre parametri separatamente.

La conclusione è che, se la situazione è di equilibrio, come rappresentato in Fig. 2, è impossibile separare la mortalità naturale da quella provocata dal prelievo ed è impossibile stimare il reclutamento. L'operazione di stima può avere successo solo se c'è sufficiente variabilità nelle selettività s_j , ma in pratica queste raramente differiscono di molto da un andamento a gradino.

E' perciò essenziale che gli sforzi varino sufficientemente nel tempo in modo che la situazione non sia all'equilibrio se si vuol sperare di ottenere delle buone stime dei parametri del modello. Naturalmente bisogna avere dati non più relativi ad un dato istante, bensì relativi ad una coorte. In questo caso la relazione (5) si modifica come segue

$$u_j = 1 - \exp(-qE_j s_j)$$

dove E_j è lo sforzo dopo j anni dal reclutamento della coorte. Supponendo ancora per semplicità sopravvivenze costanti e selettività a gradino, la dinamica della coorte e le catture nei diversi anni sono date da relazioni del tutto analoghe alle (4) e cioè

$$\begin{aligned} n_0 &= R \\ n_1 &= \sigma (1 - u_0) n_0 = \sigma R \exp(-qE_0) & h_0 &= u_0 R \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ n_m &= \sigma (1 - u_{m-1}) n_{m-1} = \sigma n_{m-1} \exp(-qE_{m-1}) & h_{m-1} &= u_{m-1} n_{m-1} \end{aligned} \quad (6)$$

dove i pedici, invece di indicare le diverse classi di età, indicano l'età della coorte. Data una terna di parametri R , q e σ è possibile mediante le (6) calcolare tutte le grandezze di interesse. Una volta scelto un criterio di adattamento ai dati è poi possibile mediante un algoritmo ricercare la terna ottima secondo quel criterio. Ad esempio una scelta abbastanza naturale è quella di scegliere come stima di R , q e σ quei valori che rendono minimo lo scarto quadratico tra i dati di cattura e le catture calcolate mediante le relazioni (6); in altri termini si risolve il problema

$$\min_{R, q, \sigma} \sum_j (h_j - h_{Dj})^2$$

dove D_{Dj} sono i dati di cattura. Pur essendo un problema che comporta calcoli un pò più onerosi che non l'adattamento di una curva di crescita, concettualmente non v'è alcuna differenza. Naturalmente esistono i metodi tradizionali, quali quello di Beverton e Holt (1957), di Paloheimo (1961), di Chapman (1961), che con trasformazioni, approssimazioni, ecc. cercano come al solito di ricondurre il tutto a regressioni lineari o quasi lineari.

POPOLAZIONI CON LEGAME TRA STOCK PARENTALE E RECLUTAMENTO

Per parecchie popolazioni marine non è accettabile assumere che il reclutamento sia indipendente dallo stock parentale (si vedano ad esempio i dati riportati da Cushing, 1978). Ricker (1954) fu forse il primo a studiare quantitativamente il fenomeno e a proporre, con riferimento soprattutto agli stock di salmone del Pacifico (genere

Oncorhynchus), la sua famosa relazione

$$R = P \exp[\alpha (1 - P/P_r)]$$

dove R è il reclutamento, P lo stock parentale, α e P_r due coefficienti, di cui il secondo ha il significato di stock all'equilibrio (ponendo $P = P_r$ si ha $R = P_r$).

Di solito, quando c'è dipendenza del reclutamento dallo stock, la tendenza è sempre stata quella di non considerare la struttura d'età per non complicare troppo le cose. Tanto per fissare le idee si può ipotizzare uno schema della dinamica della popolazione adulta come quello riportato in Fig. 3.

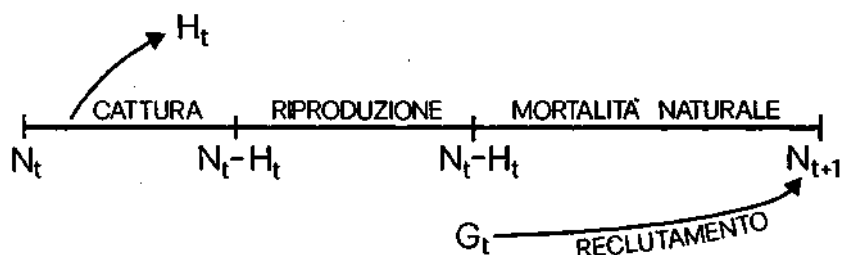


Fig. 3 - Schema di successione degli eventi per una popolazione con dipendenza del reclutamento dallo stock.

Se si introduce la seguente rotazione

N_t = N° di adulti nel periodo (ad es. anno) t

G_t = N° di giovani nel periodo t

H_t = N° di adulti catturati nel periodo t

allora G_t è funzione degli adulti scampati alla cattura $N_t - H_t$ e d'altra parte il numero di adulti nel periodo t+1 è costituito sia dal reclutamento dei giovani sia dalla sopravvivenza degli adulti scampati. Perciò in definitiva N_{t+1} è funzione degli adulti non catturati $N_t - H_t$:

$$N_{t+1} = F(N_t - H_t) \quad (.)$$

La funzione F (.) può assumere diverse espressioni. Oltre a quella già ricordata di Ricker, un'altra molto usata è la relazione di Beverton e Holt (1957):

$$N_{t+1} = \frac{\phi (N_t - H_t)}{1 + \beta (N_t - H_t)} \quad (7)$$

Supponiamo che le informazioni sulla popolazione si possano attingere

solo da dati di prelievo e di sforzo. In generale la cattura H_t è funzione sia dello stock N_t sia dello sforzo E_t nel periodo t . Un'espressione molto adoperata è quella già introdotta nel precedente paragrafo, ovvero

$$N_t = N_t [1 - \exp(-qE_t)] \quad (8)$$

dove q è il coefficiente di catturabilità.

Date queste premesse, il problema più importante che si pone è quello di stimare i parametri della relazione stock-reclutamento, la sopravvivenza, il coefficiente di catturabilità e l'abbondanza iniziale a partire da una sequenza di catture e sforzi rilevati in anni successivi: H_{D1} , E_{D1} , H_{D2} , E_{D2} , H_{D3} , E_{D3} , ecc. Senza pretendere di formulare grandi teorie, vediamo su di un esempio concreto come procedere seguendo l'approccio già tratteggiato nei precedenti paragrafi. I dati scelti sono quelli relativi alla pesca del merluzzo in Adriatico dal 1958 al 1971 raccolti da Levi e Giannetti (1973). Essi sono riportati in Fig. 4 e, come si può notare ad occhio, sono caratterizzati da

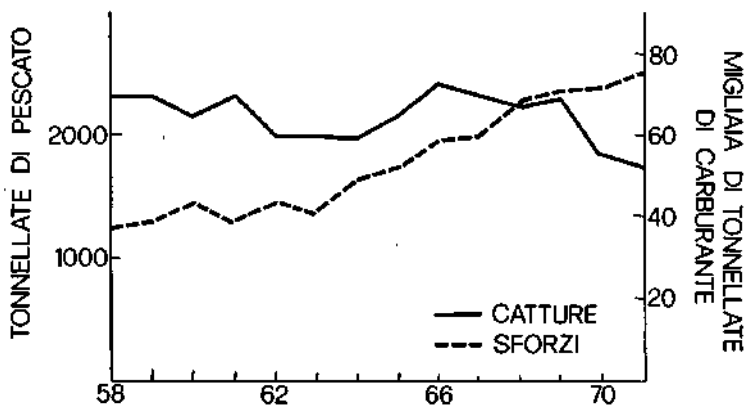


Fig. 4 - Dati sulla pesca del merluzzo in Adriatico (da Levi e Giannetti, 1973).

un leggerissimo trend decrescente nelle catture e da un deciso trend crescente negli sforzi (misurati mediante il consumo di carburante da parte dei pescherecci).

Le elaborazioni fatte su questi dati e che verranno tra un momento illustrate vanno prese come esempio di una procedura di stima adottabile. Assumiamo inizialmente come modello di dinamica della popolazione e come relazione tra catture e sforzi la (7) e la (8). Fissati dei valori di σ , β , q , N_1 , è possibile, conoscendo gli sforzi E , calcolare in successione, a partire da N , i valori di H_1 , N_2 , H_2 , N_3 , H_3 ,

ecc. e valutare lo scarto quadratico medio con le catture effettivamente rilevate

$$(\sum_j (h_j - H_{Dj})^2 / 10)^{1/2}$$

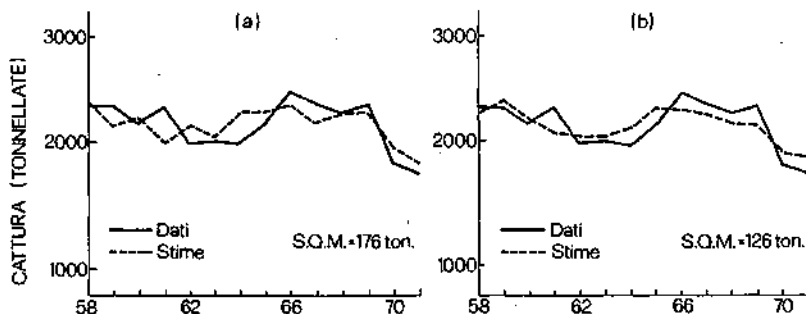


Fig. 5 - Adattamento del modello ai dati di Fig. 4: (a) un anno di ritardo tra stock e reclutamento; (b) due anni di ritardo.

dove 10 (14 dati - 4 parametri) è il numero di gradi di libertà. Mediante la routine PATER (Baldiessa et al., 1981), che realizza l'algoritmo di Pattern Search, è stata trovata la quaterna di valori di α , β , q , N_1 che rende minimo lo scarto quadratico medio. L'adattamento del modello ai dati reali di cattura è mostrato in Fig. 5a. Poiché è sembrato che il modello avesse una certa tendenza ad "anticipare" la realtà, s'è pensato che ciò potesse essere dovuta al fatto che il reclutamento avviene con più di un anno di ritardo e s'è dunque ripetuta la procedura sostituendo nell'eq. (7) N_{t+2} ad N_{t+1} . In effetti lo scarto quadratico medio scende da 176 a 126 tonnellate e l'adattamento ai dati di cattura è migliore (si veda la Fig. 5b). Naturalmente si potrebbe reiterare la procedura provando con altre relazioni cattura-sforzo o stock-reclutamento, ma supponiamo di essere soddisfatti e fermiamoci a questo punto. Le stime dei parametri ottenute sono le seguenti:

$$\begin{aligned} \hat{\alpha} &= 5.33 & \hat{\beta} &= 8.83 \times 10^{-4} \text{ ton.}^{-1} \\ \hat{q} &= 0.186 \times 10^{-4} & & (\text{ton. carb.})^{-1} \\ \hat{N}_1 &= 4504 \text{ ton.} \end{aligned}$$

da cui si può ottenere una stima della capacità portante ovvero dello stock all'equilibrio naturale

$$\hat{K} = (\hat{\alpha} - 1) / \hat{\beta} = 4903 \text{ ton.}$$

La relazione che lega il numero di adulti scampati alla cattura con il numero di adulti catturabili che ne risulteranno due anni dopo è

riportata in Fig. 6, mentre l'andamento nel tempo dello stock e delle catture è mostrata in Fig. 7. Entrambe le figure provano l'entità del sovrasfruttamento del merluzzo, una conclusione questa del resto già tratta nello studio di Levi e Giannetti (1973).

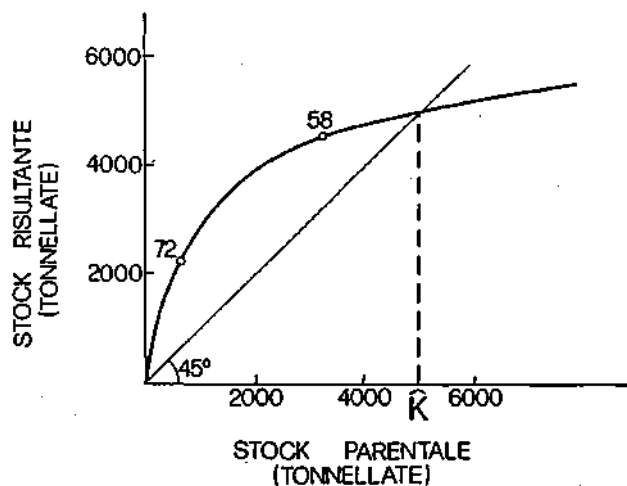


Fig. 6 - Relazione tra stock risultante e stock parentale per il merluzzo dell'Adriatico. I due circoletti sulla curva indicano la situazione iniziale del 1958 e quella finale del 1972. Le situazioni relative agli anni intermedi si trovano su posizioni intermedie.

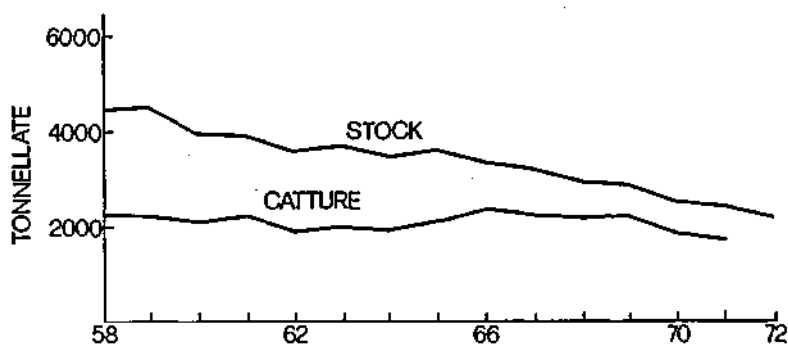


Fig. 7 - Andamento nel tempo dello stock (stima) e delle catture per il merluzzo dell'Adriatico.

Tradizionalmente quest'area di applicazione dei metodi quantitativi viene indicata con la dizione "modelli di produzione" e come al solito esistono numerose procedure di stima entrate nell'uso che fanno perlopiù riferimento a situazioni particolari. Tra le tante citiamo quella di Schaefer (1954), che fu forse la prima e fu applicata al tonno del Pacifico, e quella di Pella e Tomlinson (1969). Più recentemente c'è stato lo sforzo di considerare sia la struttura d'età sia la dipendenza stock-reclutamento (si veda Alien e Basasibwaki, 1974 e Deriso, 1980).

IL PROBLEMA DELLA PREVISIONE

Un cenno brevissimo a questo problema. Esso sembra concettualmente semplicissimo alla luce di quanto detto nei paragrafi precedenti. Ad esempio, quando si sia stimata per una certa popolazione marina una curva di stock-reclutamento, per sapere quale sarà il reclutamento che consegnerà ad un certo stock basta leggerne il valore sulla curva. Ma le cose in realtà non sono proprio così banali; per rendersene conto basta dare un'occhiata alla Fig. 8 che riporta i dati relativi alla popolazione di salmoni sockeye (*Oncorhynchus nerka*) del fiume Skeena (British Columbia, Canada). La curva di stock-reclutamento stimata

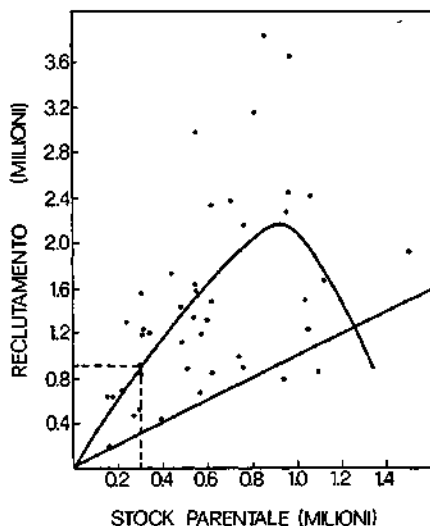


Fig. 8 - Dati 1908-1970 sugli stock e i reclutamenti per il salmone sockeye del fiume Skeena (da Walters, 1975). La curva rappresenta una relazione stock-reclutamento media. I tratteggi indicano che in base a tale relazione la previsione del reclutamento che consegue a uno stock parentale di 300 migliaia di individui è di 900 migliaia.

serve a predire dei valori medi attorno ai quali c'è però una notevole varianza: perciò la capacità predittiva del modello è abbastanza bassa.

A questa situazione si può porre rimedio radicalmente solo sapendo quali sono i fattori che influenzano il futuro della popolazione e di cui non s'è tenuto conto (ad es. variabili oceanografiche) ed essendo capaci di prevedere l'andamento futuro di tali fattori. In realtà però questo non accade quasi mai e un rimedio seppur parziale è quello di dare per scontata una notevole dose di variabilità casuale nei fenomeni e di tenerne conto mediante modelli cosiddetti stocastici. Ad esempio in una curva stock-reclutamento ad ogni stock parentale vengono associati diversi reclutamenti con diverse probabilità. Alien (1973) ha provato, sempre per il salmone sockeye dello Skeena, la validità di una relazione di Ricker stocastica, ottenuta da quella solita semplicemente premoltiplicando per $\exp(\theta_t)$ dove θ_t è una variabile casuale normale a media nulla.



Fig. 9 - Densità di probabilità di catture per il salmone sockeye, fiume Skeena, con due diverse strategie di pesca (da Walters, 1975).

I modelli stocastici hanno una notevole utilità in quanto permettono di fare delle previsioni "in probabilità". Tanto per dare un'idea si veda la Fig. 9, in cui Walters (1975), sulla base del modello di Alien e sempre con riferimento al sockeye del fiume Skeena, mostra la probabilità prevista per diverse catture usando due differenti strategie di controllo della pesca: una è quella che era adottata nel 1975 per gestire lo stock e che consisteva nel lasciare scampare ogni anno un numero costante di riproduttori, l'altra è quella che era suggerita da Walters e che era più articolata. Si noti che, nonostante che le due strategie forniscano all'incirca la stessa cattura media, la nuova

strategia suggerita sia caratterizzata da una varianza molto minore, una qualità che la rende decisamente preferibile dal punto di vista produttivo. Questo esempio dovrebbe quindi far comprendere l'importanza pratica di questi semplici modelli stocastici, che permettono di raggiungere delle concrete decisioni gestionali anche in mancanza di informazioni molto accurate sulla dinamica di una popolazione.

CONCLUSIONI

I metodi quantitativi in dinamica di popolazioni marine, pur avendo una lunga tradizione di eccellenza e rigore, stanno subendo una radicale trasformazione a causa della disponibilità sempre maggiore di potenti mezzi di calcolo a basso prezzo. Questo permette non solo l'introduzione di modelli (come quelli stocastici) e di algoritmi (quali la programmazione matematica) sofisticati, il cui effettivo impiego sarebbe stato impensabile una volta, ma dà anche la possibilità di un facile e naturale impiego dei metodi quantitativi a chi non ha alle spalle una grande preparazione statistico-matematica. Ciò ha il grande merito di ridurre le storiche incomprensioni tra il biologo marino sperimentale e il biologo teorico e quantitativo.

RIASSUNTO

Scopo di questo articolo è fornire una sintetica panoramica critica sui metodi quantitativi (cioè matematico-statistici) che vengono correntemente usati in dinamica di popolazioni marine. Viene messa enfasi sul fatto che la disponibilità di calcolatori potenti a basso prezzo e di algoritmi efficienti per la soluzione di problemi complessi rendono la maggior parte dei metodi tradizionali, nonostante la loro ingegnosità, datati e a volte complicati. Questa affermazione è dimostrata per mezzo di un semplice esempio (l'adattamento di una curva di crescita a dei dati), che mette in evidenza anche un altro fatto importante, ovvero che i problemi possono ora essere risolti in una maniera più naturale, logica e comprensibile.

L'articolo procede poi ad analizzare tre situazioni tipiche. Dapprima viene illustrato il caso di crescita malthusiana: viene messa in rilievo l'utilità del modello di Leslie per popolazioni che vanno lentamente ricostituendosi, come ad es. molti mammiferi marini, e viene delineato un semplice metodo per stimare le sopravvivenze. In secondo luogo viene descritta la situazione di reclutamento costante. Si mostra che il problema di stimare coefficienti di mortalità e reclutamento a partire da catture e sforzi può essere mal posto se una coorte non incontra condizioni sufficientemente variabili nel corso della sua vita. Quando è ben posto, il problema si riduce ad un programma matematico. Come terzo caso vengono trattate le relazioni tra stock e reclutamento. Viene illustrato un metodo per stimare parametri vitali a partire da serie storiche di catture e sforzi facendo riferimento alla pesca del merluzzo in Adriatico.

Infine un breve paragrafo viene dedicato al problema della previsione. Si accenna al ruolo giocato dai modelli stocastici.

SUMMARY

The purpose of this paper is to give a synthetic and critical review of the quantitative (i.e., mathematical and statistical) methods that are currently used in marine population dynamics. Emphasis is put on the fact that the availability of powerful and inexpensive computers and of effective algorithms for solving complex problems makes most traditional methods, despite their ingenuity, out of date and sometimes complicated. This assertion is demonstrated through a very simple example - fitting a growth curve to data - which also shows another important fact, namely that problems can now be posed and solved in a more natural, logical and understandable way.

The paper then proceeds with the analysis of three typical situations. First, the case of malthusian growth is illustrated: the usefulness of the Leslie model for slowly rebuilding populations such as many marine mammals is pointed out and a simple method for estimating survivals is outlined. Second, the situation of constant recruitment is described. It is shown how the problem of estimating mortalities and recruitment from catches and efforts can be ill posed if a cohort does not encounter sufficiently variable conditions along its lifetime. When well posed, the problem is reduced to a mathematical program. As a third case we deal with stock-recruitment relationships. A natural method for estimating vital parameters from a sequence of catches and effort is illustrated with reference to the hake fishery of the Adriatic Sea.

Finally, a short section is devoted to the problem of forecasting. The role played by stochastic models is outlined.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN K.R., 1973 - The influence of random fluctuations in the stock-recruitment relationship on the economic return from salmon fisheries. Rapp. Cons. Int. Explor. Mer, 164, 132-137.
- ALLEN R.L. e P. BASASIBWAKI, 1974 - Properties of age structure models for fish populations. J. Fish. Res. Board Can., 31, 1119-1125.
- BALDISSERA C., S. CERI e A. COLONI, 1981 - Metodi di ottimizzazione e programmi di calcolo. CLUP, Milano, 468 pp.
- BARANOV F.I., 1918 - On the question of the biological basis of fisheries. Nauch. Issled. Ikhtiol. Inst. Izv., 1, 81-128.
- BEVERTON R.J.H. e S.J. HOLT, 1957 - On the dynamics of exploited fish populations. U.K. Min. Agr. and Fish., Fish. Invest. (Ser. 2), 19, 533 pp.
- CHAPMAN D.G., 1961 - Statistical problems in the dynamics of exploited fish populations. Proc. Fourth Berkeley Symp. on Mathematical Statistics and Probability, 152-168.
- CUSHING D.H., 1978 - The problems of stock and recruitment. In: Fish population dynamics, Gulland J.A. ed., J. Wiley & Sons, Chichester, 116-133.
- DERISO R.B., 1980 - Harvesting strategies and parameter estimation for an age-structured model. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37, 268-282.

- GATTO M., 1985 - Introduzione all'ecologia delle popolazioni. CLUP, Milano, 332 pp.
- GRAHAM M., 1935 - Modern theory of exploiting a fishery, and application to North Sea trawling. J. Cons. Expl. Mer., 10, 264-274.
- LE BOEUF B.J., 1981 - The elephant seal. In: Problems in management of locally abundant wild mammals, Jewell P.A. e Holt S.J. eds., Academic Press, New York, 291-301.
- LESLIE P.H., 1945 - On the use of matrices in certain population mathematics. Biometrika, 33, 183-212.
- LESLIE P.H., 1948 - Some further notes on the use of matrices in population mathematics. Biometrika, 35, 213-245.
- LEVI D. e G. GIANNETTI, 1973 - Fuel consumption as an index of fishing effort. Stud. Rev. GFCM-FAO, 53, 1-17.
- PALOHEIMO J.E., 1961 - Studies on estimation of mortalities. I. Comparison of a method described by Beverton and Holt and a new linear formula. J. Fish. Res. Board Can., 18, 645-662.
- PELLA J.J. e P.K. TOMLINSON, 1969 - A generalized stock production model. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull., 13, 419-496.
- PETERSEN C.G.J., 1896 - The yearly immigration of young plaice into the Limfjord from the German Sea. Rept. Danish Biol. Sta. for 1895, 6, 1-48.
- PHILLIPS D.T., A. RAVINDRAN e J.J. SOLBERG, 1976 - Operations Research. J. Wiley, New York, 585 pp.
- RICKER W.E., 1954 - Stock and recruitment. J. Fish Res. Board Can., 11, 559-623.
- RICKER W.E., 1958 - Handbook of computations for biological statistics of fish populations. Fish. Res. Board Can. Bull., 119, 300 pp.
- RICKER W.E., 1975 - Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Fish. Res. Board Can. Bull., 191, 382 pp.
- SCHAEFER M.B., 1954 - Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull., 1, 27-56.
- SEBER G.A.F., 1982 - The estimation of animal abundance. 2nd edition. C. Griffin, London, 654 pp.
- WALTERS C.J., 1975 - Optimal harvest strategies for salmon in relation to environmental variability and uncertainty about production parameters. J. Fish. Res. Board Can., 32, 1777-1784.
- WOODHOUSE C.D.J., R.K. COVAN e L.R. WILCOXIN, 1977 - A summary of knowledge of the sea otter (Enhydra lutris) in California and an appraisal of the completeness of biological understanding of the species. U.S. Dept. of Commerce, NTIS PB-270 374, Springfield, Virginia, 71 pp.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	83 - 97	1985

APPUNTI SULLO ZOOPLANKTON DEL MEDITERRANEO

B. Scotto di Carlo

Stazione Zoologica di Napoli

J

Il Mediterraneo è un bacino semichiuso, la cui unica comunicazione con l'oceano aperto è rappresentata dallo Stretto di Gibilterra, di 15 Km di larghezza e con una soglia di 320 m di profondità massima. Questa piccola apertura condiziona e determina le caratteristiche idrologiche ed ecologiche dell'intero bacino. Dal punto di vista oceanografico, infatti, il Mediterraneo, con il suo bacino idrico negativo, può essere considerato come un esempio di estuario inverso (Cruzado, 1983). Per compensare la perdita dovuta ad evaporazione, che è maggiore degli apporti derivanti dalle precipitazioni atmosferiche e dallo scarico dei fiumi, il Mediterraneo riceve, attraverso lo Stretto di Gibilterra, una massa d'acqua superficiale dall'Atlantico. Il processo di trasformazione di questa acqua superficiale meno densa, perchè a più basso contenuto salino, nella tipica acqua mediterranea più densa e salata che fuoriesce in profondità dallo Stretto verso l'Atlantico, è in sintesi il problema oceanografico più importante del Mediterraneo (Lacombe & Tchernia, 1972). La mancanza di comunicazione in profondità tra l'Atlantico ed il Mediterraneo, infatti, fa sì che le acque profonde di questo bacino si formino esclusivamente al suo interno, per effetto di un aumento di densità delle acque superficiali in inverno. Questo processo, che è essenzialmente termico, dà luogo alla formazione di acqua profonda, relativamente omogenea in tutto il Mediterraneo, caratterizzata da alta temperatura e salinità. Le acque intermedie, che sono il risultato di processi di convezione invernali, si trovano ad una profondità compresa tra 200 e 700 m. Quelle che si formano nel Mediterraneo occidentale (sud della Francia), caratterizzate da valori di temperatura e di salinità inferiori a quelli delle acque superficiali, hanno una distribuzione limitata, mentre quelle che si formano nel bacino orientale (Acqua Intermedia Levantina) si diffondono in tutto il Mediterraneo (Hopkins, 1978). Dalla sua area di formazione a sud della Turchia e attorno all'isola di Cipro (Lacombe & Tchernia, 1975) ed al largo delle coste egiziane (Morcos, 1972), l'acqua intermedia levantina scorre verso ovest dove, pur mescolandosi, resta sempre identificabile per un massimo verticale di salinità e di temperatura, per tutto il bacino occidentale (Wüst, 1961).

L'assenza di una vera fauna planctonica profonda è il risultato più appariscente del regime idrografico delle acque profonde del Mediterraneo ed è la caratteristica che maggiormente lo differenzia dagli oceani.

D'altra parte lo Stretto di Gibilterra non soltanto impedisce l'ingresso delle specie profonde atlantiche, ma anche sembra non rappresentare attualmente un'importante via di passaggio per le specie superficiali oceaniche, la cui diffusione in Mediterraneo è probabilmente limitata al mar d'Alboran (Scotto di Carlo & Ianora, 1983).

Tuttavia la maggior parte delle specie planctoniche mediterranee sono di origine atlantica, se si eccettuano alcune recenti immigrazioni dal mar Rosso dopo l'apertura del Canale di Suez. Si può perciò ritenere la fauna planctonica mediterranea una fauna relitta, isolata dall'oceano a causa degli eventi geologici che hanno interessato il bacino.

La storia della formazione del Mediterraneo, come oggi ci appare, è stata ricostruita attraverso la grande massa di dati, sia geologici che paleontologici, raccolti durante lo svolgimento del programma internazionale "Deep Sea Drilling", ed efficacemente sintetizzata dai partecipanti al progetto (Hsü et al., 1978). All'inizio del Terziario il Mediterraneo faceva ancora parte del grande bacino della Tetide, che si estendeva dal Pacifico all'Atlantico. La sua fauna, come è rilevabile dai numerosissimi resti fossili, presenta forti affinità indopacifiche (Ekman, 1953). Nel Burdigaliano (Miocene inferiore) si chiude la comunicazione ad est, nel Messiniano (tardo Miocene) anche la comunicazione con l'Atlantico si interrompe. Il Mediterraneo diviene allora un grande lago salato, con intensa evaporazione, testimoniata dalle formazioni evaporitiche che ricoprono tutto il fondo del bacino. Alla fine di questo periodo il Mediterraneo assume la fisionomia di una depressione desertica, costellata di laghi salmastri. La fauna planctonica deve aver subito profondissime trasformazioni, ed è pensabile che abbia assunto i caratteri di una vera e propria fauna salmastra. Una trasformazione di questo tipo è effettivamente riportata da Benson (1976) per gli Ostracodi bentonici messiniani. Nel Pliocene la comunicazione con l'Atlantico riprende; ed il Mediterraneo viene ricolonizzato da specie atlantiche. Se l'ingressione delle acque oceaniche fosse avvenuta attraverso lo Stretto, con una profondità non molto dissimile da quella attuale, come si riteneva (Hsü et al., 1973), semplice sarebbe la spiegazione della mancanza di una fauna batiale in Mediterraneo, in quanto alle acque fredde e profonde dell'Atlantico era precluso il passaggio. Tuttavia l'analisi di reperti fossili, in particolare di foraminiferi (Wright, 1978) e di Ostracodi (Benson, 1978), ha rivelato la presenza in alcune zone, la più studiata in Sicilia (Formazione dei Trubi), di una tipica fauna batiale di origine atlantica sovrapposta ad una fauna di tipo salmastro. Questi ritrovamenti, confermati da numerose evidenze geologiche e dallo studio delle paleotemperature di formazione di brecce plioceniche nel mar Tirreno (Bernoulli et al., 1978), porterebbero a credere che l'invasione delle acque atlantiche in Mediterraneo sia stata molto rapida e attraverso una comunicazione molto più ampia e profonda dell'attuale Stretto di Gibilterra, tale quindi da consentire il passaggio di acque profonde e l'instaurarsi di una fauna batiale atlantica.

Tale apertura viene in effetti individuata nella "Lingua della Tetide" (Benson, 1976), un ampio passaggio tra la Spagna e l'Africa, con una profondità stimata di circa 2000 metri. Lo Stretto di Gibilterra, nella sua conformazione attuale, sarebbe posteriore e databile come Pleistocene o, al più, tardo Pliocene (Glangeau et al., 1970).

Secondo queste vedute in Mediterraneo, dopo la crisi di salinità, si sarebbe impiantata una circolazione psicosferica, come quella oceanica, con un termoclino permanente profondo, al disotto del quale viveva una fauna batiale fredda. Se questo è vero la scomparsa della

fauna planctonica profonda in Mediterraneo sarebbe un fenomeno secondario avvenuto in un periodo relativamente recente, comunque post-pliocenico, quando, con il restringimento della comunicazione con l'Atlantico, si instaurò una circolazione termosferica, senza quindi il termoclino profondo. Le specie batiali atlantiche sarebbero allora scomparse in seguito ai profondi mutamenti delle condizioni ambientali indotti dal nuovo modo di "funzionare" del Mediterraneo. L'attuale struttura della popolazione zooplanctonica sarebbe quindi il risultato dei nuovi equilibri che si sono prodotti dopo il parziale isolamento di questo bacino dall'Oceano Atlantico. Ne consegue che la fauna planctonica del Mediterraneo attuale possiede caratteri di originalità suoi propri ed è completamente distinta da quella dell'oceano, da cui è sostanzialmente separata. In questo quadro la definizione di Provincia Atlanto-Mediterranea fornisce più un'indicazione di ordine paleobiogeografico che di biogeografia attuale.

RAPPORTI TRA LA FAUNA ATLANTICA E LA FAUNA MEDITERRANEA. IL PROBLEMA DEGLI INDICATORI IDROLOGICI.

In linea teorica, per gli organismi planctonici superficiali e subsuperficiali atlantici, lo Stretto di Gibilterra non dovrebbe costituire una barriera alla loro diffusione in Mediterraneo. Anche molte specie di profondità potrebbero non essere ostacolate in questo passaggio a causa del loro comportamento (migrazioni verticali ontogenetiche, migrazioni verticali nictemerali e stagionali).

Partendo da questo presupposto, Furnestin (1966, 1968) propose uno schema di distribuzione della fauna planctonica, secondo il quale la diversità del popolamento nei vari bacini del Mediterraneo occidentale era soprattutto dovuta all'influenza della corrente atlantica. Seguendo il ramo principale di questa corrente e le sue ramificazioni, il numero di specie, massimo nel mar d'Alboran, subirebbe una progressiva diminuzione andando verso est. Il più basso numero di specie si incontrerebbe nel Tirreno settentrionale, nel mar Ligure e nel Golfo del Leone. In base ai dati disponibili a quel tempo, Furnestin individuò un gran numero di specie, appartenenti ai diversi gruppi planctonici, indicatrici di acqua atlantica, la cui presenza in Mediterraneo permetterebbe di seguire il tragitto della corrente atlantica e di determinare anche l'intensità. Questo modello, stimolante, ma un pò schematico, soprattutto perchè teneva in scarsa considerazione le differenti scale temporali che governano i fenomeni idrologici e biologici, fu accolto in maniera abbastanza acritica dai planctonologi mediterranei. Specie indicatrici di acqua atlantica sono state segnalate in tutto il bacino del Mediterraneo, anche nelle zone più lontane da Gibilterra, come il bacino levantino (Lakkis, 1971). L'estendersi delle ricerche sullo zooplancton hanno in realtà dimostrato la relativa abbondanza di queste specie in tutto il Mediterraneo (Hure & Scotto di Carlo, 1968; Kiortsis et al., 1969; Lakkis, 1971; Vives, 1978; Hure et al., 1980; Scotto di Carlo et al., 1984). Così molte specie che erano state considerate come indicatrici di acque atlantiche, come ad es. i copepodi Mecynocera clausi, Calocalanus styliremis, Ctenocalanus vanus, Isias clavipes, Lucicutia flavicornis e molte altre (Mazza, 1966),

sono ora da considerarsi specie indigene del Mediterraneo.

E' in ogni caso, molto difficile valutare il contributo che le specie atlantiche forniscono alla fauna mediterranea. Nel mar d'Alboran la ricchezza specifica risulta certamente maggiore che in altre aree. Copepodi come Pseudocalanus elongatus, Temora longicornis, Pleuromamma borealis, Centropages chierchiae, di sicura provenienza atlantica, possono, in alcuni periodi dell'anno, assumere una certa importanza quantitativa nel mar d'Alboran (Vives et al., 1975; Rodriguez et al., 1982; Carbonell & Jansà, 1983). Ancora più difficile è però valutare gli scambi tra Atlantico e Mediterraneo delle specie che vivono in entrambi i bacini. Furnestin (1979, 1983) riporta vari esempi che indicano che molte di queste specie mostrano popolazioni chiaramente diverse da una parte e dall'altra dello Stretto, così da far supporre che esse non si incontrino tra loro. Differenze morfologiche abbastanza nette sono state notate da diversi autori soprattutto per le forme subsuperficiali e profonde viventi sia in Mediterraneo che in oceano. In particolare Casanova (1977, 1981) individua sottospecie mediterranee tra i decapodi Acanthephyra pelagica, Sergestes robustus e S. corniculatus. Più in generale quest'autore mette l'accento sulle differenze morfologiche che distinguono tutte le specie di misidacei e decapodi da lui esaminate viventi in entrambi i settori e sull'assenza di forme intermedie. Inoltre in Mediterraneo verrebbero eliminate, non soltanto le specie estranee, ma anche gli individui di specie in esso presenti, ma appartenenti alla popolazione atlantica. L'autore conclude quindi che gli scambi faunistici tra Mediterraneo e Atlantico possono al più accrescere temporaneamente la ricchezza di una zona limitata, come il mar d'Alboran, ma in ogni caso essi non hanno effetti durevoli, in quanto non si produce nè nuova colonizzazione nè incroci tra forme di una stessa specie separate dallo stretto.

Anche Rampai (1975) parla di razza mediterranea per alcune specie di Pteropodi, come Cavolinia inflexa imitans, Clio pyramidata lanceolata, Cymbulia peroni, che sarebbero incapaci di vivere ad ovest dello stretto. Lo stesso autore (Rampai, 1981) riporta che le rare specie atlantiche che riescono a superare lo Stretto di Gibilterra restano confinate quasi esclusivamente al mar d'Alboran. L'estrema rarità degli esemplari giovanili, e quindi della riproduzione, testimonierebbe inoltre in favore di un'ipotesi di sopravvivenza precaria delle specie provenienti dall'Atlantico.

Un'altro esempio di separazione tra popolazione atlantica e mediterranea ci viene fornito dal Copepode Pseudocalanus elongatus. Questa tipica specie neritica, comune in Atlantico e nel mar d'Alboran, è molto abbondante nel medio ed alto Adriatico (Vucetic, 1957; Hure & Scotto di Carlo, 1969) e nel mar Nero (Porumb, 1972). Sulla base di studi biometrici Vives et al., (1981) dimostrano che esiste una netta distinzione tra la forma del mar d'Alboran, di chiara origine atlantica, e quelle dell'Adriatico e del mar Nero che, secondo gli autori, sarebbero interpretabili come popolazioni relitte.

Altri esempi di differenze morfologiche tra forme atlantiche e mediterranee sono riportate per altri gruppi planctonici, come Chetognati (Furnestin, 1957), Eufausiacei (B. Casanova, 1981) e Taliacei (Godeaux, 1981).

Anche se risulta difficile, sulla base di criteri morfologici, stabilire se le variazioni osservate abbiano carattere fenotipico o genetico, tuttavia gli esempi riportati portano a ritenere che gli apporti di fauna planctonica dall'Atlantico siano abbastanza trascurabili e che la popolazione mediterranea stia evolvendo in maniera indipendente da quella atlantica e che il Mediterraneo stesso sia sede di fenomeni di attiva speciazione. Di notevole interesse sarebbe effettuare ricerche sulla possibilità di ibridazione tra forme provenienti dai due bacini, anche se, per gli organismi planctonici, esse presentano particolari difficoltà. Ricerche di questo tipo su copepodi bentonici arcticoidi dei generi *Tisbe* e *Tigriopus* hanno messo in evidenza l'esistenza di barriere riproduttive tra popolazioni mediterranee ed extramediterranee e si sono individuate specie in "statu nascendi" (Battaglia, 1981; Bisol, 1981; Fava, 1981). A mio avviso, sarebbero da attendersi risultati dello stesso tipo anche per un gran numero di organismi planctonici.

RAPPORTI TRA LA FAUNA DEL MEDITERRANEO E LA FAUNA DEL MAR ROSSO. IL FENOMENO DELLE MIGRAZIONI LESSEPSIANE.

L'apertura del Canale di Suez, nel 1869, ha rimesso in comunicazione il Mediterraneo con la regione indo-pacifica, dopo un periodo valutabile intorno ai 10 milioni di anni. Il risultato di questo avvenimento è stato che un certo numero di organismi, sia pelagici che bentonici, sono entrati in Mediterraneo dal mar Rosso, dando luogo al fenomeno che Por (1969, 1971) indica con il nome di migrazioni lessepsiane (dal nome dell'ingegnere Ferdinando de Lesseps che progettò il taglio dell'Istmo di Suez).

Gli organismi oloplanctonici che possono essere definiti "migratori lessepsiani" non sono tuttavia molto numerosi. Tra di essi possiamo citare i copepodi *Calanopia elliptica*, *C. media*, *Acartia centrura* (Berdugo, 1968, 1974), *Labidocera madurae*, *Acartia detruncata* e *A. fossae* (Lakkis, 1981). Gli ostacoli che si oppongono a queste migrazioni sono di diversa natura. Innanzitutto l'ostacolo topografico: le bassissime profondità del Canale di Suez permettono il passaggio soltanto delle tipiche forme neritiche. Un altro ostacolo, di natura idrologica, consiste nelle grandi differenze di salinità tra il Golfo di Suez, i laghi Amari ed il Mediterraneo allo sbocco del Canale, dove la salinità subisce una forte diminuzione a causa delle acque del Nilo. Attualmente le differenze di salinità tra questi tre ambienti sono meno accentuate, in quanto, da una parte la salinità dei laghi Amari è andata diminuendo fino a raggiungere valori che sono soltanto il 2% più alti di quelli del mar Rosso (Miller, 1972), dall'altra la recente costruzione della diga di Assuan, nel 1966, ha prodotto un innalzamento della salinità nell'area mediterranea antistante il canale. Secondo alcuni autori (Halim, 1976) la combinazione di questi due eventi avrebbe favorito una più intensa migrazione di specie dal mar Rosso al Mediterraneo. Nella sua revisione sull'argomento delle migrazioni lessepsiane, Por (1978) afferma invece che non vi sono indicazioni di un rapido incremento di migratori, ma piuttosto sembra che il processo tenda verso un equilibrio asintotico.

Le scarse conoscenze sul plancton del bacino levantino non permettono di dare una risposta a tutti i quesiti sollevati intorno al fenomeno delle migrazioni lessepsiane e di distinguere un vero migratore (cioè adattato all'ambiente mediterraneo) da organismi che occasionalmente possono passare attraverso il canale, ma che non sono in grado di sopravvivere nel nuovo ambiente. Si può comunque ipotizzare (Por, 1978) che migratori lessepsiani possono diventare soltanto quegli organismi che vivono nell'ambiente del Canale di Suez per alcuni periodi o generazioni e che il canale stesso agisca da imbuto filtratore nei riguardi delle specie del mar Rosso. Se questo è vero saranno ovviamente ben poche le specie oloplanctoniche indo-pacifiche che hanno potuto o potranno invadere nel futuro l'ambiente mediterraneo.

BIOMASSE ZOOPLANCTONICHE E COMPOSIZIONE SPECIFICA

Il Mediterraneo, più che un'entità unica, è un mosaico di subregioni aventi differenti scale spaziali e con differenti modelli idrografici. Questa diversità influenza soprattutto l'intensità dei processi di produzione che nelle varie regioni hanno luogo e che, per quanto riguarda lo zooplancton, si traduce essenzialmente in marcate variazioni della biomassa tra un'area e l'altra.

Nel bacino occidentale un'area particolarmente ricca è il mar di Alboran, dove il fiume di acqua superficiale proveniente dall'Atlantico si dirige verso nord-est formando un vortice anticiclonico che produce un ispessimento dello strato superficiale nella zona centrale, con conseguenti risalite temporanee di acqua più profonda (Cruzado, 1983). Le elevate concentrazioni di nutrienti (Ballester et al., 1969) e l'alta produttività primaria (Estrada, 1981) sono alla base di una biomassa zooplanctonica i cui valori sono tra i più alti registrati nel Mediterraneo, da 20-60 mg/m di peso secco, con punte fino a 200 mg/m lungo la costa settentrionale (Camiñas, 1981).

La regione Algero-Ligure rappresenta un'altra area di forte produzione pelagica del Mediterraneo occidentale, collegata al suo complesso regime idrografico (Cruzado, 1983). I più alti valori di produttività primaria vengono registrati da Sournia (1973) nelle aree di divergenza e da Coste & Minas (1967) nel Golfo del Leone, che questi autori indicano come una regione privilegiata del Mediterraneo in quanto fertilizzata sia dagli apporti fluviali a nord che dagli apporti dovuti alla risalita di acqua profonda a sud. Alti valori di biomassa zooplanctonica sono stati registrati non soltanto nelle aree costiere (Vives, 1968; Arellano-Lennox e Mazza, 1973), ma anche nelle acque aperte ad ovest della Corsica. Qui Nival et al. (1975) trovano valori compresi tra 0,4 e 53,0 mg/m di peso secco in marzo, su campioni prelevati alle profondità di 0, -20, -50 e 75 m. In aprile gli stessi autori registrano incrementi medi dieci volte superiori, con un massimo superficiale di 210 mg/m³.

Nel Mediterraneo orientale l'area di più alta produzione è rappresentata dal mar Adriatico, che può essere considerato uno stretto golfo, fortemente influenzato dagli apporti da terra. La parte settentrionale, di debole profondità, ha un carattere neritico con forti gradienti influenzati soprattutto dalle variazioni stagionali dello

scarico dei fiumi padani. In quest'area, ad un'alta produttività primaria (Relevante & Gilmartin, 1976) fa riscontro una biomassa zooplanctonica parimenti elevata. I molti dati disponibili nella zona (Specchi et al., 1979; Fonda-Umani et al., 1980; Benovic et al., 1984) indicano in particolare nel Golfo di Trieste e nell'area antistante il Po le zone di massima concentrazione, con valori massimi di circa 180 mg/m³ di peso secco. L'Adriatico meridionale, invece, è un bacino relativamente profondo, sottoposto alle incursioni di masse d'acqua originatesi nel Mediterraneo orientale. I valori di biomassa registrati nelle acque aperte di quest'area (Benović et al., 1984), pur risultando di gran lunga inferiori a quelli della parte settentrionale, sono tuttavia molto più alti di quelli riportati per il Mediterraneo orientale.

Negli altri bacini mediterranei sono stati registrati valori di biomassa zooplanctonica nettamente inferiori. Tuttavia alcune limitate aree costiere, particolarmente eutrofizzate, possono sostenere una comunità zooplanctonica quantitativamente molto ricca. Così, per la parte interna del Golfo di Napoli, Ianora et al., (1984) riportano valori di biomassa fino a 52 mg/m di peso secco, ma che rapidamente diminuiscono allontanandosi dalla costa. Anche Yannopoulos e Yannopoulos (1976) hanno riscontrato nelle zone più eutrofizzate della Baia di Elefis elevate biomasse zooplanctoniche (fino a 96.1 mg/m³), mentre valori molto più bassi si avevano nella parte più aperta del Golfo di Saronico. Probabilmente un andamento analogo si ritrovava in molte altre aree costiere per le quali, però, non vi sono misurazioni, o in zone di risalita, come lo Stretto di Messina. Certamente un'area di abbondanza zooplanctonica deve essere quella antistante la foce del Nilo, anche se dopo il 1965, con la costruzione della diga di Assuan, potrebbe essersi verificata una contrazione della comunità zooplanctonica, come già riscontrato a valle (fitoplancton) e a monte (pesci) della catena trofica (Halim, 1976).

Le marcate differenze di produzione pelagica tra le varie subregioni del Mediterraneo non si riflettono, in linea generale, sulla composizione dei popolamenti zooplanctonici. Questi mostrano, infatti, una sostanziale uniformità, le differenze manifestandosi più tra la zona costiera e quella di mare aperto che tra i diversi bacini.

a) Comunità neritica

La comunità neritica del Mediterraneo è caratterizzata dalla dominanza di poche specie che si succedono durante l'anno. Nonostante le differenze, a volte notevolissime, tra i metodi di campionamento usati dai vari autori, i dati di letteratura che si riferiscono allo zooplancton costiero sono infatti abbastanza congruenti. I Copepodi rappresentano la frazione più importante del popolamento per gran parte dell'anno. Le specie dominanti sono Acartia clausi, Paracalanus parvus, Temora stylifera, Centropages typicus, Clausocalanus furcatus, C. arcuicornis, Ctenocalanus vanus e varie specie del genere Oithona (Oithona nana, O. similis, O. plumifera). I Cladoceri, secondi come importanza quantitativa, presentano, a causa della loro strategia riproduttiva (uova durevoli e riproduzione partenogenetica), una mar-

cata stagionalità, con un caratteristico massimo estivo dovuto in particolare al forte incremento di Penilia avirostris. L'altro gruppo quantitativamente importante è quello delle Appendicolarie. Queste sono comuni durante tutto l'anno, ma con due periodi di maggiore abbondanza, il primo in inverno, dovuto soprattutto alle specie del genere Fritillaria (F. pellucida e F. borealis), il secondo in primavera-estate, quando è il genere Oikopleura (O. longicauda) ad essere percentualmente più importante (Fenaux, 1967). Gli organismi gelatinosi, come i Taliacei, pur presenti sporadicamente, possono talora costituire un'importante frazione dello zooplankton costiero, soprattutto in primavera, quando sciame di due specie, Doliolum nationalis e, ancor più Thalia democratica, possono raggiungere densità molto considerevoli. A livello di consumatori secondari i Chetognati (Sagitta setosa, S. enfiata, S. minima) sono probabilmente il gruppo più importante, anche se resta tutto da definire il ruolo che altri predatori, come Ctenofori, Sifonofori e Scifomeduse, svolgono nell'ecosistema pelagico costiero.

Un popolamento zooplanctonico con caratteristiche un po' diverse da quelle sommariamente descritte si ritrova, come già accennato, nel mar d'Alboran, la cui composizione faunistica risente del contatto con l'oceano. Delle numerose specie atlantiche che si rinvenivano in quest'area una in particolare, Centropages chierchiae, sembra addirittura aver soppiantato la congenerica specie mediterranea C. typicus (Rodriguez, 1983). Un'altra anomalia si riscontra all'estremità orientale del bacino levantino, dove le specie provenienti dal mar Rosso, anche se trascurabili in termini di biomassa, sembrano conferire una fisionomia particolare allo zooplankton della regione. Un caso del tutto diverso è rappresentato dal nord Atlantico, dove la comunità neritica presenta caratteri di originalità suoi propri, per la presenza di due specie di Copepodi, Pseudocalanus elongatus e Temora longicornis. Queste due specie, che in Mediterraneo sono legate ad acque di debole salinità, raggiungono il loro massimo di abbondanza in estate, quando espandono la loro area di distribuzione verso sud e verso est seguendo la "piume" del Po e diventando una componente importante della popolazione planctonica per tutto il nord Adriatico e le coste centro meridionali italiane fino al Canale di Otranto (Hure et al., 1980).

b) Comunità di mare aperto

Le acque aperte del Mediterraneo, come quelle degli oceani, sono caratterizzate da una comunità zooplanctonica ad alta diversità specifica e con oscillazioni stagionali molto meno marcate di quelle che si verificano in aree costiere. Tuttavia sembra abbastanza improprio, riferendosi al Mediterraneo, parlare di comunità oceanica. Le acque superficiali lontane dalla costa, infatti, oltre che da specie di mare aperto sono popolate anche da un gran numero di specie neritiche che, durante il loro periodo di massimo annuale, espandono il loro areale di distribuzione contribuendo, esse soprattutto, alle oscillazioni stagionali sia quantitative che in termini di struttura del popolamento.

Quello che maggiormente distingue le acque aperte del Mediterraneo da quelle degli oceani sono però i modelli di distribuzione verticale dello zooplancton. Secondo il modello classico di Vinogradov (1968) negli oceani sono distinguibili tre zone più importanti: una zona superficiale (da 0 a 200 m) popolata da specie epipelagiche; una zona intermedia (200-500 m), popolata da specie interzonali, legate cioè sia ai livelli superficiali che a quelli profondi e comprendente migratori stagionali o giornalieri; una zona profonda (500-6000 m) caratterizzata dalla presenza di specie batipelagiche. Lo stesso autore, tuttavia, propone un modello di distribuzione diverso per i bacini semichiusi, come il Mediterraneo, caratterizzati dalla assenza di specie profonde sostituite da specie di acque intermedie che si spingono a profondità maggiori di quelle alle quali normalmente vivono. Ne consegue che le acque profonde di questa regione possono essere definite in base alla ridotta quantità di plancton e non sulla base di una zonazione verticale delle comunità. Questo modello, secondo Vinogradov, influenza anche il modo di funzionare di questi bacini, in quanto i valori di biomassa in essi riscontrati sono più bassi di quelli delle corrispondenti profondità oceaniche proprio per l'assenza di una vera fauna profonda capace di sfruttare al meglio le scarse risorse disponibili. La fauna di acque intermedie che la sostituisce, per questa sua incapacità, non raggiungerebbe perciò lo sviluppo quantitativo di una vera comunità oceanica.

Vinogradov (1968, 1973) e Vinogradov e Sazhin (1978) svilupparono questo modello soprattutto in base alle loro ricerche nel mar del Giappone e, dai pochi dati disponibili in letteratura, lo estesero agli altri bacini semichiusi, come il bacino polare (mar di Norvegia e mar di Groenlandia), il mar Rosso ed il Mediterraneo. Recentemente, in uno studio incentrato soprattutto sui Copepodi, effettuato nel mar Tirreno su una stazione fissa campionata nei diversi periodi dell'anno con pesche in 12 livelli di profondità dalla superficie fino a 3000 m, Scotto di Carlo et al., (1984) hanno proposto un modello alternativo della distribuzione dello zooplancton nel Mediterraneo. Secondo questi autori, le comunità planctoniche delle acque esterne del Mediterraneo corrispondono a quelle definite per l'oceano aperto, differenziandosi non tanto per la loro distribuzione verticale, ma piuttosto per la loro composizione specifica. In particolare, la comunità superficiale, che si estende dalla superficie fino a circa 100 m, pur essendo composta da un gran numero di specie, è notevolmente più povera della corrispondente comunità superficiale individuata nella regione atlantica confinante (Vives, 1968; Vives et al., 1975), ed è inoltre caratterizzata da una forte componente di forme costiere, soprattutto in alcuni periodi dell'anno.

La comunità di acque intermedie (da circa 100 a 600 m) è composta di specie che, almeno per quanto riguarda il gruppo dei Copepodi, è legata abbastanza a queste acque. Mentre, infatti la corrispondente comunità oceanica è caratterizzata dalla presenza di forti migratori appartenenti alle famiglie degli Aetidaeidae, Euchaetidae, Metridiidae, Heterorhabdidae e Augaptilidae, nel Mediterraneo, invece, poche sono le specie che compiono migrazioni verticali di una certa estensione e, tra queste, soltanto *Pleuromamma gracilis*, *P. abdominalis* e in misura minore *Euchaeta acuta* possono raggiungere una certa impor-

tanza quantitativa nei livelli intermedi. Questo porta a ritenere che i Copepodi svolgano un ruolo molto secondario nel trasferimento di energia dai livelli superficiali in profondità. Questa funzione, sulla cui reale importanza vi sono però fondati dubbi (vedi Rowe, 1981 per una revisione sull'argomento), può essere svolta da una serie di organismi, del macroplankton (Meduse, Sifonofori) e del micronekton (Anfipodi, Crostacei Decapodi e soprattutto Eufasiacei), forti migratori nictemerali, che costituiscono un'importante frazione della comunità di acque intermedie e che, insieme ai pesci mesopelagici, sono ritenuti i responsabili dei fenomeni di riflessione acustica che in queste acque si verificano.

La comunità profonda (al disotto di 600 m) è quella che maggiormente si differenzia dalla corrispondente comunità oceanica. Le specie che la compongono sono, nella stragrande maggioranza, forme di acque intermedie con un'ampia distribuzione verticale. Queste specie, però, si strutturano in una vera comunità, molto stabile, con le stesse specie equiripartite nel tempo.

Dal punto di vista quantitativo i valori di biomassa registrati nelle acque profonde del Tirreno sono molto bassi, con una drastica riduzione al disotto di 1000 m ($0,3 \text{ mg/m}^3$ peso umido). Un confronto con i dati disponibili in zone oceaniche, per il gruppo dei Copepodi, rivela però che la diminuzione della biomassa con la profondità in Mediterraneo è simile a quella che si verifica nelle zone tropicali e subtropicali oceaniche. Questo fatto porta a concludere che i bassi valori della biomassa registrati nelle acque profonde del Mediterraneo non sono da mettere in relazione ad un inefficiente utilizzo delle risorse da parte della comunità profonda, ma siano invece il diretto risultato della bassa produzione superficiale e del conseguente ridotto flusso di materia organica dagli strati superiori. Mentre, quindi, vi possono essere differenze tra la produzione planctonica del Mediterraneo e quella di altri sistemi subtropicali, il rapporto tra biomassa superficiale e biomassa profonda è lo stesso per tutte queste ragioni. Questo fatto indica che il funzionamento del sottosistema profondo del Mediterraneo non viene alterato dall'assenza di una vera fauna batipelagica, in quanto l'energia prodotta negli strati superficiali viene utilizzata negli strati profondi con la stessa efficienza dalle specie di acque intermedie che la sostituiscono. Una verifica di questo assunto potrebbe ricavarsi dalla conoscenza delle biomasse in quelle aree del Mediterraneo che abbiamo indicato come più produttive, in particolare nelle acque profonde del bacino Alghero-Ligure. Purtroppo dati su quest'area non sono disponibili, tuttavia da uno studio effettuato sui Copepodi raccolti durante le crociere dell'Atlantis II in tutto il Mediterraneo (Scotto di Carlo e Ianora, 1984) risulta che nel bacino occidentale il numero di Copepodi tra 850 e 2200 m varia tra 3.2 e 4.3 ind./m^3 , mentre nel bacino orientale e nel mar Tirreno, negli strati d'acqua compresi tra 700 e 1400 m questo numero è nettamente più basso (tra 0.1 e 1.6 ind./m^3). Questi stessi dati mostrano una uniformità del popolamento dei Copepodi profondi per tutto il bacino del Mediterraneo, sia per il fatto che non sembrano esservi specie esclusive di un solo settore, sia perché le specie dominanti sono le stesse nel Mediterraneo occidentale e nel Mediterraneo orientale. In effetti questa osservazione, anche se non da tutti condivisa

(Vaissière e Seguin, 1980), non è sorprendente ed è anche teoricamente prevedibile, in quanto il limite superiore dell'intervallo di distribuzione delle specie di acque intermedie che popolano in profondità il Mediterraneo, supera la profondità della soglia siculo-tunisina (300 m) e dunque questa soglia non potrebbe costituire una barriera agli scambi di specie tra bacino occidentale e orientale.

E' da notare infine che la distribuzione verticale delle specie nei due bacini è del tutto simile, anche se la struttura verticale delle masse d'acqua differisce soprattutto per quanto riguarda, come si è detto, lo spessore dell'acqua intermedia levantina. Questo conferma che il legame di una popolazione planctonica ad una determinata massa d'acqua, se è rilevabile per la distribuzione orizzontale, non lo è, o lo è in misura molto ridotta, per la distribuzione verticale, ciò che suggerisce che i processi biologici più che quelli fisici sono quelli che determinano la stratificazione dello zooplancton.

BIBLIOGRAFIA

- ARELLANO-LENNOX C. et J. MAZZA, 1973 - Recherches sur la biomasse zooplanctonique (région du Golfe du Lion et du Golfe de Marseille). Rapp. Comm. int. Mer Médit., 21 (8), 453-456.
- BALLESTER A., A. CRUZADO et G. MACCHI, 1969 - Analyse chimique continue de la mer. II: Mission internationale "Mechelen" 1968 en Méditerranée. Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belg., 45 (44), 1-29.
- BENOVIC A., S. FONDA-UMANI, A. MALEJ and M. SPECCHI, 1984 - Net-zooplankton biomass of the Adriatic Sea. Mar Biol., 79, 209-218.
- BENSON R.H., 1976a - Changes in the Ostracodes of the Mediterranean with the Messinian salinity crisis. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 20, 147-170.
- BENSON R.H., 1976b - Miocene deep-sea Ostracodes of the Iberian Portal and the Balearic Basin. Mar. Micropaleontol., 1, 249-262.
- BENSON R.H., 1978 - The paleoecology of the Ostracodes of DSDP leg 42A. In: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Hsü K.J., L. Montadert et al. eds, Vol. 42, Part 1, Washington (U.S. Government Printing Office), 777-787.
- BERDUGO V., 1968 - Sur la présence dans la Méditerranée orientale de deux espèces du genre *Calanopia* (Copepoda, Calanoida). Rapp. Comm. int. Mer Médit., 19 (3), 445-446.
- BERDUGO V., 1974 - On the occurrence of *Acartia centrura* (Copepoda, Calanoida) in the neritic waters of the Eastern Mediterranean. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 22 (9), 85-86.
- BERNOULLI D., R.E. GARRISON and J. MCKENZIE, 1978 - Petrology, isotope geochemistry, and origin of dolomite and limestone associated with basaltic breccia, hole 373 A, Tyrrhenian Basin. In: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Projects, Hsü K.J., L. Montadert et al. eds, Vol. 42, Part 1, Washington (U.S. Government Printing Office), 541-558.
- CAMINAS J.A., 1981 - Distribution spatiale et temporaire de la biomasse zooplanctonique superficielle dans le secteur nord-occidentale de la Mer Alboran. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 27 (7), 125-127.

- CARBONELL A. y J. JANSÁ, 1983 - Zooplankton de la plataforma continental ibérica desde la zona del Golfo de Valencia hasta el Estrecho de Gibraltar. In: Estudio oceanográfico de la plataforma continental, Castellvi, J. ed., Cadiz, 281-304.
- CASANOVA B., 1981 - Variations morphologiques infraspécifiques de Stylocheiron longicorne (Euphausiacé) en Méditerranée et dans les mers adjacentes. Journées Etud. Systém. et Biogéogr. Médit., Cagliari, C.I.E.S.M., 159-164.
- CASANOVA J.P., 1977 - La faune pélagique profonde (zooplancton et micronecton) de la Province atlanto-méditerranéenne. Aspects taxonomique, biologique et zoogéographique. Thèse Doct. Etat, Univ. de Provence, Marseille, 455 pp.
- CASANOVA J.P., 1981 - Variations morphologiques et spéciation en Méditerranée et dans l'Atlantique oriental chez quelques Crustacés micronectoniques. Journées Etud. System. et Biogéogr. Médit., Cagliari, C.I.E.S.M., 165-174.
- GLANGEAUD L., C. BOBLIER et B. SZEPEL, 1970 - Les structures mégamétriques de la Méditerranée. C.R. Acad. Sci. Paris, 271 (D), 473-478.
- COSTE B. et H.J. MINAS, 1967 - Premières observations sur la distribution des taux de productivité et des concentrations en sels nutritifs des eaux de surface du Golfe du Lion. Cah. Océanogr., 19, 417-427.
- CRUZADO A., 1983 - Oceanographic characteristics of the Mediterranean. Water masses and general circulation. In: Quantitative analysis and simulation of Mediterranean coastal ecosystems: The Gulf of Naples, a case study, Carrada G.C., T.S. Hopkins, Lj. Jeftic and S. Morcos eds, Unesco Rep. Mar. Sci., 20, 49-57.
- EKMÁN S., 1953 - Zoogeography of the Sea. Sidgwick & Jackson, London, 417 pp.
- FENAUX R., 1967 - Faune de l'Europe et du Bassin Méditerranéen. 2. Les Appendiculaires. Masson et Cie ed., 113 pp.
- FONDA-UMANI S., M. SPECCHI, G. RADINI e D. DEL PIERO, 1980 - La biomassa dello zooplancton della Baia di Muggia (Trieste). Mem. Biol. Mar. Oceanogr., 10 (suppl.), 75-180.
- FURNESTIN M.L., 1957 - Chaetognathes et zooplancton du secteur atlantique marocain. Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 21 (1-2), 356 pp.
- FURNESTIN M.L., 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. III. Zooplancton. Comm. int. Mer Médit., Paris, 19-24.
- FURNESTIN M.L., 1968 - Le zooplancton de la Méditerranée (Bassin Occidentale). Essai de synthèse. J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 32 (1), 25-69.
- FURNESTIN M.L., 1979 - Aspect of the zoogeography of the Mediterranean plankton. In: Zoogeography and diversity in plankton, Van der Spoel, S. and A.C. Pierrot-Bult eds, Bunge Sci. Publ., 191-253.
- FURNESTIN M.L., 1983 - Plankton et biogéographie: quelques exemples. Oceanis, 9, 289-316.
- GODEAUX J., 1981 - Les Thaliacés de la mer Méditerranée. Journées Etud. Systém. et Biogéogr. Médit., Cagliari, C.I.E.S.M., 67-68.
- HALIM Y., 1976 - Marine biological studies in Egyptian Mediterranean waters: a review. Acta Adriat., 18, 31-38.

- HOPKINS T.S., 1978 - Physical processes in the Mediterranean basins. In: Estuarine Transport Processes, Kierfve, B. ed., Univ. South Carolina Press, Columbia, 269-309.
- HSÜ K.J., M.B. CITA and W.B.F. RYAN, 1973 - The origin of the Mediterranean evaporites. In: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Ryan W.B.F., K.J. Hsü et al., eds, Vol. 13, Washington (U.S. Government Printing Office), 1023-1231.
- HSÜ K.J., L. MONTADERT, B. BERNOULLI, M.B. CITA, A. ERICKSON, R.E. GARRISON, R.B. KIDD, F. MELIERES, C. MÜLLER and R. WRIGHT, 1978 - History of the Mediterranean salinity crisis. In: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Hsü K.J., L. Montadert et al., eds, Vol. 42, Part 1, Washington (U.S. Government Printing Office), 1053-1078.
- HURE J., A. IANORA and B. SCOTTO DI CARLO, 1980 - Spatial and temporal distribution of Copepod communities in the Adriatic Sea. J. Plankton Res., 2 (4), 295-316.
- HURE J. e B. SCOTTO DI CARLO, 1968 - Comparazione tra lo zooplankton del Golfo di Napoli e dell'Adriatico meridionale presso Dubrovnik. I. Copepoda. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 36, 21-102.
- HURE J. e B. SCOTTO DI CARLO, 1969 - Copepodi pelagici dell'Adriatico settentrionale nel periodo gennaio-dicembre 1965. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 37 (2° suppl.), 173-195.
- IANORA A., M.G. MAZZOCCHI and B. SCOTTO DI CARLO, 1984 - Zooplankton community structure for coastal waters of the Gulf of Naples, summer of 1983. Rapp. Comm. int. Mer Médit. (in stampa).
- JESPERSEN P., 1923 - On the quantity of macroplankton in the Mediterranean and the Atlantic. Rep. Danish Oceanogr. Exped., 3 (3), 1-17.
- KIORTSIS V., M. MORAITOU-APOSTOLOPOULOU, C. VAMVAKAS, M. VEINI and C. ZAFIRAITOS, 1969 - Marine Fauna of the Aegean Sea. Surface zooplankton from the North Aegean Sea. ONR Contract No. 62558-3963. Final Report, 82 pp. (manoscritto non pubblicato).
- LACOMBE H. et P. TCHERNIA, 1972 - Caractères hydrologiques et circulation des eaux en Méditerranée. In: The Mediterranean Sea, a natural Sedimentation laboratory, Stanley, D.J. ed., Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., Pennsylvania, 25-36.
- LACOMBE H. and P. TCHERNIA, 1975 - Hydrography of the Mediterranean. Consultation on the protection of living resources and fisheries from pollution in the Mediterranean. FAO, Roma, 19-23 Feb., 12 pp.
- LAKKIS S., 1971 - Contribution à l'étude du zooplankton des eaux libanaises. Mar. Biol., 11 (2), 138-148.
- LAKKIS S., 1981 - Le plancton des eaux libanaises (Méditerranée Orientale): Caractéristiques biogéographiques. Journées Etud. System. et Biogéogr. Médit., Cagliari, C.I.E.S.M., 59-62.
- MAZZA J., 1966 - Les Copépodes de la Méditerranée (Bassin Occidentale). Rapp. Comm. int. Mer Médit. Rapporto ciclostilato (Comitato Plancton).
- MILLER A.R., 1972 - The Red Sea and pollution of the Mediterranean. In: The Pollution of the Mediterranean Sea, Lord Ritchie-Calder ed., Herbert Land and Co., Berne, 107-115.

- MORCOS S.A., 1972 - Sources of Mediterranean intermediate water in the Levantine Sea. In: Studies in Physical Oceanography. A tribute to George Wust on his 80th birthday. Gordon A.L. ed., Gordon and Breach, New York, Vol. 2, 185-206.
- NIVAL P., S. NIVAL et A. THIRIOT, 1975 - Influences des conditions hivernales sur les productions phyto- et zooplanctoniques en Méditerranée Nord-Occidentale. V. Biomasse et production zooplanctonique - relations phyto-zooplancton. Mar. Biol., **31**, 249-270.
- POR F.D., 1969 - The Canuellidae (Copepoda, Harpacticoida) in the waters around the Sinai Peninsula and the problem of "Lessepsian" migration of this family. Israel J. Zool., **18**, 169-178.
- POR F.D., 1971 - One hundred years of Suez Canal. A century of Lessepsian migration: retrospect and viewpoints. Syst. Zool., **20**, 138-159.
- POR F.D., 1978 - Lessepsian migration. Ecological Studies, Vol. 23, Springer Verlag, New York, 228 pp.
- PORUMB F.J., 1972 - Contribution à la connaissance de la dynamique des populations et à la production de copepodes dans les eaux roumaines de la mer Noire. Cercetari marine J.R.C.M., **4**, 57-94.
- RAMPAL J., 1975 - Les Thécosomes (Mollusque pélagiques). Systématique et evolution. Ecologie et Biogéographie méditerranéenne. Thèse Doct. Etat, Univ. de Provence, Marseille, 485 pp.
- RAMPAL J., 1981 - Biogéographie méditerranéenne d'après l'étude des Thécosomes (Mollusque pélagiques). Journées Etud. Systém. et Biogéogr. Médit., Cagliari, C.I.E.S.M., 45-54.
- RELEVANTE N. and M. GILMARTIN, 1976 - The effect of Po River discharge on phytoplankton dynamics in the northern Adriatic Sea. Mar. Biol., **34**, 259-271.
- RODRIGUEZ J., 1983 - Estudio de una comunidad planctonica neritica en el Mar de Alboran. II. Ciclo del zooplancton. Bol. Inst. Esp. Oceanogr., **1** (1), 19-44.
- RODRIGUEZ J., A. GARCIA and V. RODRIGUEZ, 1982 - Zooplanktonic communities of the divergence zone in the northwestern Alboran Sea. P.S.Z.N. I: Marine Ecology, **3** (2), 133-142.
- SCOTTO DI CARLO B. and A. IANORA, 1983 - Oceanographic characteristic of the Mediterranean. Standing stocks and species composition of Mediterranean zooplankton. In: Quantitative analysis and simulation of Mediterranean coastal ecosystems: The Gulf of Naples, a case study, Carrada G.C., T.S. Hopkins, Lj. Jeftić and S. Morcos eds, Unesco Rep. Mar. Sci., **20**, 59-69.
- SCOTTO DI CARLO B. and A. IANORA, 1984 - Atlantis II Cruise: copepod assemblages in deep Mediterranean waters. Rapp. Comm. int. Mer. Médit., **28**, 149-151.
- SCOTTO DI CARLO B., A. IANORA, E. FRESI and J. HURE, 1984 - Vertical zonation patterns for Mediterranean copepods from the surface to 3000 m at a fixed station in the Tyrrhenian Sea. J. Plankton. Res., **6** (6), 1031-1056.
- SOURNIA A., 1973 - Essai de mise à jour sur la production primaire planctonique en Méditerranée. Newsl. Coop. Invet. Médit., **5**, 127 pp.

- SPECCHI M., F. CORRIER e F. GEOTTI, 1979 - Prime considerazioni sulla biomassa zooplanctonica del Golfo di Trieste (Alto Adriatico). Nova Thalassia, 3 (Suppl.), 141-161.
- VINOGRADOV M.E., 1968 - Vertical distribution of the oceanic zooplankton. Akad. Nauk. SSSR Inst. Oceanol. Moskow. (Transl. of Israel Program for Scientific Transl. Ltd., Jerusalem, Keter Press, 1970), 338 pp.
- VINOGRADOV M.E., 1973 - New data on the quantitative distribution of plankton in deep layers of the Sea of Japan. Oceanology, Wash. (Transl. of Okeanologiya, Mosk.), 13, 904-907.
- VINOGRADOV M.E. and A.F. SAZHIN, 1978 - Vertical distribution of the major groups of zooplankton in the northern part of the Sea of Japan. Oceanology, Wash (Transl. of Okeanologiya, Mosk.), 18, 205-209.
- VIVES F. 1968 - Sur l'estimation du zooplancton du plateau Catalan (NE de l'Espagne) en poids sec par m³ d'eau. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 19 (3), 415-416.
- VIVES F., 1978 - Distribución de la población de copépodos en el Mediterraneo occidental. Res. Exp. Cient. B/O Cornide, 7, 263-302.
- VIVES F., G. SANTAMARIA y I. TREPOT, 1975 - El zooplancton de los alrededores del estrecho de Gibraltar en Junio-Julio de 1975. Res. Exp. Cient B/O Cornide, 4, 7-100.
- VIVES F., V. RODRIGUEZ y J. RODRIGUEZ, 1981 - Sobre la presencia de Pseudocalanus elongatus Boeck en el mar de Alboran. Inv. Pesq., 45 (2), 337-343.
- VUCETIC T., 1957 - Zooplankton investigations in the sea water lakes "Malo Jezero" and "Veliko Jezero" on the Island of Mljet (1952-1953). Acta Adriatica, 6 (4), 1-51.
- WÜST G., 1961 - On the vertical circulation of the Mediterranean Sea. J. Geophys. Res., 66, 3261-3271.
- WRIGHT R., 1978 - Neogene Paleobathymetry of the Mediterranean based on benthic Foraminifers from DSDP leg 42A. In: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Hsü K.J., L. Montadent et al. eds., Vol. 42, Part 1, Washington (U.S. Government Printing Office), 837-846.
- YANNOPOULOS C. and A. YANNOPOULOS, 1976 - Zooplankton biomass in the Saronikos Gulf, winter 1972-73. Acta Adriat., 18, 330-337.

(1962), Yamazi (1964) ed in Hure & Scotto di Carlo (1968, 1969, 1974).

In questo lavoro vengono descritte le interrelazioni tra i parametri idrografici e biologici rilevati all'interno del sottosistema costiero, nel corso di un ciclo annuale svolto ad una stazione fissa situata nella parte interna del Golfo di Napoli. Studi precedenti effettuati in quest'area nell'estate 1983 avevano messo in evidenza forti gradienti costa-largo per le concentrazioni di nutrienti e clorofilla, con marcate variazioni spaziali e temporali della comunità fitoplanctonica in contrasto con una sostanziale omogeneità spaziale della struttura dello zooplancton (Modigh et al., Zingone et al., Ianora et al., in stampa). Lo scopo del presente studio è quello di meglio definire gli effetti della variabilità temporale degli apporti da terra sul ciclo dei nutrienti e sui periodi e sulla persistenza delle fioriture fitoplanctoniche in quest'area. Un altro obiettivo è quello di descrivere i cicli stagionali delle specie del fitoplancton e dello zooplancton ed i rapporti tra le due comunità durante l'anno. La ricerca, di cui si danno i primi risultati, fa parte di un programma a lungo termine avviato allo scopo di comprendere i meccanismi di funzionamento di un sistema costiero fortemente eutrofizzato, ma allo stesso tempo a diretto contatto con le acque aperte oligotrofiche del Mar Tirreno, in conseguenza della limitata estensione della piattaforma continentale nel Golfo di Napoli. I risultati dello studio di un sistema costiero di questo tipo possono probabilmente essere generalizzati ad altre aree mediterranee con le stesse caratteristiche e fornire indicazioni sulla produzione biologica della fascia costiera, il cui contributo è stato spesso sottovalutato nella stima delle risorse biologiche del Mediterraneo.

MATERIALI E METODI

I campionamenti sono stati effettuati dal gennaio 1984 al gennaio 1985, con periodicità quindicinale, ad una stazione fissa posta a circa 2 miglia dalla costa ed avente una profondità di 74 m (Fig. 1).

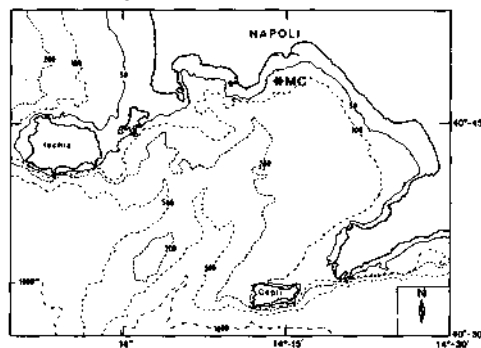


Fig.1 -Golfo di Napoli, ubicazione della stazione di campionamento MC.

Alle profondità oceanografiche standard e a -2 m sono stati rilevati i seguenti parametri: $T^{\circ}C$, S, pH, O_2 , NO_2 , NO_3 , NH_4 , PO_4 , SiO_2 . La radiazione solare incidente (PAR = Photosynthetically Active Radiation) è stata misurata mediante un sensore quantico Lycor, munito di integratore, posto sul tetto dell'Istituto per l'intera durata della giornata di campionamento. L'estinzione della radiazione (PAR) ai diversi livelli batimetrici è sta-

ta calcolata utilizzando i dati raccolti, ad intervalli di 1 ora, con un altro sensore quantico Lycor, adatto a misurazioni subacquee. Per la determinazione della concentrazione dei pigmenti fotosintetici, dei feopigmenti, della produzione primaria e del fitoplancton, sono stati raccolti, mediante bottiglie Niskin, campioni a 0, -2, -5, -10, -20, -40, -60 m e alla profondità corrispondente all'1% della radiazione incidente. Con le stesse bottiglie sono stati prelevati in superficie e a -30 m campioni per il microzooplancton. I campioni di zooplancton sono stati raccolti mediante pescate verticali da -50 m alla superficie utilizzando un retino Nansen, di 113 cm di diametro, con maglie da 200 μ m. Ogni volta sono stati raccolti separatamente due campioni: uno, fissato in formalina, è stato utilizzato per l'analisi tassonomica e il conteggio degli individui, sull'altro, non fissato, è stata determinata la biomassa, espressa come peso secco dopo incubazione in stufa a 70°C fino a raggiungimento del peso costante. I dati meteorologici (pioggia, temperatura dell'aria e copertura del cielo) sono stati forniti dall'ISTAT.

Per ciascuna determinazione sono stati utilizzati i seguenti metodi. Le temperature corrette sono state calcolate dalle letture fatte sui termometri a rovesciamento e riportate alla seconda cifra decimale. La salinità è stata determinata usando un salinometro Beckman modello RS7C tarato con acqua di mare standard. L'ossigeno disciolto è stato titolato secondo il metodo Winkler. I campioni per la determinazione dei nutrienti inorganici sono stati filtrati su filtri di fibra vetro Gelman tipo A/E subito dopo la raccolta e congelati per le successive analisi di laboratorio effettuate mediante Autoanalyzer con le metodiche riportate da Carrada et al. (1980). La produttività primaria è stata misurata mediante incubazione in situ per 4 ore (dalle 11:00 alle 15:00) di campioni marcati con ^{14} C secondo il metodo riportato da Strickland & Parsons (1965). I calcoli per ottenere la produzione giornaliera sono stati fatti attraverso l'uso di un fattore di conversione che tiene conto della frazione della PAR disponibile per i vari livelli batimetrici durante l'incubazione. Clorofilla a, b, c, carotenoidi e feopigmenti sono stati determinati allo spettrofotometro utilizzando le equazioni dello SCOR-UNESCO (1966) e di Lorenzen (1976). I campioni di fitoplancton e di microzooplancton, fissati in formalina neutra al 4%, sono stati osservati al microscopio invertito e contati secondo il metodo $\ddot{U}$ thermöl (1958). Sono stati determinati a livello specifico le Diatomee, i Dinoflagellati tectati, i Coccolitoforidi, i Silicoflagellati ed i Tintinnidi. Per quanto concerne la tassonomia e la nomenclatura si è fatto riferimento ai testi citati in Carrada et al. (1981), Marino & Modigh (1981) e Kršinić (1980). Il conteggio dello zooplancton è stato effettuato su un subcampione che variava da 1/8 a 1/64, in dipendenza della ricchezza del campione. L'intero saggio veniva poi esaminato per individuare le specie rare. Sono stati determinati a livello specifico i Copepodi, i Cladoceri, i Chetognati ed i Sifonofori. Tutti gli altri gruppi zooplanctonici sono riportati a livello di taxa.

Dall'andamento delle isoplete della salinità rispetto al tempo ed alla profondità (Fig. 2) si può rilevare la presenza di forti gradienti nei primi dieci metri e la frequente comparsa di massimi assoluti nello strato più profondo (60-70 m). Lo strato intermedio (10-60 m) mostra variazioni talvolta correlate con le variazioni dello strato superficiale, talvolta con quelle dello strato profondo, altre volte ha caratteristiche proprie; ciò può essere meglio seguito nello spessore tra i 30 ed i 40 m che costituisce la parte più interna dello strato. Andamenti analoghi presentano l'azoto inorganico totale (NO , NO , NH) ed i silicati. Si è quindi ritenuto opportuno sintetizzare la dinamica generale di tutta la colonna d'acqua attraverso la descrizione dell'andamento di tre strati (0-10, 30-40, 60-70 m) aventi caratteristiche diverse. Per ciascuno strato sono stati presi in considerazione i valori medi allo scopo di smorzare la variabilità puntuale.

La figura 3 mostra le variazioni temporali, nei tre strati, di temperatura (3A), salinità (3B), azoto inorganico totale (3C) e concentrazione dell'ossigeno disciolto (3D). Dall'analisi del grafico della temperatura si evince che il periodo di stratificazione inizia a metà marzo e si conclude a novembre, mentre nei periodi gennaio-marzo e novembre-dicembre la colonna d'acqua risulta completamente rimescolata. Durante il periodo gennaio-marzo i gradienti di temperatura e salinità non sempre mostrano lo stesso segno e ciò è probabilmente dovuto al trasporto orizzontale che perturba i moti convettivi. Il picnoclino, che non è mai nettissimo, si approfonda in modo graduale e raggiunge la massima profondità (60-70 m) a novembre (Fig. 2). La salinità si mantiene, durante tutto l'anno, su valori alti (37.8-38.2), caratteristici dell'area costiera tirrenica (Carrada et al., 1980). Tutta la colonna d'acqua è interessata da andamenti oscillanti

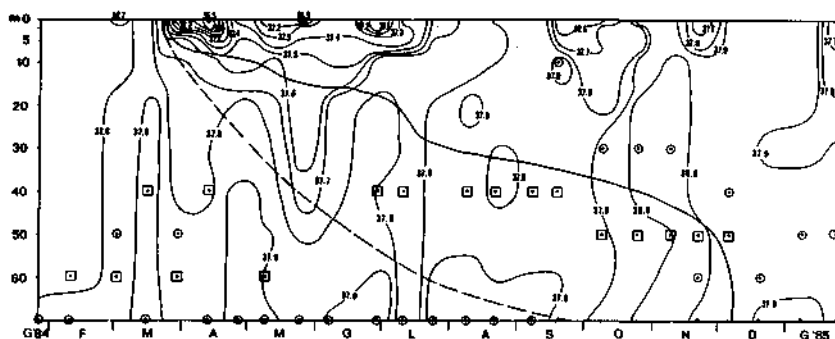


Fig. 2 - Andamento annuale della salinità lungo la colonna d'acqua ($\square$ minimo relativo; $\circ$ massimo assoluto; — picnoclino principale; --- base del picnoclino).

con minimi relativi in corrispondenza di perturbazioni meteorologiche. A fine marzo l'arrivo di acque dolci, coincidente con l'inizio del riscaldamento delle acque superficiali, favorisce la stratificazione, mentre a novembre il rimescolamento è favorito dal concomitante effetto dell'abbassamento della temperatura e dell'innalzamento della salinità, quest'ultimo dovuto all'intensa evaporazione che si verifica nel periodo tarda estate-inizio autunno.

Lo strato 0-10 m è prevalentemente dominato da immissioni di acque dolci dovute a precipitazioni e ad apporti terrigeni, mentre gli strati intermedio e profondo sono chiaramente condizionati dal senso delle correnti. L'azoto inorganico, tranne che nel periodo da luglio a settembre, non scende mai al di sotto di $1 \mu\text{g-at l}^{-1}$; i suoi valori massimi coincidono, in superficie, con i minimi di salinità, raggiungono valori dai 5 ai $10 \mu\text{g-at l}^{-1}$ nei periodi gennaio-aprile e novembre-dicembre. Negli altri strati i valori più alti si riscontrano generalmente in corrispondenza dei minimi di salinità. L'azoto di questi strati sembra rimanere segregato e disperso all'interno di ciascun strato. Infatti le massime concentrazioni, in superficie e in profondità, non si riscontrano mai distribuite sulla colonna ovvero nello strato intermedio. E' da notare che il minimo assoluto della concentrazione dell'azoto su tutta la colonna si registra all'inizio di agosto, circa 15 giorni dopo un minimo dell'ossigeno disciolto e in corrispondenza di una profonda modificazione del comparto biologico del sistema, come descritto in seguito. I fosfati mostrano minime variazioni temporali lungo la colonna d'acqua con valori che solo in tre casi, nel periodo ottobre-dicembre, superano $0.2 \mu\text{g-at l}^{-1}$. I silicati presentano ampie fluttuazioni ($1-10 \mu\text{g-at l}^{-1}$), spesso inver-

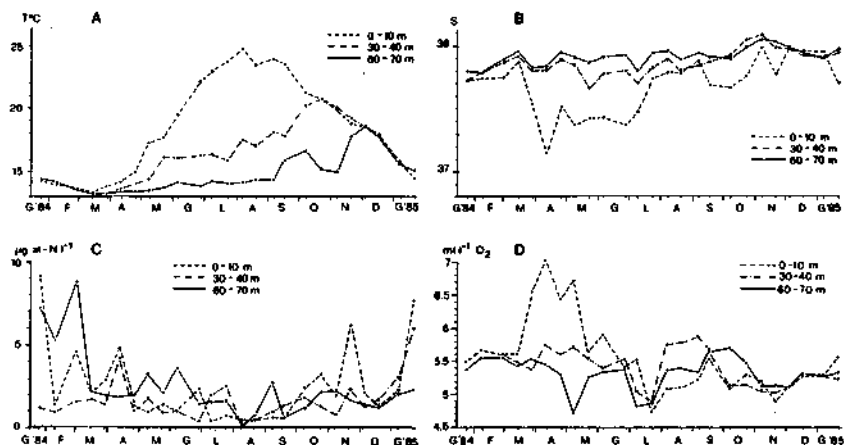


Fig. 3 - Andamento annuale dei valori medi relativi ai tre strati considerati (0-10 m, 30-40 m, 60-70 m) di temperatura (A), salinità (B), azoto inorganico totale (C) e concentrazione dell'ossigeno disciolto (D).

samente correlate con la salinità. L'ossigeno, nello strato superficiale, segue le tipiche variazioni stagionali correlate con la produzione primaria raggiungendo un massimo di saturazione all'inizio di aprile.

Nello strato intermedio l'ossigeno è legato all'andamento del pinnocchino, con la presenza costante, nel periodo di stratificazione, di un massimo subsuperficiale di concentrazione al di sotto di esso.

L'ossigeno raggiunge il massimo assoluto di saturazione nello strato 30-40 m a fine estate e nello strato 60-70 m all'inizio di ottobre.

Da quest'analisi risulta che i tre strati considerati si differenziano sia per i valori assoluti che per l'ampiezza delle variazioni dei parametri fisici e chimici, indicando presumibilmente una diversa esposizione ai flussi esterni (correnti, irradiazione solare, etc.). Tuttavia, tranne in casi particolari per il livello superficiale, tutta la colonna d'acqua sembra essere interessata dallo stesso tipo di dinamica. Tale dinamica può essere meglio interpretata considerando alcune caratteristiche della stazione campionata.

La stazione è ubicata a circa 2 miglia dalla costa e le principali fonti di scarico urbano sono concentrate lungo la fascia costiera a SE della stazione. Lo strato superficiale riceve, oltre alle precipitazioni, apporti indiretti di acque meno salate da altre aree del golfo. L'irregolarità di questi apporti determina una elevata variabilità nel tempo delle caratteristiche fisico-chimiche ed a volte dà origine ad una micro-stratificazione anomala con inversione del gradiente di densità, estremamente instabile. Questo fenomeno è rilevabile in dipendenza del tempo intercorso tra l'evento perturbativo ed il momento del campionamento. Lo strato superficiale, pur nel quadro generale di andamento coerente con tutta la colonna, presenta una sua dinamica specifica anche nel periodo di rimescolamento, durante il quale si può rilevare un gradiente di salinità e differenze significative nei valori delle concentrazioni dei nutrienti rispetto al resto della colonna d'acqua. Queste caratteristiche possono mantenersi per breve tempo per poi attenuarsi orizzontalmente o lungo la colonna in dipendenza delle velocità relative del trasporto orizzontale e dei moti convettivi. Il prevalere dei secondi sul primo è ciò che determina la formazione di un'acqua più tipicamente costiera. Dai nostri dati sembra che sia il trasporto orizzontale a prevalere e l'intensità del fenomeno è probabilmente determinata dal tipo di processo fisico implicato (correnti di deriva, moto geostrofico, etc.).

Il senso delle variazioni delle proprietà TS dipende dal senso del movimento dell'acqua, cui sono legate anche le caratteristiche chimiche, in modo differente nelle diverse stagioni. Con l'arrivo di acqua dalla costa lo strato superficiale si arricchisce prevalentemente di nitrato in inverno e di ammoniaca in estate. D'altra parte, in corrispondenza di un incremento della salinità, presumibilmente indice di apporto di acque esterne, in inverno le concentrazioni dei nutrienti in superficie non subiscono forti variazioni, mantenendosi a livelli bassi, mentre d'estate si registra un notevole abbassamento dell'azoto (Fig. 4). Lo strato intermedio mostra, nel periodo di rimescolamento, a seguito delle convezioni, un lieve gradiente positivo di temperatura verso il fondo, mentre il trasporto orizzontale produce oscillazioni nei valori di salinità anche quando il processo di aumento della

concentrazione salina, dovuto allo scambio con l'atmosfera, è di scarso rilievo. Da luglio a novembre questo strato assume un carattere

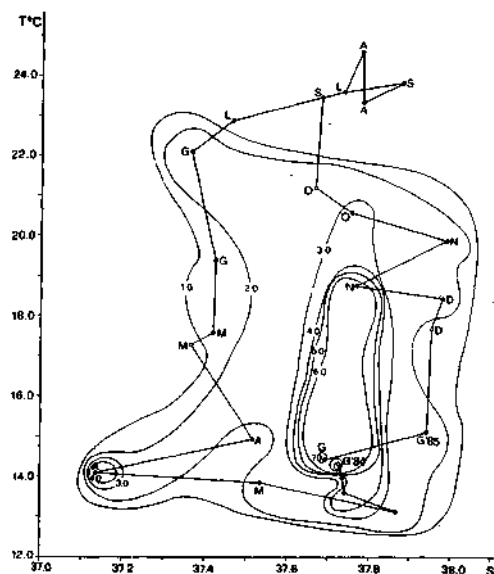


Fig. 4 - Andamento annuale della concentrazione dell'azoto inorganico totale ($\mu\text{g-at l}^{-1}$) rispetto all'andamento di temperatura e salinità nello strato d'acqua 0-10 m.

che potremmo definire bifasico, con un gradiente termico piuttosto accentuato al suo interno che delimita il pycnoclino principale. In agosto, dopo il massimo superficiale di temperatura (25.9°C), inizia il processo di raffreddamento e di aumento della salinità che si concluderà con il rimescolamento autunnale. Durante questo periodo il pycnoclino confina un minimo di salinità tra i 40 ed i 50 m (Fig. 2). Quest'acqua, indipendentemente dalla direzione del trasporto orizzontale, è quella dello strato intermedio di inizio primavera, arricchita di ossigeno prodotto biologicamente ed impoverita di nutrienti. In questo strato l'ossigeno si diffonde con estrema lentezza e l'innalzamento della temperatura, per contatto turbolento con lo strato superiore, porta a valori crescenti di saturazione che culminano con

il massimo assoluto riscontrato nella tarda estate a 40-50 m (Fig. 3D). Il minimo di salinità raggiunge i 50 m a novembre per poi disperdersi con il rimescolamento. Nel periodo tardo estivo-autunnale il processo di aumento della salinità dovuto all'evaporazione viene disturbato dall'apporto di acque costiere nello strato superficiale e massimi subsuperficiali di salinità si confinano nello strato intermedio al di sopra del termocline (Fig. 2). Lo strato profondo, che mostra minori variazioni sia per temperatura che per salinità, sembra essere anch'esso soggetto ad un significativo trasporto orizzontale. Ciò spiegherebbe l'irregolare andamento dei nutrienti in questo strato, probabilmente da mettere in relazione con la direzione prevalente di questo trasporto (perpendicolare o parallelo alla costa).

L'accoppiamento o il disaccoppiamento dei tre strati può avere notevoli ripercussioni sull'ecologia del sistema. Anche in inverno, quando la colonna d'acqua tende al completo rimescolamento, il processo convettivo è spesso ritardato dalla temporanea stratificazione del livello superficiale o dalla presenza sul fondo di acque più salate,

probabilmente residuo di una diversa fase di circolazione o compensazione barocline. Il gradiente di temperatura crescente con la profondità, dovuto alla perdita di calore dalla superficie, talvolta si inverte e costituisce una probabile indicazione del trasporto orizzontale nello strato profondo. Tale trasporto si sovrappone alla convezione verticale determinando significative variazioni di salinità (0.1-0.2) in 15 giorni. La figura 5 mostra infatti come tra due campionamenti successivi si

possa verificare un abbassamento (5A) o un innalzamento (5B) della salinità che interessa tutta la colonna d'acqua. Questo fenomeno, che sia o no differenziato per strati, caratterizza la stazione. Ad intervalli che vanno da due settimane a due mesi, ma probabilmente anche in tempi molto più brevi, come nostri dati più recenti sembrano indicare, si hanno cambiamenti delle proprietà TS più o meno intensi su tutta la colonna. Essi

sono associati a concentrazioni diverse di nutrienti e potrebbero avere effetti significativi sui popolamenti fitoplanctonici contribuendo al loro trasporto e diffusione.

Da queste osservazioni si possono trarre alcune considerazioni sintetiche. Pur costituendo i 74 m (profondità ecometrica della stazione) il livello di totale rimescolamento invernale per l'area studiata (Carrada et al., 1980), lo strato superficiale si differenzia nettamente, in tutte le stagioni, dal resto della colonna d'acqua. Occasionalmente è possibile individuare anche uno strato profondo (60-70 m) più inerte alle variazioni dei parametri fisico-chimici. La limitata profondità della stazione e la sua ubicazione non consentono l'arricchimento di nutrienti per risalita dell'Acqua Levantina Intermedia che pure è presente nella parte più profonda del Golfo di Napoli (Hopkins & Goney, 1977). Lo strato tra i 60 ed i 70 m mostra a volte concentrazioni di azoto probabilmente prodotto da processi di rimineralizzazione sul fondo. Questo arricchimento dello strato profondo e quello dello strato superficiale rendono possibili flussi intensi, seppure irregolari, lungo la colonna d'acqua; tuttavia, durante l'anno di campionamento non si è mai riscontrato alcuna situazione in cui lo strato intermedio mostrasse di essere soggetto ad arricchimento di nutrienti dall'alto o dal basso. Ciò suggerisce che il trasporto orizzontale sia molto più attivo di quello verticale.

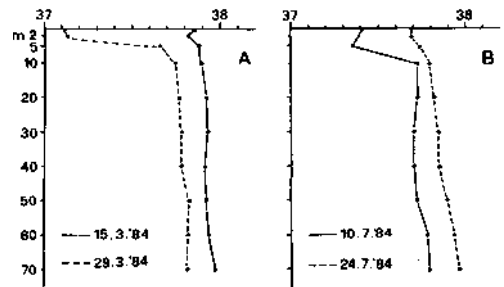


Fig. 5 - Profilo verticale della salinità per due campionamenti consecutivi di marzo (A) e di luglio (B) 1984.

CLOROFILLA E PRODUZIONE PRIMARIA fa cura di D. Marino, M. Modigh, M. Ribera d'Alcalá, V. Saggiomo, C.R. Tomas, A. Zingone)

Le concentrazioni della clorofilla a (al netto dei feopigmenti) assumono, nel corso dell'anno e alle diverse profondità, valori compresi in un intervallo molto ampio ($0.06-11.88 \text{ mg m}^{-3}$). Si possono distinguere tre periodi di concentrazioni più elevate: in febbraio, da fine marzo a metà luglio e da metà settembre a metà novembre (Fig. 6).

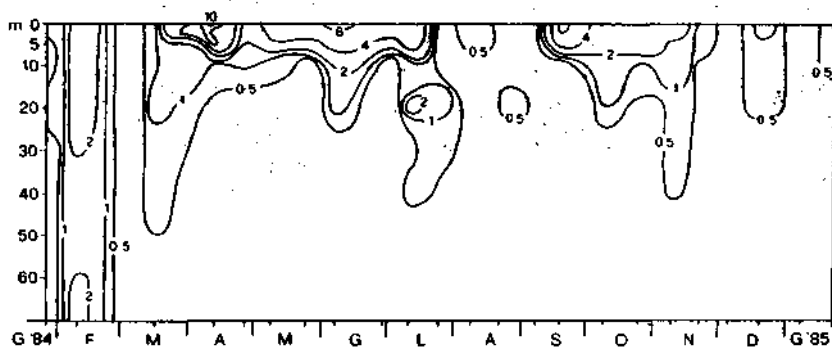


Fig. 6 - Andamento annuale delle concentrazioni di clorofilla a (mg m^{-3}) lungo la colonna d'acqua.

Il picco di febbraio (2.86 mg m^{-3} in superficie), osservabile a tutti i livelli batimetrici con valori pressochè uguali, cade in pieno periodo invernale, quando la colonna d'acqua è caratterizzata da una quasi assoluta isopichnia. La situazione rilevata in febbraio si ripete, anche se meno marcata, in altri prelievi invernali (19 dicembre '84 e 22 gennaio '85), quando vengono registrati massimi relativi di breve durata e rilevabili in un notevole spessore della colonna d'acqua. Nel periodo primaverile - inizio estate, corrispondente all'instaurarsi e allo stabilizzarsi della stratificazione termica, la clorofilla raggiunge i valori più elevati (da 4.31 a 11.88 mg m^{-3} in superficie) e risulta in gran parte concentrata nello strato superficiale (fino a -10 m). Caratteristiche simili, anche se con valori meno elevati (da 2.45 a 6.34 mg m^{-3} in superficie) si riscontrano per il periodo autunnale (settembre-novembre). Valori particolarmente bassi, invece, sono misurati su tutta la colonna d'acqua nel mese di agosto e agli inizi di settembre.

I rapporti esistenti tra la distribuzione della clorofilla e quella dei parametri fisico-chimici sono evidenziati dalla figura 7, nella quale le isoplete della clorofilla sono tracciate su di un diagramma TS. I valori riportati, sia per la clorofilla che per la temperatura e la salinità, sono le medie di quelli misurati, nei singoli prelievi, nei primi 10 metri della colonna d'acqua.

Le isoplete relative alle più alte concentrazioni della clorofilla

si addensano nella parte sinistra del grafico TS in corrispondenza delle salinità più basse e i massimi di clorofilla coincidono quasi sempre con i minimi di salinità. L'andamento osservato conferma che il

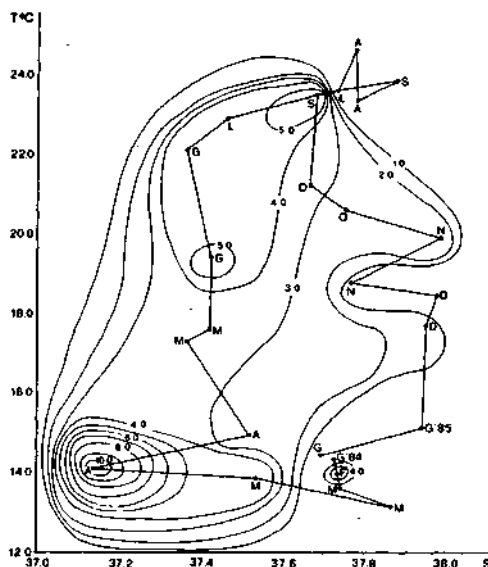


Fig. 7 - Andamento annuale delle concentrazioni di clorofilla a (mg m^{-3}) rispetto all'andamento di temperatura e salinità nello strato d'acqua 0-10 m.

trofismo degli strati superficiali della colonna d'acqua dipende essenzialmente dalla quantità degli apporti terrigeni e dal trasporto orizzontale di biomasse fitoplanctoniche di origine strettamente costiera.

La distribuzione nella colonna d'acqua e nel tempo dei valori di produzione primaria (Fig. 8) descrive un ciclo che in larga misura corrisponde a quello delle biomasse fitoplanctoniche.

I valori più elevati di produzione si riscontrano infatti negli stessi periodi già descritti per la clorofilla a. Il picco di febbraio ($93 \text{ mg C m}^{-3}\text{g}^{-1}$ in superficie) interessa tutta la colonna d'acqua risultando in un valore di produzione integrata che è tra i più elevati misurati nel corso dell'anno ($1408 \text{ mg C m}^{-2}\text{g}^{-1}$). Nel periodo successivo (metà marzo-metà luglio) i processi produttivi si realizzano in massima parte entro i primi 10 metri di

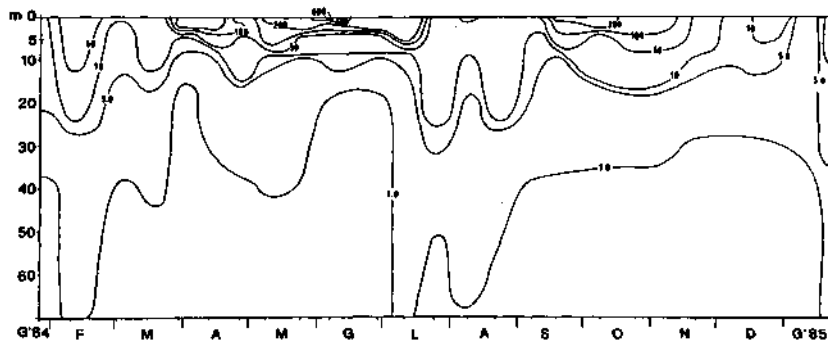


Fig. 8 - Andamento annuale della produzione primaria ($\text{mg C m}^{-3}\text{g}^{-1}$) lungo la colonna d'acqua.

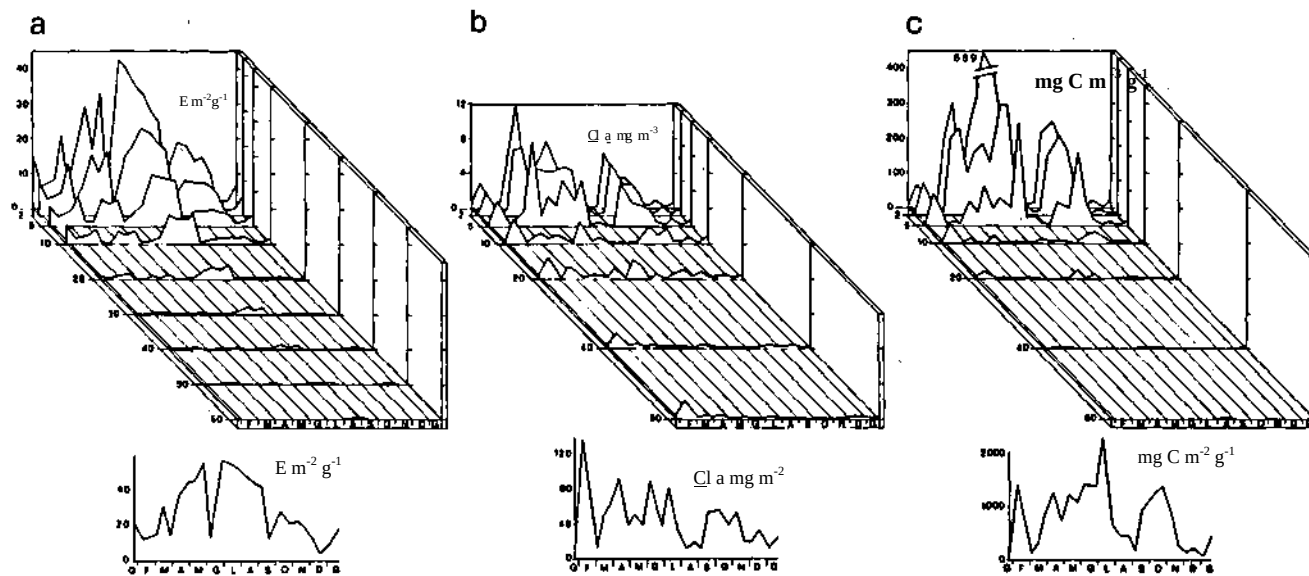


Fig. 9 - Andamento annuale (gennaio 1984 - gennaio 1985) alle diverse profondità e sull'intera colonna d'acqua della PAR (a), delle concentrazioni di clorofilla a (b) e della produzione primaria (c).

profondità (fino a $669 \text{ mg C m}^{-3}\text{g}^{-1}$), mentre a profondità maggiori si registrano valori di circa 2 ordini di grandezza inferiori a quelli superficiali. Nonostante il limitato spessore dello strato produttivo, tra marzo e luglio viene organizzato oltre il 50% del carbonio dell'intero anno. Il periodo autunnale, dopo la drastica riduzione della produzione che si verifica in agosto e agli inizi di settembre, è caratterizzato da una intensa attività fotosintetica nei livelli più superficiali (fino a 10-20 metri di profondità) che porta a valori di produzione fino a $1380 \text{ mg C m}^{-2}\text{g}^{-1}$.

Il rapporto tra gli andamenti temporali ai diversi livelli batimetrici e sull'intera colonna d'acqua della clorofilla a e della radiazione luminosa (espressa come PAR $\text{m}^{-2}\text{g}^{-1}$) fornisce una spiegazione di alcune caratteristiche del ciclo annuale della produzione (Fig. 9). Il massimo assoluto di produzione ($2294 \text{ mg C m}^{-2}\text{g}^{-1}$ il 10 luglio 1984) non si realizza infatti in concomitanza con il massimo di biomassa fitoplanctonica bensì quando ad elevate biomasse si associano valori particolarmente alti della PAR incidente. La penetrazione lungo la colonna d'acqua della radiazione luminosa, in gran parte influenzata dalle concentrazioni del fitoplancton, è limitata ai primi metri -nei periodi primaverile ed autunnale. Di conseguenza gli strati d'acqua al di sotto dei 20 metri di profondità ricevono una PAR sufficiente a sostenere una produzione apprezzabile solo in corrispondenza dei minimi di concentrazione fitoplanctoniche superficiali dei mesi invernali e di agosto.

La distribuzione verticale della produzione in relazione alla clorofilla e alla luce è evidenziata anche dalle variazioni, nel corso dell'anno, delle profondità corrispondenti all'1% della PAR incidente, al 50% della biomassa fitoplanctonica ed al 90% della produzione (Fig. 10). La quasi totalità della produzione si realizza sempre, eccezion fatta per due prelievi, nella colonna d'acqua sovrastante il livello dell'1% della PAR. La distribuzione verticale della luce, inoltre, fa sì che poco più del 50% della biomassa planctonica presente nella colonna d'acqua partecipi significativamente ai processi produttivi.

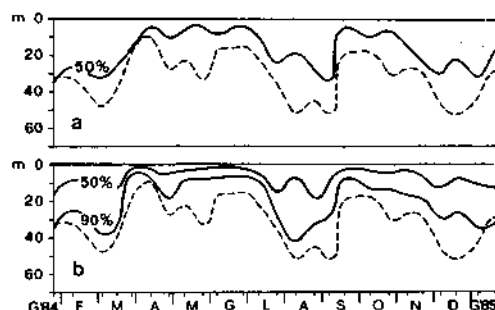


Fig. 10 - Variazioni annuali delle profondità entro le quali si misurano: (a) il 50% delle concentrazioni di clorofilla a, (b) il 50% ed il 90% della produzione primaria. La linea tratteggiata indica il livello dell'1% della PAR incidente.

Un'indicazione dello stato fisiologico del fitoplancton in relazione alle condizioni ambientali (luce, nutrienti, etc.) viene fornita dall'esame dei valori del rapporto produzione/clorofilla (Platt & Subba Rao, 1975). Tale rapporto varia entro un intervallo compreso tra

0.5 e 8 per la quasi totalità dei campioni prelevati al di sopra della profondità dove giunge l'1% della PAR incidente e raggiunge i valori più elevati in superficie (Fig. 11). In particolare, il rapporto non

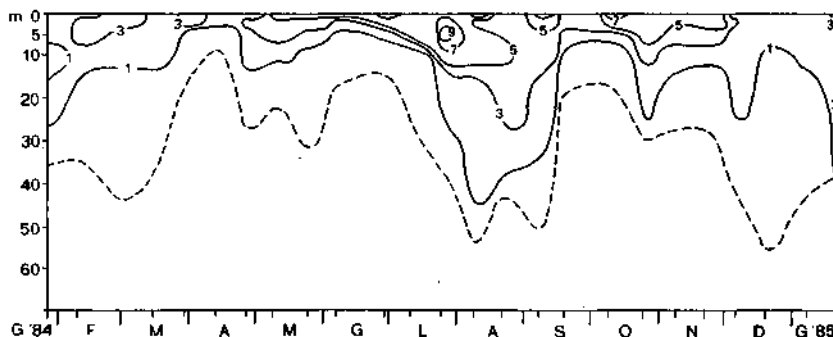


Fig. 11 - Andamento annuale del rapporto produzione/clorofilla a $(\text{mg C } (\text{mg Cl a})^{-1} \text{ h}^{-1})$ lungo la colonna d'acqua. La linea tratteggiata indica il livello dell'1% della PAR incidente.

scende al di sotto del valore di 3 in quasi tutti i campioni raccolti entro i primi 10 metri nel periodo compreso tra maggio e novembre ed in corrispondenza dei massimi invernali. Curl & Small (1965) suggeriscono che i valori inferiori a 3 sono in genere associati a condizioni ambientali non adatte a garantire un buon livello di produzione a causa della scarsità di nutrienti e/o di luce. D'altro canto un rapporto produzione/clorofilla superiore a 10 indicherebbe un'eutrofizzazione tanto elevata da costituire un reale stress per il fitoplancton (Caperon et al., 1971). I nostri risultati suggeriscono che nella stazione studiata si realizzano, nei livelli superficiali, condizioni di elevato trofismo che consentono l'affermarsi di popolamenti fitoplanctonici capaci di metabolizzare rapidamente il carico di nutrienti. In particolare, è probabile che la riduzione dello strato superficiale dovuta all'instaurarsi e allo stabilizzarsi del termoclino isoli un popolamento fitoplanctonico che, essendo esposto a condizioni ambientali relativamente omogenee all'interno di uno stesso strato, ha la possibilità di adattarsi bene.

Le misure effettuate nel corso dei 25 prelievi consentono di fornire una stima della produzione annua che, per l'elevato numero dei dati raccolti (oltre 180), può essere considerata attendibile. Tale stima è di $292 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$, se si tiene conto di tutte le misure effettuate, e si discosta di poco dal valore di $284 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$, che si ottiene se si escludono i valori misurati al di sotto del livello dell'1% della PAR incidente. Nella tabella I il valore di produzione annua calcolato viene confrontato con quelli di altre aree per le quali esistono dati ottenuti, nel corso di un ciclo annuale, con il metodo del C e con incubazione in situ (per una revisione si veda Sournia, 1973 e Platt & Subba Rao, 1975). I dati ottenuti risultano

fra i più elevati misurati nelle diverse aree e ben più alti di quelli riportati per il Mediterraneo. La scarsità di dati disponibili, tuttavia, non permette di escludere che in questo bacino esistano aree costiere altrettanto produttive.

Tab. I - Raffronto tra i valori della produzione primaria annua misurata in varie aree geografiche.

PRODUZIONE ANNUA		
Area geografica	$g\ C\ m^{-2}\ ann^{-1}$	Riferimento bibliografico
<u>MEDITERRANEO</u>		
Costa catalana	75-85	Margaleff & Castellvi (1967)
Monaco	60	Brouardel & Rink (1963)
Villefranche	64-83	"
Egeo	33-64	Becacos-Kontos (1968)
Haifa	34	"
Baia di Kastela (YU)	103-177	Pucheran-Pektović (1970)
Algeria	200	Tella (1969)
Golfo di Napoli (St. MC)	284	Tella (1969)
<u>ALTRE AREE</u>		
Mar dei Sargassi	55-127	Menzies & Ryther (1961)
Narragansett Bay (USA)	220	Smayda (1973)
Bedford Basin (CANADA)	220	Platt & Irwin (1971)

FITOPLANCTON (a cura di D. Marino, M. Montresor e A. Zingone)

Le variazioni quantitative e qualitative del fitoplancton sono state seguite attraverso l'esame dei campioni superficiali e, per alcuni prelievi, anche di quelli raccolti ad altri livelli della zona eufotica.

Nel complesso sono state identificate 214 specie, di cui 96 Diatomee, 90 Dinoflagellati, 26 Coccolitoforidi e 2 Silicoflagellati. Molte forme flagellate non attribuibili con certezza ad alcun taxon sono state raggruppate come "fitoflagellati".

Le abbondanze di fitoplancton in superficie seguono nel tempo un andamento che in gran parte corrisponde a quello della biomassa ($mg\ Cl. a\ m^{-3}$) e della produzione primaria (Fig. 12). Una prima fase (da dicembre a metà marzo) è caratterizzata da valori di abbondanza variabili, con massimi relativi anche marcati ma di breve durata. In una seconda fase (marzo-luglio) si registrano valori sempre elevati e con picchi particolarmente marcati (fino a $26060 \cdot 10^3\ cell. l^{-1}$). Al brusco declino di agosto-inizio settembre, con abbondanze molto ridotte ri-

spetto al periodo precedente, fa seguito la ripresa autunnale (settembre - novembre) in cui si hanno nuovamente concentrazioni fitoplanctoniche elevate, pur se inferiori a quelle del periodo compreso tra marzo e luglio.

Le varie fasi del ciclo annuale sono caratterizzate da una diversa struttura dei popolamenti fitoplanctonici come risulta anche dall'andamento dell'indice di diversità specifica (H' di Shannon-Weaver) e del rapporto D430/D663 (Margalef, 1960) (Fig. 13).

Nel periodo invernale le Diatomee (*Skeletonema costatum*, *Asterionella glacialis*, *Chaetoceros curvisetum*, *Thalassionema bacillaris*) sono nettamente dominanti in corrispondenza dei massimi relativi; i

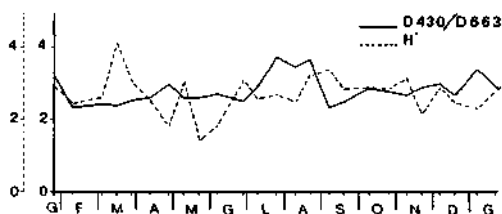


Fig. 13 - Andamento annuale (gennaio '84-gennaio '85) dell'indice di diversità specifica (H' di Shannon-Weaver) e del rapporto D430/D663.

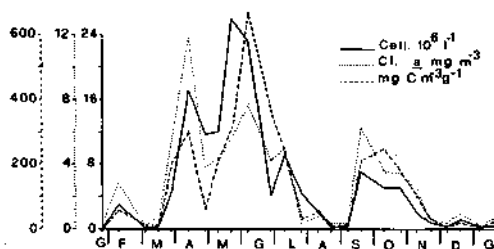


Fig. 12 - Andamento annuale (gennaio '84-gennaio '85) dell'abbondanza e della biomassa fitoplanctonica e della produzione primaria relative al livello superficiale (0 m).

fitoflagellati e i Coccolitoforidi (*Emiliania huxleyi*, *Gephyrocapsa oceanica*, *Helicosphaera carteri*) costituiscono una percentuale consistente del popolamento solo quando l'abbondanza totale del fitoplancton è bassa (Fig. 14). Il succedersi di popolamenti ben diversificati ed in rapida trasformazione è testimoniato dai valori relativamente elevati dell'indice di diversità

e dalla diminuzione del rapporto D430/D663 in corrispondenza dei picchi di concentrazione fitoplanctonica.

Il successivo periodo di massima abbondanza (marzo-luglio) è caratterizzato da percentuali altissime di Diatomee che costituiscono sempre più del 50% dell'intero popolamento e superano il 90% in corrispondenza dei picchi. Il resto del popolamento è costituito per buona parte da fitoflagellati di dimensioni inferiori a $10 \mu m$, mentre i Dinoflagellati ed i Coccolitoforidi raggiungono al massimo percentuali attorno al 4-5%. Nell'ambito delle Diatomee il popolamento si presenta nel complesso ricco di specie, essenzialmente centriche coloniali di piccola taglia. Si alternano *Chaetoceros sociale*, *C. simplex*, *Leptocy-*

lindrus danicus che presentano una distribuzione ben localizzata nei mesi primaverili, con specie quali *Nitzschia closterium*, *Thalassiosira* cfr. *angulata*, *Thalassiosira* sp. 1, *Leptocylindrus minimus*, a distribuzione temporale più estesa e che torneranno a caratterizzare in parte anche i popolamenti autunnali. L'indice di diversità specifica si presenta relativamente alto nella maggior parte dei prelievi, eccezion fatta per quelli nei quali la dominanza di una singola specie è molto accentuata.

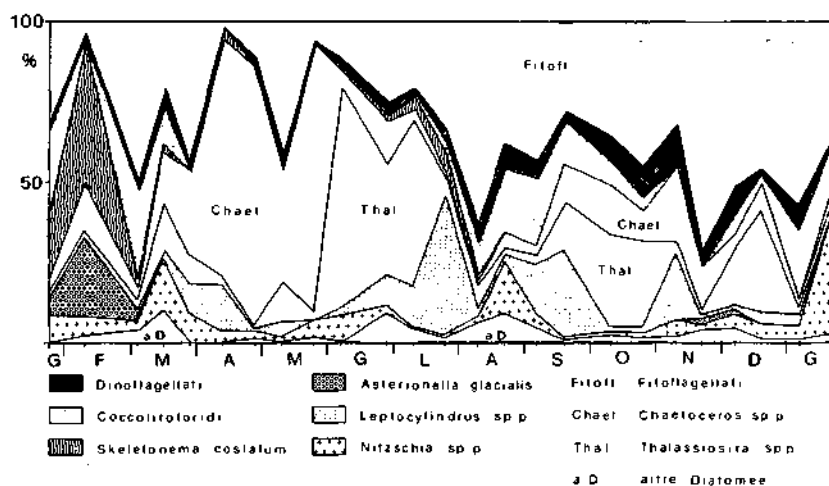


Fig. 14 - Importanza percentuale dei principali gruppi e specie del fitoplancton nel periodo gennaio '84 - gennaio '85.

In particolare, nel secondo prelievo di aprile e nel secondo di maggio, la marcata dominanza di *Chaetoceros simplex* risulta in valori di diversità specifica di 1.80 e 1.39 e in giugno la fioritura di una *Thalassiosira* non identificata (*Thalassiosira* sp. 1) di piccole dimensioni ($< 5 \mu\text{m}$) dà un valore di H' di 1.84. La dominanza di piccole Diatomee in fase di attiva riproduzione si riflette anche nei bassi valori del rapporto D430/D663 registrati in questo periodo. Solo negli ultimi due prelievi tale indice aumenta fino a raggiungere il massimo a fine luglio, quando la struttura del popolamento fitoplanctonico comincia ad evolvere verso una fase più "matura" (sensu Margalef, 1974).

Durante il periodo successivo (agosto-inizio settembre), in corrispondenza di una drastica diminuzione delle concentrazioni fitoplanctoniche, si registra un marcato mutamento nei rapporti di abbondanza tra i vari gruppi tassonomici e tra le singole specie. I fitoflagellati assumono un'importanza maggiore dal punto di vista percentuale, mentre le Diatomee costituiscono una parte minore del popolamento

rispetto al periodo precedente. Dinoflagellati e Coccolitoforidi raggiungono invece, in questa fase, percentuali fino all'8 e al 21%, rispettivamente. Tranne che per *Nitzschia pseudonana*, il popolamento a Diatomee non è caratterizzato da specie tipiche di questa fase? sono presenti infatti, con abbondanze ridotte, specie con distribuzione temporale più ampia (*Leptocylindrus danicus*, *Cerataulina pelagica*, *Thalassionema nitzschioides*). I Dinoflagellati sono costituiti essenzialmente da forme non tectate e da diverse specie di *Prorocentrum* (*P. minimum*, *P. arcuatum*, etc.). I valori degli indici di diversità, nonostante la sottostima dovuta alla dominanza di fitoflagellati, si mantengono relativamente alti; il rapporto D430/D663, particolarmente elevato nei campioni di agosto, si abbassa sensibilmente in settembre.

L'aumento autunnale delle concentrazioni fitoplanctoniche è caratterizzato da una dominanza delle Diatomee, non così accentuata come nel periodo primaverile e sempre ripartita tra un buon numero di specie (*Leptocylindrus minimus*, *L. danicus*, *Thalassiosira* sp. 1, *T. rotula*). Importante è il ruolo svolto dai fitoflagellati e dai Coccolitoforidi che, principalmente con *Emiliania huxleyi*, raggiungono in questa fase il massimo annuo di concentrazione.

Tenendo conto del modello di distribuzione annuale della produzione primaria nella colonna d'acqua, sono stati esaminati alcuni campioni a diverse profondità allo scopo di definire la struttura del popolamento cui si deve la massima parte della produzione (Fig. 15). Per ottenere una stima quantificabile delle eventuali differenze od omogeneità fra i vari livelli di campionamento considerati, è stato applicato l'"In-

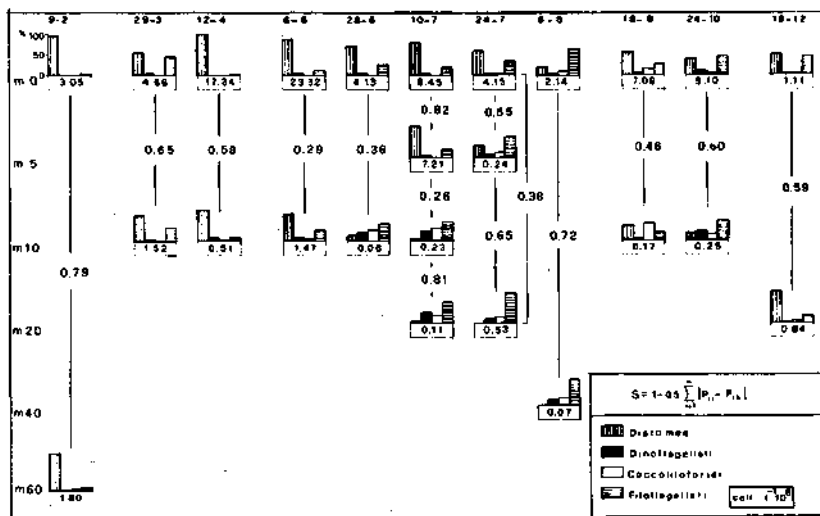


Fig. 15 - Importanze percentuali dei principali gruppi fitoplanctonici e indice di similarità relativi ad alcuni prelievi dell'anno 1984.

dice percentuale di similarità" (Whittaker, 1952). Nel periodo invernale (9 febbraio '84 e 19 dicembre '84) l'omogenea distribuzione della produzione e della clorofilla nella colonna d'acqua si riflette anche nella composizione e nell'abbondanza del popolamento, dominato da Diatomee. I prelievi dal 29 marzo al 6 giugno '84 rappresentano l'evoluzione verso la situazione estiva, caratterizzata dalla localizzazione del 90% della produzione primaria entro i primi 10 metri della colonna d'acqua. Il popolamento presenta ancora una discreta omogeneità dei principali gruppi tassonomici, ma già il 6 giugno si ritrova un valore dell'indice di similarità notevolmente basso, dovuto al "bloom", negli strati superficiali, della *Thalassiosira* sp. 1. Questa situazione di disomogeneità, dovuta al succedersi delle fioriture di Diatomee centriche entro i primi metri e al permanere, ai livelli inferiori, di un popolamento dominato da fitoflagellati, caratterizza i prelievi fino al 24 luglio. In corrispondenza dei minimi estivi, con l'estendersi in profondità della zona più produttiva, si ritrova, lungo la colonna d'acqua, un popolamento più omogeneo fortemente dominato da fitoflagellati. I prelievi autunnali (18 settembre e 24 ottobre '84) sono caratterizzati dalla ripresa del popolamento a Diatomee soprattutto negli strati superficiali.

MICROZOOPLANKTON (a cura di L. Petrillo, D. Marino e A. Zingone)

Il microzooplankton è stato analizzato, per la sola componente a Ciliati, nei campionamenti raccolti in superficie da marzo 1984 a gennaio 1985. Vengono inoltre fornite alcune informazioni preliminari riguardanti i campioni raccolti a -30 m. Sono stati determinati a livello specifico i soli Tintinnidi, mentre per gli altri Ciliati ci si è limitati a distinguere le forme nude da quelle appartenenti al genere *Strombidium*.

Il ciclo annuale dei Tintinnidi raccolti in superficie è caratterizzato da oscillazioni quantitative molto marcate (da 11 a 5300 cell.l⁻¹)

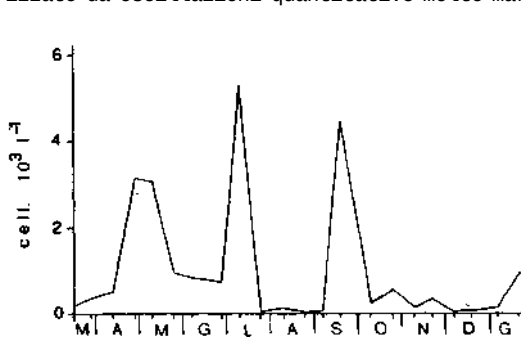


Fig. 16 - Andamenti dell'abbondanza dei Tintinnidi (cell. · 10³ l⁻¹) nel periodo marzo '84-gennaio '85.

e da rapidi cambiamenti della composizione specifica. Sono state identificate 70 specie, di cui solo una quindicina sono risultate quantitativamente importanti. Si possono distinguere (Fig. 16) tre picchi di abbondanza, due nel periodo primavera-inizio estate e il terzo all'inizio dell'autunno, che si sovrappone in larga misura a quelli osservati per il fitoplan-

cton e per la produzione primaria. Il primo picco (fino a 3166 cell. $\cdot l^{-1}$) comprende l'ultimo prelievo di aprile e il primo di maggio ed è dovuto in massima parte (90%) a specie del genere *Tintinnopsis*. In particolare risultano dominanti *Tintinnopsis levigata*, *T. beroidea* e un'altra forma, *Tintinnopsis* sp., probabilmente riferibile anch'essa a *T. beroidea*, dalla quale si differenzia per le dimensioni molto ridotte (Bakker & Phaff, 1976). Dopo un periodo caratterizzato da concentrazioni minori (728-968 cell. $\cdot l^{-1}$) si registra, agli inizi di luglio, il secondo picco di abbondanza, che costituisce il massimo assoluto dell'intero ciclo (5300 cell. $\cdot l^{-1}$). Tale massimo è dovuto essenzialmente a *Metacylis annulifera* (2600 cell. $\cdot l^{-1}$) ed a *Eutintinnus tubulosus*, che insieme costituiscono il 93% dell'intero popolamento. A questa fase segue una brusca diminuzione dell'abbondanza dei Tintinnidi (fino a 11 cell. $\cdot l^{-1}$), le cui concentrazioni rimangono basse fino agli inizi di settembre. Il terzo picco (4400 cell. $\cdot l^{-1}$) si registra

alla fine di settembre ed è dovuto in massima parte a *Metacylis annulifera*, che costituisce il 91% dell'intero popolamento. Infine, nel periodo compreso tra ottobre '84 e gennaio '85, si osservano diverse oscillazioni nelle concentrazioni dei Tintinnidi, con valori compresi tra 27 e 952 cell. $\cdot l^{-1}$.

L'andamento quantitativo delle specie dominanti in corrispondenza dei tre picchi di abbondanza è rappresentato in figura 17. Delle

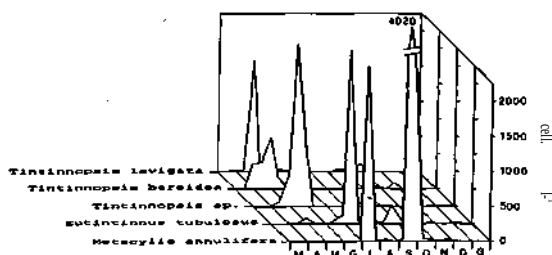


Fig. 17 - Andamento dell'abbondanza di alcune specie di Tintinnidi nel periodo marzo '84 - gennaio '85.

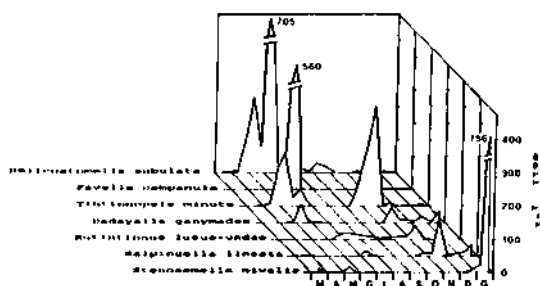


Fig. 18 - Andamento dell'abbondanza di alcune specie di Tintinnidi nel periodo marzo '84 - gennaio '85.

specie abbondanti nelle altre fasi del ciclo (Fig. 18), alcune presentano un'ampia distribuzione nel corso dell'anno (es.: *Helicostomella subulata*, *Tintinnopsis minuta*), altre si ritrovano solo in periodi molto limitati (*Favella campanula*, *Stenosemella nivella*). La forte dominanza di una o poche specie, osservata sia in corrispondenza dei picchi di abbondanza che nelle altre fasi, risulta in valori generalmente bassi dell'in-

dice di diversità specifica ($H' = 1.78$).

Per quanto riguarda gli altri Ciliati, è da notare che il loro peso nel popolamento microzooplanctonico di superficie è, nella gran parte dei campioni esaminati, molto più rilevante di quello dei soli Tintinnidi, con differenze, in alcuni casi di due ordini di grandezza (Fig.

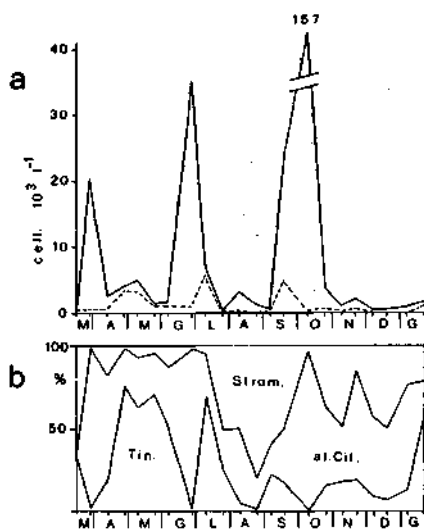


Fig. 19 - a) Andamento dell'abbondanza dei Ciliati ($\text{cell.} \cdot 10^3 \text{ l}^{-1}$) nel periodo marzo '84-gennaio '85.

— : Tintinnidi, *Strombidium* spp. e altri Ciliati.
 --- : Tintinnidi.

b) Importanza percentuale dei Tintinnidi (Tin.), dei Ciliati nudi (al. Cil.) e degli *Strombidium* (Strom.).

19a). I loro picchi di abbondanza, che risultano sfasati di alcuni prelievi rispetto a quelli dei Tintinnidi, si registrano a fine marzo, fine giugno e nel periodo fra settembre e ottobre, quando si osserva il massimo annuo di concentrazione ($156700 \text{ cell. l}^{-1}$). Le specie appartenenti al genere *Strombidium* raggiungono la loro massima abbondanza percentuale (fino all'80%) in agosto, in corrispondenza dei minimi estivi del popolamento microzooplanctonico nel suo complesso (Fig. 19b).

I primi risultati dell'analisi dei campioni raccolti a -30 m tra marzo e novembre mettono in evidenza differenze spesso rilevanti con i campioni di superficie. Il popolamento a Ciliati di profondità è infatti generalmente più povero di individui ($46-536 \text{ cell. l}^{-1}$), presenta variazioni temporali meno marcate e, per quanto riguarda la componente a Tintinnidi, è più diversificato ($H' = 2.79$).

Le variazioni quantitative e qualitative osservate per il microzooplancton superficiale sono da mettere in relazione con l'instabilità

dei parametri ambientali nei primi strati della colonna d'acqua, la quale produce effetti immediati sugli organismi inseriti nei primi livelli della rete trofica. E' da notare inoltre che i ritmi riproduttivi dei Ciliati sono elevati e in molti casi paragonabili a quelli delle microalghe planctoniche (Heinbokel, 1978). Non è infine da sottovalutare che fenomeni di rimozione e di accumulo a seguito di eventi idrodinamici possono interessare direttamente, oltre al fitoplancton, anche i Ciliati, la cui motilità è inferiore rispetto ad altre componenti dello zooplancton.

La comunità zooplanctonica presenta, nel corso dell'anno, ampie e frequenti variazioni quantitative, sia in termini di biomassa ($11.87 + 7.58 \text{ mg m}^{-3}$ di peso secco) che di densità ($2108 + 2270 \text{ ind. m}^{-3}$). Per entrambi i parametri tuttavia i valori più alti sono concentrati in tre periodi, corrispondenti a tre diversi momenti stagionali: un periodo primaverile, da maggio a giugno, uno estivo, da luglio a settembre, e uno autunnale, da ottobre a novembre (Fig. 20). Durante i

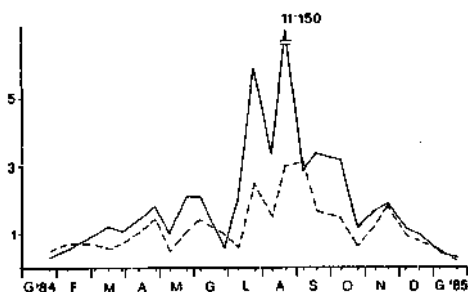


Fig. 20 - Andamento della densità ($\text{ind. m}^{-3} \cdot 10^3$, linea continua) e della biomassa ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot 10$ di peso secco, linea tratteggiata) dello zooplancton.

mesi estivi si registrano valori di biomassa particolarmente alti (fino a 31.05 mg m^{-3}), ma ancora più rapido ed accentuato è l'aumento della densità totale (fino a $11150 \text{ ind. m}^{-3}$).

Lo zooplancton è dominato, durante tutto l'anno, dai Copepodi (di cui sono state identificate 90 specie), che rappresentano in media il 77% dell'intero popolamento; la loro importanza percentuale si abbassa solo in occasione di tre prelievi, per

l'incremento dei Cladoceri in estate e delle Appendicularie in inverno (Fig. 21).

La vicenda stagionale della comunità zooplanctonica è caratterizzata da sensibili variazioni nella sua composizione specifica (Fig. 22). In inverno, in corrispondenza di bassi valori di densità totale ($< 1161 \text{ ind. m}^{-3}$), le forme più importanti sono: *Oikopleura* spp., i Copepodi *Clausocalanus paululus*, *C. furcatus* e *Centropages typicus*, larve di Cirripedi e di Decapodi, che insieme rappresentano il 42% del popolamento totale. Fra i Cope-

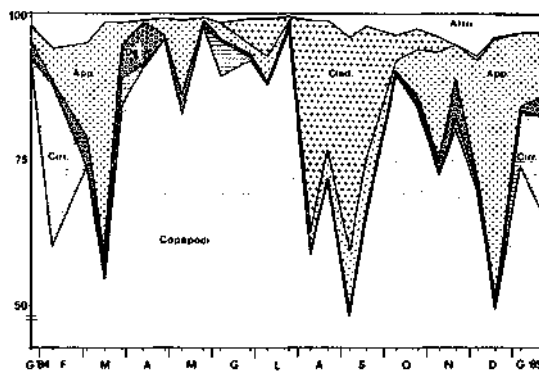


Fig. 21 - Importanza percentuale dei principali gruppi zooplanctonici (App.= Appendicularie; Dec.= Decapodi; Clad.= Cladoceri; Cirr.= Cirripedi).

podì le abbondanze risultano abbastanza bene equiripartite fra un alto numero di specie come dimostrano gli alti valori dell'indice di diversità di Shannon-Weaver ($H' = 3.99$). In questo periodo compaiono anche forme giovanili di specie caratteristiche di acque più aperte e aventi ampia distribuzione verticale, quali Neocalanus gracilis, Eucalanus monacus, Aetideus armatus, Euaetideus giesbrechti, Scolecithricella dentata, S. vittata, Pleuromamma abdominalis, P. gracilis, Lucicutia flavicornis, L. gemina, Heterorhabdus papilliger.

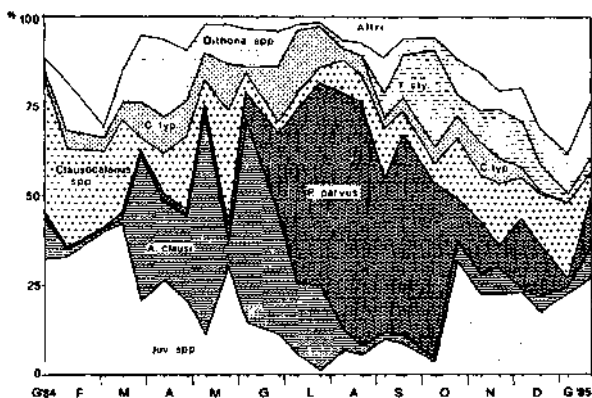


Fig. 22 - Importanza percentuale dei generi e delle specie di Copepodi quantitativamente più importanti.

In primavera aumenta la densità totale (fino a 21140 ind.·m⁻³) e fra i Copepodi, che in questo periodo costituiscono mediamente il 90% di tutto lo zooplancton, le specie più abbondanti sono: Acartia clausi, Oithona similis, C. typicus, Clausocalanus pergens e Paracalanus parvus. L'indice di diversità si abbassa ($H' = 2.57$). Fra gli altri gruppi restano importanti le Oikopleura e le larve di Decapodi. In estate la struttura del popolamento zooplanctonico

si modifica sensibilmente. Aumenta l'importanza di P. parvus, che proprio in questo periodo presenta i picchi più alti del suo ciclo annuale e alla fine di luglio arriva a costituire da solo il 55% del popolamento totale. Nei mesi estivi altri Copepodi presentano i loro massimi annuali, ma con densità trascurabili; fra questi Clausocalanus jobei, Centropages kroyeri, C. ponticus e Oithona longispina. In definitiva però la componente a Copepodi ha, in estate, una bassa diversità specifica ($H' = 2.32$), essendo rappresentata quasi esclusivamente, oltre che da P. parvus, solo da C. typicus e da A. clausi. Accanto a queste specie è da notare il rapido incremento di Temora stylifera che inizia il suo ciclo annuale alla fine di agosto. In agosto-settembre l'importanza percentuale dei Copepodi diminuisce rispetto ai mesi primaverili, a favore dei Cladoceri, in particolare di Penilia avirostris e di Evadne tergestina. In autunno le densità dello zooplancton ritornano ai valori primaverili (fino a 1866 ind.·m⁻³). I Copepodi più importanti di questo periodo, sia in termini di abbondanza che di frequenza, sono P. parvus e T. stylifera, responsabili del picco di zooplancton dell'8 ottobre, e Clausocalanus furcatus. Una significativa frazione del popolamento zooplanctonico è

inoltre rappresentata dalle Appendicolarie, soprattutto *Oikopleura* spp. e *Fritillaria pellucida*. Alla fine del ciclo di campionamenti la comunità zooplanctonica si ristrutturava secondo il modello invernale. Accanto alle Appendicolarie tornano ad essere importanti le larve di Cirripedi; fra i Copepodi, oltre a *P. parvus* torna *C. paululus* e ricompare la maggior parte delle specie meno frequenti, tipiche di acque più aperte. I valori dell'indice di diversità sono nuovamente alti ($H' = 3.83$).

L'analisi di questi risultati porta ad alcune considerazioni di carattere più generale sui cicli di produzione e sull'evoluzione temporale della comunità zooplanctonica dell'area studiata. I valori di biomassa registrati durante questo ciclo di campionamenti sono fra i più alti tra quelli riportati per il Golfo di Napoli; essi presentano inoltre fluttuazioni stagionali più marcate rispetto ad aree più aperte del golfo (Carrada et al., 1980). I tre periodi di maggiore abbondanza zooplanctonica osservati si presentano ritardati di 2-4 settimane rispetto ai periodi di più alta biomassa fitoplanctonica; il picco di zooplancton più importante è quello estivo costituito da due guglie di cui la prima segue la fase di massima produzione primaria, mentre la seconda si sovrappone ai minimi valori di biomassa fitoplanctonica di questo periodo. Quest'ultimo sfasamento, così marcato, non sembra essere giustificato soltanto da un fenomeno di grazing, in quanto l'incremento dello zooplancton si verifica con forte ritardo rispetto a quello del fitoplancton ed in un periodo in cui i valori di produzione primaria e di clorofilla sono già in netta discesa. Ciò evidenzia l'opportunità di quantificare il ruolo di specie fitoplanctoniche a rapido turn-over e di piccole dimensioni (picoplancton), che vengono in gran parte trascurate dalle metodiche correntemente in uso.

L'analisi della componente faunistica e dei cicli stagionali delle singole specie suggeriscono che ci siano almeno due fasi nello sviluppo della comunità zooplanctonica costiera del Golfo di Napoli. La prima di queste caratterizza il periodo tardo autunno-inverno (novembre-febbraio) quando, in corrispondenza di basse biomasse fitoplanctoniche, lo zooplancton è povero ma altamente diversificato. Per quanto riguarda i Copepodi, in questo periodo le limitate risorse alimentari vengono utilizzate da un alto numero di specie senza che alcuna di queste diventi dominante. A specie neritiche si aggiungono specie subsuperficiali di acque più aperte la cui diffusione verso la costa è generalmente correlata a migrazioni stagionali ontogeniche verso la superficie (Hopkins et al., 1981). La comunità zooplanctonica è inoltre caratterizzata dalla presenza di organismi del meroplancton (Cirripedi, Decapodi) e di specie del gruppo delle Appendicolarie che in questo periodo raggiungono il loro massimo annuale. La struttura di questa comunità invernale persiste nel tempo, anche durante la breve ma intensa fioritura di fitoplancton del mese di febbraio. Ciò potrebbe essere considerato una misura indiretta della capacità del sistema di assorbire perturbazioni occasionali; l'attenuata risposta quantitativa dello zooplancton, inoltre, fa presupporre che fioriture di questo tipo non vengano sfruttate pienamente dal sistema pelagico.

In primavera, con l'inizio del periodo di intensa e continua produzione primaria, la comunità entra in una seconda fase, caratterizzata

da un rapido aumento numerico e da una progressiva diminuzione della sua diversità specifica. La struttura del popolamento durante questa lunga fase, da marzo a ottobre, subisce profonde modifiche, dovute all'alternarsi della dominanza di poche specie. In particolare, in primavera e in estate viene favorito lo sviluppo di *A. clausi* e *P. parvus*, specie ben rappresentate durante tutto l'anno, ma le cui popolazioni sono state probabilmente frenate nella crescita dalla poca disponibilità di cibo. Alla fine dell'estate si assiste all'impetuoso sviluppo dei Cladoceri, soprattutto di *P. avirostris* che diventa la specie dominante; all'inizio dell'autunno assume una notevole importanza numerica il Copepode *T. stylifera*.

Le specie che formano la comunità costiera sembrano presentare cicli annuali molto diversi in relazione alle loro strategie riprodut-

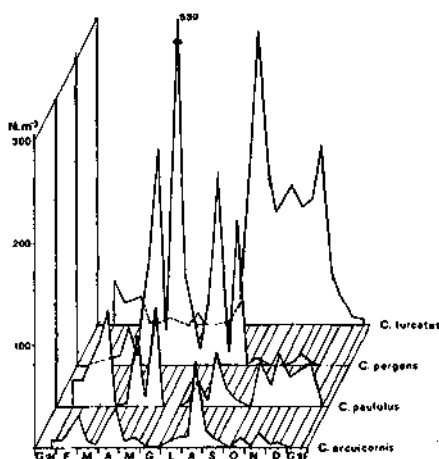


Fig. 23 - Ciclo annuale delle specie più importanti di Copepodi del genere *Clausocalanus*.

tive. Schematicamente si possono distinguere tre diversi modelli di cicli stagionali. Un primo modello è presentato da alcune specie tipiche dell'ambiente neritico quali *A. clausi* e *P. parvus* che si riproducono durante tutto l'anno ma che, in corrispondenza dei massimi di produzione fitoplanctonica, aumentano il loro tasso di riproduzione al punto di caratterizzare con la loro dominanza tutta la comunità. Altre specie, anch'esse strettamente costiere, presentano un solo periodo riproduttivo durante il quale possono raggiungere densità elevatissime. Questo modello, tipico dei Cladoceri, è legato alla forma-

zione di uova durevoli e alla loro riproduzione partenogenetica. A un terzo modello di ciclo stagionale si conferma invece la maggior parte delle specie presenti nei nostri campioni; si tratta di forme epipelagiche ad ampia distribuzione orizzontale che presentano uno o più periodi di riproduzione non necessariamente legati ai massimi di produzione primaria. L'andamento stagionale di queste specie sembra dipendere esclusivamente dal loro ciclo vitale e non risentire delle perturbazioni ambientali, anche le più marcate, che si verificano nell'ambiente costiero. Esempi tipici di questo comportamento si possono osservare analizzando il ciclo di specie appartenenti allo stesso genere, come *Clausocalanus* (Fig. 23) e *Oithona* (Fig. 24), le quali durante l'anno si succedono l'una all'altra caratterizzando ciascuna un diverso periodo stagionale.

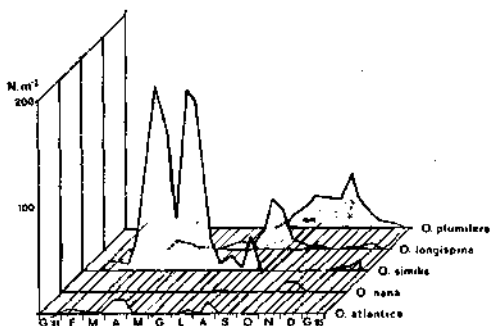


Fig. 24 - Ciclo annuale delle specie più importanti di Copepodi del genere *Oithona*.

Queste osservazioni suggeriscono che vi sia una sostanziale continuità fra la comunità zooplanctonica costiera e quella di acque aperte, la struttura di base di questi popolamenti essendo determinata dalle specie ad ampia distribuzione orizzontale, le stesse che definiscono la comunità superficiale delle acque aperte del Tirreno (Scotto di Carlo et al., 1984). La peculiarità dello zooplancton costiero sembra perciò consistere

nella presenza di poche specie opportuniste quali *A. clausi*, *P. parvus* e i Cladoceri capaci, grazie alle loro strategie riproduttive, di sfruttare con più efficienza i periodi di forte produzione primaria. Ed è soltanto in questi periodi (primavera-estate) che la struttura del popolamento costiero si differenzia nettamente da quella del largo.

CONCLUSIONI

Dai risultati di questo primo ciclo di ricerche si possono trarre alcune considerazioni conclusive:

- la distribuzione verticale della salinità, dei nutrienti, della clorofilla, del fitoplancton e dei Ciliati indica che è possibile distinguere nella colonna d'acqua due strati che restano separati per la maggior parte dell'anno.
- Lo strato superficiale, di spessore variabile, ma più frequentemente compreso tra 0 e 10 m, mostra, indipendentemente dalla stratificazione termica, caratteristiche tipiche di acqua costiera, con valori di clorofilla e produzione primaria estremamente elevati che, in alcuni periodi, rappresentano più del 90% dei valori integrati su tutta la colonna d'acqua.
- Lo strato sottostante (10-60 m) risulta debolmente influenzato da quello superficiale e mostra caratteristiche simili a quelle delle acque aperte del golfo.
- Occasionalmente si individua, al di sotto di 60 m, uno strato d'acqua, di spessore variabile, che sembra essere influenzato soprattutto dal contatto con il fondo.
- Il limitato spessore dello strato influenzato dagli apporti terrigeni non impedisce che vi sia un'elevatissima produzione primaria ($292 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) ed altrettanto elevate biomasse fitoplanctoniche e zooplanctoniche.

- Il ciclo della produzione primaria mostra tre periodi di incremento. Nel primo periodo, in febbraio, i processi produttivi interessano tutta la colonna d'acqua; nel secondo, da metà marzo a metà luglio, questi si realizzano in massima parte nei primi 10 m d'acqua; nel periodo autunnale (settembre-novembre), infine, i più alti valori di produzione si registrano dalla superficie fino alla profondità di circa 20 m.
- Gli andamenti della clorofilla, del numero di cellule fitoplanctoniche e del microzooplankton coincidono largamente con quelli della produzione primaria, mentre i massimi per lo zooplankton risultano ritardati di 2-4 settimane.
- Lo stretto contatto tra il sistema neritico e quello d'acque aperte nel Golfo di Napoli risulta particolarmente evidente dalla struttura della comunità zooplanctonica, che è caratterizzata dalla contemporanea presenza di forme costiere e forme del largo. La popolazione zooplanctonica assume caratteri tipici di zona neritica soltanto nei periodi di più elevata e continua produzione primaria (primavera-estate), quando specie opportuniste di Cladoceri e di Copepodi, meglio adattate a sfruttare le notevoli risorse disponibili, raggiungono un forte sviluppo e diventano nettamente dominanti.

RIASSUNTO

Le variazioni annuali dei parametri fisico-chimici e della produzione primaria, nonché della biomassa e della composizione specifica del fitoplancton, del microzooplankton e dello zooplankton sono stati analizzati su dati raccolti durante un ciclo di campionamenti (gennaio 1984 - gennaio 1985) su una stazione fissa situata nella parte interna del Golfo di Napoli.

SUMMARY

Annual variations in physico-chemical parameters, primary production, and phytoplankton, microzooplankton, and zooplankton standing stocks and species composition are discussed based on biweekly samples collected from January 1984 to January 1985 at a fixed station in the inner part of the Gulf of Naples. Vertical profiles for salinity, nutrients, chlorophyll, phytoplankton and ciliates indicated that at least two depth strata were discernible for the greater part of the year. The surface layer (0-10 m), with characteristics typical of inshore waters, showed high values for primary production and chlorophyll that at times comprised over 90% of total values integrated for the entire water column. The deep layer (10-60 m) showed only a weak coupling with overlying layers with characteristics more similar to those of offshore waters. A third depth layer was at times recorded below 60 m that seemed highly influenced by its contact with the bottom. Three periods of increment in biomass for primary production and phytoplankton (chlorophyll and cells/liter) were discernable in February, from spring to early summer, and in autumn. Each of these peaks was mainly characterized by the succession of small centric

diatoms (Chaetoceros, Thalassiosira, Leptocyldrus) forming well-diversified populations. High concentrations of ciliates were recorded in surface waters with values two orders of magnitude greater than underlying layers. Naked forms were often dominant with abundance maxima coinciding with those recorded for primary production. Three peaks were also observed for zooplankton biomass with delay times of 2-4 weeks with respect to those recorded for phytoplankton. Throughout the course of the year, the zooplankton community was characterized by both inshore and offshore elements demonstrating the notable continuity between neritic and offshore systems in the Gulf of Naples. The most striking feature of coastal zooplankton populations in this region seems to consist in the presence of a small number of opportunistic species of cladocerans and copepods such as A. clausi and P. parvus capable of better exploiting available resources. It follows that the structure of coastal zooplankton communities differs markedly from those recorded for offshore areas only during periods of high primary productivity.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano F. Campili, F. Corato e G. Forlani per l'aiuto fornito per le analisi di laboratorio e G. Princivalli per la stesura a macchina del manoscritto.

Gli autori sono inoltre particolarmente grati a V. Tramontana, comandante dell'imbarcazione LORAN, per la preziosa collaborazione durante le operazioni a bordo.

BIBLIOGRAFIA

- BARKER C. and W.J. PHAFF, 1976 - Tintinnida from coastal waters of the S.W.-Netherlands. I. The genus Tintinnopsis Stein. Hydrobiol., 50, 101-111.
- BECACOS-KONTOS T., 1968 - The annual cycle of primary production in the Saronicos Gulf (Aegean Sea) for the period Novembre 1963-October 1964. Limnol. Oceanogr., 13, 485-489.
- BROUARDEL J. et E. RINK, 1963 - Mésure de la production organique en Méditerranée dans les parages de Monaco a l'aide du ^{14}C . Ann. Inst. océanogr., Paris, 40, 109-164.
- CAPERON J., S.A. CATTELL and G. KRASNICK, 1971 - Phytoplankton kinetics in a subtropical estuary: eutrophication. Limnol. Oceanogr., 16, 599-607.
- CARRADA G.C., E. FRESI, D. MARINO, M. MODIGH and M. RIBERA D'ALCALA', 1981 - Structural analysis of winter phytoplankton in the Gulf of Naples. J. Plankton Res., 3, 291-313.
- CARRADA G.C., T.S. HOPKINS, G. BOMBACE, A. IANORA, D. MARINO, M. MODIGH, M. RIBERA D'ALCALA' and SCOTTO DI CARLO, 1980 - Variability in the hydrographic and biological features of the Gulf of Naples. P.S.Z.N. I: Marine Ecology, 1, 105-120.

- CURL H.Jr. and L.F. SMALL, 1965 - Variation in photosynthetic assimilation ratios in natural, marine phytoplankton communities. Limnol. Oceanogr., 10, 67-73.
- DADAY E.V., 1886/87 - Monographie der Familie der Tintinnodeen. Mitt. Zool. Stat. Neapel, 7, 473-591.
- DE ANGELIS C.M., 1957 - Ciclo annuale del fitoplancton del Golfo di Napoli. Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 32, 37-45.
- DELLA CROCE N., 1962 - Zonazione planctonica del Golfo di Napoli. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 32, 368-379.
- DE MAIO A., M. MORETTI, E. SANSONE, G. SPEZIE, M. VULTAGGIO, 1980/81 - Dinamica delle acque del Golfo di Napoli. Presentazione dei dati ottenuti dal 1977 al 1980. Annali Ist. Univ. Navale di Napoli, 49-50, Appendice 2, 1-305.
- DE MAIO A., M. MORETTI, E. SANSONE, G. SPEZIE, M. VULTAGGIO, 1983 - Dinamica delle acque del Golfo di Napoli e adiacenze. Risultati ottenuti dal 1977 al 1981. Annali Ist. Univ. Navale di Napoli, 51, Appendice 2, 1-58.
- ENTZ G., (1884) - Über Infusorien des Golfes von Neapel. Mitt. Zool. Stat. Neapel, 5, 289-444.
- ENTZ G., (1886) - Zur näheren Kenntnis der Tintinnoden. Mitt. Zool. Stat. Neapel, 6, 185-216.
- HAPGOOD H.W., 1960 - Hydrographic observations in the Bay of Naples (Golfo di Napoli). January 1957-January 1958 (Station list). Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 31, 337-371.
- HEINBOKEL J.F., 1978 - Studies on the functional role of Tintinnids in the Southern California Bight. I. Grazing and growth rates in laboratory cultures. Mar. Biol., 47, 177-189.
- HOPKINS T.S. and GONEG, 1977 - The existence of Levantine Intermediate Water in the Gulf of Naples. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 24, 39-41.
- HOPKINS T.L., D.M. MILLIKEN, L.M. BELL, E.T. Mc MICHAEL, J.J. HEFFERNAN and R.V. CANO, 1981 - The landward distribution of oceanic plankton and micronekton over the west Florida continental shelf as related to their vertical distribution. J. Plankton Res., 3, 645-658.
- 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.
- HURE J. e B. SCOTTO DI CARLO, 1969 - Ripartizione quantitativa e distribuzione verticale dei Copepodi pelagici di profondità su una stazione del mar Tirreno e una dell'Adriatico meridionale. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 37, 51-83.
- HURE J. and B. SCOTTO DI CARLO, 1974 - New patterns of diurnal vertical migration of some deep-water Copepods in the Tyrrhenian and Adriatic Seas. Mar. Biol., 28, 179-184.
- IANORA A., M.G. MAZZOCCHI and B. SCOTTO DI CARLO - Zooplankton community structure for coastal waters of the Gulf of Naples summer of 1983. Rapp. Comm. Int. Mer Médit (in stampa).
- ISSEL R., 1934 - Ciclo annuale del microplankton di superficie del Golfo di Napoli (Golfo inerno). Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 14, 1-50.

- JØRGENSEN E., 1924 - Mediterranean Tintinnidae. Rep. Danish Oceanogr. Exp. 1908-10, 2 (J.3), 1-110.
- KRŠINIĆ F., 1980 - Qualitative and quantitative investigations of the Tintinnids along the eastern coast of the Adriatic. Acta Adriat., 2, 19-104.
- LO BIANCO S., 1902 - Le pesche pelagiche abissali eseguite dal Maia nelle vicinanze di Capri. Mitt. Zool. Stat. Neapel, 15, 413-482.
- LO BIANCO S., 1903 - Le pesche abissali eseguite da K.A. Krupp con lo yacht Puritan nelle adiacenze di Capri e in altre località del Mediterraneo. Mitt. Zool. Stat. Neapel, 16, 109-279.
- LORENZEN C.J., 1976 - Primary production in the sea. In: The Ecology of the Seas. Cushing D.A. and J.J. Walsh eds, Blackwell, Oxford, 173-185.
- MARGALEF R., 1960 - Valeur indicatrice de la composition des pigments du phytoplancton sur la productivité, composition taxonomique et propriétés dynamiques des populations. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 15, 227-281.
- MARGALEF R., 1974 - Ecologia. Ediciones Omega, Barcelona, 1-951.
- MARGALEF R. and J. CASTELLVI, 1967 - Fitoplancton y producción primaria de la costa catalana, de julio de 1966 a julio 1967. Inv. Pesq., 31, 491-502.
- MARINO D. and MODIGH, 1981 - An annotated check-list of planktonic diatoms from the Gulf of Naples. P.S.Z.N. I. Marine Ecology, 2, 317-333.
- MARINO D., M. MODIGH and A. ZINGONE, 1984 - General features of phytoplankton communities and primary production in the Gulf of Naples and adjacent waters. In: Marine Phytoplankton and Productivity. Holm-Hansen O., L. Bolis and R. Gilles eds. Springer-Verlag, Berlin, Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies, 8, 89-100.
- MENZEL D.W. and J.H. RYTHER, 1961 - Annual variations in primary production of the Sargasso Sea off Bermuda. Deep-Sea Res., 7, 282-288.
- MODIGH M., M. RIBERA D'ALCALA', V. SAGGIOMO, G. FORLANI and E. TOSTI - Time Relationship between physico-chemical and biological properties of phytoplankton blooms in the inner part of the Gulf of Naples, summer 1983. Rapp. Comm. int. Mer Médit. (in stampa).
- PLATT T. and B. IRWIN, 1971 - Phytoplankton production and nutrients in Bedford Basin, 1969-70. Fish Res. Bd. Canada Tech. Rep., 247, 172 pp.
- PLATT T. and D.U. SUBBA RAO, 1975 - Primary production of marine microphytes. In: Photosynthesis and Productivity in Different Environments. International Biological Programme, vol. 3, Cambridge University Press. Great Britain, 249-280.
- PUCHER-PETKović T., 1970 - Sezonske i visegodišnje fluktuacije primarne produkcije usrednjem. Pomorsk. Zborn., 8, 847-856.
- SCOR-UNESCO, 1966 - Determination of photosynthetic pigments in sea water. Monographs on Oceanographic Methodology, 1-64.
- SCOTTO DI CARLO B., A. IANORA, E. FRESI, J. HURE, 1984 - Vertical zonation patterns for Mediterranean copepods from the surface to 3000 m at a fixed station in the Tyrrhenian Sea. J. Plankton Res., 6, 1031-1056.

- SMAYDA T.J., 1973 - A survey of phytoplankton dynamics in the coastal waters from Cape Hatteras to Nantucket. In: Coastal and Offshore Environmental Inventory Cape Hatteras to Nantucket Shoals. Mar. Publ. Ser. 2, Univ. Rhode Island, section 3, 1-100.
- SOURNIA A., 1973 - La production primaire planctonique en Méditerranée. Essai de mise à jour. Newsletter of the Cooperative Investigations in the Mediterranean, 5, 1-128.
- STRICKLAND J.D.H. and T.R. PARSONS, 1965 - A manual of sea water analysis. Bull. Fis. Res. Bd. Canada, 125, 1-203.
- TELLAI S., 1969 - Détermination de la production organique à l'aide du carbone 14, dans les parages d'Alger. NATO tech. Rep. Subcomm. Oceanogr. Res., 47, 56-69.
- TOMAS C.R., 1981 - Primary production in the Gulf of Naples: winter-spring 1980. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 27, 67-68.
- ÜTHERMÖL H., 1958 - Zur Vervollkommnung der qualitativen Phytoplankton Methodik. Mitt. int. Ver. theo. angew. Limnol., 9, 1-38.
- WAWRICK F., 1960 - Einige Beobachtungen zur Hydrographie und Diatomeen-flora in der Rotunda von Neapel. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 31, 564-569.
- WENDIKE F., 1916 - Hydrographische Untersuchungen des Golfes von Neapel im Sommer 1913. Mitt. Zool. Stat. Neapel, 2, 229-362.
- WHITTAKER R.H., 1952 - A study of summer foliage insect communities. Ecol. Monogr., 22, 1-44.
- YAMAZI I., 1964 - Structure of the netted plankton communities in the inner area of the Gulf of Naples in September 1962. Pubbl. Stat. Zool. Napoli, 34, 98-136.
- ZINGONE A., M. MONTRESOR and D. MARINO - Temporal and spatial variations of phytoplankton communities from the inner part of the Gulf of Naples; summer 1983. Rapp. Comm. int. Mer Médit. (in stampa).

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	129-135	1985

OSSERVAZIONI SULLA DISTRIBUZIONE VERTICALE DI OSSIGENO E CLOROFILLA a NELLE ACQUE ESTERNE AL GOLFO DI NAPOLI

M. Ribera D'Alcalà *, G.C. Carrada *, R. Casotti **, M. Modigh *, V. Saggiomo * e S. Vescia ***

* Stazione Zoologica di Napoli

** Istituto di Zoologia, Università di Napoli

*** Istituto di Chimica Biologica, Università di Napoli

INTRODUZIONE

Gli studi sulla distribuzione verticale della clorofilla a hanno quasi sempre rilevato la presenza di massimi subsuperficiali (DCM) in tutte le aree del mondo (Steele & Yentsch, 1960; Yentsch, 1965; Lorenzen, 1967). Cullen (1982) ha prodotto un'esauriente revisione sul DCM e sul suo possibile significato ecologico dalla quale risulta che non è ancora possibile, sulla base dei dati esistenti, un'interpretazione unificante e soddisfacente di questo fenomeno. D'altronde è evidente la sua importanza nei processi produttivi degli ecosistemi marini.

Un'ulteriore indicazione, oltre al DCM, che anche la parte inferiore della zona eufotica ha un peso decisivo nella produzione complessiva dell'ecosistema marino, è data dal massimo subsuperficiale di ossigeno (DOM). In diverse aree geografiche sono stati infatti rilevati, fra i 30 e i 100 m di profondità, valori di concentrazione e di saturazione dell'ossigeno disciolto maggiori di quelli registrati nei livelli superficiali (Shulenberger & Reid, 1981).

Lo studio di questi fenomeni è di particolare interesse nelle aree dove si registrano bassi valori di concentrazione di clorofilla a in superficie e dove si può assumere che c'è stata, finora, una notevole sottostima della biomassa e della produzione primaria complessive del sistema. Per il Mediterraneo, già Jacobsen (1912) rilevò la presenza

di un massivo subsuperficiale di ossigeno. Ciò è stato confermato dalle nostre ricerche condotte negli ultimi dieci anni nel Golfo di Napoli e nel Golfo di Salerno (Data Reports, non pubblicati). La relazione tra il massimo subsuperficiale di ossigeno e il massimo subsuperficiale di clorofilla è ancora una questione aperta. Il presente lavoro intende essere un contributo alla conoscenza di questi fenomeni nel-

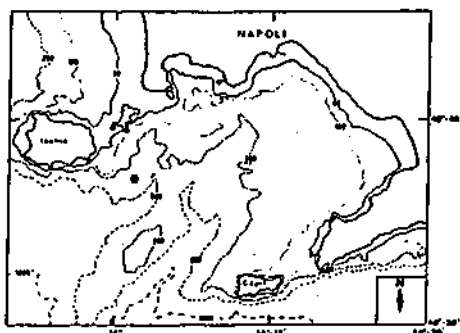


Fig. 1 - Golfo di Napoli. Ubicazione della stazione campionata (*).

l'ambito del Mar Tirreno.

MATERIALI E METODI

La stazione studiata è ubicata nella Bocca Grande del Golfo di Napoli (Fig. 1) su un fondale di 400 m, in una zona non perturbata dalla vicinanza della costa. I prelievi sono stati effettuati con frequenze per lo più settimanali, dal 2 luglio all'8 settembre 1984. I campioni d'acqua sono stati raccolti con bottiglie Niskin da 5 l ogni 5 m fino alla profondità di 110 m. Sono stati determinati i seguenti parametri: radiazione solare incidente e sua estinzione nella colonna d'acqua (PAR = radiazione fotosinteticamente attiva), temperatura, salinità, concentrazione dell'ossigeno disciolto, nutrienti (NO_2 , NO_3 , NH_4 , PO_4 , SiO_4) e clorofilla a. La PAR è stata rilevata con un fotometro LICOR e la salinità è stata determinata con salinometro BECKMANN RS7C, l'ossigeno con il metodo Winkler, i nutrienti con Autoanalyzer Technicon AAI (Grasshoff et al., 1983), la clorofilla a allo spettrofotometro utilizzando le equazioni di SCOR-UNESCO e di Lorenzen (Strickland & Parsons, 1972).

RISULTATI

La figura 2 riporta due andamenti verticali del sigma-t, nitrato e azoto inorganico totale e la figura 3 i corrispondenti andamenti dell'ossigeno e della clorofilla a. La colonna d'acqua è caratterizzata da un profilo della densità che presenta più di un flesso; il margine inferiore del pycnoclino oscilla fra i 30 e i 50 m ($\Delta\sigma_t < 0.05$). Il livello dell'1% di luce incidente si colloca sempre al di

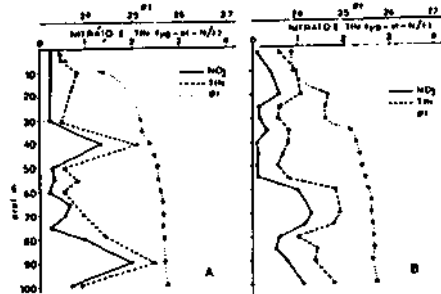


Fig. 2 - Andamento verticale di NO_3 , azoto inorganico (TIN), e σ_t nei giorni 19.7 e 11.9.84.

sotto del pycnoclino, tra i 55 e i 75 m, con valori assoluti di 15-20 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ a mezzogiorno in condizioni di cielo chiaro. I valori di salinità variano in superficie fra il 37.6 e 38.0 e, al di sotto del pycnoclino, fra 37.8 e 38.2.

La saturazione percentuale dell'ossigeno varia fra l'83% e il 110%, mentre la sua concentrazione aumenta con la profondità, raggiungendo massimi assoluti fino a 6.10 ml/l fra i 30 e i 70 m. In questo intervallo di profondità si osservano piccole ma frequenti oscillazioni (0.1-0.4 ml/l). Le concentrazioni di fosfato sono mediamente basse (0.05-0.10 $\mu\text{g-at}/\text{l}$) e piuttosto costanti. I valori dell'azoto inorganico totale sono compresi

tra 0.6 e 5.0 $\mu\text{g-at/l}$. I profili verticali di questo parametro mostrano un'elevata variabilità ed i massimi assoluti sono sempre subsuperficiali e generalmente ubicati sotto il picnoclino. Caratteristica costante è la presenza di un massimo relativo fra i 30 ed i 50 m e di un nitraclino tra i 75 e i 100 m. Le concentrazioni di clorofilla

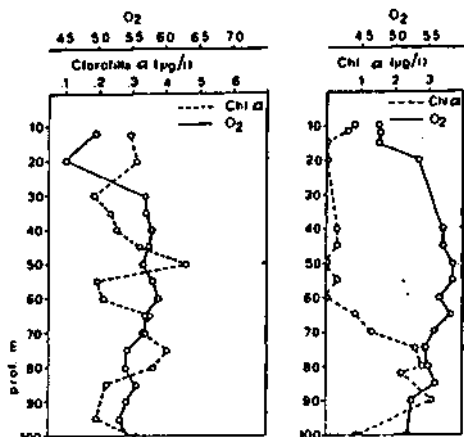


Fig. 3 - Andamento verticale di clorofilla a ($\mu\text{g/l}$) e ossigeno (ml/l) per due campionamenti (A: 19.7.84; B: 11.9.84).

variano fra 0.02 e 0.65 $\mu\text{g/l}$ con un valore medio, integrato sulla profondità di 0.22 ± 0.07 $\mu\text{g/l}$ nello strato d'acqua al di sotto del picnoclino. L'andamento verticale della clorofilla a è caratterizzato da uno o più massimi subsuperficiali in corrispondenza o al di sotto del picnoclino. Per quanto riguarda l'andamento temporale di questo parametro (Fig. 4) è da notare che i massimi non si trovano in corrispondenza con il picnoclino e sono sempre al di sopra dell'1% di luce incidente. Essi, tra un campionamento ed il successivo (7-10 giorni) si collocano, lungo la colonna d'acqua, a profondità differenti e risultano sempre associati a massimi relativi, o comunque ad un aumento della concentrazione dell'azoto to-

totale. La tabella 1, infine, riporta i valori medi integrati sulla profondità, della concentrazione dell'ossigeno disciolto e della clorofilla a per lo strato d'acqua da 30 a 100 m. Da questi dati si può rilevare che, mentre la clorofilla non mostra un andamento regolare nel tempo, l'ossigeno, nel mese di luglio, tende ad accumularsi nell'intervallo batimetrico considerato.

DISCUSSIONE

Il DCM presenta caratteristiche diverse nelle varie aree studiate. Nell'area tropicale, al largo dell'Africa Occidentale, è presente durante tutto l'anno ad una profondità variabile tra i 30 e i 60 m, spostandosi in corrispondenza del nitraclino con concentrazioni di clorofilla a fino a 1.5 $\mu\text{g/l}$. Con l'aumentare della profondità, e quindi con la diminuzione della luce disponibile, le concentrazioni di clorofilla decrescono nel DCM, il quale si trova comunque sempre al di sopra del livello dell'1% di luce incidente (Herbland & Voituriez, 1977). La fascia tropicale e subtropicale del Pacifico è un'area particolarmente studiata.

Nella zona tropicale Venrick *et al.* (1973) hanno osservato massimi subsuperficiali 0.2-0.3 $\mu\text{g/l}$ di clorofilla fino a 150 m, spesso al di

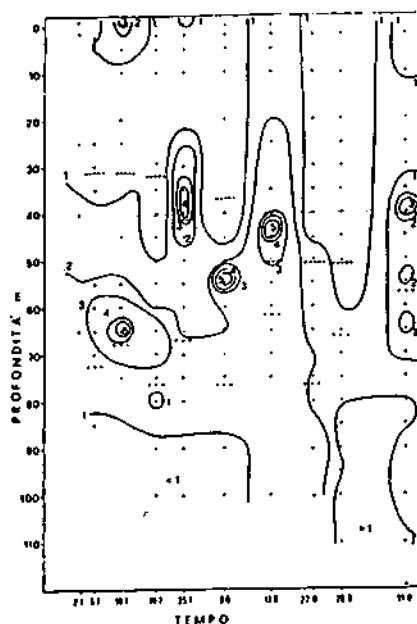


Fig. 4 - Andamento temporale della clorofilla a ($\mu\text{g/l}$).
 +++ : livello 1% di luce.
 - : margine inferiore del picnoclino.

tuiva il 90% della popolazione. Questo dinoflagellato è dotato di notevole mobilità e può spostarsi lungo la colonna d'acqua verso

Tab. 1 - Variazione nel tempo dei valori medi di clorofilla a e ossigeno disciolto per lo strato d'acqua subsuperficiale.

Data	Intervallo considerato (m)	$\langle \theta^2 \rangle$ (ml/l)	$\langle \text{Chl a} \rangle$ ($\mu\text{g/l}$)
5.7.84	30-85	5.55	0.18
11.7.84	30-80	5.63	0.20
19.7.84	30-100	5.49	0.19
25.7.84	30-100	5.48	0.22
3.8.84	30-100	5.59	0.22
13.8.84	30-100	5.64	0.23
22.8.84	30-100	5.77	0.17
28.8.84	30-100	5.49	0.13
11.9.84	30-100	5.52	0.21

sotto del livello dell'1% di luce incidente. Gli autori hanno riscontrato che un massimo di clorofilla corrisponde anche ad un massimo di biomassa mentre ciò non si verifica nella situazione descritta da Beers et al. (1975) per la stessa fascia climatica.

Essi hanno rilevato un diverso rapporto Chl a/C per cellula, come risposta adattativa alla bassa quantità di luce del DCM, che si colloca, anche in questo caso, fra i 100 e i 150 m con valori fino a $0.2 \mu\text{g/l}$ di clorofilla. Valori molto più alti ($11-12 \mu\text{g/l}$) sono stati osservati ad una profondità variabile tra i 50 e i 75 m da Anderson (1969) al largo della costa dell'Oregon in una zona di upwelling.

In questo caso l'alta biomassa genera un'elevata concentrazione di ossigeno in corrispondenza del DCM anche se esso è spesso collocato al di sotto dell'1% di luce. Un'ultima situazione che vale la pena di segnalare, è quella osservata nel 1978 da Falkowsky et al. (1980) nel New York Bight dove il DCM era dovuto al *Ceratium tripos* che costi-

condizioni favorevoli di nutrienti o di luce.

Caratteristiche comuni alle situazioni sopra descritte sono:

1. la formazione del DCM in corrispondenza di aumentata disponibilità di azoto;
2. la presenza di più massimi relativi nella struttura fine del profilo verticale della clorofilla a;
- 3. l'apparente mancanza di relazione, tranne che nel caso studiato da Anderson, con il picnoclino.

Gli interrogativi lasciati aperti sono relativi al meccanismo di mantenimento del DCM. Infatti esso si colloca in uno strato d'acqua di spessore variabile, a profondità diverse, in condizioni idrologiche e di luce differenti a seconda dell'area studiata.

L'aspetto più rilevante della nostra serie di dati è la variabilità nel tempo, nei valori, nella collocazione spaziale sulla profondità e nel numero dei massimi relativi di clorofilla. Pur tuttavia questi rimangono confinati all'interno dello strato 30-70 m.

L'area di ubicazione della stazione presenta una sostanziale omogeneità dalle masse d'acqua (Data Reports 1975-77), quindi la rapida (7-10 giorni, come rilevato dalla nostra serie di campionamenti) comparsa dei massimi relativi di clorofilla subsuperficiali sembra essere dovuto ad una variabilità intrinseca al fenomeno stesso, con la formazione continua di strutture non stabili. Gli studi di Estrada (1985) e di Le Boutellier e Herbland (1983) descrivono situazioni simili.

Un ulteriore supporto a queste considerazioni è dato dall'analisi statistica dei nostri dati di clorofilla a. I valori medi integrati sulla profondità per ciascun campionamento nello strato d'acqua 30-70 m e i valori medi nel tempo per ciascuna profondità in questo stesso spazio verticale, danno una distribuzione normale dei valori medi (test del X²) con $P > 0.995$ per le medie spaziali e $P > 0.75$ per le medie temporali. L'analisi della varianza tra queste due serie di dati, che anno lo stesso valore medio ($0.22 \mu\text{g/l}$), indica che le due serie appartengono alla stessa popolazione ($P > 0.98$). Ciò sembra indicare che la variabilità nello spazio e nel tempo seguono lo stesso tipo di processo. Si può presumere che la distribuzione della biomassa all'interno dello strato interessato possa essere determinata da tre fattori principali: il galleggiamento - affondamento delle cellule; la loro mobilità e capacità di aggregazione; i movimenti dell'acqua. Il prevalere dell'uno o dell'altro di questi fattori determina la formazione, l'accrescimento, la dispersione o la scomparsa dei singoli picchi di clorofilla. Va rilevato l'accumulo di ossigeno all'interno dello strato (Tab. 1).

Sembrerebbe quindi che, mentre i movimenti dell'acqua tendono ad omogeneizzare le proprietà chimiche del sistema, il fitoplancton abbia modo di rispondere a questi stessi movimenti, al limite utilizzandoli, in modo da mantenere comunque una distribuzione disomogenea (a "patches"). Se così fosse il fitoplancton svolgerebbe un ruolo attivo nella formazione e nel mantenimento dei picchi subsuperficiali di clorofilla a. Resta da chiarire quale potrebbe essere il vantaggio adattativo di tale comportamento. Una variabilità nella distribuzione verticale a scala più piccola (1-3 m) è stata osservata nel Mar Baltico da Derenbach et al. (1979), e una altissima variabilità, sia nel tempo che nello spazio, è stata osservata da Cullen & Eppley (1983)

nel Southern California Bight.

In conclusione si potrebbe ipotizzare che:

1. il massimo subsuperficiale di clorofilla descritto in letteratura sia per molte aree geografiche, tranne forse la zona tropicale tipica, la media integrata di processi ad alta frequenza di formazione-dispersione/distruzione-ricomparsa dei massimi di clorofilla;
2. il moto turbolento dell'acqua gioca senz'altro un ruolo decisivo, ma forse il fitoplancton potrebbe utilizzare la propria energia metabolica per contribuire attivamente alla formazione ed al mantenimento di questi picchi.
3. Infine per quanto concerne i nutrienti, in particolare l'azoto, debbono essere analizzati i processi ed i tassi di rifornimento che potrebbero permettere il costituirsi di massimi non duraturi di biomassa fitoplanctonica, sganciati dalla dinamica del nitraclino.

RIASSUNTO

Sono descritte le distribuzioni di nutrienti, ossigeno disciolto e clorofilla a lungo la colonna d'acqua in una stazione al largo del Golfo di Napoli. Vengono formulate alcune ipotesi interpretative.

SUMMARY

Temporal variations (July 2 - September 11, 1984) of vertical profiles of chlorophyll a, oxygen and nutrients at an offshore station of the Tyrrhenian coast have been studied in order to gather preliminary indications on the dynamics of deep chlorophyll maxima and oxygen maxima (DCM, DOM).

The pycnocline was situated within 35 to 55 m. Nutrients, namely total inorganic nitrogen (TIN), showed a pronounced nitracline well below the pycnocline, at a depth from 75 to 100 m. Vertical distribution of chlorophyll was generally characterized by several peaks coinciding with or below the pycnocline, always above the 1% level of incident light but without any correlation with it. A strong correlation was instead observed between chlorophyll and TIN relative maxima.

Dissolved oxygen increased with depth reaching maximum concentrations between 30 and 70 m. In the 30-100 m bathymetric interval, mean values of chlorophyll showed irregular temporal variations while those of oxygen had a tendency to increase with time.

Comparison between these preliminary data for the Tyrrhenian Sea and those available, for the same ecological features, in other geographic and climatic areas suggests some interpretative hypotheses.

1. DCM, as it evolves in most areas investigated, with the exception perhaps of the Typical Tropical System (Herbland & Voituriez, 1977) might represent the integrated mean of processes leading to the formation-dispersion / destruction-reappearance of different maxima;
2. in addition to the water dynamics, an active role in the formation maintenance of DCM might be played by phytoplankton itself;
3. a significant role should be attributed to nutrient dynamics, namely to nitrogen, whose processes and rates of replenishment

would allow the formation of relative peaks within DCM, independently from the dynamics of the main nitracline.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON G.C., 1969 - Subsurface chlorophyll maximum in the northeast Pacific Ocean. Limnol. Oceanogr., **14**, 386-391.
- BEERS J.R., REID F.M.H. and STEWART G.L., 1975 - Microplankton in the North Pacific central gyre. Population structure and abundance, June 1973. Int. Rev. gesamten Hydrobiol., **60**, 607-638.
- CULLEN J.J., 1982 - The deep chlorophyll maximum: comparing vertical profiles of chlorophyll a. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **39**, 791-803.
- CULLEN J.J. and EPPLEY R.W., 1981 - Chlorophyll maximum layers of the Southern California Bight and possible mechanisms of their formation and maintenance. Oceanol. Acta, **4**, 23-32.
- DERENBACH J.B., H. ASTHEIMER, HANSEN H.P. and LEACH H., 1979 - Vertical microscale distribution of phytoplankton in relation to the thermomicroscale distribution of phytoplankton in relation to the thermocline. Mar. Ecol. Prog. Ser., **1**, 187-193.
- ESTRADA M., 1985 - Deep phytoplankton and chlorophyll maxima in the western Mediterranean. In: Mediterranean marine ecosystems, Moraitou-Apostolopoulou and Kiortsis (eds), Plenum Publ., 247-277.
- FALKOWSKI P.G., T.S. HOPKINS and WALSH J.J., 1980 - An analysis of factors effecting oxygen depletion in the New York Bight. J. Mar. Res., **38**, 479-506.
- GRASSHOFF K., M. EHRHARDT and KREMLING K., 1983 - Methods of seawater analysis. Verlag Chemie, Weinheim, 419 pp.
- HERBLAND A. and VOITURIEZ B., 1977 - Relation chlorophylle a fluorescence *in vivo* dans l'Atlantique Tropical. Influence de la structure hydrologique. Cah. ORSTOM Ser. Oceanogr., **15**, 67-77.
- JACOBSEN J.P., 1912 - The amount of oxygen in the water of the Mediterranean. In: Report on the Danish oceanographical expeditions 1908-1910, vol I, 207-236.
- LE BOUTEILLER A. and HERBLAND A., 1982 - Diel variation of chlorophyll a as evidenced from a 13-day station in the equatorial Atlantic Ocean. Oceanol. Acta, **5**, 4, 433-441.
- LORENZEN C.J., 1967 - Vertical distribution of chlorophyll and phaeopigments: Baja California. Deep Sea Res., **14**, 735-745.
- SHULENBERGER E. and REID J.L., 1981 - The Pacific shallow oxygen maximum, deep chlorophyll maximum, and primary productivity, reconsidered. Deep Sea Res., **28**, 9, 901-919.
- STEELE J.H. and YENTSCH C.S., 1960 - The vertical distribution of chlorophyll. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., **39**, 217-226.
- STRICKLAND J.D.H. and PARSONS T.R., 1972 - A practical handbook of sea water analysis. Fish. Res. Bd. Can. Bull., 167 2nd ed. 310 pp.
- VENRICK E.L., J.A. MCGOWAN and MANTYLA A.W., 1973 - Deep maxima of photosynthetic chlorophyll in the Pacific Ocean. Fish. Bull. (U.S.), **71**, 41-52.
- YENTSCH C.S., 1965 - Distribution of chlorophyll and phaeophytin in the open ocean. Deep Sea Res., **12**, 653-666.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	137-142	1985

PRIME OSSERVAZIONI SU UN "BLOOM" FITOPLANCTONICO LUNGO LA COSTA MARCHIGIANA NELL'ANNO 1984

A. ARTEGIANI *, R. AZZOLINI *, M. MARZOCCHI **, M. MORBIDONI *, A. SOLAZZI **, F. CAVOLO **

* Istituto di Ricerche sulla Pesca Marittima, C.N.R. - Ancona

** Dipartimento di Biologia, Sezione Botanica Applicata, Università di Padova

INTRODUZIONE

Le "fioriture" di alghe in Alto Adriatico sono state già da tempo oggetto di articoli giornalistici (Ninni, 1872, 1891; Issel, 1920) e di studi (Castracane, 1881; Levi-Morenos, 1903). Tali "blooms", mono- o polispecifici di Diatomee o di Dinoflagellate, sono sempre stati molto estesi, da Trieste alle coste romagnole e marchigiane.

Verranno qui trattati alcuni aspetti idrobiologici di una "fioritura" di alghe microscopiche che, nell'autunno 1984, si estendeva appunto su una fascia di mare, da Trieste ad Ancona ed oltre, larga anche parecchie miglia.

In tale periodo l'area da noi indagata era stata interessata già altre volte da una massa d'acqua a bassa salinità di chiara origine continentale proveniente dal Nord Adriatico, in relazione anche a periodi di alte portate del Po (Artegiani et al., 1979; Artegiani e Azzolini, 1981). Diversamente dalle volte precedenti, in questa circostanza, a tale massa d'acqua si è associata una "fioritura" algale, con forte prevalenza di *Gymnodinium* sp.

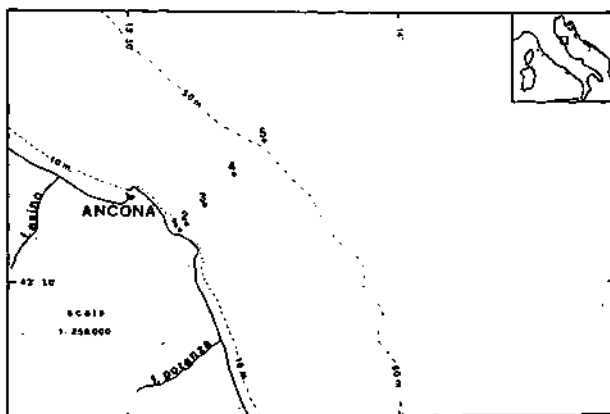


Fig. 1 - Ubicazione delle stazioni di campionamento poste rispettivamente a 0.5, 1, 3, 6, 10 miglia dalla costa.

MATERIALI E METODI

Sono state seguite in totale 19 stazioni (Fig. 1) con campionamenti a varie quote per analisi biologiche (fitoplancton e clorofille) e contemporaneamente sono stati misurati i seguenti parametri ambientali: temperatura, salinità, O_2 , nutrienti ($N-NO_2$, $N-NO_3$, $N-NH_4$, $P-PO_4$) e silice reattiva.

I campionamenti sono stati effettuati nei giorni 10, 17, 18, 19, 22 e 26 ottobre, 12 novembre e 11 dicembre 1984.

Il fitoplancton è stato studiato mediante il metodo di Üthermöl (Lenzi Grillini et al., 1978); per la determinazione delle clorofille e dei feopigmenti, dei nitriti, nitrati, ortofosfati e silice reattiva si sono seguite le metodiche riportate dallo Strickland & Parsons (1972); per l'analisi dell'azoto ammoniacale il metodo di Solarzano modificato (Liddicoat et al., 1975). La salinità è stata dedotta dalle misure del rapporto di conducibilità eseguite con un salinometro da laboratorio (Plessey MODEL 6230 N) utilizzando le formule UNESCO. L'ossigeno è stato determinato con il metodo Winkler e la percentuale di saturazione è stata calcolata con la formula di Weiss (1970). La temperatura è stata rilevata con termometri a rovesciamento.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Dall'esame della distribuzione delle isoaline, relativamente ai giorni 18 e 19 ottobre (Fig. 2), risulta evidente che i primi strati dell'area in esame erano interessati da una massa d'acqua a bassa salinità (inferiore al 35 ‰) con uno spessore che variava tra i 6 ed i 10 metri.

Significativi i minimi superficiali di salinità che si sono notati il giorno 18/10 nella stazione 3 con 33.85 ‰ e quello riscontrato nella stazione 5 il giorno 19 ottobre (33.94 ‰) che, in accordo con i dati bibliografici (Artegiani et al., 1979; Artegiani e Azzolini, 1981; Chiaudani et al., 1983), mette in evidenza l'origine Nord Adriatica di tale massa d'acqua. In corrispondenza dei due minimi di salinità superficiali erano evidenti anche due minimi di temperatura: 17.85°C nella stazione 3 il giorno 18/10 e 17.70°C nella stazione 5 il 19 (Fig. 2). In concomitanza a ciò vi è stata una particolare abbondanza di fitoplancton (Fig. 3). Ai 7 milioni di cell./l del giorno 10/10 nella stazione 1, facevano seguito, il giorno 17, 1.5 milioni di cell./l, a -2 m, di cui 1 milione di *Gymnodinium* sp., mentre nella stazione 2, a 0.5 metri di profondità, si raggiungevano i 6 milioni di cell./l, delle quali 5.5 milioni erano ancora di *Gymnodinium* sp.

Il giorno 18/10, nella stazione 1, si è avuto un popolamento di 17 milioni di cell./l, (circa 15.2 milioni di *Gymnodinium* sp. a -1 m). Questo fenomeno si risentiva nella stazione 2 (1 miglio dalla costa), in cui si avevano 7.5 milioni di cell./l, di cui 6.6 di *Gymnodinium* sp., ed era ben evidenziabile anche a 3 miglia (staz. 3) con 2.7 milioni di cell./l di *Gymnodinium* sp. su un totale di 3.3 milioni. Questi valori scendevano notevolmente nella stazione 5 (11 miglia), pur essendo ancora evidente il fenomeno della "fioritura": 1.4 milioni

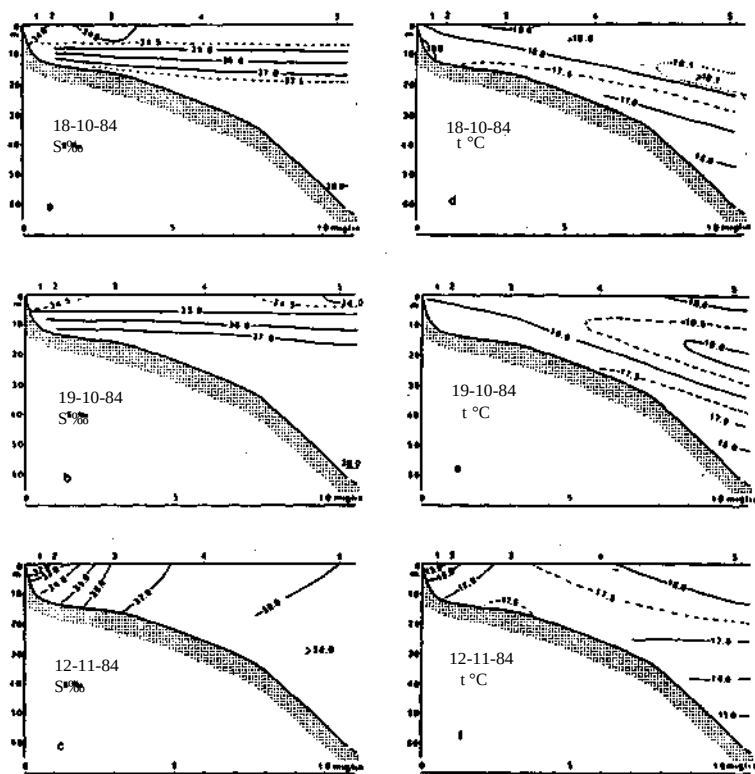


Fig. 2 - Distribuzione della salinità (a, b, c) e della temperatura (d, e, f) sulla sezione del transetto nei giorni 18 e 19 ottobre e 12 novembre 1984.

di *Gymnodinium* sp. su un totale di 2.2 milioni di cell./l a -0.5 metri.

L'andamento quantitativo della clorofilla a seguiva quello del fitoplancton, con un massimo di 129 mg/m³ nella stazione 1 a -1 metro, in corrispondenza dei 17 milioni di cell./l. Nonostante che l'88 % di tale popolamento fosse costituito da *Gymnodinium* sp. si è rilevata una alta quantità anche di clorofilla b, 77 mg/m³.

Il giorno 19, nella stazione 1, si riscontravano poco più di 1 milione di cell./l, (400.000 di *Gymnodinium* sp.), in superficie ed a 2 metri, mentre nella stazione 3 si passava a 12 milioni di cell./l, di cui 10 erano di *Gymnodinium* sp. Nella stazione 5, contemporaneamente ad una leggera diminuzione del totale cell./l, si aveva una forte riduzione percentuale di *Gymnodinium* sp. e un incremento di quella delle fitoflagellate.

Nei giorni 22 e 26 ottobre, la salinità nelle stazioni 1 e 3 e la

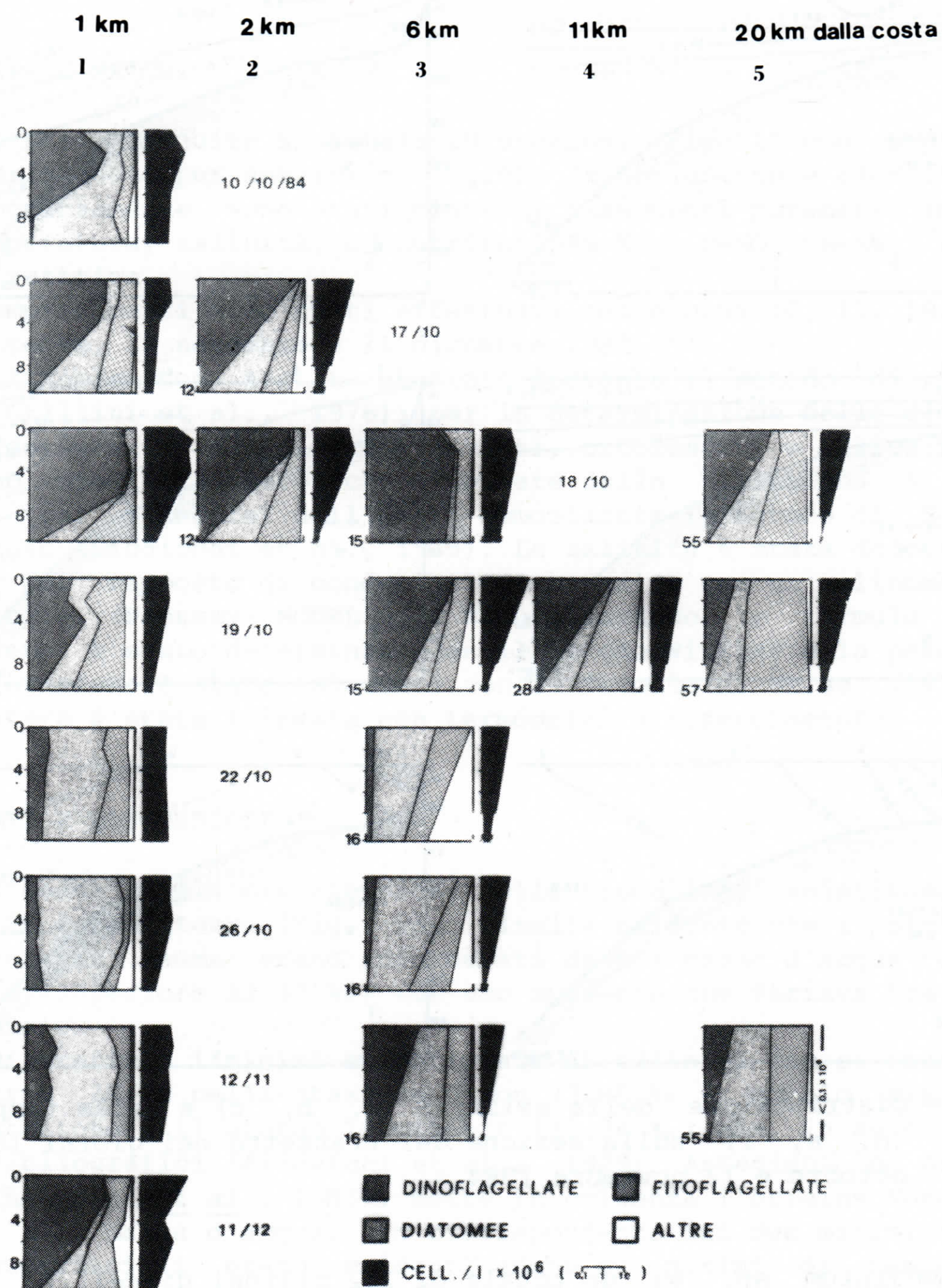


Fig. 3 - Composizione percentuale e densità del fitoplancton.

temperatura superficiale diminuivano. Sul fondo invece la temperatura aumentava leggermente, probabilmente a causa del fatto che l'area era interessata da un nucleo d'acqua più calda che si era notato il giorno 19/10 tra le stazioni 4 e 5 alla profondità di 15 ÷ 20 metri. Il fitoplancton in tale periodo e in entrambe queste stazioni (1 e 3), presentava una stabilità nel numero di cell./l che si aggirava intorno al milione, e il *Gymnodinium* sp. era rappresentato soltanto da circa il 10 % del totale. Contemporaneamente si registrava un consistente aumento percentuale di Diatomee (80 % circa) costituite in buona parte

da specie del genere *Chaetoceros* che è la successione caratteristica in "fioriture" di Dinoflagellate.

Il giorno 12/11 nella stazione 1 il fitoplancton era nuovamente aumentato fino a quasi 2 milioni di cell./l, di cui una media del 18 % era costituita da *Gymnodinium* sp., mentre il 60 % da Diatomee. Nella stazione 3, sebbene il totale cell./l fosse dimezzato rispetto alla precedente stazione, il *Gymnodinium* sp., in superficie, raggiungeva quasi il 50 %, a scapito delle Diatomee che scendevano al 20 %. Nella stazione 5 il totale cell./l raggiungeva appena le 50.000 unità, in superficie, e le 30.000 al fondo, con percentuale di *Gymnodinium* sp. del 4 % e dell'1 % rispettivamente. Le fitoflagellate superavano il 36% del totale in superficie ed il 33 % al fondo. La clorofilla a nella stazione 1 presentava dei valori elevati, infatti la media sulla colonna era di 12.80 mg/m³ (max 28.5 mg/m³ sul fondo). Anche nella stazione 3, in superficie, si aveva un valore alquanto elevato (7.7 mg/m³); nella stazione 5 invece i valori erano intorno allo 0.5 mg/m³, sia in superficie che sul fondo. Nello stesso tempo la temperatura e la salinità presentavano una configurazione caratteristica autunno-invernale, con un fronte termoclinale trasversale già ben definito (Fig. 2).

Una forte densità del popolamento fitoplanctonico è stata rilevata ancora un mese dopo (11/12) nella stazione 1 (circa 9 milioni di cell./l, di queste il 71 % era costituito da *Gymnodinium* sp.) legato sempre ad una massa d'acqua a bassa salinità.

Per ciò che riguarda i sali nutritivi non si è trovata alcuna correlazione con la produzione fitoplanctonica (intesa come numero di cellule per litro). Comunque l'andamento del contenuto medio dell'azoto inorganico totale nello strato fra 0 e 6 metri relativo alla stazione 1, è stato il seguente: dal valore di 44.67 μ l, riscontrato il 0/10, si è scesi a valori di 3-4 μ l nei giorni successivi, durante il periodo di acme della "fioritura", quindi in novembre è di nuovo aumentato (29.79 μ l) fino a raggiungere i 159.49 μ l in dicembre mentre la produzione cellulare era nuovamente in espansione. Contemporaneamente l'ortofosfato si manteneva su valori molto bassi variando fra 0.6 μ l e 2.2 μ l. Se ne deduce quindi che il rapporto N/P è regolato più dalle variazioni dell'azoto che non da quello del fosforo.

RIASSUNTO

Vengono presentati i risultati di una campagna di studio effettuata tra l'ottobre ed il dicembre 1984 durante un esteso bloom fitoplanctonico che ha interessato buona parte della fascia occidentale del Nord e Centro Adriatico. Il bloom algale, causato da *Gymnodinium* sp., interessava uno strato superficiale di 5 metri, con punte massime di 23 milioni di cell./l, corrispondenti al 90 % del popolamento totale. Anche la quantità di clorofille risultava molto elevata con un massimo di 129 mg/m per la clorofilla a e 77 mg/m³ per la b. La zona era contemporaneamente interessata da una massa d'acqua a bassa salinità (33 - 34 ‰), di origine continentale Nord Adriatica.

SUMMARY

The first results of a study executed between October and December 1984 during a large phytoplanktonic bloom which has interested the most part of the westerly area of the west and the center of the Adriatic sea, are here presented.

Samples for the study of phytoplankton and of the most important environment parameters have been taken on some stations placed on a transect perpendicular to the coast (from 0.5 to 10 nautical miles) on the south of Ancona. The phytoplanktonic bloom, which has been caused by *Gymnodinium* sp., during the day interested the superficial layer, from 0 to 5 meters, with a maximum of 15 millions of cells, corresponding to the 90 % of the phytoplankton, at the station just near the coast and of 1.5 millions corresponding to the 65 % in the station of the open sea (10 miles). The amount of chlorophyll a has also been found very high with a maximum of 129 mg/m³ and 77 mg/m³ for the chlorophyll b in the station just near the coast.

Any correlation between phytoplankton and the concentration of nutrients has been put in evidence. In this period the area was interested by a mass of light water (salinity 33 ÷ 34 ‰) essentially due to the river outflow of the north Adriatic sea.

On the 12 November the hydrological conditions were completely modified: the continental waters were confined just near the coast and a transversal thermic front was already evident. The phytoplankton population after the decrease of 19 and 22 October were again increasing in November and reaching a value of about 9 millions cells per litre in December 11

BIBLIOGRAFIA

- ARTEGIANI A., SOLAZZI A., TOLOMIO C., MARZOCCHI M., FAVERO P., CAVOLO F., 1979 - Parametri fisico-chimici e fitoplancton in una stazione a Sud del M. Conero (Zona di Ripopolamento). Atti Convegno Scientifico Nazionale Progetti Finalizzati Oceanografia e Fondi Marini. Roma 1979, 107-122.
- ARTEGIANI A., AZZOLINI R., 1981 - Influence of the Po floods on the western Adriatic coastal water up to Ancona and beyond. Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 27, 115-119.
- CASTRACANE F., 1881 - Straordinario fenomeno della vita del mare osservato nell'Adriatico nell'estate 1880. Atti Acc. Pont. Nuovi Lincei, 34, Ses. I°, 1-13.
- CHIAUDANI G., CESCO B., GAGGINO G. F., PICCINETTI C., TEGACCIA N. e VIGHI M., 1983 - Applicazione di metodologie di rilevamento e di elaborazione elettronica dei dati allo studio della qualità delle acque costiere adriatiche. Consiglio Nazionale delle Ricerche, AQ/2/19, 1-93.
- LEVI-MORENOS D., 1903 - La causa del mare sporco. Neptunia, 21, 249-251.
- LIDDI COAT M. I., TIBBITTS S., BUTTLER E. I., 1975 - The determination of ammonia in seawater. Limnol. Oceanogr., 20, 131-132.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	143-150	1985

UN ANNO DI RICERCHE SUL PARTICELLATO SOSPESO IN UNA STAZIONE IDROLOGICA DEL GOLFO DI TRIESTE: RISULTATI PRELIMINARI

S. Fonda Umani *, Fanzutti G.P. **, Finocchiario F. **, Olivotti R.***, Stravisi F. ****, Gennaro M. * e Sichenze S. *

* Dipartimento di Biologia, Univ. di Trieste

** Istituto di Geologia e Paleontologia, Univ. di Trieste

*** Istituto di Idraulica, Univ. di Trieste

**** Istituto Talassografico C.N.R. - Trieste

INTRODUZIONE

Dal settembre 1983 al settembre 1984, presso una stazione fissa nel Golfo di Trieste (Adriatico Settentrionale), sono state effettuate osservazioni periodiche per una prima definizione delle interazioni esistenti fra i parametri fisici e chimici e il particellato sospeso e tra quest'ultimo e la componente planctonica dell'ecosistema neritico. I rilevamenti sono stati effettuati mediamente ogni 10 - 15 giorni, ad eccezione della clorofilla a che è stata campionata mensilmente, in un punto posto 200 m al largo del Promontorio di Miramare, ai bordi del Parco marino del WWF, su un fondale di 17 m. Tale fondale, regolare, situato all'esterno della fascia a Fanerogame marine, è caratterizzato da sedimento pelitico ricoperto da un film a Diatomee bentoniche.

MATERIALI E METODI

I dati meteorologici giornalieri sono stati forniti dall'Istituto Talassografico del C.N.R. di Trieste.

Temperatura e salinità sono state rilevate, con sonda Beckmann, su tutta la colonna d'acqua ad intervalli di 1 m. I prelievi d'acqua sono stati effettuati con bottiglia Niskin, mentre lo zooplancton è stato raccolto con retino mod. VP 2, di 200 μ m di vuoto di maglia.

L'ossigeno disciolto è stato determinato sia in superficie che in profondità, mentre la clorofilla a nel solo strato superficiale, secondo metodiche già descritte (Fonda Umani *et al.*, 1982).

I campioni d'acqua (2 l) per la determinazione del particellato sospeso sono stati effettuati in superficie, al fondo e nello strato intermedio (variabile tra i -5 e i -10 m, in funzione della stratificazione del corpo idrico). Per la determinazione ponderale del particellato si è seguito il metodo di Banse *et al.* (1963), leggermente modificato (Brambati *et al.* 1983), utilizzando filtri Millipore da 0.45 μ m.

Per alcuni campioni si è proceduto alla determinazione delle percentuali di C, H e N, con un CHN analyzer mod. 185 B (Hewlett Packard), previa risospensione del particellato dal filtro mediante ultrasuoni.

Il peso secco e il peso delle ceneri dello zooplancton, raccolto mediante pescate verticali dal fondo alla superficie, sono stati determinati secondo Benovic et al. (1984).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Per quanto attiene all'andamento termico si nota una situazione di omeotermia su tutta la colonna d'acqua dall'inizio dell'autunno all'inizio della primavera, come era già stato osservato da Specchi e Famiani (1976) in una stazione prossima a Miramare e più in generale da Mosetti (1967) per le acque del Golfo di Trieste. La stratificazione termica è invece tipica dei mesi tardo primaverili ed estivi con un'escursione tra lo strato superficiale e quello profondo di 6 - 7°C. I valori minimi, distribuiti sull'intera colonna si attestano intorno ai 6.5°C alla fine di febbraio ed i massimi di 23.6 °C si registrano in superficie in agosto.

Analogamente a quanto osservato per la temperatura, la salinità è relativamente omogenea sulla colonna, tranne che in estate: nei mesi di maggio, giugno e luglio, infatti, la salinità risulta disomogenea sulla colonna, con valori al fondo superiori al 36 ‰ e valori superficiali anche inferiori al 25 ‰, che corrispondono ai minimi annuali. Brevi periodi di leggera stratificazione superficiale sono stati rilevati anche durante il periodo invernale, con valori massimi, in gennaio, anche superiori al 38 ‰.

La stratificazione termoalina dei mesi tardo primaverili-estivi determina la presenza nella colonna d'acqua di due o tre corpi distinti. Tale situazione è confermata anche dalle percentuali di saturazione dell'ossigeno disciolto: infatti fino a maggio risultano ben ossigenati anche gli strati profondi, con percentuali sempre superiori al 100%; da giugno a settembre invece, si verificano parecchi episodi di sottosaturazione (con valori anche inferiori al 60%) presso il fondo.

L'andamento delle precipitazioni per il periodo di campionamento presenta massimi relativi in ottobre, dicembre-gennaio, maggio-giugno ed il massimo assoluto in agosto; a questo mese è da ascrivere il giorno più piovoso (36.5 mm) di tutto il periodo considerato. E' da rilevare che tale andamento è comunque anomalo rispetto a quello normalmente registrato per la zona (Polli, 1971).

Per individuare eventuali trends temporali nell'andamento annuale delle concentrazioni di particellato alle tre profondità, si è proceduto ad un'operazione di smorzamento dei dati tramite il sistema delle medie mobili di ordine 3 e di ordine 5 (Fig. 1), elaborazione che ha permesso di lisciare variazioni talora molto intense dei dati puntuali. In superficie si possono così evidenziare tre massimi relativi, centrati sui mesi di novembre-dicembre, marzo-aprile e giugno-luglio. Alla profondità intermedia viene rispettato lo stesso andamento, ad eccezione dei mesi autunnali, mentre in prossimità del fondo si nota un andamento progressivamente crescente a partire dai minimi autunnali (2 mg/l) fino ai massimi estivi superiori a 6 mg/l. Anche dall'andamento delle medie mobili di ordine 5, può essere apprezzata l'influenza degli apporti terrigeni sul particellato totale sospeso: infatti si nota una corrispondenza fra i massimi delle concentrazioni del mate-

riale sospeso in superficie (Fig. 1b) e l'andamento delle precipitazioni precedentemente descritto.

La clorofilla a misurata nel solo strato superficiale (Fig. 1a), presenta un massimo assoluto in novembre e due massimi relativi in aprile e in luglio; tale andamento è simile a quello del particellato totale misurato in superficie e suggerisce che la biomassa fitoplanctonica influenzi sensibilmente i tenori totali di materiale sospeso in questi periodi. Particolarmente in superficie, le concentrazioni di particellato sembrano quindi essere legate sia agli apporti terrigeni costieri, sia allo "standing crop" fitoplanctonico.

Per tentare di distinguere la componente organica da quella inorganica si sono determinati i tenori di C e N totali (Tab. 1) ed il loro rapporto per alcuni campioni relativi a situazioni ritenute significative: picchi di massimo (dicembre), in corrispondenza a bassi valori di salinità di acque dolci (inizio giugno) o a fioriture fitoplanctoniche (aprile), in situazioni di netta stratificazione del corpo d'acqua (agosto e settembre), e alla fine di giugno, in corrispondenza di un minimo relativo inserito in un periodo che, come si è detto, è caratterizzato da un progressivo innalzamento dei valori di concentrazione di particellato.

Sigla Conc.	1.12.1983 sup.	19.1.1984 int.	4.4.1984 fon.	29.6.1984 sup.int.	10.8.1984 int.	21.9.1984 fon.	11.10.1984 int.	18.10.1984 fon.	25.10.1984 int.	1.11.1984 fon.	
C (µg/mg)	79	53	71	61	124	74	178	44	43	111	143
N (µg/mg)	22	10	14	14	27	16	33	8	4	18	12
C (µg/l)	497	138	155	635	264	1186	1185	131	729	316	1201
N (µg/l)	136	26	30	145	57	252	218	25	73	50	162

Tab. 1 - Tenori di Carbonio e Azoto in alcuni campioni di particellato. Vengono indicate la data ed i punti di campionamento lungo la colonna d'acqua.

I tenori di C del particellato oscillano tra gli 11 e i 178 µg/mg di peso secco (in media 80 ± 17 µg/mg). Essi sono maggiori in corrispondenza ai periodi di fioritura algale (aprile, giugno e settembre). Gli stessi dati, rapportati all'unità di volume, variano da 131 a 1201 µg/l (in media 585 ± 415 µg/l). Confrontando questi ultimi dati con quelli, relativi a stazioni più al largo, disponibili per il Nord adriatico e per il Golfo di Trieste (Faganello e Malej, 1981) si nota che, mentre i valori minimi coincidono, i valori massimi si riducono ad un terzo circa.

Ciò porta a concludere che la frazione inorganica è, in ogni caso, prevalente su quella organica, come prevedibile data la vicinanza della stazione di campionamento alla linea di costa, ove sensibili sono i contributi di materiale fine risospeso dal moto ondoso (presso riva e al fondo) e quelli derivati dal ruscellamento superficiale e dalle torbide fluviali veicolate a mare.

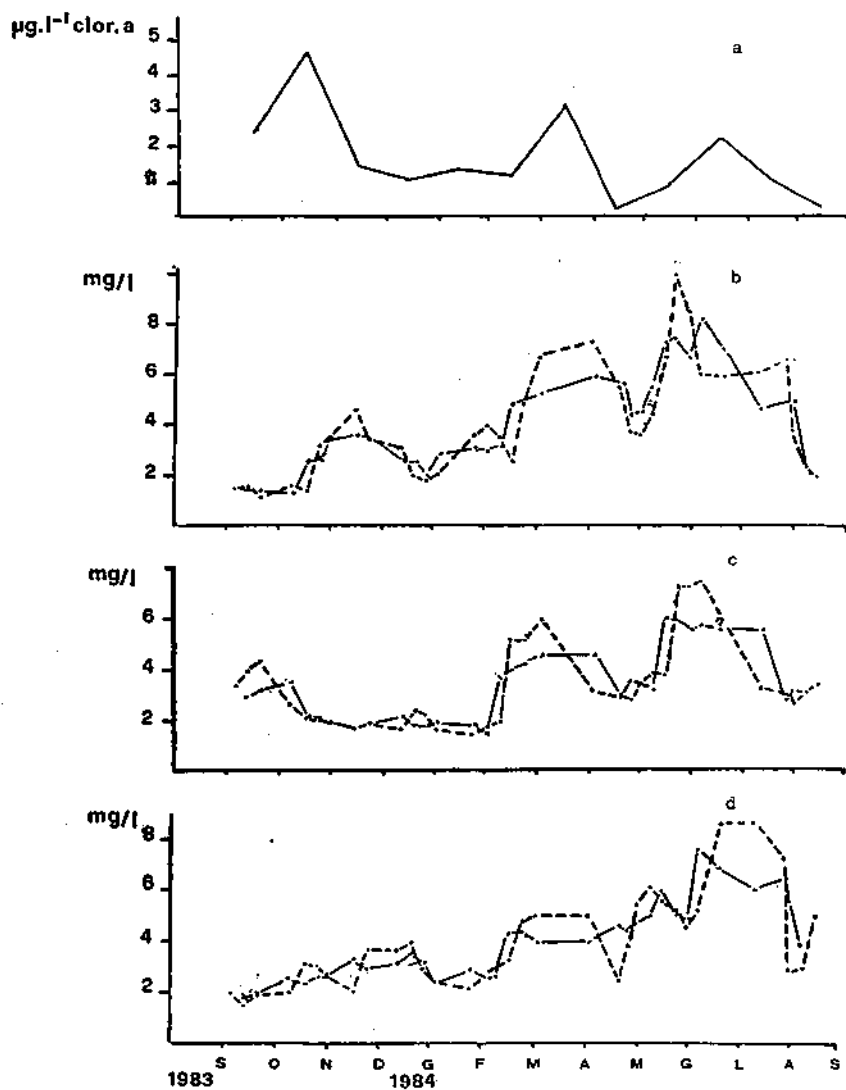


Fig. 1 - Andamento della clorofilla a nello strato superficiale (a) e delle medie mobili di ordine 3 (tratteggiato) e di ordine 5 (linea continua) alle tre profondità (superficie = b, strato intermedio = c, strato profondo = d) delle concentrazioni di particellato.

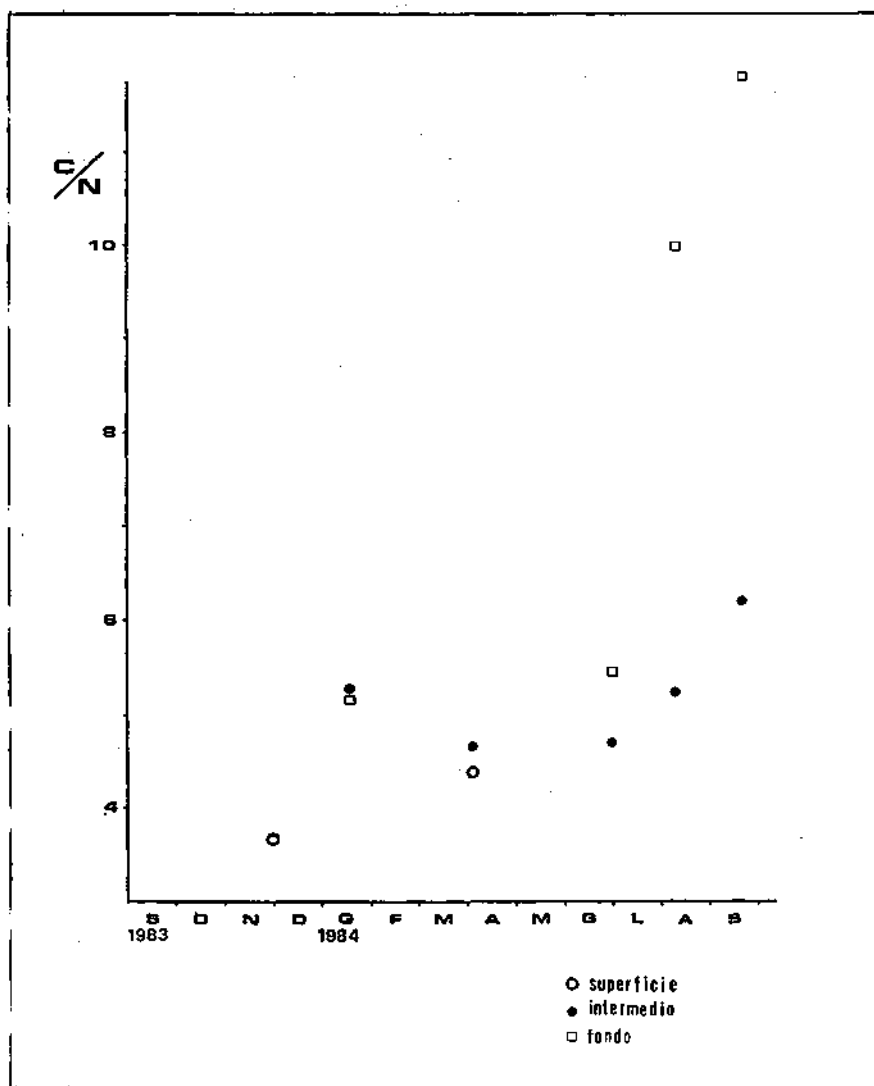


Fig. 2 - Rapporto C/N in alcuni campioni di particolato sospeso campionati alle tre quote; si nota come i campioni relativi agli strati profondi in situazioni di stratificazione estiva presentano un rapporto prossimo a 10.

Il rapporto C/N determinato nel particellato, nella maggioranza dei casi coincide in tutte e tre le quote considerate ed è prossimo a 5: ciò corrisponde al valore caratteristico degli organismi marini viventi (Walsh, 1983; Banse, 1974; Parson *et al.*, 1974)

Gli unici campioni che si discostano nettamente da tale valore sono quelli relativi allo strato profondo in situazioni di netta stratificazione termoclinala estiva (Fig. 2): detti campioni presentano un rapporto C/N prossimo a 10, indice di una maggiore percentuale di detrito organico rispetto alla componente vivente.

Per quanto riguarda infine la biomassa dello zooplancton da rete, espressa come peso secco, si può osservare che, mentre il valore mediato dei dati relativi ai 12 mesi di raccolta è leggermente più basso (15.42 mg/mc) di quello medio per il Golfo di Trieste (18.5 mg/mc) rilevato da Benovic *et al.* (1984), i valori invernali sono particolarmente alti (media sui tre mesi di 16.82 mg/mc) con un massimo assoluto di 39.95 mg/mc in gennaio (Fig. 3).

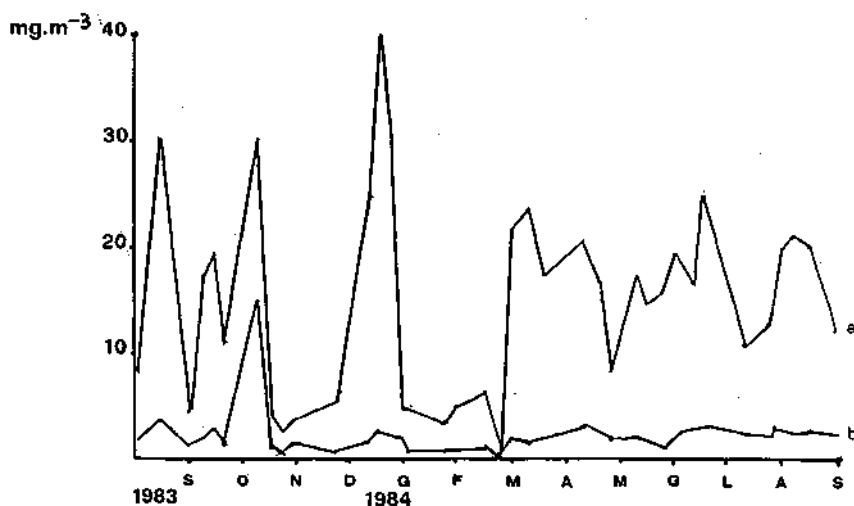


Fig. 3 - Andamento della biomassa dello zooplancton da rete, espressa come peso secco (a) e come peso delle ceneri (b).

Tenori così alti di biomassa in questo periodo dell'anno non erano mai stati registrati durante i precedenti 10 anni di osservazioni per le acque del Golfo e sono da mettere in relazione con la cospicua presenza nella popolazione zooplanctonica di Copepodi di dimensioni notevoli, quali ad esempio *Calanus helgolandicus*, caratteristici di acque medio-adriatiche, mai segnalati precedentemente in percentuali così rilevanti.

I valori di peso secco e di peso delle ceneri relativi agli altri

mesi presentano invece un andamento riconducibile a quelli osservati in ricerche precedenti (Fonda Umani *et al.*, 1980), caratterizzato da massimi all'inizio della primavera, dell'estate e dell'autunno.

CONCLUSIONI

Da questi dati relativi al particolato totale sospeso, rilevati in una stazione prossima alla costa, si evidenzia che la frazione più importante è sempre quella inorganica legata agli apporti terrigeni, a loro volta correlabili con le precipitazioni. La frazione organica sembra generalmente riferibile al fitoplancton, tranne che nei campionamenti al fondo, durante i periodi di stratificazione estiva, ove prevale quella detritica.

I valori di peso secco dello zooplancton da rete hanno un andamento simile a quello del particolato totale, tranne che in gennaio quando, evidentemente, la popolazione del Golfo di Trieste viene arricchita dall'apporto di forme mesoadriatiche, tramite l'ingresso di acque più dense di provenienza meridionale.

ABSTRACT

One year research on physical, chemical and biological parameters of a sampling station in the Gulf of Trieste are reported.

RIASSUNTO

In una stazione fissa del Golfo di Trieste sono stati determinati gli andamenti annuali dei principali parametri chimici, nonché della temperatura e della salinità, quest'ultime caratterizzate da un marcato periodo di stratificazione estiva. Le concentrazioni di particolato sospeso, soprattutto in superficie, ben si correlano con il regime delle precipitazioni, e in generale esse presentano valori più elevati durante la primavera e l'estate. Il rapporto C/N del particolato sospeso risulta pari a 5 per tutto l'arco dell'anno ad eccezione di alcuni campioni di fondo prelevati in periodo di stratificazione estiva ($C/N = 10$). La biomassa dello zooplancton da rete, espressa come peso secco, mostra un andamento simile a quello del particolato totale, tranne che nel mese di gennaio.

SUMMARY

The annual trends of the main chemical parameters, as well as temperature and salinity, have been determined in a station of the Gulf of Trieste. The trend of salinity shows a period of strong stratification in summer. The concentrations of total particulate matter, especially the superficial ones, are well correlated with rainfall regime and their values are generally higher in spring and summer. The C/N ratio of particulate is equal to 5 during all the year, with the

exception of few bottom samples, in the summer stratification period (C/N = 10). The trend of net zooplankton biomass, expressed as dry weight, is like the particulate matter one, except during January.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il dott. A. Boldrin e il sig. F. Cioce, dell'Istituto per la Biologia del Mare del C.N.R. di Venezia, per aver messo a disposizione il CHN analyzer.

BIBLIOGRAFIA

- BANSE K., FALLS C.P. & HOBSON L.A., 1973 - A gravimetric method of determining suspended matter in sea water using Millipore filters. Deep Sea Res., 10, 639-642.
- BANSE K., 1974 - On the interpretation of data for the carbon-to-nitrogen ratio of phytoplankton. Limnol. Ocean., 19, 695-699.
- BENOVIC A., FONDA UMANI S., MALEJ A. & SPECCHI M., 1984 - Net zooplankton biomass of the Adriatic Sea. Mar. Biol., 49, 265-275.
- BRAMBATI A., FANZUTTI G.P. & MAROCCO R., 1983 - Suspended matter transport in lagoons: the Grado lagoon. Boll. Ocean. Teor. Appl., 1 (1), 5-18.
- CHERVIN M.B., 1978 - Assimilation of particulate organic carbon by estuarine and coastal copepods. Mar. Biol., 49, 265-275.
- FAGANELI J. and MALEJ A., 1981 - Carbon and nitrogen in suspended organic matter (particulate and zooplankton) in Northern Adriatic Sea during 1974. Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 27 (9), 136-138.
- FONDA UMANI S., SPECCHI M., RADINI G. e DEL PIERO D., 1981 - La biomassa del plancton della Baia di Muggia (Trieste). Mem. Biol. Marina e Oceanogr., 10, (suppl.), 175-180.
- FONDA UMANI S., PRINCI M., SPECCHI M. e MILANI L., 1982 - Influenza di fattori ambientali locali sulla comunità planctonica del Golfo di Trieste. Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 50, (suppl.), 188-193.
- MOSETTI F., 1967 - Temperatura e salinità nel Golfo di Trieste. Adriatico, 5/6, 1-6.
- PARSONS T.R., TAKAHASHI M. & HARGRAVE B., 1977 - Biological Oceanographic Processes. Pergamon Press., London.
- POLLI S., 1971 - Il clima della Regione. In: Enciclopedia monografica del Friuli Venezia Giulia, tomo 1, parte 1, 443-488.
- POULET S., 1976 - Feeding of Pseudocalanus minutus on living and non living particles. Mar. Biol., 34, 117-125.
- SPECCHI M. e FAMIANI L., 1976 - Alcune osservazioni idrologiche in una stazione fissa del Golfo di Trieste. Arch. Oceanogr. Limnol., 18 (3), 255-264.
- WALSH J.J., 1983 - Death in the Sea: enigmatic phytoplankton losses. Progr. Oceanogr., 12, 1-86.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	151-155	1985

PRESENZA DI MEDUSE NELLA BAIÀ DI SPOTORNO (MAR LIGURE)

A. Carli *, A. Aste *, V. Balestra **, L. Pane ***

* Cattedra di Planctologia, Istituto di Scienze Ambientali Marine, Università di Genova

** Cattedra di Statistica Sanitaria, Dipartimento di Biologia Evoluzionistica Sperimentale, Università di Bologna

*** Istituto di Medicina del Lavoro, Università di Genova

INTRODUZIONE

La comparsa massiva di Meduse, in particolare di *Pelagia noctiluca*, nel Mar Ligure in alcuni periodi dell'anno, costituisce un problema di rilevanza scientifica per l'alterazione dell'equilibrio ecologico cui si associano conseguenti e non meno trascurabili danni all'attività turistica e peschereccia, nonché problemi per la salute pubblica.

Numerosi AA. hanno studiato la biologia e il comportamento delle meduse, in particolare di *Pelagia noctiluca*, in relazione ad alcuni parametri fisici (1, 2), e il loro ritrovamento in diverse zone del Mar Mediterraneo (3). Già da alcuni anni tale problematica è stata inserita nei programmi di ricerca a lungo termine dell'UNEP (United Nations Environment Programme) (4, 5).

MATERIALI E METODI

Per l'identificazione e il conteggio delle meduse è stata approntata un'apposita scheda, che è stata distribuita a vari Enti ed Associazioni Sportive della Riviera Ligure. In tale scheda vengono illustrate e sommariamente descritte le meduse comunemente presenti nel Mediterraneo e nel Mar Ligure.

Il conteggio delle meduse adulte rilevabile ad occhio nudo è stato effettuato con frequenza giornaliera preferibilmente nelle ore meridiane con netta preponderanza delle ore 12, nell'intero specchio di acqua compreso tra Capo di Noli e l'isola di Bergeggi in un areale di circa 15 Km, su fondali fino a circa 400 metri. Le meduse venivano identificate fino alla specie (*Aurelia aurita*, *Pelagia noctiluca*, *Chrysaora hysoscella*, *Cotylorhiza tuberculata*, *Rhizostoma pulmo*), e nello stesso tempo venivano annotate le condizioni meteorologiche (cielo, vento, mare). Il conteggio si riferisce al periodo settembre 1984 - gennaio 1985, e comprende 141 giorni di osservazione in mare su 153.

La tendenza fondamentale della serie temporale è stata valutata in termini di mediana mobile, su 5 osservazioni consecutive.

La ricerca è stata effettuata con il contributo dell'United Nations Environment Programme (MED POL-Phase II, Jellyfish Programme 1985-86)

Sono state esaminate le connessioni tra lo stato del mare (calmo, agitato, mosso), la direzione del vento (tramontana, grecale, scirocco e libeccio) e la "qualità" del mare (trasparente, torbido).

Per lo studio delle serie temporali, nella scelta del filtro, alla media mobile si è preferito la mediana mobile per ovviare l'effetto distorsivo introdotto dalla presenza saltuaria, entro la componente erratica, di valori eccezionalmente dispersi. La determinazione della mediana è stata effettuata entro ciascun sotto insieme di cinque frequenze successive, ordinandole per valore crescente ed attribuendo la mediana, così ottenuta, al "tempo" centrale del sotto insieme (6).

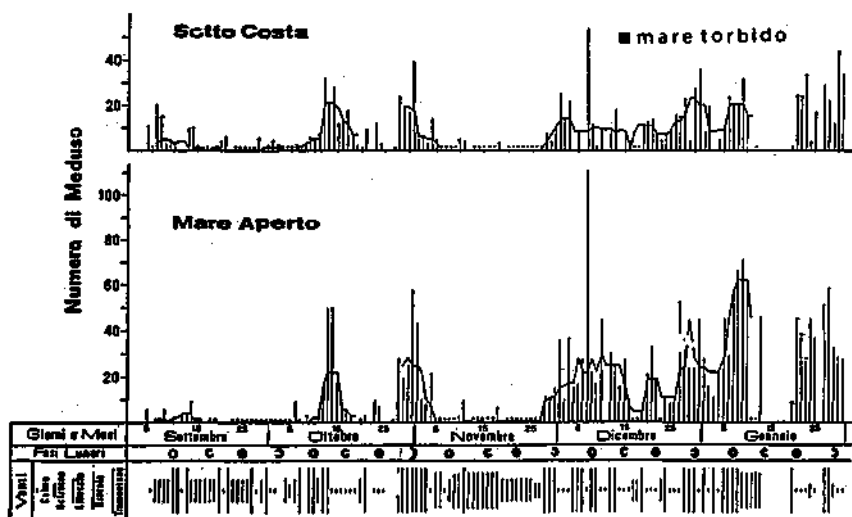


Fig. 1 - Numero totale di meduse reperite giornalmente nell'area sotto costa e fino a circa 2 Km dalla costa, e mediana mobile (calcolata su 5 osservazioni consecutive).

RISULTATI

Nei grafici (fig. 1, 2, 3) le aste indicano le quantità di meduse giornalmente osservate, un punto alla sommità contrassegna la condizione di mare torbido.

Dall'esame del grafico totale (fig. 1) in "mare aperto" viene messo in evidenza innanzitutto un effetto negativo del mare torbido - agitato o mosso sulla presenza e/o individuazione del reperto, come rilevabile in almeno tre settimane della seconda metà di settembre ed inizio di ottobre e in altre tre settimane di novembre.

Considerando invece i periodi di mare preferibilmente calmo e

pulito si rileva innanzitutto una tendenza all'aumento da settembre a gennaio, cui si sovrappone una ciclicità apparentemente connessa con le fasi lunari. Passando all'esame dei dati reperiti nell'areale "sotto costa", si rileva un notevole parallelismo con quelli del mare aperto anche se il numero totale di meduse è minore.

E' stata rilevata una connessione statisticamente significativa tra mare calmo e trasparente da un lato, e stato di calma e presenza di tramontana dall'altro; mare mosso o agitato e torbido in presenza di grecale, scirocco o libeccio (comprovata da elevati valori di T^2 pari rispettivamente a 54,13 e 60,03 con 3 gradi di libertà e 71,84 con 2 gradi di libertà, tutti con P minore di 0,01).

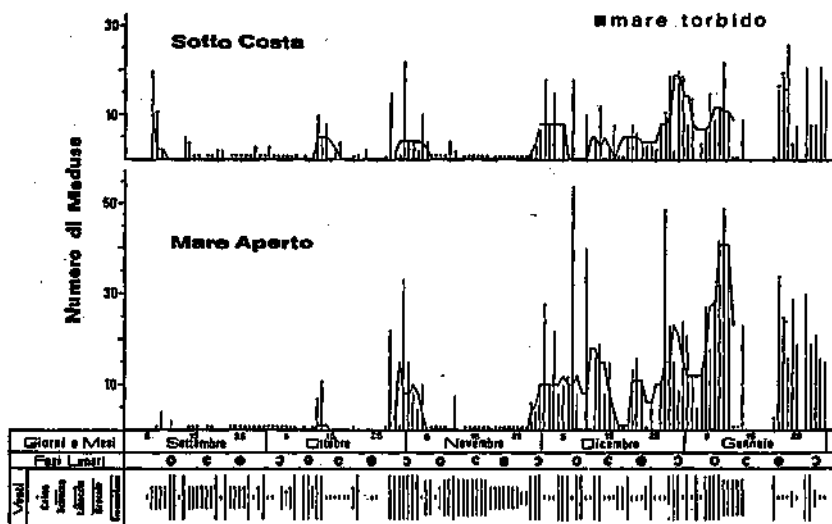


Fig. 2 - Numero di Pelagia noctiluca reperite giornalmente nell'area sotto costa e fino a circa 2 Km dalla costa, e mediana mobile (calcolata su 5 osservazioni consecutive).

Dallo studio analitico per specie si evidenzia la netta presenza della Pelagia noctiluca (fig. 2), che rappresenta circa il 52.7 % degli organismi trovati in mare aperto ed il 52.6 % sotto costa. Segue Aurelia aurita (fig. 3) con percentuali del 31.8 % e del 32.7 % in mare aperto e sotto costa rispettivamente. Le altre specie costituiscono una percentuale molto minore: Rhizostoma pulmo è presente con circa il 7 %, Cotylorhiza tuberculata con circa il 5 % e Crysaora hysoscella con il 3.5 sia in mare aperto sia sotto costa.

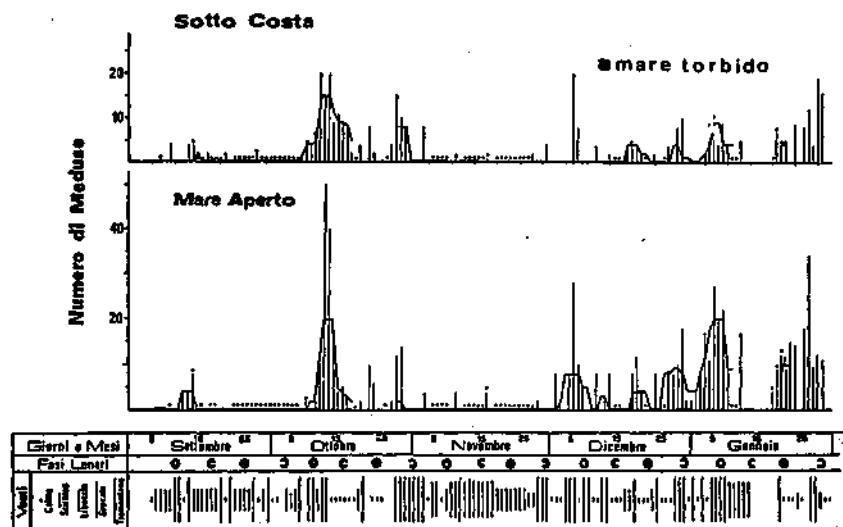


Fig. 3 - Numero di *Aurelia aurita* reperite giornalmente nell'area sotto costa e fino a circa 2 Km dalla costa, e mediana mobile (calcolata su 5 osservazioni consecutive).

RIASSUNTO

In questa prima nota viene fornita una mappatura di un'area di addensamento e la valutazione statistica della presenza delle meduse nel Mar Ligure. Il censimento è stato effettuato con schede appositamente elaborate e distribuite per la compilazione ai Comuni rivieraschi e ai vari Enti interessati.

L'area di mare esplorata risulta compresa tra Capo di Noli e l'isola di Bergeggi, su un areale di circa 15 Km sia sotto costa sia in mare aperto, su fondali fino a circa 400 m. I dati relativi si riferiscono a reperti giornalieri effettuati nel periodo settembre 1984 - gennaio 1985 per un totale di 141 giorni di osservazione in mare. Le specie di meduse reperite sono risultate: *Aurelia aurita*, *Pelagia noctiluca*, *Chrysaora hysoscella*, *Cothylorhiza tuberculata* e *Rhyzostoma pulmo*. La presenza delle meduse è stata correlata alle condizioni meteorologiche, allo studio del mare nonché alla "qualità" del mare.

SUMMARY

In this first report a monitoring of a aggregation and the statistical evaluation of the abundance of jelly-fishes are given. The

census has been made by means of a carefully prepared form, to be filled in, copies of which were distributed to the Municipalities of Riviera and other authorities concerned.

In the Ligurian Sea, between Capo di Noli and Bergeggi island, an area of about 15 Km has been explored both in shore and off shore to a depths of about 400 m. Datas are referred to the period September 1984 - january 1985 for a total of 141 days of observation in the sea. The species found are: Aurelia aurita, Pelagia noctiluca, Chrysaora hysoscella, Cotylorhiza tuberculata and Rhizostoma pulmo. The abundance of jelly-fishes has been qualitatively correlated with weather conditions, sea state and "quality".

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia gentilmente il Gruppo Sportivo Olimpia - Sub di Sportorno per la fattiva collaborazione nella compilazione delle schede di rilevamento.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - ROTTINI SANDRINI L., 1982 - Effect of water temperature on the motility of Pelagia noctiluca (Forskal). Experimenta, 38, 453-454.
- 2 - ROTTINI SANDRINI L. and STRAVISI F., 1982 - The occurence of Pelagia noctiluca in the Gulf of Trieste and its correlation with the wind distribution. Acta Adriat., 23 (1/2), 103-104.
- 3 - VUCETIC T., 1982 - Influence of the water masses dynamic on the distribution of the Pelagia noctiluca in the Adriatic. Acta Adriat., 23 (1/2), 105-115.
- 4 - United Nations Environment Programme, 1984 - Workhopon Jellyfish Blooms in the Mediterranean (Athens, 31 October - 4 November '83) UNEP/WG. 118/INF. 3.
- 5 - United Nations Environment Programme, 1985 - Changes in the distribution and size of the population of Pelagia noctiluca in the Mediterranean.
- 6 - BALESTRA V. - Analisi statistica di serie temporali (in corso di stampa).

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	157-162	1985

DISTRIBUZIONE E DINAMICA STAGIONALE DEI CLADOCERI E DEI COPEPODI PLANCTONICI DELLA SACCA DI SCARDOVARI

I. Ferrari *, A. Carrieri **

* Istituto di Ecologia dell'Università di Parma

** Istituto di Zoologia dell'Università di Ferrara

INTRODUZIONE

La distribuzione dei maggiori taxa zooplanctonici nella Sacca di Scardovari (Delta del Po) è stata studiata esaminando campioni prelevati per un anno, dal marzo 1978 all'aprile 1979 (Ferrari et al., 1982a). L'analisi dei dati (di densità dei taxa e inoltre di temperatura, di salinità e di portata del fiume) ha fatto emergere gradienti di distribuzione spaziale caratteristici per i diversi gruppi sistematici: per il meroplancton (larve di Policheti, di Gasteropodi, di Bivalvi e di Cirripedi) e per i Rotiferi salmastri è stato osservato un trend decrescente delle densità lungo l'asse Nord-Sud della sacca (dall'area più interna alla bocca a mare); un trend inverso è stato messo in evidenza per i gruppi più tipicamente neritici (Ciclopoidi, Arpacticoidi, Tunicati). L'analisi ha consentito, inoltre, di individuare, come fattore principale della variabilità, la produzione autoctona dell'area più interna della laguna dove si hanno i valori più alti di abbondanza e di biomassa totale dello zooplancton; meno importante è risultata l'influenza dei fattori idrodinamici connessi all'ingressione marina e all'apporto di acque fluviali.

Sullo zooplancton della sacca ulteriori ricerche sono state eseguite in anni successivi; in particolare sono state esaminate serie di campioni prelevati a breve termine, nell'arco di 24 ore, il 28 e 29 luglio 1981 (Ferrari et al., 1982b) e il 18 e 19 agosto 1982 (Ferrari et al., 1985). L'analisi delle serie ha messo in evidenza che tra le componenti del popolamento autoctono, oltre alle forme meroplanctoniche e ai Rotiferi, figurano anche due specie di Calanoidi, Acartia latisetosa e Acartia margalefi, nettamente segregate nella zona interna della laguna.

I risultati delle ricerche sui cicli di prelievo nelle 24 ore ci hanno stimolato a riesaminare i campioni del 1978-79 per un'analisi più dettagliata dei patterns di distribuzione spazio-temporale: i campioni sono stati riconteggiati avendo cura di classificare a livello di specie Cladoceri e Copepodi, con particolare attenzione ai Calanoidi del genere Acartia. I dati di densità sono stati quindi elaborati per uno studio della distribuzione spaziale e della dinamica stagionale delle specie più importanti; i risultati dell'elaborazione sono sinteticamente riferiti e discussi nella presente nota.

MATERIALI E METODI

I conteggi sono stati fatti su 60 campioni raccolti in occasione di 20 sopralluoghi dal 24 marzo 1978 al 26 aprile 1979 in 3 stazioni della laguna: st. N (nella zona più interna, a settentrione), st. C. (in centro sacca), st S. (sulla bocca a mare). Il campionamento era stato eseguito con pompa nello strato tra la superficie e -0.5 m, filtrando l'acqua (circa 1 mc) attraverso una rete ad apertura di maglia di 90 µm. I Cladoceri e gli adulti di Copepodi sono stati classificati a livello di specie, i copepoditi a livello di genere.

L'elaborazione statistica è stata condotta prendendo in considerazione le 20 unità sistematiche di Copepodi e di Cladoceri riportate in Tab. 1 e, insieme a queste, altre 4 variabili: 2 abiotiche (temperatura e salinità) e 2 biologiche (le densità di due taxa, uno - le larve di Gasteropodi - tipico del popolamento autoctono, l'altro - i Tunicati - tipico del popolamento neritico). Sulla matrice di correlazione in "R-mode" è stato applicato un particolare metodo di analisi dei fattori: "principal factoring with interations" (Kim, 1975).

RISULTATI E DISCUSSIONE

I valori medi e massimi di densità nelle 3 stazioni di campionamento permettono di apprezzare i prevalenti gradienti di distribuzione spaziale delle singole unità sistematiche (Tab. 1).

I Cladoceri compaiono con le più alte densità sulla bocca a mare; solo Podon polyphemoides ha una discreta penetrazione nelle acque interne della laguna. Oltre alle 5 specie riportate nella Tab. 1, compaiono anche saltuariamente - e solo sulla bocca a mare - Podon intermedius e alcune forme del plancton fluviale (Bosmina sp., Moina sp., Clydorus sphaericus).

Anche i Ciclopoidi, rappresentati principalmente da Oithona nana, Oithona similis e Oncaea spp., hanno le densità più alte a mare; non fanno eccezione i Cyclopidae, forme dulcicole portate in sacca dalle correnti fluviali. Con abbondanze del tutto trascurabili sono state trovate altre due specie: Oithona plumifera e Cyclopina gracilis.

Gli Arpacticoidi sono presenti con numerose specie del meiobentos (Harpacticus sp., Microarthridion sp., Tisbe sp., Laophontidae) che, tuttavia, solo in pochi campioni hanno densità consistenti. Qui ci siamo limitati a considerare le forme planctoniche: di queste, Euterpina acutifrons e Microsetella sp. seguono il pattern di distribuzione proprio delle forme neritiche con massimi di densità a mare, mentre i copepoditi di Canuella perplexa sono più abbondanti nella zona interna; si ricorda che gli adulti di questa specie sono epipelici e dominano il meiobentos a Copepodi in tutta la sacca.

Dei Calanoidi sono state considerate 7 unità sistematiche: i copepoditi di Acartia, gli adulti delle 3 specie di questo genere (A. clausi, A. latisetosa e A. margalefi) e poi i copepoditi e adulti di Paracalanus parvus, di Centropages (presente con almeno 2 specie: C. kröyeri e C. typicus) e di Temora (con 2 specie: T. longicornis e T. styliifera). Sono stati trovati anche rarissimi esemplari di Calanipeda aquaedulcis, Clausocalanus sp., e Pseudocalanus elongatus. Acartia

latisetosa e *Acartia margalefi* sono confinate nell'area interna; *Acartia clausi* e *Paracalanus parvus* presentano invece le densità più alte sulla bocca a mare, dove assieme ad *Oithona nana* ed *Euterpina acutifrons* sono le specie dominanti della taxocenosi a Copepodi.

Tab 1 - Sacca di Scardovari, campagna campionamenti 1987-79: valori medi (med) e massimi (max) di densità (ind./mc) delle principali unità sistematiche di Cladoceri e di Copepodi planctonici.

		St. N		St. C		St. S	
		med	max	med	max	med	max
<i>Acartia clausi</i>	Ac	281	2180	237	2193	1599	14328
<i>Acartia latisetosa</i>	Al	131	1497	15	145	0	0
<i>Acartia margalefi</i>	Am	4947	86422	192	1071	36	299
<i>Cop.ti Acartia</i>	CpA	3916	50347	1625	10857	3041	17910
<i>Centropages</i> spp.	CEN	13	100	28	167	13	56
<i>Paracalanus parvus</i>	PAR	36	278	50	417	1220	14133
<i>Temora</i> spp.	TEM	14	278	2	20	74	498
<i>Cyclopidae</i>	CYC	0	0	0	0	26	149
<i>Oithona nana</i>	On	142	1126	55	300	1995	11200
<i>Oithona similis</i>	Os	5	80	6	100	126	1285
<i>Cop.ti Oithona</i>	CpO	147	694	811	8292	5047	43733
<i>Oncaea</i> spp.	ONC	17	139	32	599	300	1194
<i>Cop.ti Canuella</i>	CpC	1319	11577	664	5495	186	1330
<i>Euterpina acutifrons</i>	EUT	74	818	278	2645	1562	17600
<i>Microsetella</i> sp.	MIC	3	31	17	300	175	2253
<i>Evadne nordmanni</i>	En	6	63	1	15	33	498
<i>Evadne spinifera</i>	Es	0	0	1	14	24	205
<i>Evadne tergestina</i>	Et	0	0	9	80	104	1695
<i>Penilia avirostris</i>	Pa	4	47	105	1122	5613	80818
<i>Podon polyphemoides</i>	Pp	215	927	860	11522	2070	9605

Il ciclo biologico di *Acartia margalefi* può essere analizzato sui dati di densità nella stazione settentrionale. Questa specie è caratterizzata da oscillazioni numeriche assai ampie, proprie di una popolazione a strategia r: in maggio è presente con oltre 10 individui (adulti e copepoditi)/mc, subisce un brusco calo nel mese successivo, ma in luglio ha ancora una densità sui 10⁴ individui/mc; il ciclo biologico si interrompe in agosto-settembre (in concomitanza con la crisi distrofica nella zona interna della laguna) e durante l'inverno. In un tale pattern di evoluzione stagionale della popolazione sembra evidente il ruolo delle forme di quiescenza (uova durature).

L'elaborazione statistica ha consentito una prima valutazione di sintesi sui fattori di variabilità dei taxa analizzati (Fig. 1).

La distribuzione delle variabili sul piano dei primi due fattori (che rendono conto, rispettivamente, del 28.8% e del 15.9% della varianza totale) evidenzia un ordinamento prevalentemente legato ai trends stagionali: associate alla temperatura, infatti, fanno blocco

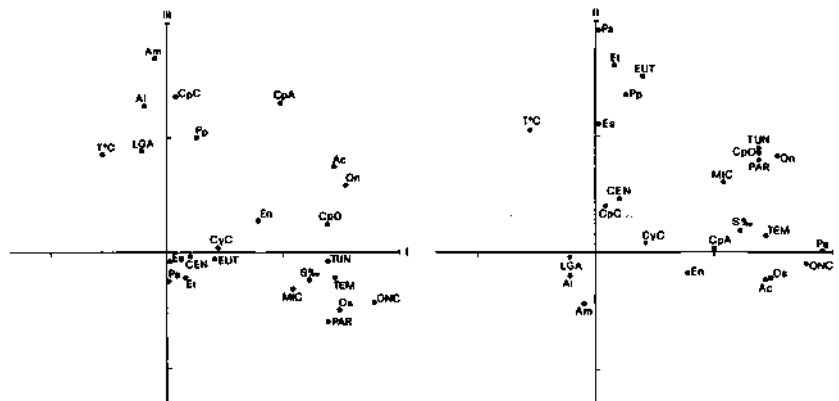


Fig. 1 - Risultati dell'Analisi dei Fattori eseguita su 24 variabili: le densità delle 20 unità sistematiche di Tab 1., le densità delle larve di Gasteropodi (LGA) e dei Tunicati (TUN), la temperatura (T°C) e la salinità (S ‰).

(sul fattore 2) le forme tipicamente "caldostenoterme", *Euterpina acutifrons* e i Cladoceri (tutte le specie ad eccezione di *Evadne nordmanni*, che nella sacca compare in primavera ed in autunno). Sul piano dei fattori 1 e 3 risalta invece nettamente un gradiente di confinamento: alle categorie sistematiche segregate, e comunque a più alta densità, nella zona interna (*Acartia latisetosa* e *Acartia margalefi*, copepoditi di *Canuella*, larve di Gasteropodi) si contrappongono quelle più spiccatamente marine (*Oithona similis*, *Oncaea* spp., *Paracalanus parvus*, *Temora* spp., Tunicati) associate alla salinità.

CONCLUSIONI

Sono sostanzialmente confermati i risultati delle ricerche sui cicli di campionamento a breve termine: nella parte interna della laguna è stabilmente insediata una biocenosi autoctona comprendente, oltre a meroplanton e Rotiferi, anche alcune specie di Copepodi che costituiscono una taxocenosi strutturata sulla dominanza di una specie di *Acartia*. Il pattern di segregazione delle specie di questo genere osservato nella Sacca di Scardovari si riscontra in altri ambienti lagunari. Nella Ría de Vigo (NW della Spagna) è segregata, come nella Sacca di Scardovari, *Acartia margalefi* (Alcaraz, 1983); nella parte interna della Baia di Arcachon (costa atlantica francese) lo zooplanton è dominato da *Acartia bifilosa* (Castel e Courties, 1982), nella laguna di Venezia da una specie di *Acartia*, non determinata, di pic-

cole dimensioni (Comaschi, Scaramuzza e Martino, 1982). Questo "modello" di segregazione sembra del tutto indipendente dal pattern delle variazioni della salinità: le fluttuazioni più ampie di salinità, infatti, in alcuni casi (Ria de Vigo, Baia di Arcachon) si hanno nella parte interna della laguna, in altri (come nella Sacca di Scardovari) sulla bocca a mare.

In definitiva, la distribuzione e la variabilità dello zooplankton della sacca non dipendono semplicemente dai movimenti di masse d'acqua o dalla dinamica dei fattori idrologici, ma sono piuttosto espressione di funzioni biologiche complesse (produzione algale, ruolo del detrito, grazing, predazione...). Lo zooplankton costituisce un elemento determinante dell'organizzazione autonoma, specifica del "dominio" lagunare (Guelorget e Perthuisot, 1983); in particolare si configura come elemento di stabilizzazione degli equilibri trofici nell'area più confinata, ad alta produttività (Ferrari e Colombo, 1985). La dissoluzione di tali equilibri nei periodi di distrofia coincide con una drastica riduzione di densità dello zooplankton autoctono, in particolare della componente oloplanctonica a Calanoidi.

RIASSUNTO

La distribuzione spaziale e la dinamica stagionale delle specie di Cladoceri e Copepodi nella Sacca di Scardovari sono state studiate analizzando campioni di zooplankton raccolti mensilmente dal marzo 1978 all'aprile 1979 in 3 stazioni, fissate rispettivamente nella zona interna, in centro sacca e sulla bocca a mare. L'analisi ha mostrato trends stagionali e gradienti spaziali delle densità caratteristici delle singole specie. I Calanoidi Acartia margalefi e Acartia latisetosa sono segregati nella zona interna; qui compaiono con le più alte densità anche i copepoditi dell'arpacticoida Canuella perplexa. Le altre specie sono per lo più tipicamente neritiche e presentano i valori più alti di densità sulla bocca a mare.

SUMMARY

Space distribution and seasonal succession of Cladoceran and Copepod species in the Sacca di Scardovari (a Po River Delta Lagoon) were studied. For this purpose zooplankton samples collected monthly from March 1978 to April 1979 at three stations (in the inner zone, in the centre of lagoon, at the sea mouth) were examined. The analysis showed seasonal trends and spatial gradients typical of the single species. Acartia margalefi and Acartia latisetosa (Calanoida) are segregated in the inner zone (where zooplankton, mainly represented by meroplankton forms and brackish Rotifers, shows the highest mean density values); here Canuella (Harpacticoida) copepodites also appear with their highest density. The other species are typical of the neritic domain and are particularly abundant at the sea mouth; yet Podon polyphemoides (Cladocera) shows a remarkable penetration into the lagoon.

BIBLIOGRAFIA

- ALCARAZ M., 1983 - Coexistence and segregation of congeneric pelagic copepods: spatial distribution of the Acartia complex in the Ría of Vigo (NW of Spain). J. Plankton Res., 5, 891-900.
- CASTEL J. and C. COURTIES, 1982 - Composition and differential distribution of zooplankton in Arcachon Bay. J. Plankton Res., 4, 417-433.
- COMASCHI SCARAMUZZA A. e E. MARTINO, 1981 - Ciclo annuale dei Copepodi planctonici e loro distribuzione nel bacino settentrionale della laguna di Venezia. Maggio 1975 - Luglio 1976. Archo Oceanogr. Limnol., 20, 91-111.
- FERRARI I., V.U. CECCHERELLI et M.G. MAZZOCCHI, 1982a - Structure du zooplancton dans deux lagunes du Delta du Po. Oceanologica Acta, 35, 293-302.
- FERRARI I., G. FABBRI e M.G. MAZZOCCHI, 1982b - Analisi di un ciclo nictemerale di prelievi di zooplancton nella Sacca di Scardovari (Delta del Po). Boll. Mus. Ist. Biol., Genova, 50 suppl., 183-187.
- FERRARI I., A. CARRIERI e R. COEN, 1985 - Distribuzione delle taxocenosi planctoniche a Copepodi e Cladoceri nella Sacca di Scardovari. Oebalia, 9, N.S., 187-201.
- FERRARI I. e G. COLOMBO, 1985 - Struttura e dinamica dello zooplancton nelle lagune salmastre italiane. Atti Convegno su "Le lagune salmastre italiane", Massa Lubrense, aprile 1985, in stampa.
- GUELORGET C. e J.P. PERTHUISOT, 1983 - Le domain paraliq. Trav. Lab. Géol., Paris, 16, 1-136.
- KIM J.-O., 1975 - Factor analysis. In SPSS. McGraw - Hill Book Company, 468-514.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	163-168	1985

EFFETTO DELLA SALINITÀ SUL TASSO DI ACCRESCIMENTO DI Gonyaulax polyedra E Gymnodinium sp. PRELEVATI DALLE MAREE COLORATE DEL MARE ADRIATICO. RISULTATI PRELIMINARI

L. Boni, M. Reti, A. Arcangeli

Istituto ed Orto Botanico – Via Irnerio, 42 - Bologna

INTRODUZIONE

E' noto che l'Adriatico sin dal secolo scorso (Forti, 1906) è stato interessato da "fioriture" algali. Tuttavia in questi ultimi decenni il fenomeno si è ripresentato con intensità e frequenze tali da destare seria preoccupazione anche negli Enti locali preposti, per le dannose conseguenze economiche ed ecologiche causate dalle morie di pesci, di altri animali bentonici e dalle alterazioni delle caratteristiche cromatiche, osmiche e di trasparenza delle acque richieste ai fini balneari (Piccinetti e Manfrin, 1969; Stirn, 1973; Boni, 1983).

Un altro aspetto strettamente collegato a questi fenomeni è la possibilità di comparsa di dinoflagellate tossiche. Nell'agosto 1982 una marea colorata lungo la costa Emiliano Romagnola provocata da Protogonyaulax tamarensis (Boni et al., 1983), fortunatamente con individui non tossici, causò notevoli preoccupazioni anche di tipo sanitario. La Regione Emilia-Romagna richiese quindi l'inizio di ricerche autoecologiche e biochimiche sulle specie responsabili di questi fenomeni.

Abbiamo quindi iniziato dal 1984 un'attività di ricerca in tal senso su colture monospecifiche di fitoplancton. Alcune sono state da noi direttamente isolate dai popolamenti naturali del tratto di Adriatico dove appunto tali fenomeni sono ricorrenti.

Sinora abbiamo isolato: Gonyaulax polyedra, Gymnodinium sp., Prorocentrum micans e Scrippsiella trochoidea.

In questa comunicazione vengono riferiti alcuni risultati preliminari ottenuti da prove tendenti a saggiare l'influenza della salinità sulla crescita di colture monospecifiche di Gonyaulax polyedra ed una specie di Gymnodinium non ancora identificata ed il cui inquadramento tassonomico è tuttora in discussione (Honsell, 1985).

La salinità è un fattore ecologico di notevole importanza per il fitoplancton delle acque costiere: in questi ambienti infatti si verificano variazioni ampie ed improvvise, qualora vi siano apporti terrigeni di una certa consistenza. L'influenza della salinità sulla crescita, distribuzione e abbondanza delle singole specie risulta determinante, così come altri fattori ecologici, agli estremi degli intervalli di tolleranza per ogni specie.

Variazioni di salinità possono mostrare i loro effetti anche sulla sopravvivenza e sul contenuto di clorofilla delle specie ed esperimenti condotti in vitro hanno trovato riscontro con i dati in natura (Mc Lachlan, 1961).

Anche noi abbiamo iniziato i nostri esperimenti partendo innanzitutto dai valori di salinità rilevati nel mare della costa dell'Emilia-Romagna durante i momenti di fioritura delle due specie da studiare (Fig. 1).

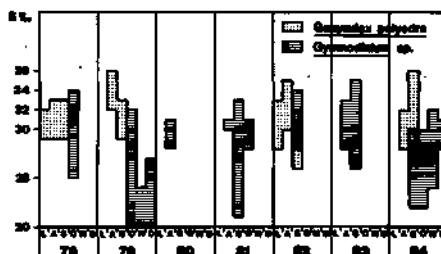


Fig. 1 - Fioriture di *G. polyedra* e *Gymnodinium* sp. in rapporto alle salinità dell'ambiente.

Le acque costiere dell'Emilia-Romagna sono soggette ad ampie variazioni della salinità a causa soprattutto di apporti costieri ed è piuttosto complesso tracciare un quadro generale dell'andamento di questo parametro. Si possono individuare tre zone con diverse caratteristiche: una a nord compresa tra il delta del Po e Ravenna, con cambiamenti ampi e repentini durante tutto l'anno; una intermedia, tra Ravenna e Cesenatico, in cui si rileva una periodicità annuale con valori estivi elevati e forte calo in primavera ed autunno ed infine una zona meridionale, tra Cesenatico e Cattolica, con valori più alti delle precedenti ed in cui le cadute a livelli inferiori a 30 ‰ sono legate a cicli stagionali (Marchetti, 1985).

Per una trattazione più esauriente si rimanda a Marchetti *l.c.*

MATERIALI E METODI

Le due specie esaminate, *Gonyaulax polyedra* e *Gymnodinium* sp. sono state isolate da campioni d'acqua prelevati durante le fioriture estive ed autunnali del 1984. Sia durante la fase di isolamento che per tutto il tempo precedente all'esperimento sono state mantenute in coltura con terreno di Erd-Schreiber (Stein, 1973) a 27 ‰ di salinità in camera termostatica a 20 ± 1 °C con illuminazione data da lampade Philips TLD 58W/33 con 16 ore di luce alternate con 8 di buio. Le colture non erano axeniche.

L'esperimento è stato compiuto a valori di salinità di 10, 15, 18, 22, 25, 27, 30, 32, 34, 36, 38, 40 ‰ per *Gymnodinium* sp. e a 8, 13, 18, 24, 28, 33, 37 e 40 per *G. polyedra*, ottenuti diluendo con acqua

deionizzata od evaporando a 60°C l'acqua di mare prelevata a Cesenatico e filtrata con Millipore di 0,45 μ m.

Il mezzo di coltura utilizzato era una modifica dell'f/2 di Guillard (Guillard e Ryther, 1962) ottenuto sostituendo il chelante sintetico e le tracce di metalli con estratto di suolo ed aggiungendo i nutrienti successivamente all'aggiustamento della salinità.

Gli individui in coltura sono stati ambientati alle diverse salinità trasferendoli nel mezzo a salinità superiore o inferiore secondo la scala indicata ogni volta che si verificava un incremento di cellule. L'esperimento è stato condotto in beute da 250 cc con 3 repliche per ogni diversa salinità con densità iniziale di 100/200 cell/cc.

La crescita è stata misurata contando le cellule ogni 2 giorni secondo il metodo di Üthermöl (1958). Il tasso di crescita K (numero di divisioni/giorno x cellula) è stato calcolato durante la fase di crescita esponenziale secondo la formula:

$$K = (\log N_2/N_1) * [3,322/(t_2 - t_1)] \quad (\text{Stein, l.c.})$$

dove:

N = n di cell/cc presenti alla fine della fase esponenziale

N = n di cell/cc presenti all'inizio della fase esponenziale

t - t = tempo, in giorni, di durata della fase esponenziale

RISULTATI

Le colture di *Gonyaulax polyedra* hanno avuto una fase esponenziale di circa 10 giorni nell'intervallo di salinità tra 13 e 37 ‰.

Non è stata osservata crescita ai livelli estremi di 8 e 40 ‰ pur potendo osservare cellule lievemente mobili per oltre 2 settimane.

Le cellule mantenute all'8 ‰ si mostravano gonfie e rotondeggianti, quindi morfologicamente diverse rispetto alle cellule normali.

Crescita media, tra le 3 repliche, di 0,5 divisioni al giorno si è osservata per i valori compresi tra 13 e 33 ‰. I tassi di crescita più elevati (K = 0,55) si sono avuti per i valori tra 18 e 28 ‰. A 37 ‰ si osservava una diminuzione con K = 0,4.

Gymnodinium sp. ha avuto una fase di crescita esponenziale di circa 15 giorni nell'intervallo di salinità tra 18 e 32 ‰. La crescita migliore (K = 0,37) si è osservata per i valori di salinità tra 18 e 32 ‰. A valori superiori di salinità si osserva un calo graduale del tasso di crescita fino a 0,1 divisione al giorno a 40 ‰, mentre al 15 ‰ si ha K = 0,26 ed al 10 ‰ non si verifica crescita pur notando che le cellule rimangono vive per 2 settimane.

La Fig. 2 illustra i risultati.

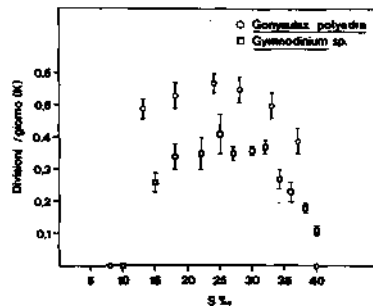


Fig. 2 - Divisioni/giorno x cellula di *G. polyedra* e *Gymnodinium* sp. alle diverse salinità di coltura.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Questi risultati preliminari ci mostrano come entrambe queste due specie riescano a vivere in un ampio intervallo di salinità e siano quindi favorite in un ambiente soggetto ad ampie ed improvvise variazioni di questo fattore, potendo così usufruire per esempio dell'apporto di nutrienti convogliati in mare dalle acque interne.

Gonyaulax polyedra ha mostrato la migliore crescita a salinità tra 18 e 28 ‰, senza che si potesse osservare una preferenza in questo intervallo.

Gymnodinium sp. ha mostrato una crescita ottimale tra 18 e 32 ‰ con il maggior numero di divisioni giornaliere a 25 ‰.

Gli studi di laboratorio su colture monospecifiche di varie dinoflagellate dimostrano che la maggior parte delle specie studiate cresce in modo ottimale a basse salinità (20-25 ‰) pur trattandosi di specie eurialine (Aldrich e Wilson, 1960).

Osservando i dati rilevati in mare durante le principali fioriture avvenute tra il 1978 ed il 1984 si rileva, per *G. polyedra*, che la specie è comparsa negli anni 1978, 79, 82 ed 84 di norma entro i 1000 m dalla costa e, raramente, si è spinta fino a 3000 m.

Le fioriture si sono sempre presentate nei mesi più caldi con salinità compresa tra 28 e 36 ‰. Si potrebbe perciò pensare che alla temperatura di 20°C a cui è stato condotto l'esperimento, la salinità abbia un'importanza relativa.

Questa è la temperatura media della stagione, primavera ed autunno, durante le quali si verificano ampie variazioni di salinità. In queste stagioni *G. polyedra* è presente nel plancton con pochi individui. Le fioriture di questa specie si osservano a temperature di 25-27°C che coincidono con un intervallo di salinità di 28-36 ‰, più stretto quindi di quello osservato in coltura. Ciò ci induce a pensare che l'intervallo di salinità ottimale per la crescita si restringa presumibilmente in concomitanza con l'aumento della temperatura.

Le fioriture di Gymnodinium sp. vengono osservate dal 1976. Compaiono successivamente a quelle di G. polyedra e si protraggono per tutto l'autunno e addirittura fino a dicembre come negli anni 1979 e 1984. Negli anni in cui è mancata la fioritura di G. polyedra (1976, '80, '81, '83) si è osservata in agosto quella di Gymnodinium sp.

Le fioriture si presentano sia nelle acque costiere che al largo in un intervallo di salinità compreso tra il 20 ‰ ed il 30 ‰ con punte fra il 34 ‰ ed il 35 ‰. Nel 1978, '82, '83 la fioritura si è osservata a temperature variabili tra 8 e 25°C, con preferenza per i 20 °C di settembre-ottobre. In coltura a 20 °C la specie presenta il miglior tasso di crescita a salinità compresa tra 18 e 32 ‰ mostrando una notevole coincidenza con quanto si osserva in natura.

Riteniamo utile proseguire le ricerche studiando l'effetto combinato della salinità e della temperatura sulla crescita di queste due specie.

RIASSUNTO

Gli autori riportano i risultati ottenuti coltivando Gonyaulax polyedra e Gymnodinium sp. a diverse salinità. Le specie studiate sono state isolate da popolamenti naturali durante fioriture estive ed autunnali verificatesi nel 1984 nelle acque costiere dell'Emilia-Romagna.

Sono state coltivate in un intervallo di salinità tra 8 e 40 ‰ a temperatura di 20°C. Si è osservato che, a questa temperatura, G. polyedra ha optimum di crescita a salinità compresa tra 18 e 28 ‰ e Gymnodinium sp. in un intervallo tra 18 e 32 ‰ con un optimum a 25 ‰.

SUMMARY

The authors report preliminary data on effects of salinity on Gonyaulax polyedra and Gymnodinium sp. growth. The species were isolated from red tides in Adriatic sea facing the Emilia-Romagna coast.

Gonyaulax polyedra and Gymnodinium sp. have been cultivated at salinity range 8-40 ‰ at 20°C.

G. polyedra has an optimum growth at a salinity range 18-28 ‰ and Gymnodinium sp. at 18-32 ‰ with preference at 25 ‰. The results seem valid only for the 20°C temperature.

BIBLIOGRAFIA

- ALDRICH D. e WILSON W., 1960 - The effects of salinity on growth of Gymnodinium breve Davis. Biol. Bull., 199, 57-64.
BONI L., 1983 - Red tides of the coast of Emilia-Romagna (north-western Adriatic sea) from 1975 to 1982. Informatore Botanico Italiano, 15, n. 1, 18-24.

- BONI L., POMPEI M., RETI M., 1983 - The occurrence of Gonyaulax tamarensis Lebour bloom in the Adriatic sea along the coast of Emilia-Romagna. Giorn. Bot. Ital., 117, n. 3-4, 115-120.
- FORTI A., 1906 - Alcune osservazioni sul "mare sporco" ed in particolare sul fenomeno avvenuto nel 1905. Nuovo Giorn. Bot. Ital., 13, IV, 4-56.
- GUILLARD R. R. L. e RYTHER J. H., 1962 - Studies of marine planktonic diatoms. I. Cyclotella nana Hustedt and Detonula confervacea (Cleve) Gram. Can. J. Microbiol., 8, 229-239.
- HONSELL G., 1985 - Comunicazione personale.
- MARCHETTI R., 1985 - Quadro analitico complessivo dei risultati delle indagini condotte negli anni 1977-1980 sul problema dell'eutrofizzazione nelle acque costiere dell'Emilia-Romagna: situazione e ipotesi di intervento. Regione Emilia-Romagna, Assessorato ambiente e difesa del suolo. Grafiche Galeati, Imola.
- Mc LACHLAN J., 1961 - The effects of salinity on growth and chlorophyll content in representative classes of unicellular marine algae. Can. J. Microbiol., 7, 399-406.
- PICCINETTI C. e MANFRIN G., 1969 - Osservazioni sulla mortalità di pesci e di altri organismi verificatasi nel 1969 in Adriatico. Note Lab. Biol. Mar. e Pesca, Fano, 3, 73-92.
- STEIN J. R., 1973 - Handbook of Philological Methods. Culture Methods and Growth Measurements. Cambridge University Press. Cambridge.
- STIRN J., 1973 - Organic pollution as the main factor causing biological disequilibria in Coastal Waters. Arch. Oceanogr. Limnol., 18 (suppl.), 111-119.
- ÜTHERMÖL H., 1958 - Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton. Methodik. Mitt. int. ver. theor. angew. limnol., 9, 1-38.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	169-175	1985

VARIAZIONI DEL TASSO DI CRESCITA DI Chaetoceros protuberans LAUD. PRIMA E DOPO LA FASE SESSUALE

L. Lazzara

Laboratorio di Ecologia Vegetale - Dipartimento di Biologia Vegetale
dell'Università di Firenze, Via Micheli 1, 50121 Firenze

INTRODUZIONE

La relazione tra dimensioni cellulari e fisiologia delle diatomee è tuttora scarsamente conosciuta (Darley, 1977; Furnas, 1978). Numerosi autori ritengono valida anche per le diatomee la regola della proporzionalità inversa, tra volume cellulare e tasso di crescita (Williams, 1964; Durbin, 1977; Taguchi, 1976; Furnas, 1978; Blasco *et al.*, 1981). Talvolta però, i dati sono complicati sia da un'azione limitante esercitata da fattori esterni sulla crescita (Werner, 1971; Jorgensen, 1970), sia dalla comparsa di fenomeni sessuali (Durbin, 1977; Furnas, 1978). A questo proposito Costello e Chisholm (1981), su *Thalassiosira weissflogii* H., hanno chiarito che le cellule grandi originatesi dall'auxospora derivante dalla gamia hanno tassi di crescita quasi doppi rispetto alle cellule piccole preauxosporiali.

Le osservazioni che seguono estendono ad un'altra diatomea centrica, quanto messo in evidenza da Costello e Chisholm (1981).

MATERIALI E METODI

Chaetoceros protuberans Laud., è stato coltivato nel substrato "f/2" di Guillard e Ryther (1962), a $19 \pm 0,5^\circ\text{C}$, luce continua (PAR $150 \mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e mantenuta in condizioni di crescita esponenziale mediante diluizioni giornaliere: il mezzo veniva rinnovato in proporzione al tasso di crescita in modo da mantenere la biomassa ad un livello costante.

Il tasso di crescita è stato calcolato, separatamente per le cellule grandi e piccole, come numero di divisioni al giorno per cellula: $K = \log_2(N'/N)/(t'-t)$ dove N ed N' sono le concentrazioni cellulari rispettivamente al tempo t e t'.

Le concentrazioni cellulari sono state determinate mediante conteggio su camera emocitometrica a griglia longitudinale di Lemaure. Dai 200-300 ml di ciascuna coltura ne sono stati prelevati 4 e da questi, per due volte, ne sono state tratte le frazioni necessarie al riempimento della camera su ciascuna delle quali è stato effettuato un conteggio separato che riguardava un volume con almeno 400 cellule. I coefficienti di variazione del numero di cellule per compartimento della griglia, sono risultati compresi tra 2,7 e 10,7 % come consigliato dai metodi specifici (Lund *et al.*, 1958).

Le cellule sono state misurate lungo l'asse longitudinale e lungo gli assi apicali e trasversale, che sono rispettivamente il maggiore

ed il minore delle facce valvari, ed i volumi calcolati assimilando la forma ad un cilindroide ellittico. Le medie delle lunghezze sono state calcolate su 3 replicati di 40 cellule ciascuno, a loro volta ripetuti su 2-6 colture della stessa età. Applicando una telecamera al microscopio, le misure sono state effettuate sull'immagine (2000x) ottenuta sul video.

Per valutare la situazione fisiologica delle cellule è stata esaminata la concentrazione intracellulare di C, N e clorofilla a. Le concentrazioni del carbonio e dell'azoto sono state misurate con un analizzatore C H N (Perkin-Elmer 240) dopo aver filtrato 40-70 ml di coltura su Wathman GF/C (ritenzione 100 % per $\phi < 1,8 \mu\text{m}$). La clorofilla a è stata analizzata spettrofotometricamente (Strickland e Parsons, 1972) dopo filtrazione su Wathman GF/C ed estrazione immediata con acetone al 90 %.

Le osservazioni che seguono provengono da tre successivi esperimenti inizialmente allestiti per altri scopi (Lazzara, 1983), e che avevano la durata di 40, 21 e 12 giorni, contati a partire dal momento dell'inoculo.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nella Fig. 1 si osserva che nei tre esperimenti l'asse apicale diminuisce progressivamente nel tempo, ma che nel primo subisce un brusco aumento (2,4 x). E' infatti in questo esperimento che, a questo punto, è stata osservata la gametogenesi: comparsa degli oogoni, che hanno i frustoli molto allungati ed i citoplasmi più densi, degli spermatogoni, con i frustoli contenenti da 4 a 8 cellule, e delle piccole cellule libere e flagellate. Dopo 7 giorni dall'inoculo, la distribuzione delle dimensioni non è più unimodale: si osserva infatti la presenza simultanea delle "cellule piccole", (asse apicale $6,4 \mu\text{m}$) e delle "cellule grandi" (asse apicale $16,8 \mu\text{m}$).

Dalla Fig. 2 appare evidente che le cellule grandi presentano il maggior numero di divisioni al giorno per cellula, spesso superiori a 2 e con un massimo di 2,78; mentre in base a numerose altre misure e nelle stesse condizioni ottimali di crescita, il massimo valore di K, per *Ch. protuberans*, è sempre risultato in media di $1,70 \pm 0,05$.

Nelle fasi iniziale e finale, successivamente alla sessualizzazione, si nota una certa dispersione dei valori, poichè l'apprezzamento del tasso di crescita è meno preciso quando le concentrazioni in cellule sono più basse, come avviene per le cellule grandi dopo il 6° giorno, o per le cellule piccole dopo il 17° giorno.

E' interessante notare, sempre nella Fig. 2, che, in coincidenza con l'inizio della fase sessuale, la crescita delle colture, ancora costituite per la massima parte di cellule piccole, rallenta bruscamente. Il livello precedente di crescita si ristabilisce dopo due giorni di buio per metà della giornata e di arresto della diluizione.

Costello e Chisholm (1981) in *Thalassiosira weissflogii* durante la fase sessuale e di auxosporulazione hanno osservato, la sostituzione della popolazione di piccole dimensioni in media $800 \mu\text{m}^3$, con quella di grosse dimensioni, in media $2600 \mu\text{m}^3$, che esibiva inoltre un tasso

di crescita fino a 3,2 divisioni/giorno cellula invece di 1,7 come prima della auxosporulazione.

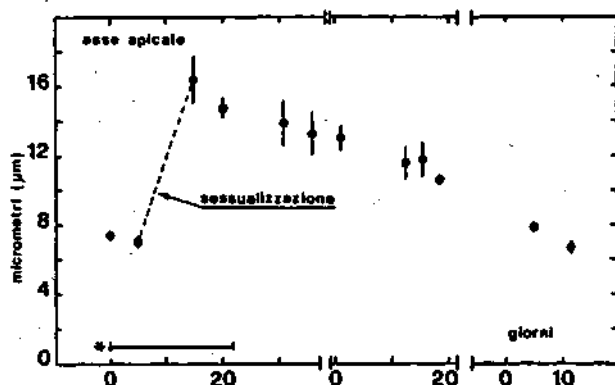


Fig. 1 - Variazione dell'asse apicale di *Ch. protuberans* in funzione del tempo (e del numero di divisioni mitotiche).

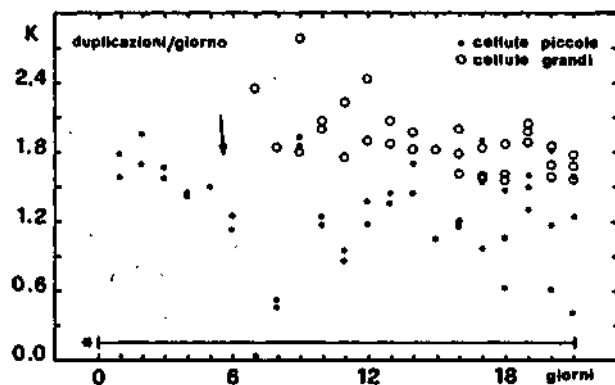


Fig. 2 - Variazioni nel tempo del tasso di crescita di *Ch. protuberans* prima, durante e dopo la fase sessuale, rispettivamente per le cellule piccole (•) e grandi (o).

Risulta difficile dare spiegazioni o giustificazioni funzionali a questo fenomeno tanto più che, generalmente, la crescita degli organismi unicellulari è legata alla velocità di scambio molecolare con il mezzo esterno e quindi al rapporto superficie/volume degli organismi

stessi. Infatti relazioni inverse tra dimensioni e velocità di crescita sono state determinate su più specie fitoplanctoniche (Watras et al., 1982; Chan, 1978; Banse, 1976) ed in particolare sulle diatomee (Findlay, 1972; Durbin, 1977; Furnas, 1978; Blasco et al., 1981). Ciononostante anche nei dati di Furnas e Durbin si osservano, in alcuni casi, brusche cadute del tasso di crescita per le cellule più piccole (asse apicale inferiore al 40 % del massimo) che, a mio parere, potrebbero essere spiegate con l'ingresso delle colture in fase sessuale, tanto più che tale coincidenza risulta dai dati stessi di questi autori. Sfortunatamente, non avendo osservato quotidianamente le colture (batch-culture) ma solo all'inizio e alla fine di un'in-cubazione di alcuni giorni, e non avendo conteggiato separatamente le cellule grandi o piccole, non si può ritrovare nei loro dati conferma o smentita degli elevati tassi di crescita delle cellule postauxospo-riali.

Le relazioni tra dimensioni e contenuti intracellulari in carbonio e in azoto, riportate in Fig. 3 risultano positive ($r = 0,87$ e $0,82$) come anche osservato da Durbin (1977) e Furnas (1978) su diverse specie fitoplanctoniche.

Le concentrazioni intracellulari del carbonio e dell'azoto (contenuto per cellula/volume cellulare) in Fig. 4, variano invece inversamente rispetto ai volumi cellulari: si tratta probabilmente di una variazione iperbolica, come già osservato da Durbin (1977) su *Thalassiosira nordenskiöldii*.

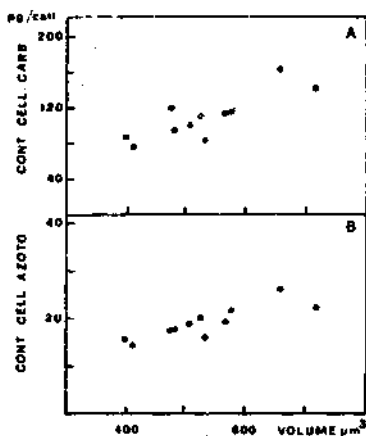


Fig. 3 - Contenuto intracellulare di carbonio (A) ed azoto (B) in funzione del volume cellulare di *Ch. protuberans*.

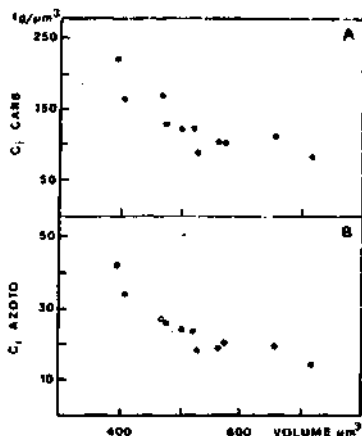


Fig. 4 - Concentrazione intracellulare di carbonio (A) ed azoto (B) in funzione del volume cellulare di *Ch. protuberans*.

Le cellule di piccole dimensioni hanno dunque le concentrazioni intracellulari più elevate, ma ciò è vero solo se la cellula viene considerata nel suo insieme come omogenea, cioè senza tener conto della presenza del vacuolo e delle variazioni del suo volume rispetto a quello totale. Le misure dei rapporti tra DNA, proteine e potassio effettuate da Werner (1971) su *Coscinodiscus* indicano invece che le dimensioni del vacuolo si riducono più velocemente della taglia globale della cellula, così che le elevate concentrazioni intracellulari delle cellule piccole (Durbin, 1977), possono essere spiegate dal loro rapporto volume vacuolare/volume cellulare che è basso rispetto a quello delle cellule grandi.

Le variazioni delle dimensioni vengono considerate responsabili dell'induzione dei fenomeni sessuali nelle diatomee (Drebes, 1977), e nel nostro caso si è effettivamente osservato l'inizio della fase sessuale, quando le cellule hanno la taglia più piccola ($390 \mu\text{m}^3$). Si può notare inoltre che l'inizio di questa fase coincide con un valore dell'asse apicale che è ormai solo il 38 % del valore massimo osservato per la specie e che il limite indicato da Drebes (1977) come soglia da oltrepassare per l'induzione della sessualità è appunto il 44 % () e 34 % (). Rispetto alla relazione tra variazione dimensionale e differenziazione sessuale va rilevato che il volume vacuolare relativo a quello cellulare è uno dei fattori dimensionali di maggiore variabilità durante il ciclo biologico e perciò meritevole di particolare attenzione.

Dalla osservazione dei rapporti carbonio/azoto, carbonio/chl e azoto/chl non sono apparse indicazioni di mutamenti nel metabolismo cellulare che coincidessero con la comparsa della fase sessuale.

Sembra dunque di notevole interesse determinare quali siano le caratteristiche fisiologiche che differenziano le cellule in fase di normale divisione vegetativa da quelle che sono indotte alla gametogenesi. Così come sarebbe importante identificare le caratteristiche fisiologiche che consentono tassi di crescita talmente elevati alle cellule immediatamente seguenti l'auxosporulazione.

SUMMARY

The growth rate, cell content and size of *Chaetoceros protuberans* Laud. in exponential growth have been followed until sexual phenomena appeared with consequent restoration of original size.

Big cells in the first generation after the auxosporulation process have unusually high growth rates: 2 to 3 divisions per day, instead of the average value $1,7 + 0,05$ which is characteristic for this species. Other anomalous data in the classic relationship growth-dimension have been observed by Costello and Chisholm (1981) with a centric diatom.

Considering the variations in intracellular contents and concentrations of carbon, nitrogen and chl a, some possible causes for the rising up of the sexual phase are discussed.

RINGRAZIAMENTI

L'autore ringrazia vivamente il Prof. A. Morel direttore del Labo-

ratoire de Physique et Chimie Marines de Villefranche sur mer (Francia) presso il quale sono state realizzate le misure; il Dr. J. Gostan ed il Prof. M. Innamorati per le proficue discussioni.

BIBLIOGRAFIA

- BANSE K., 1976 - Rates of growth, respiration and photosynthesis of unicellular algae as related to cell size, a review. J. Phycol., 12, 135-140.
- BLASCO D., PACKARD T. T. and GARFIELD P. C., 1982 - Size dependence of growth rate, respiratory electron transport system activity, and chemical composition in marine diatoms in the laboratory. J. Phycol., 18, 58-63.
- CHAN T. A., 1978 - Comparative physiological study of marine diatoms and dinoflagellates in relation to irradiance and cell size. I: Growth under continuous light. J. Phycol., 14, 396-402.
- COSTELLO J.C. and CHISHOLM S.W., 1981 - The influence of cell size on the growth rate of *Thalassiosira weissflogii*. J. of Plankt. Res., 3, (3), 415-420.
- DARLEY W. M., 1977 - Biochemical composition. In: The Biology of diatoms ed. by D. Werner, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- DREBES G., 1977 - Sexuality. In: The Biology of diatoms ed. by D. Werner, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- DURBIN E. G., 1977 - Studies on the autoecology of the marine diatom *Thalassiosira nordenskioeldii*. II. The Influence of cell size on growth rate and carbon, nitrogen, chlorophyll a and silica content. J. Phycol., 13, 150-155.
- FINDLAY I. W. Q., 1972 - Effects of external factors and cell size on the cell division of a marine diatom, *Coscinodiscus pavillardii* Forti. Int. Revue ges. Hydrobiol., 57, 523-533.
- FURNAS M., 1978 - Influence of temperature and cell size on the division rate and chemical content of the diatom *Chaetoceros curvisetum* Cleve. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 34, 97-109.
- GUILLARD R. R. L. and RYTHER J. H., 1962 - Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. Can. J. Microbiol., 18, 229-239.
- JORGENSEN E. G., 1970 - The adaptation of plankton algae. V: Variation in the photosynthetic characteristics of *Skeletonema costatum* cells, growth at low light intensity. Physiol. Plant., 23, 11-17.
- LAZZARA L., 1983 - Réponse du phytoplancton (absorption spécifique et rendement quantique de la photosynthèse) aux modification spectrales et energetiques du flux photonique incident; mesures sur une diatomée en culture et sur des populations naturelles. Thèse de 3^{ème} cycle Univ. P. et M. Curie (Paris VI), 210 pp.
- LUND J. W. G., KIPLING C., LE GREEN E. D., 1958 - The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimation by counting. Hydrobiol., 11, 143-170.
- STRICKLAND J. D. H., PARSONS T. R., 1972 - A practical handbook of sea water analysis. Fish. Res. Bd. Canada Bull. 167, Ottawa, 311 pp.

- TAGUCHI S., 1976 - Relationship between photosynthesis and cell size of marine diatoms. J. Phycol., 12, 185-189.
- WATRAS C. J., CHISHOLM S. W. and ANDERSON D. M., 1982 - Regulation of growth in an estuarine clone of Gonyaulax tamarensis Lebour.: salinity-dependent temperature responses. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 62 (1), 25-37.
- WERNER D., 1971a - Der Entwicklungszyklus mit Sexualphase bei der marinen Diatomee Coscinodiscus asteromphalus. I: Kulture und Synchronisation von Entwicklungsstadien. Arch. Mikrobiol., 80, 43-49.
- WILLIAMS R. B., 1964 - Division rates of salt marsh diatoms in relation to salinity and cell size. Ecology, 45, 877-880.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	179-196	1985

SELACI DEL MEDITERRANEO: AGGIORNAMENTO RELATIVO ALLA LORO SISTEMATICA E DISTRIBUZIONE

E. Tortonese

Istituto Zooprofilattico, lungo Bisagno Dalmazia, 45/A, 16141 GENOVA

INTRODUZIONE

I molti anni ormai trascorsi dalla pubblicazione del secondo volume della serie "Fauna d'Italia" (Tortonese, 1956) dedicato ai più primitivi gruppi di vertebrati, dimostrano l'attuale necessità di un aggiornamento inteso secondo il titolo del presente scritto. L'invito rivoltomi per la sua compilazione dalla Società italiana di Biologia marina è giunto in pieno accordo con un uguale intendimento che da tempo speravo di realizzare, avendo sempre tenuto conto delle successive e necessarie documentazioni relative ai Selaci dell'intero Mediterraneo e non soltanto italiani.

Durante il trentennio sopra ricordato è infatti apparso un ricco materiale bibliografico che ha notevolmente ampliata la conoscenza di pesci di alto interesse come gli squali, le razze e i loro affini. Da osservazioni varie derivano numerose note e revisioni da parte di ricercatori italiani e soprattutto stranieri.

Nei riguardi della complessiva ittiofauna europea comparve il validissimo "Clofnam" (1973) nel quale le singole famiglie vennero trattate da particolari Autori che ne elencarono tutte le specie con i relativi dati bibliografici. Esse sono ora oggetto anche di un'opera (Whitehead et al.) della quale è edito (1984) il primo volume ove sono compresi anche i Selaci: per ciascuna specie vi sono la figura, una breve descrizione - con dati morfologici e biologici - e una cartina di distribuzione entro la stessa area particolare intesa dal Clofnam.

Ben più ampie notizie intorno a tutti gli squali, cioè con una completa rassegna delle specie di tutto il mondo, si devono oggi allo statunitense Compagno, la cui recentissima monografia (1984) anch'essa dotata di figure e cartine - rappresenta un mezzo indispensabile per acquisire conoscenze anche pratiche intorno a questi pesci.

In Tunisia e in Francia Capapé e Quignard si dedicano da tempo a ricerche sui Selaci mediterranei (sistemica, anatomia, nutrizione, riproduzione, ecc.), ma nella bibliografia qui annessa sono inclusi soltanto alcuni scritti importanti per la presente trattazione. Questa riguarda 14 famiglie ed ha lo scopo, pur nella sua brevità, di modificare ed estendere quanto era noto in precedenza, nonchè di incitare a nuovi studi intorno a questi vertebrati.

Non escludo l'incompletezza di questo aggiornamento e aggiungo di non essere in grado di esprimere giudizi personali e critiche su ogni questione, soprattutto sulla validità delle specie descritte come nuove.

GENERALITÀ

Attualmente risultano rappresentate in Mediterraneo 20 famiglie di Selaci cioè della classe Chondrichthyes o pesci cartilaginei. Di 76 specie è ben documentato il ritrovamento (42 Squaliformi, 33 raiformi e un chimeriforme) e 68 fanno parte - per quanto oggi risulta - anche della fauna italiana. Come sarà esposto più oltre, è molto dubbia la presenza di un'intera famiglia (Pristidi o pesci sega) e di alcune altre specie, naturalmente non comprese nei numeri sopra indicati.

In epoca recente, tre specie di raiformi rinvenute in questo mare sono state descritte come nuove; un altro raiforme (*Hixmamura uarnak*) è immigrato dal mar Rosso. Di sei squali si è avuta la prima segnalazione e ad essi viene ora aggiunto *Hexanchus vitulus*. Di tutte queste specie vengono qui accennati solo i caratteri più evidenti e utili per agevolare il riconoscimento.

Quattro raiformi sono oggi noti solo nel Mediterraneo, così da essere per ora considerati come endemici in senso stretto.

Risulta oggi molto più ampia la distribuzione generale di numerosi Selaci che erano ritenuti mediterraneo-atlantici: circa 15 specie sono presenti in tutti gli oceani cioè qualificabili come panocceaniche (denominazione forse preferibile a quella di cosmopoliti). Ciò è stato dimostrato in seguito alla riunione in sinonimia di specie presunte differenti ed allopatriche. E' confermata la presenza in Mediterraneo di parecchie specie panocceaniche più o meno vincolate ad acque calde e perciò Circumtropicali (Tortonese, 1982). Quanto a sinonimi, è pure importante rilevare l'attuale rivalutazione di nomi generici e specifici che erano stati ritenuti invalidi. Qualunque sia il gruppo zologico di cui ci si occupa, le acquisizioni sistematiche e biogeografiche sono utili anche per le ricerche di altro carattere, compreso quello ecologico, molto apprezzato attualmente.

Per ottenere più precise informazioni intorno ai Selaci italiani, saranno utili brevi rassegne delle specie incontrate in determinate zone (es. mar Ligure: Tortonese, 1969) così da far riconoscere eventuali variazioni locali soprattutto in rapporto alla latitudine. Anche questi organismi, infatti, nelle nostre acque differiscono qualitativa e quantitativamente nelle zone meridionali ove si manifesta un carattere più subtropicale che probabilmente sarà confermato dal rinvenimento di nuove specie come alcune indicate nelle pagine che seguono. A tal proposito si distingue Mazara del Vallo (Sicilia meridionale) già nota come ottima sede di indagini oltre che come importante centro di pesca. Possono anche interessare le marcature di Selaci come quelle eseguite in Tunisia da Quignard e Capapé (1971): allo scopo di meglio conoscere il comportamento di questi pesci, il loro accrescimento, le condizioni e possibilità di buona pesca, gli individui vengono contrassegnati rapidamente mediante piccole etichette attaccate alla pelle direttamente o con fili di nylon.

Buoni risultati sono da attendere anche dalla revisione di materiali dei musei, come la famosa collezione Giglioli dei vertebrati italiani (Museo di Firenze). Nel museo di Storia Naturale di Genova si trovavano (1976) 131 specie di Selaci fra cui 54 italiane. Nel 1955 esistevano nel museo di Torino 99 specie (43 italiane), allora ben ordinate e in parte esposte. Purtroppo non sono da prevedere signifi-

cattivi incrementi!

A proposito di musei, oggi sono del tutto inutili certi grossi e vecchi squali ridotti a uniformi sacchi impagliati e spesso mal ridotti, con denti e zigrino impossibili da esaminare. Ottima cosa, per mantenere bene tutto l'aspetto dell'animale, è eseguire calchi (gesso o cartapesta) di un fianco degli individui di una certa statura e naturalmente colorarli ed applicarli poi su pareti; del medesimo pesce, con precise indicazioni di esso, si conservino a parte alcune pinne e pezzi di pelle (in alcool o a secco) e soprattutto le mascelle, ben ripulite e dissecate così da avere un insieme di valide documentazioni. Di ovvia importanza sono infine le fotografie e disegni di individui pescati di fresco.

A uno studioso di Selaci non sfugge l'interesse di quelli che fecero parte dell'ittiofauna paleomediterranea e che figurano anche in recenti scritti dei paleontologi italiani. Risultano trovati nei nostri terreni risalenti a tempi fra il Cretaceo ed il Pliocene i resti di diversi generi. Alcuni di questi permangono tuttora nel Mediterraneo (Heptranchias, Odontaspis, Isurus, Carcharhinus, Myliobatis), altri sono soltanto tropicali (Galeocercus, Pristis, Aetobatus), altri sono da tempo scomparsi (Procarcharodon, Pseudogaleus).

E' ben noto come gli squali destino una particolare attrattiva anche al di fuori degli ambienti scientifici o pescherecci. Questi vistosi membri delle popolazioni animali oceaniche entrano da secoli in credenze e leggende, spesso ricordate, e anche oggi vengono comunemente intesi come generali e pericolosi aggressori: intorno ad essi scrivono persone di varie categorie (subacquei, giornalisti, ecc.) ma in ciò che viene stampato non mancano superficialità e inesattezze. Sono almeno tre i libri ove il tutto viene trattato con competenza ed ampiezza: Gilbert (1963), Davies (1964), Lineaweaver e Backus (1970, 1977); possono interessare anche alcuni brevi scritti (Tortonese, 1960; Capapé e coll., 1975).

Comunque non si dimentichi che per quanto riguarda la frequenza degli squali la situazione in Mediterraneo è ben diversa da quella riscontrabile in altri mari.

SELACI E LORO ORDINI

Poichè il riferire aggiornamenti non può limitarsi alle citazioni di specie, occorre accennare alla classificazione del gruppo ittico qui considerato, cioè alla sua divisione in ordini. Tenuto conto dell'opportunità di rendere note importanti innovazioni, ricordo anzitutto che la terminologia relativa alla macro-sistemática dei Selaci è stata molto varia fin dallo scorso secolo ed ha avuto applicazioni diverse a seconda degli studiosi.

Il classico termine di Selaci - creato da Cuvier (1817) per il complesso di squali, razze e chimere - equivale oggi a quello di Chondrichthyes ed è di più facile e comune impiego. Sono ben distinte due sottoclassi: Elasmobranchi (nome ora preferito a Plagiostomi) ed Olocefali. Mentre questi ultimi hanno sempre incluso un solo, limitato ordine di viventi (Chimeriformi), la prima sottoclasse ha una ben maggiore ricchezza e varietà di forme: circa 800 specie che furono

divise pressochè a metà fra Squaliformes (Pleurotremata) e Rajiformes (Hypotremata). Il secondo di questi ordini permane, con identico nome, ma il primo è stato suddiviso in seguito al più elevato livello sistematico assegnato a precedenti sottordini. Esiste dunque un maggior numero di ordini, per uno dei quali rimane conservato il termine di Squaliformi (poiché gli Squalidi sono la principale famiglia).

Nel menzionare le attuali serie ordinali non si può tacere la notevole discordanza fra i più valenti studiosi moderni. Compagno (1984) ripartisce gli squali in otto ordini: Hexanchiformes, Heterodontiformes, Lamniformes, Orectolobiformes, Carcharhiniformes, Squaliformes, Pristiophoriformes, Squatiniformes. Un chiaro cladogramma indica i rapporti fra essi, che comprendono in tutto 29 famiglie mentre altre 20 sono riconosciute per i Rajiformes.

Invece secondo Nelson (1984) gli ordini sono cinque in tutto (Hexanchiformes, Heterodontiformes, Lamniformes, Squaliformes, Rajiformes) con un complesso di 22 famiglie di cui nove appartengono ai Raiformi.

Benchè non sia facile, senza approfondite ricerche, apprezzare l'una o l'altra classificazione, credo potere senz'altro considerare troppo numerosi i taxa non specifici di Compagno, pur essendo egli l'itttiologo di cui già ho additato i meriti. Con Nelson non concordo intorno a certi gruppi sistematici minori (ad es. l'inserzione di Alopias e Cetorhinus nei Lamnidae intendendoli come sottofamiglie Alopiinae e Cetorhininae), ma adotto la sua classificazione in ordini: a quattro di essi (Hexanchiformes, Lamniformes, Squaliformes, Rajiformes) sono quindi da ascrivere le 19 famiglie di Elasmobranchi rappresentate nel Mediterraneo. Il semplice termine di Squaliformi può restare in uso per indicare tutti gli squali, ma non si deve dimenticare che esso ne qualifica soltanto un ordine, che ovviamente include la ben nota famiglia Squalidi.

Al moderno rinnovarsi della sistematica ittologica diedero importanti contributi i due autori sopra citati e non è questa la sede per discutere questioni di classificazione cladistica o filogenetica ossia connessa con l'evoluzione, supposta o dimostrata, di gruppi e di specie.

F A M I G L I E E S P E C I E

HEXANCHIDAE

Al grosso squalo Hexanchus griseus (Bonn.), ben noto fra quelli mediterranei, si aggiunge qui un congenere: H. vitulus Spring. Wall. E' facile riconoscerlo soprattutto perchè le pinne dorsale e anale sono assai più discoste dalla base della codale e perchè gli occhi sono più grandi; la statura è molto inferiore poiché la lunghezza non supera m 1,80.

La presente segnalazione si deve al fatto che nel museo di Firenze si conserva da tempo un esemplare etichettato "Hexanchus griseus. Mediterraneo" e certo proveniente da mari italiani. Esso misura m 0,98 ed è senz'altro riferibile a H. vitulus, come verrà meglio precisato in una nota in preparazione. Springer e Waller (1969) scoprirono alle

isole Bahamas questa specie, ritrovata poi anche nel mar Caraibico e nel golfo del Messico, e ne supposero la probabile diffusione nell'Atlantico tropicale e anche nel Mediterraneo dove oggi risulta che il genere ha realmente una duplice rappresentanza.

Secondo Compagno (1984) *H. vitulus* fu pescato al largo di Gibilterra e probabilmente anche presso l'Africa occidentale nonché nell'oceano Indiano (Sud Africa, isole Aldabra, Kenya, Madagascar) e nel Pacifico occidentale: isole Filippine e Taiwan (Formosa). In quest'ultima isola questo squalo era stato denominato *H. nakamurai* Teng, ma Compagno scrive: "I retain *H. vitulus* because question exists as to whether Teng's work was actually published and if his names are available". Il discusso nome *nakamurai* figura però nel recente volume di Whitehead et al. (1984).

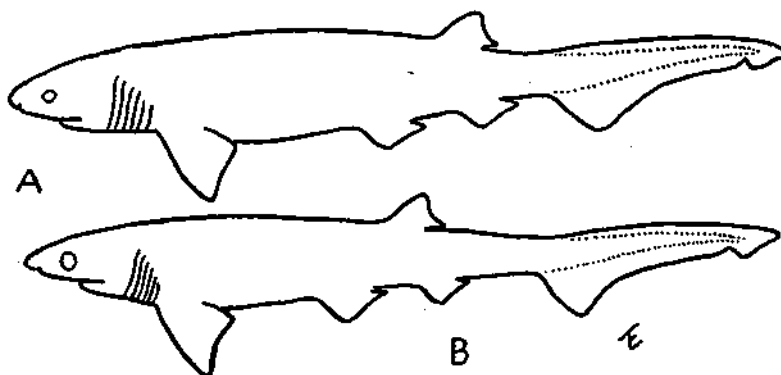


Figura 1 - A: *Hexanchus griseus* (Bonn.).
B: *H. vitulus* Spr. Wall.

ODONTASPIDIDAE

Il precedente nome Carchariidae è cambiato perchè quello di *Carcharias* Raf. 1810 dev'essere sostituito da *Odontaspis* L. Ag. 1838 (Bull. Zool. Nom. 22, 1, 1965: 32-36). *O. ferox* Risso permane come tipo. Però i due squali mediterranei appartenenti a questa famiglia non sono congeneri. La specie *taurus* Raf., di insediamento più litorale, è il tipo del genere *Eugomphodus* Gill, 1891. Come *O. ferox*, è probabilmente panoceanico mentre dapprima la distribuzione di entrambi era ritenuta più limitata.

SCYLIORHINIDAE

Si deve a Springer (1979) una prima revisione di questa famiglia. Un quarto rappresentante si è ora aggiunto ai tre ben noti nel Mediterraneo. Munoz-Chapuli e Perez-Ortega (1985) hanno infatti ristabilito la validità di Galeus atlanticus Vaili. 1888 (Olotipo del Marocco: Museo di Parigi N. 84-387) finora considerato sinonimo di G. melastomus Raf.

Le due specie sono molto simili poiché i caratteri esterni differiscono ben poco. Secondo i predetti autori "G. atlanticus has a shorter head and snout, longer and widely separated nasal openings, shorter superior labial groove, more anterior first dorsal fin, more separated dorsal fins, longer and lower anal fin and a deeper caudal peduncle". Maggiore rilievo hanno il minor numero di vertebre (70-73 invece di 78-81) e di cartilagini radiali nelle pinne pettorali, nonché l'aspetto del neurocranio (parte centrale molto più stretta, processi orbitali con diverso profilo). Anche le scagliette placoidi e la colorazione sembrano non identiche nelle due specie.

A raggiungimento della maturità sessuale, le dimensioni di G. atlanticus risultano minori (384-450 mm) il che si accorda col fatto che la massima lunghezza osservata è di 730 mm: si ritiene che G. melastomus giunga a 900 mm. Entrambe queste specie sono ovipare, mentre G. polli Cad. (Atlantico tropicale africano) è ovoviviparo, così da far correggere la tradizionale opinione di generale oviparità nei Scyliorhinidi.

G. atlanticus è stato pescato finora soltanto lungo le coste atlantiche del Marocco e quelle mediterranee della Spagna meridionale (Malaga) ma è da presumersi più diffuso in entrambi i mari, dove certamente lo si è confuso con G. melastomus.

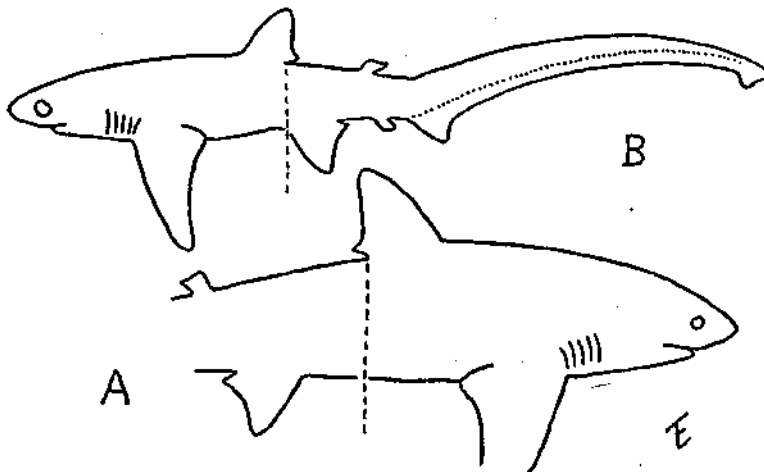


Figura 2 - A: Alopias vulpinus (Bonn.).
B: A. superciliosus Lowe.

ALOPTIIDAE

Al caratteristico Alopias vulpinus (Bonn.) o pesce volpe si aggiunge in Mediterraneo A. superciliosus Lowe, del quale era già stata supposta la presenza. Dopo un dettagliato studio intorno a tale squalo, Gruber e Compagno (1981) ne riferiscono la diffusione in ogni oceano fra circa 40° N e 40° S e lo segnalano anche nel mar Jonio. Cigala Fulgosi (1983) lo rinvenne a Mazara del Vallo (Sicilia), dove viene pescato con frequenza. Questa specie differisce da A. vulpinus per gli occhi più grandi e la prima pinna dorsale in posizione più posteriore, terminando sopra l'origine delle ventrali.

CARCHARHINIDAE

La trattazione apparsa nel CLOFNAM (1973) richiede varie rettifiche. Nella fondamentale monografia del genere Carcharhinus (Garrick, 1982) sono ammesse una trentina di specie: quella tipica non è C. plumbeus bensì C. melanopterus come fu spiegato dal citato autore (1962). Quest'ultimo indicò cinque specie mediterranee: due di esse sono però di presenza incerta mentre un'altra è da aggiungersi per il suo successivo ritrovamento. Oggi è dunque accertata una serie di quattro specie, tutte da includere anche nella fauna italiana benché tre siano state pescate finora soltanto in Sicilia, dove non ne è ancora precisata la frequenza relativa. Comunque, questa sembra essere massima nella specie che un tempo si riteneva unica nel Mediterraneo e con la quale ha inizio la rassegna che segue.

1 - C. plumbeus (Nardo) (Compagno, 1984, 2: 493 e fig.).

Sono almeno otto i sinonimi del nome specifico (milberti, japonicus, obtusirostris, ecc.). Fra i caratteri già indicati (1956) ricordo, ai fini delle successive comparazioni, che una sottile linea rilevata (carena cutanea) decorre sul dorso fra le due pinne e che la prima di queste è assai grande, con inizio della base sopra l'ascella delle pettorali o poco avanti. Colore uniforme, grigio o brunastre sulle parti superiori e sulle pinne. Lunghezza fino a m 2,40 almeno. È specie tropicale e subtropicale, diffusa in tutti gli oceani oltre che in Mediterraneo (tipo descritto in Adriatico) e Mar Rosso.

2.- C. obscurus (Les.) (Compagno, 1984, 2: 489 e fig.).

Simile al precedente per il colore e la carena dorsale; origine basale della pinna dorsale al disopra dell'apice pettorale interno. Lungh. fino a m 3,70. Noto in varie località di ogni oceano e del mar Rosso. Capapé e coll. (1976) lo segnalano in Tunisia; poco dopo Cigala Fulgosi (1983) assicurò la presenza nelle acque siciliane (Mazara del Vallo) di questa specie e delle due successive.

3 - C. brachyurus (Gthr) (Compagno, 1984, 2: 464 e fig.).

Carena dorsale di solito assente. Prima pinna dorsale situata come in obscurus. Apici delle pinne spesso scuri o nerastri, soprattutto nei giovani. Lungh. fino a m 2,90. Rinvenuto in ogni oceano (zone tropicali e temperate); non si conosce in mar Rosso. A Nizza si ebbe il primo reperto mediterraneo.

4 - C. brevipinna (Müll. Henle) (Compagno, 1984, 2: 466 e fig.).

Alcuni sinonimi sono maculipinnis, johnsoni, caparti. Muso lungo e

acuto. Denti inferiori con orlo liscio. Pinne in parte con apici neri.

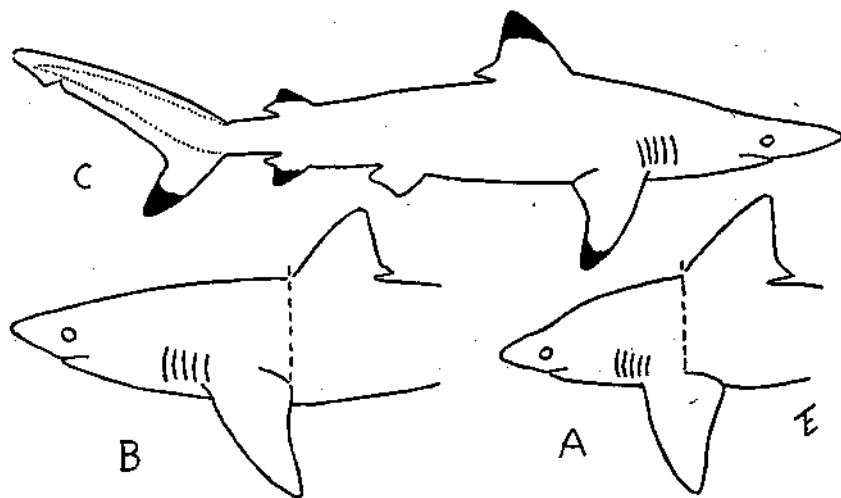


Figura 3 - A: Carcharhinus plumbeus (Nardo).
B: C. brachyurus (Gthr).
C: C. brevipinna (Müll. Henle).

Lungh. fino a m 2,80. Circumtropicale. E' noto nel Mediterraneo meridionale: Sicilia, Tunisia, Libia, Israele, Libano. La prima segnalazione fu a Tripoli (Tortonese, 1938: "C. limbatus").

Due altre specie furono citate anche in Mediterraneo, ma non abbiamo sicure e precise indicazioni di individui ivi pescati ed esattamente identificati. In entrambe manca la carena dorsale e vi sono pinne con apici neri.

C. limbatus (Val.), circumtropicale, fu annoverato fra i pesci di Israele e della Tunisia in seguito a probabile confusione con C. brevipinna. Da questo differisce per la prima pinna dorsale più grande e con origine più anteriore, sopra l'ascella delle pettorali, e perchè i bordi dei denti inferiori sono finemente seghettati anzichè lisci. C. melanopterus (Quoy-Gaim.) ha muso breve e arrotondato e non supera m 1,80 di lunghezza. E' indopacifico ma non si può intendere fra i sicuri immigrati lessepsiani benchè nel CLOFNAM si legga "Mediterranean seas of Egypt, apparently introduced through the Suez canal". Probabilmente si cominciò a usare il nome melanopterus molti anni or sono, quando era ancora ignota la presenza di C. brevipinna, anch'esso dotato di pinne con apici neri.

Dello squalo Rhizoprionodon acutus (Rüpp.) fu di recente pescato un individuo presso Taranto (Pastore e Tortonese, 1984): risultano nuovi per il Mediterraneo il genere e la specie. Questo selacio misura di

rado m 1,70 o poco più. Ha denti con cuspidi notevolmente inclinate e basi assai larghe in quelli inferiori; seconda pinna dorsale situata più indietro del centro dell'anale; colore grigio con tonalità variabile. E' specie vivipara, diffusa lungo le coste di tutta l'Africa occidentale e del mar Rosso, oceano Indiano e Pacifico occidentale. E' probabilmente entrato in Mediterraneo dal vicino Atlantico ove è noto sino a Madera.

Con l'aggiunta di Rh. acutus ai quattro Carcharhinus e a Prionace glauca (L.) sono sei i Carcarinidi mediterranei, dai quali è oggi escluso Galeorhinus canis, ascrivito ai Triakidi.

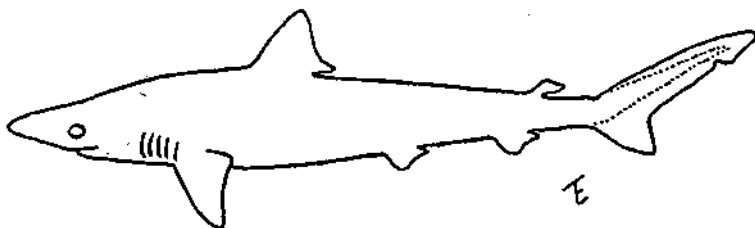


Figura 4 - Rhizoprionodon acutus (Rüpp.)

TRIAKIDAE

La validità di questa famiglia che era stata riunita alla precedente fu riconosciuta da Compagno (1973 b) che ne riferì in dettaglio i caratteri anatomici. Secondo Capapé e Quignard (1983) "Les triakidae sembleraient constituer un terme de transition entre les Carcharhinidae et les Squalidae". Fra le specie mediterranee dette "palombi" in Italia due sono ben conosciute: Mustelus mustelus (L.) e M. asterias Cloq. Un recente studio intorno a quest'ultimo (Capapé e Quignard, 1982) ne affermò una notevole affinità con M. manazo Blkr, proprio dei mari indopacifici.

Una terza specie è M. punctulatus Risso, a lungo confuso con M. mustelus. La sua validità venne affermata da Springer (1939) precisando il significato del nome. Di quest'ultimo è sinonimo mediterraneus assegnato da Quignard e Capapé (1972) a una supposta nuova specie. Questo Mustelus - che raffigurai come M. mustelus (Tortonese, 1956, f. 75) - si distingue per le macchie nere o brune, la posizione più anteriore della prima pinna dorsale (la sua origine è avanti l'angolo pettorale interno) e la foggia delle scaglie (3-4 carene complete e spesso tre punte terminali); misura fino a m 1,60 (?) ed ha embrioni placentati. E' noto a Nizza (località tipica), nel golfo del Leone, in Tunisia, a Napoli e Patrasso (Kaspiris, 1974) e nel vicino Atlantico (Portogallo, Marocco, Mauretania). Capapé e Quignard (1977) illustrarono i vari aspetti della biologia.

Galeorhinus galeus (L.) è pure riferito ai Triakidi, nonostante la chiara differenza dai Mustelus (denti, scaglie, pinne, ecc.). Capapé e Ben Brahim (1985), concludendo il loro recentissimo studio sulla sua morfologia, ritengono che questo selacio possa venire separato in una famiglia a sè. Esso è diffuso nelle zone temperate di tutti gli oceani.

SPHYRNIDAE

Il genere Sphyrna (Pesci martello) è il solo componente di questa famiglia della quale Gilbert (1967) pubblicò una revisione. La più nota specie è S. zygaena (L.) che vive in tutti gli oceani soprattutto nelle zone temperate. Prima di attribuire ad essa, certo prevalente per frequenza, un individuo mediterraneo è necessario controllarne l'eventuale appartenenza ad uno degli Sfirnidi seguenti.

S. mokarran (Rüpp.) è soprattutto riconoscibile perchè negli adulti il profilo anteriore del capo è quasi diritto e i lobi laterali sono chiaramente trasversali rispetto all'asse longitudinale del corpo. Misura fino a m 5,50 ed è circumtropicale. Nel golfo di Genova (presso il promontorio di Portofino) fu pescato un individuo lungo circa 3 m (Boero e Carli, 1977).

S. lewini (Griff. Smith) ha il margine anteriore del capo con una rientranza mediana invece di essere arrotondato come in S. zygaena. Lungh. 4,20 m; circumtropicale. Già la citai (Tortonese, 1956) avendone osservato un individuo mediterraneo di imprecisata località. L'affine S. couardi Cad. (Atlantico orientale) forse esiste anche in Mediterraneo, come accennò Compagno (1984, 2: 545).

S. tudes (Val.) appartiene al sottogen. Platysqualus, ben distinto fra l'altro per la grandezza della pinna anale. La lunghezza non sembra superiore a m 1,50. Appare strano che questo squalo sia noto solo nell'Atlantico occidentale, dal golfo del Messico all'Uruguay. Descrissi e figurai (Tortonese, 1956) un esemplare di Livorno, che risulta essere l'unico accertato reperto mediterraneo oltre a quello (tipico) di Nizza. I problemi concernenti questo Sfirnide, insieme con altri, furono ben esposti da Compagno (1984, 2: 553).

SQUALIDAE

Nel suo insieme di studi relativi all'ittiofauna della Nuova Zelanda, Garrick (1960) trattò ampiamente della generale sistematica degli Squalus, comprese le specie viventi in Mediterraneo: S. acanthias L. ed un congener (Spinarolo bruno) che qui richiama l'attenzione. Risultò infatti erroneo il denominarlo S. fernandinus Mol. Questo termine comparve spesso, anche nell'opera relativa alla fauna d'Italia (Tortonese, 1956). Non si tratta di valutazioni sinonimiche bensì di differenze specifiche: S. fernandinus vive nell'emisfero australe (regione tipica è il Cile) mentre nel Mediterraneo si trova S. blainvillei Risso, sicuramente diverso per vari caratteri (fra cui l'assenza di macchie bianche). Questa seconda specie (tipo di Nizza) fu bene illustrata da Ledoux (1970) che la comparò con quelle affini ed usò la corretta desinenza -ei (non -ii) del nome specifico. Oltre

che nel Mediterraneo e Atlantico orientale, fu segnalata anche nel Pacifico occid. (Giappone, Taiwan). Della sua biologia si occuparono Quignard et al., (1971) soffermandosi anche sui problemi sistematici.

Centroscyrnus coelolepis Boc. Cap., mediterraneo-atlantico, fu da me descritto e figurato (Tortonese, 1956: 182, f. 98) pur non essendone ancora dimostrata la presenza nei mari italiani. Torchio e Michelangeli (1971) segnarono la cattura a Finale ligure (1800 m di profondità) di un embrione nato prematuro lungo circa 255 mm e di sesso femminile.

Per Scymnorhinus licha (Bonn.) Compagno (1984) riprese il nome generico Dalatias Raf. che era stato dichiarato inaccettabile. La sua distribuzione è molto vasta, secondo varie segnalazioni (Golfo del Messico, Mozambico, Giappone, Australia, Nuova Zelanda, Hawaii). Somniosus (Rhinoscyrnus) rostratus (Risso) fu oggetto di una dettagliata trattazione da parte di Cigala Fulgosi e Gandolfi (1983) i quali studiarono un individuo pescato a circa 560 m nel golfo di Genova presso Sestri Levante, ossia in una zona di precedenti catture che sembrano attestare ivi una certa frequenza. I detti Autori precisarono anche la composizione del genere.

PRISTIDAE

In precedenza (Tortonese, 1956) mi uniformai alla tradizione, includendo tre specie di Pristis (Pesci sega) fra i Selaci mediterranei e scrivendo che "si tratta di animali così caratteristici che è difficile pensare a confusioni con altri pesci: sembra pertanto innegabile che i Pristis esistano nel Mediterraneo". Il fatto stesso che però non disponevo di materiale "sicuro" e le mancate documentazioni successive, fecero cambiare la precedente opinione. Già espressi quella nuova (Tortonese, 1982) ossia: "Considerata attentamente la questione dei Pristis (letteratura, collezioni, indagini nei centri di pesca, corrispondenza varia) mi risulta che nessuna cattura mediterranea è stata validamente confermata e che questi pesci, inconfondibili ma a quanto sembra ignoti ai locali pescatori, non figurano nella nostra ittiofauna".

Aggiungo che alcune vecchie citazioni, ad esempio in Spagna e in Algeria, senza alcuna accertata indicazione di pesca e di specie, hanno ben scarso valore e che i poderosi rostri di questi Selaci non attestano nulla: avuti da visitatori di lontani paesi, essi vengono lasciati - senza dati - nei musei e questi talora li etichettano semplicemente come provenienti - dalle città dei donatori (ad es. Messina). E' da raccomandarsi vivamente che ove si verifichi la cattura di un pesce sega, questo venga accuratamente descritto e ne siano chiaramente riferite la località e l'ambiente. Comunque, non sembra esistano nel Mediterraneo condizioni adatte a questi pesci tropicali, che facevano parte della fauna paleomediterranea: resti di P. bassanii furono rinvenuti nei terreni eocenici presso Verona.

RHINOBATIDAE

Rhinobatos halavi Forssk. fu ritenuto presente lungo le coste egiziane in seguito a penetrazioni dal mar Rosso, ma Ben Tuvia (1966) dichiarò la mancanza di sicuri reperti e la probabile confusione con Rh. rhinobatos (L.) e Rh. cemiculus Geoffr.: queste sono le due specie che vivono nel Mediterraneo meridionale.

TORPEDINIDAE

La distribuzione di Torpedo nobiliana Bp. è più ampia di quanto si ritenesse poichè include anche l'Atlantico occidentale dalla Nuova Scozia al Brasile meridionale.

RAJIDAE

Il genere Raja fu oggetto di importanti ricerche da parte di Stehmann (1970), che ne rivedette la tassonomia. Questa era stata basata essenzialmente su caratteri esterni, ma ebbe notevoli innovazioni in seguito a studi anatomici che condussero a definire diversi sottogeneri. Di Raja "sensu stricto" fanno parte - oltre alla specie tipo cioè R. miraletus L. (non R. clavata) - diverse Razze mediterranee: R. asterias, brachyura, clavata, montagui, ecc..

Due specie sono da aggiungere alle 15 mediterranee delle quali trattai nel 1956:

1 - R. rondeleti Bougis, 1959: 108, f. 2-4.

Ritenuta molto affine a R. fullonica L., ma dotata di spinule più sviluppate sia sul disco che sulla coda in individui di entrambi i sessi e di uguale statura. La dentatura è indicata come simile nelle due specie. Dorso grigio-bruno uniforme. Lungh. 50 cm. Uno degli esemplari-tipo è proprio quello di Livorno (Museo di Firenze) che fu descritto a figurato come R. fullonica (Tortonese, 1956: 251, f. 140). Gli altri reperti sono francesi (Sète, Banyuls).

2 - R. africana Capapé, 1977a: 70: f. 1-3.

Rassomiglia a R. miraletus L., ma ha i due ocelli dorsali meno vistosi e definiti. Lungh. 70 cm. I pochi individui studiati provenivano dalle coste nord della Tunisia e dai pressi di quelle della Mauretania. L'olotipo si conserva nel Museo di Parigi (1977-206).

Sono da ricordare alcuni altri membri di questa famiglia. Capapé e Desoutter (1979) separarono Raja atra Müll. Henle da R. radula Delar., ma Stehmann (1982) confermò la loro identità, dimostrata da un preciso studio comparativo. R. asterias Delar. non è da ritenersi endemica mediterranea in senso stretto, poichè fu citata anche per il Portogallo meridionale e il Marocco. Torchio (1960) descrisse un primo individuo maschio di R. melitensis Clark, di ignota località. R. polystigma Reg. fu segnalata anche nel golfo di Genova (Arbocco, 1961).

DASYATIDAE

Una nuova specie fu inserita nella breve serie di Dasyatis méditerranée:

D. tortonesei Capapé, 1975: 116, f: 4. Distinta da D. pastinaca (L.) perchè sulla coda, dietro la spina, decorre una carena invece di un'evidente piega cutanea; le tre papille sul pavimento boccale, coniche e acute, sono assai più lunghe; i denti sono più numerosi (42-52 su entrambe le mascelle invece di 38-45); le vertebre sono 40-41 invece di 45-47; la distanza fra le due ultime fessure branchiali è superiore a metà della loro distanza dalla bocca. Lungh. 80 cm. Olotipo nel Museo di Parigi (1977-107). Successivi lavori di Capapé (1978, ecc.) illustrarono anche la biologia (distribuzione, riproduzione, ecc.) indicando la specie sia in Tunisia che in Sicilia; non si conosce fuori del Mediterraneo.

Postel (1956) segnalò in Tunisia (Golfo di Gabes) D. marmorata (Std), poi ricordata anche da Capapé (1983) fra le Dasyatis tunisine che ".....coexistent mais occupent des niches écologiques différentes". Non vennero date descrizioni e figure di questo Trigone, in origine osservato nell'Atlantico orientale e qualificato come una varietà (certo distinta per il colore) di D. pastinaca.

D. violacea (Bp.) è ben diversa dalle congeneri non solo per la morfologia (Tortonese, 1976): è pelagica (0-100 m) e non limitata al Mediterraneo bensì rinvenuta in zone temperate e calde di ogni oceano.

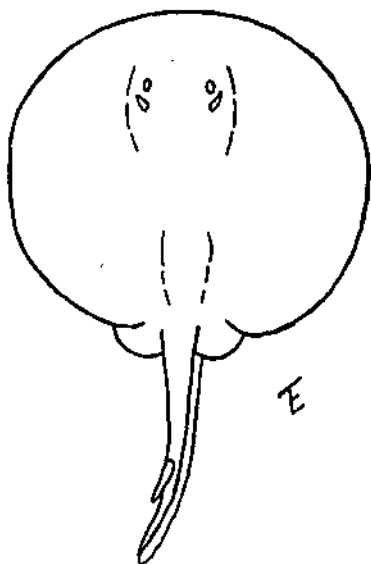


Figura 5 - Taeniura grabata (E. Geoffr.).

Altri tre Dasiatidi appartengono a generi diversi. Himantura uarnak (Forssk.) ha corpo romboidale, largo fino a m 1,50 e coda molto lunga e sottile. Colore giallastro o bruno chiaro con fitte macchiette o variegature scure. E' diffusa dal Mar Rosso al Pacifico occidentale ed è l'unico Selacio lessepsiano, oggi noto presso le coste dell'Egitto, di Israele, del Libano. Taeniura grabata (E. Geoffr.), che già menzionai (Tortonese, 1956), risulta oggi regolarmente pescata non solo nel mar di Levante ma anche in Tunisia (Golfo di Gabes: Postel, 1956): è quindi probabile il suo rinvenimento in Sicilia. Capapé (1981) pubblicò una nuova descrizione di Gymnura altavela (L.), Selacio più frequente nel Mediterraneo meridionale in quanto termofilo, mentre più a nord è affatto accidentale. Alcuni Autori pongono il genere in una famiglia a sè.

CHIMAERIDAE

Chimaera monstrosa L. è attualmente nota anche in Adriatico (Soljan, 1975).

RIASSUNTO

Durante gli ultimi trent'anni è aumentata notevolmente la conoscenza dei Selaci mediterranei. In questo mare sono certamente presenti 76 specie, parecchie delle quali esistono in tutti gli oceani. Tre nuove (Raiformi) sono state recentemente descritte e sei altre (Squaliformi) segnalate per la prima volta; a queste ultime si aggiunge ora Hexanchus vitulus (mari italiani). Si conosce un solo immigrato dal Mar Rosso (Raiforme Himantura uarnak). Quattordici famiglie sono qui considerate, una delle quali (Pristidae) probabilmente non fa parte della fauna mediterranea. Alcune note intorno alla classificazione e nomenclatura di questi pesci sottolineano la necessità di nuove ricerche intorno ai loro rappresentanti nel Mediterraneo.

SUMMARY

The knowledge of the Mediterranean Selachians increased remarkably during the past thirty years. Surely present in this sea are 76 species, of which several live in all the oceans. Three new species (Rajiforms) have been recently described and six others (Squaliforms) have been firstly reported: to the latter is added now Hexanchus vitulus (Italian seas). A single arrival from the Red Sea is known: Rajiform Himantura uarnak. Fourteen families are considered here, one of which (Pristidae) probably has not to be included in the Mediterranean fauna. Some notes on the classification and nomenclature of these fishes emphasize the necessity of new researches on the Mediterranean representatives.

RINGRAZIAMENTI

Desidero esprimere un vivo grazie alla Società Italiana di Biologia marina per il suo invito a presentare questa relazione. Non sono meno grato a tutti coloro che hanno dato pronti e validissimi aiuti per la stesura di questo scritto: dott. M.L. Azzaroli e M. Borri (Mus. Zool. Firenze), Dr. S. Springer (Gainesville, USA), R. M. noz-Chàpuli (Dept. Zool. Univ. Malaga), C. Capapé (Inst. Pasteur, Tunis), G. Fredj (Inst. Oc. Biol. Univ. Nice), M. Stehmann (Zool. Inst. Mus. Hamburg), M. Boesemann (Mus. Nat. Hist. Leiden). Alla Stazione Zoologica di Napoli devo la possibilità di preziose consultazioni nella sua grande biblioteca.

BIBLIOGRAFIA

- ARBOCCO G., 1961 - Primo reperto di Raja polystigma Reg. nel Golfo di Genova. Doriana, 3, n. 116, 1-6.
- BEN TUVIA A., 1955 - Two Indo-Pacific fishes, Dasyatis uarnak and Upeneus moluccensis in the eastern Mediterranean. Nature, 176, 4494, 1177-1178.
- BEN TUVIA A., 1966 - Red Sea fishes recently found in the Mediterranean. Copeia, 2, 254-275.
- BEN TUVIA A., 1971 - Revised list of the Mediterranean fishes of Israel. Israel Journ. Zool., 20, 1-39.
- BIGELOW H.B. & SCHROEDER W.C., 1948 - Sharks. Fishes of Western North Atlantic. I. New Haven, 59-546.
- BOERO F., CARLI A., 1977 - Prima segnalazione mediterranea di Sphyrna mokarran (Ruppell) (Selachii, Sphyrnidae). Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 45, 91-93.
- BOUGIS P., 1959 - Sur une raie mal connue des cotes francaises: Raja rondeletii n. sp. (= R. fullonica Rondelet). Vie et Milieu, 10 (1), 104-115.
- CAPAPE' C., 1975 - Sélaciens nouveaux et rares le long des cotes tunisiennes. Premieres observations biologiques. Arch. Inst. Pasteur, Tunis, LII, 1-2, 107-128.
- CAPAPE' C., 1977 a - Raja africana n. sp., une nouvelle espèce pour les cotes ouest-africaines et tunisiennes. Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie, 12, 69-78.
- CAPAPE' C., 1977 b - Les espèces du genre Dasyatis Rafinesque, 1810 (Pisces, Rajiformes) des cotes tunisiennes. Cybium, 2 (3), 75-105.
- CAPAPE' C., 1978 - Contribution a la biologie des Dasyatidae des cotes tunisiennes. 3. Dasyatis tortonesei Capapé, 1975. Repartition géographique et bathymétrie, sexualité, reproduction, fécondité. Bull. Inst. Nat. Sci. Techn. Océan. Pêche, Salambô, 5, 1-4, 97-110.
- CAPAPE' C., 1981 - Nouvelle description de Gymnura altavela (Linnaeus, 1758) (Pisces, Rajiformes, Gymnuridae). Bull. Inst. Nat. Sci. Techn. Océan. Pêche, Salambô, 8, 59-68.
- CAPAPE' C., 1983 - Repartition géographique et affinités eto-ecologiques des espèces tunisiennes du genre Dasyatis Rafinesque,

- 1810 (Pisces, Rajiformes, Dasyatidae). Rapp. Comm. int. Mer Médit., 28, 5, 19-23.
- CAPAPE' C. & BEN BRAHIM R., 1985 - Nouvelles données sur la morphologie de Galeorhinus galeus (Linné, 1758) (Pisces, Triakidae). Oebalia (in stampa).
- CAPAPE' C., CHADLI A., PRIETO R., 1975 - Les Selaciens dangereux des côtes tunisiennes. Arch. Inst. Pasteur, Tunis, 1-2, 61-108.
- CAPAPE' C. & DESOUTTER M., 1979 - Note sur la validité de Raja axtra Müller et Henle, 1841. Cybium, 5, (3), 71-85.
- CAPAPE' C. & QUIGNARD J.P., 1977 - Contribution a la biologie des Triakidae des cotes tunisiennes. I. Mustelus mediterraneus Quignard et Capapé, 1972: repartition géographique et bathymétrique, migrations et déplacements, reproduction, fécondité. Bull. Off. Nat. Pêches Tunis., I, 1, 103-122.
- CAPAPE' C. & QUIGNARD J.P., 1983 - Nouvelles données sur la morphologie de Mustelus asterias Cloquet, 1881 (??). Oebalia, IX, n.s., 1-14.
- CAPAPE' C., ZAOUALI J., DESOUTTER M., 1979 - Note sur la presence en Tunisie de Carcharhinus obscurus (Lesueur, 1818) (Pisces, Pleurotremata) avec clé de détermination des Carcharhinidae des côtes tunisiennes. Bull. Off. Nat. Pêches Tunis., III, 2, 171-182.
- CIGALA FULGOSI F., 1983 a - First record of Alopias superciliosus (Lowe, 1840) in the Mediterranean, with notes on some fossil species of the genus Alopias. Ann. Mus. St. Nat. Genova, 84, 211-229.
- CIGALA FULGOSI F., 1983 b - Confirmation of the presence of Carcharhinus brachyurus (Gunther, 1870) (Pisces, Selachii, Carcharhinidae) in the Mediterranean. Doriana, V, 249, 1-5.
- CIGALA FULGOSI F. & GANDOLFI G., 1983 - Re-description of the external morphology of Sommiosus rostratus (Risso, 1826) with special reference to its desquamation and cutaneous sensory organs, and aspects on their functional morphology (Pisces, Selachii, Squalidae). Mon. Zool. Ital. (N.S.), 17, 27-70.
- COMPAGNO L.J.V., 1973 a - Interrelationships of Living Elasmobranchs. Zool. Journal Linn. Soc. London, 53 (Suppl. 11), 15-61.
- COMPAGNO L.J.V., 1973 b - Gogolia filewoodi, a New Genus and Species of Shark from New Guinea (Carcharhiniformes: Triakidae), with a Redefinition of the Family Triakidae and a Key to Triakid genera. Proc. Calif. Acad. Sci., 39, 19, 383-410.
- COMPAGNO L.J.V., 1984 - Sharks of the World. FAO Fisheries Synopsis, Roma, N. 125, vol. 4, parte 1 (249 pp.) e 2 (655 pp.).
- DAVIES D.H., 1964 - About Sharks and Shark Attack. B. Davis-Piatt, Durban, 237 pp.
- GARRICK J.A.F., 1960 - Studies on New Zealand Elasmobranchii. Part XII - The Species of Squalus from New Zealand and Australia and a General Account on and Key to the New Zealand Squaloidea. Trans. Roy. Soc. New Zealand, 88, 3, 519-557.
- GARRICK J.A.F., 1962 - Reasons in favour of retaining the generic name Carcharhinus Blainville, and a proposal for identifying its type species as the indo-pacific black-tipped shark C. melanopterus. Proc. Biol. Soc. Washington, 75, 89-96.

- GARRICK J.A.F., 1982 - Sharks of the Genus Carcharhinus. NOAA Techn. Rep. Nat. Mar. Fisher. Serv. Wash., Circular 554, 194 pp.
- GILBERT P.W. (ed.), 1963 - Sharks and Survival. D.C. Heath, Boston, XIV, 578.
- GILBERT C.R.,- 1967 - A revision of the Hammerhead Sharks (Family Sphyrnidae). Proc. U.S. Nat. Mus., 119, 1-88.
- GRUBER S.H. & COMPAGNO L.J.V., 1981 - Taxonomic status and biology of the big thresher, Alopias superciliosus. Fisher. Bull. Seattle (U.S.A.), 7, 4, 617-640.
- HUREAU J.C. & MONOD Th. (ed.), 1973 - Check-list of the Fishes of the Northeastern Atlantic and the Mediterranean (CLOFNAM). Unesco, Paris, 2 vol., I, 683 pp., II, 331 pp. Suppl. 1978 (Tortonese-Hureau), Cybium, 3, 5, 1979, 333-394.
- KASPIRIS P., 1974 - Primi reperti di Mustelus mediterraneus Quign. Cap. e Raja polystigma Reg. (Selachii) nel mar Jonio (Golfo di Patrasso e dintorni). Dorian, V, n. 218, 1-3.
- LEDOUX J.C., 1970 - Affinités et origines du Squalus blainvillei de Méditerranée. Journées ichthyol. CIESM, Roma, 65-69.
- LINEAWEAVER Th. H. & BACKUS R.H., 1970 - The Natural History of Sharks. Deutsch, London, 256 pp.
- LINEAWEAVER Th. H. & BACKUS R.H., 1977 - Il libro degli Squali. Mursia, Milano, 218 pp.
- M NOZ-CHÂPULI R. & PEREZ ORTEGA A., 1985 - Resurrection of Galeus atlanticus (Vaillant, 1888) as a valid species from the NE-Atlantic ocean and the Mediterranean Sea. Bull. Mus. Hist. Nat. Paris (in stampa).
- NELSON J.S., 1984 - Fishes of the World. J. Wiley, New York, XV, 523 pp.
- PASTORE M. & TORTONESE E., 1984 - Prima segnalazione in Mediterraneo dello squalo Rhizoprionodon acutus (Rüppell). Thalassia salentina, 14.
- POSTEL E., 1956 - Les affinités tropicales de la Faune Ichthyologique du golfe de Gabès. Bull. St. Ocean. Salammbo, 53, 64-68.
- QUIGNARD J.P. & CAPAPE' C., 1971 - Note préliminaire sur le marquage des Selaciens des cotes de Tunisie. Bull. Inst. Océan. Pêche Salammbo, 2, n. 2, 143-155.
- QUIGNARD J.P. & CAPAPE' C., 1972 - Notes sur les espèces méditerranéennes du genre Mustelus (Selachii, Galeoidea, Triakidae). Rev. Trav. Inst. Pêches Mar., 36, 1, 15-29.
- QUIGNARD J.P., CAPAPE' C., NEGLA N., 1971 - Recherches sur la biologie de Squalus blainvillei (Risso, 1826). U.E.R. Sci. Biol. (Lab. Biol. Halieut.), n. 5, 125-141.
- SOLJAN T., 1975 - I Pesci dell'Adriatico. Mondadori, Milano, 522 pp.
- SPRINGER S., 1939 - Two new Atlantic species of dog sharks, with a key to species of Mustelus. Proc. U.S. Nat. Mus., 86, 461-468.
- SPRINGER S., 1979 - A Revision of the Catsharks, family Schyliorhinidae. NOAA Techn. Rep. Nat. Mar. Fisher. Serv. Washington, Circular 422, 152 pp.
- SPRINGER S.V. & WALLER R.A., 1969 - Hexanchus vitulus, a new sixgill shark from the Bahamas. Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb., 19, 1, 159-174.

- STEHMANN M., 1970 - Vergleichend morphologische und anatomische Untersuchungen zur Neuordnung des Systematik der nordostatlantischen Rajidae (Chondrichthyes, Batoidei). Arch. Fischwiss., 21, 2, 73-164.
- STEHMANN M., 1982 - Re-assignment of Raja atra Müller & Henle, 1841 to the synonymy of Raja radula Delariche, 1809. Naturalista sicil., S. IV, VI, 1-2, 17-39.
- TORCHIO M., 1960 - Rinvenimento del primo maschio di Raja melitensis Clark. Natura, 51, 65-69.
- TORCHIO M. & MICHELANGELI M., 1971 - Prima segnalazione in acque italiane di uno squalide del genere Centroscyrnus. Natura, 62, 3, 241-245.
- TORTONESE E., 1938 - Uno Squalo nuovo per il Mediterraneo. Natura, 29, 157-160.
- TORTONESE E., 1956 - Leptocardia, Cyclostomata, Selachii. Fauna ital., 2, Calderini, Bologna, 334 pp.
- TORTONESE E., 1960 - Ricerche sulle aggressioni da parte di squali. Natura, 51, 141-142.
- TORTONESE E., 1969 - The Squaliformes of the Ligurian sea: a revised list with notes. Israel Journ. Zool., 18, 233-236.
- TORTONESE E., 1976 - A note on Dasyatis violacea (Bp.) (Plagiostomia, Rajiformes). Boll. Pesca, Piscic. Idrobiol., 31, 1-2, 5-8.
- TORTONESE E., 1982 - I Pesci a distribuzione circumtropicale presenti nel Mediterraneo. Mem. Biol. Mar. Ocean., NS. XII, 3, 191-203.
- WHITEHEAD P.J.P. et al., 1984 - Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. Vol. I, Unesco, Paris, 510 pp.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	197-202	1985

ASPETTI DELL'EVOLUZIONE GENOMICA NEI SELACI

V. Stingo, T. Capriglione

Dipartimento di Biologia evolutiva e comparata dell'Università di Napoli

INTRODUZIONE

A differenza delle altre classi di Vertebrati, i Condroitti sono abbastanza trascurati dal punto di vista citotassonomico. A tutt'oggi solo 20 specie, delle 800 viventi, sono state descritte cariologicamente. D'altra parte, vi sono problemi ancora dibattuti nella sistematica e nella filogenesi di questi Pesci e un contributo alla loro chiarificazione potrebbe venire proprio dal reperto cariologico, come negli altri Vertebrati.

Da alcuni anni sono in corso nel nostro laboratorio studi sul differenziamento del cariotipo di varie specie di Selaci del Tirreno, sulla quantità del loro DNA nucleare e sulla distribuzione dell'eterocromatina lungo il cromosoma mediante bandeggio. Viene qui presentata una discussione dei dati finora raccolti e una loro interpretazione in chiave sistematico-evolutiva.

CROMOSOMI

I cariotipi descritti finora appartengono ai superordini Batoidea, Galeomorphii e Squalomorphii e, eccetto quelli di 7 specie studiati da Nygren *et al.* (1971) e da Donahue (1974), sono tutti stati studiati nel corso delle nostre ricerche (cf: Stingo, 1979).

Dall'insieme dei dati finora disponibili emerge che la maggior parte delle specie esaminate posseggono cariotipi costituiti da un elevato numero cromosomico ($2n = 50-100$), con elementi prevalentemente acrocentrici o di piccolissime dimensioni (microcromosomi); queste caratteristiche del cariotipo sono molto più simili a quelle di più bassi Vertebrati (Ciclostomi, bassi Attinopterygi, come Condrostei ed Olostei) che a quelle dei Teleostei. Corredi cromosomici del tipo di quello descritto sono presenti tipicamente nei Rajiformes, l'ordine più generalizzato dei Batoidea, che annovera il maggior numero di specie descritte cariologicamente (Fig. 1). Nei Myliobatiformes, l'ordine più specializzato di questo superordine, le specie studiate mostrano cariotipi con numeri cromosomici relativamente bassi ($2n = 48-56$) e costituiti da elementi quasi tutti meta- o submetacentrici, con assenza di microcromosomi. Infine i Torpediniformes, un ordine la cui posizione sistematica è ancora dibattuta (Schaeffer, 1977; Compagno, 1977; Maisey, 1984), presentano specie con caratteristiche cariologiche intermedie tra i due cariotipi sopra descritti.

Considerando questi risultati, si può avanzare l'ipotesi che nei Selaci, o almeno nei Batoidea, l'evoluzione cariologica si sia realizzata mediante riduzione del numero cromosomico attraverso fenomeni di

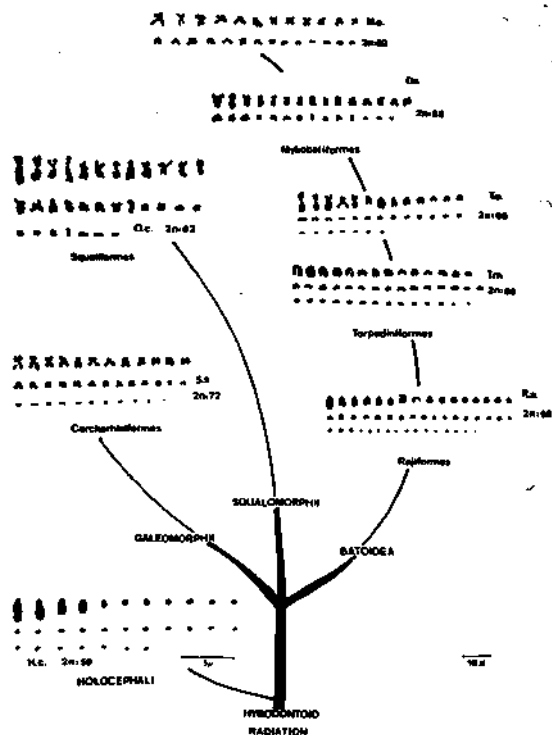


Fig. 1 - Cariotipi aploidi rappresentativi dei principali gruppi di Condroitti. H.c.: *Hydrolagus colliei*; S.s.: *Scyliorhinus stellaris*; O.c.: *Oxinotus centrina*; R.a.: *Raja asterias*; T.m.: *Torpedo marmorata*; T.o.: *Torpedo ocellata*; D.V.: *Dasyatis violacea*; M.a.: *Myliobatis aquila*.

fusione e perdita di microcromosomi, un trend molto simile a quello descritto nel Teleostei e negli Anfibi.

DNA

Le conoscenze sulle dimensioni genomiche dei Selaci si riferiscono a un più vasto campionamento di specie, appartenenti a tutti i super-ordini. Delle 73 specie di Selaci di cui è nota la quantità del DNA cellulare, 53 sono state studiate nel nostro laboratorio, attraverso indagini istofotometriche su strisci di sangue trattati con la reazione di Feulgen.

L'istogramma della Fig. 2 mostra la distribuzione dei valori trovati in tutte le specie finora studiate: in esso si nota l'ampio ambito

di variabilità (3-34 pg/N) e la maggiore frequenza di valori intorno a 8 e 14 pg. Rispetto ai Teleostei, i Selaci posseggono quantità di DNA 4-5 volte più grandi e la loro variabilità interspecifica è tra le più ampie nei Vertebrati, essendo paragonabile solo a quella degli Anuri (escludendo gli Urodeli e i Dipnoi, che hanno quantità eccezionalmente elevate (30-200 pg)).

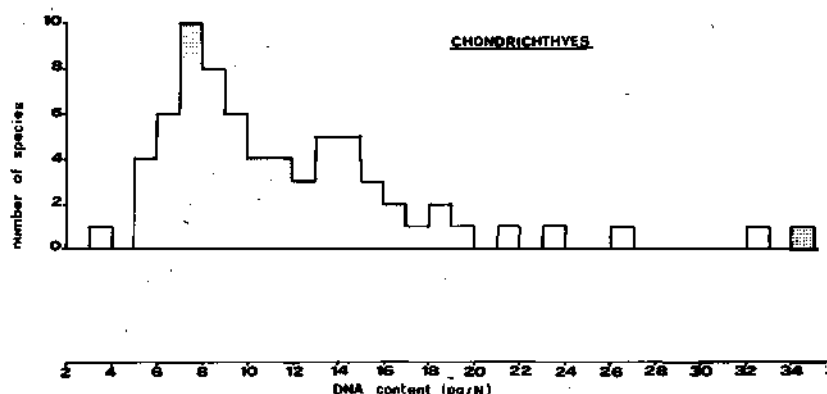


Fig. 2 - Distribuzione delle quantità di DNA nelle specie di Condrotti finora studiate. Ascissa: valori di DNA espressi in pg/N e suddivisi in classi di frequenza di 1 pg; ordinata: numero di specie per ciascuna classe di frequenza. Gli spazi punteggiati indicano le specie studiate in questo lavoro.

Analizzando i diagrammi di frequenza relativi ai 4 superordini (Fig. 3), si può osservare che, mentre la maggior parte dei Batoidea hanno valori piuttosto omogenei, fra 5 e 13 pg, i Galeomorphii mostrano un diagramma bimodale, in cui Carcharhinidae e Triakidae hanno valori che si distribuiscono rispettivamente intorno a 5 e 10 pg, mentre gli Scyliorhinidae posseggono quantità più elevate, intorno a 14 pg. Gli Squalomorphii mostrano un'ampia variabilità interspecifica a livello intrafamiliare con valori da 13 a 34 pg, il valore massimo finora trovato nei Condrotti. Gli Squatinomorphii, infine, presentano solo 2 specie a contenuto in DNA noto, il cui valore si aggira intorno a 20 pg/N.

Correlando le dimensioni genomiche delle specie studiate con il loro grado di specializzazione, si può osservare un rapporto diretto tra questi due parametri: infatti, Rajidae e Carcharhinidae, che sono ritenute le famiglie più generalizzate nei loro rispettivi superordini (Compagno, 1973), posseggono le più basse quantità di DNA nei loro gruppi, mentre le altre famiglie più specializzate mostrano valori significativamente superiori. All'interno degli Squalomorphii, gli Squalidae sembrano aver avuto un'evoluzione genomica peculiare, che li

ha portati ad acquisire grandi quantità di DNA in misura diversa nelle varie specie.

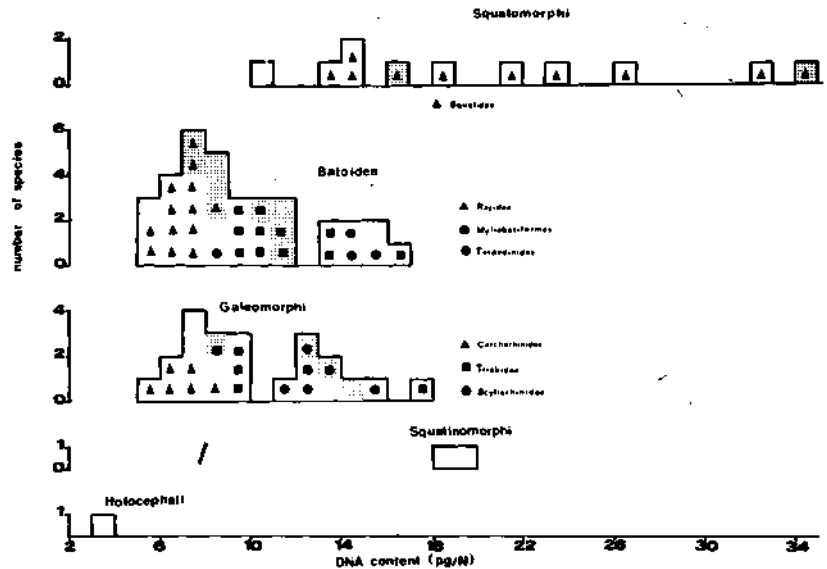


Fig. 3 - Istogrammi dei 4 superordini della sottoclasse Elasmobranchii; nella sottoclasse Olocephali è stata studiata una sola specie. Altri parametri come in Fig. 2.

E' verosimile pensare a un significato adattativo di queste variazioni quantitative, in relazione all'eterogeneità dell'habitat degli squali rispetto alla relativa omogeneità dei valori trovati negli altri due superordini, di cui molte specie vivono in ambienti più stabili.

BANDING PATTERN

Le tecniche di bandeggiamento applicate ai cromosomi dei Selaci ci hanno recentemente consentito di localizzare sul cariotipo di due torpedini e di uno sciliorino caratteristici patterns di distribuzione dell'eterocromatina. Ciò rappresenta la prima evidenza di bande C nei pesci cartilaginei. In *Torpedo marmorata* il c-banding è positivo a livello telomerico, centromerico e interstiziale di gran parte dei cromosomi (Fig. 4b). *T. ocellata* mostra molta parte del cariotipo (poco meno del 50%) marcata positivamente; l'eterocromatina è distribuita soprattutto ai telomeri o lungo i bracci cromosomici in maniera ininterrotta e quasi mai è localizzata al centromero (Fig. 4a).

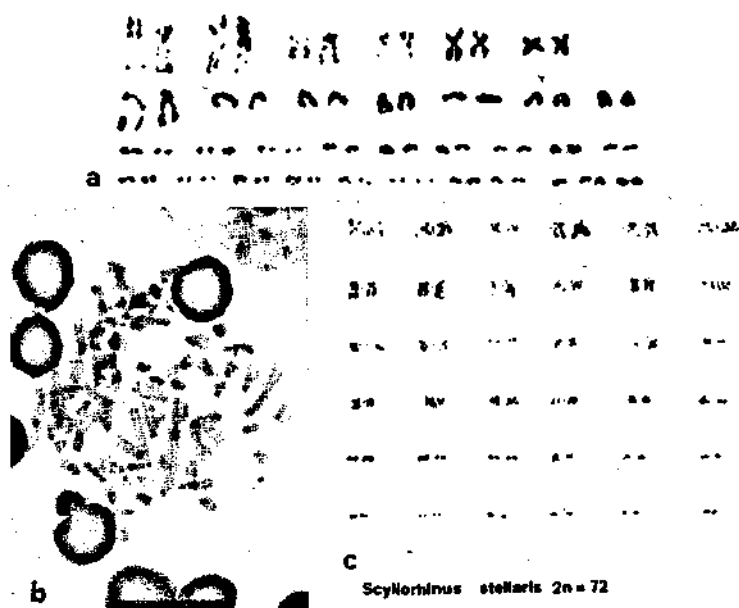


Fig. 4 - C-banding nei cromosomi di *T. ocellata* (a), *T. marmorata* (b) e *S. stellaris* (c).

Infine in *S. stellaris* l'eterocromatina è presente in misura più ridotta e si trovano quasi esclusivamente bande telomeriche (Fig. 4c).

Questi risultati iniziali necessitano di essere arricchiti da un più vasto campionamento, sia per sfruttare la possibilità che offre il bandeggiamento cromosomico di discriminare tra cariotipi apparentemente simili tra loro, sia per dare una corretta interpretazione del significato di questo particolare modello di c-banding in cui l'eterocromatina sembra localizzarsi preferenzialmente ai telomeri piuttosto che a livello centromerico, come più spesso si verifica in altri organismi.

Concludendo, le evidenze citogenetiche finora disponibili sui Sela-ci sono ancora scarse e frammentarie e consentono solo di intravedere le linee di evoluzione cariologica seguite da questi antichi organismi. Tuttavia esse sono molto stimolanti ed è auspicabile che in futuro un maggior numero di ricercatori si rivolga a questo campo di studio.

RIASSUNTO

Sono esaminati i risultati delle nostre ricerche sul cariotipo e la quantità del DNA in varie specie di Selaci. Sono inoltre presentate le prime evidenze di bandeggio cromosomico in 3 specie (2 Batoidei e 1 Galeomorfo).

SUMMARY

The study of genomic characteristics in cartilaginous fishes is of particular interest because of the key position this class holds in the phylogenesis of Vertebrates.

The data so far collected, still scanty considering that there are about 800 living species, are karyotypes of 20 species, DNA per cell amounts of about 80 species and chromosome banding of 3 species.

From a karyological standpoint selachians have high chromosome number ($2n = 50-100$) which decrease in more specialized species through a loss of acrocentric and microchromosomes.

Regarding the quantitative variations in the selachian genome, DNA amounts range from 3 to 34 pg/N; Batoidea and Galeomorphii have rather homogeneous genome sized around 10 pg/N, whereas Squalomorphii show a large interspecific variability (13-34 pg) which is also seen at the intrafamilial level; in the various superorders DNA amounts increase from generalized forms to specialized ones.

Finally, research in progress on the chromosome banding in 3 selachian species shows clear C-bands at telomeric level: some hypotheses are advanced in this respect.

BIBLIOGRAFIA

- COMPAGNO L.G.V., 1973 - Interrelationships of living Elasmobranchs. In: Interrelationships of fishes, Greenwood P.H., Miles R.S. and Patterson C. eds., Academic Press, New York, 15-61.
- COMPAGNO L.G.V., 1977 - Phyletic relationships of living sharks and rays. Am. Zool., 17, 303-322.
- DONAHUE W.H., 1974 - A karyotypic study of three species of Rajiformes (Chondrichthyes, Pisces). Can. J. Genet. Cytol., 16, 203-211.
- MAISEY J.C., 1984 - Chondrichthyan phylogeny: a look at evidence. J. Vert. Pal., 4, 359-371.
- NYGREN A., NILSSON B. and JAHNKE M., 1971 - Cytological study in Hypotremata and Pleurotremata (Pisces). Hereditas, 67, 275-282.
- SCHAEFFER B. and WILLIAMS M., 1977 - Relationships of fossil and living Elasmobranchs. Am. Zool., 17, 293-302.
- STINGO V., 1979 - New developments in Vertebrate cytotaxonomy. II. The chromosomes of the cartilaginous fishes. Genetica, 50, 227-239.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	203-208	1985

STUDIO PRELIMINARE SULL'ACCRESIMENTO DELLO SPINAROLO BRUNO, Squalus fernandinus (NON Molina), IN MEDITERRANEO

0. Giovanardi

Laboratorio di Biologia Marina e Pesca, Fano

INTRODUZIONE

Le conoscenze sull'accrescimento dei Selaci sono alquanto scarse non potendosi utilizzare per questo gruppo di Pesci quelle parti dure, come otoliti e scaglie cicloidi o ctenoidi, comunemente usate nel caso dei Teleostei. Un metodo alternativo, più o meno di routine, per la determinazione dell'età considera l'analisi degli anelli delle vertebre evidenziabili con diverse tecniche che prevedono ad esempio l'uso del nitrato d'argento e l'analisi ai raggi X. Con questo metodo è stato studiato l'accrescimento di alcuni Selaci fra cui Prionace glauca, Alopias vulpinus, Isurus oxyrinchus, Carcharinus plumbeus, ecc. delle acque californiane e del Nord-Ovest Atlantico (Cailliet et al., 1983, ecc.).

Altri metodi per la determinazione dell'età sono i seguenti:

- la marcatura, che presenta però numerosi problemi ed è di scarsa utilità per lo studio dell'accrescimento;
- l'analisi della distribuzione delle frequenze di lunghezza in presenza di un campionamento significativo della popolazione.

Alcune tecniche possono essere di supporto o conferma dei metodi precedenti:

- lo studio degli stadi riproduttivi femminili con il metodo di Bonham et al. (1949) o con il metodo delle classi annuali (in Ketchen, 1975);
- lo studio delle distribuzioni delle frequenze di lunghezza degli pterigopodi secondo il metodo descritto da Yokota (1951);
- l'accumulo nei tessuti di sostanze quali il mercurio come indicatore dell'età.

Esiste però almeno una famiglia di Selaci (Squalidae) caratterizzata da una spina dura ed acuminata inserita anteriormente alle due pinne dorsali. Holden & Meadows (1962) approfondirono alcuni aspetti strutturali e biometrici di queste parti dure. Fondamentalmente la parte esterna delle spine è costituita da uno strato duro e lucido di smalto che copre un sottile strato di pigmento; da tre strati di dentina, da una cavità centrale con polpa e da un bastoncino cartilagineo in prossimità della loro inserzione. Lo strato più interno di dentina è formato da una serie di coni concentrici depositati da odontoblasti che formano uno strato che ricopre la cavità con la polpa. In questo modo i coni formati più di recente sono visibili come anelli interni nella sezione trasversale della spina e come anelli verso la base della stessa spina in sezione longitudinale. Tale "dente", che cresce continuamente e si consuma progressivamente nella parte distale più vecchia, presenta una struttura simile agli incisivi

dei conigli. Holden & Meadows (1962) in particolare hanno descritto i vari tipi di anelli: anelli di nascita, anelli annuali, anelli doppi in prossimità della base ed all'estremità, anelli falsi e anelli della riproduzione. Si è appurato che lo smalto ed il pigmento sono depositati ad una velocità costante alla base esterna delle spine mentre la dentina dello strato più interno varia la sua velocità di deposizione, originando periodicamente le creste o sbalzi di smalto e gli anelli di pigmento.

Le strisce scure che si notano sulla parte esterna delle spine mostrano "patterns" variabili. Vari autori, fra cui Kaganovskaia (1933) e Aasen (1961) (in Holden & Meadows, 1962), Bonham et al. (1949), Holden & Meadows (1962), Ketchen (1975), hanno studiato l'accrescimento degli spinaroli usando questi anelli. Gli ultimi tre in particolare hanno convalidato l'annualità delle strisce.

Esiste una certa confusione sull'identificazione specifica dello spinarolo bruno anche in Mediterraneo. Secondo la maggioranza degli autori esisterebbe una sola specie di spinarolo bruno in Mediterraneo: Squalus blainvillei (Risso, 1826), che sarebbe sinonimo di S. fernandinus (non Molina) (Bigelow, Schroeder & Springer, 1953, in Tortonese, 1956), Tortonese (1956), Bini (1968), Quignard (1971), Clofnam (1973), Compagno (1984). Altri autori considerano l'esistenza di due specie portatrici di caratteri morfologici e biometrici distinti che ne permettono il riconoscimento. Secondo Blache (1970 in Quignard, 1971) lo S. fernandinus avrebbe la prima spina dorsale più corta del blainvillei, mentre secondo Kondyurin (1980) esisterebbero ben 19 differenze morfometriche significative fra i maschi e 16 fra le femmine delle due "specie" nelle acque del Sud-Est Atlantico.

Fisher et al. (1981), relativamente all'Atlantico centro orientale, analizzano altri aspetti morfologici del capo, dei denti e delle cuspidi della pelle di S. blainvillei e riportano anche le segnalazioni della forma fernandinus che avrebbe la prima spina dorsale più corta della prima pinna dorsale. Senza addentrarci ulteriormente nel problema sistematico, che non rientra nello scopo di questo lavoro, gli esemplari da noi studiati possono considerarsi per molti autori come S. blainvillei; non sarebbero tali secondo le chiavi di Fisher et al. (1981) e Compagno (1984) mentre secondo Blache (1970) e Kondyurin (1980) si tratterebbe della specie S. fernandinus. Pertanto abbiamo ritenuto opportuno denominare gli esemplari come S. fernandinus senza voler attribuire validità sistematica ma solo precisare che, se si tratta di specie, varietà o altro diverse, gli esemplari da noi studiati corrispondono alla "forma" fernandinus. La specie fernandinus non è attribuibile a Molina in quanto questo autore in realtà si riferiva ad una specie "corpore tereti ocellato" (acanthias?).

E' interessante notare che mentre in medio Adriatico lo spinarolo bruno sostituisce gradualmente lo spinarolo (S. acanthias) dell'alto Adriatico, nel Mediterraneo egiziano non è stato ritrovato alcun esemplare di acanthias: tutti gli spinaroli pescati fra i 50 ed i 700 m di profondità in corrispondenza del delta del Nilo erano spinaroli bruni.

MATERIALI E METODI

Nel 1983 il Laboratorio di Biologia Marina e Pesca di Fano ha effettuato due campagne di pesca nelle acque del Mediterraneo egiziano utilizzando, fra le altre, imbarcazioni della marineria di Mazara del Vallo attrezzate con tartana per la pesca a strascico. Gli spinarelli raccolti sono stati misurati al centimetro inferiore direttamente a bordo mentre un subcampione è stato conservato, previo congelamento, per la successiva analisi in laboratorio. Tale analisi è consistita nella registrazione del peso, lunghezza, contenuto stomacale, maturità sessuale, misure biometriche e prelievo delle spine. Sono state esaminate le spine di 281 esemplari da due persone diverse per la determinazione dell'età.

Mentre Ketchen (1975) non segue un preciso criterio per la stima dell'età e considera ogni anello come l'espressione di una crescita annuale Holden & Meadows (1962) assumono un modello di crescita regolare sul tipo di quello classico dei Teleostei interpretando ogni anello. Ketchen (1975) considera un pregiudizio quest'ultima assunzione che può forzare la lettura degli anelli a seguire un certo modello che la variabilità dei "patterns" delle strisce sulle spine non sempre rispetta in modo chiaro. Noi abbiamo seguito una strada intermedia fra i due approcci, lasciando giudicare comunque al lettore di spine (uno di essi l'autore) il significato dei vari anelli. Il problema delle spine consumate non è stato affrontato come ha fatto Ketchen (1975), che le ha utilizzate per evitare probabili sottostime di età, ma nel nostro caso sono state scartate le spine rotte o consumate. Quando possibile sono state confrontate la spina posteriore, generalmente più leggibile, con quella anteriore più diritta, corta e massiccia. Per quanto riguarda il problema dell'accettazione delle due letture indipendenti delle spine sono stati usati i criteri descritti da Holden & Meadows (1962), ottenendo anche in questo caso un numero contenuto di scarti.

La crescita è stata descritta secondo il modello generalizzato di von Bertalanffy (Pauly, 1984). I parametri della crescita sono stati calcolati applicando il programma FB3 di Pauly su microcalcolatore HP 41 CV. Questo programma richiede un valore di $L(\infty)$ che nel caso dello spinarolo è facile da individuare. Infatti sia il nostro campionamento, effettuato in Egitto su una popolazione vergine ed in medio Adriatico, sia i campionamenti effettuati in acque tunisine da Quignard (1971) hanno dato valori di lunghezza massima simili. Da tale misura si è determinato $L(\infty)$.

Le distribuzioni di frequenze per taglia sono state analizzate usando il metodo di Bhattacharya (1967).

RISULTATI E DISCUSSIONE

la formula generalizzata di von Bertalanffy:

$$L_t = L(\infty) (1 - e^{-K(D(t-t_0))})^{1/D}$$

prevede la determinazione del parametro "D". Nel caso di organismi di

grasse dimensioni il valore di questo parametro è inferiore all'unità ed in questo caso specifico usando l'equazione empirica di Pauly abbiamo D (maschi) = .61 e D (femmine) = .58.

Sono risultati i seguenti parametri della crescita:

	r^2	L (cm)	K	t_0 (anni)	
M)	.943	83	.199	-5.55	(0-7 anni)
F)	.971	101	.216	-4.20	(0-9 anni)

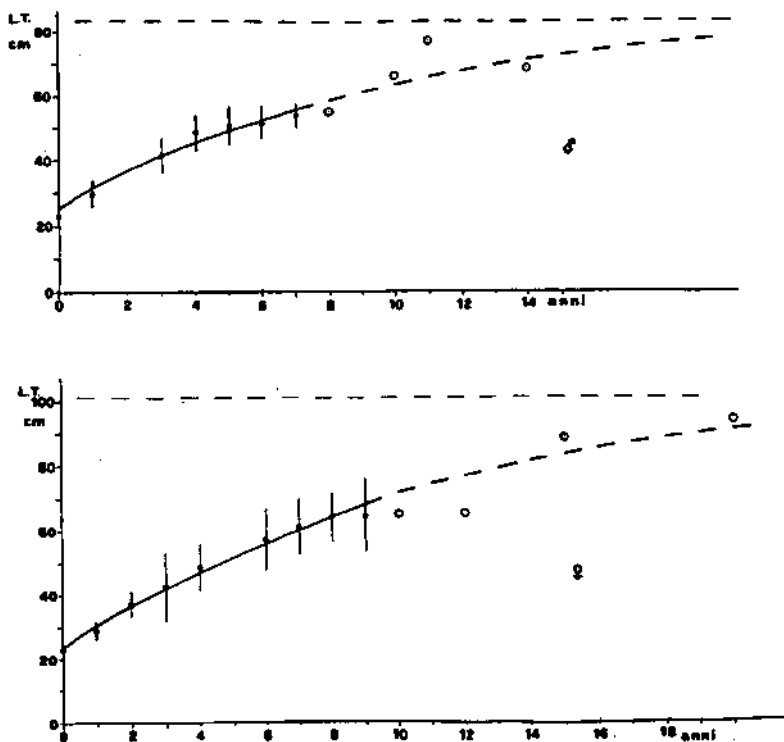


Fig. 1 - Curve teoriche di accrescimento dello spinarolo bruno; sono riportati i punti sperimentali e le relative deviazioni standard.

In figura è rappresentato l'andamento della curva di crescita teorica separata per sessi e sono riportati i dati sperimentali ottenuti. Da notare i punti relativi agli esemplari più vecchi che seguono

abbastanza bene le curve teoriche calcolate sui dati relativi agli esemplari più giovani: tali punti non erano stati usati nel calcolo dei parametri dell'accrescimento nel timore che sottostimassero la età reale, considerando anche il loro numero esiguo.

La distribuzione per taglia e per sesso delle campagne in Egitto, analizzate e scomposte nelle loro normali, hanno confermato in buona parte le determinazioni effettuate sulle spine. La scarsità di esemplari al di sotto di 45 cm di lunghezza nelle catture, come notato anche da Ketchen (1975), e la scarsità di esemplari di grosse dimensioni rendono incomplete le informazioni derivanti da questo metodo che rimane un buon mezzo di confronto e conferma.

L'analisi dell'apparato riproduttivo di questo Selaco viviparo aplacentato ha permesso di determinare la taglia ed età di prima maturità sessuale. Questo pesce riproduce tutto l'anno con un massimo in inverno e la durata della gestazione non è ancora chiara: 9 mesi secondo Ranzi (1932), intorno ai 24 mesi secondo altri autori. La taglia minima degli esemplari maschi sessualmente maturi è stata di 47 cm di lunghezza mentre la femmina più piccola in gestazione misurava 54 cm; oltre i 63 cm di lunghezza tutte le femmine sono portatrici di embrioni di avanzato sviluppo. In termini di età possiamo affermare che i maschi maturano dal quarto anno di vita mentre le femmine dal settimo anno circa.

Da questi dati risulta chiara la strategia evolutiva adottata dagli spinaroli bruni, che si manifesta con longevità, maturità sessuale in età relativamente avanzata, lunga gestazione, bassa fecondità (2-7 embrioni per stagione riproduttiva). Considerando anche le altre caratteristiche biologiche (morfologia, dimensioni, alimentazione, ecc.) appare evidente l'estrema sensibilità di questi pesci al prelievo dovuto alla pesca, specialmente a strascico e con Palangresi, che non risparmia alcuna fase di vita di questa specie commercialmente apprezzata.

RIASSUNTO

Leggendo le spine di spinaroli bruni catturati in acque del Mediterraneo egiziano e nel medio Adriatico si è determinato in forma preliminare l'accrescimento di questo squalide. Le curve teoriche del modello generalizzato di von Bertalanffy sono risultate:

$$M) \quad L_t = 83(1 - e^{-0.199 \cdot 61(t+5.55)})^{1/0.61}$$

L in cm; t in anni

$$F) \quad L_t = 101(1 - e^{-0.216 \cdot 58(t+4.20)})^{1/0.58}$$

La maturità sessuale si avrebbe in media al 4° e al 7° anno di vita rispettivamente per i maschi e le femmine.

SUMMARY

By reading spines of longnose spurdogs caught in mediterranean waters of Egypt and in middle Adriatic a preliminary age and growth study of this species is described. The generalized VBGF resulted the following:

$$M) \quad L_t = 83(1 - e^{-.199 \cdot .61(t + 5.55)})^{1/.61}$$

L in cm; t in years

$$F) \quad L_t = 101(1 - e^{-.216 \cdot .58(t + 4.20)})^{1/.58}$$

Males and females on the average take 4 and 7 years, respectively, to reach sexual maturity.

BIBLIOGRAFIA

- BHATTACHARYA C. G., 1967 - A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. Biometrics, 115-135.
- BINI G., 1968 - Atlante dei Pesci delle coste italiane. Mondo Sommerso.
- GAILLET et al., 1983 - Preliminary studies on the age and growth of blue Prionace glauca, common thresher, Alopias vulpinus and shortfin mako, Isurus oxyrinchus sharks from California waters. Proc. Intern. Workshop Age Determ. Ocean, Pelag. Fishes, N.O.A.A.
- CLOFNAM, 1973 - Hureau J. C. & Th. Monod (eds) UNESCO, Paris.
- COMPAGNO L. J. V., 1984 - Sharks of the world. Part I FAO Fish Synop. (125), 4, 249 pp.
- FISHER W. et al. (eds), 1981 - Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Atlantique centre-est; zone de pêche 34, 37 (en partie). Vol. 1-7, pag. var.
- HOLDEN & MEADOWS, 1962 - The structure of the spine of the spur dogfish (S. acanthias L.) and its use for age determination. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 42, 179-197.
- ISHIYAMA, 1951 - On the age determination of Japanese black-skate Raja fusca. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 16, n. 12, 112-118.
- KETCHEN K. S., 1975 - Age and growth of dogfish S. acanthias in British Columbia waters. J. Fish Res. Board Can., 32, 43-59.
- KONDYURIN V. V. & N. A. MYAGKOV, 1980 - Morphological characteristics of two species of spiny dogfish, S. acanthias and S. fernandinus from the southeastern Atlantic. J. Ichthyol., 41-51.
- PAULY D., 1984 - Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM Stud. & Rev., 8.
- QUIGNARD J. P., 1971 - Recherches sur la biologie de S. blainvillei (Risso 1826). Trav. Lab. Biol. Halieut., Univ. Rennes, 5, 125-141.
- RANZI S., 1932 - Le basi fisio-morfologiche dello sviluppo embrionale dei Selaci. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, I, XII.
- TORTONESE E., 1956 - Fauna d'Italia. Leptocardia, Ciclostomata, Sela-
chii. Ed. Calderini, Bologna.
- YOKOTA, 1951 - Studies on the stocks of sharks and rays. I - A method of age estimation. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 17, 321-325.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	209-215	1985

COMPORTAMENTO ALIMENTARE DI Raja asterias E Torpedo torpedo CATTURATE A SUD DELLA FOCE DEL TEVERE

R. Minervini, E. Rambaldi

CO.I.P.A., Cooperativa Idrobiologia Pesca e Acquacoltura, Via Nemea, 7
00194, Roma

INTRODUZIONE

Nell'ambito dello studio finanziato dalla M.M. e coordinato dal C.N.R. sui "Presupposti Bio-Ecologici e Tecnici per una nuova regolamentazione della pesca a strascico entro le tre miglia dalla costa, a Sud della foce del Tevere", abbiamo voluto prendere in esame il comportamento alimentare di due specie di Raiformi, Raja asterias e Torpedo torpedo.

In letteratura troviamo un'ampia documentazione quasi esclusivamente sulla sistematica, anatomia e fisiologia delle suddette specie, mentre risultano scarse e frammentarie le notizie sul loro comportamento trofico, parametro importante per una migliore comprensione della loro biologia.

I campionamenti sono stati effettuati nel periodo compreso tra gennaio '82 e marzo '83 e per tale scopo è stato utilizzato un motopeschereccio, armato a strascico, avente una stazza di 70 t, lunghezza di 26 m e potenza del motore di 430 C.V.

MATERIALI E METODI

Le pesche, diurne e con frequenza mensile, venivano effettuate parallelamente alla costa e su stazioni prestabilite (Fig. 1) alla distanza di 1 miglio (Staz. A con batimetrica di 12-15 m), 2 miglia (Staz. B con batimetrica di 18-25 m), 3 miglia (Staz. C con batimetrica di 30-35 m) e 4 miglia (Staz. D con batimetrica di 40-50 m).

Nel complesso abbiamo effettuato 13 uscite (a causa delle avverse condizioni metereologiche non si sono potute effettuare le uscite di novembre '82 e febbraio '83) ed inoltre sono state effettuate 4 uscite stagionali notturne per studiare i ritmi nictemerali di alcune specie oggetto dello studio.

Dagli esemplari pescati sono stati prelevati e fissati in alcool all'80%, direttamente in barca, i contenuti stomacali. I soggetti così eviscerati venivano poi contrassegnati per i successivi rilevamenti biometrici effettuati in laboratorio.

Nell'analisi dei contenuti ci si è limitati ai contenuti stomacali in quanto ciò che perveniva alla valvola a spirale risultava non più diagnosticabile.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata seguendo metodiche già utilizzate da altri autori (Froglia, 1976; Focardi et al., 1980; Hyslop, 1980; Ezzat-El Seraffy, 1977) i cui parametri vengono qui di

seguito riportati:

Coefficiente di vacuità:

$$Cv\% = \frac{\text{Numero stomaci vuoti}}{\text{Numero stomaci esaminati}} \times 100$$

Numero di prede ritrovate per stomaco:

$$N = \frac{\text{Numero di prede ritrovate}}{\text{Numero stomaci non vuoti}}$$

Indice di alimentazione:

$$Fi\% = \frac{\text{Peso contenuto stomacale}}{\text{Peso totale dell'animale}} \times 100$$

Frequenza:

$$f\% = \frac{\text{Numero stomaci con una data dieta}}{\text{Numero stomaci non vuoti esaminati}} \times 100$$

Tali indici permettono di apprezzare in maniera immediata quali siano i principali costituenti nell'alimentazione di una specie ed inoltre ci danno delle informazioni sull'importanza in peso degli organismi predati rispetto ai predatori. In totale sono stati esaminati 124 esemplari di R. asterias e 72 esemplari di T. torpedo.

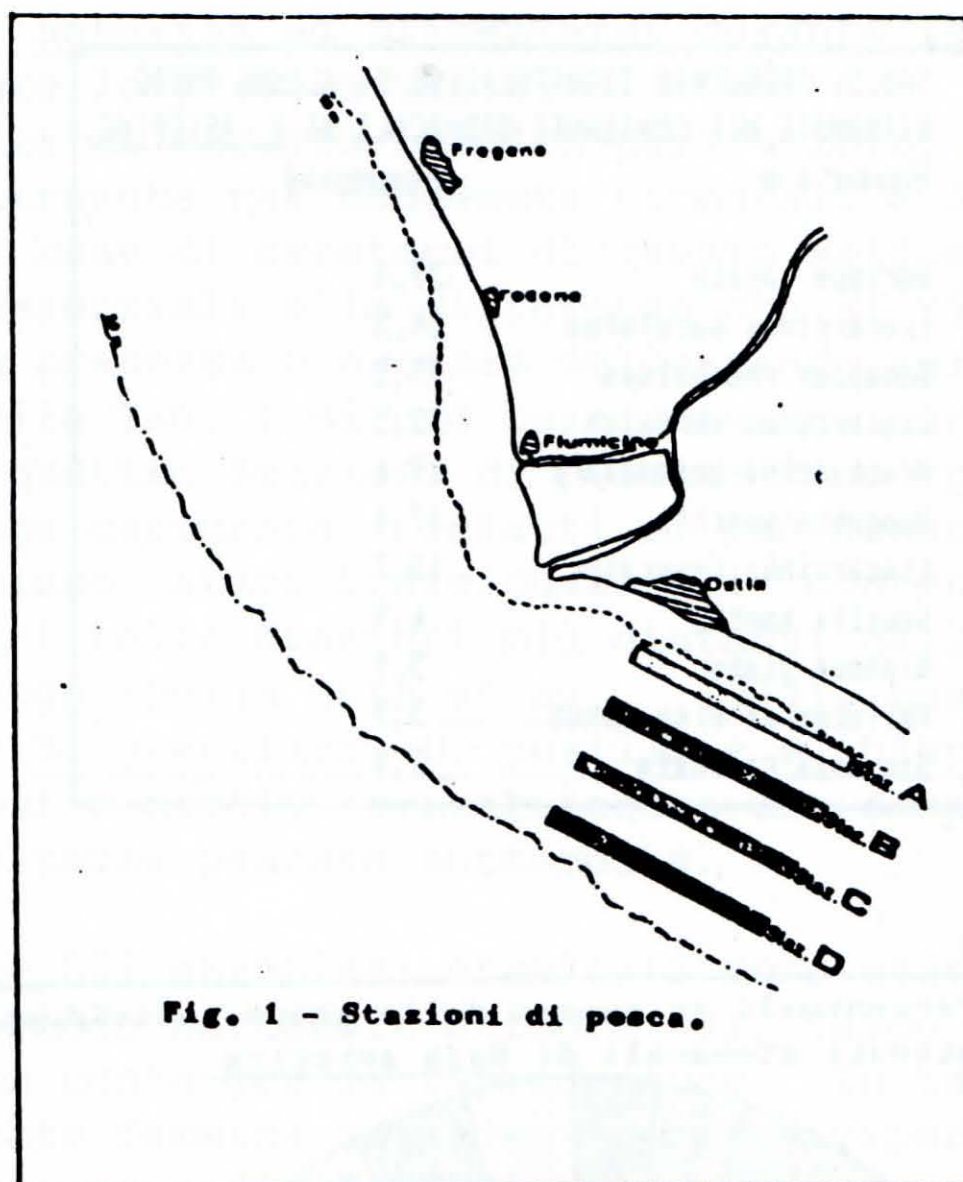
RISULTATI E DISCUSSIONE

Raja asterias - L'analisi qualitativa dei contenuti stomacali ha permesso di individuare 501 prede racchiuse in almeno 25 specie (talora non è stato possibile classificare le prede a livello di specie). Si è comunque riscontrato che le prede hanno generalmente abitudini bentoniche. L'elenco degli esemplari classificati è riportato in Tab. 1.

I Crostacei risultano essere le prede preferenziali, infatti essi rappresentano il 91.8% della dieta di questa razza. Fra questi L. maculatus contribuisce per il 26%, seguito da B. gemmellari (9.2%), U. pusilla (9.2%) e L. vernalis (8.8%), come si può osservare dalla Fig. 2.

La specie con frequenza più alta è D. lanata (Tab. 2) e ciò è dovuto ad una più uniforme distribuzione di questa specie nell'area da noi esaminata, essendo rinvenibile sia sui fondali a sabbia che su quelli misti e fangosi.

L'indice di alimentazione è risultato di 1.18, con una differenza del valore di quest'indice tra gli esemplari catturati di giorno



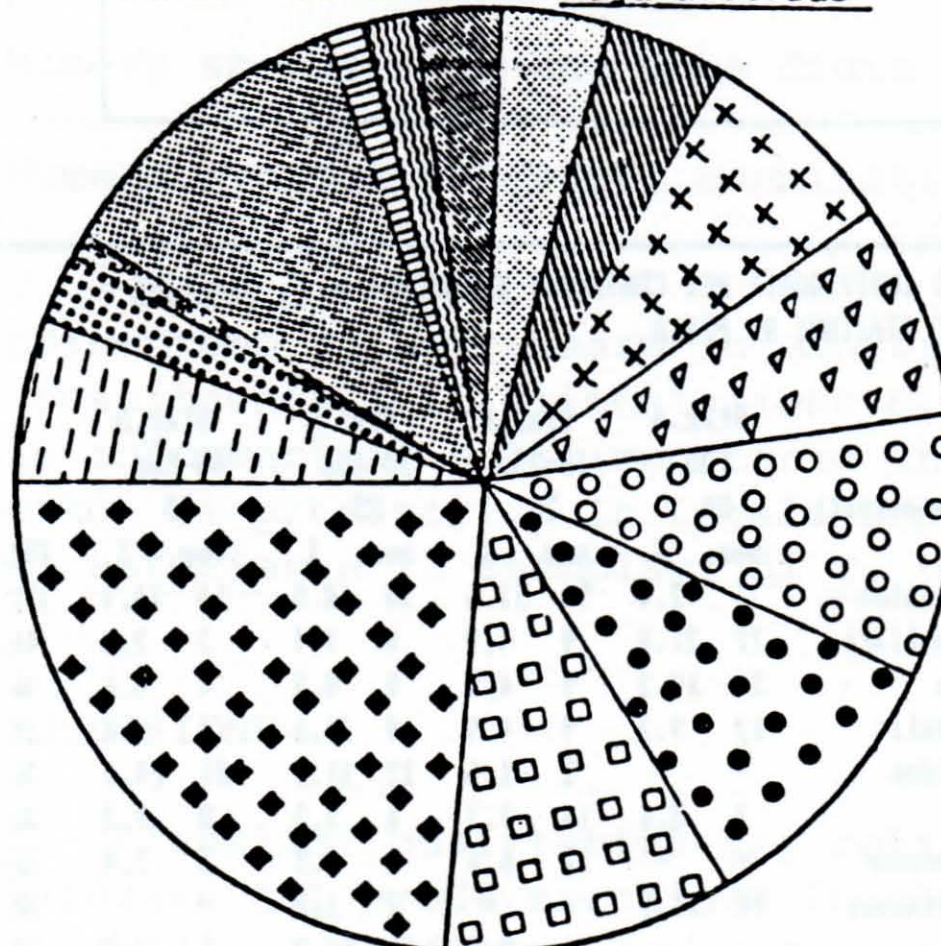
TAB.1: ESEMPLARI INDIVIDUATI NEI CONTENUTI STOMACALI DI R. ASTERIAS E SUDDIVISI PER LE STAZIONI DI PESCA.

	Staz.A		Staz.B		Staz.C		Staz.D		
Profondita'	12m		18-25m		30-35m		40-50m		
Num. esemplari esaminati	24		26		25		30		
	num.	%	num.	%	num.	%	num.	%	TOT.
<i>Liocarcinus maculatus</i>	3	2.4	94	51.6	20	18.5	14	16.1	131
<i>Brachinotus gemellari</i>	27	21.8	9	4.9	8	7.4	2	2.3	46
<i>Upogebia pusilla</i>	24	19.3	9	4.9	9	8.3	4	4.6	46
<i>Liocarcinus vernalis</i>	12	9.7	9	4.9	19	17.6	4	4.6	44
<i>Goneplax rhomboides</i>	-	-	3	1.6	12	11.1	21	24.1	36
<i>Borippe lanata</i>	7	5.6	14	7.7	6	5.5	8	9.2	35
<i>Liocarcinus depurator</i>	-	-	12	6.6	6	5.5	3	3.4	21
<i>Philocheras bispinosus</i>	18	14.5	-	-	2	1.8	-	-	20
<i>Squilla mantis</i>	-	-	1	0.5	11	10.2	3	3.4	15
<i>Processa nodica</i>	8	6.4	-	-	-	-	-	-	8
<i>Alpheus glaber</i>	-	-	1	0.5	1	0.9	5	5.7	7
<i>Sicyonia carinata</i>	1	0.8	3	1.6	-	-	-	-	4
<i>Galathea intermedia</i>	-	-	-	-	1	0.9	2	2.3	3
<i>Mannosquilloides occulta</i>	-	-	1	0.5	-	-	1	1.1	2
<i>Penaeus kerathurus</i>	1	0.8	-	-	-	-	1	1.1	2
<i>Pagurus alatus</i>	-	-	-	-	-	-	1	1.1	1
<i>Processa nouveli</i>	-	-	1	0.5	-	-	-	-	1
<i>Philocheras monacanthus</i>	-	-	-	-	-	-	1	1.1	1
Isopodi	1	0.8	4	2.2	-	-	-	-	5
Altri crostacei Decapodi	16	12.9	6	3.3	3	2.7	7	8.0	32
Pesci	6	4.8	5	2.7	8	7.4	9	10.3	28
Molluschi Bival. e Gast.	-	-	9	4.9	-	-	1	1.1	12
Molluschi Cefalopodi	-	-	-	-	2	1.8	-	-	2
Policheti	-	-	1	0.5	-	-	-	-	1
Totale	124		182		108		87		501

TAB.2: FREQUENZE SIGNIFICATIVE DI ALCUNE PREDE
RITROVATE NEI CONTENUTI STOMACALI DI R. ASTERIAS.

Specie	frequenza
Dorippe lanata	27,4
Liocarcinus maculatus	24,5
Goneplax rhomboides	23,5
Liocarcinus vernalis	22,5
Brachynotus gemmellari	19,6
Upogebia pusilla	17,6
Liocarcinus depurator	12,7
Squilla mantis	6,9
Alpheus glaber	5,9
Philocheras bispinosus	3,9
Sicyonia carinata	2,9

Fig.2 Percentuali in numero delle prede individuate
nei contenuti stomacali di Raja asterias



Specie	%
■ Liocarcinus maculatus	26.1
□ Brachynotus gemmellari	9.2
● Upogebia pusilla	9.2
○ Liocarcinus vernalis	8.8
△ Goneplax rhomboides	7.2
+ Dorippe lanata	7.0
⋈ Liocarcinus depurator	4.2
⊗ Philocheras bispinosus	4.0
⊞ Squilla mantis	3.0
⋈ Processa modica	1.6
⊞ Alpheus glaber	1.4
⊞ Altri crostacei Decapodi	9.2
⋈ Pesci	5.6
⋈ Molluschi	2.4
⋈ Policheti e Isopodi	1.1

(1.00) e quelli catturati di notte (0.59). Tali valori che meriterebbero un ulteriore e più approfondito studio, farebbero supporre una tendenza in Raja asterias ad alimentarsi durante le ore diurne catturando probabilmente le prede a vista.

Il coefficiente di vacuità risulta pari a 18.6, mentre il numero medio di prede ritrovate nei contenuti stomacali è di 4.8.

Nella dieta a base di crostacei di questo Raiforme non si evidenziano specie preferenziali e le differenze che si riscontrano sono una conseguenza della presenza o assenza delle prede sui diversi fondali. Infatti sempre dalla Tab. 1 si può osservare una corrispondenza tra le biocenosi delle quattro Stazioni di pesca e le componenti nella dieta delle razze in esse catturate. Infatti si può notare come A. glaber e G. rhomboides siano stati individuati nei contenuti stomacali di esemplari catturati nelle Stazioni più distanti dalla costa, a biocenosi miste e a fango (Della Seta et al., 1977), essendo queste specie fangofile, mentre B. gemellari, U. pusilla e P. bispinosus, più legati a fondali sabbiosi e misti, costituiscono una componente importante nella dieta delle razze pescate sottocosta.

Torpedo torpedo - Gli esemplari esaminati sono stati catturati prevalentemente nel periodo settembre-ottobre '82, tempo in cui la torpedine si spinge sotto costa per la riproduzione. In tale periodo infatti sono state pescate femmine gravide (specie vivipara) e giovani di piccole dimensioni (peso di 23-25 g).

Il Coefficiente di vacuità è risultato pari a 33.3, mentre il numero medio di prede ritrovate nei contenuti stomacali è stato di 1.15. Dall'analisi dei contenuti stomacali sono state evidenziate come prede unicamente pesci di cui i Gobidi sono rappresentati per il 26.6% e i Soleidi per il 13.3%.

Sono stati riscontrati pesci anche nei contenuti stomacali di esemplari molto giovani, dal peso compreso tra i 25 e 40 g. Questo dato -è in accordo con il lavoro di Michaelson-Sternberg (1979) in cui è stato dimostrato sperimentalmente per la Torpedo ocellata che nei giovani appena nati è già funzionante l'organo elettrico che, inizialmente, ha una potenza di 4 Volts, ma che nel giro di meno di un mese raggiunge già la potenza di 20 Volts. L'indice alimentare riscontrato è stato di 3.1.

Per questa specie si è riusciti ad identificare la preda a livello di genere e di specie solo in pochissimi casi a causa dell'avanzato stato di digestione dell'alimento osservato nei contenuti stomacali.

CONCLUSIONI

Da quanto fin qui esposto appare evidente come queste due specie di Raiformi, pur occupando lo stesso areale, si differenziano notevolmente per esigenze alimentari. Infatti T. torpedo si alimenta esclusivamente di pesci bentonici quali Gobidi e Soleidi, mentre R. asterias preda in prevalenza crostacei.

Tale comportamento evita una possibile competizione alimentare tra le due specie.

R. asterias, che nella zona da noi esaminata riveste una certa

importanza commerciale, agisce come trasformatrice di proteine inutilizzabili per l'uomo in proteine utilizzabili per quest'ultimo, al contrario di T. torpedo che si nutre esclusivamente di pesci di piccole dimensioni, che in qualche caso (Soleidi) possono essere di importanza commerciale. La presenza di questa specie nell'area esaminata è comunque tale da farci considerare trascurabile il "danno" da essa procurato nell'economia della pesca della zona, in particolare poi se confrontato con i ben più seri problemi di gestione che pone la pesca professionale.

Durante tutto l'arco dei campionamenti, abbiamo potuto rilevare come nelle stazioni sotto costa sia frequente la cattura di individui giovani e di adulti in fase riproduttiva. E' quindi evidente il "disturbo" che si produrrebbe, a seguito di eventuali deroghe alla pesca a strascico entro le tre miglia dalla costa, sulle popolazioni di queste specie di Raiformi.

RIASSUNTO

Vengono riferiti i risultati dello studio sul comportamento alimentare di due Raiformi, R. asterias e T. torpedo, catturate con reti a strascico a Sud della foce del Tevere. La ricerca ha evidenziato una spiccata differenza tra le diete di queste due specie. T. torpedo preda esclusivamente pesci bentonici, mentre R. asterias si alimenta principalmente di crostacei e solo occasionalmente di pesci e molluschi. Per ultimo viene sottolineato il danno prodotto dalla pesca a strascico costiera sui giovani di queste due specie di Raiformi.

SUMMARY

This work reports the results of a study on feeding behaviour of two Raiformies, Raya asterias and Torpedo torpedo, captured by trawl on South of the Tiber estuarine area. The research has shown a distinct difference between diets of the two species. In fact, while T. torpedo catches fishes only, R. asterias principally eats crustaceans and rarely fishes and molluscs. At last, this study under scores the damage caused by trawl on the shore to the young fishes of these two species of Raiformies.

BIBLIOGRAFIA

- DELLA SETA G., MINERVINI R., MUSSINO R., CASTAGNOLO L., FOCARDI S. E RENZONI A., 1977 - Primi risultati dello studio dei popolamenti bentonici dei fondali mobili dragabili alla foce del Tevere. Atti IX Congresso della Soc. It. Biol. Mar., Ischia, 215-227.
- EZZAT S.E., EL SERAFFY S.S., 1977 - Food of Anguilla anguilla in lake Manzalah, Egypt. Marine Biology, 41, 287-291.
- FOCARDI S., FALCIAI L., GAMBI M.C. e SPADINI V., 1980 - Analisi del contenuto gastrico di Mullus barbatus L. (Perciformes: Mullidae). Riv. Idrobiol., 19 (2), 235-247.

- FROGLIA C., 1976 - Osservazioni sull'alimentazione dei giovani di Triglia lucerna della classe di età 0 nel medio adriatico (Piscea, Triglidae). Arch. Oceanogr. Limnol., 18 (3), 365-373.
- HYSLOP E.J., 1980 - Stomach contents analysis a review of methods and their application. J. Fish. Biol., 17, 411-429.
- MELLINGER J., 1971 - Croissance et reproduction de la torpille (Torpedo marmorata) - Introduction, ecologie, croissance generale et dimorphisme sexuel, cycle, fecondité. Bull. Biol. Fr. Belg., 105, 165-218.
- MICHAELSON D.M., STENBERG D., 1979 - Observation of feeding, growth and electric discharge of newborn Torpedo ocellata (Chondrichthyes, Batoidei). J. Fish Biol., 15, 159-163.
- TORTONESE E., 1956 - Leptocardia - Ciclostomata e Selachii. Fauna d'Italia, X, 1-565.
- ZARIQUIEY A.R., 1968 - Crustaceos decapodos ibericos. Inv. Pesq., 32.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	217-222	1985

MERCURY, SELENIUM, CADMIUM, AND LEAD IN THREE SPECIES OF SELACHII FROM THE TYRRHENIAN SEA

R. Bargagli, S. Focardi, C. Fossi, C. Leonzio

Dipartimento di Biologia Ambientale, Università di Siena

INTRODUCTION

During the past decade a large amount of information concerning the heavy metal concentrations in Mediterranean organisms has been made available (Buffoni *et al.*, 1982; Leonzio *et al.*, 1981; and many others). Nevertheless, data on Selachii are very scarce and this fact seems serious, due to Mediterranean physiography and the long life and high trophic position of many selachian species.

Research on elasmobranchs from the Pacific and Indian Oceans revealed high concentrations of mercury in the muscular tissue of sharks (Taguchi *et al.*, 1979; Caputi *et al.*, 1979; Boush and Thieleke, 1983; Lyle, 1984). Since several Mediterranean elasmobranchs are edible and the mercury content of their flesh may exceed the levels accepted in many countries (0.7 mg/kg f.w. in Italy), this study was undertaken to evaluate the concentrations of this metal in three of the most widespread species in the Tyrrhenian Sea. Moreover a micro-nutrient element, selenium, which exerts an antagonistic effect on mercury toxicity in upper vertebrates (Koeman *et al.*, 1973; Sumino *et al.*, 1977) and two others toxic metals, cadmium and lead, were analysed.

MATERIALS AND METHODS

Fish were collected in four stations of the Tuscan Archipelago (Fig. 1). Tissue samples were stored frozen (-18 C) in sealed polythene containers. Before the analysis sub-samples were dried (105 C) to determine the water content. Samples were mineralized with nitric acid at 120 C for 6 h. Measurements were made by AAS, using the cold vapor stream system for mercury, the hydride generation followed by electrothermal atomization for selenium, the graphite furnace (Perkin-Elmer HGA-500) for cadmium and lead. The accuracy of analysis was checked by reference to the IAEA intercalibration sample MA-A-2 (fish flesh).

RESULTS AND DISCUSSION

Mercury concentration in the muscle of the samples are reported in Tab. 1. Specimens of *Scyliorhinus canicula* and *Galeus melastomus* collected on the continental shelf (Stations B and D) have a very high Hg content. This fact is probably attributable to the differences in length of the specimens as well as to different ecological condition

Tab. 1 - Trace elements (mg/kg d.w.) in tissues.

Species	tissue	n	length (cm)	Hg	Se	Cd	Pb
STATION A							
<u>S.canicula</u>	muscle	12	x 27.0	2.65	2.13	0.047	0.316
			SD 8.2	1.70	0.41	0.036	0.252
<u>S.canicula</u>	liver	12	x 27.0	0.66	3.22	0.461	0.345
			SD 8.2	0.24	0.72	0.194	0.078
<u>G.melastomus</u>	muscle	10	x 27.1	2.96	1.89	0.036	0.252
			SD 11.5	2.72	0.51	0.025	0.067
<u>G.melastomus</u>	liver	10	x 27.1	0.95	3.10	0.715	0.454
			SD 11.5	0.41	0.97	0.243	0.088
STATION B							
<u>S.canicula</u>	muscle	10	x 43.2	6.08	2.90	0.026	0.365
			SD 6.9	2.60	1.08	0.020	0.110
STATION C							
<u>S.canicula</u>	muscle	15	x 36.0	1.75	2.46	0.060	0.237
			SD 9.2	0.49	0.55	0.030	0.015
<u>M.asterias</u>	muscle	12	x 39.5	1.97	1.22	0.063	0.223
			SD 10.3	1.08	0.28	0.023	0.069
STATION D							
<u>S.canicula</u>	muscle	14	x 38.4	6.97	2.26	0.016	0.226
			SD 4.9	3.17	0.59	0.010	0.065
<u>G.melastomus</u>	muscle	8	x 43.6	8.02	0.98	0.014	0.264
			SD 8.7	3.48	0.31	0.010	0.094

(diet, growth rate, bioavailability of the metal). It is known that mercury uptake is size-dependent in natural and experimental populations of benthic organisms. In selachians the most statistically significant relationship between Hg concentration in the muscle vs. total length is represented by the power curve function $y=ax^b$ (where y is the concentration of Hg in the muscle, x is the total length, a is the slope, and b the exponent). This accumulation pattern has been previously described for some species of sharks (Lyle, 1984). S. canicula exhibits very sharp accumulation curve (Fig. 2). The lowest exponents belong to Station A and C, located in the deep waters of the continental slope. In G. melastomus the lowest Hg concentrations are recorded in the deepest stations. In M. asterias the concentration of Hg in the muscle increases exponentially with the specimen's length. This has been shown to hold even when only small juvenile specimens are analysed. Although the number of specimens in each station was not very large, the length-Hg relationship for males and females seems to correspond roughly.

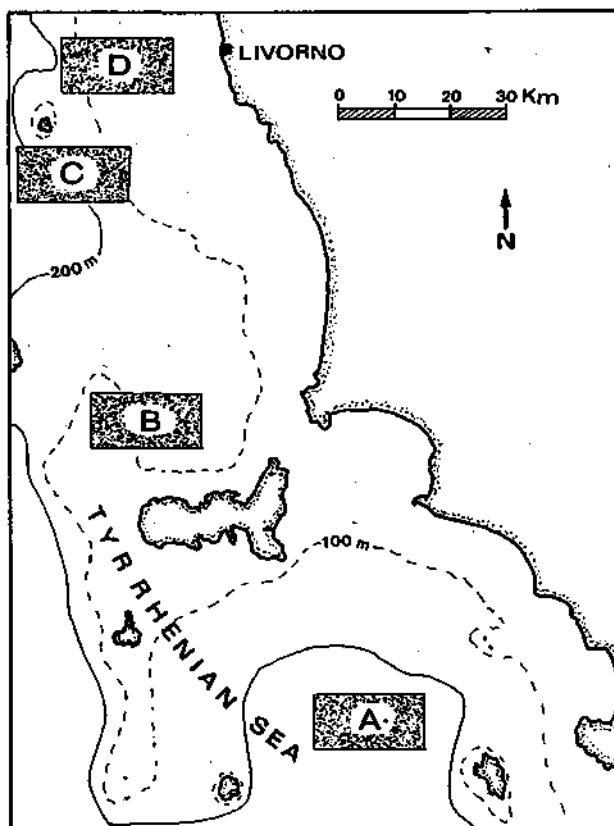


Fig. 1 - Sampling area.

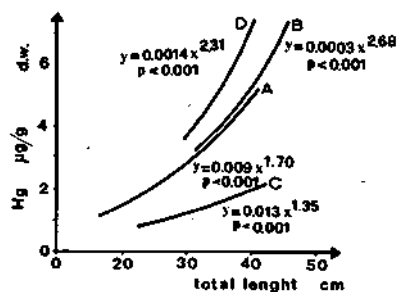


Fig. 2 - Relationship between Hg content in muscle versus total length in *S. canicula* from the 4 stations.

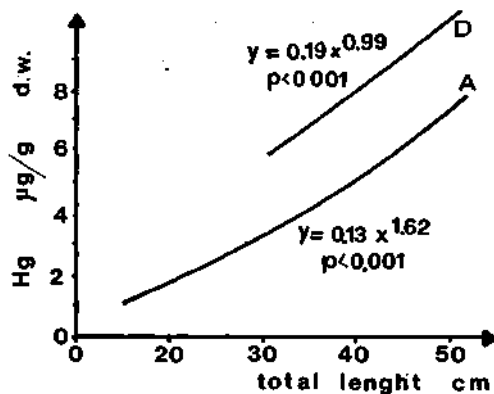


Fig. 3 - Relationship between Hg concentration in muscle vs. total length in G. melastomus collected in Stations A and D.

No relation exists between Se and Hg in Selachii muscle.

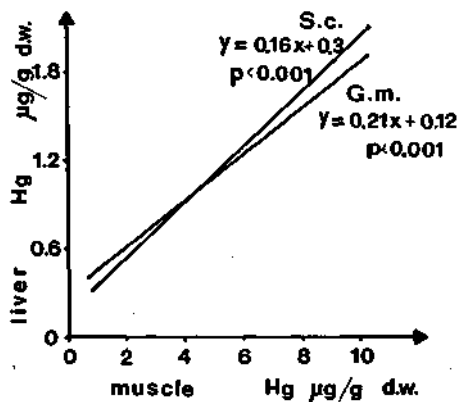


Fig. 4 - Relationship between Hg content in liver vs. muscle in S. canicula (S.c.) and G. melastomus (G.m.).

The Cd and Pb content in muscle is low and very constant; both metals seem to be regulated (as occurs in the upper vertebrates) and the muscle doesn't appear to be a suitable tissue for checking environmental contamination.

The liver, kidney and gills are more suitable organs for evaluating possible metal contamination (Müller and Prosi, 1978). In the speci-

mens analysed, the liver has higher Se, Cd and Pb concentrations than the muscle; these data are not in agreement with other papers (Schultz and Grear, 1976; Pentreath, 1976) where in Osteichthyes the Hg concentrations in liver are superior to those found in muscle. Data on the subject are lacking for selachians; in specimens of the same length Boush and Thieleke (1983) report higher Hg concentrations in muscle than in liver in the Tiger Shark *Galeocerdo cuvieri* and viceversa in the Shark *Carcharinus limbatus*. These results probably depend by the physiology of Selachii and by the large amount of lipids in their liver. Due to the scarce affinity of these organics for metals, our values like many of those reported in literature, are 'diluted' by lipids.

Anyhow, in the two species of Station A there is a statistically significant relation ($p < 0.001$) between the Hg content in the liver and in the muscle (Fig. 4). On the contrary the high Cd and Pb concentrations in liver are not correlated with those of the muscle. Probably in the liver the inorganic forms of these metals induce the synthesis of the metallothioneins which constitute the basis of detoxification (Viarengo, 1985). As fish-eating organisms assume Hg mainly in the organic form (Buffoni *et al.*, 1982) it is presumable that this compound does not undergo the above mentioned process and it subsequently accumulates in the muscle.

RIASSUNTO

Sono state effettuate analisi di Hg, Se, Cd e Pb nel muscolo e nel fegato di tre specie di Selaci provenienti dal Mar Tirreno (Arcipelago Toscano). Sono stati evidenziati tenori elevati di mercurio soprattutto nel muscolo dei campioni provenienti dalle aree costiere. In due specie, *S. canicula* e *G. melastomus*, viene evidenziata una stretta correlazione fra le concentrazioni di Hg nel muscolo e la lunghezza degli animali. Il contenuto in mercurio nel fegato risulta in tutti i casi inferiore a quello del muscolo.

SUMMARY

Analyses of Hg, Se, Cd and Pb in muscle and liver of three species of Selachii collected on the continental shelf and on slope of the Tyrrhenian Sea (Tuscan Archipelago) demonstrate high Hg concentrations especially in the muscle of specimens collected in coastal areas. *S. canicula* and *G. melastomus* accumulate the metal at about the same rate, and Hg content in the muscle is strictly related to the size of the specimen. The Hg content in the liver is lower than in the muscle.

ACKNOWLEDGEMENT

Our best thanks to Ann Henderson, who has corrected our English.
Research supported by the ECC grant ENV 512,1.

BIBLIOGRAPHY

- BOUSH G. M. and J. R. THIELEKE, 1983 - Mercury content in sharks. Bull. Environ. Contain. Toxicol., **30**, 284-290.
- BUFFONI G., M. BERNHARD and A. RENZONI, 1982 - Mercury in the Mediterranean Tuna. Why is their level higher than in Atlantic Tuna. Thalassia Jugosl., **18**, 231-243.
- CAPUTI N., J. S. EDMONDS and D. I. HEALD, 1979 - Mercury content of shark from southwestern Australian waters. Mar. Pollut. Bull., **10**, 337-340.
- KOEMAN J. H., V. H. M. PEETERS, C. H. M. Koudstaal-Hol, P. S. TJIOE and J. J. M. DE GOEIJ, 1973 - Mercury-selenium correlations in marine mammals. Nature, **245**, 383-384.
- LEONZIO C., E. BACCI, S. FOCARDI and A. RENZONI, 1981 - Heavy metals in organisms from the Northern Tyrrhenian Sea. Sci. Total Environ., **20**, 131-146.
- LYLE J. M., 1984 - Mercury concentrations in four carcharhinid and three hammerhead sharks from coastal waters of the Northern territory. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **35**, 441-451.
- MULLER G. and F. PROSI, 1978 - Verteilung von zink, kupfer und cadmium in verschiedenen organen von plotzen (Rutilus rutilus L.) aus neekar und elsenz. Z. Naturforsch., **33**, 7-14.
- PENTREATH R. J., 1976 - The accumulation of inorganic mercury from sea by the plaice, Pleuronectes platessa L.. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **24**, 103-119.
- SCHULTZ C. D. and D. GREAR, 1976 - The distribution of total and organic mercury in seven tissues of the Pacific blue marlin, Makaira nigricans. Pac. Sci., **30**, 101-107.
- SUMINO K., R. YAMAMOTO and S. KITAMURA, 1977 - A role of selenium against methylmercury toxicity. Nature, **268**, 73-74.
- TAGUCHI M., K. YASUDA, S. TODA and M. SHIMIZU, 1979 - Study of metal content of Elasmobranch fishes: Part 1. metal concentration in the muscle tissue of a dogfish, Squalus mitsukurii. Mar. environ. Res., **2**, 239-249.
- VIARENGO A., 1985 - Biochemical effects of trace metals. Mar. Pollut. Bull., **16**, 153-158.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	223-228	1985

CHLORINATED HYDROCARBONS IN SELACHII OF THE TYRRHENIAN SEA

S. Focardi, R. Bargagli, C. Fossi, C. Leonzio

Dipartimento di Biologia Ambientale, Università di Siena

INTRODUCTION

Chlorinated hydrocarbons constitute a class of synthetic chemicals which have come into widespread use in both industry and agriculture. The chemical and environmental stability of chlorinated pesticides and Polychlorinated biphenyls (PCB) and their extensive use have resulted in the contamination of the global ecosystem including the marine environment (Risebrough, 1969; Bevenue, 1976). The last years have produced a wealth of information regarding the levels of these contaminants in marine organisms of the Mediterranean basin (for a review see Geyer *et al.*, 1984): however no data are available for species of Selachii even though most of these animals are situated at the higher levels of the food chain. For these reasons this paper reports on the levels of chlorinated hydrocarbons in three selachian species from the Tyrrhenian Sea.

MATERIALS AND METHODS

Muscle and liver of *Scyliorhinus canicula*, *Galeus melastomus* and *Mustelus asterias* caught in four stations of the Tyrrhenian Sea (Fig. 1) in 1979 and 1985, were studied. Samples were brought to the laboratory at about 4°C, frozen (-18°C), freeze-dried and then broken up. The residual water content of the freeze-dried material was evaluated in subsamples.

For the analysis of residues, aliquots of the freeze-dried homogeneous material were extracted in Soxhlet with n-hexane. The extract was subjected to sulfuric acid cleanup followed by Florisil and silica gel chromatography. The eluates were analysed with Perkin-Elmer-Sigma-3 gas chromatographs equipped with Ni63 Electron Capture Detectors. Glass columns (200 cm long, 0.3 cm i.d.) packed with 4% SE-30 + 6% SP-3401 on Supelcoport (100-120 mesh) or with 5% OV-101 on Chromosorb W HP (80-100 mesh) were used. A 50-m-long fused silica capillary column covered with SE-54 was also used.

Calculations were based on standard reference solutions (Aroclor 254, Aroclor 1260 and single isomers for PCB) after the losses had been evaluated.

RESULTS AND DISCUSSION

The residue levels of organochlorines in the muscle of the three species of selachians studied are reported in Tab 1; all the results are expressed as ng/g dry weight.

The most prevalent compounds are PCBs, pp'DDE, pp'DDT and hexachlorobenzene (HCB). Of these contaminants PCBs have the highest average residues concentration, followed by pp'DDE, pp'DDT and HCB.

Tab. 1 - Chlorinated hydrocarbons (ng/g d.w.) in tissues.

Species	tissue	n	length (cm)	lipid %d.w.	HCB	DDE	DDT	PCBs
STATION A								
<u>S.canicula</u>	muscle	26	x 35.2 SD 10.4	1.9 0.3	2.6 2.1	31 13	4 2	79 29
<u>S.canicula</u>	liver	2	x 34.3	65.4	135	2346	247	4318
<u>G.melastomus</u>	muscle	9	x 26.3 SD 11.0	2.6 0.5	---	26 8	2 1	63 12
<u>G.melastomus</u>	liver	2	x 30.2	70.8	108	4380	281	7856
STATION B								
<u>S.canicula</u>	muscle	10	x 40.5 SD 5.1	2.1 0.3	---	61 26	19 6	210 105
STATION C								
<u>S.canicula</u>	muscle	15	x 40.0 SD 4.9	2.1 0.2	3.0 2.4	45 21	11 7	380 123
<u>M.asterias</u>	muscle	10	x 40.4 SD 5.5	2.2 0.2	---	130 36	15 4	239 60
STATION D								
<u>S.canicula</u>	muscle	20	x 40.2 SD 5.6	2.0 0.2	1.5 0.9	83 54	17 13	211 92
<u>S.canicula</u>	liver	1	40.5	68.5	109	4437	534	12043
<u>G.melastomus</u>	muscle	4	x 44.5 SD 3.1	3.9 2.2	---	56 18	9 4	194 93

The general pattern indicates low values of all the contaminants compared with other fish in the Mediterranean (Amico et al., 1979; Contardi et al., 1979; Fowler and Elder, 1980; Focardi et al., 1984; Geyer et al., 1984). Comparing the different stations, those north of the Island of Elba have far higher concentrations than the others, as

has also been observed for the striped mullet and anchovy (Focardi *et al.*, 1984).

The low values of the chlorinated hydrocarbons could be explained by the very low levels of lipids in the selachian muscle (about 2% d.w.); in fact if we turn to the values of these contaminants in the liver of *S. canicula* and *G. melastomus* (Tab. 1), we observe very high levels with respect to the muscle. If we express the results on a lipid basis the difference diminishes even though in *G. melastomus* the ratio stays high (Tab. 2).

Tab. 2 - PCBs and pp'DDE ratio in liver and muscle.

Species		liver/muscle pp'DDE	liver/muscle PCBs
<u><i>S. canicula</i></u> n=3	on dry weight	61.8	48.9
	on lipid basis	1.6	1.3
<u><i>G. melastomus</i></u> n=2	on dry weight	140.2	126.1
	on lipid basis	12.1	10.2

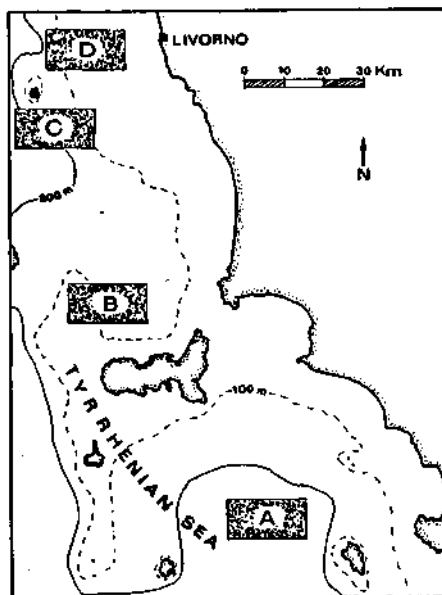


Fig. 1 - Sampling area.

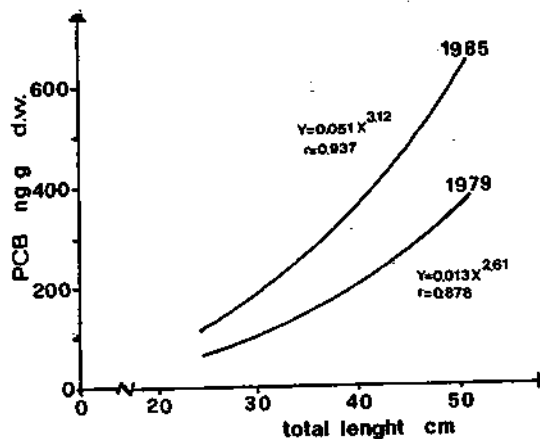


Fig. 2 - PCBs in muscle of *S. canicula* caught in Station C.

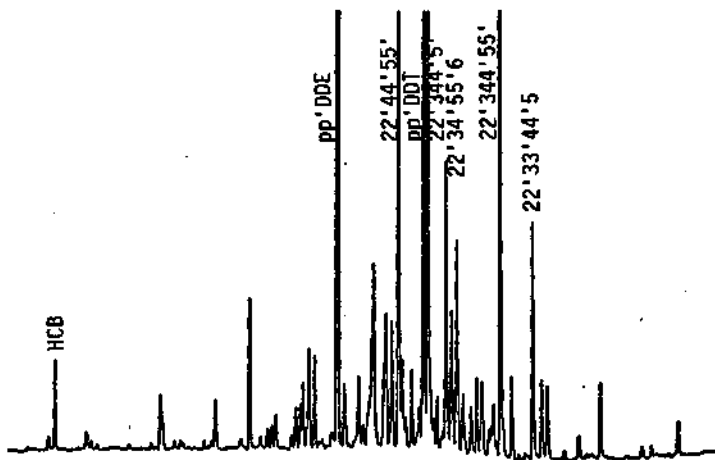


Fig. 3 - ECD capillary gas chromatogram of PCB residues in the liver of *S. canicula*.

The values of PCBs in muscle of *S. canicula* from Station C in 1979 and 1985 were plotted against the length of the animals, showing PCBs to be positively correlated with length and indicating a possible accumulation of these compounds (Fig. 2). The concentrations of PCBs in the muscle were found to be significantly higher in 1985 than in 1979 ($p < 0.001$).

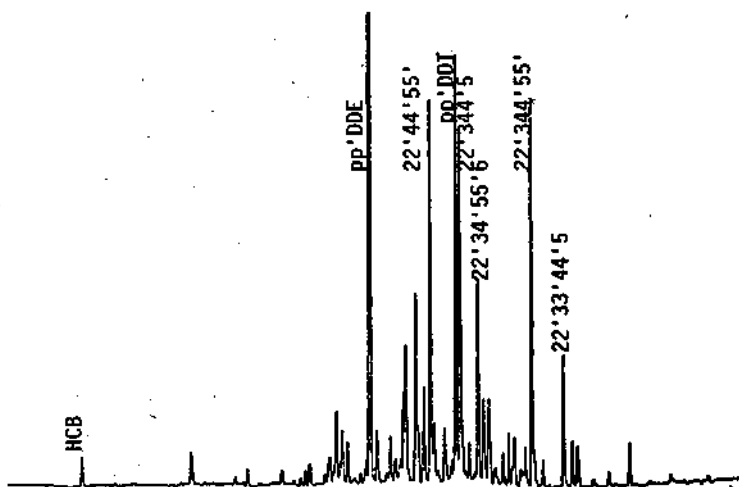


Fig. 4 - ECD capillary gas chromatogram of PCB residues in liver of G. melastomus.

Gas chromatograms of PCB residues in the liver of S. canicula and G. melastomus are reported in Fig. 3 and Fig. 4; there is evidence that these residues are significantly different from those of the parent mixtures. As far as the factors that determine the uptake of individual PCB isomers are concerned, De Freitas and Norstrom (1974) report that most of the lower chlorinated di-, tri- and tetrachloro isomers and selected higher chlorinated PCB are preferentially eliminated from body tissues and organs. These results show that the PCB isomers remaining in the tissues are hexa-, hepta- and octachlorobiphenyls. Most of the residue (about 60%) included only five components: [2,2', 3,4,4',5'] [2,2', 4,4', 5,5'] [2,2',3,3', 4,4',5] [2,2',3,4,4',5,5'] and 2,2',3,4',5,5',6. According to the results obtained in different organisms (Bush et al., 1984) the more persistent PCB in selachians from the Tyrrhenian Sea seem to have the 2,4,5 chlorine substitution pattern in one ring and the 4 or 2,4 in the other ring of the biphenyl molecule.

RIASSUNTO

Sono stati determinati i livelli degli idrocarburi clorurati nel muscolo e nel fegato di tre specie di Selaci del Mar Tirreno raccolte nel 1979 e nel 1985. I principali composti ritrovati sono stati il pp'DDE, il pp'DDT, l'esaclorobenzene (HCB) e i policlorobifenili (PCB). I clorurati presenti in maggiore concentrazione sono risultati i PCB, i cui valori sono risultati significativamente più elevati nel 1985 rispetto al 1979. E' stata evidenziato anche un maggiore grado di

contaminazione dell'area posta a nord dell'Isola d'Elba rispetto a quella posta a sud. E' stata studiata la composizione degli isomeri dei PCB nel fegato di Scyliorhinus canicula e Galeus melastomus.

SUMMARY

The concentrations of pp'DDE, pp'DDT, hexachlorobenzene (HCB) and Polychlorinated biphenyls (PCB) in muscle and liver of three species of Selachii have been determined. Samples were caught in the Northern Tyrrhenian Sea in 1979 and 1985. The concentrations of PCBs were found to be significantly higher in 1985 respect to 1979. The composition of PCB in liver of Scyliorhinus canicula and Galeus melastomus has been determined.

ACKNOWLEDGEMENTS

Our best thanks to Ann Henderson, who has corrected our english. Research supported by the ECC (ENV 512,I).

REFERENCES

- AMICO V., G. IMPELLIZZERI, G. ORIENTE, M. PIATTELLI, S. SCIUTO and G. TRINGALI, 1979 - Levels of chlorinated hydrocarbons in marine animals from the Central Mediterranean. Mar. Pollut. Bull., **10**, 282-284.
- BEVENUE A., 1976 - The "bioconcentration" aspects of DDT in the environment. Residue Reviews, **61**, 37-112.
- BUSH B., J. SNOW and R. KOBLINTZ, 1984 - Polychlorobiphenyl (PCB) congeners, pp'DDE, and hexachlorobenzene in maternal and fetal cord blood from mothers in Upstate New York. Arch. Environ. contam. Toxicol., **13**, 517-527.
- CONTARDI V., R. CAPELLI, T. PELLICANI and G. ZANICCHI, 1979 - PCBs and chlorinated pesticides in organisms from the Ligurian Sea. Mar. Pollut. Bull., **10**, 307-311.
- DE FREITAS A.S. and R.J. NORSTROM, 1974 - Turnover and metabolism of PCBs in relation to their chemical structure and the movements of lipids in the pigeon. Can. J. Physiol., **52**, 1080-1094.
- FOCARDI S., E. BACCI, C. LEONZIO and A. RENZONI, 1984 - Chlorinated hydrocarbons in marine animals from the Northern Tyrrhenian Sea (N.W. Mediterranean). Thalassia Jugosl., **20**, 37-43.
- FOWLER S.W. and D.L. ELDER, 1980 - Chlorinated hydrocarbons in pelagic organisms from the open Mediterranean Sea. Mar. Environ. Res., **4**, 87-96.
- GEYER H., D. FREITAG and F. KORTE, 1984 - Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in the Marine Environment, Particularly in the Mediterranean. Ecotoxicol. Environ. Saf., **8**, 129-151.
- RISEBROUGH R.W., 1969 - Chlorinated hydrocarbons in marine ecosystems. In: Chemicals Fallout, Miller M.W. and G.G. Berg eds., Charles C. Thomas, Springfield, Illinois, 5-23.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	231-243	1985

IL MEIOBENTHOS, UN INTERESSANTE CAPITOLO DELLA BIOLOGIA MARINA

S. Grimaldi de Zio

Istituto di Zoologia ed Anatomia comparata dell'Università di Bari

Il termine di Meiobenthos, dal greco "meion" = "più piccolo", è stato coniato da Mare (1942) per indicare tutti quegli organismi che popolano prevalentemente fondi incoerenti e che per dimensioni risultano intermedi fra gli organismi del micro e macrobenthos. Questa definizione piuttosto generica ha creato nel tempo qualche confusione poichè diversi Autori ne hanno tenuto conto in maniera più o meno arbitraria. Per questo motivo nel 1963 in sede di C.I.E.S.M, venne proposta una classificazione degli organismi bentonici che tenessero conto in maniera più precisa delle dimensioni, distinguendo un macrobenthos, con organismi di dimensioni non inferiori ai 2 mm, da un microbenthos a sua volta suddiviso in mixobenthos, fra 2 e 1 mm, meiobenthos, fra 1 mm e 100 μ m, nannobenthos, fra 100 e 10 μ m ed un ipobenthos al di sotto dei 10 μ m.

Chiunque abbia lavorato un pò in questo settore può rendersi conto di quanto artificiosa ed inutile possa essere questa classificazione, perciò a buona ragione, Vitiello e Dinetti nel 1979 proposero che col termine di meiobenthos venisse indicato quel complesso di organismi pluricellulari che passano attraverso un setaccio a maglie di 1 mm, ma che vengono trattenuti da un setaccio a maglie di 40 μ m. Il microbenthos, invece, sarebbe formato solo da forme unicellulari.

Anche questa classificazione però, che tiene conto dei sistemi di estrazione, soprattutto per setacciamento dei sedimenti, presenta degli evidenti limiti per cui io credo che quando si ha a che fare con questo genere di sistemi artificiali di classificazione si debba poter giostrare, entro limiti accettabili, con un proprio criterio che di volta in volta deve essere applicato e, naturalmente, giustificato.

I grossi Protozoi mesopsammici lunghi fino a 2, 3 o addirittura 4 mm, certo non possono essere classificati nella macrofauna per questo motivo, nè nella microfauna per lo stesso motivo, mentre è piuttosto importante l'ambiente ed il tipo di vita che essi conducono, per considerarli a buon diritto appartenenti alla meiofauna. Per analoghi motivi la "Fauna interstiziale" non può essere considerata come qualcosa di completamente distinto dalla meiofauna solo perchè si usano tecniche diverse per l'estrazione, dal momento che alcuni gruppi animali, come per esempio i Nematodi, sono presenti talvolta addirittura con le stesse specie e nei sedimenti del litorale sommerso e nelle sabbie dell'intertidale e del sopralitorale.

Bisogna precisare che il termine di meiobenthos viene usato di solito come sinonimo di meiofauna giacchè la stragrande maggioranza degli organismi bentonici che rientrano in quelle classi di grandezza sono soprattutto metazoi, ma si sa che anche i vegetali come alghe e funghi sono presenti e non possono non rappresentare una componente interessante (Fize, 1963).

Dal momento dunque che la taglia è un elemento di cui si deve tener

conto, è indispensabile distinguere una meiofauna temporanea da una meiofauna permanente (Mc Intyre, 1969). Alla prima categoria appartengono tutti quegli organismi le cui dimensioni rientrano fra i limiti stabiliti solo per un periodo più o meno limitato della loro vita: si tratta di larve e forme giovanili di vari metazoi che rappresentano una componente fluttuante che, legata come è ai cicli biologici stagionali degli appartenenti alla macrofauna, è da gruppo a gruppo e a seconda delle diverse specie, ben limitata e circoscritta nel tempo e nello spazio.

Il meiobenthos permanente invece è rappresentato da tutti quei metazoi ed alcuni Protozoi le cui dimensioni sono costantemente al di sotto del millimetro e sono trattiene da setacci a maglie di 40 μ m (Dinet, 1979).

Quasi tutti i gruppi degli invertebrati vi sono rappresentati: dagli Cnidari agli Echinodermi, dai Platelmini ai Tunicati, dai Nematodi ai Molluschi, Crostacei, Acari, ecc., con una ricchezza di specie che si distribuisce in un meiobenthos dell'intertidale che con la fauna interstiziale si spinge anche nel sopralitorale ed in meiobenthos del subtidale che dalla piattaforma continentale si spinge fino a popolare la piana abissale.

La meiofauna dell'intertidale è abbastanza ben conosciuta anche se molte cose sono ancora da studiare e interpretare. E' certamente una delle comunità più ricche di specie, appartenenti a quasi tutti i gruppi di invertebrati marini, e riveste un notevole interesse biologico sia per la diversità degli adattamenti evolutivi che vi si possono riconoscere, sia per l'evoluzione filogenetica che certi gruppi hanno avuto in questo ambiente; basti pensare agli Gnathostomulida o ai Mystacocarida, per citare due gruppi, certamente fra i più noti, che sono tipici della fauna interstiziale (Ax, 1956; 1966 a, b; 1977; Ax e Schmidt, 1973; Delamare Deboutteville e Botosaneanu, 1974; Penak e Zinn, 1943; Sterrer, 1973).

La fauna interstiziale che per definizione è rappresentata da tutti quegli organismi che vivono all'interno del sedimento muovendosi in quello spazio labirintico esistente fra i granelli di sabbia e che perciò è indicata con il termine di mesopsammon, è certo l'aspetto più interessante e meglio conosciuto della meiofauna dell'intertidale. Grossi nomi della Zoologia si sono interessati allo studio di questo settore della biologia marina: Marcus, Remane, Delamare Deboutteville, Gerlach, Angelier, Chappuis, Ruffo, tanto per citarne alcuni, ma l'elenco è lunghissimo, basta consultare l'opera di Delamare Deboutteville del 1960 o la pubblicazione di Swedmark del 1964 per averne un'idea.

L'adattamento più vistoso che accomuna molti gruppi del mesopsammon come Ciliati, Turbellari, Nematodi, Gastrotrichi, Gasteropodi, Anellidi, ecc. è dato dall'abito vermiforme. Si tratta evidentemente di un adattamento che insieme all'allungamento del corpo, rende più efficace il movimento in quell'ambiente che è caratterizzato da sottili canali. L'allungamento del corpo è particolarmente spettacolare nei Protozoi ciliati (Dragesco, 1960; Fauré Fremiet, 1950, 1951) o in certi Foraminiferi come *Marenda nematoides* il cui aspetto vermiforme è veramente sorprendente (Nyholm, 1951). Anche nei Crostacei o altri gruppi come gli Cnidari, il movimento in questo ambiente è o una sorta di nuoto

fra gli interstizi, e questo è per esempio il caso degli Arpacticoidi, o una progressione mediante movimenti alterni di allungamento e di accorciamento o simile a quello delle larve dei Geometridi e che ha il suo aspetto più caratteristico negli Epsilonematodi e che implica un contatto che non deve mai essere perduto con il substrato (Delamare Deboutteville e Chappuis, 1957; Remane, 1927; Swedmark e Teissier, 1959). Questo contatto non rappresenta solo la necessità di avere un punto di appiglio per facilitare il movimento ma è indispensabile per coordinare i movimenti. Questa è infatti un'altra peculiarità degli animali della fauna interstiziale e chiunque osservi i Tardigradi o i Mistacocaridi vivi può farsi un'idea precisa di ciò: se gli animali non riescono a toccare i granelli di sabbia, si inarcano e muovono disordinatamente le zampe senza riuscire a spostarsi. Per i Mistacocaridi la situazione è particolarmente severa dal momento che non poter prendere contatto con i granelli di sabbia significa morte per sfinitimento, mentre certi Tardigradi, che, come i Batillipidae hanno adesivi all'estremità delle dita, possono, se prendono contatto con il fondo di una capsula Petri, muoversi in maniera coordinata e velocemente a dispetto del loro nome. Per questo motivo negli animali mesopsammici l'adesione al substrato è resa più efficace da tutta una serie di adattamenti che vanno dalle ventose dei Tardigradi, alle ghiandole del cemento dei Nematodi, ai tubi adesivi presenti in moltissimi gruppi come Gastrotrichi e Turbellari.

La particolare morfologia e dinamicità dell'ambiente hanno reso necessaria anche la presenza di organi di senso statico (Remane, 1927). Ne troviamo un po' dappertutto: negli Cnidari, Archianellidi, Turbellari, Nemertini, Molluschi ed Echinodermi. Mancano invece gli occhi e questo è uno degli adattamenti che questi animali hanno in comune con le specie cavernicole; d'altra parte questo ambiente in cui la luce si estingue dopo i primi millimetri, è povero di flora per lo stesso motivo.

A causa delle loro minime dimensioni che dipendono a loro volta da un numero ridotto di cellule, questi animali producono pochissimi gameti per volta, anche quelli che, come i nematodi, in altri ambienti sono caratterizzati da una elevatissima produzione di cellule germinali. In compenso la fertilità non si estingue in un breve arco di tempo, ma dura per tutta la durata della vita ed i cicli stagionali, così evidenti nella maggior parte degli organismi bentonici, qui sono soppressi: si hanno nascite praticamente tutto l'anno, tutt'al più con punte massime e minime stagionali (Remane, 1952; Swedmark, 1959).

Studiando per parecchi anni il comportamento del Tardigrado marino *Batillipes pennaki*, si è potuto mettere bene in evidenza questo fenomeno (Grimaldi de Zio e D'Addabbo Gallo, 1973, 1975). Dall'esame dei dati risulta chiara la presenza delle forme giovanili durante tutto l'anno, sia pure con frequenze diverse e, fatto apparentemente curioso ma che si riferisce a quanto appena detto a proposito della prolificità, è la perfetta coincidenza fra numero di femmine gravide e numero delle larve di primo stadio che ci dice, in maniera abbastanza chiara, come venga deposto un solo uovo alla volta. E' stato calcolato che il ciclo biologico potrebbe compiersi in quattro settimane. Valori molto alti di turnover sono stati riconosciuti per numerose specie della meiofauna (Gerlach, 1971, 1978; Mc Lachlan, 1977 a, b).

Poichè si tratta di animali marini, i fattori ecologici che acquistano una particolare importanza sono quelli che riguardano evidentemente l'acqua circolante nell'ambiente e che ne regolano la quantità.

E' stato dimostrato che tutta la fauna interstiziale effettua continui movimenti all'interno del sedimento, sia orizzontali che verticali, compiendo migrazioni stagionali rispetto alla linea di riva e migrazioni diurne verticali. Tutto ciò appare strettamente vincolato, più che ad ogni altro fattore, alle variazioni di temperatura e quindi di salinità dell'acqua interstiziale (Heineke e Westheide, 1979).

Abbiamo potuto verificare questo fenomeno seguendo l'evoluzione del popolamento di una spiaggia riparata del basso Adriatico, quindi interessata da maree di scarsa entità, in un genere di spiaggia cioè in cui le condizioni di circolazione dell'acqua facilitano l'accumulo sulla riva di materiale detritico, sia animale che vegetale, che favorisce il fiorire di catene alimentari basate sul detrito.

In questo ambiente i fattori che controllano le variazioni di popolamento sono la temperatura, a cui è legata la salinità, la granulometria delle sabbie, a cui è legata la quantità di acqua circolante, e la natura mineralogica del sedimento, a cui è legato il volume dello spazio abitabile. Da tutti questi fattori dipendono naturalmente ossigeno e alimento. Mentre nei mari a forti maree il ciclo della marea tende a ripristinare quotidianamente le condizioni di salinità richieste, in spiagge come le nostre, interessate da maree di scarsa entità, le variazioni stagionali di temperatura sono responsabili di evidenti migrazioni orizzontali. Nei mesi invernali, in seguito all'abbassarsi della temperatura e al ridursi dell'evaporazione, il popolamento si inoltra all'interno della spiaggia in un ambiente che risente meno dell'effetto del moto ondoso; invece nei mesi estivi, con l'innalzarsi della temperatura che comporta evaporazione e quindi aumento della concentrazione salina, i valori più alti del popolamento si riscontrano in prossimità della riva dove appunto le caratteristiche dell'acqua interstiziale sono più vicine a quelle del mare. Per gli stessi motivi abbiamo potuto verificare migrazioni verticali diurne controllate dalle variazioni della temperatura (de Zio e Grimaldi, 1964a; Gray, 1966a e b, 1974).

La velocità di circolazione dell'acqua nel sedimento dipende strettamente dalle dimensioni degli interstizi e si capisce perchè alla granulometria delle sabbie sia stata data una notevole importanza. La granulometria, come fattore ecologico che controlla indirettamente il popolamento di una spiaggia, è stata oggetto di studio fin da quando è stato messo in evidenza questo tipo di ambiente e di fauna legata ad esso (Boaden, 1962; Conrad, 1976; de Zio e Grimaldi, 1964b e 1966; Faure Fremiet, 1950; Gray, 1981; Renaud Debyser e Salvat, 1963; Schmidt, 1968, 1969, 1972 a e b; Swedmark, 1964; Wieser, 1959b).

Lo studio del rapporto granulometria-mesopsammon, ha stabilito che l'ambiente più adatto è rappresentato da sabbie con granulometrie intorno ai 300 µm. I popolamenti si riducono vistosamente per valori superiori, giacchè in questo caso la quantità di acqua circolante è molto bassa e le lacune più ampie non consentono quel contatto con i granuli che è indispensabile agli animali, e per valori molto bassi perchè in tal caso la circolazione è molto lenta e così pure il

ricambio (si comprende perchè tale ambiente sia particolarmente favorevole ai batteri). I fattori collegati con la granulometria rappresentano, come dice Mc Intyre (1969), dei gradienti perpendicolari alla falda d'acqua, tali da spiegare la distribuzione limitata di certe specie all'interno del sedimento.

Nei sedimenti sommersi tutto ciò perde d'importanza e gli strati più affollati sono quelli superficiali, prima di tutto perchè qui l'ossigeno è più abbondante, ma anche per quel film batterico che si forma alla superficie della sabbia e che esercita una forte azione di richiamo per le larve (Koop e Griffiths, 1982).

Nelle spiagge senza maree o meglio con maree di scarsa entità però, la meiofauna che si inoltra all'interno può spingersi a profondità notevoli e ciò esclusivamente in risposta alla riduzione di acqua negli strati superficiali, con una distribuzione che tiene quindi conto della quantità di acqua circolante molto più che della granulometria (de Zio e Grimaldi, 1966).

Il fattore granulometrico perciò non esercita un controllo così severo come si credeva in passato su tutti i gruppi animali e comunque non allo stesso modo su tutte le specie all'interno di un gruppo. Per esempio dai dati della letteratura risulta che il *Mistacocaride Derocheilocaris remanei* ha esigenze granulometriche rigorose, con sabbie intorno ai 240 μm . Noi però, che da oltre 20 anni ci occupiamo del mesopsammon, abbiamo rinvenuto questa specie in località che avevano tutte pressochè lo stesso massimo granulometrico intorno ai 350 μm e non in spiagge le cui caratteristiche granulometriche corrispondevano ai dati bibliografici precedenti (Pennak e Zinn, 1943; Delamare Deboutteville, 1953; Grimaldi, 1963). Ciò si spiega tenendo conto del fattore geografico che si sovrappone al fattore granulometria o comunque ne modifica l'incidenza.

Al potere di imbibizione delle sabbie è comunque legata la distribuzione del popolamento lungo una perpendicolare che va dalla linea di riva verso l'interno della spiaggia. A parte i Nematodi che sono presenti ovunque, sia pure con specie diverse, i Crostacei, per esempio, raramente si inoltrano nel sopralitorale oltre i 5 metri e ciò vale anche per i Turbellari e Gastrotrichi. A proposito dei Gastrotrichi è stata osservata una netta differenza fra Chetonotoidea e Macro-dasyoidea: questi ultimi sono molto rari, ma si spingono fino a 5 metri all'interno della spiaggia, mentre i primi non superano mai i 3 metri (de Zio, 1964; de Zio e Grimaldi, 1964b).

Mc Intyre (1972) ha messo in evidenza che la meiofauna è caratterizzata da una notevole stabilità studiandone il comportamento in molte spiagge della costa scozzese esposte in maniera diversa all'azione del mare. Egli ha messo in evidenza le differenze fra comportamento della macrofauna e meiofauna rispetto all'azione meccanica delle acque. Al contrario della macrofauna che risulta fortemente sensibile a questo fattore, la meiofauna conserva una notevole stabilità: i Nematodi per esempio, in una spiaggia moderatamente esposta dove comunque in seguito a mareggiate gli effetti del mare potevano provocare evidenti riduzioni di larga parte della macrofauna, nei primi 16 centimetri di sabbia erano ancora presenti con frequenze elevate e con oltre 100 specie. Ciò si spiega se si tiene conto che questi animali possono rifugiarsi in profondità là dove gli effetti del mare non si

avvertono.

Il fatto che la meiofauna abbia grandi capacità di stabilità e sopravvivenza, dipende secondo numerosi Autori, dal ruolo fondamentale esercitato dai Batteri, come fonte energetica, in questo ambiente in cui da soli possono rappresentare fino al 95% del C organico per metro quadrato, mentre la meiofauna rappresenta solo il 5% (Mc Intyre *et al.*, 1970). L'alimento perciò è sempre abbondante e non potrà mai rappresentare un fattore limitante della meiofauna, soprattutto nella zona di marea, anche se molto tormentata, in cui anzi l'accumulo di detrito rappresenta il substrato migliore per lo sviluppo della flora batterica che poi si estende all'interno del sedimento con una distribuzione tridimensionale. Naturalmente esistono anche altri rapporti trofici in quest'ambiente, meno importanti però, come la predazione: alcuni Nematodi, Turbellari, Acari e anche Tardigradi sembra che abbiano questo genere di comportamento trofico. E' stata anche rilevata l'esistenza di forme saprofaghe per esempio fra Turbellari e Copepodi, ma la sorgente principale di alimento è rappresentata comunque e sempre dai Batteri e da materiale organico in soluzione liberato dai Batteri stessi per decomposizione della materia organica (Koop e Griffiths, 1982). I Nematodi proprio perchè sempre più abbondanti, a questo proposito sono stati presi in considerazione più e più volte (Wieser, 1953, 1959a). Alcune specie di Enoplida, per esempio, considerati capaci solo di predazione, sono risultate essere in realtà onnivore (Warwich, 1971). Molto interessante è lo studio fatto da Riemann e Schrage (1978) a proposito dell'alimentazione di questi animali. Moltissime specie di Nematodi appartenenti ad ordini diversi come Areolaimida, Desmodorida, Enoplida, Chromadorida e quindi dotati di apparati boccali ben diversi fra loro ed in passato considerati, solo sulla base della forma di queste strutture, sospensivori, detritivori, predatori ecc. producono mediante ghiandole salivari faringee e ghiandole caudali, secrezioni mucose che nell'acqua si rapprendono. Questi filamenti formano, imbrigliando frammenti di sedimento e cementandoli, una rete di canalicoli che può modificare la morfologia del sedimento come ambiente, il che diventa particolarmente interessante in ambienti inospitali, come il fango per esempio. Ciò che però è più suggestivo, è che questi filamenti rappresentano delle trappole in cui restano impigliate particelle di detrito, macromolecole e Batteri, oltre che le stesse feci dei Nematodi. I Batteri si sviluppano su questo substrato modificandolo ed i Nematodi poi, muovendosi lungo queste tracce ed all'interno di questi canalicoli, raccolgono Batteri e prodotti della degradazione mangiandoli insieme al muco. Alla luce di ciò i diversi apparati boccali assumono tutto un altro significato.

Poichè il prodotto delle ghiandole salivari contiene enzimi della digestione, è evidente che esiste una digestione, almeno parzialmente, extraorale del cibo. I Nematodi allora contribuiscono con questo loro comportamento, a degradare il materiale organico e, trasportandovi su i Batteri, provvedono indirettamente a liberare sostanza organica che rappresenta sorgente energetica.

Passando dall'intertidale al subtidale, le variazioni di temperatura e salinità che sono così importanti nell'intertidale e nel sopralitorale, perdono d'importanza nel subtidale dove invece uno dei fattori più importanti è costituito dal tipo del substrato che rappresenta

allo stesso tempo rifugio e fonte di alimento e di ossigeno per la meiofauna. I gruppi più frequenti sono sempre i Nematodi ed i Crostacei, che insieme formano circa l'80%, seguiti da Anellidi e Turbellari e da una minoranza che include Acari, Gastrotrichi, Tardigradi, Kinorinchi ecc.. A differenza del sopralitorale dove la meiofauna non ha praticamente predatori, nel sedimento di piattaforma, che è di solito di natura sabbiosa, questa è soggetta a predazione da parte di alcuni Pesci, Pleuronettidi per esempio, e Crostacei che si nutrono in buona parte di Anellidi, Turbellari, Nematodi e Crostacei Arpacticoidi ed Ostracodi. Evidenti interazioni fra macrofauna e meiofauna sono state osservate (Bell, 1980; McIntyre e Murison, 1973).

Le condizioni di vita meno severe di quelle dell'intertidale, determinano in questo ambiente il fiorire di un grandissimo numero di specie. Basti pensare ai Tardigradi che, mentre in una sabbia dell'intertidale non sono mai presenti con più di 4 o 5 specie, nel subtidale corrispondente invece possono essere rappresentati da un numero considerevolmente alto di specie (Grimaldi de Zio et al., 1983). E' inutile parlare dei Nematodi il cui numero di specie rappresenta veramente un deterrente ad interessarsi di loro dal punto di vista sistematico, come ben sa chi ci ha provato.

I dati sulla meiofauna abissale sono ancora pochissimi e soprattutto recenti, spesso lacunosi e perciò talvolta apparentemente discordanti. La maggior parte dei lavori pubblicati su questo argomento sono degli ultimi 10 - 15 anni e da questi risulta che la meiofauna abissale, pur essendo meno varia di quella di piattaforma, è comunque molto più ricca di quanto non si creda: il gruppo più importante è sempre quello dei Nematodi, che da soli possono rappresentare fino al 95% e che hanno rivelato la sorprendente presenza di specie prive di bocca ed intestino (Hope, 1977; Hope e Murphy, 1966), il che concorda molto bene con la loro capacità ormai dimostrata di potersi nutrire di materiale organico in soluzione. Seguono poi con percentuali bassissime Crostacei, Anellidi, Tardigradi, Kinorinchi ecc. (Coull et al., 1977, 1982).

La meiofauna abissale è presente quasi esclusivamente nei primi due, tre centimetri di sedimento. Al di sotto, il popolamento è possibile solo in casi di estrema fluidità del sedimento. I Tardigradi abissali hanno un curioso aspetto vermiforme che dà subito l'idea del tipo di vita che essi conducono all'interno del fango (Renaud Mornant, 1975). Le variazioni di densità dei popolamenti sembrano dipendere soprattutto da un fattore geografico. Per esempio la meiofauna profonda del Mare di Norvegia che è legata ad alti livelli di produttività primaria delle acque superficiali, studiata da Diné (1979), dà valori che variano da 500 a 800 animali su una superficie di 10 cm², mentre nel Mediterraneo (Diné, 1976) si hanno valori di 37 - 80 individui su 10 cm²; al largo della costa occidentale dell'Africa meridionale, fra 1.200 e 5.000 metri di profondità, si hanno invece, da 200 a 1.500 individui su 10 cm². Questi dati si riferiscono quasi esclusivamente ai Nematodi che da soli rappresentano oltre il 90% (Diné, 1973).

Da tutti questi studi risulta che i fattori da cui dipende la meiofauna abissale sono la natura del substrato legata, quando c'è, ad un idrodinamismo profondo, ma soprattutto la materia organica fonte di alimento (Diné e Khripounoff, 1981; Khripounoff et al., 1980; Sibuet et al., 1984).

E' stato dimostrato però che la relazione fra materia organica (C e N totale organico) e meiofauna non è così stretta, esiste piuttosto una relazione fra qualità di materia e quantità di meiofauna. Infatti di tutto il materiale organico che piove ininterrottamente sul fondo, una buona parte non viene modificata e la materia organica funziona nella misura in cui i fattori legati alla profondità come la pressione, la quantità di O₂, temperatura ecc., rendono possibile una buona utilizzazione da parte dei Batteri che perciò rappresentano l'intermediario fra meiofauna e materia organica.

Con l'aumentare della profondità si ha una riduzione dei popolamenti che è a carico più degli strati superficiali che di quelli profondi e ciò appunto perchè la maggior parte dei processi biologici da cui dipende l'abbondanza faunistica, si verifica soprattutto all'interfaccia acqua-substrato. La riduzione del popolamento si ha soprattutto a carico di gruppi come Copepodi, Ostracodi, Anellidi, Acari, Tardigradi ecc., mentre i Nematodi aumentano in percentuale; è interessante il comportamento dei chinorinchi, sempre presenti con pallidissimi valori numerici, che invece a queste profondità resistono molto bene e non subiscono riduzioni. In realtà io credo che ciò dipenda dalla robusta corazzatura che questi animali hanno e che invece manca per esempio a Turbellari e Gastrotrichi e che perciò vengono duramente danneggiati durante le operazioni di selezione.

I Nematodi comunque rappresentano a queste profondità la quasi totalità della meiofauna, ma ciò che è da sottolineare è la vistosa varietà di specie che ancora persiste. Dinet e Vivier (1977, 1979) hanno trovato nel Golfo di Guascogna concentrazioni di oltre 500 individui su 10 cm² e, tenendo conto solo dei primi 100 animali per ogni campione, hanno rinvenuto ben 300 specie diverse, la maggior parte delle quali erano nuove, appartenenti a 109 generi, 24 famiglie e 6 ordini. Questa straordinaria varietà si attenua però al di sotto dei 4.000 metri.

Purtroppo i dati sulla meiofauna abissale sono ancora troppo pochi perchè qualcosa di definitivo possa essere ancora detto ed esaminati così, nudi e crudi, risultano spesso ancora di difficile lettura.

La meiofauna ci riserva molte sorprese: è indiscutibile l'interesse della scoperta di forme appartenenti a gruppi diversi, come Nematodi ed Anellidi, senza apparato digerente (Giere, 1981; Giere et al., 1984), ma ciò che a parer mio rappresenta un evento straordinario è la recente scoperta del nuovo phylum Loriciphera (Kristensen, 1983; Franzén e Kristensen, 1984). Questi animali sono stati rinvenuti a 500 metri di profondità al largo delle Azzorre, ma anche presso Roscoff a -25, -30 metri in un fondo a Dentalium e al largo della Florida a -15 metri in un fondo ad Anfiosso. Si tratta di animali di piccole dimensioni, lunghi fra 200 e 230 µm che rivelano, sulla base della morfologia, evidenti affinità con i Rotiferi e che perciò sono stati inclusi nel raggruppamento degli Aschelminți.

Lo studio della meiofauna è dunque molto importante ed interessante anche dal punto di vista sistematico poichè ci offre l'opportunità e direi la golosità, di studiare continuamente specie nuove e addirittura phyla nuovi e perchè ci permette di interpretare il comportamento della macrofauna alla luce delle relazioni esistenti fra micro- meio- e macrobenthos.

RIASSUNTO

Il termine di meiobenthos indica organismi le cui dimensioni sono comprese tra 0.040 e 1 mm e per questo motivo si deve distinguere un meiobenthos permanente da un meiobenthos temporaneo che comprende forme giovani e stadi larvali. Poichè i rappresentanti più frequenti e meglio conosciuti sono soprattutto animali, la parola meiobenthos è spesso sinonimo di meiofauna. Nello studio dell'ecologia della meiofauna uno dei fattori più importanti di cui si deve tener conto è la profondità: bisogna perciò distinguere la meiofauna dell'intertidale, di cui la fauna interstiziale è la parte essenziale, e una meiofauna subtidale che si estende dalla piattaforma continentale fino alle piane abissali. I fattori ecologici che controllano la distribuzione sono perciò diversi da zona a zona: nell'intertidale sono soprattutto la granulometria delle sabbie, la salinità e la temperatura, mentre nel subtidale la meiofauna sia di piattaforma che abissale è controllata principalmente dalla natura del substrato e dal contenuto di materia organica in esso presente. La meiofauna ha un ruolo molto importante nell'ambiente marino poichè è legata al macrobenthos e al microbenthos in una catena trofica di cui rappresenta un elemento essenziale. Lo studio della meiofauna ha recato inoltre un importante contributo alla zoologia sistematica con la scoperta di numerosissime specie e addirittura di un nuovo phylum: Loricifera.

SUMMARY

All the organisms whose dimensions are between 0.040 and 1 mm are included in meiobenthos. Therefore temporary meiobenthos, containing all larvae and juveniles of benthic and nectonic species and permanent meiobenthos, which includes all species whose adult size is within these dimensions, must be distinguished as to separate categories. Most of the organisms belonging to the meiobenthos are animals, hence meiofauna and meiobenthos are often used as synonyms. According to depth we can classify an intertidal meiofauna, the most important part of which is the interstitial fauna, and a subtidal fauna which includes both shelf and deep sea meiofauna. The most important ecological factors influencing the distribution of intertidal meiofauna are: sediment, granulometry, salinity and temperature, whereas subtidal meiofauna is mainly controlled by the kind of substratum and the organic matter present. The study of meiofauna has given an important contribution to systematic zoology. In fact not only many new species belonging to numerous phyla have been found, but recently a new phylum: Loricifera, has been discovered. The above mentioned underlines the importance of meiobenthos study in marine biology. In fact it can also throw light on the relationship among micro- meio- and macrobenthos.

BIBLIOGRAFIA

AX P., 1956 - Die Gnathostomulida, eine rätselhafte Wurmgruppe aus dem

- Meeressand. Akad. Wiss. Literatur, Abh. der Math. Nat. Klasse, Mainz, 8, 535-561.
- AX P., 1966a - Eine neue Tierklasse aus dem litoral des Meeres Gnathostomulida. Umschau, 1, 17-23.
- AX P., 1966b - Die Bedeutung der interstitiellen Sandfauna für allgemeine Probleme der Systematik, Ökologie und Biologie. Veröff. Inst. Meeresforschung Bremerhaven, 2, 16-66.
- AX P., 1977 - Problems of Speciation in the Interstitial Fauna of the Galapagos. Mikrofauna Meeresboden, 61, 29-43.
- AX P., SCHMIDT P., 1973 - Interstitielle Fauna von Galapagos. I. Einführung. Mikrofauna Meeresboden, 20, 1-38.
- BELL S.S., 1980 - Meiofauna-Macrofauna interactions in high salt marsh habitat. Ecol. Monogr., 50, 487-505.
- BOADEN P.J.S., 1962 - Colonization of graded sand by an interstitial fauna. Cah. Biol. Mar., 3, 245-248.
- CONRAD J.E., 1976 - Sand grain angularity as a factor affecting colonization by marine meiofauna. Vie et Milieu, 26, 181-198.
- COULL B.C., R.L. ELLISON, J.W. FLEEGER, R.P. HIGGINS, W.D. HOPE, W.D. HUMMON, R.M. RIEGER, W.E. STERRER, H. THIEL, J.H. TIETJEN, 1977 - Quantitative estimates of the meiofauna from the deep sea off North Carolina, U.S.A., Mar. Biol., 39, 233-240.
- COULL B.C., Z. ZO, J.H. TIETJEN, B.S. WILLIAMS, 1982 - Meiofauna of the Southeastern United States Continental Shelf. Bull. Marine Sciences, 32, 139-150.
- DELAMARE DEBOUTTEVILLE C., 1953 - Recherches sur l'écologie et la repartition du Mystacocaride Derocheilocaris remanei Delamare et Chappuis. Vie et Milieu, 4, 321-328.
- DELAMARE DEBOUTTEVILLE C., 1960 - Biologie de eaux souterraines littorales et continentale. Hermann Ed., Paris, 1-740.
- DELAMARE DEBOUTTEVILLE C., L. BOTOSANEANU, 1974 - Animalii primitivi viventi. Feltrinelli Ed., Milano, 1-287.
- DELAMARE DEBOUTTEVILLE C., P.A. CHAPPUIS, 1957 - Contribution a l'étude de la faune interstitielle marine des cotes d'Afrique. I Mistacocarides, Copepodes et Isopodes. Bull. I.F.A.N., 19A, 491-500.
- de ZIO S., 1964 - Distribuzione dei Nematodi in spiagge pugliesi. boll. Zool., 31, 907-920.
- de ZIO S., P. GRIMALDI, 1964a - Ricerche sulla distribuzione ed ecologia di Batillipes pennaki Marcus in una spiaggia pugliese (Heterotardigrada). Cah. Biol. Mar., 5, 271-285.
- de ZIO S., P. GRIMALDI, 1964b - Analisi comparativa del mesopsammon di due spiagge pugliesi in rapporto ad alcuni fattori ecologici. Arch. Bot. Biogeogr. Ital., 40, 357-367.
- de ZIO S., P. GRIMALDI, 1966 - Ecological aspects of Tardigrada distribution in South Adriatic beaches. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven, 2, 87-94.
- DINET A., 1973 - Distribution quantitative du meiobenthos profond dans la region de la dorsale de Walvis (Sud-Ouest African). Mar. Biol., 20, 20-26.
- DINET A., 1976 - Etude quantitative du meiobenthos dans le secteur Nord de la Mer Egée. Acta Adriat., 18, 83-88.
- DINET A., 1979 - A quantitative survey of meiobenthos in the deep

- Norvegia Sea. Ambio Special Report, 6, 75-77.
- DINET A., A. KHRIPOUNOFF, 1981 - Rapports quantitatifs entre le meio-benthos et la matière organique sédimentaire en zone abyssale. In: Biogéochimie de la matière organique à l'interface eau-sédiment marin. Actes Colloq. Int., C.N.R.S., 293, 319-324.
- DINET A., M.H. VIVIER, 1977 - Le meiobenthos abyssal du Golfe de Gascogne. I. Considerations sur les données quantitatives. Cah. Biol. Mar., 18, 85-97.
- DINET A., M.H. VIVIER, 1979 - Le meiobenthos abyssal du Golfe de Gascogne. II. Les peuplements de Nématodes et leur diversité spécifique. Cah. Biol. Mar., 20, 109-123.
- DRAGESCO J., 1960 - Ciliés mésopsammiques littoraux. Trav. Stn. Biol. Roscoff, 12, 1-356.
- FAURE' FREMIET E., 1950 - Ecologie des Ciliés psammophiles littoraux. Bull. Biol. Fr. Belg., 84, 35-75.
- FAURE' FREMIET E., 1951 - The marine sand-dwelling Ciliates of Cape Cod. Biol. Bull., 100, 59-70.
- FIZE A., 1963 - Contribution a l'étude de la microfaune des sables littoraux du Golfe d'Aigues Mortes. Vie et Milieu, 14, 671-774.
- FRANZEN A., C.R.M. KRISTENSEN, 1984 - Loricifera, en nyupptäckt Stam inom djurriket. Fauna och Flora, 79, 56-60.
- GERLACH A.S., 1971 - On the importance of marine meiofauna for benthos communities. Oecologia (Berl.), 6, 176-190.
- GERLACH A.S., 1978 - Food chain relationships in subtidal silty sand marine sediments and the role of meiofauna in stimulating bacterial productivity. Oecologia (Berl.), 33, 55-69.
- GIERE O., 1981 - The guttles marine Oligochaete Phallodrilus leucodermatus. Structural studies on an aberrant Tubificid associated with Bacteria. Mar. Ecol. Progr. Ser., 5, 353-357.
- GIERE O., H. FELBECK, R. DAWSON, G. LIEBEZEIT, 1984 - The guttless Oligochaete Phallodrilus leucodermatus Giere, a Tubificid of structural and physiological relevance. Hydrobiologia, 115, 83-89.
- GRAY J.S., 1966a - Selection of sands by Protodrilus symbioticus (Giard). Veroff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven, 2, 105-116.
- GRAY J.S., 1966b - The attractive factor of intertidal sands to Protodrilus symbioticus. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 46, 627-645.
- GRAY J.S., 1974 - Animal-sediment relationships. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 12, 223-261.
- GRAY J.S., 1981 - The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge Studies in Modern Biology, 2, 1-185.
- GRIMALDI P., 1963 - Primo rinvenimento di Derocheilocaris remanei Del. e Chapp. nel Mediterraneo orientale. (Crust. Mystacocarida). Ann. Ist. Mus. Zool. Univ., Napoli, 15, 1-7.
- GRIMALDI de ZIO S., M. D'ADDABBO GALLO, 1973 - Reproductive cycle of Batillipes pennaki Marcus (Heterotardigrada) and observations on the morphology of the female genital apparatus. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 39 suppl., 212-225.
- GRIMALDI de ZIO S., M. D'ADDABBO GALLO, 1975 - Post-embryonal development and moults in Batillipes pennaki Marcus (Heterotardigrada). Riv. Biol., 68, 243-274.

- GRIMALDI de ZIO S., M. D'ADDABBO GALLO, R.M. DE LUCIA, 1983 - Marine Tardigrades ecology. Oebalia, 9 N.S., 15-31.
- HEINEKE T., W. WESTHEIDE, 1979 - Gezeitenabhängige Wanderungen der Interstitialfauna in einem Sandstrand der Insel Sylt. Mikrofauna Meeresboden, 75, 1-36.
- HOPE W.D., 1977 - Guttless Nematodes of the Deep-Sea. Mikrofauna Meeresboden, 61, 307-308.
- HOPE W.D., D.G. MURPHY, 1969 - Rhaptothyreus typicus n. g. n. sp. an abyssal marine Nematode representing a new family of uncertain taxonomic position. Proc. Biol. Soc. Wash., 82, 81-92
- KOOP K., C.L. GRIFFITHS, 1982 - The relative significance of Bacteria meio- and macrofauna on an exposed sandy beach. Mar. Biol., 66, 295-300.
- KRIPOUNOFF A., D. DESBRUYERES, P. CHARDY, 1980 - Les peuplements benthique de la faille Vema: données quantitatives et bilan d'énergie en milieu abyssal. Oceanol. Acta, 3, 187-198.
- KRISTENSEN R.M., 1983 - Loricifera, a new phylum with Aschelminthes characters from the meiobenthos. Z. Zool. Syst. Evolut.forsch., 21, 163-180.
- MARE M.F., 1942 - A study of a marine benthic community with special reference to the microorganisms. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 25, 517-554.
- Mc INTYRE A.D., 1969 - Ecology of marine meiobenthos. Biol. Rev., 44, 245-290.
- Mc INTYRE A.D., 1972 - Control factors on meiofauna populations. Thalassia Jugosl., 7, 209-215.
- Mc INTYRE A.D., A.L.S. MUNRO, J.H. STEELE, 1970 - Energy flow in a sand ecosystem. In: Marine Food Chains. Steele Ed. Edimburgh, 19-31.
- Mc INTYRE A.D., D.J. MURISON, 1973 - The meiofauna of a Flatfish nursery ground. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 53, 93-118.
- Mc LACHLAN A., 1977a - Studies on the psammolittoral meiofauna of Algoa Bay. II. The distribution, composition in the biomass of the meiofauna and macrofauna. Zool. Afr., 12, 33-60.
- Mc LACHLAN A., 1977b - Composition, distribution abundance and biomass of the macrofauna and meiofauna of four sandy beaches. Zool. Afr., 12, 279-306.
- NYHOLM K.G., 1951 - A monothalamous Foraminifer, Merenda nematoides n. g., n. sp.. Cont. Cushman Fond. Foram. Res., 2, 91-95.
- PENNAK R.W., D.J. ZINN, 1943 - Mystacocarida, a new order of Crustacea from intertidal beaches in Massachusetts and Connecticut. Smith. Misc. Col., 103, 1-11.
- REMANÉ A., 1927 - Halammohydra ein eigenartiges Hydrozoon der Nord und Ostsee. Z. Morph. Ökol. Tiere, 7, 643-677.
- REMANÉ A., 1952 - Die besiedlung des sandbodens im Meere und die bedeutung der Lebensformtypen für die Ökologie. Verh. Dtsch. Zool. Ges. Wilhelmshaven, 327-339.
- RENAUD MORNANT J., 1975 - Deep-Sea Tardigrada from "Meteor" Indian Ocean expedition. "Meteor" Forsch. Ergebnisse, 21, 54-61.
- RENAUD DEBYSER J., B. SALVAT, 1963 - Elements de prospérité des biotopes des sédiments meubles intertidaux et écologie de leur populations en microfaune et macrofaune. Vie et Milieu, 14, 63-550.

- RIEMAN F., M. SCHRAGE, 1978 - The mucus-trap hypothesis on feeding of aquatic Nematodes and implications for biodegradation and sediment texture. Oecologia (Berl.), 34, 75-88.
- SCHMIDT P., 1968 - Die quantitative verteilung und populationsdynamik des mesopsammons am gezeiten-sandstrand der Nordseeinsel Sylt. I. Factorengefüge und biologische gliederung des lebensraumes. Int. Rev. ges. Hydrobiol., 53, 723-779.
- SCHMIDT P., 1969 - Die quantitative verteilung und populationsdynamik des mesopsammons am gezeiten-sandstrand der Nordseeinsel Sylt. II. Quantitative verteilung und populations-dynamik einzelner Arten. Int. Rev. ges. Hydrobiol., 54, 95-174.
- SCHMIDT P., 1972a - Zonierung und jahreszeitliche Fluktuationen des Mesopsammons im sandstrand von Schilksee (Kieler Bucht). Mikrofauna Meeresboden, 10, 1-60.
- SCHMIDT P., 1972b - Zonierung und jahreszeitliche Fluktuationen der interstitiellen Fauna im sandstranden des gebiets von Tromsø (Norwegen). Mikrofauna Meeresboden, 12, 1-86.
- SIBUET M., C. MONNIOT, D. DESBRUYERES, A. DINET, A. KHIPOUNOFF, G. ROWE, M. SEGONZAC, 1984 - Peuplements benthiques et caracteristiques trophiques du milieu dans la plaine abyssale de Demerara. Oceanol. Acta, 7, 345-358.
- STERRER W., 1973 - Plate tectonics as a mechanism for dispersal and speciation in interstitial sand fauna. Netherl. Journ. Sea Res., 7, 200-222.
- SWEDMARK B., 1959 - On the biology of sexual reproduction of the interstitial fauna of marine sands. Proc. 15th Int. Congr. Zool. London, 327-329.
- SWEDMARK B., 1964 - The interstitial fauna of marine sand. Biological Reviews, 39, 1-42.
- SWEDMARK B., G. TEISSIER, 1959 - Halammohydra et Otohhydra, hydrozoaires de la microfaune des sables et l'ordre des Actinulides. Proc. 15th Int. Congr. Zool. London, 330-331.
- VITIELLO P., A. DINET, 1979 - Definition et échantillonnage du meiobenthos. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 25/26, 279-283.
- WARWICK R.M., 1971 - Nematode associations in the Exe estuary. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 51, 439-454.
- WIESER W., 1953 - Die beziehung zwischen Mundhöhlengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden. Ark. Zool., 4, 439-484.
- WIESER W., 1959a - Free-living marine Nematodes. IV: General part. Rep. of the Lund Univ. Chile Expedition 1948-1949, 1-111.
- WIESER W., 1959b - The effect of grain size on the distribution of small invertebrates inhabiting the beaches of Puget Sound. Limnol. & Oceanol., 4, 181-194.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	245-250	1985

OSSERVAZIONI SULLA DISTRIBUZIONE, SISTEMATICA ED ECOLOGIA DEGLI ALACARIDI (ACARI) IN ITALIA

M. Mari, I. Morselli

Istituto di Zoologia - Università di Modena

Allo stato attuale delle conoscenze sono note per l'Italia una cinquantina di specie di Alacaridi: circa quaranta sono forme marine e di acque salmastre, le rimanenti di acqua dolce. Questo numero è senza dubbio molto al di sotto del reale. In mare infatti le ricerche hanno interessato soltanto brevi tratti di costa. Indagini approfondite sono state svolte nelle Secche della Meloria, nel Canale di Piombino, nel lago di Burano (Grosseto), nel Golfo di Napoli e nella zona di Comacchio; alcuni campionamenti sono stati effettuati anche lungo la costa salentina ionica. Per le altre aree invece le conoscenze si limitano ad isolate segnalazioni di qualche specie. Ancora più frammentarie sono le notizie sui popolamenti delle acque interne; se si escludono le ricerche sistematico-ecologiche di Ramazzotti e Nocentini (1960) e di Nocentini (1961) nel lago di Mergozzo e nel lago Maggiore, si conoscono soltanto occasionali rinvenimenti di singole specie.

Eccettuate quattordici specie, limitate per ora alle coste italiane, per le quali evidentemente non sono possibili confronti, le altre sono state rinvenute a profondità e su fondi con caratteristiche simili a quelle riportate in letteratura. Costituisce un'eccezione *Werthella aculeata*, nota finora per l'unica segnalazione di Trouessart (1896) nel Golfo di Guascogna a -1220 e -1410 m di profondità, che è stata da noi ritrovata sulle Secche della Meloria e nel Canale di Piombino tra -10 e -35 m di profondità (Morselli e Mari, 1984).

Per quanto concerne gli Alacaridi marini le ricerche sono state condotte prevalentemente su fondi sabbiosi del meso- e dell'infralitorale. Tra le specie studiate alcune sono interstiziali e mostrano particolari adattamenti a questo ambiente. Si tratta generalmente di specie col corpo allungato e di piccole dimensioni, dovendosi muovere all'interno di limitati spazi fra i granuli di sabbia. Adattamenti si osservano anche nelle placche del tronco. In un alacaride non specializzato per questo ambiente esse appaiono di solito ben sviluppate e separate tra loro da lembi più o meno ampi di tegumento nudo. Nelle specie interstiziali le placche o sono molto ridotte e si limitano alle estremità del corpo, come per es. nei generi *Anomalohalacarus* ed *Acarochelopodia* (Fig. 1A, B), o viceversa sono molto estese così da formare una robusta corazza, come nei generi *Acaromantis* ed *Actacarus* (Fig. 1C, D). L'ornamentazione delle placche è in genere poco appariscente od assente; le protuberanze ed i rilievi tendono a ridursi o a scomparire. Le cornee sono frequentemente ridotte od assenti, e di conseguenza anche le placche oculari si riducono o mancano. L'apertura genitale è spostata verso l'estremità posteriore del corpo, il che favorisce nella femmina l'estroflessione dell'ovopositore. Anche le zampe appaiono modificate così da consentire una migliore penetrazione tra i granuli di sabbia, o una stretta aderenza al tronco. Ovviamente

le modificazioni citate non si osservano tutte insieme in una stessa specie.

Gli Alacaridi, ad eccezione delle fitofaghe Rhombognathinae, sono carnivori e la loro dieta è costituita prevalentemente da piccole prede, da resti di organismi morti e da uova di Invertebrati.

Nelle specie predatrici le zampe, i palpi, oppure entrambe queste appendici sono trasformate per afferrare e trattenere la preda. In alcuni generi, come Agauopsis ed Halacarellus (Fig. 1 E, F) il primo paio di zampe è armato di robuste spine. Krantz (1970) ha osservato alcune Agauopsis tricuspis (= A. vidae) mentre stringevano tra le spine Alacaridi dei generi Copidognathus e Rhombognathus per nutrirsi. In altri generi il primo paio di zampe assume la forma di arto raptorio. In Acaromantis (Fig. 1 G) il corto tarso e la tibia possono ripiegarsi sul telofemore, formando una sorta di pinza, di aspetto simile a quella della Mantide, che servirebbe, secondo André (1946), a trattenere le piccole prede (quali Anellidi) di cui questi Alacaridi si nutrono. E' stato osservato da Travé (1972) che durante la deambulazione questi Alacaridi utilizzano le ultime tre paia di zampe, mentre frequentemente tengono sollevate e dirette in avanti le zampe prime. In Acarochelopodia (Fig. 1 H) il tarso è molto allungato e viene utilizzato per stringere la preda contro gli altri articoli provvisti di numerose e robuste spine seghettate. Anche alcune setole dei palpi, particolarmente trasformate, contribuiscono a trattenere la preda. Nel genere Scaptognathus (Fig. 1 I) invece le modificazioni non interessano le zampe ma le appendici del capitulum: i grossi palpi, dotati di robuste spine rivolte medialmente, sono trasformati in organi di presa che agiscono in senso orizzontale.

Gli Alacaridi sono prevalentemente stenoalini; non mancano tuttavia forme eurialine che hanno colonizzato le acque salmastre. Copidognathus brachystomus e Copidognathus magnipalpus magnipalpus vivono sia in mare che in acque salmastre poli- e mesoaline, ma il solo C. magnipalpus magnipalpus è in grado di sopravvivere in ambienti iperalini come le Valli di Comacchio dove, in anni di scarsa piovosità, nel periodo estivo-autunnale la salinità può superare il 45‰ (Morselli, 1980). Halacarellus petiti, trovata nelle acque mesoaline del lago di Burano (Morselli e Mari, 1978), è una specie alolimnobia presente esclusivamente in estuari ed in laghi costieri con salinità inferiore a quella marina.

Le acque dolci sono popolate da un ristretto numero di specie. In Italia rappresentanti dei generi Porohalacarus, Lobohalacarus, Limnohalacarus, Soldanellonyx, Parasoldanellonyx, Porolohmannella sono stati segnalati in laghi e/o in acque ipogee.

Nelle acque interne tuttavia, accanto a forme esclusivamente dulciacquicole, vivono anche specie di generi marini, quali Copidognathus e Halacarellus, che mostrano una più o meno spiccata tendenza a migrare dalle acque litorali in quelle continentali. Halacarellus phreaticus in Bulgaria è stato rinvenuto da Petrova (1972) in sorgenti d'acqua dolce a 50-60 Km dalla costa. Nel mese di febbraio del corrente anno ci sono stati inviati dal collega Cicolani della Università di L'Aquila, per la determinazione, cinque Alacaridi raccolti in tre pozze d'acqua dolce nella zona di Marsciano, in Umbria, a circa 120 Km dal mare. Tra di essi abbiamo identificato due esemplari appartenenti

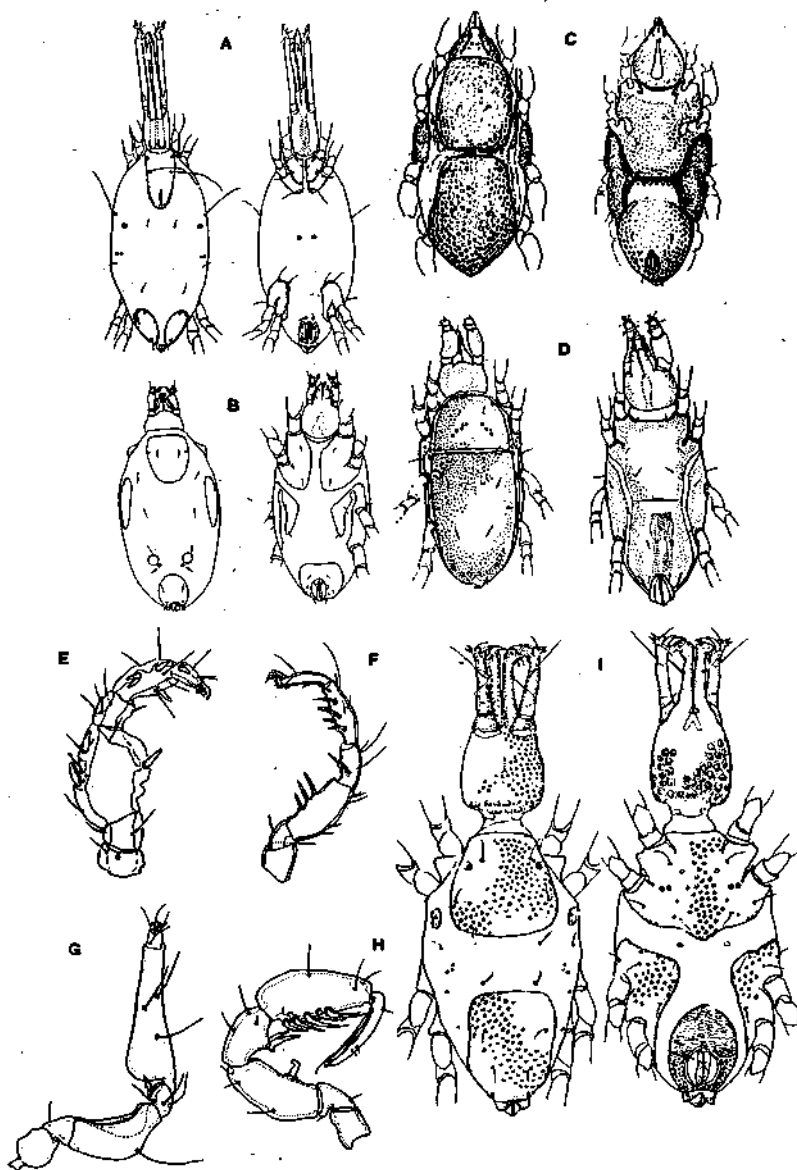


Fig. 1 - Esempjari dei generi: A) *Anomalohalacarus*, B) *Acarocheilopodia*, C) *Acaromantis*, D) *Actacarus*, I) *Scaptognathus* a sinistra in visione dorsale, a destra in visione ventrale. Zampe prime nei generi: E) *Agauopsis* (da Krantz mod.), F) *Halacarellus* (da Petrova), G) *Acaromantis* (da Travé mod.), H) *Acarocheilopodia*.

al genere Halacarellus: è questo il primo rinvenimento in Italia di rappresentanti di questo genere in una località a notevole distanza dalla costa.

Uno dei principali adattamenti degli Alacaridi alla vita nelle acque dolci è costituito dallo sviluppo di ventose (o pori) genitali esterne, considerate organi chemioregolatori. Possono inoltre considerarsi adattamenti all'ambiente dulciacquicolo la partenogenesi telitocica, da noi riscontrata in Porohalacarus alpinus alpinus allevato in condizioni estive (Morselli e Mari, 1979) e le cure parentali osservate da Viets (1940), Ramazzotti e Nocentini (1960) e Nocentini (1961), in due specie di Limnohalacarus, le cui femmine portano le uova appese all'ultimo paio di zampe.

Da più parti viene da tempo sentita la necessità di una revisione sistematica delle forme dulciacquicole. La famiglia Porohalacaridae (o Limnohalacaridae, come proposto da K.O. Viets nel 1961), istituita da K. Viets nel 1933 per le forme dulciacquicole, non sarebbe secondo Newell (1947), Husmann e Teschner (1970), Bartsch (1973) e Petrova (1974) un'unità sistematica basata su rapporti filogenetici, ma un raggruppamento con basi esclusivamente ecologiche. Considerando la comune origine delle forme marine e dulciacquicole, l'esistenza di forme con caratteri intermedi e l'assenza di differenze sostanziali tra questa famiglia e quella degli Halacaridae s.str., viene suggerita la loro riunione in un'unica categoria tassonomica.

RIASSUNTO

Viene brevemente illustrata la distribuzione degli Alacaridi lungo le coste e nelle acque interne italiane. Vengono inoltre presi in esame i principali adattamenti morfologici delle specie interstiziali, gli adattamenti alla predazione ed alla vita nelle acque dolci.

SUMMARY

About 50 species of Halacarids are known to date in Italy, including freshwater species; 14 species have been reported only along the Italian coasts whereas remaining have been found in Italy at depths and on bottoms similar to those reported in the Literature. An exception to this is Werthella aculeata, only reported to date by Trouessart (1896) in the Gulf of Gascony at depths of 1220 m and 1410 m. Recently we have newly found this species along the Tuscan coasts at depths ranging from 10 to 35 m.

Studies on marine Halacarids of the Italian coasts have been mostly performed on some meso- and infralittoral sandy bottoms of Tuscany, Campania and the peninsula of Salento. Some of these Halacarids are exclusively interstitial and show adaptations to this type of environment. Of these, the most striking are: decrease in size; lengthening of the body; diminished size of the idiosoma plates or, on the contrary, their extension to form an almost continuous armature; less pronounced plate ornamentation with disappearance of protuberances, reliefs etc.; reduction or absence of the corneae and

consequently of the ocular plates; modifications of the leg segments allowing an improved penetration between sand grains or a close approach to the body; rearward displacement of the genital opening.

With the exception of the phytophagous Rhombognathinae, the species belonging to the other subfamilies are prevalently carnivorous. Of the latter, some are predators and have structural modifications of the legs (e.g. species of the genus Acaromantis) or of the palpi (e.g. species of the genus Scaptognathus), or of both appendages (e.g. species of the genus Acarochelopodia).

Some species are euryhaline and live in brackish waters; these show different tolerance to environmental salinity level and to its variations.

In freshwater species, the main adaptation consist of the development of chemoregulatory organs, such as external genital suckers. In Porohalacarus alpinus alpinus, experimentally reared in summer conditions, reproduction by thelytokous parthenogenesis has been demonstrated.

BIBLIOGRAFIA

- ANDRE' M., 1946 - Halacaridens marins. Faune de France, 46. Lechevalier Ed., Paris, 152 pp.
- BARTSCH I., 1973 - Porohalacarus alpinus (Thor) (Halacaridae, Acari), ein morphologischer Vergleich mit marinen Halacariden nebst Bemerkungen zur Biologie dieser Art. Ent. Tidskr., 94, 116-123.
- HUSMANN S., D. TESCHNER, 1970 - Ökologie, Morphologie und Verbreitungsgeschichte subterranean Wassermilben (Limnhalacaridae) aus Schweden. Arch Hydrobiol., 67, 242-267.
- KRANTZ G.W., 1970 - Agauopsis vidae, a new species of Halacaridae (Acari: Prostigmata) from the Northern Adriatic Sea, with notes on its behavior. Archo Oceanogr. Limnol., 16, 247-261.
- MORSELLI I., 1980 - Su tre Acari Prostigmati di acque salmastre dell'alto Adriatico. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., ser. B, 87, 181-195.
- MORSELLI I., M. MARI, 1978 - Alacaridi di acque lagunari e costiere della Toscana meridionale. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., ser. B, 85, 63-91.
- MORSELLI I., M. MARI, 1979 - Sulla presenza di Porohalacarus alpinus (Thor) (Halacaridae, Acari) in un laghetto artificiale alla periferia di Modena. Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona, 6, 491-499.
- MORSELLI I., M. MARI, 1984 - Ricerche sugli Alacaridi delle coste livornesi IV. Osservazioni su alcune specie raccolte su fondi sabbiosi della zona di Piombino. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., ser. B, 91, 201-220.
- NEWELL I.M., 1947 - A systematic and ecological study of the Halacaridae of Eastern North America. Bull. Bingham Oceanogr. Coll., 10, 1-232.
- NOCENTINI A.M., 1961 - Primi ritrovamenti di Porohalacaridae (Acari) nel Lago Maggiore. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 13, 127-138.

- PETROVA A., 1972 - Sur la présence d'Halacarellus subterraneus Schulz, 1933 et Halacarellus phreaticus n.sp. (Halacaridae, Acari) en Bulgarie. Acarologia, 13, 367-373.
- PETROVA A., 1974 - Sur la migration des Halacariens dans les eaux douces et la position systématique des Halacariens et Limnohalacariens. Vie Milieu, 24, 87-96.
- RAMAZZOTTI G., A.M. NOCENTINI, 1960 - Porohalacaridae (Hydracarina) del Lago di Mergozzo. Mem Ist. Ital. Idrobiol., 12, 185-200.
- TRAVER' J., 1972 - Sur Acaromantis Squilla Trouessart et Neumann (Halacarien). Morphologie de la patte I. Acarologia, 14, 166-169.
- TROUESSART E., 1896 - Halacariens. In: Résultats scientifiques de la campagne du "Caudan" dans le Golfe de Gascogne (Août - Septembre 1895). Ann. Univ. Lyon, 26, 325-353.
- VIETS K., 1933 - Vierte Mitteilung über Wassermilben aus unterirdischen Gewässern (Hydrachnellae et Halacaridae, Acari). Zool. Anz., 102, 277-288.
- VIETS K., 1940 - Zwei neue Porohalacaridae (Acari) aus Südamerika. (Reise des Herrn P. Wagenaar Hummelinck 1936-37 nach den "Benedenwindsche Eilander". Zool. Anz., 130, 191-201.
- VIETS K.O., 1961 - Die Familien-Namen der Milben des Süßwassers. Eine Revision nach den Regeln der ICZN. Senck. biol., 42, 123-130.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	251-256	1985

PRELIMINARY REPORT OF A LABORATORY EXPERIMENT ON THE EFFECTS OF ORGANIC POLLUTION ON MEIOFAUNA

R. Sandulli

Aberdeen University, Zoology Dept. - DAFS Marine Laboratory, Aberdeen

INTRODUCTION

The high abundance in nature, small size and rapid turnover rate of meiobenthos may make this group of organisms particularly suitable as indicators of environmental quality in marine sediments. The present study, based on the results of the first of a series of laboratory experiments, aims at examining the effects of different loads of organic enrichment on meiobenthos and, in particular, on its most abundant components, nematodes and harpacticoid copepods in order to assess their potential as environmental quality indicators (Amjad and Gray, 1983; Coull, Hicks and Wells, 1981; Gray, 1971; Lambshead, 1984; Raffaelli and Mason, 1981; Raffaelli, 1981; Raffaelli, 1982; Shiells and Anderson, 1985; Warwick, 1981).

MATERIALS AND METHODS

Sixty four sediment cores were collected to a depth of 16 cm from an unpolluted beach (Aultbea, Loch Ewe, West Scotland) by means of perspex tubes of 44 mm internal diameter. The comparatively wide diameter of the columns ensured that both substrate and interstitial fauna remained relatively undisturbed during the sampling phase; on the other hand, their relatively small volume allowed whole cores to be examined, thereby avoiding statistical problems inherent in subsampling larger containers. A total of 16 field core were analysed for selected parameters including particulate organic carbon, ATP, chlorophyll a, sediment particle size distribution, and meiofaunal abundance. In four perspex chambers, one used as control and the remaining for experimental treatments, forty-eight field cores were randomly allocated, twelve per chamber. The chambers were maintained at a temperature of 10 °C, supplied with continuous aeration, in darkness and the sea-water was totally exchanged every week in a two phase operation. Redox potential (Pearson and Stanley, 1979) and oxygen content of sediment were monitored once a week throughout the experiment. Sewage sludge was fractionated on a 150 µ mesh aperture sieve and the residue, utilized for the experiment, had a carbon content equivalent to 43% dry weight. After a short period of acclimation (one week), the sludge treatments were administered in the following quantities per column:

T1: 0.05 g dry sludge, calculated as equivalent to 900 µg C/g sand
T2: 0.15 g dry sludge, calculated as equivalent to 2700 µg C/g sand
T3: 0.50 g dry sludge, calculated as equivalent to 9000 µg C/g sand.

The dosages were based on a projection from hydrographic data for a non-accumulating dumping ground (Dooley, 1977), the lowest treatment being comparable to that calculated for the 1% sedimentation zone. The highest treatment was approximately half the input in the maximum sedimentation zone (8%). By comparison the input values for an accumulating dumping ground (Garroch Head) may be up to 15 times higher than the maximum experimental dosage applied (D.C. Moore, personal comm.). On four different occasions (day 14, 35, 55 and 84) three cores from each chamber were sacrificed in order to establish the meiobenthos abundance (two cores) the organic carbon, ATP and chlorophyll a content in the sediment (one core). The cores were divided in four sections (0-4, 4-8, 8-12 and 12-16 cm), preserved in 5% formalin and stained with rose bengal. Meiofauna was extracted by elutriation and filtration through a 45 μ mesh sieve (Uhlrig, Thiel and Gray, 1973), and counted using a "Vickers" extend-a-arm scanning stereo-microscope.

RESULTS

Field data indicate an abundant and fairly diverse meiobenthic community, showing an average of 9689 individuals per 10 cm², with nematodes, numerically dominant, representing 82% of the total meiofauna, harpacticoid copepods 4% and other taxa a total of 14%. One week after sludge additions several changes were observed; in all three treatment sets most of the cores had developed a dark anaerobic zone at the sediment-treatment interface due to the presence of hydrogen sulphide, the width of which varied with treatment load level. Core darkening continued over the course of the experiment and many columns of T3 were completely dark by day 45. A few days after the appearance of the dark layer, the formation of a white microbial mat at the water-treatment interface was observed. This was due to the aerobic sulphide oxidising filamentous bacterium *Beggiatoa* sp. particularly abundant in T2 and T3 cores. Redox values obtained at 1 cm depth from the cores of all four chambers indicate significant differences in the physico-chemical regime of T2 and T3 columns when compared with Control and T1 cores (Fig. 1). Abundance data for total meiobenthos and for the two dominant taxa, are illustrated in figures 2, 3, 4, 5 and 6. All treatments showed a pronounced and continuous decline in meiofaunal abundance associated with the sewage sludge loads. The highest mortality occurred within a few days of additions (day 14), with nematodes declining by 21, 36 and 41% in T1, T2 and T3 respectively, while corresponding declines for copepods were 33, 51 and 49%.

DISCUSSION

The diminishing abundance of total meiofauna observed in the Control may be due partly to factors imposed by experimental conditions and partly to seasonal fluctuations characteristic of the field community (McIntyre and Murison, 1973; table 10). The greater decline in treated columns was associated with effects related to: a) oxygen

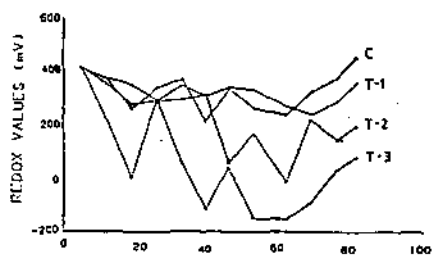


Fig. 1-Redox potential at 1 cm depth

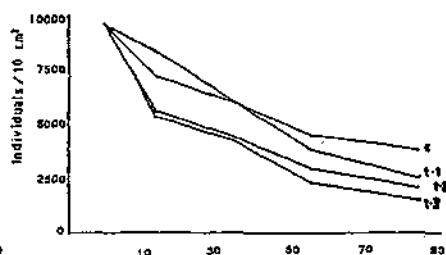


Fig. 2-Meiofauna. Total abundance

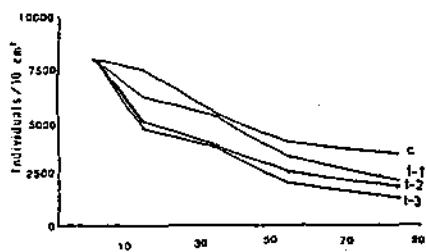


Fig. 3 - Nematoda. Abundance

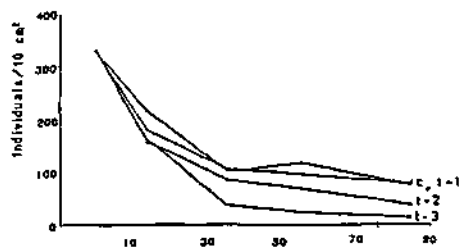


Fig. 4 - Copepoda. Abundance

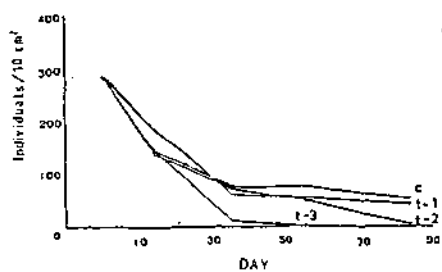


Fig. 5-Interstitial Copepods. Abundance

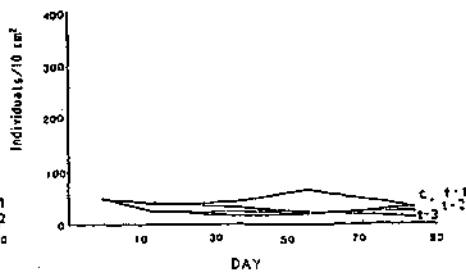


Fig. 6-Epibenthic and endobenthic Copepods

availability, b) toxic products of reducing conditions (H_2S), c) toxic components of sewage sludge (e.g. heavy metals). Within 5 days of additions a significant decrease in dissolved oxygen concentration was observed in treated columns presumably attributable to the combined effects of "blanketing" and enhanced B.O.D.. The highly reduced sediment conditions particularly in T2 and T3 columns indicate the presence of hydrogen sulphide known to be toxic to many aerobic species (Gray, 1981). Possible effects due to elevated levels of heavy metals such as lead, copper and cadmium, having concentrations of up to ten times those encountered in clean North Sea sediments, must also be considered. Concerning the initial high mortality, it is perhaps reasonable to assume that those species most affected, including several to total extinction, reflect the low ecological tolerance expected in the great majority of meiobenthic taxa inhabiting an unpolluted environment such as the field sampling site. Consequently the diminished mortality rate, characterizing the later part of the experiment, may be due partly to a slower decrease of euryoecious taxa and partly to the relatively improved environmental conditions, as demonstrated by Eh profiles from day 62. The nematodes, often considered an euryoecious group showed, nevertheless, a considerable decrease in abundance, though their decline was not comparable with that affecting copepods. From figures 4, 5 and 6, the marked tolerance of epibenthic and endobenthic copepods to enriched environmental conditions, previously observed in other studies (Marcotte and Coull, 1974; Moore and Pearson, 1985; Vidakovic, 1983), is evident. Such forms, being larger (0.5 to >1 mm) and provided with more robust pereopods than mesobenthic species, are capable of more rapid and free movement permitting periodic retreat from heavily contaminated zones. By contrast the typically interstitial forms with smaller body size (<0.5 mm), often maintaining obligatory associations with the sediment grains, appear markedly more sensitive to environmental stress, as demonstrated by their total absence in T3 from day 55. The results of this study are in accord with those obtained by Marcotte and Coull (1974) in investigations carried out in the Adriatic, which showed a positive influence of sewage on epi- and endobenthic copepods. Furthermore they support the suggestion of Shiells and Anderson (1985) that validity of the nematode/copepod ratio (Raffaelli and Mason, 1981), as an index of organic pollution, could be enhanced by considering in the calculation only truly interstitial copepod species (Table 1).

Table 1 - Nematode/copepod ratio. (a) Total copepoda; (b) Interstitial copepoda. No interstitial copepods survived in T3 by day 84.

	(a)					(b)			
	C	T1	T2	T3		C	T1	T2	T3
Day 14	40.3	28.2	31.2	28.2	****	52.1	34.1	37.1	33.1
Day 35	49.8	49.8	43.7	99.4	****	71.4	85.2	54.1	314.7
Day 55	40.4	27.5	36.7	79.8	****	53.6	60.1	51.8	2074
Day 84	43.6	28.7	49.9	96.7	****	64.6	50.8	379	infin.

CONCLUSIONS

The results of this study showed a net decline in all meiofaunal groups proportional to the applied organic load. The effect was considerably more severe in T2 and T3 than in T1 which remained relatively close to control. The critical value of threshold value between small and important changes in meiofaunal density and diversity must lie between T1 and T2. In a field situation the organic load equivalent to T1 may even result in a faunal enhancement. Identification of a single factor causing the observed response would be, at this stage, inadvisable and further refinement of this method, in combination with field data, could provide information about the critical organic level which separates minimal effects from important and negative effects on the environment and fauna.

Further work on species composition and on their differential response to environmental stress, such as identification of tolerant and sensitive species, could elucidate other interesting aspects in pollution studies.

SUMMARY

In order to investigate the effects of organic enrichment on the meiofaunal community of sediments, an experiment of 12 weeks duration was carried out under laboratory conditions. Sediment samples from an uncontaminated intertidal beach were collected and maintained as undisturbed cores in four large chambers supplied with oxygen saturated sea-water. After a seven day acclimation period three sets of cores were treated with different loads of sludge, while the fourth set was kept as an untreated control and the resultant effects monitored over a period of three months. Physico-chemical characteristics such as redox potential and oxygen content of sediments and the status of the meiofaunal community were examined and measured at regular time intervals throughout the experiment.

The results obtained indicate a negative association between total meiofauna abundance and both treatment level and time of exposure. Changes at the order level revealed an elimination of the interstitial (mesobenthic) harpacticoid copepods, while the epibenthic and endobenthic copepod species were little affected by any of the applied treatments. In the light of these data, the possibility of a new interpretation of the nematode/copepod ratio (Raffaelli and Mason, 1981), as a valid index of organic pollution level in sediments, is discussed.

ACKNOWLEDGEMENTS

I am indebted to staff, of the DAFS Marine Laboratory, Aberdeen, mainly to Dr. A. Eleftheriou, Mr. D.J. Murison, Mr. D.J. Basford and Mr. D.C. Moore, for their valuable assistance and advice throughout the duration of this study.

REFERENCES

- AMJAD S. and GRAY J.S., 1983 - Use of the nematode/copepod ratio as an index of organic pollution. Mar. Poll. Bull., 14, 178-181.
- COULL B.C., HICKS G.R.F. and WELLS J.B., 1981 - Nematode/copepod ratios for monitoring pollution: a rebuttal. Mar. Poll. Bull., 12, 379-381.
- DOOLEY H.D., 1977 - Hydrographical considerations on distribution of sludge on proposed dumping grounds. DAFS unpublished report.
- GRAY J.S., 1971 - The effects of pollution on sand meiofauna communities. Thalassia Jugoslavica, 7, 79-86.
- GRAY J.S., 1981 - The ecology of marine sediments. Cambridge University Press, 185 pp.
- LAMBSHEAD P.J.D., 1984 - The nematode/copepod ratio. Some anomalous results from the Firth of Clyde. Mar. Poll. Bull., 15, 256-259.
- MARCOTTE B.M. and COULL B.C., 1974 - Pollution diversity and meiobenthic communities in the North Adriatic (Bay of Piran, Yugoslavia). Vie Milieu, 24, 281-300.
- MCINTYRE A.D. and MURISON D.J., 1973 - The meiofauna of a flatfish nursery ground. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 53, 93-118.
- MOORE C.G. and PEARSON T.H., 1985 - Response of a marine benthic copepod assemblage to organic enrichment. Proc. 2nd Int. Conf. Copepoda, Ottawa. In press.
- PEARSON T.H. and STANLEY, 1979 - Comparative measurement of the redox potential of marine sediments as a rapid means of assessing the effect of organic pollution. Marine Biology, 53, 371-379.
- RAFFAELLI D. and MASON C.F., 1981 - Pollution monitoring with meiofauna using the ratio of nematodes to copepods. Mar. Poll. Bull., 12, 158-163.
- RAFFAELLI D., 1981 - Monitoring with meiofauna. A reply to Coull, Hicks and Wells (1981) with additional data. Mar. Poll. Bull., 12, 381-382.
- RAFFAELLI D., 1982 - An assessment of the potential of major meiofauna groups for monitoring organic pollution. Mar. Environ. Res., 7, 151-164.
- SHIELLS G.M. and ANDERSON K.J., 1985 - Pollution monitoring using the nematode/copepod ratio. A practical application. Mar. Poll. Bull., 16, 62-68.
- UHLIG G., THIEL H. and GRAY J.S., 1973 - The quantitative separation of meiofauna. A comparison of methods. Helgolander Wiss. Meeresunters., 25, 173-195.
- VIDAKOVIC J., 1983 - The influence of raw domestic sewage on density and distribution of meiofauna. Mar. Poll. Bull., 14, 84-88.
- WARWICK R.M., 1981 - The nematode/copepod ratio and its use in pollution ecology. Mar. Poll. Bull., 12, 329-333.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	257-261	1985

A YEARLY SURVEY OF THE INVERTEBRATE FAUNA OF Rytiphloea tinctoria (CLEM.) C. AG. IN THE STAGNONE SOUND (W/SICILY)

M.P. Sparla, S. Riggio

Laboratorio di Ecologia, Istituto di Zoologia dell'Università - via Archirafi, 18 - 90123 PALERMO

INTRODUCTION

A previous faunistic investigation in the Stagnone Sound had shown the existence of a rich Invertebrate fauna living within the thallus and the leaflets of the red alga Rityphloea tinctoria (Sparla & Riggio, 1983 - 1984). Such a seaweed is found in the Stagnone in three main life forms (Calvo et al., 1980): a normal algal habitus, which flourishes mainly in winter; an aegagropila form, particularly common in summer in the central section of the lagoon and a spherical or "ball shaped" form, obtained from the overgrowth of the alga on the surface of a submerged object, such as a sponge, drifting with bottom currents. These two last forms are hardly distinguished, and only a careful dissection of the algal ball can show the existence of a central nucleus of growth. During the first cycle of investigation, a series of algal balls belonging to the third type were examined. A rich faunistic complex was present in all samples. The invertebrates were confined to the algal felt: a close relationship of the fauna with the sponge could therefore be ruled out. During a second phase of the survey we have brought forth the task of data collection begun in the preceding semester. The information supplied has given an overall confirmation of the assumption already made and has stressed the existence of a faunistic community strictly associated to the alga.

METHODS

The same procedure used in the first survey was employed, i.e. algal balls were collected in the Southern section of the Sound, midway between the islet of Mothya and Punta Palermo on a muddy bottom at about -0,80 m depth.

Samplings were made in May, July and October 1983. Each sample, about 20 cm in diameter, was thoroughly dissected and the fauna were sorted out. Qualitative and quantitative analyses were carried out. The relative population densities were expressed either as number of individuals or as percentages of the total Invertebrate population in order to make comparison between samples of different size meaningful. Examination of the faunistic assemblages has overlooked some minor groups whose presence was not constant and whose densities were a negligible fraction of the fauna.

RESULTS

A total number of 4920 individuals were sorted out from the spring and summer samples and 76 species were identified. The Peracarid Crustacea were the most numerous group with 2527 individuals, equal to 51,4% of the total population. The Gastropod Molluscs followed with 1350 individuals, representing 27,4%; then came the Polychaete Annelida with 722 individuals corresponding to 14,7%. Minor groups such as the Ascidiacea, the Echinodermata and the Sipunculoidea accounted for merely 7%. As far as the qualitative constitution was considered, the Gastropod Molluscs showed the highest diversity with 33 species equal to 43,4%. Examination in detail of samples gave the results reported below.

SPRING SAMPLE, collected in May. 1451 individuals were sorted out, belonging to 39 species. The Peracarid Crustacea and the Gastropod Molluscs were equally represented with 14 species for each group; the Polychaeta followed with 7. The distribution of individuals was however very different. The Crustacea were in fact 902 individuals - about 61% - concentrated in three species: Parapseudes latifrons Grube, with 480 individuals, amounting to 33% of the total invertebrate population in the sample; Apseudes latreillei M. Edw. with 246 individuals equal to 16% - and Elasmopus pocillimanus Bate with 92. The Gastropod population included 278 individuals - 19% - 233 of which were Nodulus contortus Jef. - 16% - and 14 Setia semistriata Mont.. The Polychaeta were 189 - 13% - 99 of which were Syllis hyalina Grube and 71 S. variegata Grube.

The SUMMER SAMPLE collected in July contained 1448 individuals included in 35 species; 16 species were Peracarid Crustacea, 8 were respectively Polychaete Annelida and Gastropod Molluscs. 361 individuals of Parapseudes latifrons Grube were counted, together with 78 A. latreillei, 94 Maera grossimana Mont., 47 Leptocheirus guttatus Grube, 32 Lysianassa longicornis Lucas and other Amphipod species. The Gastropods were 589, 580 of which were Nodulus contortus Jef. The number of the Polychaeta was 102, mostly represented by Syllids.

The AUTUMN SAMPLE collected in October contained a much smaller number of individuals, 655, distributed within 41 species. Gastropod Molluscs and the Peracarid Crustacea were present with about the same number of species, respectively 14 and 13. The Polychaeta were 11 species, but they were quantitatively dominant with 226 individuals, equal to 34,5%.

As many as 124 Syllis hyalina Grube were counted, approximately 19% of the whole community, while S. variegata Grube attained the number of 40. The Peracarid Crustacea were far less numerous: Parapseudes latifrons Grube was restricted to 12 individuals, A. latreillei M. Edw. was nearly absent; the Amphipods were comparatively more numerous, with 41 Leptocheirus guttatus Grube, 35 Lysianassa longicornis Lucas and 27 Maera inaequipes Costa individuals. The Gastropod Nodulus contortus Jef. was represented by as little as 28 individuals. Cumulating the above results with those obtained in the previous survey (Sparla & Riggio, cit.), we sum up a total number of 7628 individuals belonging to 127 species.

The groups prevailing in numbers of individuals are in the sequen-

ce: the Peracarid Crustacea and, within these, the Tanaidacea, followed by the Amphipoda; the Gastropod Molluscs follow, with Nodulus contortus often approaching 90%, and then come the Polychaete Annelida with the Syllinae making up the bulk of the worm populations (Fig. 1).

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Some noteworthy features had already been outlined by our preliminary survey on the Invertebrate fauna associated to R. tinctoria algal balls. One was the constancy of the Invertebrate settlement from a qualitative point of view in the winter and spring months. Another outstanding feature was the very high density of some leading taxa, which made the hypothesis of a temporary or occasional presence of the fauna within the algal felt quite unreliable.

It seemed rather that the Invertebrate - Alga association was a constant and self - reproducing phenomenon which could be understood in the frame of a true community (Riggio & Sparla, 1985).

However, there was no evidence that the picture sketched in the first survey should hold also during the summer, when the environmental conditions in the lagoon are particularly severe due to the rise in water temperature and the drop in oxygen content (Arena, 1976). If the summer fauna showed characteristics very different from winter, there would have been evidence to conclude that the algal balls are merely an occasional shelter or rather a "meeting point".

The results obtained from April to October are instead quite in agreement with the data collected in other seasons. The observed constancy of the qualitative constitution as well as of the density of the settlement are further stressed.

The Invertebrate populations show a marked increase in densities from spring throughout summer, whereas the number of species hardly changes at all. The enhanced severity of the environmental factors consequent to the advancement of the season favours some taxa that can be considered macrothermic and microaerophilic, whose numbers attain maximum values becoming overdominant. They are the same taxa prevailing in the rest of the year, i.e. the above listed Tanaidae Parapseudes latifrons Grube, Apseudes latreillei M. Edw., the Gastropod Nodulus contortus Jef.

Some other groups show an opposite behaviour: the Syllid Polychaetes sensibly decrease, to increase again in the cold season and the Amphipods follow a similar life cycle. A complementary behaviour is also evident between the Amphipoda and the Tanaidacea, whose peaks of maximum abundance are recorded respectively in winter and in summer. A different tolerance to dissolved oxygen and water temperature is presumably the cause of such a seasonal distribution of the two groups.

A noteworthy observation to be furthermore stressed is the uninterrupted presence of the main dominant taxa throughout the year, despite the often dramatic dropping of population densities. This datum is in favour of our prime assumption that the Invertebrate fauna and the alga are components of a loosely structured community distinguished from the other communities of the lagoon by its rolling and drifting

motions on the bottom due to whirling currents (Di Pisa e Riggio, 1983; Riggio et al., 1982). The Invertebrate components of this community are to a large extent "occasional refugees": this should be the actual role of the minor groups as well as of the least frequent species. A small amount of species are instead definitive - but not exclusive - dwellers of the algal felt, and to these should be referred the most frequent and/or dominant taxa.

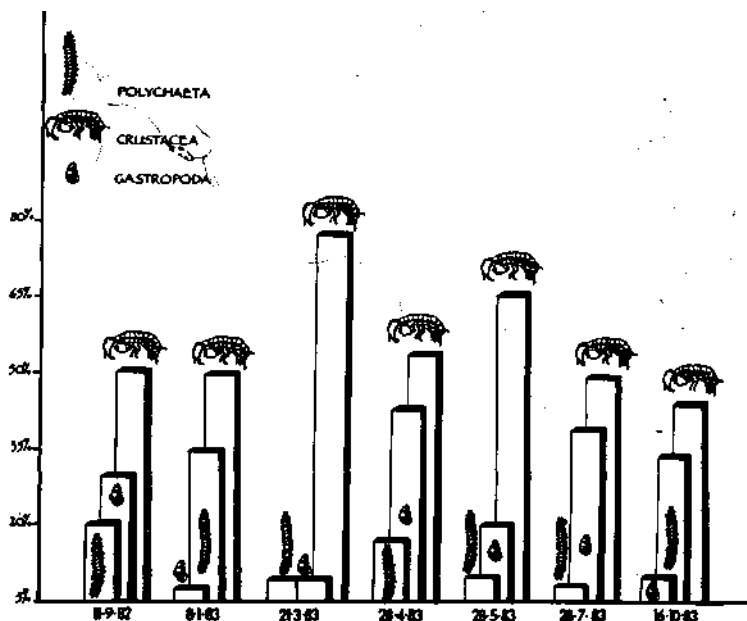


Fig. 1 - Distribution of the major groups in the year.

No one of these is however a specialized form: one can thus conclude that all the Invertebrates associated to *R. tinctoria* are primarily recruited from the sandy bottom or from the nearby submerged vegetation. The intricate networks forming the algal balls seem therefore to offer this endoliving fauna a very effective refuge and optimum conditions for survival and reproduction. Comparison with the fauna of a sample of the green alga *Dasycladus vermicularis* Scop. Kr. gives a further support to this assumption; differences from *R. tinctoria* in numbers and in percentages of invertebrate groups, coexistence of diverse stages of growth and maturity, are in favour of the drifting-community hypothesis. A next step in our research should be a control survey of the true *aegagropyla* forms to ascertain the actual ability of a peculiar Invertebrate fauna to live in association with *R. tinctoria*.

SUMMARY

A faunistic survey carried out in summer on the red alga Rytiphloea tinctoria growing in ball shape shows a taxonomic composition very similar to that reported in winter. The dominant taxa, mostly belonging to the Peracarid Crustacea and to the Gastropod Molluscs are present with very high numbers of individuals. A decrease in numbers and a noteworthy alternation of the taxonomic groups occur in autumn.

RIASSUNTO

Si riportano dati sui popolamenti estivo-autunnali associati all'alga rossa R. tinctoria. La composizione tassonomica non mostra cambiamenti cospicui rispetto ai campioni invernali, mentre le densità di alcuni gruppi come i Peracaridi e i Gasteropodi subiscono vistosi aumenti. Un regresso numerico ed un cambiamento qualitativo hanno luogo in autunno.

REFERENCES

- ARENA P., 1976 - La situazione ambientale dello Stagnone ed i problemi relativi alla sua valorizzazione. Atti del Convegno "L'Uomo e lo Stagnone", Marsala, 8-9 maggio 1976, 47-62.
- CALVO S., DRAGO D., SORTINO M., 1980 - Winter and Summer submersed Vegetation Maps of the Stagnone (Western coast of Sicily). Revue de Biologie-Ecologie méditerranéenne. T. VII, 2, 89-96.
- DE PISA G. e RIGGIO S., 1982 - La circolazione lagunare dello Stagnone di Marsala (Sicilia Occidentale): formulazione di un modello matematico semplificato. Bull. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 50 suppl. 167-172.
- RIGGIO S. et al., 1983 - The Stagnone Lagoon (Western Sicily): an ecological Approach to the Management of its natural resources. Rapp. Comm. int. mer Médit., 28, 6, 143-146.
- RIGGIO S. & SPARLA M.P., 1985 - A survey of the invertebrate populations inhabiting Rytiphloea tinctoria (CLEM.) C. AG. aegagropila in the Stagnone sound (W/Sicily). Rapp. Comm. int. mer Médit., 29, 4, 143-144.
- SPARLA M.P. & RIGGIO S., 1983-84 - Notes on the Invertebrate Fauna associated to the red alga Rytiphloea tinctoria (CLEM.) C. AG. aegagropyla in the Stagnone Sound (Western Sicily). Nova Thalassia, 6, suppl., 105-111.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	263-268	1985

GENETICA ECOLOGICA ED EVOLUTIVA IN COPEPODI DEL GENERE TISBE

G. Fava

CNR - Istituto di Biologia del Mare - 30122 Venezia

Le aree salmastre sono degli ambienti estremamente rigorosi dove pochi organismi sono in grado di insediarsi stabilmente compiendo l'intero ciclo vitale e formando delle popolazioni stabili. Le ricerche pionieristiche di Remane (1934) sono state confermate per quanto riguarda la progressiva riduzione del numero di specie marine rinvenibili in zone con bassa salinità (D'Ancona e Battaglia, 1962).

Vari studi hanno analizzato i meccanismi di adattamento fisiologico che consentono la sopravvivenza in tali aree, rilevando come siano le ampie ed imprevedibili Variazioni di salinità ad agire sul maggiore numero dei processi biochimici e fisiologici interessati (Kinne, 1971). Poco si conosce, invece, su quali forme di adattamento genetico siano attive e sul grado di differenziamento esistente tra popolazioni marine e lagunari.

Questo insoddisfacente stato delle nostre conoscenze dipende dalla scarsità degli studi dedicati alla genetica di organismi marini, determinata dal ridotto numero di specie di cui sia possibile l'allevamento in condizioni di laboratorio (Fava, 1984). Il recente sviluppo delle tecniche elettroforetiche ha consentito di estendere il campo d'indagine anche a specie non allevabili. Tuttavia tali ricerche soffrono di una limitazione: forniscono informazioni su un ristretto gruppo di geni, quelli che codificano per enzimi, che non possono essere considerati un campione rappresentativo dell'intero genoma e che non sono necessariamente implicati nel controllo della "fitness".

Alcune specie di copepodi bentonici del genere *Tisbe* appaiono particolarmente adatte per studi di genetica evolutiva nell'ambiente marino. Sono facilmente allevabili, consentono di effettuare vari tipi di indagine genetica e presentano un'ampia distribuzione ecologica, formando popolazioni permanenti sia in mare sia nelle lagune.

* * *

Una serie di ricerche sono state effettuate, su specie a distribuzione pressochè cosmopolita, per verificare l'esistenza di fenomeni di isolamento riproduttivo tra popolazioni geograficamente distinte, considerando campioni sia di aree marine che lagunari.

In *T. bulbisetosa* e *T. holothuriae*, quest'ultima presente anche in aree con salinità molto ridotta e altamente variabile (Fava e Volkmann, 1975; Fava, 1980), non è apparso alcun indizio di isolamento riproduttivo, anche incrociando esemplari provenienti dalle sponde dell'Atlantico (Battaglia e Volkmann, 1973). La situazione è sostanzialmente diversa, e molto più complessa, per *T. clodiensis*. Questa risulta essere una super-specie, suddivisa in numerose popolazioni geografiche in corso di differenziamento tra le quali esistono diversi gradi di isolamento riproduttivo, che vanno dalla intersterilità pres-

sochè completa, anche in popolazioni vicine come quelle di Trieste e di Grado, alla totale compatibilità anche a lunga distanza, come tra gli animali di Beaufort (USA) e quelli di Roscoff (Francia) (Volkman et al., 1978).

Per cercare di comprendere quali meccanismi di adattamento genetico e quali interazioni genotipo-ambiente, possano portare al differenziamento tra popolazioni marine e di aree salmastre, facilitando l'instaurarsi di barriere riproduttive, si sono utilizzate varie metodologie d'indagine genetica in modo da acquisire informazioni da loci di tipo diverso.

Le misure della "concealed genetic variability", o carico genetico, hanno fornito una stima della variabilità per quei geni che, allo stato omozigote, operano una depressione della sopravvivenza da nauplio ad adulto, e che pertanto sono implicati nel controllo della "fitness". Si tratta quindi di loci che potrebbero far parte dei meccanismi di adattamento che consentono la colonizzazione delle acque salmastre. In *T. holothuriae* si sono confrontate popolazioni marine e lagunari in due differenti zone del Mediterraneo.

In Adriatico sono state campionate due aree della laguna di Venezia, una prossima al mare (Alberoni) ed una più interna (Malamocco), e una marina della costa dalmata presso Spalato. Una popolazione marina (Banyuls - s.m.) ed una lagunare (Sigeau) sono state considerate nel Mediterraneo occidentale (Lazzaretto-Colombera et al., 1976; Fava et al., 1976; Battaglia et al., 1978). In entrambe le località si è riscontrata una diminuzione della variabilità genetica latente andando dalle popolazioni marine a quelle lagunari interne (Tabella 1).

Tab. 1 - Misure del carico genetico espresso come numero medio di letali equivalenti (b) per gamete.

Località	b	Località	b
Spalato	2,265	Banyuls-s.m.	1,897
Alberoni	1,779	Sigeau	1,067
Malomocco	1,244		

Il medesimo risultato è stato ottenuto in uno studio di tre popolazioni di *T. bulbisetosa*; una proveniente da un'area prossima al mare nella laguna di Grado (b = 2,815); una dalla stazione Malamocco nella laguna di Venezia (b = 1,131); la terza, infine, da una zona interna della Sacca di Scardovari, delta del Po (b = 0,650) (Cervelli e Fava, 1980).

Per entrambe le specie sono disponibili alcuni dati sulla variabilità di quei loci strutturali che codificano per proteine con funzione enzimatica. Questa, nelle popolazioni del Mediterraneo occidentale, mostra una tendenza ad essere minore nelle aree salmastre sia per *T. bulbisetosa* (Bisol et al., 1979) sia, in minor misura, per *T. holothuriae* (Battaglia et al., 1978) (Tabella 2).

Tabella 2 - Variabilità per i geni che codificano enzimi.

	Località	% loci polimorfi	n. medio di alleli	H media attesa
<u>T. holo- thuriae</u>	Banyuls-s.m.	57,9	2,16	0,241
	Mourut	52,6	2,00	0,247
	Port-la-Nouv.	47,4	2,00	0,232
<u>T. bulbi- setosa</u>	Banyuls-s.m.	33,3	1,89	0,20
	Port-la-Nouv.	33,3	1,83	0,17
	Leucate	27,8	1,72	0,15

La riduzione della variabilità per questi geni sembrerebbe comunque meno accentuata rispetto alle stime del numero di letali equivalenti. Nel caso, poi, delle due popolazioni di T. holothuriae della laguna di Venezia, che pure si presentano differenziate sia per i valori del carico genetico sia per quanto riguarda le stime di vari parametri biologici, non si sono riscontrate differenze nel grado di variabilità enzimatica (Bisol et al., 1980).

Questo risultato, se suffragato da ulteriori verifiche, potrebbe favorire l'ipotesi che non tutti i tipi di geni abbiano lo stesso ruolo nel permettere l'adattamento ad ambienti con variabilità elevata e sostanzialmente imprevedibile, quali sono appunto le lagune considerate.

Ulteriori ricerche, condotte su T. clodiensis, hanno avuto lo scopo prevalente di verificare se, e come, le popolazioni lagunari siano un anello importante della lunga catena di eventi che porta alla formazione di specie nuove.

I risultati ottenuti sinora si riferiscono ad animali provenienti da aree simili delle lagune di Venezia e di Grado che, essendo perfettamente interfeconde, potrebbero rappresentare uno degli stadi iniziali del processo di differenziamento. Una serie di esperimenti ha riguardato lo studio della genetica di popolazioni sperimentali per le quali si è preso in considerazione l'andamento delle frequenze dei geni che controllano il polimorfismo naturalmente presente in questa specie (Fava, in stampa).

In altri, si sono studiati gli effetti che la riduzione di salinità produceva sia su alcuni parametri biologici che su una serie di caratteri metrici e meristici (Fava e Battaglia, 1985).

In tutti gli esperimenti le risposte ottenute erano diverse nelle due popolazioni. Tali risultati, pur se non definitivi, mettono in evidenza come, anche tra popolazioni geograficamente ed ecologicamente vicine, esista un certo grado di divergenza.

* * *

I risultati brevemente riassunti non possono certamente essere considerati come "conclusivi" né, per altro, avevano la pretesa di esserlo. Tuttavia, forniscono un'ulteriore conferma sperimentale dell'ipotesi che la selettività degli ambienti salmastri determini un

significativo rimaneggiamento della struttura genetica nelle popolazioni permanenti. Per quanto riguarda le specie studiate, le modificazioni che vengono indotte sembrerebbero portare ad una riduzione della variabilità, particolarmente per i loci che sono sicuramente coinvolti nel controllo della "fitness". Questo suggerisce che solo pochi genotipi siano adatti a sopravvivere in ambienti tanto rigorosi.

Inoltre la salinità, il cui ruolo nell'attivare vari meccanismi di adattamento fisiologico è stato sopra ricordato, appare come uno dei principali fattori ambientali capaci di indurre modifiche nei pools genici dei popolamenti naturali. Infine trova un ulteriore supporto l'ipotesi che le aree lagunari rivestano una particolare importanza nell'avviare la lunga successione di alterazioni che possono portare ad un grado di divergenza sufficientemente elevato da poter dare origine a nuove specie. Un aspetto che necessita di un'attenta valutazione è il peso che gli eventi casuali possono avere nel processo di differenziamento evolutivo.

I risultati discussi costituiscono, infine, una conferma della utilità che gli arpacticoidi, ed in particolare vari membri del genere *Tisbe*, hanno per ricerche di genetica ecologica ed evolutiva negli ambienti marini e salmastri. Rappresentano anche una base di conoscenze utili per ampliare ed approfondire le ricerche, in modo da poter giungere alla formulazione di modelli evolutivi capaci di descrivere non solo le linee generali, come sono state qui tratteggiate, ma anche i meccanismi genetici che conducono alla speciazione.

SUMMARY

Ecological and evolutionary genetics in marine copepods of the genus *Tisbe*. Many species of the genus *Tisbe* represent a good material for studies on ecological and evolutionary genetics. They often show a wide geographic distribution colonizing a variety of marine and brackish environments, and they can be easily reared under laboratory conditions. A series of studies have been made to analyze the level of genetic differentiation between marine and lagoon populations. Genetic load estimates were obtained for *T. holothuriae* and *T. bulbisetosa*. The concealed genetic variability appeared reduced in the brackish populations. A similar trend was observed also considering the variability of the genes encoding for enzymes. Thus, the strong selection operating in the lagoons appears to favour a reduced number of genotypes, increasing the homozygosity. In order to estimate if these genotype-environment interactions could have a role in promoting speciation, several experiments have been planned with the polymorphic super-species *T. clodiensis*, considering two closely related brackish populations: from the lagoons of Grado and Venice. Comparisons were made analyzing the frequencies of the genes which control the polymorphism, and studying the effect of a salinity reduction of some life-history and quantitative traits. The two populations showed always a different behaviour suggesting the presence of a genetic differentiation. These data suggest that the lagoon environments promote a genetic divergence among natural populations which could be regarded as a first step of the long process leading to speciation.

BIBLIOGRAFIA

- BATTAGLIA B., P. M. BISOL e G. FAVA, 1978 - Genetic variability in relation to the environment in some marine invertebrates. In: Marine Organisms: Genetics, Ecology and Evolution, Battaglia B. e J. A. Beardmore eds, Plenum Pb. Corp., N.Y., 53-70.
- BATTAGLIA B., P. M. BISOL e V. VAROTTO, 1978 - Variabilité génétique dans des populations marines et lagunaires de Tisbe holothuriae (Copepoda, Harpacticoida). Arch. Zool. exp. gen., **119**, 251-254.
- BATTAGLIA B. e B. VOLKMANN-ROCCO, 1973 - Geographic and reproductive isolation in the marine harpacticoid copepod Tisbe. Marine Biology, **19**, 156-160.
- BISOL P. M., M. CERVELLI, G. FAVA e V. VAROTTO, 1980 - Variabilità genetica in Tisbe holothuriae (Copepoda, Harpacticoida) della laguna di Venezia. Mem. Biol. Marina e Oceanogr., suppl. X, 367-368.
- BISOL P. M., V. VAROTTO e B. BATTAGLIA, 1979 - Variabilità genetica di tre popolazioni del copepode arpacticoide Tisbe bulbisetosa. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem. ser. B, **86** suppl., 357-359.
- CERVELLI M. e G. FAVA, 1980 - Carico genetico in Tisbe (Copepoda, Harpacticoida). III. T. bulbisetosa della laguna di Grado e della Sacca di Scardovari. Accad. Naz. Lincei Rc., **68**, 343-351.
- D'ANCONA U. e B. BATTAGLIA, 1962 - Le lagune salmastre dell'Alto Adriatico, ambiente di popolamento e selezione. Pubbl. staz zool. Napoli, **32** suppl., 315-335.
- FAVA G., 1980 - Osservazioni ecologiche sulle specie di Tisbe (Copepoda, Harpacticoida) nella laguna di Marano. Atti Ist. veneto Sci., **138**, 39-51.
- FAVA G., 1984 - La genetica delle popolazioni nell'ambiente marino Acqua & Aria, **8**, 821-828.
- FAVA G. (In stampa) - Genetic differentiation in experimental populations of the copepod Tisbe clodiensis from two Adriatic lagoons. J. Exp. Mar. Biol. Ecol.
- FAVA G. e B. BATTAGLIA, 1985 - Processes of differentiation between mediterranean populations of the super-species Tisbe clodiensis Battaglia and Fava (1968) (Copepoda). In: Mediterranean Marine Ecosystems, Moraitou-Apostolopoulou M. e V. Kiortsis eds, Plenum Pb. Corp., N.Y., 333-346.
- FAVA G., I. LAZZARETTO-COLOMBERA e M. CERVELLI, 1976 - Carico genetico in Tisbe (Copepoda, Harpacticoida). II. T. holothuriae e T. bulbisetosa della laguna di Venezia. Accad. Naz. Lincei Rc., **60**, 699-708.
- FAVA G. e B. VOLKMANN, 1975 - Tisbe (Copepoda: Harpacticoida) species from the lagoon of Venice. I. Seasonal fluctuations and Ecology. Marine Biology, **30**, 151-165.
- FAVA G. e B. VOLKMANN, 1977 - Tisbe (Copepoda, Harpacticoida) species from the estuarine embayment of Scardovari. Archo Oceanogr. Limnol., **19**, 55-64.
- KINNE O., 1971 - Salinity, Animals, Invertebrates. In: Marine Ecology, Vol. I, parte 2, Kinne O. ed., Wiley N.Y., 821-995.

- LAZZARETTO-COLOMBERA I., G. FAVA e M. GRADENIGO-DENES, 1976 - Carico genetico in Tisbe (Copepoda, Harpacticoida). I. Tisbe holothuriae di due popolazioni del Mediterraneo occidentale. Accad. Naz. Lincei Rc., 60, 691-698.
- REMANE A, 1934 - Die Brackwasserfauna. Verh. dt. zool. Ges., 36, 34-74.
- VOLKMANN B., B. BATTAGLIA e V. VAROTTO, 1978 - A study of reproductive isolation within the super-species Tisbe clodiensis (Copepoda, Harpacticoida). In: Marine Organisms: Genetics Ecology and Evolution, Battaglia B. e J. A. Beardmore eds, Plenum Pb. Corp., N. Y., 617-636.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	269-274	1985

UN METODO PLANIMETRICO PER BIOMETRIE DI INVERTEBRATI MARINI. STUDIO PRELIMINARE DI UNA POPOLAZIONE DI ANELLIDI POLICHETI

R. Ambrogi *, P. Fontana *, A. Occhipinti Ambrogi **

* ENEL - Centro di Ricerca Termica e Nucleare - Via Rubattino, 54 - 20134 Milano

** Dipartimento di Genetica e Microbiologia - Sezione Ecologia - P.zza Botta, 10 - 27100 Pavia

INTRODUZIONE

Lo studio della dinamica di popolazione è necessario per poter interpretare correttamente le fluttuazioni di abbondanza riscontrate nelle comunità macrobentoniche, soprattutto in condizioni di grande variabilità ambientale.

Una delle principali limitazioni alla larga diffusione di ricerche sulla dinamica di popolazione, in rapporto alla maggior ricchezza di studi sulla struttura delle comunità, è senz'altro da imputarsi all'estrema laboriosità delle procedure analitiche ed ai lunghi tempi necessari per le misure degli individui prelevati.

Al fine di rilevare le dimensioni di organismi del macrobenthos, abbiamo quindi tentato di mettere a punto un metodo di misura rapido ed automatizzato che permettesse nel contempo di superare alcuni problemi inerenti alle caratteristiche proprie del materiale biologico analizzato: Anellidi Policheti di piccola taglia. Infatti, per quanto riguarda i Policheti, non è riconosciuta una singola misura standard indicativa delle dimensioni corporee, in quanto, data l'estrema elasticità degli animali, la lunghezza totale del corpo non può essere considerata e la larghezza può essere estremamente variabile in diverse sezioni del corpo.

Tra le diverse misure proposte come indice delle dimensioni si possono citare: la larghezza massima del corpo (Warwick et al., 1978 per *Magelona papillicornis*; Carrasco e Arcos, 1980) o la larghezza di determinati segmenti (Cammen, 1980; Guillou e Hily, 1983); la lunghezza totale (Kirkegaard, 1978) o di parti del corpo (Warren, 1976; Warwick et al. per *Spiophanes*); il peso umido individuale (Kirkegaard, 1978). Una misura di area della superficie corporea, a nostro avviso, può costituire una soluzione soddisfacente per risolvere le limitazioni inerenti alle misure di lunghezza o di larghezza ed ha una più stretta relazione con il volume e quindi con il peso dell'individuo.

Utilizzando un sistema semiautomatico per l'analisi delle immagini abbiamo quindi sottoposto un set di campioni dello *Spionide Prionospio caspersi* Laubier a tale tipo di misura, per una prima applicazione e verifica dell'utilità del metodo.

MATERIALI E METODI

Il materiale utilizzato proviene da campioni di macrobenthos raccolti nella zona marina antistante il Delta del Po durante campagne di prelievo stagionali. I metodi e le stazioni di prelievo sono gli stessi descritti in precedenti ricerche (Bedulli et al., 1983). I campioni di sedimento sono stati raccolti con una benna di 0.1 m di superficie in tre stazioni, denominate N, C e S alla profondità di 5 metri, con due repliche per stazione. E' stato utilizzato un setaccio con maglia quadrata di 1 mm di lato. Le date di prelievo sono state: 9.8.1983, 8.11.1983, 17.1.1984, 14.6.1984.

Gli individui di Prionospio caspersi sono stati isolati e conteggiati per regioni anteriori. Un subcampione di grandezza proporzionale alle dimensioni iniziali è stato misurato, ponendo gli individui su un vetrino e riprendendoli con una telecamera collegata all'analizzatore di immagini semi-automatico IBAS 1 della Kontron. Sono stati esaminati in totale 785 esemplari.

E' stata misurata la superficie corrispondente ai primi 10 setigeri di ogni animale. Tale scelta si è resa necessaria in quanto gli individui di Prionospio caspersi si presentano, per la quasi totalità, rotti in due o più parti già all'atto del campionamento. Ciò ha reso impossibile anche la determinazione diretta del peso secco individuale degli organismi.

Allo scopo di stabilire una relazione tra area del corpo e peso medio individuale, sono stati pesati in toto (parti anteriori e posteriori mescolate) alcuni campioni prelevati in altre occasioni, per i quali si era verificata una sufficiente uniformità nella distribuzione delle taglie (range 0.48 - 3.27 mm²). Il peso medio individuale, ottenuto dividendo il peso totale per il numero di prostomi presenti, è stato correlato alla misura dell'area media (fino al 10° setigero) del campione in oggetto. Dalla retta di regressione risultante sono stati estrapolati i valori utili alla stima della biomassa (peso secco) dei campioni stagionali.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La distribuzione delle taglie nei diversi mesi, ottenuta combinando i dati delle 3 stazioni, è riportata in Fig. 1. Tale distribuzione è sempre unimodale in tutte le date di campionamento, con la sola eccezione del campionamento di giugno, in cui sono presenti alcuni individui di piccole dimensioni (0.4-0.8 mm²), mentre la gran parte della popolazione risulta compresa tra 1.0 e 2.1 mm².

I valori mediani dell'area nelle prime 3 date sono stati confrontati mediante il test non parametrico U di Mann-Whitney ed è risultata una differenza significativa a livello del 90 % di confidenza (gennaio > novembre > agosto).

Non è risultata significativa la differenza tra la mediana di gennaio e giugno, limitatamente alla staz. N, la sola analizzata.

Ricorrendo alla retta di regressione stabilita tra peso ed area media (fig. 2) ed ai dati di densità numerica, si è potuta ricavare una stima dei valori di peso individuale e di biomassa totale

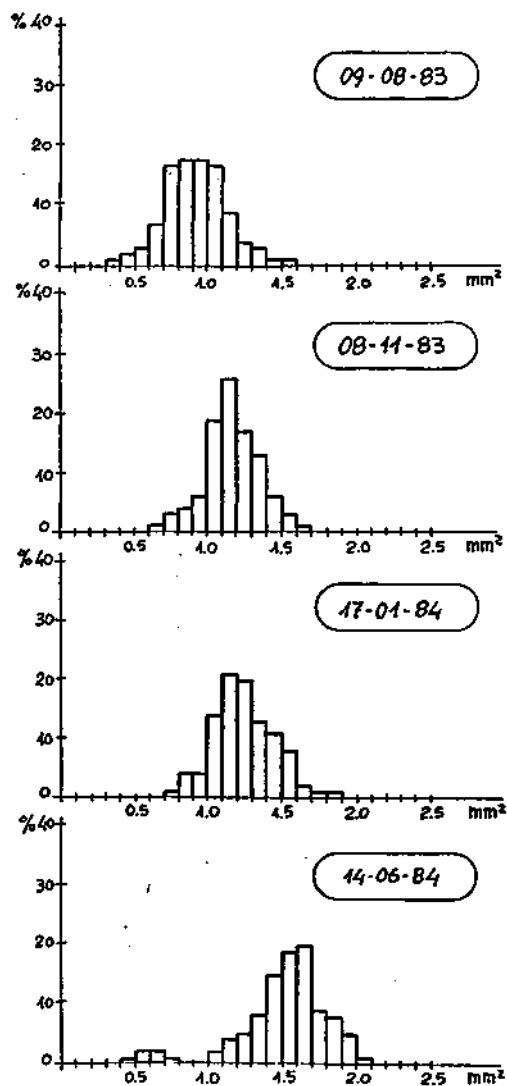


Fig. 1 - Distribuzione di taglia in P. caspersi.

Le misure di area delle regioni anteriori (fino al 10° setigero) sono raggruppate in classi di 0.1 mm² di ampiezza. In giugno è stata analizzata solo la stazione N.

corrispondente, in ognuna delle stazioni considerate. I risultati medi per l'area studiata sono riportati in Tab. 1.

Tab. 1 - Valori (medi e deviazione standard) di abbondanza, peso medio e stima della biomassa nelle 3 stazioni di prelievo.

data	Abbondanza		Peso medio		Biomassa
	ind./m ²		µg/ind.		totale
					mg/m ²
	n = 6		n = 6		
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
09/08/1983	3323	2424	75.18	10.38	242
08/11/1983	3218	1513	99.01	4.08	319
17/01/1984	3780	2711	110.85	12.27	419
14/06/1984	9825		131.05		1287
(n=2)					(staz. N)

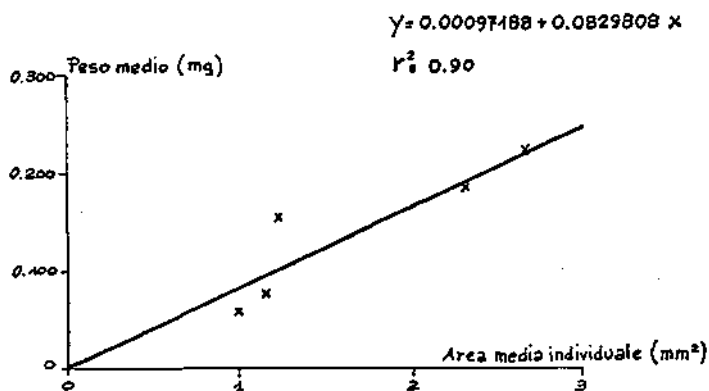


Fig. 2 - Correlazione fra area media della regione anteriore e peso medio individuale calcolato sul campione in toto.

Le fluttuazioni numeriche dell'abbondanza di *Prionospio caspersi* nelle comunità macrobentoniche dell'area di studio, già segnalate in precedenza (Bedulli et al., 1983), vanno esaminate anche in relazione alla fase di accrescimento della popolazione presente. I dati in nostro possesso suggeriscono un aumento del peso medio individuale, a partire dal prelievo estivo fino alla primavera seguente. Questo aumento non si accompagna ad una diminuzione del numero di individui presenti, che rimane costante ed aumenta in corrispondenza dell'ultimo

prelievo (giugno). Di conseguenza, la biomassa di questo *Spionide* cresce durante tutto il periodo considerato.

I dati finora raccolti non consentono un'ipotesi sul ciclo vitale di *Prionospio caspersi* in questa zona, in quanto sarebbe necessario disporre di prelievi più ravvicinati nel tempo. Tuttavia dalle misure qui riportate, e da altre realizzate per il ciclo annuale precedente (1982-83), risulta che le taglie più piccole sono presenti in estate e le più grandi alla fine dell'inverno.

I risultati preliminari, oggetto di questa nota, permettono di considerare promettente l'impiego della metodica di analisi mediante rilevazione dell'area nello studio della dinamica di popolazione di specie di Policheti.

Inoltre, l'utilizzo delle tecniche derivate dall'analisi delle immagini potrà risultare particolarmente utile nel caso di numerosi organismi meiobentonici, per i quali i problemi di stima di parametri biometrici non sono ancora risolti come pratica routinaria.

RIASSUNTO

Viene proposto un metodo di misura per valutare le dimensioni di invertebrati marini, basato sulla rilevazione dell'area corporea, mediante un sistema semiautomatico di analisi delle immagini.

Questo metodo consente di eseguire un gran numero di biometrie, rendendo più agevole e spedito il lavoro routinario di misura negli studi di dinamica di popolazione e permette l'archiviazione automatica dei risultati. Nel caso specifico di applicazione, la misura dell'area media dei primi 10 setigeri è risultata correlata al peso medio individuale ed è stata quindi utilizzata per valutare la biomassa.

L'analisi della distribuzione delle taglie nella popolazione di *Prionospio caspersi* Laubier, in quattro prelievi consecutivi nell'area di mare antistante il delta del Po, ha messo in evidenza significative differenze stagionali.

SUMMARY

Planimetric method for measuring marine invertebrates of possible use in the study of population dynamics in Polychaetous Annelids.

A method based upon recording the body area by means of a semi-automatic image analyser is proposed. The heavy routine work usually required in the investigation of population dynamics was thus avoided and a large number of measurements was carried through with the data computer-recorded.

In the actual application example, considering the difficulties inherent to the biological material, a procedure for an accurate body-size estimation has been worked out.

As a matter of fact, the elasticity of most Polychaetes prevents a correct use of length and width measurements. The area measurement is preferable. Moreover, due to the usual fragmentation of the animals in the sample, the size of the anterior part only was measured.

The average value of the area of the first 10 setigers is correlated with the mean individual weight, and has been used in estimating the biomass. The frequency-distribution of the size in a Prionospio caspersi Laubier population is shown in Fig. 1. The samples were taken during four consecutive seasonal sampling campaigns in the marine sandy bottom off the Po river delta. Significant differences exist in the median value of body area and an increase in biomass is evident during the annual cycle. The use of area measurements in the study of population dynamics of soft-bodied marine invertebrates was encouraged by the results obtained with this application and by the fact that many practical difficulties were overcome. It is believed that this methodology will be of use with many meiobenthic organisms, whose biometry is not yet based upon well established routine methods.

BIBLIOGRAFIA

- BEDULLI D., L. AMOREAUX e R. AMBROGI, 1983 - Seasonal changes in the macrobenthos of an area facing the Po river delta. Thalassia Jugosl., **19**, 31-38.
- CAMMEN L. M., 1980 - The significance of microbial carbon in the nutrition of the deposit feeding Polychaete Nereis succinea. Mar. Biol., **61**, 9-20.
- CARRASCO F. D. e D. F. ARCOS, 1980 - Estimation de la producción secundaria de Paraprionospio pinnata (Spionidae, Polychaeta) frente a Bahía de Concepción, Chile. Boln Inst. Oceanogr. S. Paulo, **29**, 79-82.
- GUILLOU M. e C. HILY, 1983 - Dynamics and biological cycle of a Melina palmata (Ampharetidae) population during the recolonization of a dredged area in the vicinity of the harbour of Brest (France). Mar. Biol., **73**, 43-50.
- KIRKEGAARD J.B., 1978 - Settling, growth and life span of some common Polychaetes from Danish waters. Meddr. Danm. Fisk. -og Havunders., **7**, N.S., 447-496.
- WARREN L. M., 1976 - A population study of the Polychaete Capitella capitata at Plymouth. Mar. Biol., **38**, 209-216.
- WARWICK R.M., C. L. GEORGE e J. R. DAVIES, 1978 - Annual macrofauna production in a Venus community. Est. Coast. Mar. Sci., **7**, 215-241.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	277-295	1985

EUTROFIZZAZIONE E PRODUZIONE DI PESCA

G. Bombace

Istituto Ricerche Pesca Marittima (I.R.PE.M.) C.N.R., Ancona

INTRODUZIONE

In questi ultimi anni, il termine "eutrofizzazione" è stato caricato di significati catastrofici. E' dato leggere sulla stampa nazionale titoli a caratteri cubitali come "l'Adriatico muore", "Serviranno da 13 a 25 anni per guarire il mare Adriatico dall'eutrofizzazione" ecc., laddove il meno che si possa dire è che si fa della cattiva informazione, quando si generalizzano fenomeni locali e congiunturali a tutto il bacino Adriatico e si ritiene sempre, comunque e dovunque l'eutrofizzazione una malattia da cui bisogna guarire.

Questa nota vuole contribuire ad aprire un serio dibattito scientifico nelle sedi opportune, su taluni aspetti ecologici che toccano gli ecosistemi costieri prevalentemente, senza avere la pretesa di spiegare tutto e tanto meno di indicare terapie miracolose ed assolute.

1. CENNI SULLA FISIONOMIA ECOLOGICA DELL'ADRIATICO

Prima di analizzare il processo di eutrofizzazione in Adriatico ed i rapporti che esso instaura con la produttività marina, a livello delle catene alimentari e delle reti trofiche, è bene accennare, a grandi tratti, alla fisionomia ecologica di questo bacino (Fig. 1).

1.1 La costa e i fondali

La costa orientale, iugoslavo-albanese è diversa dalla costa italiana. Mentre quella è prevalentemente calcarea, alta, con tratti a falesia in alcuni punti, costellata di isole ed isolette, frastagliata ed articolata in molte insenature, che danno luogo talvolta a veri e propri fiordi, come quello di Cattaro (KOTOR), che entra per diverse decine di chilometri all'interno, la costa italiana, ad eccezione del piccolo promontorio di Gabicce (Cattolica), del promontorio del Conero (Ancona) e del promontorio del Gargano è una costa o a terrazzi, come il tavolato pugliese e tra Ancona e Pescara, od una costa bassa, alluvionale, com'è a Nord e a Sud del Gargano (Lesina, Varano e Manfredonia) e da Rimini fino a Trieste. I fondali che conseguono a questa morfologia costiera sono più profondi lungo la costa orientale ed invece bassi ed a debole inclinazione lungo la costa italiana.

Questa inclinazione si accentua man mano che si passa da latitudini più settentrionali a latitudini più meridionali.

N.B.: Ringrazio il Dr. A. Artegiani ed il Dr. R. Azzolini (IRPEM) per la loro collaborazione.

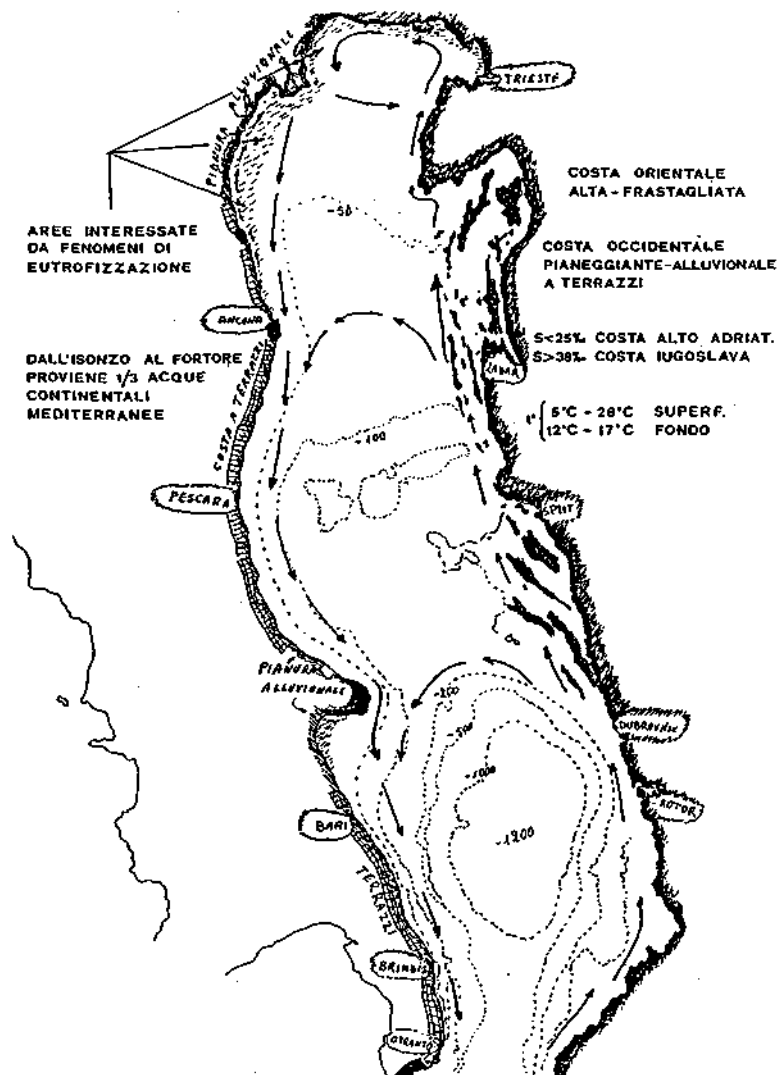


Figura 1 - Caratteristiche ecologiche dell'Adriatico

Così il limite delle tre miglia dalla costa, che rinsera la fascia costiera di utenza della piccola pesca, corre sulle isobate di -10, -15 m in Alto Adriatico (da Monfalcone ad Ancona), sulle isobate comprese tra -15 e -25 m in Medio Adriatico (Ancona-Gargano), sulle isobate comprese tra -25 e -100 m tra Bari, Brindisi e Otranto.

Per quanto riguarda le profondità, mentre in Adriatico Settentrionale si hanno profondità inferiori a -50 m, in Medio Adriatico le profondità massime non superano i 100 m, salvo che sulla direttrice Pescara Sebenico dove si riscontra una depressione trasversale, con profondità che superano i 250 m (Fosse mesoadriatiche di POMO o JABUKA). Queste due fosse si congiungono mediante una sorta di canale alla fossa adriatica che è un bacino delimitato da scarpate molto ripide, mentre il fondo stesso del bacino, quasi pianeggiante, si estende su profondità di 1.250 m. Questo bacino del Basso Adriatico confluisce nello Ionio, attraverso una depressione canaliforme che in superficie corrisponde al Canale d'Otranto.

Circa la natura dei fondali, mentre quelli costieri jugoslavi sono bionomicamente più vari e presentano facies di substrato duro, fondali detritici, ghiaiosi, di sabbie grossolane e sono sabbio-fangosi tra i canali delle isole, quelli costieri italiani sono prevalentemente sabbiosi per notevole estensione, con biocenosi monotone, ma con comunità estremamente ricche.

Al largo, a 30-40 miglia dalla costa si hanno fondali costituiti da sabbie grossolane e detrito ("sabbioni") che, dal punto di vista geologico sono "sabbie residuali", mentre nell'arco Trieste-Venezia si hanno i "fondi a trezze" che sono dei cordoni detritici-conchigliari, con formazioni organogene di substrato duro elevantesi alcune decine di centimetri dal restante fondo sabbio-fangoso. Sono stati interpretati come "antiche linee di riva". Essi costituiscono i fondi ideali di alcuni bivalvi del largo, quali le Capesante (*Pecten jacobaeus*) i Canestrelli (*Aequipecten opercularis* e *Proteopecten glaber*), i tartufi (*Venus verrucosa*) e le fasolare (*Callista chione*).

Sotto costa invece, dalla riva fino a 3-4 miglia, i fondi sabbiosi e sabbio-fangosi della costa italiana ospitano anzitutto su pochi decimetri d'acqua i bivalvi tipo Telline (*Donax trunculus*) e Cannelli (*Ensis minor*) e, da qualche metro d'acqua, fino ad una decina di metri, gli stessi banchi di vongole (*Chamelea gallina*) frammiste ai Cuori (*Acanthocardia* Spp.) e alle Longone (*Venerupis aurea*) e, dove esistono dei supporti solidi (rocce ed altri substrati) i banchi di Mitili (*Mitylus galloprovincialis*) e le due specie di ostriche viventi in Adriatico, l'Ostrica piatta (*Ostrea edulis*) e l'Ostrica portoghese (*Crassostrea angulata*), spesso in ammassi costituiti da individui concrezionati tra loro.

Tutte queste specie di bivalvi filtratori (Sifonati ed Asifonati) presenti anche in altri mari italiani, costituiscono in Adriatico stocks economicamente sfruttabili ai fini della pesca, sia per la vastità dei fondi mobili adeguati (sabbiosi, sabbio-fangosi, sabbioso-detritici ecc.), sia per la grande ricchezza fitoplanctonica e di particolato organico (seston) in sospensione negli strati d'acqua sovrastanti che come una "pioggia" di nutrimento, consente alle popolazioni di bivalvi bentonici condizioni vitali molto favorevoli.

Ma la grande estensione dei fondi mobili, la debole inclinazione

dei fondali alto e medio adriatici permettono, alcuni fatti ecologici e produttivistici di grande importanza. Anzitutto l'estesa platea che va dalla costa italiana dell'Alto e Medio Adriatico fino alle acque internazionali, consente una grande accessibilità alle risorse per tutti i mestieri di pesca a traino (volante per il pesce azzurro, pesca a strascico con rete e con "rapidi", con draghe o "gabbie" ecc.) e, sotto costa, le grandi mareggiate riescono a rimettere in ciclo parte dei sali nutritivi sedimentatisi sul fondo.

Infine, la poca profondità ingenera un fatto ecologico-produttivistico di notevole importanza: il compattamento delle catene alimentari che si svolgono ai vari livelli degli strati d'acqua e del fondo. E' così ad es. che nei contenuti stomacali di esemplari di merluzzi medio adriatici, aventi taglie al disopra di 14 cm, si ritrovano prevalentemente ed in quantità crescente con la taglia, acciughe, spratti e sardine (Froglia, 1973), cioè prede eminentemente pelagiche, mentre ciò è già impossibile nei merluzzi della Fossa di Pomo (oltre 250 m di fondo) o nei merluzzi degli altri mari italiani, viventi di norma tra il circolitorale ed il batiale. Qui il trasporto d'energia dal livello pelagico al livello bentonico avviene attraverso anelli intermedi costituiti da organismi necto-bentonici che, con ritmo nictemerale, generalmente predano in alto di notte e sono predati in basso di giorno (Crostacei Eufasidi, Misidacei, Macruri natanti, Cefalopodi, pesci del gen. *Mauroliscus* ecc.).

In definitiva questo compattamento delle catene alimentari dovuto alla scarsa profondità, significa, ecologicamente, riduzione di perdite energetiche e flussi d'energia più diretti.

1.2 Afflussi d'acqua continentale ed idrologia

L'Adriatico ha una superficie di 138.000 Km², pari ad 1/20 dell'intero Mediterraneo. Il suo volume d'acqua è di 35.000 Km³, pari ad 1/125 dello stesso. Tuttavia l'Alto e Medio Adriatico ricevono 1/3 di tutte le acque dolci continentali mediterranee provenienti essenzialmente dai fiumi della costa italiana, dall'Isonzo al Fortore (Artegiani, 1984). Il flusso totale medio di questo corpo di fiumi è di 3.097 m³/s. Di esso, il 51%, pari ad un flusso d'acqua di 1.580 m³/s appartiene al Po, il 34%, pari a 1.061 m³/s, appartiene ai fiumi che sboccano a Nord del Po, a partire dall'Isonzo, ed appena il 15% pari a 455 m³/s appartiene ai fiumi a Sud del Po, dal Reno al Fortore (Gargano).

E' questo notevole apporto d'acqua dolce, specie del Po, che ingenera lungo la costa italiana alto e medio adriatica condizioni di grande fertilità e ricchezza di risorse pescabili. In seguito a piogge durature, questo flusso d'acqua può anche triplicarsi, ciò che comporta improvvisi ed eccessivi carichi di nutrimento.

1.3 La salinità

A Nord-Ovest del bacino adriatico si hanno mediamente salinità inferiori al 30‰. In superficie, proprio a causa degli afflussi d'acqua continentale, in molti punti della fascia marina veneta ed emiliano-romagnola si hanno salinità inferiori al 25‰ (Chiaudani et

al., 1982).

Al largo e ad Est, lungo le coste iugoslave, si hanno salinità superiori al 38 - 38,5‰, specie in profondità, quando si fa sentire l'influenza delle "acque orientali".

Il divario di salinità e quindi di densità nelle stagioni termiche estreme favorisce la circolazione o "corrente di gradiente" innescata dall'acqua mediterranea orientale, attraverso il Canale di Otranto.

1.4 La temperatura

Anche dal punto di vista della temperatura l'Adriatico è un mare molto diversificato, con scarti termici stagionali di oltre 20°C.

In estate, nell'Adriatico settentrionale si possono avere massimi termici attorno ai 28°C, d'inverno si hanno temperature molto basse, fino a 5°C, specie quando spirano i venti di bora freddi ed asciutti, provocando intensa evaporazione.

In questo modo si formano le acque dense e fredde che, sprofondando e lambendo il fondo, scorrono verso Sud, dando luogo alle acque profonde che riempiono le fosse mesoadriatiche ed attraverso la sella di Otranto, alle acque alto ioniche.

Questi fatti termici determinano fenomeni ecologici e biologici di notevole rilevanza, specie in Alto e Medio Adriatico.

D'inverno, allorché la temperatura superficiale si abbassa, si ha un'inversione termica, per cui gli strati più profondi presentano una temperatura più alta che quelli superficiali. Ciò comporta, già all'inizio dell'autunno, una grande migrazione orizzontale di specie, dalla costa verso il largo (es. triglie, testole, seppie ecc.).

Stazionano invece nella fascia sub-costiera alcune specie che, d'inverno, costituiscono quasi unicamente le risorse pescabili (es. gobidi del gen. *Pomatoschistus*, cioè il rossetto o "magnana", i latte-rini ecc.).

Infine, il metabolismo di molte specie sessili costiere si riduce d'inverno al minimo indispensabile, con blocco della crescita e perdita di peso in alcuni casi.

2. EUTROFIZZAZIONE E RISORSE

2.1 Le catene alimentari

L'eutrofizzazione, com'è noto, non è altro che un processo di arricchimento in sali nutritivi di un corpo d'acqua, ad opera di immissari (fiumi, corsi d'acqua, sbocchi cloacali, ecc.). A questi sali generalmente si accompagna l'immissione di particellato organico che contribuisce ad accrescere il processo eutrofizzante. Attraverso processi di fotosintesi e di assimilazione, queste sostanze vengono organicate dai vegetali marini, siano essi alghe microscopiche pelagiche o alghe bentoniche macroscopiche o fanerogame marine (*Posidonia*, *Zostera* ecc.). Attraverso l'organica, i sali nutritivi diventano materia vegetale ed entrano quindi nelle catene alimentari marine, cioè nel rapporto di predazione e nutrimento degli organismi. Più consistente è il carico eutrofico, cioè l'apporto di nutrienti, più consistente risulta l'anello primario o primo gradino della piramide

trofica. Accanto a questo anello primario, che dà luogo alla produttività primaria (cioè biomassa vegetale prodotta annualmente), nei mari ricchi si riscontra una vera e propria produzione para-primaria che è data dal particolato organico in sospensione (seston) di enorme importanza trofica per gli organismi filtratori (mitili, ostriche, vongole, ecc.).

Com'è noto, man mano che dal primo anello delle catene alimentari, si passa al secondo, cioè agli erbivori planctonofagi e ai detritivori e dopo ai carnivori di diverso grado, l'energia va riducendosi, in quanto ci sono perdite, "fughe laterali" (animali che mangiano e non sono mangiati), sprechi ecc., talchè all'incirca il 10% di energia passa da un anello all'altro, mentre gran parte del resto serve per i processi vitali degli organismi stessi (energia di movimento, respirazione, accrescimento, riproduzione ecc.). Di volta in volta, a seconda dell'età e della specie uno stesso animale può porsi a livelli diversi della catena alimentare.

E' certo che, dati i limitati passaggi d'energia e gli sprechi, ci vuole una grande produzione primaria e paraprimaria (e quindi di nutrienti e di particolato organico) per consentire grandi stocks di risorse pescabili del secondo o terzo livello.

In definitiva è quello che accade in Alto e Medio Adriatico, nel rapporto mediato tra eutrofizzazione e risorse pescabili.

2.2 Livelli di trofia e situazione della costa adriatica

Tra le sostanze nutritive, il fosforo e l'azoto sono quelli che determinano le capacità produttive di un corpo idrico. Senza addentrarsi in questa sede sulla questione del "fattore limitante", sui problemi del rapporto Azoto/Fosforo in un corpo idrico equilibrato ecc., qui va ricordato che, sulla base delle quantità di Fosforo/Ortofosfato ($P.PO_4$) o di Fosforo totale (P. tot.) è possibile distinguere diversi livelli di trofia delle acque marine, secondo la tabella seguente, accettata da diversi autori:

P. ORTOFOSFATO	ACQUE	P - TOTALE
$P.PO_4$ 2 µg/l	Del largo	-----
2 - 5 µg/l	Oligotrofiche	P. tot. 10 µg/l
5 - 10 µg/l	Mesotrofiche	10 - 20 µg/l
10 - 20 µg/l	Eutrofiche	20 - 40 µg/l
oltre 20 µg/l	Iperτροφiche	oltre 40 µg/l

Dai lavori compiuti in quest'ultimo decennio da alcuni autori, italiani ed iugoslavi (Franco, 1982, Spedizione "MOHOROVICIC" 1982) ed elaborando i dati di diverse stazioni dell'Alto e Medio Adriatico, secondo valori stagionali medi per più anni, si evince che fino a 4-5 miglia dalla costa, a Nord della foce del Po (Est di Chioggia), sulla base del fosforo-ortofosfato, si possono riscontrare condizioni di eutrofia, più accentuate d'inverno che d'estate; che a Sud della foce del Po e ad Est di P.to Garibaldi, fino a 6 miglia dalla costa si possono riscontrare d'inverno condizioni di eutrofia in superficie e sul fondo; che a S.E. delle foci del Po, a 12 miglia dalla costa si riscontrano condizioni di mesotrofia; che più a Sud, ad Est di Rimini e a circa 12 miglia dalla costa, si hanno condizioni di oligotrofia, (FIG. 2 e Tab. I); che infine lungo la costa marchigiana, a Sud del

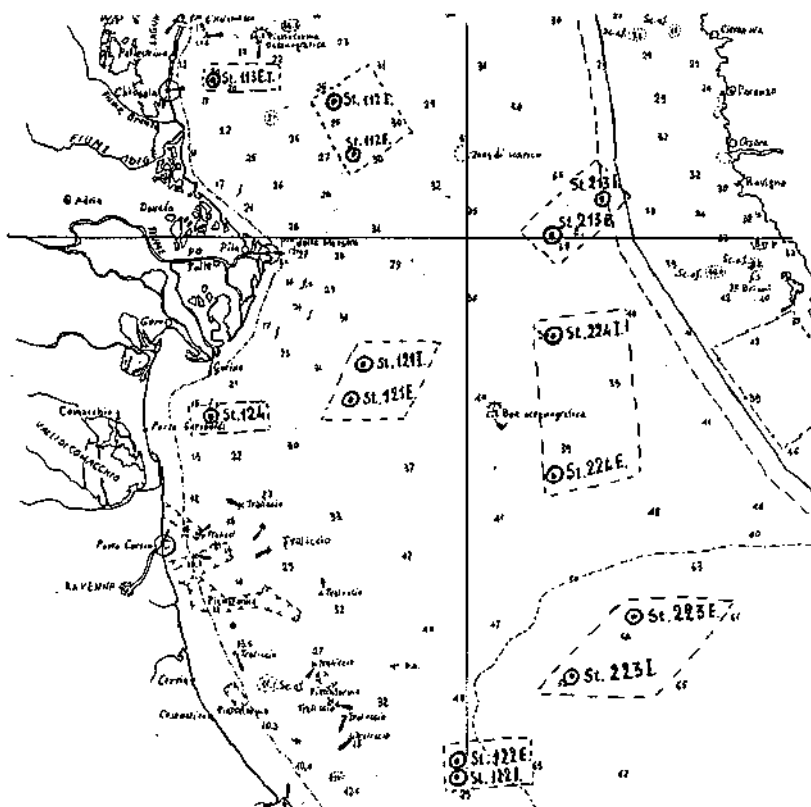


Figura 2 - Stazioni idrologiche relative alla Tab. I.
(I = Inverno; E = Estate)

Tab. I - Valori medi stagionali di nitrati e fosfati per gli anni 1978-1982 nell'area delle Foci del Po.
(Valori in µg/l; M.N. = Miglia nautiche)

	<u>ESTATE</u>		<u>INVERNO</u>	
	SUPERF.	FONDO	SUPERF.	FONDO
St. 113 - 4 M.N. ad Est di Chioggia				
N-NO3	89.370	18.490	201.720	71.160
P-PO4	10.840	5.270	14.870	10.840
St. 112 - 14 M.N. a N.E. foci del Po				
N-NO3	79.990	7.700	67.100	45.950
P-PO4	19.200	4.650	6.810	6.500
St. 121 - 13 M.N. a S.E. foci del Po				
N-NO3	54.210	7.980	65.280	19.330
P-PO4	6.810	10.840	8.980	5.270
St. 124 - 6 M.N. a S. foci del Po				
N-NO3	6.020	4.340	278.620	90.630
P-PO4	3.720	9.600	20.440	10.840
St. 122 - 12 M.N. a E. di Rimini				
N-NO3	4.340	4.340	7.840	8.120
P-PO4	0.930	1.550	1.240	1.860
St. 213 - 30 M.N. a E. foci del Po				
N-NO3	2.380	12.890	3.780	5.460
P-PO4	8.360	4.960	5.270	0.930
St. 224 - 30 M.N. a S.E. foci del Po				
N-NO3	15.270	7.840	26.480	6.720
P-PO4	8.980	4.030	4.030	2.480
St. 223 - 30 M.N. a S.E. foci del Po				
N-NO3	2.380	1.260	3.080	3.080
P-P04	0.620	0.930	0.310	0.310

Promontorio del Conero, già a tre miglia dalla costa, si hanno condizioni che oscillano tra l'oligotrofia e la mesotrofia e che condizioni di eutrofia si possono riscontrare solo a meno di un miglio dalla costa, non in tutte le stagioni ed in corrispondenza di foci di corsi d'acqua o di insediamenti urbani (Artegianni et al., 1979).

Ad eccezione quindi di un raggio di circa 10 miglia intorno alle foci, del Po, la situazione delle acque costiere Nord Adriatiche è oscillante tra condizioni di oligotrofia strutturale e di mesotrofia congiunturale".

Inutile parlare della situazione della costa basso adriatica in cui la condizione prevalente è quella di oligotrofia. Già Genovese (1979) rilevava come l'eutrofizzazione assumesse un certo carattere di continuità solo lungo la fascia strettamente subcostiera dell'Adriatico settentrionale ed in parte del Medio Adriatico (fino ad Ancona) e che situazioni episodiche, si potevano rilevare qua e là lungo la costa italiana (Golfo di Manfredonia, Golfo di Taranto, foci del Tevere ecc.).

Da queste aree eutrofizzate s'irradia un'energia che, incanalata attraverso le catene alimentari e quindi attraverso mediatori biologici, si trasferisce alle risorse pescabili, sia costiere che del largo.

2.3 Eutrofizzazione e pesca

A riprova del rapporto esistente tra eutrofizzazione e ricchezza in risorse pescabili, sono state operate alcune elaborazioni utilizzando i dati ISTAT sulla produzione sbarcata della pesca, da porre in relazione con i dati e gli aspetti ecologici conosciuti. Sono stati utilizzati i dati ISTAT, che notoriamente sottostimano la produzione di pesca, in quanto non interessano in questa sede i valori assoluti, bensì i valori ed i rapporti relativi tra i diversi mari e bacini italiani. I dati di produzione utilizzati sono quelli del triennio 1981-1983.

Un primo fatto salta subito all'occhio; considerando il contributo percentuale alla produzione ittica nazionale dei diversi mari italiani, facendo la media del triennio 1981-1983, tutto l'Adriatico contribuisce con il 60%, mentre tutti gli altri bacini messi insieme contribuiscono con il restante 40% (Tab. II).

Ma le maggiori catture in Adriatico potrebbero essere imputate alla maggiore estensione ed agibilità della platea continentale, allo sforzo di pesca impiegato che potrebbe essere maggiore in Adriatico, infine al fatto che, essendo la pesca in Adriatico meglio organizzata, la produzione sbarcata nei porti Adriatici sia più attendibile che altrove e quindi risultare apparentemente maggiore.

Per rispondere a queste obiezioni, si è operata un'ulteriore elaborazione dei dati.

Anzitutto si sono divisi i mari italiani in sottobacini, ricalcando più o meno i distretti statistici utilizzati dall'ISTAT (Fig. 3). Si è considerata come area teoricamente utile alla pesca quella che va dalla costa fino all'isobata di -500 m.

I confini a terra di questi sottobacini e le aree in miglia nautiche quadrate sono rappresentati in Fig. 3 e nella Tab. III.

Si è infine calcolato lo sforzo di pesca globale incidente in ciascuna area, utilizzando come indice i cavalli assi espressi in HPA. Non si è qualificato lo sforzo di pesca secondo i mestieri (strascico, cianciolo, reti da posta, ecc.) in quanto questa nota non si propone l'obiettivo di valutare lo stato dei diversi tipi di risorse (risorse pelagiche, risorse demersali) quanto di valutare la biomassa globale prodotta per cavallo asse (Kg/HPA), sulla base dello sforzo di pesca impiegato nell'area (densità o indice di affollamento), indicata in miglia nautiche quadrate.

Tab. II - Contributo percentuale alla produzione ittica italiana dei diversi mari (Media anni 1981-1982-1983) - Tonn. 411.000 - Dati ISTAT.

MARE ADRIATICO	- 60%		
		ALTO A.	27,37%
MARE TIRRENO	- 16,21%		
MARI SICILIA	- 17,10%	ADRIATICO (60%)	MEDIO A. 23,41%
MARE IONIO	- 2,58%		
		BASSO A.	9,22%
MARE SARDEGNA	- 2,88%		
		ALTO E MEDIO ADRIATICO	= 50,78%
MARE LIGURE	- 2,29%		

I risultati di questa elaborazione sono riportati nella Tab. III dove si può constatare come ad es. il Mar Ligure e l'Alto Adriatico abbiano all'incirca una medesima densità o indice di affollamento (HPA/MN²) ma, mentre il primo dà 167 Kg. di biomassa, il secondo dà 510 Kg. per cavallo asse; così ad es. il Mar Tirreno, l'Alto e Medio Adriatico assieme a tutto l'Adriatico, hanno rispettivamente indici di affollamento (HPA/MN²) di 36,28; di 32,71; di 30,99; cioè abbastanza vicini, ma tuttavia danno catture per unità di sforzo (C/F o Kg/HPA) che sono di 147; 456; 372.

Infine, confrontando gli indici di affollamento del Medio Adriatico e del litorale Ionico, rispettivamente di 24,01 e 20,13, si rileva che in Medio Adriatico 1 HPA impiegato dà 402 Kg. di biomassa pescabile, mentre nel litorale Ionico 1 HPA dà solo 166 Kg di biomassa in un anno.

Se ne può dedurre che, qualunque sia l'affidabilità o diversa affidabilità dei dati di cattura dell'Adriatico rispetto ai dati degli altri mari, scarti di produzione del tipo esemplificato non si possono spiegare se non con la maggiore produttività naturale dell'Adriatico e soprattutto dell'Alto e Medio Adriatico rispetto agli altri mari e bacini.

Tab. III - Rapporti sforzo di pesca (HPA) su area (Mn²) e catture su sforzo di pesca (dati ISTAT - media anni 1981-83).

AREA GEOGRAFICA	SFORZO in HPA	AREA in Mn ²	AFFOLLAMENTO densità (HPA/Mn)	C/F Kg/HPA
MAR LIGURE	60.176	860	69.97*	167*
ALTO TIRRENO	89.643	4.900	18.29	180
MEDIO TIRRENO	115.074	2.800	41.09	136
BASSO TIRRENO	176.322	2.800	62.97	137
MAR TIRRENO	381.030	10.500	36.28**	147**
ALTO ADRIATICO	210.113	3.100	67.77*	510*
MEDIO ADRIATICO	300.192	12.500	24.01***	402***
BASSO ADRIATICO	187.081	9.900	18.89	169
ALTO+MEDIO ADR.	510.305	15.600	32.71**	456**
MARE ADRIATICO	697.386	22.500	30.99**	372**
LITOR. IONICO	52.347	2.600	20.13***	166***
LITOR. SARDO	84.852	7.000	12.12	138
LITOR. SICULO	423.842	72.000	5.88	164
LITOR. SIC. + CAN. SIC.	423.842	163.000	2.60	164

Confrontando i valori con uguale numero di asterischi della colonna "Densità", si può osservare che diversi sono i valori corrispondenti della colonna "Abbondanza" (C/F).

- Sforzo di pesca espresso in cavalli asse (HPA).
- Catture (C) espresse in Kg. anno di pescato globale.
- HPA/Mn^2 = indice di affollamento, densità, dato dai cavalli motore (HPA) per miglio nautico quadrato (Mn²).
- C/F = indice di abbondanza dato dalle catture (C) espresse in Kg per cavallo asse (HPA) impiegato.

Questa maggiore produttività unitaria (C/F o Kg/HPA) è funzione della ricchezza naturale alla cui base stanno i nutrienti, il fito-plancton, il particellato organico, cioè gli elementi che concorrono al processo di eutrofizzazione.

2.4 Produzione quali-quantitativa e fisionomia ecologica dell'Adriatico

La produzione di pesca in un mare, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo è correlata, da un lato, alla fisionomia ecologica, dall'altro, all'intensità di cattura da parte dell'uomo.

La notevole massa di nutrienti e di particolato organico che, mediante gli apporti terrigeni e del Po soprattutto, si riversa nel bacino Adriatico, la consistenza di fito e zooplancton, l'estensione della platea continentale e tutte le altre peculiarità ecologiche che sono state menzionate, fanno sì che, non solo questo mare sia il più produttivo tra quelli che bagnano le nostre coste, ma sia anche un mare che favorisce notevolmente i gruppi ecologici animali che si nutrono di fito e zooplancton (Sardine, Acciughe, Spratti, ecc.) ed i filtratori e catturatori di particelle come i bivalvi sestonofagi (mitili, ostriche, vongole, ecc.).

Ferma restando la non affidabilità dei dati ISTAT in termini di valori assoluti, com'è stato già detto (dati che per diversi motivi sottostimano la produzione nazionale), rimangono tuttavia interessanti i valori relativi alle incidenze percentuali.

Così, considerando la produzione ittica nazionale (media dell'ultimo triennio) in tonn. 411.000/anno, l'Adriatico come si è detto, incide per il 60%, ma, alla produzione di Alici, Sarde e Sgombri, l'Adriatico contribuisce con oltre il 65% ed alla produzione di Molluschi (altro gruppo animale privilegiato dalla fisionomia ecologica della costa adriatica italiana) con circa il 69%. In realtà, se si considerano altre fonti statistiche, anche se i valori assoluti sono diversi, l'apporto percentuale dell'Adriatico risulta più consistente. Così ad es., secondo dati della Federazione Nazionale Allevatori Molluschi, sulla produzione nazionale di Molluschi bivalvi di tonn. 184.000 (1983), l'Adriatico contribuirebbe con quasi il 90%, di cui il 63% concentrato nelle Regioni Veneto, Marche, Emilia-Romagna. La sola produzione di vongole è in Adriatico di circa 100.000 tonn. con un valore alla produzione di oltre 40 miliardi. La produzione di mitili sarebbe invece di circa 60.000 tonn., con un valore alla produzione di 60 miliardi.

Tuttavia, se questi dati rivelano che l'Adriatico è un mare relativamente ricco e con particolari dominanze a livello di taluni gruppi ecologici (pesce azzurro, molluschi ecc.) non è detto che l'attività di pesca si manifesti secondo corretti criteri di gestione delle risorse.

3 FIORITURE ALGALI, PESCA E CONDIZIONI METEOMARINE

Non si può chiudere questa nota senza parlare di alcuni fenomeni che, in questi ultimi anni hanno interessato la fascia costiera a Nord e a Sud del Po e particolarmente la fascia emiliano-romagnola, colpendo soprattutto interessi turistici.

Si intende alludere alle cosiddette fioriture algali o marea rosse che niente hanno a che vedere con le "alghe rosse" essendo queste alghe macroscopiche e bentoniche. Le fioriture sono dovute alla moltiplicazione abnorme, rapida ed estesa di alghe pelagiche microscopiche (Diatomee, Dinoflagellate ecc.).

Generalmente è una sola o poche specie dell'insieme fitoplanctonico che, sotto l'azione di un agente innescante, ancora tutto da scoprire ed in condizioni meteomarine concomitanti (apporti notevoli d'acqua dolce, mare calmo, presenza di nutrienti, temperature al di sopra di 15°C, ecc.) si moltiplicano più velocemente delle altre e non tarda a raggiungere un numero di cellule per litro così elevato (oltre la decina di milioni) da colorare le acque.

Queste alghe infine morendo precipitano sul fondo, vanno in putrefazione, sottraggono ossigeno all'ambiente; si forma sul fondo uno strato di acqua anossico od ipossico (cioè totalmente o quasi del tutto privo di O₂) il quale provoca fughe e morie di organismi bentonici, specie se sedentari, mari mano che esso si muove, spinto dalle correnti di fondo e dalla circolazione generale (Fig. 4, I SCENARIO).

E' a questo punto che, per concomitanza di fatti meteomarinici, può succedere il pregiudizio o il danno all'attività turistica ed in modo minore anche alla pesca. Si verifica infatti che, se durante la fase in cui si è formata l'acqua anossica sul fondo, soffiano venti da terra (per la costa adriatica italiana significa venti di libeccio o di ponente) si ha alla superficie del mare una spinta d'acqua verso il largo, cui fa seguito (per riequilibrio) una spinta e rimonta di acqua (upwelling) dal largo verso la costa, sul fondo. Questa corrente di fondo dal largo verso la costa spinge verso riva la massa d'acqua anossica, la quale a sua volta spinge gli organismi bentonici a spiaggiarsi e morire sulla spiaggia, talvolta in quantità considerevoli.

La putrefazione sulla spiaggia di questi organismi ed i miasmi pestiferi che esalano dalla massa organica in decomposizione spinge i turisti a disertare la spiaggia ed il luogo colpito (Fig. 4, II SCENARIO).

Viceversa se, formatasi sul fondo l'acqua anossica in seguito alla fioritura, soffiano venti dal largo verso la costa, l'acqua superficiale viene spinta sotto costa, mentre si determina un ritorno d'acqua sul fondo che spinge l'acqua anossica verso il largo e quindi a disperdersi (Fig. 4, III SCENARIO). In questo senso rimane valida l'osservazione di alcuni ricercatori secondo cui la persistenza come anche il verificarsi delle fioriture in questi ultimi anni sarebbero in qualche modo legati alla diminuzione delle giornate (in senso statistico) di vento di bora. (S. Fonda-Umani, com. pers.).

Ma, casi d'ipossia o "crisi d'ossigeno" come anche dicesi, possono essere legati, con o senza fioriture, a fenomeni di piena dei fiumi, del Po specialmente, con stratificazione delle acque, (in superficie scorrono le acque ipoaline, sul fondo rimangono le acque più salate) se il fenomeno si verifica in condizioni di calma meteomarina o in aree costiere oceanografiche "chiuse", com'è la riviera emiliano-romagnola, in cui lo specchio d'acqua antistante le coste è, al largo (6-7 miglia) chiuso e delimitato dalla corrente discendente generale, (Nord-Sud) e sotto costa da microcorrenti che lambiscono la riva, in senso inverso. Con la stratificazione delle acque vengono meno i moti convettivi verticali da cui i fenomeni d'ipossia, si siano o no verificate in una fase precedente o concomitante le "fioriture algali".

Crisi di ossigeno, dipendenti da stratificazioni d'acqua, correlate a grandi piene di fiumi, si sono verificate diverse volte in Alto e Medio Adriatico e sono state studiate da alcuni ricercatori, anche

nell'impatto sugli organismi oggetto di pesca (scampi, vongole, capesante ecc.), (Froglia e Gramitto, 1982). Questi apporti massicci d'acqua dolce da parte dei fiumi, e del Po in particolare, si osservano generalmente nei mesi estivo-autunnali e si sono verificati nel 1977 (Artegiani et al., 1979), nel 1979 (Artegiani et al., 1981) e forse anche nel 1984. In questo ultimo anno tra Ottobre e Novembre si è osservata un'estesa fioritura di cui gli specialisti non sono riusciti a determinare la specie (*Gymnodinium* sp.) e che ha interessato buona parte della fascia costiera romagnola e marchigiana (a Nord del Conero).

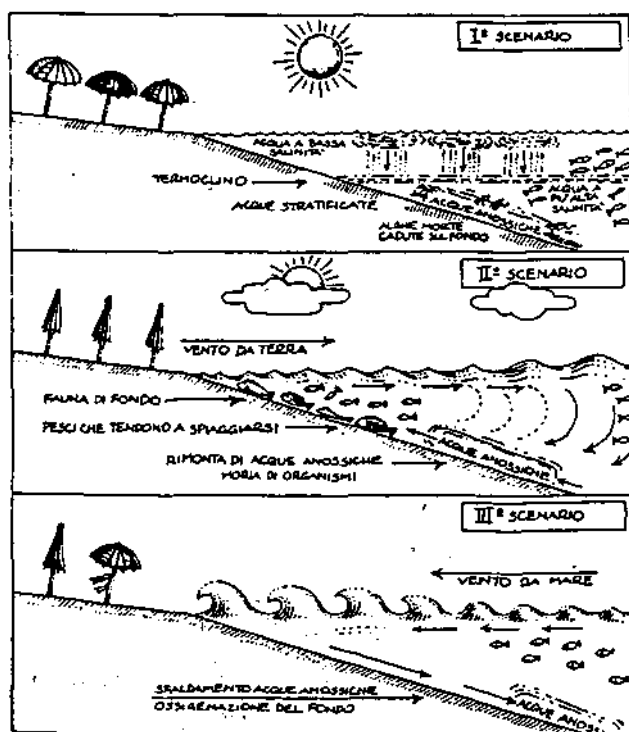


Figura 4 - Scenari possibili relativamente alla formazione di acque anossiche (I Scen.) ed al loro possibile spostamento verso terra (II Scen.) o verso il largo (III Scen.) secondo le condizioni meteomarine.

Per quanto riguarda l'impatto delle acque anossiche sulle popolazioni bentoniche, il danno può rivelarsi notevole, in quanto in un

primo tempo, particolarmente se trattasi di specie che vivono infossate o in tane, gli individui vengono stanati dalla crisi d'ossigeno e si rendono più disponibili alla pesca. Così per es., riferendosi alla crisi di ossigeno di fine estate del 1977 Froggia e Gramitto (1982), tenendo presente il prodotto scampi sbarcato nel mercato di Chioggia, rilevavano come, rispetto ai valori medi di confronto del periodo 1974-76, si avesse un notevole incremento di catture (quantitativi mensili quadruplicati rispetto ai valori di confronto) nel periodo estivo-autunnale, cui seguiva negli anni 1978-79 una caduta pressoché totale delle catture. Nel 1980/81 però i quantitativi sbarcati aumentavano e superavano quelli di confronto (1974-76) e la popolazione risultava ringiovanita per la maggiore frequenza delle taglie giovanili.

Ma, come si pongono i nutrienti e sali nutritivi, tra cui i fosfati ed il fosforo nei confronti delle fioriture? Alla luce di quanto si sa fino ad ora, l'arricchimento di nutrienti non sembra una condizione sufficiente per scatenare le fioriture algali.

L'eutrofizzazione spinge infatti tutto l'universo fitoplanctonico ad organizzare i sali minerali ed a crescere, mentre la fioritura, come s'è ricordato, è la moltiplicazione e crescita di una sola alga o di poche specie. Non si conoscono ancora né l'agente, né i meccanismi che selettivamente spingono alla moltiplicazione. Quanto ai danni infine, sia alla pesca, ma soprattutto al turismo, è l'acqua anossica sul fondo che si forma, sia in seguito alle fioriture, ma anche in seguito alle piene e stratificazioni, che, a seconda di dove si sposta, può provocare danni e morie.

Giocano quindi un ruolo determinante gli agenti meteo-marini.

4 CONCLUSIONE E RIASSUNTO

a - E' grave errore ritenere che l'Adriatico sia un bacino uguale ed omogeneo. L'Adriatico è un sistema complesso, articolato e diversificato in funzione della latitudine, dei diversi parametri chimico-fisici e biologici, in funzione della distanza dalla costa ecc., per cui si possono distinguere un Alto, Medio e Basso Adriatico (i primi due più affini), un sottosistema costiero ed uno del largo, un Adriatico costiero jugoslavo ed uno italiano del tutto diversi, ma anche in funzione delle stagioni si ha un Adriatico invernale-primaverile ed un Adriatico estivo-autunnale, estremamente diversi (Fig. 1).

b - Dal punto di vista della pesca l'Adriatico è il bacino più pescoso tra i diversi mari e bacini che circondano il nostro Paese. L'Alto e Medio Adriatico sono infine i più ricchi ed i più pescosi in assoluto. Ciò si deve certamente all'input energetico e quindi al processo di eutrofizzazione che è largamente positivo per le risorse e per la pesca. L'Adriatico è quindi un mare che è ben lungi dal morire.

c - Un grande surplus energetico si riscontra sotto costa, lungo la fascia litorale alto e medio adriatica, particolarmente lungo la costa emiliano-romagnola, cui certamente contribuiscono sversamenti cloacali e scarichi di depuratori. Qui possono verificarsi i casi di fioritura

algali e/o stratificazioni d'acqua dovute alle grandi piene del sistema dei fiumi della costa italiana e del Po in particolare.

d - Fioriture e acque stratificate danno luogo ad acque anossiche sul fondo che, in funzione del loro casuale spostamento possono provocare danno al turismo e qualche limitato pregiudizio alla pesca.

1 - Anzitutto il surplus energetico che si accumula sotto costa può e deve essere utilizzato a valle, ciò che si può fare con le iniziative di maricoltura (mitilicoltura, ostricoltura ecc.) e di barriere artificiali, come le esperienze dell'I.R.P.E.M, dimostrano ampiamente (Bombace, 1977, 1979, 1981, 1982, 1983, 1984). Questo riciclaggio energetico si traduce in un incremento di biomassa pescabile, in una utilizzazione del processo di eutrofizzazione, in altri fatti ecologici e socio-economici che valorizzano la fascia costiera. Ovviamente l'entità di queste iniziative dovrebbe essere adeguata al fenomeno eutrofizzante.

2 - Il fenomeno delle fioriture va ancora studiato ed approfondito. E' necessario intanto tenere una statistica di questi fenomeni. Non si dimentichi che casi di fioriture sono segnalati nella letteratura scientifica dell'Adriatico relativamente ad epoche pre-industriali e pre-agricoltura intensiva. Si vedano i lavori di Castracane (1881), di Levi-Moreno (1903), articoli di diversi autori (Issel, 1920) ecc. su giornali dell'epoca.

SUMMARY

The eutrophication is the enrichment of marine environment by nutrients and organic particulate material. This results in a flow of energy through the trophic chain and, finally, in an increased fishery production. The North and Middle Adriatic sea present showy cases of inshore eutrophication.

But at three or four miles off shore there are conditions of meso or oligotrophism. The eutrophication is due prevalently to out-flow of rivers draining agricultural and zootechnical grounds. In fact, the Adriatic sea, which has a surface of Km^2 138.000 equal to 1/20 of the Mediterranean's and a water volume of Km^3 35.000, equal to 1/125 of the same Mediterranean's, receives 1/3 of all continental Mediterranean waters.

From Isonzo river to Fortore river (Gargano), the total average flow is $3.097 \text{ m}^3/\text{s}$, of which the 51%, equal to a flow of $1.580 \text{ m}^3/\text{s}$, belongs to Po. As a result of this river flow and other ecological conditions (shallow waters, extension of continental shelf, fishability of resources etc.) the Adriatic sea is the most productive basin in the Mediterranean compared with fishing grounds with equal or similar index of density (HPM/MN = Horse power/square nautical mile). The Adriatic sea presents higher catch per effort (C/F = Kg/HPA). Catches are considered as global biomass, independently of its specific kind and value.

The energetic surplus in shore can support initiatives of mariculture and artificial reefs. But, the eutrophication has been pointed as origin of algal blooms and mortality of organisms. This is absolutely arbitrary.

The eutrophication is an indispensable but inadequate condition for algal blooms. The mortality of organisms and prejudices to touristic and bathing activity are caused by anoxic waters originated by sinking and decay of algal biomass on the bottom. But hypoxic waters can be also due to vertical stratification of the water masses (thermocline). Unfavourable meteorological conditions, and the transport of anoxic waters towards the coast, can cause stranding of benthic organisms, mortality, putrescent courses on beach and so prejudices to touristic activity. The damages to fishery are limited. Phenomenal algal blooms were recorded in Northern and Central Adriatic, never in the southern part, also in pre-industrial times as the works of old authors (Castracane, Levi-Moreno, Issel, Ninni ecc.) show.

BIBLIOGRAFIA

- ARTEGIANI A., SOLAZZI A., TOLOMIO C., MARZOCCHI M., FAVERO P., CAVOLO F., 1979 - Parametri fisico-chimici e fitoplancton in una stazione a Sud del Conero (Zona di ripopolamento). Conv. Sc. Naz. P.F. Oceanografia C.N.R., 5/3/1979 Roma, 107-122.
- ARTEGIANI A., AZZOLINI R., 1981 - Influence of the Po floods on the western Adriatic coastal water up to Ancona and beyond. Rapp. Comm. Int. Mer Medit., 27, 6, 115-119.
- ARTEGIANI A., 1984 - Seasonal flow rates of the Italian rivers having outlets in the Northern and the Central Adriatic. F.A.O. Fish. Rep., 290, 81-83.
- BOMBACE G., 1977 - Aspetti teorici e sperimentali concernenti le barriere artificiali. Atti IX Congresso S.I.B.M., Ischia.
- BOMBACE G., 1979 - Nota sull'esperimento di barriere artificiali a fini multipli realizzato dal Lab. Tecn. Pesca C.N.R., Ancona. Gazz. Pesca n. 1.
- BOMBACE G., 1981 - Note sur les experiences de creation de recifs artificiels en Italie. Etude et Revues n. 58, F.A.O., Roma.
- BOMBACE G., 1982 - Il punto sulle barriere artificiali: problemi e prospettive. XIII Congr. S.I.B.M., Cefalù, Palermo. Natur. Sic., VI (Suppl.), 3.
- BOMBACE G., 1983 - Observations sur les recifs artificiels realises le long des cotes italiennes. Journée sur les rec. artif. et la maric. suspend., CIESM, Cannes 1982.
- BOMBACE G., 1984 - Individuazione ambiente più idoneo a sperimentare nuovi materiali per barriere artificiali da destinare alla valorizzazione della fascia costiera ecc. Rapp. Tecn. Scient. Min. Marina Mercantile, 1-82.
- CASTRACANE F., 1880 - Straordinario fenomeno della vita del mare osservato nell'Adriatico nell'estate del 1880. Estr. Atti Accad. Pontif. Nuovi Lincei; T. XXXIV, A. XXXIV, Sess. I, 19, Dic. 1880, Roma.

- CHIAUDANI G., GAGGINO G.F., MARCHETTI R., VIGHI M., 1982 - Caratteristiche trofiche delle acque costiere adriatiche. Campagna di rilevamento 1978-79, C.N.R., AQ/2/14.
- FRANCO P., 1982 - Oceanography of Northern Adriatic Sea data from the cruises of the years 1978 and 1979. Arch. Oceanol. Limnol., 20 Suppl. 2.
- FROGLIA C., 1973 - Osservazioni sull'alimentazione del merluzzo (*Merluccius merluccius* L.) del Med. Adr. Atti 5 Congr. Soc. Ital. Biol. Mar., Nardò, 327-341.
- FROGLIA C., GRAMITTO M.E., 1982 - Effetti della crisi di ossigeno del 1977 sulla pesca degli scampi in Adriatico. Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 50 Suppl., 195-201.
- HYDROGRAPHIC INSTITUTE OF THE YUGOSLAV NAVY "ANDRIJA MOHOROVIĆ", 1982 - Reports and Results of the Oceanographic investigations in the Adriatic sea.
- ISSEL R., 1920 - Il mare sporco e gli studi della R. Stazione di biologia marina di Rovigno. Piccolo della Sera, Trieste.
- ISTAT - Annuario statistico della Zootecnica, Pesca e Caccia 1982, 1983, 1984.
- LEVI MORENOS D., 1903 - La causa del mare sporco. Neptunia, A. XVIII, n. 21, 15 Nov.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	297-310	1985

SIGNIFICATO DELLA FASCIA COSTIERA DELLE TRE MIGLIA NELLA GESTIONE E PROTEZIONE DELLE RISORSE DI PESCA

G. Relini

Lab. di Biologia Marina ed Ecologia Animale dell'Università di Genova

INTRODUZIONE

Quando si parla di fascia costiera il biologo marino intende immediatamente un tratto delle acque marine prossime alla costa, mentre nel linguaggio comune ci si riferisce al lembo di terra confinante col mare. Per evitare confusioni sarebbe forse opportuno usare al posto di fascia costiera la dizione "fascia delle acque costiere" definibile per il momento - come quel tratto delle acque costiere esteso dalla zona di marea fino all'isobata dei 50 m di profondità o fino a tre miglia dalla costa, qualora tale isobata sia collocata a distanza maggiore. Si tratta del limite previsto dalla legge italiana che disciplina la pesca a strascico, limite che rappresenta un compromesso tra opposte esigenze e non rientra nella classica suddivisione della bionomia bentonica, anche se, per la maggior parte, la zona delimitata è costituita dall'infralitorale.

Per avere un'idea, sia pur approssimativa, delle distribuzioni di questi limiti lungo le coste italiane, ci si può riferire alla Fig. 1. Nel Mar Ligure, dal confine francese fin quasi all'isola di Tino, il limite per la pesca a strascico è quello dei 50 m, essendo questa batimetrica molto vicina alla riva; su circa 1.500 Km di platea continentale meno di 1/3 della superficie si riferisce a fondi compresi tra 0 e 50 m in gran parte estesi nel settore orientale.

In tutto il Tirreno, dalla Toscana alla Campania, si alternano aree in cui è valido il limite delle 3 miglia a zone in cui il limite è rappresentato dai 50 m. Quest'ultimo interessa la Calabria ed il Nord della Sicilia, mentre nella parte occidentale a meridionale dell'isola prevale il limite delle tre miglia. Situazioni simili di alternanza dei due limiti si riscontrano in Sardegna, nella Calabria jonica, nella Puglia fino a Molfetta. Da questa città fino a Trieste vige il limite delle tre miglia. Già per l'andamento delle batimetriche ci si rende conto che l'Adriatico Centrale e Settentrionale si differenziano nettamente dagli altri mari italiani.

Dal punto di vista ecologico, la provincia neritica ed ancor più la sua parte costiera, hanno un'enorme importanza per le risorse biologiche. E' noto infatti che in termini di produttività primaria le acque neritiche sono molto più produttive di quelle del largo, ma sono anche quelle che subiscono il maggior impatto con l'attività dell'uomo. Inoltre quanto più ristretta è la fascia costiera tanto più forte è la conflittualità tra opposti interessi di sfruttamento delle risorse o di altro tipo di fruizione del mare.

Non potendo, sia per motivi di tempo sia perchè l'argomento verrebbe troppo allargato, trattare esaurientemente il tema della razionale gestione integrata della fascia costiera per la quale rimando agli

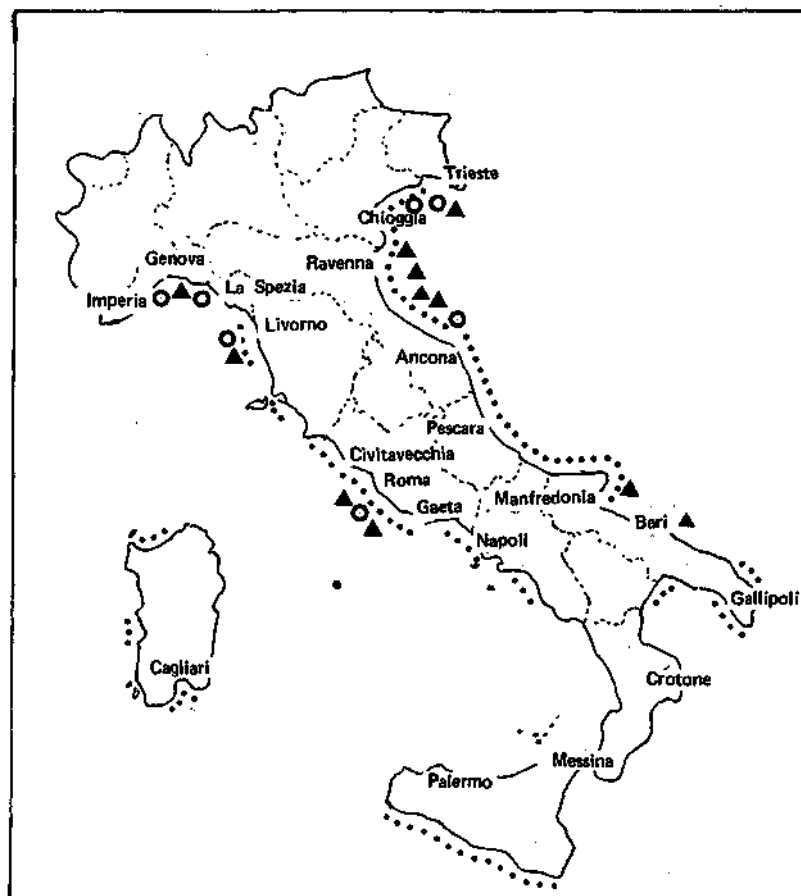


Fig. 1 - Con una serie di puntini sono indicate le coste lungo le quali vige il limite delle 3 miglia per lo strascico. I cerchietti e i triangoli indicano le zone ove sono stati studiati gli effetti dello strascico rispettivamente nell'ambito della ricerca coordinata dall'IRPEM (Frogliia, 1984) e di altri studi riportati in bibliografia.

atti del simposio di Palma di Maiorca (GFCM 1981) ed a quelli del Convegno di Ancona (Autori vari 1983); mi soffermerò su alcuni effetti dell'attività antropica nei riguardi delle risorse da pesca (Tab. 1).

Tra le fonti di degrado ambientale merita un cenno, anche perché non sarebbe difficile ridurlo drasticamente, il cosiddetto ripascimento delle spiagge, una delle attività più deleterie lungo le coste italiane e della Liguria in particolare (Torchio, 1971; Torchio et al.,

Tab. 1 - Principali tipi di intervento antropico e loro effetti.

<u>Interventi, antropici</u>	<u>Effetti sulle biocenosi e sulle risorse</u>
Sversamenti di inquinanti:	
a) frazione tossica	Distruzione e/o modificazione delle biocenosi e delle risorse.
b) frazione organica riciclabile	Fertilizzazione, Eutrofizzazione.
c) frazione inerte	Trasformazione delle biocenosi, conseguenti a variazioni del mezzo, come trasparenza, granulometria, ecc.
Sottrazione di fondali (opere marittime, riempimenti)	Diminuzione della produzione Perturbazione su biocenosi adiacenti.

Tab. 2 - Catture totali e rendimenti orari medi in Kg (r.o.m.) in un ciclo annuale di pesche a strascico (una per mese) effettuate davanti a Chiavari (da Relini et al., 1985).

	Pesci	Cefalopodi	Crosteacei	Scarto	Tot. prodotto comm.
20 m					
Tot. Kg	306.0	49.4	2.6	603.5	358.0
r.o.m.	23.5	3.8	0.2	46.5	27.5
30 m					
Tot. Kg	170.5	58.5	6.3	460.5	235.3
r.o.m.	14.2	4.9	0.5	38.4	19.6
50 m					
Tot. Kg	118.3	45.2	3.3	485.0	166.8
r.o.m.	9.1	3.5	0.25	37.3	12.8
90 m					
Tot. Kg	110.7	59.6	1.5	284.0	171.8
r.o.m.	9.2	5.0	0.1	23.6	14.3

Tab. 3 - Rendimenti orari medi (Kg/h), distinti per batimetrica, della pesca a strascico nell'area antistante la foce del Tevere (sono tenute distinte le catture ottenute a N e a S della foce (da Della Seta, 1983).

	Pesci		Molluschi cefal.		Crosteacei	
	N	S	N	S	N	S
10 m	12,0	14,5	1,1	0,9	13,4	19,7
50 m	5,6	7,7	2,1	2,4	1,9	1,5
100 m	4,5	6,2	2,7	2,0	0,9	0,9
Totale	22,1	28,4	5,9	5,3	16,2	22,1

1984). Spesso vengono usati materiali inadatti a ricostituire l'arenile quali terra, argilla, calcinacci ecc. i quali ricoprono le biocenosi costiere distruggendole e trasformando la granulometria dei fondali, cosicchè ampie zone costiere, un tempo a fondi rocciosi e sabbiosi, sono attualmente desolate distese di fango. La prateria di Posidonia, uno dei baluardi della spiaggia, è la prima vittima di tali pratiche con ovvie conseguenze sulla piccola pesca.

Agli inquinamenti, al degrado, alla sottrazione di fondali si viene a sovrapporre l'attività di pesca illegale ed in particolare lo strascico che opera all'interno delle tre miglia o dei 50 m, cioè nelle zone vietate dalla attuale normativa, e con maglie illegali (molto al di sotto dei 40 mm di apertura). La legge riconosce questa fascia meritevole di particolare protezione - come evidenzia Froggia (1984) - perchè in essa per molte specie ittiche si hanno concentrazioni di giovani in fase trofica e concentrazioni di riproduttori in fase genetica.

E' opportuno soffermarsi alquanto sull'attività della pesca a strascico illegale sia per la sua diffusione lungo quasi tutta la costa italiana, sia perchè questo argomento è oggetto in questi ultimi tempi di vivaci discussioni, anche in relazione ad alcune proposte di modifica dell'attuale regolamentazione (in particolare dell'art. 111, legge 14/7/1965 n. 963) (+).

La pesca a strascico, cioè con rete trainata sul fondo da uno o due motopescherecci, è vietata nella fascia costiera con differenti modalità in tutti i paesi mediterranei. Quando la rete è trainata da una sola barca per tenerne aperta la bocca vengono usati i divergenti, due pesanti strutture che arano, nel vero senso del termine, il fondale con ovvie conseguenze sulle biocenosi presenti. Non solo le imbarcazioni modeste, ma anche i pescherecci di potenza maggiore, a causa dell' "overfishing" delle zone lontane dalla costa o della scomparsa di certe risorse (ad esempio i gamberi rossi in gran parte dei fondi batiali liguri) insieme agli aumentati costi di gestione (carburante in particolare) si dedicano alla pesca a strascico costiera di frodo spesso lavorando di notte o intorno all'alba quando sono minori le possibilità di controllo.

STRASCICO ENTRO LE TRE MIGLIA

Perchè si pesca a strascico in queste zone? La risposta è ovvia, perchè nonostante possibili sanzioni, non solo pecuniarie, la resa in termini di rendimento per un'unità di sforzo e quindi di costi/ricavi immediati, è maggiore. Qualche esempio recente di rilevamento delle catture è riferito nelle Tabb. 2 e 3.

(+) art. 111: E' vietato l'uso di reti da traino nelle zone di mare nelle quali la profondità delle acque sia inferiore ai 50 m entro le tre miglia marine dalla costa, salvo che la pesca sia esercitata con natanti a remi, o a mano da terra.

Nel caso di Chiavari il limite è costituito dalla batimetrica dei 50 m (a 1,5 miglia dalla riva) mentre in prossimità della foce del Tevere i 50 m si trovano al di là delle tre miglia. A Vibo Valentia (Calabria) e Porticello (Palermo) all'interno dei 50 m di profondità si possono avere rendimenti di 20 - 50 Kg/h di pesce pregiato (comunicazione personale dei dott.ri S. Greco e M. Arculeo). Gli alti rendimenti sopra ricordati per le zone costiere sono soprattutto dovuti alla cattura del novellame.

Così per catturare alcuni adulti di specie pregiate o novellame di altre specie (ad esempio i moscardini novelli di E. cirrhosa) viene fatta una ecatombe di giovani, sia fuori che all'interno del limite dei 50 m o delle tre miglia.

Piccinetti e Giovanardi (1983) così riassumono i principali danni causati dallo strascico agli stocks:

- 1) cattura di un gran numero di riproduttori (fatto che può pregiudicare il successivo reclutamento nel caso di specie a bassa fecondità ed areale di riproduzione limitato).
- 2) Distruzione o danneggiamento di nidamenti ed uova bentoniche.
- 3) Cattura di novellame e di giovani prima del raggiungimento della dimensione critica.

Il danno maggiore, anche dal punto di vista economico, dell'attività dello strascico sottocosta riguarda la cattura di novellame e di riproduttori con una forte riduzione del reclutamento. Alcuni rilevamenti recenti possono essere utili a quantificare il fenomeno.

Nelle Figg. 2 e 3 sono riportati i periodi di presenza di giovani ed i periodi di riproduzione di alcune specie di maggiore interesse nel Medio Adriatico e nell'Alto Tirreno, dove vige il limite delle tre miglia.

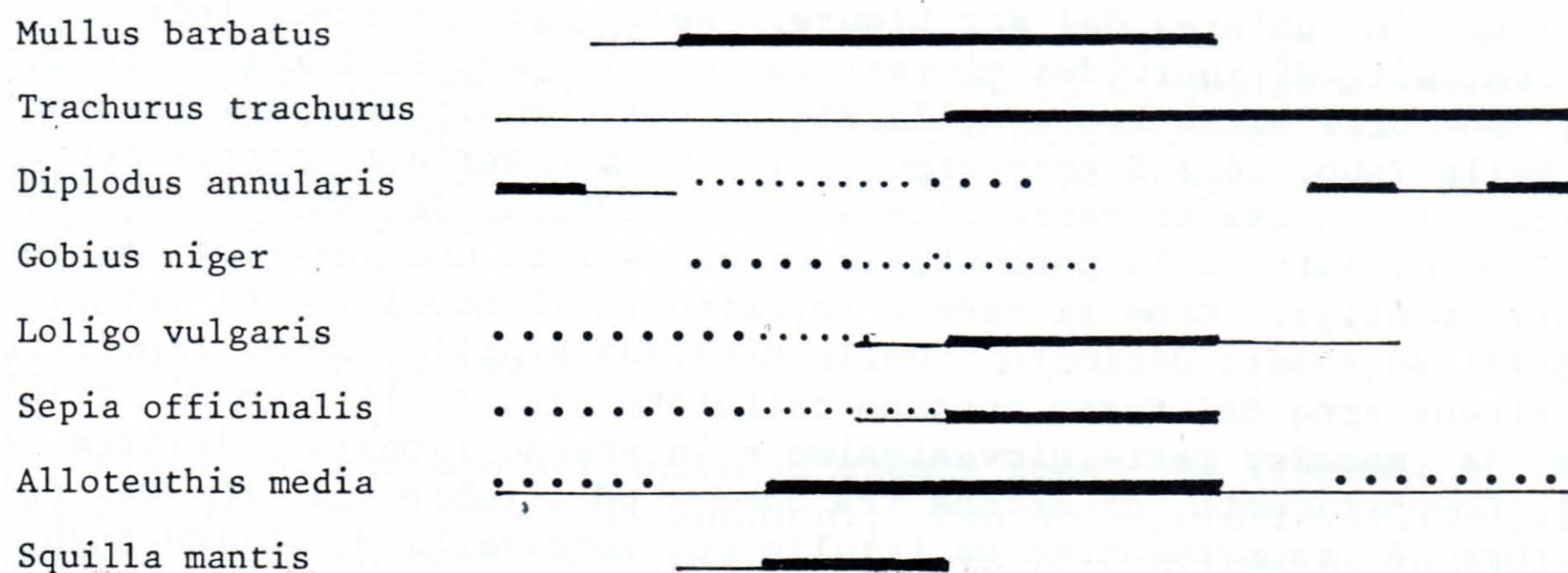
Nella Fig. 4 sono riportati i periodi di massima densità delle reclute in un'area del Mar Ligure; nella Fig. 5 sono indicate le percentuali di individui giovani catturati entro le 3 miglia in quattro zone dell'Adriatico e nella Fig. 6 nel Compartimento di Livorno.

Nelle Tabb. 4 e 5 sono riportati per la Liguria rispettivamente le catture in un'ora di pesca illegale (all'interno dei 50 m e con maglie da 6 mm di lato) e la percentuale di giovani in una serie di campionamenti mensili. Come si vede è soprattutto il novellame di Triglie e Pagelli ad essere decimato. Della Seta (da Froglia, 1984) riporta che in alcune aree del Lazio vengono catturate sino a 218 Kg/h di triglie per la maggior parte giovanissime e lo stesso Froglia riferisce che nel Compartimento di Ancona tra agosto ed ottobre il 60-90% delle catture è rappresentato da triglie con rendimenti di 10-100 Kg/h di cui i giovani rappresentano dall'83% al 98%.

Nelle zone surriferite, il novellame, con specie differenti, è presente tutto l'anno. Un recente esempio di modificazione delle leggi sulla pesca a Cipro ha mostrato gli effetti positivi spettacolari che si possono ottenere con l'estensione del periodo di divieto dello strascico a protezione del novellame. Si è avuto un incremento del pescato del 40% nel primo anno e del 100% nel secondo (Demetropoulos e Garcia, 1984).

Mullus barbatus	
Trigla lucerna	
Lithognatus mormyrus	
Pagellus erythrinus	
Solea vulgaris	
Trachurus mediterraneus	
Merlangius merlangus	
Gobius niger	
Sepia officinalis	
Loligo vulgaris	
Squilla mantis	

M A M G L A S O N D G F



302

Tab. 4 - Catture ottenute in un'ora di strascico con rete da moscardini (maglie al sacco di 6 mm di lato) a 20 m davanti a Chiavari; settembre 1982. (Sono riportate solo alcune specie di maggior pregio).

11.555	<u>Mullus barbatus</u>	pari a circa 74 Kg	(in gran parte novellame di 5-6 cm lt)
2.233	<u>Pagellus erythrinus</u>	pari a circa 13 Kg	(in gran parte novellame di 5-6 cm lt)
1.245	<u>Spicara flexuosa</u>	pari a circa 2,6 Kg	
195	<u>Boops boops</u>	" " " 1 Kg	
90	<u>Mullus surmuletus</u>	" " " 2,8 Kg	
180	<u>Diplodus annularis</u>	" " " 4,2 Kg	
57	<u>Pagellus bogaraveo</u>	" " " 0,5 Kg	
41	<u>Pagellus acarne</u>	" " " 1,4 Kg	
33	<u>Loligo vulgaris</u>	" " " 0,1 Kg	
30	<u>Octopus vulgaris</u>	" " " 5,7 Kg	
25	<u>Dentex dentex</u>	" " " 1 Kg	
25	<u>Squilla mantis</u>	" " " 0,8 Kg	
135	<u>Botus botus</u>	" " " 4,5 Kg	
10	<u>Triglia lucerna</u>	" " " 0,2 Kg	



Fig. 4 - Periodi di presenza e di massima intensità delle reclute all'interno e all'esterno del limite dei 50 m davanti a Chiavari (da Relini e coll., 1985).

Tab. 5 - Catture totali (n. individui) ottenute con 12 campionamenti mensili di un'ora con rete a strascico, delle dieci specie più importanti in biomassa sui fondi in prossimità di Chiavari (1982-83). Tra parentesi la percentuale di giovani. (da Felini et al., 1985).

	- 20 m	- 50 m	- 90 m
<u>Mullus barbatus</u>	17241 (93%)	358 (74,9%)	204 (51,9%)
<u>Merluccius merluccius</u>	9 (100%)	453 (99,3%)	1608 (100%)
<u>Pagellus erythrinus</u>	5824 (99,4%)	26 (57,8%)	2 (20%)
<u>Spicara flexuosa</u>	1403 (65,3%)	34 (5,8%)	1 (0,8%)
<u>Pagellus acarne</u>	756 (99,6%)		
<u>Boops boops</u>	245 (89,1%)	85 (53,5%)	5 (10,4%)
<u>Octopus vulgaris</u>	31 (63,3%)	7 (41,2%)	4 (44,4%)
<u>Eledone cirrhosa</u>	-	3 (92,5%)	355 (97,5%)
<u>Eledone moschata</u>	38 (90,5%)	27 (77,1%)	10 (55,6%)
<u>Sepia officinalis</u>	41 (41,4%)	33 (33,7%)	1 (3,3%)

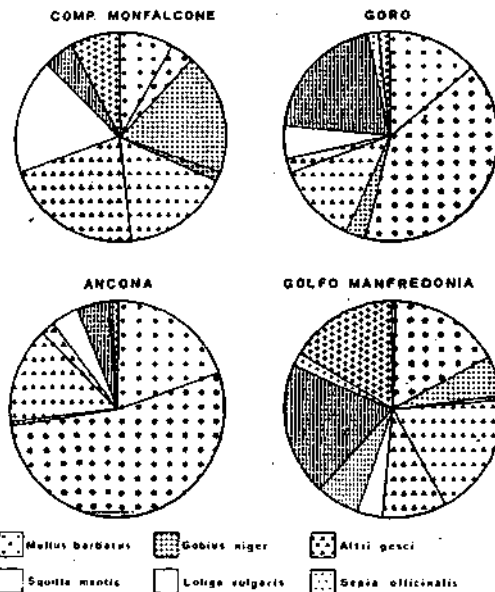


Fig. 5 - Composizione percentuale (in peso) delle catture ottenute in anni diversi all'interno della fascia costiera delle 3 miglia, in alcune aree campione dell'Adriatico nel periodo agosto-settembre. Le aree grigie rappresentano le percentuali di individui giovani (da Froglia ed Orel, 1979).

Ai danni provocati dalla pesca a strascico agli stocks si deve aggiungere:

- a) distruzione biocenosi costiere (praterie in particolare)
- b) conflittualità con la piccola pesca che è più selettiva ed economica
- c) danni ad opere civili (condotte, acquedotti)
- d) danni ad opere di maricoltura.

Particolarmente grave, nell'ambito della distruzione delle biocenosi costiere, è quella della prateria di fanerogame marine ed in primo luogo di Posidonia, distruzione che si è estesa in zone prima non strascicabili con l'introduzione di un nuovo tipo di rete munita di grosse sfere elastiche sulla lima da piombi (Auteri, 1985).

I danni provocati alle praterie di Posidonia oceanica dallo strascico sono stati ben documentati nel Medio Tirreno (Ardizzone e Migliuolo, 1982; Ardizzone e Pelusi, 1983a). La prateria di Posidonia, oltre ad avere un ruolo importantissimo nella difesa della costa nei riguardi del moto ondoso è un ecosistema di primaria importanza anche ai fini della pesca (Ardizzone e Pelusi, 1983a, 1984).

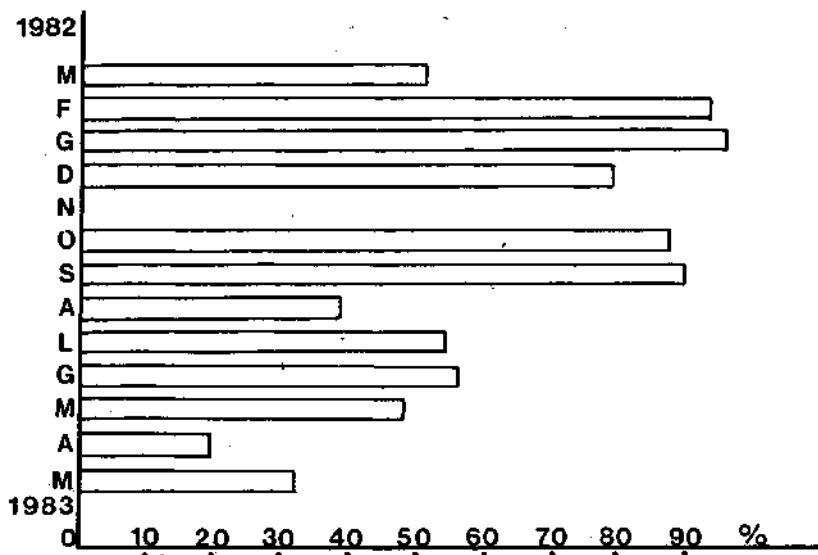


Fig. 6 - Percentuale di giovani rilevate nelle catture mensili ottenute entro la fascia costiera del compartimento di Livorno (da Auteri e coll., in Frogliia, 1984).

Tab. 6 - Compartimento di Monfalcone - Rendimenti medi per giornata di pesca a strascico e di pesca con reti da posta, ore di moto ed ore di lavoro, entro la fascia costiera (modificato da Froglià, 1984).

Attrezzatura	Strascico				Reti da posta			
	(mp. 200 CV, 3 persone)				(mp. 90 CV 2 persone)			
Mese	Maggio		Giugno		Giugno		Luglio	
Specie - categ. comm.	Kg/die	o	Kg/die	o	Kg/die	o	Kg/die	o
Seppia	169	31,3	76	37,4	73	38,1	43	15,1
Sogliola	2	0,3	2	0,4	4	2,9	16	10,3
Altri (I - II cat.)	11	2,1	12	8,8	5	9,4	1	0,3
Altri (III cat.)	36	30,0	6	1,5	-	-	-	-
Canocchie	12	5,3	9	3,7	-	-	-	-
Murici	51	35,7	11	5,8	-	-	-	-
Palombo	-	-	-	-	1	1,4	4	2,1

	h	o	h	o	h	o	h	o
ore di moto	12,0	0,25	13,2	0,36	1,9	0,76	1,7	0,12
ore di lavoro	36,0	1,00	39,5	0,58	9,2	1,47	9,0	0,84

Un altro punto dolente è la conflittualità tra lo strascico e la pesca artigianale che si manifesta non solo nella competizione per la stessa risorsa, ma anche nel danneggiamento degli attrezzi da posta ad opera delle strascicanti. La pesca artigianale, essendo molto dispersa, è difficilmente quantificabile; tuttavia qualche tentativo di valutazioni non manca (Arculeo e Riggio, 1985; Ardizzone e Bombace, 1982; Cavallaro *et al.*, 1978; Cavallaro ed Andaloro, 1980). In genere risulta più selettiva, cioè pesca generalmente individui di maggiori dimensioni e più economica.

Nel compartimento di Monfalcone è stata effettuata una indagine comparativa tra pesca a strascico (mp. 200 CV, 3 persone) e reti da posta (pm. 90 CV, 2 persone) per valutarne la validità economica e le caratteristiche di selettività, soprattutto nel periodo di concentrazione genetica delle seppie (Faverio, da Froglià, 1984).

Da tale indagine (Tab. 6) emerge chiaramente che la pesca con reti da posta richiede, per Kg di pesce catturato, un consumo di carburante inferiore di un ordine di grandezza rispetto alla corrispondente attività di pesca con reti a strascico.

CONCLUSIONI

Da quanto detto emerge l'impellente necessità di ridurre le fonti di inquinamento, le azioni di degradazione e di impedire le distruzioni operate dallo strascico nella fascia costiera. Per prevenire queste ultime si può ricorrere sia agli ostacoli meccanici (barriere artifi-

ciali) dove ciò è possibile e consigliabile, sia ad una più concreta applicazione della legge.

Oggi si parla molto dell'opportunità di modificare in senso permissivo l'art. 111 che non viene rispettato. In base alle conoscenze acquisite dalla ricerca coordinata dall'IRPEM (Froggia, 1984) e a quelle derivanti da altri studi svolti in Italia e nel Mediterraneo, non esistono le premesse scientifiche per una eventuale modificazione dell'art. 111 per quanto si riferisce allo strascico; al massimo sono possibili alcune deroghe limitate nello spazio e nel tempo e dietro precise indicazioni scientifiche, come è avvenuto in Adriatico (Froggia l.c.). Le verifiche effettuate sul campo non consentono l'introduzione di deroghe alla legge nell'area ligure-tirrenica. Le motivazioni fondamentali sono che:

- 1) entro i 50 m la ristretta fascia costiera è sempre occupata da giovani di specie di interesse commerciale, i cui adulti possono essere catturati dalla pesca artigianale o dallo strascico fuori i 50 m.
- 2) Gli stessi fondi sono spesso coperti dalle praterie di Fanerogame marine ed in particolare di Posidonia oceanica.

E' urgente un maggior coordinamento tra i vari tipi di interventi correlati alla gestione delle risorse e del territorio almeno nella fascia marina costiera. Perché ciò si realizzi concretamente sono indispensabili le seguenti operazioni:

- 1) Mappatura delle biocenosi costiere, in particolare delle praterie di Fanerogame.
- 2) Pianificazione dell'uso del territorio con indicazione delle diverse vocazioni dei siti.
- 3) Drastica diminuzione degli scarichi in mare compresi quelli per il ripascimento delle spiagge.
- 4) Rigida applicazione delle norme per lo strascico.
- 5) Interventi di maricoltura e barriere artificiali.

RIASSUNTO

Dopo aver ricordato l'importanza della fascia costiera per le risorse da pesca ed il deterioramento che subisce a causa di molteplici attività antropiche, l'autore si sofferma in particolare sul problema dello strascico illegale e sull'eventualità di introdurre modifiche agli attuali divieti.

Soprattutto sulla scorta di dati derivati da recenti ricerche finanziate dal Ministero della Marina Mercantile, evidenzia i principali danni provocati dallo strascico operante all'interno dei 50 m di profondità o delle tre miglia dalla costa: la strage di novellame di specie pregiate, la distruzione della prateria di Posidonia, la conflittualità con la pesca artigianale, che spesso risulta più selettiva ed economica. Dall'esperienza ligure e tirrenica in particolare, risulta la necessità che l'attuale normativa sia mantenuta e applicata.

SUMMARY

Italian law forbids trawling in the zone of coastal waters extending three miles off the shore, or in the narrower strip between the shore and the level -50 m when the bottom is slanting. Many human activities can have a detrimental effect on the fishing resources of this area, in particular the discharge of waste materials, and illegal trawling. Recent investigations financed by the Ministero della Marina Mercantile in several areas of the Italian seas, made it possible to measure the damage caused by illegal trawling in terms of destruction of juveniles and to compare the yield of trawling and that of less destructive small-scale fisheries. On the Ligurian and Tyrrhenian coasts any modification of the present law regarding trawling activities should not be permitted.

RINGRAZIAMENTI

L'Autore ringrazia sentitamente il dr. C. Frogliani per le fruttuose discussioni, i dottori M. Arculeo e S. Greco per aver messo a disposizione dati ancora non pubblicati e il geometra C. Grattarola per l'aiuto prestato nella preparazione dell'iconografia.

BIBLIOGRAFIA

- ARCULEO M. e S. RIGGIO, 1985 - Situation et perspectives de la pêche cotière dans une localité du Golfe de Palerme apres deux ans d'observations. FAO Fish. Rep., 336, 43-50.
- ARDIZZONE G., 1982 - Osservazioni sulla pesca a strascico entro le tre miglia dalla costa tra Capo Circeo e Terracina (Medio Tirreno). Naturalista Siciliano, ser. IV, 6 (suppl. 2), 395-401.
- ARDIZZONE G. e BOMBACE G., 1982 - Prime osservazioni sulla piccola pesca costiera lungo il litorale del Medio Tirreno. Naturalista Siciliano, S IV, VI (suppl.), 2, 389-394.
- ARDIZZONE G. e MIGLIUOLO A., 1982 - Modificazioni di una prateria di Posidonia oceanica (L.) Delile del Medio Tirreno sottoposta ad attività di pesca a strascico. Naturalista Siciliano, ser. IV, 6 (suppl. 3), 509-515.
- ARDIZZONE G.D. and PELUSI, 1983a - Regression of a Tyrrhenian Posidonia oceanica prairie exposed to nearshore trawling. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 28 (3), 175-177.
- ARDIZZONE G.D. and P. PELUSI, 1983b - Fish populations exposed to coastal bottom trawling along the Middle Tyrrhenian Sea. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 28 (5), 107-110.
- ARDIZZONE G.D. and P. PELUSI, 1984 - Yield and damage evaluation of bottom trawling on Posidonia Meadows. Int. Workshop on Posidonia oceanica beds. Boudouresque C.F., Jeudy De Grissac A., Oliver J. edit. 615 Posidonie 1984; 1, 63-72.
- AUTERI R., 1985 - Comportamento di una rete a strascico modificata su fondi duri del piano infralitorale. Centro Provinciale di Studi sulla Pesca, Livorno, 1-26 (non pubblicato).

- AUTORI VARI, 1983 - Gestione e valorizzazione della fascia costiera. Il Gazzettino della Pesca, 5 (suppl.), 1-69.
- CAVALLARO G. e F. ANDALORO, 1980 - La piccola pesca litorale in Italia: situazione e prospettive di miglioramento. Mem. Biol. Mar. Ocean., X, 3, 57-70.
- CAVALLARO G., F. ANDALORO, F. MUNAO e F. SOLDANO, 1978 - La situazione della piccola pesca litorale nello stretto di Messina nel dodicennio 1967-78. Mem. Biol. Mar Ocean., VIII, fasc. III, 51-64.
- DELLA SETA G., 1983 - L'esperimento Tevere. Influenza di un fiume sull'ecosistema marino prospiciente la sua foce. 12 - Caratterizzazione della fauna marina catturabile con rete a strascico. Quaderni Ist. Ric. Acque, 66, 233-254.
- DEMETROPOULOS A. and S. GARCIA, 1984 - The effects of new management measures on the Cyprus fisheries: a lesson for the Mediterranean? GFCM: RM/V/84/3 June 1984, 1-24.
- FERRETTI M. and FROGLIA C., 1975 - Results of selectivity experiments, made with different trawls, on more important adriatic demersal fish. Quad. Lab. Tecnol. Pesca, Ancona, 2 (1), 3-16.
- FIORENTINI L., FABI G., FROGLIA C., GIANNINI S. and GRAMMITO M.E., 1983 - Characteristics of trawl fishery in the coastal area of the Northern Adriatic. FAO Fish. Rep., 290, 237-245.
- FROGLIA C., 1976 - Considerazioni sulla pesca delle Seppie con attrezzature selettive nell'Alto e Medio Adriatico. Gazzettino della Pesca, 23 (5).
- FROGLIA C., 1978 - Aspetti e prospettive della pesca marittima entro le tre miglia dalla costa. VII Convegno sui problemi della Pesca, Cesenatico, 29-41.
- FROGLIA C., 1982 - Osservazioni su alcuni fattori che condizionano i rendimenti di pesca nella pesca a strascico. Naturalista Siciliano, Ser. IV, 6 (suppl.), 361-373.
- FROGLIA C., 1984 - Presupposti bioecologici e tecnici per una nuova regolamentazione della pesca a strascico entro le tre miglia dalla costa. Rapporto finale al Ministero Marina Mercantile, Direzione Generale Pesca Marittima, 1-104.
- FROGLIA C., FIORENTINI L., FABI G., GIANNINI S. e GRAMMITO M.E., 1982 - La pesca a strascico nella fascia costiera delle tre miglia. Considerazioni sulla stagione di pesca 1980-81 nell'Alto Adriatico. Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 50, suppl., 45-52.
- FROGLIA C. e MAGISTRELLI F., 1981 - Osservazioni sulla pesca a strascico nella fascia delle tre miglia dalla costa in un'area antistante il delta del Po. Quad. Lab. Tecnol. Pesca, Ancona, 3 (1 suppl.), 49-65.
- FROGLIA C. e OREL G., 1979 - Considerazioni sulla pesca a strascico nella fascia costiera delle tre miglia in Adriatico. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., ser. B, 86 suppl., 17-25.
- FROGLIA C., OREL G. e VIO E., 1979 - Osservazioni sulla pesca a strascico entro le tre miglia dalla costa in zona di mare compresa tra Grado e P.ta Tagliamento (Compartimento di Monfalcone). Atti Convegno Scientifico Nazionale Progetto Finalizzato Oceanografia e Fondi Marini, 1, 269-288.
- GFCM, 1981 - Management of living resources in the Mediterranean coastal area. Stud. Rev. Gen. Fish. Counc. Mediterr., (58), 1-350.

- MARANO G., CASAVOLA N., VACCARELLA R. e PAGANELLI A., 1977 - Osservazioni sulla pesca a strascico lungo il litorale di Bari. Oebalia, III, 17-31.
- MATTA F., 1958 - La pesca a strascico nell'arcipelago toscano. Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., N.S., 13, 23-371.
- ORSI RELINI L., RELINI G., ROMEO G. e TUNESI L., 1983 - Reclutamento degli Sparidi del genere Pagellus sui fondi strascicabili costieri del Mar Ligure. Nova Thalassia, 6 (suppl.), 489-501.
- ORSI RELINI L., TUNESI L., PEIRANO A. e RELINI G., 1985 - La pesca a strascico nella fascia costiera ligure: II Distribuzione e incidenza nel pescato di forme giovanili di pesci. Oebalia, 11 (2 n.s.), 509-519.
- PICCINETTI C., 1968 - Osservazioni sulla pesca costiera nel litorale occidentale dell'alto e medio Adriatico. Note Lab. Biol. Mar. Pesca, Fano, 2 (10), 231-255.
- PICCINETTI C., 1970 - Osservazioni periodiche sulla pesca a strascico con i rapidi nelle acque costiere del Medio Adriatico. Pubbl. Staz. Zool., Napoli, 38 (suppl.), 109-118.
- PICCINETTI C., 1971 - Osservazioni periodiche sulla pesca a strascico con la tartana nelle acque costiere del Medio Adriatico. Note Lab. Biol. Mar. Pesca, Fano, 4 (1), 1-24.
- PICCINETTI C. and GIOVANARDI O., 1983 - One year trawling survey in the coastal area of the Gulf of Manfredonia. Report of third Technical consultation on stock assessment in the Adriatic. Fano, June 1983. FAO Fish. Rep., (290), 247-252.
- RELINI G., 1972 - Rifiuti solidi lungo le coste e sui fondali della Liguria. Atti II Convegno Cote d'Azur - Riviera dei Fiori; Pollution et aménagement, Genova 2-30 marzo 1972, 159-163.
- RELINI G. and ORSI RELINI L., 1984 - The role of Cephalopods in the inshore trawling of the Ligurian sea. Oebalia, 10 n.s., 37-58.
- RELINI G., ORSI RELINI L., PEIRANO A. and TUNESI L., 1985 - Quantitative patterns of trawl fishing in the Ligurian sea in relation to the legal limit of 50 m depth. FAO-Fish. Rep., 336, 135-140.
- RELINI G., PEIRANO A., TUNESI L. e ORSI RELINI L., 1985 - La pesca a strascico nella fascia costiera ligure: I° Composizione qualitativa e quantitativa delle catture in un ciclo di campionamento annuale. Oebalia, 11 (2 n.s.), 489-508.
- RELINI ORSI L. e FANCIULLI G., 1980 - Aspetti qualitativi e quantitativi della pesca a strascico in acque neritiche della Riviera Ligure. Quad. Lab. Tecnol. Pesca, Ancona, 2 (5), 257-269.
- TORCHIO M., 1971 - Nota ecologica sull'attuale popolamento dei Soleidi nel Mar Ligure occidentale. Natura, Milano, 62 (4), 479-504.
- TORCHIO M., BARLETTA G., BELLAGAMBA G., MALDINI D. e TORELLI A.R., 1984 - Spostamenti dell'ittioneuton - e suoi spiaggiamenti - in provincia di Savona, nel corso dell'ultimo trentennio: nuove osservazioni e considerazioni eco-etologiche e conservazionistiche. Quad. Civ. Staz. Idrobiol. Milano, 12, 1-26.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	311-336	1985

RUOLO DEI BIVALVI NELLA FASCIA COSTIERA ADRIATICA

V.U. Ceccherelli

Istituto di Zoologia, Università di Ferrara

1. INTRODUZIONE

La costa italiana dell'Adriatico è, per gran parte della sua estensione, caratterizzata da fondali di origine alluvionale, poco profondi e prevalentemente sabbiosi o sabbio-fangosi. Per questa loro natura tali fondali ospitano biocenosi bentoniche caratterizzate da estese popolazioni di molluschi bivalvi.

Già Vatova (1946) in un'approfondita indagine sulle zoocenosi bentoniche dell'Adriatico metteva in rilievo come i "Pelecypoda" rappresentassero, soprattutto nelle biocenosi costiere, una percentuale consistente della biomassa (in peso fresco) per unità di area campionata. Tra queste biocenosi, in particolare, quelle a Chione gallina (Chamelea gallina) e la sua facies locale a Chione gallina + Owenia, estesa dinanzi alla laguna veneta, presentavano valori medi di biomassa tra i più alti rilevabili in Adriatico, rispettivamente 149,3 e 356,4 gr/m² di cui più dell'80% rappresentato appunto da vongole.

Una situazione così descritta dal punto di vista bionomico-naturalistico trova un analogo e più recente riscontro nell'analisi dei dati di produzione da pesca dei bivalvi, rilevati, per il 1980-81, da un'indagine della Federazione Nazionale Allevatori Molluschi (1983) (Tab. 1). Delle circa 184.000 t annue di bivalvi pescati, ed in parte allevati (mitili), lungo tutte le coste italiane, circa 164.000 t, pari all'89%, provengono dalle coste adriatiche, dal Friuli alla Puglia. La voce più consistente di tale produzione è rappresentata dalle vongole (Chamelea gallina) e dai mitili (Mytilus galloprovincialis). Percentualmente rilevante rispetto ai quantitativi nazionali è poi la quota pescata in Adriatico di ostriche (Crassostrea sp.) e di altre specie pregiate di bivalvi (Pectinidae, Solenidae e Cultellidae). Meglio ripartite lungo le coste italiane sembrano invece le quantità pescate di vongole veraci (Tapes decussatus), di tartufi (Venus verrucosa) e soprattutto di telline (Donax trunculus).

2. CONDIZIONI TROFICHE E ABBONDANZA DEI BIVALVI

La grande abbondanza delle popolazioni di bivalvi filtratori, che in Adriatico costituiscono consistenti stocks economicamente sfruttabili, è da ricondurre certamente all'ampiezza e all'estensione dei fondi mobili e quindi alle particolari caratteristiche di trasporto e di sedimentazione degli apporti terrigeni che si realizzano in questo mare. D'altro canto un'altra condizione favorevole allo sviluppo delle popolazioni infralitorali di bivalvi sembrerebbe essere l'elevata produzione fitoplanctonica e la ricchezza di particellato organico in sospensione che caratterizzano l'Adriatico; ciò grazie all'elevato

apporto di nutrienti da parte dei numerosi fiumi che vi sfociano tra cui, primo fra tutti, il Po.

Tab. 1 - Quote di produzione nazionale di Bivalvi per il biennio 1980-81. (da Federmolluschi, 1983).

		Vongole	Mitili	Ostriche	Veraci e Tartufi.	Telline	Altri	Tot.
Adriatico	t	89000	54500	4970	1655	1840	11750	163715
(Friuli-Puglia)	%	98,8	77,8	95,9	71,2	59,3	89,3	89,0
Altre coste	t	1100	15500	210	670	1260	1400	20140
(Liguria-Sicilia)	%	1,2	22,1	4,0	28,8	40,6	10,6	11,0
Totale	t	90100	70000	5180	2325	3100	13150	183855

Classificazione trofica delle acque adriatiche

Sin dai primi anni 70 e fino a tutt'oggi l'Adriatico è stato campo di approfondite e continue indagini idrologiche che, oltre a definire, descrivere ed interpretare i peculiari caratteri oceanografici di questo bacino, hanno in particolare posto l'accento, soprattutto negli ultimi anni, sull'analisi dei parametri trofici delle zone costiere (concentrazioni dei nutrienti e della clorofilla a) che più direttamente appaiono connessi con il fenomeno dell'eutrofizzazione di questo mare; fenomeno che, a torto o a ragione, è attualmente considerato una delle problematiche ecologiche di maggiore rilevanza nazionale.

Gran parte dei risultati delle suddette indagini sono stati oggetto di numerose pubblicazioni (Franco, 1973; Artegiani e Azzolini, 1981; Chiaudani et al., 1982; Franco et al., 1982; Montanari e Rinaldi, 1984; Marchetti, 1984) che hanno alimentato un'acceso dibattito scientifico sulle principali cause e fattori responsabili dell'eutrofizzazione e sulla reale portata del fenomeno. Senza cercare di addentrarsi nel merito di problematiche specialistiche, si può comunque rilevare come vi sia un sostanziale accordo tra gli Autori sulla classificazione delle acque costiere adriatiche in differenti zone a diverso grado di trofia; zone definite in base ai valori stagionali medi di più anni delle concentrazioni sia di fosforo (totale ed ortofosfato) che di clorofilla-a fitoplanctonica (Marchetti, 1984).

Lungo le coste adriatiche italiane esiste innanzi tutto un gradiente di trofia decrescente da terra al largo per cui le zone più

eutrofizzate risultano quelle vicine alla costa, grosso modo entro le 10 miglia. Queste sono d'altro canto anche quelle in cui l'infauna è maggiormente caratterizzata dalle popolazioni di bivalvi. Un'altro gradiente trofico, variamente articolato, si stende lungo la costa in direzione Nord-Sud: condizioni oscillanti tra la mesotrofia e la moderata eutrofia caratterizzano la zona a Nord del Delta Padano, da Trieste a Chioggia; decisamente eutrofica appare tutta la zona a Sud della foce del Po, fin circa all'altezza di Cesenatico; ancora più a Sud, fin verso Ancona, si passa gradatamente dalla moderata eutrofia alla mesotrofia; quest'ultima condizione, a causa dell'influenza di sbocchi fluviali locali, può considerarsi ancora caratteristica solo di una stretta fascia di mare costiero estendentesi fino a Pescara. Le condizioni generali della costa basso adriatica, doppiato il promontorio del Conero, possono peraltro definirsi prevalentemente oligotrofiche.

Consistenza delle popolazioni di Bivalvi

E' ragionevole supporre una certa corrispondenza tra l'ammontare della biomassa dei bivalvi filtratori e l'entità del carico trofico delle acque in cui vivono. Infatti, questi molluschi occupano nelle reti alimentari marine il livello trofico dei consumatori primari (erbivori) e accedono quindi più direttamente all'energia contenuta nella biomassa fitoplanctonica. Inoltre essi devolvono gran parte dell'energia così assimilata alla produzione di gameti e quindi all'incremento delle popolazioni. Ciò è vero per esempio per i mitili la cui produzione in gameti ammonta a circa il 20% della biomassa prodotta annualmente dalla popolazione (Ceccherelli e Rossi, 1984); per le vongole poi Bodoy (1983) ha stimato che, attraverso l'emissione dei gameti, un individuo riproduttore arriva a perdere circa il 50% del peso secco massimo raggiunto nell'anno. Tale sforzo riproduttivo, attraverso la via biochimica dell'accumulo iniziale di glicogeno e la sua successiva utilizzazione nella gametogenesi (Gabbott, 1976), appare strettamente collegato, nei bivalvi, all'influenza dei fattori nutrizionali.

Vi sono comunque altri elementi da tenere in considerazione: l'efficacia delle trasformazioni energetiche varia a seconda delle specie: quelle con un più elevato metabolismo di base dovranno soddisfarlo a detrimento di altre funzioni biologiche come la crescita o la riproduzione; le stesse modalità riproduttive dei bivalvi - caratterizzate dal rilascio nell'ambiente di una elevata quantità di gameti per individuo - fanno sì che il reclutamento sia in una certa misura indipendente dalla consistenza degli stocks dei riproduttori e ne determinano invece la variabilità nel tempo in relazione all'influenza dei fattori ambientali (climatici, idrologici, sedimentologici, etc).

E' quindi difficile generalizzare una stretta correlazione tra abbondanza di nutrimento algale e densità o biomassa delle popolazioni di bivalvi in assenza di corrette stime di produzione. Spesse volte invece si dispone solo di dati globali del pescato grossolanamente suddivisi per regione (Tab. 2) che, pur se attendibili, sono difficilmente analizzabili se non si ha almeno una qualche misura dello sforzo di pesca. Quando ciò è possibile le catture per unità di sforzo posso-

no allora essere assunte come stime indicative delle abbondanze.

Tab. 2 - Quote di produzione di Bivalvi per il biennio 1980-81 nelle regioni adriatiche. (da Federmolluschi, 1983).

		Vongole	Mitili	Ostriche	Altri	Tot.
Friuli-V. Giulia	t	3000	7000	1800	2925	14725
	%	3,4	12,8	36,2	19,2	9,0
Veneto	t	25000	35000	1500	4850	66350
	%	28,1	64,2	30,2	31,8	40,5
Emilia-Romagna	t	18000	4000	1200	1650	24850
	%	20,2	7,3	4,1	10,8	15,2
Marche	t	22000	3700	-	1100	26800
	%	24,7	6,8	-	7,2	12,4
Abruzzi-Molise	t	17500	800	50	1930	20280
	%	19,7	1,5	1,0	12,7	12,4
Puglia	t	3500	4000	420	2790	10710
	%	3,9	7,3	8,5	18,3	6,5
TOTALE	t	89000	54500	4970	15245	163715

Se si analizzano le stime di cattura per unità di sforzo di Chamelea gallina nei vari compartimenti marittimi della costa adriatica (Froggia, 1983) (Tab. 3), tenendo presente la sopraccennata disposizione delle varie zone a diverso grado di trofia, si osserva un andamento crescente di rendimento produttivo della pesca di vongole che ha il suo massimo nei distretti marittimi di Ancona e S. Benedetto del Tronto, cioè in aree costiere con caratteristiche mesotrofiche. In alcuni casi, come Chioggia, Rimini e Pescara, si può sospettare una sottostima della "carrying capacity" dell'ambiente, per ciò che concerne le popolazioni di vongole, a causa dell'impoverimento dei banchi conseguente all'elevata pressione di pesca (vedi potenze-motore). Altri valori però, come quelli di Ravenna, Ancona e S. Benedetto, corrispondenti a zone dove lo sforzo da pesca non è eccessivo, sembrano confermare la validità dell'andamento osservato.

Se quindi è evidente la relativa povertà del popolamento in aree oligotrofiche (compartimenti di Manfredonia e Molfetta), non sembra dimostrabile il contrario e cioè che le vongole siano più abbondanti nelle zone eutrofiche prossime al Delta del Po (per es. Ravenna). Oltre un certo grado di trofia, altri fattori diventano probabilmente più importanti nel determinare la consistenza dei banchi di questo mollusco; Chamelea gallina è una specie strettamente "sabulicola"

(Picard, 1965), caratteristica dei popolamenti delle sabbie fini infralitorali, e non si insedia facilmente nei sedimenti misti sabbio-fangosi delle zone più influenzate dalla "piume" del Po, malgrado la presenza in quelle acque di un surplus energetico proveniente dagli apporti fluviali.

Tab. 3 - Sforzo di pesca (Hp totali delle barche impegnate), stime delle catture annuali di vongole (tonnellate) e cattura per unità di sforzo (CPUE) nei vari Compartimenti Marittimi (Comp. Mar.) dell'Adriatico, (da Froglià, 1983; modificata).

COMP. MAR.	Hp tot.	Catture (t)	CPUE
Monfalcone	7800	1500	0,19
Venezia	8600	8800	1,02
Chioggia	11200	20000	1,79
Ravenna	1150	2000	1,74
Rimini	10100	20000	1,98
Ancona	1500	5000	3,33
S. Benedetto-	5750	18000	3,13
Pescara	11850	23000	1,94
Manfredonia	5550	5000	0,90
Molfetta	600	500	0,83

Per altre specie, come per esempio Mytilus galloprovincialis, il riscontro tra livelli di abbondanza e condizioni trofiche è anche più complesso da analizzare (Tab. 2). I pochi dati a disposizione sono rappresentati dalle quantità globali di produzione peschereccia suddivisi per regioni (Federermolluschi, 1983) ed alcuni sono falsati dalla quota di prodotto proveniente dagli allevamenti che varia in funzione del livello di sviluppo locale delle pratiche di maricoltura.

E' il caso, per esempio, del dato di produzione di mitili nel Veneto (35000 t annue) nelle cui lagune vi è una delle più alte concentrazioni, a livello nazionale, di parchi di allevamento (Chioggia, Scardovari, etc). E' pur vero, però, che questi ambienti lagunari, per le loro particolari caratteristiche fisiografiche, realizzano condizioni locali di intensa eutrofizzazione anche a dispetto di un minor grado di trofia del mare costiero antistante. L'eccezionale produzione di mitili che vi si ottiene, pur se con particolari tecniche di coltura, sembra quindi indicare come questi molluschi sappiano sfruttare al meglio le favorevoli condizioni trofiche dell'ambiente. Ciò sembra confermato dal dato dell'Emilia-Romagna la cui produzione di mitili (4000 t annue) proviene in massima parte dall'attività di pesca sui banchi naturali della Sacca di Goro (laguna sita nel versante meridionale del Delta del Po); tale quantità - costituita da animali cresciuti su fondi incoerenti, non adatti per questi bivalvi di substrato duro, e su cui essi sperimentano una maggiore mortalità che non in allevamento (Ceccherelli, 1983) - è tuttavia simile alle quote di produzione di altre regioni (Friuli e

Puglia) costituite da mitili provenienti prevalentemente da impianti di allevamento.

Winter e Langton (1976) hanno dimostrato, con una serie di esperimenti in laboratorio, che l'efficienza di crescita lorda (K = rapporto tra incremento ponderale giornaliero e quantità in peso di cibo algale ingerita giornalmente) di giovani esemplari di *Mytilus edulis* in fase di rapida crescita (18 mm; 35.2 mg di peso secco-carne) è una funzione lineare della razione giornaliera ingerita. Ciò avviene, però, fino a certi livelli massimi al di là dei quali si ha una perdita di efficienza sia nell'ulteriore assunzione di cibo, a causa della produzione di pseudofeci, che nella digestione. Questi livelli massimi di razione ingerita, e di corrispondente massima efficienza di crescita lorda, furono raggiunti, dai suddetti autori, negli esperimenti in cui i mitili erano esposti a sospensioni algali di *Dunaliella marina* con concentrazioni costanti molto elevate dell'ordine di 40 milioni di cellule/l. Valori così alti di concentrazione cellulare lungo la fascia costiera dell'Alto Adriatico sono stati registrati solo in occasione di eccezionali fioriture (febbraio 1980; Marchetti, 1984).

In definitiva, è molto probabile che i mitili siano i bivalvi che riescono a trarre maggior vantaggio dall'abbondanza di cibo derivante da condizioni eutrofiche (Ceccherelli e Barboni, 1983); in particolare, entro certi ambiti di temperatura, la quantità di nutrimento disponibile influisce soprattutto sulla velocità di crescita di questi molluschi (Coe e Fox, 1944; Ceccherelli e Rossi, 1984) e sulla rapidità con cui essi arrivano alla maturazione sessuale. Inoltre, il frequente successo e l'entità annuale del reclutamento larvale (Dare, 1975) garantiscono un sicuro e costante rifornimento di giovani mitili ai banchi già formati e ne favoriscono l'insediamento di nuovi. Queste caratteristiche biologiche della specie conferiscono alle sue popolazioni una notevole potenzialità di sviluppo in un mare con abbondanti risorse trofiche come l'Adriatico; potenzialità che trova, però, il suo principale limite nella scarsità di substrati duri adatti all'attecchimento di questo mollusco tipico dei fondali rocciosi.

3. CRISI DISTROFICHE E RESISTENZA DEI BIVALVI

Tra i fenomeni più allarmanti che interessano le zone costiere dell'Alto adriatico, soprattutto a Nord e a Sud del Delta Padano ed in particolare la costa emiliano-romagnola, sono da mettere in evidenza le relativamente frequenti ed intense crisi distrofiche. Queste si presentano, nella loro manifestazione più perniciosa, con la formazione di estese zone anossiche sul fondo che causano morie di organismi bentonici ed il loro conseguente spiaggiamento.

Tra gli animali del benthos maggiormente esposti alle conseguenze delle crisi di anossia rientrano certamente i molluschi bivalvi, ciò a causa della loro sedentarietà o comunque della loro scarsa mobilità. E' altresì vero che molte specie di bivalvi hanno sviluppato particolari adattamenti al metabolismo anaerobico facoltativo, soprattutto quelle (mitili, cuori, etc.) che, colonizzando habitats (come il mesolitorale atlantico) giornalmente interessati da ampie escursioni di marea, devono essere in grado di resistere a periodi prolungati di

emersione. E' possibile quindi che, entro certi limiti, le frequenti crisi anossiche nell'Adriatico rappresentino per alcune specie di bivalvi una condizione di vantaggio competitivo verso altri organismi steno-poeciloaerobici.

Le crisi anossiche in Adriatico

Le concentrazioni di ossigeno disciolto in un corpo d'acqua sono soggette a notevoli variazioni essendo condizionate dagli scambi alla superficie aria-acqua, dal concomitante andamento dei parametri (temperatura, salinità, etc.) che controllano la solubilità del gas, dagli spostamenti e dalla turbolenza delle masse d'acqua e, infine, dai processi biologici di produzione (fotosintesi) e di consumo (respirazione).

Episodi di anossia possono originarsi in seguito alla comparsa di fioriture fitoplanctoniche, a loro volta favorite dalle condizioni di eutrofia. Queste fioriture di alghe unicellulari pelagiche, note in Adriatico col nome di "acque sporche" o anche di "acque rosse", sono dovute all'improvviso e rapido sviluppo di una determinata specie algale (del gruppo delle Diatomee o delle Dinoflagellate). Esse, mentre arricchiscono di ossigeno le acque superficiali durante le ore diurne, determinano invece condizioni di anossia in quelle profonde man mano che la ricaduta al fondo di crescenti quantità di biomassa algale morta innesca ed alimenta, nei sedimenti, i processi di degradazione della sostanza organica.

Gli autori (Revelante e Gilmartin, 1976; Marchetti, 1984; Montanari e Rinaldi, 1984) che si sono occupati del problema, e a cui si rimanda per una più dettagliata trattazione dell'argomento qui solo schematicamente accennato, concordano sul fatto che l'evoluzione del fenomeno è diversamente influenzata dalle particolari condizioni idro-meteorologiche ed oceanografiche concomitanti.

Anzi, secondo altri autori (Franco, 1982; Socal et al., 1982) è principalmente a quest'ultime, accompagnate o meno da fioriture algali, che si devono far risalire le crisi anossiche in Adriatico; in particolare quando stagionalmente si realizzano situazioni di segregazione delle masse d'acqua. Nel Nord Adriatico, a partire dall'inversione termica primaverile, gli strati d'acqua più densa vengono segregati da un pycnoclino profondo che si genera per stratificazione in superficie di acque ipoaline e più calde di origine fluviale. Più avanti, per le condizioni idrologiche generali che si stabiliscono nel periodo tardo estivo-autunnale, questi strati d'acqua profonda restano isolati anche lateralmente. E' in queste masse d'acqua segregate che il bilancio dell'ossigeno tende a diventare negativo per il prevalere dei processi di consumo (respirazione e attività batterica di mineralizzazione della sostanza organica) su quelli di apporto (limitata produzione fotosintetica di fondo e trasporto convettivo ridotto o del tutto assente).

Effetti delle crisi distrofiche su una biocenosi a Bivalvi

Quali che siano le cause e i meccanismi che producono le crisi anossiche resta comunque accertato che esse sono abbastanza frequenti,

soprattutto durante i mesi estivo-autunnali, nel tratto di costa emiliano-romagnola a Sud del Delta del Po. Episodi di anossia si sono avuti, per esempio, negli anni 70 e ne sono stati indagati gli effetti su alcuni organismi bentonici di interesse commerciale (Froggia e Gramitto, 1982). Più recentemente Montanari e Rinaldi (1984) hanno potuto seguire e descrivere l'evoluzione di un fenomeno di anossia verificatosi nell'agosto-settembre 1982. Per parecchi giorni una vasta area di 940 kmq, tra Goro e Cesenatico, ha presentato concentrazioni di ossigeno disciolto nelle acque di fondo inferiori al valore di 1.0 mg/l; tale area, già molto prossima alla costa (500 m dalla battigia), si è poi estesa fino a lambire la riva quando i venti da terra, sospingendo verso il largo le acque di superficie, hanno richiamato sottocosta quelle profonde. Infine, un analogo episodio, ancora più prolungato nel tempo tanto da provocare la morte e lo spiaggiamento di ingenti quantità di organismi bentonici, si è verificato sul finire dell'estate del 1984 lungo lo stesso tratto del litorale adriatico (Regione Emilia-Romagna, 1985).

Proprio nello stesso anno era in corso, condotta dall'A. insieme con altri ricercatori dell'Istituto di Zoologia di Ferrara, una campagna di indagine sulle associazioni a bivalvi dell'infralitorale antistante la Sacca di Goro, baia deltizia localizzata all'estremità meridionale del Delta del Po (Franzoi et al., in stampa). Due "trawl surveys" con draga idraulica furono effettuati rispettivamente nel giugno 1984 e nel novembre 1984, a cavallo cioè dei mesi (agosto-settembre) in cui si manifestò la suaccennata crisi anossica lungo la costa. Questa giunse ad interessare anche le acque della sacca come si è potuto verificare direttamente. Veniva infatti svolta parallelamente, da parte di altri ricercatori dello stesso Istituto di Zoologia di Ferrara, un'indagine idrologica con prelievi mensili in più stazioni. Fu così possibile rilevare, nel mese di agosto 1984, una caduta della concentrazione dell'ossigeno disciolto (30% di saturazione) nelle stazioni più prossime all'area di campionamento dei bivalvi.

L'indagine aveva altri scopi ma i dati ricavati possono, in questa sede, essere utili per alcune considerazioni circa la diversa influenza che le condizioni distrofiche estive hanno avuto sulle differenti popolazioni di bivalvi costituenti la biocenosi. L'area prescelta per il campionamento, dell'estensione di circa 5 kmq e con profondità tra 1,0 e 3,5 m, era situata all'imboccatura della Sacca di Goro nella zona di transizione tra mare e laguna. Seguendo un ideale reticolo a scacchiera, essa è stata suddivisa in 43 campi di uguale estensione. Ogni "trawl survey" consisteva di 43 strascicate di 20-40 m ciascuna, una per ogni campo. La draga idraulica (vongolaria con pompa turbosoffiante) usata per il campionamento aveva una bocca di 2,20 x 0,40 m e una distanza di 8.0 mm tra i tondini di ferro della gabbia di raccolta. A bordo il pescato era grossolanamente ripartito con vaglio rotativo in tre classi dimensionali, ognuna delle quali, se costituita da un'eccessiva quantità di materiale, veniva subcampionata in ragione di 1/4 del quantitativo totale.

Nel corso delle due campagne di rilevamento qui prese in considerazione (giugno 1984 e novembre 1984) l'associazione a bivalvi del litorale antistante la Sacca di Goro è risultata costituita da: Scapharca inaequivalvis (42,7%), Cerastoderma glaucum (32,6%), Mactra

stultorum (10,7%), Mytilus galloprovincialis (10,5%), Chamelea gallina (2,2%), Crassostrea sp. (0,8%), Venerupis aurea (0,4%), Tapes (Ruditapes) decussatus (0,3%). Altre specie quali, Donax trunculus, Ensis siliqua minor, Abra sp., Macoma sp., Dosinia lupinus, Spisula subtruncata, Lentidium mediterraneum e Gastrana fragilis, sono state rinvenute in alcuni campi e con pochi esemplari.

Tab. 4 - Medie (+ D.S.) delle densità delle principali specie di Bivalvi campionate nel litorale antistante la Sacca di Goro rispettivamente nel Giugno e nel Novembre 1984; sono anche indicate le variazioni percentuali delle densità tra le due date e le significatività dell'U-test di Mann-whitney per le differenze.

SPECIE	GIUGNO 84 (N/10 m ²)	NOVEMBRE 84 (N/10 m ²)	DIFF. %	U-TEST P <
<u>Scapharca inaequalis</u>	1117 + 167	813 + 1222	-27	N.S.
<u>Cerastoderma glaucum</u>	958 + 174	550 + 2091	-43	0,05
<u>Mytilus galloprovincialis</u>	98 + 254	324 + 708	+230	N.S.
<u>Macoma stultorum</u>	395 + 438	123 + 200	-69	0,01
<u>Chamelea gallina</u>	43 + 55	51 + 63	+19	N.S.
<u>Crassostrea</u> sp.	28 + 82	11 + 27	-60	N.S.
<u>Tapes decussatus</u>	12 + 23	3 + 1	-72	0,001
<u>Venerupis aurea</u>	20 + 24	3 + 2	-85	0,001

Il confronto tra le stime di densità di ciascuna specie nelle due date di campionamento è stato condotto tramite un test non parametrico (l'U-test di Mann-whitney) (Tab. 4) poichè nessuna trasformazione dei dati riusciva a normalizzare distribuzioni di densità così aggregate come quelle delle popolazioni di bivalvi. M. stultorum, T. decussatus, V. aurea e C. glaucum hanno subito, tra una data e l'altra un decremento significativo delle densità. Non significative, invece, sono risultate le variazioni di densità di S. inaequalis, Crassostrea sp., C. gallina e M. galloprovincialis. Quest'ultime due specie, poi, hanno presentato un incremento di abbondanza tra le due date piuttosto che una diminuzione. L'incremento di densità di M. galloprovincialis, inoltre, è sicuramente da imputare al reclutamento di nuovi nati poichè esso è stato così consistente da poter essere apprezzato direttamente.

Nel complesso questi risultati devono esser interpretati in termini

di bilancio tra mortalità e reclutamento nelle popolazioni: pur supponendo che la causa della mortalità sia rappresentata dalle crisi distrofiche (ed in particolare da quelle anossiche), per poter avere un'interpretazione corretta di come tali crisi agiscono bisognerebbe poter analizzare la mortalità differenziale per classi di età; d'altro canto occorre anche conoscere, per ogni specie, i tempi e l'entità del reclutamento di nuovi nati. Purtroppo non tutte queste informazioni sono disponibili per le specie suaccennate poichè per molte di esse non si hanno ancora sufficienti dati sui loro cicli - biologici in Adriatico. Per quanto concerne le epoche di riproduzione, per esempio, non si ha alcun dato in assoluto per *M. stultorum*. *C. glaucum* è capace di adattare il suo ciclo riproduttivo alle condizioni ambientali: infatti le popolazioni insediate sulle coste tunisine riescono ad effettuare tre emissioni di gameti all'anno, di cui la più importante è quella invernale (dicembre-gennaio) (Zaouali, 1980), mentre quelle del Canale della Manica presentano un solo periodo di emissione in piena estate (Boyden, 1971); è probabile che ciò sia vero anche per le popolazioni di *C. glaucum* dell'Alto Adriatico, date le caratteristiche climatiche di questo mare. Per *T. decussatus* sembra possibile ammettere un periodo di emissione estivo (luglio-settembre), per analogia con quanto descritto per le popolazioni di questa specie nello stagno di Thau (Camargue) da Gallois (1977). Per le restanti specie si hanno informazioni più dirette in quanto provenienti da indagini effettuate su popolazioni adriatiche. Così, di *Crassostrea* sp. (Renzo- ni, 1974) e di *V. aurea* (Poggiani et al., 1973) si conosce l'epoca dei emissioni dei gameti che avviene in piena estate. Infine, di *C. gallina* (Froggia, 1975), di *M. galloprovincialis* (Ceccherelli e Rossi, 1984), e di *S. inaequalis* (Mistri, 1985) si conoscono più precisamente i periodi di massimo reclutamento stagionale che avviene alla fine della primavera (maggio-giugno) per le prime due specie, e nella tarda estate (settembre) per l'ultima.

Tornando ai risultati dell'indagine sull'associazione a bivalvi della Sacca di Goro, si deve, innanzi tutto, tener presente il tempo abbastanza lungo che intercorre tra l'emissione dei gameti ed il raggiungimento da parte delle nuove reclute delle dimensioni di catturabilità dell'attrezzo impiegato (8 mm in spessore). La maggior parte delle specie succitate hanno un'emissione estiva dei gameti ed è quindi ragionevole ammettere che i nuovi nati non compaiano nei campioni raccolti nel novembre 1984. Le diminuzioni di densità osservate tra giugno e novembre 1984 sono quindi principalmente dovute alla mortalità degli adulti, probabilmente come conseguenza degli effetti della crisi distrofica tardo estiva. Se ciò è vero, allora *S. inaequalis*, soprattutto, ma anche *Crassostrea* sp. sono le uniche specie che non sembrano aver subito danni rilevanti e capaci, quindi, di sopportare bene condizioni di deficit di ossigeno; nel caso della prima specie è noto il vantaggio che al riguardo gli deriva dal fatto di possedere emoglobina come pigmento respiratorio (Ascoli et al., 1982). I cinque-sei mesi che invece intercorrono tra il momento del reclutamento di *C. gallina* e di *M. galloprovincialis* e quello della raccolta del novembre 84 rappresentano un tempo sufficientemente lungo perchè a quella data fossero già catturabili gli esemplari nati in quell'anno. Queste due specie infatti sono le uniche che presentano un

incremento di densità tra le due date di campionamento. In questo caso, nulla si può dire circa gli effetti della mortalità, poichè gli incrementi registrati rivelano solo il bilancio finale tra un reclutamento in corso ed una mortalità che può aver colpito o gli adulti o le nuove reclute o, come probabile, entrambi ma in maniera differenziale. L'unica cosa che si riesce a rilevare è che questo bilancio è nettamente positivo per i mitili (+230%) che sembrano poter superare le condizioni ambientali avverse contando, tra l'altro, sul successo della loro strategia riproduttiva.

Resistenza e mortalità dei Bivalvi in condizioni di stress anossico

In Tab. 5 sono riportati alcuni dati, ricavabili dalla letteratura, che riguardano i tempi di resistenza di differenti specie di bivalvi alle condizioni di deprivazione di ossigeno. Questi dati sono stati

Tab. 5 - Tempi letali (giorni) per la percentuale indicata di individui di differenti specie di Bivalvi in condizioni di anossia (aria) o di ipossia estrema (acqua pretrattata con corrente d'azoto); sono anche indicate le temperature sperimentali; M.I. = mortalità incipiente.

	°C	M.I.	TL 50%	TL 100%	
<u>Cerastoderma edule</u>	10		4		(Hammen, 1976)
<u>Chamelea gallina</u>	12	6		<15	(Viviani, 1984)
	23	3	4	6	
<u>Modiolus demissus</u>	10		5		(Hammen, 1976)
<u>Mya arenaria</u>	10		21		
<u>Scrobicularia plana</u>	10		25		"
<u>Mytilus galloprovincialis</u>	16	4		7	(De Vooy, 1979)
<u>Mytilus edulis</u> (subtidale)	13	7			(Wijsman, 1975)
	16		7		(Theede, 1963)
<u>Mytilus edulis</u> (intertidale)	10		35		(Hammen, 1976)
	16	8			(Theede, 1963)
<u>Scapharca inaequalvis</u>	12		>15		(Viviani, 1984)
	23		15		"

ottenuti per la maggior parte mantenendo gli animali esposti all'aria o in qualche caso in acqua deossigenata previa insufflazione di azoto.

Anche se per i bivalvi i diversi "tempi letali" necessari perchè si realizzino determinate mortalità percentuali si misurano in giorni, e non in ore come per altri invertebrati, esiste comunque un'ampia variabilità di risposte a seconda della specie considerate e, come prevedibile, a seconda delle temperature sperimentali. Inoltre, i dati relativi a *Mytilus edulis*, mettono in evidenza l'importanza, ai fini della resistenza alle basse concentrazioni di ossigeno, del preadattamento che animali di una stessa specie subiscono in rapporto all'habitat in cui vivono. Infatti gli esemplari di *M. edulis* provenienti dall'ambiente intertidale, e che quindi sopportano quotidianamente lunghi periodi di emersione, sono capaci di sopravvivere per settimane in condizioni di ipossia estrema (mortalità del 50 % dopo 35 giorni in acqua a 10 °C e con 0,15 ml O₂/l). Al contrario quelli raccolti in ambiente subtidale, dove vivono costantemente sommersi, mostrano una riduzione abbastanza netta dei tempi di sopravvivenza. Analogamente, una minor resistenza presenta anche *M. galloprovincialis* che è specie tipica del Mediterraneo e quindi prevalentemente subtidale, date le limitate escursioni di marea in questo mare. Viene confermata, infine, l'eccezionale resistenza di *Scapharca inaequivalvis* alla mancanza di ossigeno, poichè, pur proveniendo da ambienti subtidali, è in grado di presentare una sopravvivenza del 50% ancora dopo 15 giorni di esposizione all'anossia in condizioni di elevate temperature estive.

Dal complesso dei dati di Tab. 5, anche se riguardano talvolta specie soltanto affini a quelle presenti in Adriatico, sembra che si possa concludere che è necessario un periodo continuo di anossia non inferiore a tre giorni perchè si incominci a notare una certa mortalità di bivalvi durante l'estate-autunno; una sensibile mortalità della maggior parte di questi molluschi si avrebbe, invece, dopo sette giorni di mancanza di ossigeno. Come abbiamo già visto, periodi così lunghi di deossigenazione delle acque profonde non sono infrequenti nell'Adriatico e possono quindi spiegare i fenomeni naturali di diminuzione degli stocks di bivalvi verificatisi in anni passati.

Come possibili cause di mortalità dei molluschi in presenza di condizioni distrofiche sono da prendere in considerazione, infine, le eventuali insorgenze di fenomeni patogeni. Lipovsky e Chew (1972) osservarono in laboratorio una mortalità massiccia di *Crassostrea gigas* correlata con le alte temperature (14-21 °C) e con acque di coltura arricchite di nutrienti al fine di facilitare lo sviluppo algale. Le ostriche allevate in acqua "arricchita" a 21°C arrivarono a subire una mortalità 4-5 volte superiore a quella di ostriche tenute in acqua "non arricchita" alla stessa temperatura. Le morti erano il risultato documentato di una proliferazione batterica generalizzata che cresceva progressivamente con il crescere della temperatura e contro cui i molluschi erano incapaci di reagire. Gli stessi autori, ricordando gli studi specialistici che dimostrano l'incapacità delle ostriche nel contrastare le infezioni batteriche (inefficacia della fagocitosi), argomentano a favore dell'ipotesi che anche gli episodi naturali di massive morie estive di ostriche possano essere dovuti ad eventi patogeni. In particolare essi ritengono probabile che la mortalità sia influenzata da una combinazione di più fattori: masse d'acqua

stagnanti ad elevata temperatura in cui si verifichi un crescente accumulo di nutrienti rappresentano, secondo loro, le condizioni più favorevoli per una rapida moltiplicazione batterica tale da esporre le ostriche ad elevati rischi d'infezione.

Queste particolari condizioni al contorno sono tipiche delle acque costiere adriatiche durante l'estate e quindi la possibile evenienza di fenomeni patogeni come causa di mortalità dei molluschi o degli animali marini in genere merita di essere indagata. E' certamente auspicabile che in futuro almeno una parte degli sforzi di ricerca, che da tante parti si esercitano sui problemi di questo mare, vengano indirizzati anche su argomenti inerenti l'identificazione e l'isolamento batterico e sullo studio delle condizioni ambientali che possono favorire la virulenza della normale flora batterica degli organismi marini.

4. CONTROLLO DELL'EUTROFIZZAZIONE DA PARTE DEI BIVALVI

Già da lungo tempo è stata posta particolare attenzione da parte dei ricercatori e degli studiosi sull'importanza di una grande varietà di fattori di controllo quantitativo e qualitativo delle popolazioni fitoplanctoniche. Tra gli altri sono stati considerati: la luce e la temperatura, la torbidità e l'autombreggiamento del fitoplancton stesso, le concentrazioni dei nutrienti e di altri fattori limitanti, il ruolo degli oligoelementi, la motilità e l'affondamento del fitoplancton, il pascolo zooplanctonico ed i fattori idrodinamici. Negli ultimi anni un sempre maggiore interesse è stato focalizzato sull'importanza di un ulteriore fattore di controllo, quello rappresentato dagli animali bentonici filtratori. Questo controllo verrebbe esercitato dalle popolazioni bentoniche di sospensivori, principalmente bivalvi (vongole e mitili), che sono capaci di rimuovere dal sistema la materia particellata in sospensione. Il problema è allora di stabilire in quali condizioni e sotto quali vincoli le comunità di filtratori possono incidere considerevolmente sul contenuto in seston della colonna d'acqua ed esercitare così un significativo controllo delle popolazioni fitoplanctoniche che sono parte di questo seston.

Fattori condizionanti l'attività di filtrazione dei Bivalvi

La misura più comunemente usata dell'attività filtrante dei bivalvi è il tasso di filtrazione (clearance rate) inteso come quel volume di acqua che il singolo animale è capace di ripulire completamente dalle particelle nell'unità di tempo (l/ora). Esso non deve essere confuso con il tasso di ventilazione, che è invece il volume d'acqua che fluisce attraverso le branchie del bivalve nell'unità di tempo. Solo se tutte le particelle presenti sono rimosse dalle branchie, solo cioè se si ha una efficienza di ritenzione del 100%, le due misure hanno lo stesso valore. Le differenze tra questi due tassi possono rivestire un certo interesse ai fini di un bilancio energetico dell'attività filtrante del mollusco (rapporto tra razione ingerita e costo metabolico dello sforzo di ventilazione) ma per il problema che qui si sta affrontando è utile considerare in particolare il tasso di filtrazione

in quanto misura del tasso di rimozione delle particelle dall'acqua in cui l'animale vive e si nutre.

Numerose indagini sono state effettuate per determinare come varia il tasso di filtrazione dei bivalvi ed in funzione di quali fattori. Il primo di questi è rappresentato dalla taglia dei molluschi ed i dati più completi riguardano, come al solito, i mitilidi (vedi Bayne et al., 1976). In generale il tasso di filtrazione è abbastanza ben correlato con il peso secco-carne dei mitili e tale relazione è adeguatamente descritta da una equazione di potenza. L'esponente b di questa equazione presenta un ampio range di valori ed è generalmente più alto per i mitili delle classi di taglia più piccole (per es. 0,74 per esemplari inferiori ai 2 g, pari ad un massimo di circa 4 l/ora (Winter, 1973)) mentre decresce per gli animali più grandi (per es. 0,25 per quelli fino ai 4 g, pari ad un massimo di circa 5,4 l/ora (Walne, 1972)). La probabile spiegazione di questo fatto risiede nel più favorevole rapporto tra area filtrante delle branchie e volume (peso) corporeo negli animali di più piccola taglia. E' difficile dare un giudizio definitivo sul significato fisiologico di questa differenza, ne consegue comunque che ai fini del controllo delle popolazioni algali una popolazione di giovani molluschi esercita una più efficace azione filtrante di una pari biomassa di esemplari vecchi.

Un altro dei fattori che limitano l'attività di filtrazione dei bivalvi è rappresentato dalla temperatura. Secondo Schulte (1975), che ha lavorato con Mytilus edulis del golfo di La Spezia, i mitili mediterranei, dopo un opportuno periodo di acclimatazione, presentano un tasso di filtrazione che cresce tra i 5 e i 15°C e resta a livelli ottimali tra i 15 ed i 25°C; al di sotto, ma soprattutto al di sopra di questo range di temperature si assiste ad una quasi completa cessazione dell'attività filtrante dei molluschi.

Per quanto riguarda l'influenza delle ridotte concentrazioni di ossigeno bisogna tener presente la reciproca interferenza delle due funzioni svolte dalle branchie dei molluschi: respiratoria e di filtrazione. Secondo Bayne (1975), che ha indagato sul problema in Mytilus edulis, l'aumento dell'efficienza di utilizzazione dell'ossigeno dipende dal rapporto (V/P) tra tasso di ventilazione, cioè volume d'acqua che passa attraverso le branchie nell'unità di tempo, e tasso di perfusione, cioè volume di sangue che, spinto dal battito cardiaco, passa nei vasi branchiali nell'unità di tempo. Nei mitili, l'assunzione di ossigeno nell'apparato branchiale avviene per controcorrente ed il loro sangue, non avendo speciali pigmenti respiratori, si carica di ossigeno per semplice diffusione attraverso le pareti branchiali. In queste condizioni, se la tensione di ossigeno nell'acqua si abbassa il rapporto V/P diminuisce dapprima perchè aumenta la perfusione, al fine di mantenere un elevato gradiente di diffusione dell'ossigeno attraverso le branchie, ma quando ciò non è più sufficiente è il tasso di ventilazione ad abbassarsi per permettere ad acqua e sangue di restare in "contatto" il tempo necessario ad un adeguato scambio gassoso. Questo rallentamento della ventilazione vuol dire necessariamente riduzione della filtrazione. In altre parole, alle basse tensioni è essenziale provvedere ad un'adeguato rifornimento di ossigeno anche a scapito dell'alimentazione. In condizioni di normale tensione di ossigeno, invece, il mollusco può massimizzare l'ingestione di

cibo mantenendo un'elevata ventilazione-filtrazione anche se ciò significa ridurre l'efficienza di utilizzazione dell'ossigeno.

L'ultimo, ma non meno importante, fattore di limitazione dell'attività filtrante dei bivalvi è rappresentato dalla stessa concentrazione di particolato della sospensione in cui l'animale viene mantenuto. Come al solito la maggior quantità di dati al riguardo la si ha per i mitilidi (vedi Bayne et al., 1976). In sospensioni molto diluite Mytilus edulis non filtra affatto, dovendo la concentrazione di particelle giungere ad un minimo valore critico che probabilmente corrisponde alla soglia di stimolo dei recettori deputati allo svolgimento della funzione di filtrazione. Al contrario, la "densità cellulare critica", alla quale iniziano ad apparire i primi segni di disturbo della filtrazione, sembra aggirarsi intorno a valori di 50-70 milioni di cellule/l. A concentrazioni più alte interviene una costante diminuzione del tasso di filtrazione ed un parallelo incremento del tasso di produzione delle pseudofeci (particelle involupate in muco e rigettate prima dell'ingestione). Comunque, anche al di sotto di questi valori limite ai quali il disturbo dell'attività filtrante è direttamente visibile, il tasso di filtrazione dei mitili decresce in generale al crescere della concentrazione cellulare secondo una relazione log-lineare (Shulte, 1975). Ciò sembra corrispondere ad una strategia di risparmio dei costi energetici (si tenga presente il bilancio filtrazione-ventilazione) man mano che le maggiori concentrazioni algali offerte all'animale assicurano l'ingestione di una pari quantità di cellule con un minor sforzo di filtrazione.

In effetti, lo stesso Shulte (1975), sperimentando su esemplari di Mytilus edulis del golfo di La Spezia della taglia di 40 mm, ha potuto formalizzare la relazione esistente tra numero assoluto di cellule filtrate/mitile/l/ora (Y) e la concentrazione cellulare offerta in numero di cellule/l (X), tramite la seguente equazione di potenza:

$$\log Y \text{ (cell/l/h)} = 1,757 + 0,668 \log X \text{ (cell/l)} \quad (1)$$

In base ad essa si può constatare che, al crescere della concentrazione algale, il numero assoluto di cellule per litro rimosse dalla sospensione ad ogni ora da ogni singolo mitile va crescendo costantemente. Tuttavia è importante sottolineare che in termini di percentuale della concentrazione offerta, la quota di alghe filtrate diminuisce con l'aumentare della concentrazione algale stessa. Ciò lo si può direttamente osservare dai dati di Tab. 6, dove la stima dei quantitativi di cellule filtrate/l/ora è stata ricavata tramite l'equazione (1) applicata, oltre che alle concentrazioni minime e massime impiegate da Shulte (1975), anche ad una serie di valori medi di concentrazione algale stagionalmente registrabili di norma in Adriatico (Marchetti, 1984). Come si vede, la migliore efficienza percentuale di rimozione delle alghe dalle sospensioni si ha alle concentrazioni medio-basse.

Processi a livello del "benthic boundary layer" (BBL)

Nella stessa Tab. 6 sono indicati, a seconda delle diverse concentrazioni cellulari, i tempi che un singolo mitile impiegherebbe per

ridurre del 50% il numero di cellule in un litro di acqua stagnante intorno a lui. Questi tempi, anche se puramente teorici, servono a dare un'indicazione di quanto rapidamente si realizzano condizioni di deplezione di alghe nelle immediate vicinanze di un banco di mitili, o di bivalvi in genere, e di come venga meno la loro capacità di controllo delle concentrazioni algali se non intervengono un minimo di processi idrodinamici a rifornire continuamente questi animali di un cibo che non possano andarsi a cercare. Non a caso di recente l'attenzione di numerosi ricercatori si è focalizzata sullo studio dei fenomeni che si verificano a livello del cosiddetto "benthic boundary layer" (BBL), cioè di quello strato d'acqua che è immediatamente a contatto con il dominio bentonico e con le comunità animali che lo caratterizzano, in particolare quelle a bivalvi.

Tab. 6 - Numero di cellule filtrate/mitile/l/h in relazione a differenti concentrazioni algali, efficienze di filtrazione come percentuale della concentrazione algale offerta e tempi di dimezzamento della concentrazione iniziale ("50% rimozione"). In grassetto sono indicati i dati relativi alle condizioni sperimentali limite a cui ha operato Shulte (1975) (vedi testo); gli altri dati sono ricavati applicando l'equazione di Shulte ad alcuni valori stagionali medi effettivamente riscontrati in Adriatico (da Marchetti, 1984).

		Concentrazione (cell./l)	Filtrazione (cell./l/h)	%	"50% rimozione" tempi
		3,0 x 10 ⁵	2,6 x 10 ⁵	86,7	0h 35'
Luglio	'79	7,0 x 10 ⁶	2,1 x 10 ⁶	30,0	1h 49'
Agosto	'79	8,0 x 10 ⁶	2,3 x 10 ⁶	28,7	1h 54'
Ottobre	'79	16,5 x 10 ⁶	3,8 x 10 ⁶	23,0	2h 29'
Febbraio	'80	40,0 x 10 ⁶	6,8 x 10 ⁶	17,0	3h 24'
		15,0 x 10 ⁷	1,7 x 10 ⁷	11,0	5h 24'

Wildish e Kristmanson (1984) hanno ricreato artificialmente, in una vasca lunga 5 m e larga 0,5 m, una condizione di BBL turbolento facendo scorrere acqua di mare con il suo carico naturale di seston sopra banchi ricreati di *Mytilus edulis* e di *Modiolus modiolus*. Hanno poi misurato le variazioni di concentrazione del seston (come ATP) lungo la corrente, a diverse distanze dall'origine ed a diverse altezze al di sopra dei banchi; contemporaneamente tenevano sotto controllo le velocità di corrente a cui si svolgevano i diversi esperimenti. I dati ottenuti sono stati confrontati con le previsioni di un modello matematico da loro stessi formulato per investigare le relazioni tra

crescita degli animali filtratori, asperità dei fondali e velocità, delle correnti di marea. I risultati di questo studio hanno fornito una diretta evidenza a favore dell'ipotesi che i fattori idrodinamici possono svolgere un ruolo critico nel contrastare la deplezione di seston che si realizza al passaggio sopra un banco di bivalvi di sufficiente ampiezza e densità. Perchè gli animali possano rinvenire continuamente particelle da filtrare occorre che al di sopra di essi si formi uno strato d'acqua turbolento sufficientemente spesso in cui le concentrazioni di seston si mantengano costanti proprio in virtù dei processi di diffusione turbolenta che trasportano al fondo le particelle dagli strati superiori. Questo strato viene definito come strato "ben miscelato": tutta l'acqua e le particelle sospese in esso sono disponibili per gli animali, al di sopra del suo limite superiore il mescolamento verticale è debole ed il seston ivi presente è praticamente inutilizzabile dai filtratori. A parità di attività di filtrazione dei bivalvi del banco, questo strato d'acqua miscelata può mantenersi ben alimentato, e quindi la deplezione di seston contrastata, in funzione diretta della velocità di corrente del flusso principale ed in funzione inversa dell'entità del rallentamento che la stessa subisce contro le asperità dell'interfaccia acqua-sedimenti.

L'importanza dei processi idrodinamici nel determinare la disponibilità di cibo algale a livello del BBL sovrastante le popolazioni di sospensivori è stata sottolineata anche da Fréchette e Bourget (1985) mediante ricerche svolte in campo. Essi hanno infatti studiato, durante diversi cicli di marea, le fluttuazioni ed i gradienti verticali delle concentrazioni di materia organica particellata (MOP) al di sopra di un banco intertidale di mitili nell'estuario del St. Lawrence (Canada). I loro risultati hanno mostrato che una deplezione di MOP può riscontrarsi di frequente immediatamente al di sopra di una popolazione di bivalvi filtratori, stabilendosi così un gradiente verticale di concentrazione tra superficie e fondo. Tale gradiente può, però, essere distrutto dalle correnti e dalle onde. La sua ripidità infatti è apparsa negativamente correlata con la velocità di corrente, in alcuni casi, e con l'energia d'onda, in altri. Questi due apporti di energia meccanica, cioè, contrastano la tendenza alla deplezione di MOP rifornendo il BBL di fitoplancton e rompendo così la segregazione tra questo ed i mitili.

Controllo naturale dell'eutrofizzazione

Fin qui abbiamo preso in considerazione singolarmente i fattori e i processi che in qualche maniera possono condizionare l'efficienza di filtrazione delle popolazioni di bivalvi e quindi la loro capacità di controllo sull'eutrofizzazione. La possibilità e l'importanza di un tale tipo di controllo sono state, comunque, riconosciute valide da numerosi ricercatori anche attraverso un approccio di ricerca più direttamente ecosistemico.

In epoca relativamente recente, una messa a fuoco di queste problematiche è stata condotta da Officer *et al.* (1982) che sviluppando alcune relazioni concettuali avanzate da altri autori circa i processi di interazione tra i costituenti di un ecosistema marino omeostatico sono giunti a definire le equazioni di controllo reciproco delle

biomasse fitoplanctoniche e del benthos sospensivoro. Risolvendo tali equazioni per valori dei parametri desunti dai lavori specialistici disponibili in letteratura, gli autori hanno definito le condizioni ed i criteri necessari ad identificare i possibili regimi in cui è ragionevole ammettere che le popolazioni di filtratori bentonici controllano direttamente quelle fitoplanctoniche. La validità di questi criteri è stata poi specificatamente verificata e discussa per la situazione esistente nella South San Francisco Bay, sistema estuarino caratterizzato da una comunità bentonica dominata da *Tapes japonica* e *Musculus senhousia*, ed in altri ambienti con caratteristiche analoghe.

Le condizioni ambientali favorevoli ad un controllo dell'eutrofizzazione da parte delle comunità bentoniche di filtratori si possono così riassumere ed elencare:

- 1) la presenza di basse profondità, nell'ambito dei 2-10 m; ciò si ricollega alla necessità di rendere efficaci quei particolari processi sopradescritti che si svolgono al livello del BBL;
- 2) l'esistenza di una densa ed estesa comunità (o popolazione) di animali bentonici sospensivori che sia però dominata da individui di piccola taglia, il che significa: o una comunità con abbondanza di specie di piccole dimensioni o popolazioni con una predominanza delle classi giovanili; questa condizione fa riferimento alla già accennata relazione tra peso-secco dei bivalvi e loro tasso di filtrazione che, come abbiamo visto, è più elevato per gli animali di minor dimensione;
- 3) un corpo d'acqua di sufficiente ampiezza ma parzialmente segregato che abbia, cioè, scambi relativamente ridotti con i corpi idrici adiacenti; ciò affinché il fattore di controllo rappresentato da questi scambi non prevalga su quello delle popolazioni animali;
- 4) un adeguato rifornimento di nutrienti di modo che non vengano mai a mancare le condizioni per lo sviluppo delle popolazioni algali ed essere così certi che la deficienza di sali nutritivi non agisca da fattore limitante.

Se la regione marina presa in considerazione presenta queste caratteristiche, allora il criterio per poter giudicare se è in atto un qualche controllo delle popolazioni fitoplanctoniche da parte delle comunità di filtratori bentonici è rappresentato dall'eguaglianza tra il tempo di riciclo dell'acqua da parte della comunità (tf) e la costante di crescita del fitoplancton (tp). In particolare per stimare ognuna di queste due grandezze temporali bisogna rispettivamente prendere in considerazione i seguenti parametri:

$$tf = h/FB \times 1000/24$$

(dove h: profondità in m; F: tasso specifico di filtrazione per animale espresso in l/ora/g peso totale individuo; B: biomassa della popolazione bentonica in g/m) e

$$tp = 1/kp$$

(dove kp: tasso di crescita della popolazione fitoplanctonica).

Gli stessi Officer et al. (1982) hanno fornito alcuni valori esemplificativi per i casi da loro analizzati. Quando, in presenza delle condizioni ambientali sopra descritte, si realizza l'eguaglianza

$t_f = t_p$, è molto probabile incontrare una situazione in cui una comunità di sospensivori bentonici di alcune centinaia di g/m^2 (150-250) agisce da controllo sulle popolazioni fitoplanctoniche, mantenendole a concentrazioni più o meno costanti dell'ordine di alcuni mg di clorofilla/ m^3 (2-5). Questi ultimi valori corrispondono mediamente a quelle che abbiamo più sopra definito come condizioni di mesotrofia.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'Alto e Medio Adriatico occidentali, in particolare nella loro fascia costiera, appaiono caratterizzati da un'elevata produttività primaria e da consistenti comunità di animali bentonici filtratori, principalmente molluschi bivalvi. Si tratta di specie animali che svolgono il loro intero ciclo biologico, da larva ad adulto, in questo specifico ambiente e che qui devono reperire l'energia necessaria al loro accrescimento e alla loro riproduzione. Da questo punto di vista il fatto di poter disporre in queste acque di abbondante fitoplancton, il cui sviluppo è a sua volta favorito dai notevoli apporti naturali ed antropici di nutrienti, rappresenta una condizione vantaggiosa per l'insediamento e la crescita delle popolazioni di questi organismi. Così accanto al consistente sviluppo delle specie tipiche dei fondali sabbiosi, quali le vongole, si può anche constatare, lungo le coste adriatiche, la notevole proliferazione di popolazioni di altre specie di bivalvi come i mitili e le ostriche che, malgrado siano organismi eminentemente di substrato duro, trovano in questo mare condizioni favorevoli per una crescita così rapida da riuscire comunque a costituire degli insediamenti cospicui.

La corrispondenza tra ricchezza di fitoplancton e consistenza degli stocks di molluschi bivalvi non è però diretta poichè, comunque, un ambiente eccessivamente eutrofico pone a questi organismi difficoltà di due ordini: una prima difficoltà, di ordine alimentare, è rappresentata dalle limitazioni a carico del tasso di filtrazione cui i bivalvi vanno incontro in presenza di concentrazioni eccessive di particolato; tale fenomeno, inoltre, si autoalimenta poichè la minore filtrazione fa diminuire l'effetto di controllo delle popolazioni di molluschi su quelle fitoplanctoniche in rapida crescita. La seconda difficoltà è costituita dal danno diretto che questi animali subiscono ad opera delle crisi anossiche che frequentemente si verificano in ambienti eutrofici e a cui questi organismi sessili o comunque scarsamente mobili non possono sfuggire.

E' pur vero che dal punto di vista fisiologico i bivalvi, potendo avvalersi del metabolismo anaerobico, presentano una maggior resistenza agli stress anossici rispetto ad altri organismi marini; ma è anche vero che, poichè non tutte le specie hanno sviluppato questa capacità al medesimo grado, il dovervi ricorrere spesso e per lunghi periodi crea una situazione di competizione interspecifica tra gli stessi bivalvi. Questa competizione incide profondamente sulla consistenza delle differenti popolazioni ed arriva a modificare finanche l'assetto sinecologico delle comunità favorendo l'insediamento e lo sviluppo locale di popolazioni di specie alloctone: come è accaduto nel caso della *Scapharca inaequivalvis*, specie indopacifica di recen-

te introduzione nella fauna marina dell'Adriatico, probabilmente tramite le navi cisterna di provenienza dal Pacifico.

Se, come abbiamo visto, le particolari caratteristiche oceanografiche e trofiche dell'Alto-medio Adriatico determinano il tipo e la consistenza dei popolamenti bentonici a bivalvi che vi si insediano, bisogna anche ammettere che a loro volta quest'ultimi esercitano, almeno in linea di principio, un'azione di controllo e di contenimento della biomassa algale di questo mare. Fino a che grado e con che continuità ciò avvenga rappresenta un problema di valutazione che sarebbe interessante affrontare. La difficoltà maggiore è costituita dalla scala dimensionale eccessivamente ampia su cui bisogna operare. D'altro canto, grazie alla conoscenza ormai abbastanza approfondita delle caratteristiche oceanografiche dell'Adriatico, vi si potrebbero individuare regioni ristrette o corpi d'acqua limitati in cui sia possibile stimare gli effetti sulla densità fitoplanctonica da parte delle popolazioni di sospensivori.

Alcuni particolari ambienti della costa adriatica occidentale, come per esempio le lagune e le sacche del Delta del Po, presentano tutti e quattro i requisiti considerati da Officer et al. (1982) necessari affinché possa stabilirsi un controllo dei filtratori bentonici sul fitoplancton: la profondità è certamente bassa; i popolamenti di bivalvi sono abbondanti e caratterizzati, oltre che da mitili ed ostriche, anche da specie di piccola taglia come per es. Mytilaster minimus (Ceccherelli et al., 1985); gli scambi tra corpo d'acqua lagunare e mare sono relativamente limitati ed infine il rifornimento di nutrienti è certamente rilevante ad opera degli apporti fluviali del Po. In effetti, in uno di questi ambienti, la Sacca di Scardovari, ricerche condotte per più anni da Ferrari et al. (1984) hanno messo in evidenza, attraverso lo studio dei differenti comparti trofici, il ruolo fondamentale svolto dalle comunità dei filtratori. I processi di eutrofizzazione in questa laguna sembrano essere sotto il controllo degli erbivori ed anche se si verificano delle crisi distrofiche queste appaiono contenute nel tempo e nello spazio e non così gravi come in altri ambienti dove le funzioni forzanti sono prevalentemente abiotiche. La Sacca di Scardovari in definitiva appare come un ecosistema biologicamente controllato in cui le comunità di filtratori sono in grado di smorzare l'impatto degli stresses distrofici. Inoltre è da sottolineare che la recente moltiplicazione in queste lagune dei parchi di allevamento di mitili in "reste" sospese ha rappresentato al riguardo un indubbio vantaggio.

Risulta più difficile stabilire, in mancanza di dati specifici, se anche in altre zone della costa adriatica, oltre che nelle sacche e nelle lagune, esistano le condizioni perchè possa realizzarsi un'azione di controllo delle condizioni trofiche da parte del benthos. Per esempio, tutta la fascia costiera alto-medio adriatica ha le caratteristiche geografiche di mare aperto e certamente in essa i fattori di controllo prevalenti saranno di natura idrologica. Tuttavia, in regioni in cui le popolazioni bentoniche di filtratori sono particolarmente abbondanti, come nelle aree costiere mesotrofiche tra Rimini e Pescara, dove *Chamelea gallina* è presente con densità elevate, anche il benthos probabilmente gioca un ruolo importante nel definire i livelli di biomassa algale almeno durante parte del ciclo annuale. Sarebbe

quindi opportuno che qualsiasi studio che affronti la dinamica del fitoplancton e dei nutrienti in regioni ad acque relativamente poco profonde prenda in debita considerazione anche la qualità e la quantità del benthos. Risulta inoltre evidente, se fosse necessario ribadirlo, come, anche ai fini del controllo dell'eutrofizzazione, sia estremamente utile praticare uno sfruttamento razionale dei banchi di vongole, che miri in primo luogo ad evitare l'eccessivo impoverimento degli stessi ma soprattutto a salvaguardare gli individui più giovani della popolazione che, come abbiamo visto, sono filtratori più efficienti del particellato sospeso.

Negli ambienti costieri dove l'insediamento e lo sviluppo dei banchi di vongole è scarso per cause naturali, come la fascia costiera eutrofica immediatamente a sud del Delta del Po, si possono concepire degli interventi tecnologici che assecondino e potenzino la propensione di altre specie di bivalvi, già comunque presenti in queste aree, a costituire popolazioni di notevole consistenza. La specie che più di ogni altra presenta tale caratteristica è certamente il Mytilus galloprovincialis, sia per la rapidità della sua crescita che per l'abbondanza mediamente elevata del suo reclutamento annuale. Al riguardo certamente efficace potrebbe risultare lo sviluppo diffuso lungo le coste adriatiche della mitilicoltura. Tale pratica di maricoltura comporterebbe, tra gli altri, il duplice vantaggio di spostare il controllo dei filtratori sul fitoplancton direttamente in prossimità delle acque superficiali, dove più alta è la produzione algale, e di sottrarre i molluschi agli effetti negativi di eventuali crisi anossiche delle acque di fondo.

Le tecniche di allevamento da adottare potrebbero essere le più diverse e le più adatte alle specifiche situazioni ambientali: così come la mitilicoltura in "reste" sospese a parchi fissi nelle zone a basso fondale o come gli impianti costruiti con la tecnica delle "long lines" (cavi metallici tesi tra corpi galleggianti) per le aree di mare più profondo ma comunque riparate, essendo questi ultimi impianti particolarmente vulnerabili alle condizioni di mare agitato. Questi interventi saranno ancor più efficaci se preceduti da studi tesi ad accertare l'esistenza, nei siti prescelti, delle condizioni favorevoli alla buona crescita di questi molluschi, come l'abbondanza di cibo algale ed un sufficiente idrodinamismo.

Per quanto riguarda, invece, le prospettive di incremento degli insediamenti di mitili in zone di mare aperto, buoni risultati sono stati ottenuti di recente con la realizzazione delle "barriere artificiali" (Bombace, 1982). Nella forma fino ad oggi sperimentata, esse sono costituite essenzialmente da blocchi cubici di calcestruzzo affondati al largo su fondali di circa 10-14 m e assemblati in forma di piramide. In sintesi, la sperimentazione con questi manufatti ha mostrato che, dopo un adeguato periodo di tempo durante il quale si assiste all'evoluzione ecologica di popolamenti successivi che colonizzano i massi, si giunge ad una comunità relativamente stabile dominata da mitili, presenti con elevati valori di biomassa complessiva. Il dato più interessante è comunque rappresentato dal fatto che i molluschi si insediano con più alte densità e sviluppano una maggiore biomassa unitaria nel blocco di vertice, cioè nel livello più alto della piramide. I fattori che determinano una tale evenienza sono

illustrati e discussi da Bombace (1982); ma quel che risulta evidente è che mediante queste "barriere" si possono creare le condizioni affinché consistenti popolazioni naturali di mitici vengano ad insediarsi proprio negli strati di acqua dove più elevata è la produzione algale. Questo, però, se la struttura dei manufatti fosse diversa da quella piramidale, che con il suo unico elemento di vertice limita la possibilità di estendere oltre un certo grado i substrati di attecchimento nelle acque più superficiali.

Ancora una volta la soluzione ottimale può essere quella di integrare la tecnologia delle "barriere artificiali" con quella della mitilicoltura in rete sospese, cosa del resto già tentata in un esperimento al largo delle coste laziali (Ardizzone *et al.*, 1983). Se adeguatamente progettata e gestita la "barriera" può, infatti, svolgere la duplice funzione di proteggere l'impianto di allevamento dalla forza del mare e offrire i substrati adatti per l'attecchimento del seme che rifornirà l'allevamento stesso.

RIASSUNTO

Vengono presi in considerazione alcuni aspetti della produzione, dell'ecologia e della fisiologia dei Bivalvi in relazione al possibile ruolo che le popolazioni di questi molluschi svolgono nell'ambiente della fascia costiera italiana dell'Adriatico. Sulla base dei dati riportati in letteratura e di ricerche condotte dall'A., vengono discusse: a) l'abbondanza delle popolazioni di bivalvi che caratterizzano il bentos della fascia costiera adriatica in relazione alle condizioni trofiche della stessa; b) le crisi anossiche in Adriatico ed i loro effetti sulle comunità di bivalvi anche in considerazione della resistenza delle varie specie all'anossia e di altre possibili cause di mortalità in presenza di condizioni eutrofiche; c) la possibilità che, in una certa regione marina ed in particolare in alcune aree costiere adriatiche, si realizzi un controllo dell'eutrofizzazione da parte delle popolazioni bentoniche di filtratori; ciò in funzione dei diversi fattori che condizionano l'attività filtrante dei bivalvi e dei particolari processi che si svolgono al livello del "benthic boundary layer" (BBL).

SUMMARY

Some aspects of production, ecology and physiology of bivalves are considered in relation to the role these molluscs play in the coastal environments of the western Adriatic sea. On the basis both of literature and of some researches carried out by the A., what follows is discussed: a) the trophic classification of the different Adriatic coastal regions and the corresponding population abundances of the bivalve species which better characterize their bentos; b) the most important causes determining anoxic crises in the Adriatic sea; c) some results of a research on a bivalve association of the littoral in front of an embayment of the Po River Delta which suffered the effects of a dystrophic crisis; d) the bivalve resistance to low oxygen concen-

trations and the further probable mortality factors due to eutrophic water conditions; e) the factors conditioning filter activity in bivalves; f) the importance of the processes at the benthic boundary layer (BBL) in relation to the filter efficiency of bivalve beds; g) the required conditions in order that benthic filter-feeders communities can exert control on eutrophication in a given marine region and particularly in some coastal areas of the western Adriatic sea.

BIBLIOGRAFIA

- ARDIZZONE G.D., G. BOMBACE e P. PELUSI, 1983 - Settlement and growth of Mytilus galloprovincialis Lamk. on artificial reef in the Tyrrhenian sea. Atti Journée d'étude sur les récifs artificiels et la maric. suspend., CIESM, Cannes 1982.
- ARTEGGIANI A. e R. AZZOLINI, 1981 - Influence of the Po floods on the western Adriatic coastal water up to Ancona and beyond. Rapp. Comm. Int. Mer Medit., 27 (6), 115-119.
- ASCOLI F., E. CHIANCONE, D. VERZILI, E. ANTONINI, 1982 - Emoproteine respiratorie di invertebrati. Atti I Incontro Biochimica Marina, Cesenatico, Giugno 1979, 81-93.
- BAYNE B.L., 1975 - Aspects of physiological condition in Mytilus edulis (L.) with special reference to the effects of oxygen tension and salinity. Proc. of 9th Eur. Mar. Biol. Symp., Oban, Scotland, Oct. 1974, 213-238.
- BAYNE B.L., R.J. THOMPSON & J. WIDDOWS, 1976 - Physiology: I. In: Marine mussels. Their ecology and physiology, Bayne B.L., ed., Cambridge Univ. Press, Cambridge, 121-206.
- BODOY A., 1983 - Croissance et variations saisonnières de la composition biochimique de Venus gallina dans le Golfe de Marseille (Méditerranée occidentale). TETHIS, 1, 57-66.
- BOMBACE G., 1982 - Il punto sulle barriere artificiali: problemi e prospettive. Naturalista sicil., 6 (3), 573-591.
- BOYDEN C.R., 1971 - A comparative study of the reproductive cycles of the cockles Cerastoderma edule and C. glaucum. J. mar. biol. Ass. U.K., 51, 605-622.
- CECCHERELLI V.U., 1983 - Dinamica di popolazione di Mytilus galloprovincialis LAMK., in banco naturale ed in parchi di allevamento. Nova Thalassia, 6 suppl., 207-212.
- CECCHERELLI V.U. and A. BARBONI, 1983 - Growth, survival and yield of Mytilus galloprovincialis Lamk. on fixed suspended culture in a bay of the Po River Delta. Aquaculture, 34, 101-114.
- CECCHERELLI V.U. and R. ROSSI, 1984 - Settlement, growth and production of the mussel Mytilus galloprovincialis. Mar. Ecol. Prog. Ser., 16, 173-184.
- CECCHERELLI V.U., G. COLOMBO, I. FERRARI, V. GAIANI, R. ROSSI, 1985 - Ricerche ecologiche nella Sacca di Scardovari. Nova Thalassia, 7 (2), 341-363.
- CHIAUDANI C, G.F. GAGGINO, R. MARCHETTI, M. VIGHI, 1982 - Caratteristiche trofiche delle acque costiere adriatiche. Campagna di rilevamento 1978-79. Coll. P.F. "Promozione della qualità dell'ambiente", AQ/2/14 (C.N.R.), 170 pp..

- COE W.R. & D.L. FOX, 1944 - Biology of the California mussel (Mytilus californicus). - 3. Environmental conditions and rate of growth. Biol. Bull., 87, 59-72.
- DARE P.J., 1975 - Settlement, growth and production of the mussel, Mytilus edulis L., in Morecambe bay, England. Fishery Invest., London, 28 (Ser. II).
- DE VOOYS C.G.N., 1979 - Anaerobic metabolism in sublittoral living Mytilus galloprovincialis in the Mediterranean - I. partial adaptation of anaerobic energy metabolism. Netherlands Journal of Sea Research, 13 (2), 192-202.
- FEDERMOLLUSCHI, 1983 - L'importanza della molluschicoltura nazionale. Corriere della Pesca e dell'Acquacoltura, 12, 13-20.
- FERRARI I., V.U. CECCHERELLI & G. COLOMBO, 1984 - The trophic status of a deltaic lagoon in the Northern Adriatic sea: the role of the filter-feeders. Proc. 2nd Internat. Symp. MESAEP, Heraklion, Crete, Sept. 1983, 355-373.
- FRANCO P., 1973 - L'influenza del Po sui caratteri oceanografici e sulla distribuzione della biomassa planctonica nell'Adriatico settentrionale. Ann. Univ. Ferrara, NS, 1, 95-117.
- FRANCO P., 1982 - Idrologia e nutrienti nell'Adriatico settentrionale. Crociera 1979. Nota preliminare. Atti Conv. U.O.-P.F. "Risorse biologiche ed inquinamento marino", Roma, Novembre 1981, 9-24.
- FRANCO P., L. JEFTIC, P. MALANOTTE-RIZZOLI, A. MICHELATO, M. ORLIC, 1982 - Descriptive model of the Northern Adriatic. Oceanol. Acta, 5, 379-389.
- FRANZOI P., M. MISTRI, R. ROSSI e V.U. CECCHERELLI, 1986 - Effetti di fenomeni distrofici sulla biocenosi a Bivalvi nella Sacca di Goro (Delta del Po). Atti XVIII Congresso S.I.B.M., Cesenatico, Settembre 1986, (in stampa).
- FRECHETTE M. & E. BOURGET, 1985 - Energy flow between the pelagic and benthic zones: factors controlling particulate organic matter available to an intertidal mussel bed. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42, 1158-1165.
- FROGLIA C., 1975 - Osservazioni sull'accrescimento di Chamelea gallina (L.) ed Ensis minor (Chenu) nel Medio Adriatico. Quad. Lab. Tecnol. Pesca, 2 (1), 37-48.
- FROGLIA C., 1983 - I Molluschi Bivalvi a sviluppo naturale dell'Alto Adriatico. Situazione e prospettive. Atti Congresso su "La pesca in Adriatico", Venezia, Dicembre 1983, (in stampa).
- FROGLIA C. e M.E. GRAMITTO, 1982 - Effetti della crisi di ossigeno del 1977 sulla pesca degli scampi in Adriatico. Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 50 suppl., 195-201.
- GABBOTT P.A., 1976 - Energy metabolism. In: Marine mussels. Their ecology and physiology, Bayne B.L., ed., Cambridge Univ. Press, Cambridge, 293-355.
- GALLOIS D., 1977 - Sur la reproduction des palourdes, Venerupis decussata (Linne), et des clovisses, Venerupis aurea (Gmelin) de l'Etang de Thau (Hérault). Vie et Milieu, 17 (2), 233-254.
- HAMMEN C.S., 1976 - Respiratory adaptations: invertebrates. In: Estuarine processes. I. Uses, stresses and adaptation to the estuary, Academic Press, New York, 347-355.

- LIPOVSKY V.P. & K.K. CHEW, 1972 - Mortality of pacific oysters (Crassostrea gigas): the influence of temperature and enriched seawater on oyster survival. Proc. Nat. Shellfish. Ass., 62, 72-82.
- MARCHETTI R., 1984 - Quadro analitico complessivo dei risultati delle indagini condotte negli anni 1977-1980 sul problema dell'eutrofizzazione nelle acque costiere dell'Emilia-Romagna: situazione e ipotesi d'intervento. Dip. Ambiente-Difesa del suolo, Reg. Emilia-Romagna - Studi e Documentazioni, 35, 310 pp..
- MISTRI M., 1985 - Biologia e dinamica di popolazione di Scapharca inaequivalvis (Bruguière, 1789) (Bivalvia, Arcidae) in una Sacca del Delta del Po. Tesi Facoltà S.M.F.N. Ferrara, 1984-85, 80 pp..
- MONTANARI G. e A. RINALDI, 1984 - Caratteristiche chimico-fisiche delle acque costiere. Atti Conv. "Eutrofizzazione dell'Adriatico - Ricerche e linee d'intervento", Bologna, maggio 1983; in: Dip. Ambiente-Difesa del suolo, Reg. Emilia-Romagna - Studi e Documentazioni, 34, 99-125.
- OFFICER C.B., T.J.SMAYDA & R. MANN, 1982 - Benthic filter feeding: a natural eutrophication control. Mar. Ecol. Prog. Ser., 9, 203-210.
- PLCARD J., 1965 - Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des substrats meubles dragables de la region marseillaise. Rec. Trav. Sta. mar. Endoume, 52 (36), 1-160.
- POGGIANI L., C. PICCINETTI, G. PICCINETTI MANFRIN, 1973 - Osservazioni sulla biologia dei molluschi bivalvi Venus gallina L. e Tapes aureus Gmelin nell'Alto Adriatico. Note Lab. Biol. Mar. e Pesca - Fano, 4 (8), 189-212.
- REGIONE EMILIA - ROMAGNA, 1985 - Rapporto annuale sull'eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia-Romagna. Assessorato ambiente Regione E.-R. - Studi e Documentazioni.
- RENZONI A., 1974 - Preliminary data on Crassostrea angulata Lam. in the Adriatic sea. Aquaculture, 3, 119-133.
- REVELANTE N., & M. GILMARTIN, 1976 - Temporal succession of phytoplankton in the Northern Adriatic. Netherl. J. sea Res., 10, 377-396.
- SHULTE E.H., 1975 - Influence of algal concentration and temperature on the filtration rate of Mytilus edulis. Mar. Biol., 30, 331-341.
- SOCAL G., F. BIANCHI e P. FRANCO, 1982 - Abbondanza e biomassa fitoplanctoniche nell'Adriatico settentrionale. Crociere 1979. Atti Conv. U.O.-P.F. "Risorse biologiche e inquinamento marino", Roma, Novembre 1981, 25-32.
- THEEDE H., 1963 - Experimentelle Untersuchungen uber die Filtrationsleistung der Miesmuschel Mytilus edulis L.. Kiel. Meeresforsch., 19, 20-41.
- VATOVA A., 1946 - Le zoocenosi bentoniche dell'Adriatico. Boll. Pesca Pisc. Idrobiol., 1 n.ser. (2), 131-139.
- VIVIANI R., 1984 - Le diverse fioriture di fitoplancton, dal 1978 al 1982, nell'area del mare Adriatico settentrionale prospiciente la costa dell'Emilia-Romagna. Atti Conv. "Eutrofizzazione dell'Adriatico - Ricerche e linee d'intervento", Bologna, maggio 1983; in: Dip. Ambiente-Difesa del suolo, Reg. Emilia-Romagna - Studi e Documentazioni, 34, 79-97.

- WALNE P.R., 1972 - The influence of current speed, body size and water temperature on the filtration rate of five species of bivalves. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 52, 345-374.
- WIJSMAN T.C.M., 1975 - pH fluctuations in Mytilus edulis (L.) in relation to shell movements under aerobic and anaerobic conditions. Proc. 9th Europ. Mar. Biol. Symp., Oban, Scotland, Oct. 1974, 139-149.
- WILDISH D.J. & D.D. KRISTMANSON, 1984 - Importance to mussels of the benthic boundary layer. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41, 1618-1625.
- WINTER J.E., 1973 - The filtration rate of Mytilus edulis and its dependance on algal concentration, measured by a continuous automatic recording apparatus. Mar. Biol., 22, 317-328.
- WINTER J.E. & R.W. LANGTON, 1976 - Feeding experiments with Mytilus edulis at small laboratory scale. I. The influence of the total amount of food ingested and food concentration on growth. Proc. 10th Europ. Mar. Biol. Symp., Ostend, Belgium, Sept. 1975, 1, 565-581.
- ZAOUALI J., 1980 - Etude du cycle sexuel de Cerastoderma glaucum Poiret, 1789 (Bivalvia, Eulamellibranchia, Cardiidae) dans le Lac de Tunis et de la mer de Bou Grara (Tunisie). Archs. Inst. Pasteur Tunis, 57 (3), 281-295.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	337-342	1985

CONSIDERAZIONI SUL TROFISMO DI UNA ZONA COSTIERA ALLA FOCE DEL FIUME METAURO

N. Tegaccia, T. Tegaccia

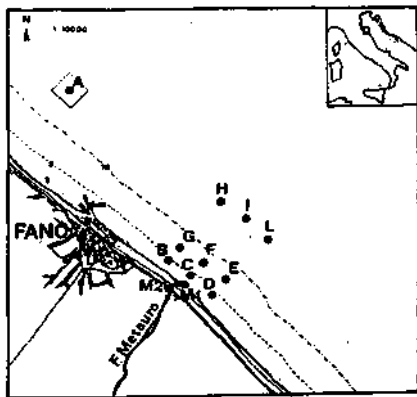
Laboratorio di Biologia Marina e Pesca - Fano

INTRODUZIONE

Conoscere il ruolo che i corsi d'acqua locali giocano sul trofismo e quindi sui relativi equilibri biologici delle zone costiere è fondamentale nello studio dei fenomeni eutrofici. A tale scopo il Laboratorio di Biologia Marina e Pesca di Fano, ampliando le precedenti ricerche (1968, 1969, 1970, 1972), ha effettuato campionamenti alla foce del fiume Metauro. Si è in questa sede considerata la diluizione delle acque dolci in relazione alla diminuzione dei nutrienti portati dal fiume per mettere in evidenza la sua influenza sul chimismo dell'area costiera.

MATERIALI E METODI

L'indagine si è svolta per due anni (aprile 1982-aprile 1984) con 28 prelievi, mediamente mensili, su un reticolo di 12 stazioni fisse (Fig. 1) di cui 2 sono collocate sul fiume Metauro, 9 nella zona di mare antistante la foce e una (stazione A) a nord di Fano in un'area affidata al Laboratorio per sperimentazioni di maricoltura. In ogni stazione sono stati rilevati i parametri chimico-fisici e, con una



bottiglia di plastica tipo Van Dorn, si sono raccolti, in superficie e in prossimità del fondo, i campioni di acqua sui quali in laboratorio sono stati determinati la salinità e, dopo filtrazione su Millipore da 0.45 μ , i sali nutritivi (NH_3 , NO_3 , PO_4 , Ptot. , SiO_2).

La salinità è stata misurata con il salinometro ad induzione Beckman Mod. RS7C; i sali nutritivi sono stati analizzati seguendo le metodiche indicate da Strickland e Parson (1968).

Fig. 1 - Mappa delle stazioni alla foce del fiume Metauro.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Si è considerato l'influsso delle acque del fiume Metauro nella zona di mare antistante la foce analizzando il loro effetto sulla distribuzione superficiale dei nutrienti. A tale scopo, utilizzando i dati ottenuti nei due anni di campionamento, come prima analisi si è calcolato il fattore di diluizione ed il fattore di diminuzione per i parametri non conservativi per mezzo delle seguenti formule (Cescon B., Scarazzato P., 1979):

$$di = \frac{Se - So}{Si - So}$$

$$Di = \frac{No - Ne}{Ni - Ne}$$

dove: i = diluizione nel punto i ; Di = diminuzione nel punto i ; Se = salinità del recettore (esterna); So = salinità dell'immissario (assunta = 0); Si = salinità nel punto i ; Ne = concentrazione dei nutrienti nel recettore (acque esterne), No = concentrazione dei nutrienti dell'immissario; Ni = concentrazione dei nutrienti nel punto i .

In questo modo è possibile individuare la correlazione tra i valori di salinità e le concentrazioni dei nutrienti dell'area costiera; in caso di comportamento conservativo la diminuzione dei nutrienti è uguale alla diluizione mentre risulta superiore in periodo produttivo a causa dell'utilizzo differenziale di questi ultimi operato dai popolamenti fitoplanctonici. Il coefficiente angolare della retta di regressione tra il logaritmo della diluizione e il logaritmo della diminuzione risulta prossimo all'unità in caso di comportamento strettamente conservativo, situazione che si osserva di solito in periodo invernale meno produttivo, se ne discosta con valori maggiori di 1 nei periodi di maggiore utilizzo.

A titolo di esempio nella seguente tabella si riportano i dati relativi al campionamento del 12 maggio 1982 con i relativi valori di diluizione (d) e di diminuzione (D).

Staz.	Salinità		N-NH ₃		N-NO ₃		P-PO ₄		Ptot		Si-SiO ₂	
	‰	d	µg/l	D	µg/l	D	µg/l	D	µg/l	D	µg/l	D
A	35,99	37	8,9	30	46,5	24	0,1	92	5,3	59	23	147
B	35,29	22	11,4	24	133,8	8	0,5	9	13,3	24	162	21
C	11,15	1	132,6	2	929,0	1	6,9	1	30,4	1	2564	1
D	31,63	7	32,0	8	238,4	5	3,2	1	66,7	5	524	7
E	34,04	13	17,0	16	178,0	6	2,7	2	42,7	7	292	12
F	34,38	14	16,7	16	176,0	6	2,1	2	58,7	5	319	11
G	35,88	33	3,6	75	119,5	9	1,6	3	9,3	34	74	46
H	36,34	56	0,1	2700	51,4	21	2,7	2	13,3	24	2	1619
I	36,35	67	6,2	44	41,3	27	3,7	1	6,7	47	12	276
L	36,42	64	10,4	26	48,1	23	2,1	2	6,7	47	9	382
M1	0,30		265,2		992,6		7,0		314,0		3327	
M2	0,31		286,4		1234,0		6,4		164,0		3464	

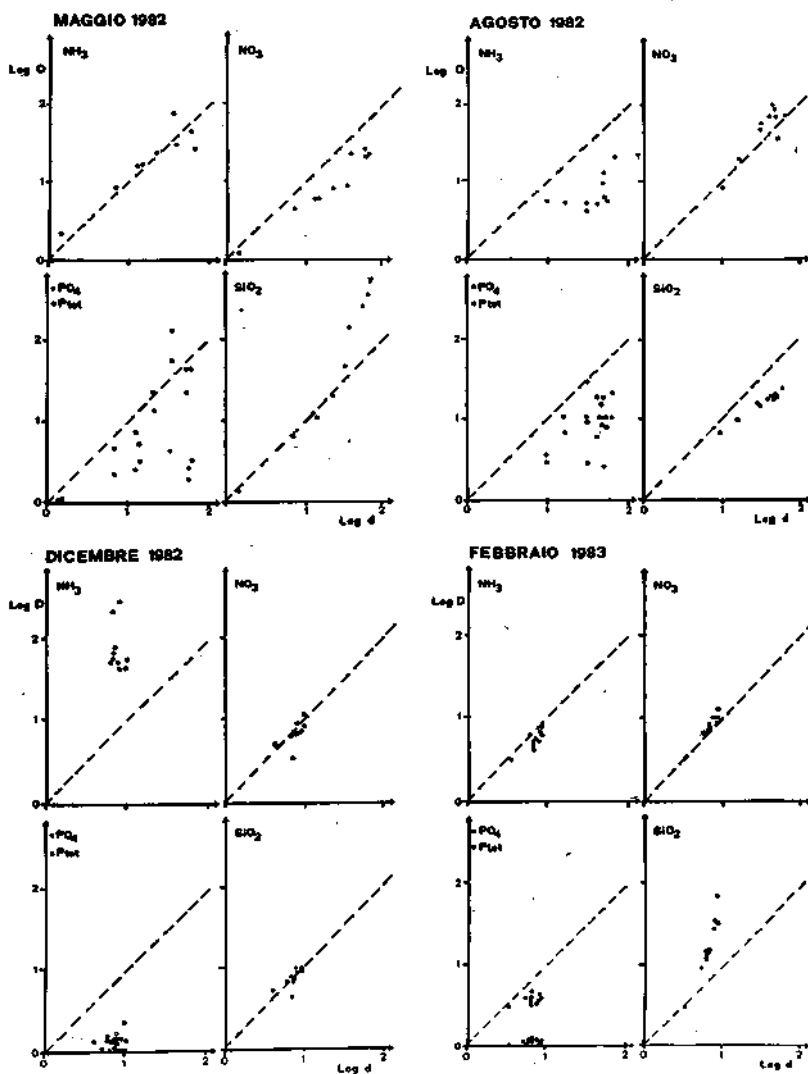


Fig. 2 - Relazione tra il logaritmo della distribuzione (log d) dell'acqua dolce e il logaritmo della distribuzione dei nutrienti (log D). La linea tratteggiata rappresenta il comportamento di un parametro conservativo in cui la diluizione risulta uguale alla diminuzione (coefficiente angolare = 1).

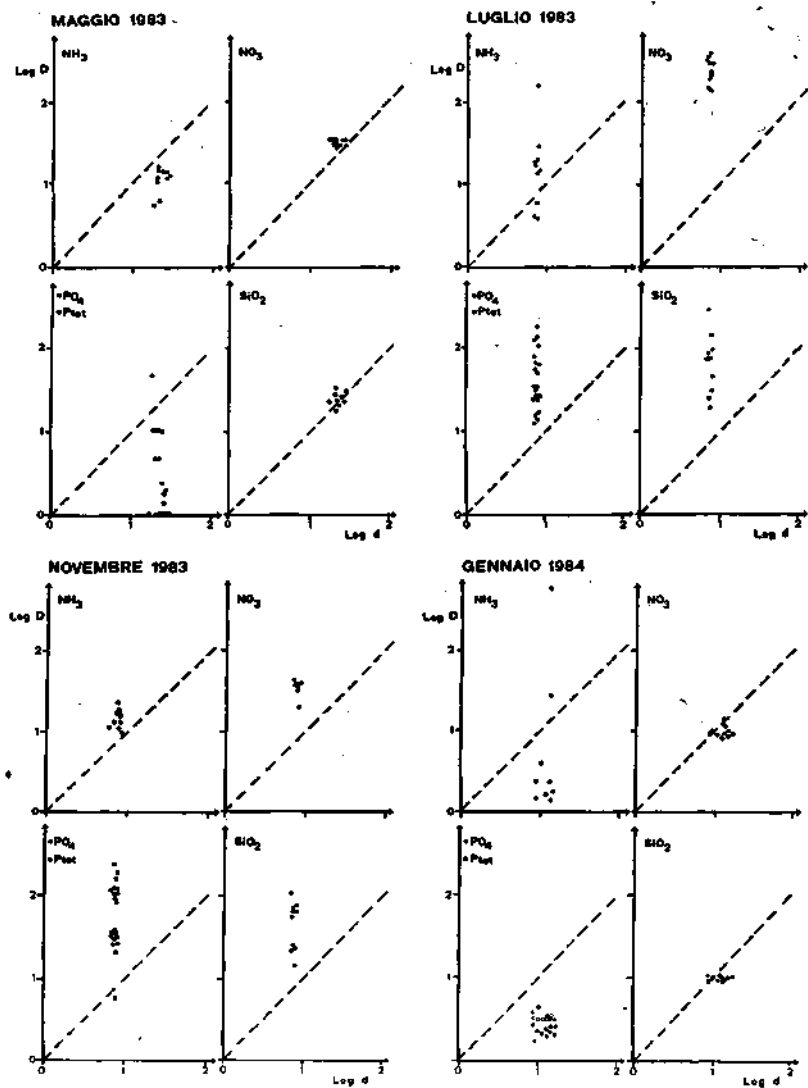


Fig. 3 - Relazione tra il logaritmo della diluizione ($\log d$) dell'acqua dolce e il logaritmo della diminuzione dei nutrienti ($\log D$). La linea tratteggiata rappresenta il comportamento di un parametro conservativo in cui la diluizione risulta uguale alla diminuzione (coefficiente angolare = 1).

Onde semplificare la descrizione delle situazioni osservate nell'arco dei due anni si è diviso il periodo in stagioni: primavera (aprile, maggio, giugno), estate (luglio, agosto, settembre), autunno (ottobre, novembre, dicembre), inverno (gennaio, febbraio, marzo). Per ogni stagione si riportano i diagrammi (figg. 2-3) del logaritmo della diluizione contro il logaritmo della diminuzione per l'ammoniacca, i nitrati, il fosforo reattivo e totale ed i silicati relativi ad un campionamento.

Si può rilevare come esista una differenziazione fra i diversi periodi ed i diversi parametri. E' evidente il comportamento non conservativo di nitrati e silicati nei mesi estivi e nei primi mesi autunnali; nei mesi invernali i punti si addensano intorno alla bisettrice: il comportamento è quindi conservativo. Il fosforo reattivo ed il fosforo totale dall'inizio dei prelievi fino alla primavera '83 hanno fatto registrare in mare concentrazioni alte rispetto al fiume, cioè diminuzione inferiore alla diluizione: punti sperimentali sotto la retta teorica. Dall'estate '83 anche le forme del fosforo hanno avuto un andamento simile agli altri sali; di nuovo nell'inverno '84 si sono osservati in mare alti valori del fosforo reattivo. L'ammoniacca ha seguito solo a grandi linee il comportamento degli altri sali: infatti questo parametro è spesso variabile e lo si è notato anche dalle sue fluttuazioni nel tempo. Quando per il fosforo la diminuzione è inferiore alla diluizione anche la diminuzione dei nitrati non è così pronunciata: si può perciò pensare ad un arricchimento esterno al fiume riscontrabile su tutti i nutrienti.

Da questa prima analisi, che può e dovrà essere approfondita, risulta evidente che le concentrazioni dei nutrienti ritrovate a mare sono spesso più alte dell'atteso, soprattutto per quanto riguarda le forme del fosforo. Questo ci autorizza a pensare che le acque del fiume con il loro alto carico trofico dovuto ai diversi insediamenti urbani ed industriali, non ultimo il depuratore che raccoglie i liquami della città di Fano e scarica dentro la foce, si vadano a sovrapporre ad input sia esterni (riconducibili unicamente al dilavamento della fascia costiera) che interni al sistema (mineralizzazione e risospensione dei sedimenti). L'effetto del fiume va quindi ad incidere inaspettatamente su una situazione costiera già definita anche se il suo influo contribuisce al chimismo di tale zona.

RIASSUNTO

Si è considerato l'influsso delle acque del fiume Metauro nella zona costiera antistante la foce cercando di analizzare il loro effetto sulla concentrazione dei nutrienti. Risulta dal calcolo del fattore di diluizione e di diminuzione che l'apporto di nutrienti dal fiume si sovrappone ad altri; si osserva perciò in mare una concentrazione superiore all'atteso di tutti i sali, ma in maggior misura per le forme del fosforo.

SUMMARY

The knowledge of the role the rivers play on the trophism and consequently on the biological equilibrium of the coastal zone is of paramount importance in studying the eutrophication phenomena. For this purpose the Marine Biology and Fishery Laboratory of Fano, widening previous researches, has carried out a sampling program at the outlet of River Metauro during 2 years (1982-1984).

By periodical analysis the chemical-physical parameters, nutrients concentration and quali-quantitative composition of phyto and zooplankton have been determined. The influence of freshwater on the concentration of nutrients in the sea has been considered. We have calculated the dilution factor for salinity and the diminution factor for non conservative nutrients; it is possible to detect correlations between salinity and nutrients. Preliminary results show a superimposition of river effects to others of different nature (discharges in the sea, remineralization, etc.), so that the decrease of nutrients appears to be lower than expected, especially as regards the various forms of phosphorous.

BIBLIOGRAFIA

- CESCON B., SCARAZZATO P., 1979 - Hydrological features of the Adriatic sea during winter and spring. Chemical observations. Boll. Geof. Teor. et Appl., 81, 14.
- OLMO M.V., POLI MOLINAS M., 1969 - Ulteriori osservazioni sull'apporto in sali nutritivi di alcuni corsi d'acqua sfocianti nell'Adriatico. Note Lab. Biol. Marina e Pesca, Fano, III, 3, 41-72.
- OLMO M.V., POLI MOLINAS M., 1970 - Un terzo anno di osservazioni sull'apporto in sali nutritivi di alcuni corsi d'acqua sfocianti nell'Adriatico. Note Lab. Biol. Marina e Pesca, Fano, III, 8, 177-224.
- POLI MOLINAS M., OLMO M.V., 1968 - L'apporto di sali nutritivi di alcuni corsi d'acqua sfocianti nell'Adriatico. Note Lab. Biol. Marina e Pesca, Fano, II, 6, 85-116.
- SCACCINI CICATELLI M. et al., 1972 - Studio delle relazioni tra i quantitativi di sali nutritivi immessi in mare dal Po e dal Metauro e il contenuto di essi nelle acque marine costiere. Note Lab. Biol. Marina e Pesca, Fano, IV, 7, 153-188.
- STRICKLAND J.D.H., PARSONS T.R., 1968 - A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can., 167, 311 p.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	343-348	1985

**EFFETTI DELLA RIDUZIONE DEL CARICO EUTROFIZZANTE SULLE CONDIZIONI
CHIMICO - FISICHE DEL LAGO DI SABAUDIA.
(Campagna di rilevamenti del 1984)**

R. Perdicaro

Laboratorio Centrale di Idrobiologia - Roma

INTRODUZIONE

Il Lago di Sabaudia o di Paola (Fig. 1) è il più meridionale dei quattro laghi pontini. Il lago, separato dal Mar Tirreno da una duna sabbiosa larga circa 200 m e alta circa 50, è costituito da un corpo principale parallelo alla linea di costa e da una serie di bracci che si protendono nell'entroterra. Il lago ha una lunghezza di 6.7 Km, una superficie di 390 e ha una profondità media di 4-4.5 m. La profondità è generalmente crescente da NO a SE con una punta massima di circa 10 m alla Fossa della Molella (St. 2).

La comunicazione con il mare avviene attraverso due foci. La Foce Principale, aperta all'estremo meridionale in epoca romana, è in grado di assicurare un efficace scambio idrico al contrario della Foce del Caterattino che, aperta all'estremo settentrionale nel 1934, si è sempre dimostrata troppo stretta, tortuosa e mal orientata. Entrambe le foci hanno una profondità di 1-1.5 m.

Il lago è rifornito di acqua dolce che si riversa nei bracci attraverso alcuni canali di bonifica, le cui portate attualmente sono ridotte al minimo per i forti prelievi effettuati a scopo irriguo.

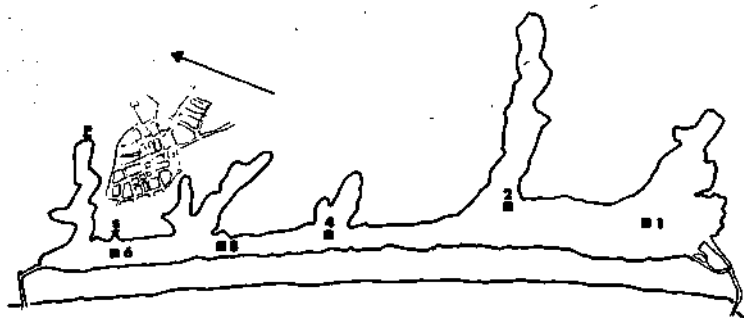


Fig. 1 - Il Lago di Sabaudia. Sono indicati i punti di immissione delle fogne della Città di Sabaudia (S) e dei rifiuti della porcellaia (P) oltre alle stazioni di misura.

Il Lago è noto fin dal tempo dei Romani per la qualità e la quantità della sua produzione ittica.

Dagli anni '30, in seguito alla Bonifica Pontina, nel territorio che circonda il lago si è sempre più accentuato il fenomeno dell'antropizzazione con la fondazione della Città di Sabaudia e con lo sviluppo di agricoltura, zootecnia, industria e turismo.

Nei decenni successivi e fino al 1980, nelle acque del lago si è verificato un processo accelerato di eutrofizzazione sostenuto principalmente dalla immissione degli effluenti domestici della Città di Sabaudia (5.000 abitanti e oltre 20.000 nella stagione balneare) e dello scarico di una porcilaia con 1.500 capi (Fig. 1). La parte settentrionale del lago recepiva la quasi totalità del carico eutrofizzante che non poteva essere opportunamente diluito o smaltito a causa della ristrettezza del bacino e della inefficienza della foce a mare.

L'incremento del grado di trofia, documentato dal 1933 al 1935 (Brunelli e Cannicci, 1940; 1944) dal 1953 al 1958 (Milo, 1961) e nel 1977-78 (Perdicaro e Magliocchetti Lombi, in stampa) portava a sempre più frequenti crisi distrofiche localizzate e generalizzate. La più grave, causa della distruzione di quasi tutta la fauna ittica, si è verificata nel luglio 1979 (Perdicaro et al., 1980).

A partire dal 1980 le acque nere della Città di Sabaudia sono state depurate e riversate in mare e nello stesso anno la porcilaia ha cessato l'attività. Attualmente il lago recepisce le acque bianche della Città di Sabaudia e le acque del bacino imbrifero in parte coltivato e in parte boschivo.

Sintomi di un miglioramento delle condizioni ambientali si manifestavano già nel 1981 (Perdicaro, in stampa) e nel 1982-83 (Perdicaro, 1983).

Scopo della ricerca è lo studio della evoluzione trofica del lago dopo gli interventi di risanamento attuati nel 1980.

MATERIALI E METODI

I rilevamenti sono stati condotti nel 1984 con frequenza stagionale (31/I, 16/V, 10/VIII e 7/XI) in cinque stazioni (Fig. 1): St. 1 (prof. -6 m), St2 (prof. -9 m), St. 4, 8 e 6 (prof. -4 m).

Misure di temperatura, salinità, ossigeno disciolto e pH (eseguite con sonda multiparametrica "Montedoro Whitney") hanno interessato tutte le stazioni a varie quote tra superficie e fondo ad intervalli di 0.5-2 m. La trasparenza è stata misurata in tutte le stazioni con il disco Secchi. Le concentrazioni di azoto nitrico, azoto nitroso, azoto ammoniacale, fosforo reattivo, clorofilla a, feopigmenti (Strickland e Parsons, 1972) e fosforo totale (IRSA, 1980) sono state determinate su campioni d'acqua raccolti (con bottiglia "Niskin") in St. 6 in superficie e a -4 m e in St. 2 in superficie a -4 e a -9 m.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Temperatura - Le temperature massime e minime sono rispettivamente 27 e 10°C. Il termocline è presente a maggio e ad agosto soltanto nelle St. 2 a quote inferiori a -6 m.

Salinità - Le salinità massima e minima sono rispettivamente 33 e 24‰

L'alocline si manifesta a gennaio nella St. 2 tra -6 e -8 m e a maggio nelle St. 1 e 2 tra -4 e -5 m.

A novembre il lago si presenta fortemente stratificato. Le salinità sono leggermente più alte nel settore Sud del lago, le cui acque sono vivificate dalla Foce Principale.

La salinità del lago (sulla base delle medie integrate della St. 2) tra il 1935 e il 1984 è passata dal 12 - 17‰ al 30 - 33 ‰, verosimilmente a causa sia del minore apporto di acqua dolce che della apertura della Foce del Caterattino.

pH - Il pH, misurato a gennaio e a maggio, è generalmente decrescente con la profondità. L'escursione risulta 7.08 - 8.39.

Ossigeno disciolto (O.D.) - A gennaio e a maggio sono state rilevate condizioni anossiche soltanto nella Fossa della Molella a quote inferiori a -6 m. Nell'agosto il lago ha attraversato una fase critica:

l'O.D. era presente con saturazioni relative del 250% in un sottile strato superficiale e già alla quota di -2 m fortemente sottosaturato o addirittura assente come nella St. 6. Una condizione migliore si verificava a novembre in cui il limite dell'anossia era tra -3 e -4 m. Migliori condizioni di ossigenazione sono state rilevate nel settore meridionale del lago.

Trasparenza - Tra il 1977 e il 1984 (Tab. 1), la trasparenza, sia pure con qualche incertezza negli anni intermedi, è aumentata: maggiormente (30 - 50%) nelle stazioni in cui era più bassa (6, 8 e 4) e in percentuale più modeste (5 - 20%) nelle St. 1 e 2. In tutti gli anni esaminati la trasparenza è crescente da NO e SE.

Tab. 1 - Lago di Sabaudia: medie annuali della trasparenza al disco di Secchi (m). In parentesi le deviazioni standard.

	St. 6	St. 8	St. 4	St. 2	St. 1
1977-78	1.2 (0.6)	1.2 (0.6)	1.3 (0.5)	1.6 (0.7)	2.2 (1.3)
1981	1.0 (0.4)	1.1 (0.4)	1.2 (0.3)	1.3 (0.4)	1.5 (0.6)
1982	1.4 (0.5)	1.6 (0.5)	1.6 (0.8)	2.4 (2.0)	2.5 (1.5)
1983	1.4 (0.4)	1.5 (0.4)	1.6 (0.8)	1.8 (0.9)	2.0 (0.9)
1984	1.6 (0.8)	1.6 (1.1)	2.0 (0.9)	1.9 (0.8)	2.3 (1.2)

Nutrienti, fosforo totale e pigmenti fotosintetici - Nella St. 6 tutti i parametri sono presenti in concentrazioni superiori rispetto alla St. 2 in superficie e a -4 m (Tab. 2).

Nello strato epilimnico l'azoto nitrico prevale sull'ammoniacale e sul nitroso; le tre frazioni di azoto inorganico rappresentano rispettivamente il 54, il 42 e il 4% del totale. A -9 m in condizioni

permanentemente anossiche e per conseguenza riducenti il 98% dell'azoto inorganico è presente nella forma ammoniacale.

Tab. 2 - Lago di Sabaudia, 1984: contenuti medi annuali di nutrienti, fosforo totale ($\mu\text{g-at/l}$) e pigmenti fotosintetici ($\mu\text{g/l}$). Nell'ultima colonna sono indicati i contenuti massimi e, in parentesi, la stazione, la profondità e il numero del sopralluogo in ordine di tempo in cui detti contenuti massimi sono stati rilevati.

	St. 6 (sup)	St. 6 (-4 m)	St. 2 (sup)	St. 2 (-4 m)	St. 2 (-9 m)	massimi
N-N03	17.2	7.8	10.9	6.6	0.6	40.5 (6.0.4)
N-N02	1.0	0.6	0.7	0.6	0.2	1.56 (6.0.1)
N-NH3	6.4	15.2	2.9	8.9	35.0	63.9 (2.9.3)
P-P04	0.24	0.13	0.20	0.08	5.3	11.7 (2.9.3)
P-tot	4.3	2.4	2.6	1.4	6.3	12.4 (2.9.3)
Chl a	42.5	17.0	42.8	8.1	3.4	137 (2.0.4)
Feop.	6.8	10.4	5.3	3.6	2.3	23.7 (2.9.3)

Il fosforo reattivo ha, alla quota di -9 m, una concentrazione media di oltre 30 volte superiore a quella riscontrata nell'epilimnio per la solubilizzazione, in condizioni riducenti, degli ioni fosfato contenuti nel sedimento. Per questo meccanismo, il sedimento che ha verosimilmente accumulato nel corso degli anni quantitativi imponenti di fosforo, costituisce un carico endogeno eutrofizzante difficilmente esauribile. Il fosforo totale ha una concentrazione soltanto doppia alla quota profonda.

La clorofilla a prevale sui feopigmenti alle quote superficiali; il contrario si verifica alla quota di -9 m.

I contenuti dei nutrienti, del fosforo totale e della clorofilla a classificano questo ambiente come marcatamente eutrofico.

Gli altri valori assunti dal rapporto tra azoto inorganico (nitrico + nitroso + ammoniacale) e fosforo reattivo indicano nel fosforo l'elemento limitante nei processi trofici (IRSA, 1980).

Alcuni confronti sono possibili tra i parametri misurati più di una volta nei cicli annuali di ricerche condotti tra il 1977-78 e il 1984 (Tab. 3).

Il fosforo reattivo è significativamente decrescente: dal 1977-78 al 1981 si è ridotto del 75% e ancora del 75% dal 1981 al 1984.

Fosforo totale e clorofilla a dal 1981 al 1984 hanno subito un decremento molto più modesto (circa il 25%) mentre l'azoto ammoniacale dal 1977-78 al 1984 ha subito un incremento del 26%.

Tab. 3 - Lago di Sabaudia: contenuti medi annuali disponibili dal 1977-78 al 1984 di nutrienti, fosforo totale ($\mu\text{g-at/l}$) e pigmenti fotosintetici ($\mu\text{g/l}$).

		St. 6 (0-4 m)	St. 4 (0-4 m)	St. 2 (0-4 m)	St. 1 (0-4 m)	Media St. 6,4,2,1	Media St.6 e 2
P-PO4	1977/78	4.0	3.7	2.3	2.6	3.1	3.1
	1981	0.95	0.57	0.45	0.55	0.63	0.70
	1984	0.18		0.14			0.16
P-tot	1981	3.99	3.03	2.79	2.47	3.07	3.39
	1984	3.31		2.03			2.67
N-NH3	1977/78	8.9	11.5	4.2	12.9	9.4	6.6
	1984	10.8		5.89			8.33
<u>Chl a</u>	1981	34.7	36.2	41.0	21.8	33.8	37.8
	1984	29.8		25.4			27.6

Attualmente il lago sta attraversando una fase di recupero caratterizzata da un più significativo abbassamento della concentrazione media del fosforo reattivo, da un discreto aumento della trasparenza e da una riduzione dei volumi ipolimnici anossici, ma anche da variazioni poco o affatto significative dei contenuti di fosforo totale, azoto ammoniacale e clorofilla a.

E' tuttora presente il gradiente trofico crescente tra SE e NO derivante dalla circostanza che la parte settentrionale del lago, con un bacino più angusto e una foce meno efficiente ha verosimilmente accumulato nel sedimento maggiori quantità di materiali eutrofizzanti.

RIASSUNTO

L'autore ha condotto nel 1984 nel Lago di Sabaudia un ciclo annuale di ricerche chimico-fisiche, allo scopo di verificare gli effetti sullo stato trofico del lago della eliminazione, avvenuta nel 1980, di due massicce immissioni di materiali eutrofizzanti.

SUMMARY

The consequences of the eutrophicating load reduction in the chemical and physical conditions of Sabaudia Lake (1984 surveys field).

The author carried out in 1984 a annual cycle of chemical and physical researches in order to evaluate the changes in water trophic state after the elimination, happened in 1980, of two massive effluents of eutrophicating materials. Temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, Secchi disk transparency, nitrate nitrogen, nitrite nitrogen, reactive phosphorus, total phosphorus, chlorophyll a and phaeo-

pigments were determined. The comparison with a survey field carried out in 1977-78 indicates an improvement of the lake conditions due to the reduction of reactive phosphorus contents and to the increase of transparency and dissolved oxygen contents in hypolimnetic waters.

BIBLIOGRAFIA

- BRUNELLI G. et CANNICCI G., 1940 - Il Lago di Sabaudia. Boll. Pesca Piscic. e Idrobiol., 4, 35-54.
- BRUNELLI G. et CANNICCI G., 1984 - Le caratteristiche biologiche del Lago di Sabaudia. Atti Acc. d'Italia Mem. Sc. Fis. Mat. e Nat., 14, 661-731.
- IRSA, 1980 - Indagine sulla qualità delle acque lacustri italiane. Quaderno 43, 378 pp.
- MILO P., 1961 - Il Lago di Paola (Sabaudia): idrografia e condizioni fisico-chimiche. Boll. Pesca Piscic. e Idrobiol., 16, 5-52.
- PERDICARO R. et MAGLIOCCHETTI LOMBI P. - Ciclo annuale di rilevamenti chimico-fisici e biologici nel Lago di Sabaudia o di Paola (1977-78). Boll. Pesca Piscic. e Idrobiol., 32, in stampa.
- PERDICARO P., MAGLIOCCHETTI LOMBI P. et GIANGRANDE A., 1980 - Ricerche sul Lago di Sabaudia: considerazioni a seguito della crisi distrofica verificatasi nel luglio 1979. Quaderni Ist. Idrobiol. Acquacolt. Brunelli, 2, 3-23.
- PERDICARO R. - Alcune osservazioni sulle condizioni chimico-fisiche del Lago di Sabaudia o di Paola nel 1981. Mem. Biol. mar. Oceanogr., in stampa.
- PERDICARO R., 1983 - Osservazioni sulle condizioni idrologiche del Lago di Sabaudia o di Paola nel biennio 1982-83. Quaderni Ist. Idrobiol. Acquacolt. Brunelli, 2, 59-72.
- STRICKLAND J.D.H. et PARSONS T.R., 1972 - A practical handbook of seawater analysis, Fisheries Research Board of Canada Ottawa, 342 pp.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	349-354	1985

INDAGINE SUL GRADO DI INQUINAMENTO ORGANICO DEL PORTO DI GENOVA MEDIANTE TEST BIOLOGICO DI LABORATORIO

M. Montanari *, B. Tacchi **

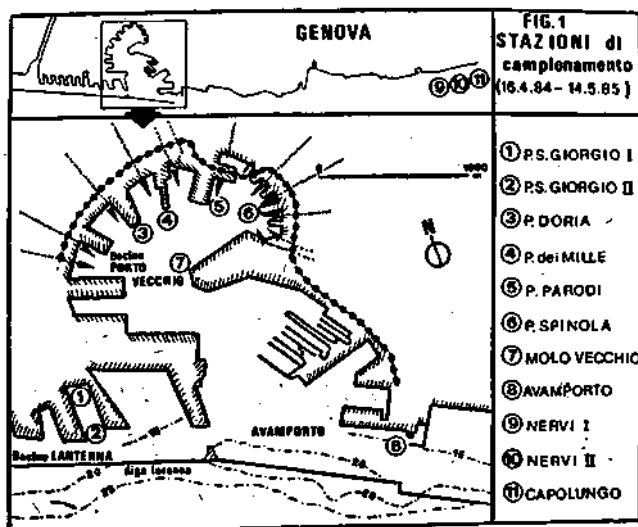
* Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per la Corrosione
Marina dei metalli, Via Mercanzia, 4 Genova

** Comune di Genova - Servizio Opere Idrauliche e Sanitarie, Via Don
Minetti, 7 Genova

INTRODUZIONE

In un corpo idrico il processo di autodepurazione può essere seguito, soprattutto nelle prime fasi, attraverso l'equilibrio che si instaura tra gli organismi produttori e gli organismi consumatori di sostanza organica del primo e del secondo anello della catena alimentare. Partendo da tale presupposto si è verificato la possibilità di valutare la quantità di acque marine a diverso grado di inquinamento organico attraverso un test di laboratorio che consiste nel mantenere tali acque in identiche condizioni di temperatura, ossigeno disciolto e di illuminazione e di rilevare lo sviluppo che alcuni microorganismi dei primi livelli della catena alimentare, già presenti nell'acqua, manifestano nel corso di tale trattamento (Tacchi e Montanari, 1983-84).

Il metodo utilizza come organismi segnalatori di inquinamento i Protozoi Ciliati, già posti in relazione con l'inquinamento da Straskrabova (1969), Paoletti (1970), Genovese (1974) e le Diatomee la cui



correlazione con l'ambiente è stata studiata da Margaleff (1967), Aubert (1971), Stirn (1972), Voltolina (1973) e parte dal presupposto che in ogni situazione ambientale caratterizzata da inquinamento organico, l'incubazione in laboratorio dell'acqua avvia un processo di autodepurazione nel quale lo sviluppo batterico prima e il predominio dei Protozoi Ciliati poi, risultino legati alla quantità in soluzione del substrato organico degradabile.

Trattandosi sostanzialmente di situazioni assimilabili in prima approssimazione a "batch cultures" è evidente che l'evoluzione nel tempo, esaltando i rapporti tra gli organismi, può favorire la caratterizzazione delle acque. In questa ottica il predominio dei Protozoi Ciliati viene assunto come indice di inquinamento organico mentre ogni situazione ambientale caratterizzata da una carica batterica ridotta verrà accompagnata dal predominio delle Diatomee.

Questo test è stato applicato a undici stazioni di campionamento (Fig. 1): cinque (3, 4, 5, 6 e 7) nella parte più interna del bacino del Porto Vecchio, in testata di moli alla cui radice sboccano gli scarichi del sistema fognario misto evidenziati in figura 1 dalle frecce; tre (1, 2 e 8) in zone portuali non interessate direttamente a scarichi cloacali; tre (9, 10 e 11) sul litorale di levante del Comune di Genova, in zone scarsamente urbanizzate.

MATERIALI E METODI

L'indagine è iniziata il 16/4/84 e si è conclusa il 14/5/85. L'acqua, prelevata in superficie con frequenza mensile, è stata sottoposta alle seguenti determinazioni fisico-chimiche: temperatura, pH, salinità, ossigeno disciolto, trasparenza, seston, clorofilla a, nitrati, nitrati, fosfati reattivi (secondo le metodologie riportate in Mor *et al.*, 1970; Patrì *et al.*, 1979); stima dei Coliformi fecali (mediante il test rapido Coli Counter Sampler della Millipore) e test biologico di valutazione dell'inquinamento organico. Quest'ultimo test si realizza mantenendo due campioni di 300 ml di acqua di mare in esame alla temperatura di 20°C (Sherr, 1982), in luce naturale e saturazione di ossigeno, quali condizioni standardizzate di sviluppo dei Protozoi Ciliati e delle Diatomee, inizialmente presenti. Per palesare come variano con il passare del tempo i rapporti tra i suddetti microorganismi, all'inizio della prova in ogni campione si pongono, immediatamente al di sotto del pelo libero dell'acqua, due vetrini della dimensione di 22 x 22 mm. Tali vetrini, rispettivamente dopo 24 e 48 ore di immersione, vengono prelevati ed esaminati al microscopio al fine di conteggiare i Protozoi Ciliati e le Diatomee adesi od insediati. Dalle medie dei risultati ottenuti vengono ricavati per ogni stazione degli indici a 24 h e a 48 h determinati dall'incidenza del numero delle Diatomee ($n^{\circ}D$) sul totale delle Diatomee e dei Protozoi Ciliati ($n^{\circ}D + n^{\circ}P$) e cioè:

$$I = n^{\circ}D_t / (n^{\circ}D_t + n^{\circ}P_t)$$

L'acqua è da considerarsi tanto più inquinata da sostanze organiche di origine cloacale quanto più l'indice I è prossimo allo zero. Parti-

colarmente significativa nell'evidenziare la quantità di un'acqua è apparsa, inoltre, l'evoluzione di tale indice nel tempo.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Dall'analisi dei dati riportati in Tab. 1 si osserva come l'indice I risulti mediamente basso nelle stazioni del Bacino del Porto Vecchio, dove defluiscono le acque meteoriche ed usate del sistema fognario misto del centro storico della città. In dettaglio si osserva come nella Staz. 6 gli indici siano costantemente bassi: se ne deduce che i numerosi rivi canalizzati che convogliano i liquami bruti in tale zona scaricano in continuazione. Per le altre stazioni 3, 4, 5 e 7 si è avuta, nel corso dell'anno, una variabilità evidentemente legata alla discontinuità delle portate degli scarichi misti per il contributo delle acque meteoriche.

Tab. 1 - Indici medi rilevati a 24 h e 48 h nelle stazioni in esame

STAZIONE	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
Indice a:	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h
15/04/84						0,64 0,67				0,01 0				0,08 1	1	0,97						
19/05/84					0,75 0,15	0,17 0,10	0	0,10	0	0				0,37 0	1	1				1	1	
28/05/84					0	0,07	0	0,03	0,01 0,03	0,02 0,03					0,19 0,21	1	1	1	0,31	1	1	
2/07/84					0,87 0,90	0,94 0,95	0,92 0,95	0,95 0,90	0,99 0,99	0,60 0,29	1	0,97	1	0,97	1	0,97	1	0,94 0,95	1	0,94	0,80	
24/08/84					0,90 0,81	0,43 0,12	0,71 0,75	0,45 0,55	0,80 0,94	1	0,97	1	0,97	1	0,97	1	0,94 0,95	1	0,94	0,80		
29/09/84					0,85 0,25	0,40 0,45	1	0,94	0	0	1	0,60	1	0,95	1					0,94 0,80		
30/10/84					0,50 0,67	1	0,75	0,33 0,50	0,07 0,05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
22/11/84	1	1	1	0	0	0,34 0,25	0	0	0	0	0	0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5/12/84	1	1	1	0,67	0,40 0,42	1	0,25	1	0,20	0	0	0,14 0	0,89 0,20	1	0,95	1	1	1	1	1	0,90	
24/01/85	1	1	1	1	0	0	1	0,50 0	0,17 0	0	0	0	0,51	1	1	1	1	1	1	1	1	
19/02/85	1	1	1	1	0,93 0,96	0,92 0,95	0,71 0,83	0,39 0,25	0,94 0,89	0,99 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
19/03/85	1	1	1	1	1	0,60	1	0,33	1	0,75	0	0	1	0,57	1	0,46	1	1	1	1	1	1
16/04/85	1	0,93	1	1	0,95	1	1	0,83	0,93 0,88	0,33 0	0,94	1	1	0,90	1	1	1	1	1	0,97	1	
14/05/85	1	1	1	1	0,95 0,12	1	0,25	0,03 0,04	0,90 0,23	0,50 0,67	1	1	1	1	0,91	1	1	0,93	1	1	1	

Tab. 2 - Coliformi fecali / 100 ml rilevati nelle stazioni in esame

STAZIONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15/04/84				100		455.000		100	<100		
19/05/84			100	100	200	80.000		2.400	<100		<100
28/05/84			6.500	10.000	32.500	7.000		100	<100	<100	<100
2/07/84			100	100	100	8.000	100	750	<100	<100	<100
28/08/84			<100	1.300	200	36.000	300	<100	<100	<100	<100
29/09/84			1.000	700	<100	450.000	800	<100	<100		<100
30/10/84			100	100	100	520.000	100	200	<100	<100	<100
22/11/84	<100	<100	1.600	40.000	1.500	600.000	28.000	250	<100	<100	<100
5/12/84	<100	<100	5.000	100	100	260.000	1.300	100	<100	<100	<100
24/01/85	<100	<100	6.300	8.000	30.000	350.000	3.000	500	<100	<100	<100
19/02/85	<100	<100	<100	2.800	100	6.500	500	100	<100	<100	<100
19/03/85	<100	<100	200	800	100	300.000	900	2.500	<100	<100	<100
16/04/85	<100	<100	<100	<100	<100	720.000	100	100	<100	<100	<100
14/05/85	<100	<100	7.200	12.500	14.400	208.000	1.100	450	<100	<100	<100

L'indice aumenta nell'avamposto di levante (Staz. 8) poco interessato da scarichi cloacali diretti, ma influenzato, a seconda del gioco delle correnti, dal vicino Torrente Bisagno (circa 1 Km a levante); cresce ancora fino a diventare 1 nella Staz. 1 e 2 del bacino della Lanterna, dove sono risultati assenti gli scarichi cloacali e resta tale nelle stazioni del litorale per le quali sporadici valori di I inferiori ad 1 indicano modeste ed occasionali sorgenti di inquinamento.

I contemporanei rilevamenti batteriologici da noi eseguiti nel corso dell'anno (Tab. 2) confermano la caratterizzazione delle stazioni (Fig. 2).

La metodica quindi si conferma come un test rapido e di facile esecuzione per il controllo dell'inquinamento di acque soggette a scarichi urbani, avente il pregio di fornire risultati in tempi brevi e di esaminare rapporti tra microrganismi che, seppure al primo anello della

catena alimentare, costituiscono tra loro e l'ambiente relazioni di interdipendenza tali da poter delineare rapporti stabili dipendenti dai vari gradi di inquinamento. Tali microrganismi, peraltro, bene si adattano ad essere inseriti in sistemi di valutazione delle acque in quanto la loro costante presenza supera i limiti dovuti all'assenza di specie appartenenti ai livelli superiori (Zullini, 1977).

Concludendo, i suddetti indici permettono l'individuazione di scarichi fognari occasionali o persistenti. Inoltre essi consentono di individuare, anche in zone a inquinamento organico molto spinto, una diversità di situazioni causate da discontinuità funzionali.

RIASSUNTO

Gli autori in precedenti lavori hanno verificato la possibilità di valutare la qualità delle acque marine a diverso grado di inquinamento organico attraverso un indice ottenibile mediante prove di laboratorio, nel corso delle quali vengono conteggiati Diatomee e Protozoi Ciliati che si sviluppano in 24 e 48 ore nei campioni dell'acqua di mare in esame, mantenuti in condizioni controllate di temperatura, illuminazione ed ossigeno e che aderiscono o si insediano su vetrini di 22 x 22 mm immersi immediatamente al di sotto del pelo libero

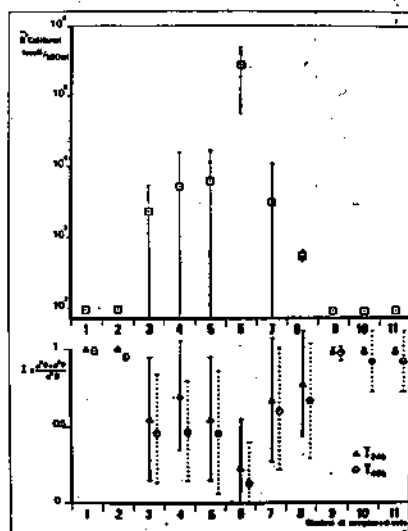


Fig. 2 - Valori medi con relativi scarti dei coliformi fecali e degli indici a 24 h e 48 h nelle stazioni in esame (media annuale).

dell'acqua. Nel presente lavoro, tale metodica, applicata su scala annuale con rilevamenti mensili, ha consentito di caratterizzare undici stazioni di campionamento, di cui cinque nella zona più interna del Porto di Genova, tre al di fuori del semicerchio del suddetto bacino, soggetto in misura minore a scarichi urbani e tre sul litorale in zone scarsamente urbanizzate. I contemporanei rilevamenti batteriologici eseguiti (Coliformi fecali) confermano la caratterizzazione delle stazioni.

SUMMARY

In previous research work, the Authors assessed the possibility of evaluating the quality of sea water at various organic pollution levels by means of laboratory tests, assuming that the microbial population partaking in an artificial self-purifying process will differ based upon the organic pollution stage. During these tests, counts are made of Diatoms and Ciliated Protozoa on slides that had been kept for 24 and 48 hours in the sea water samples under examination, in controlled temperature, light and oxygen conditions. The results of these counts were then utilized to calculate a representative quality index of the water in question. In this Paper, the same methodology is applied to eleven sampling stations on an annual scale with monthly recordings. Five of these sampling station are strongly affected by sewage since they are located at the head of piers in the inner zone of the Old Harbour in Genoa, while three of these stations are less affected by sewage, being located outside the half-circle of the above harbour basin: one in the outer -harbour to the east and the other two in the port zone to the west. The last three stations are located along the coast at the east end of Genoa in less densely populated zones. The values of fecal Coliforms counts were also determined on the same water samples from the eleven station. It has been found that rain is strongly affecting these indices, especially as far as the innermost station in the Old Harbour are concerned which are most affected by the discharging header of the mixed urban sewer system.

In addition to the data reported in this Paper, the Authors also measured the transparency, temperature, pH, salinity, dissolved oxygen, chlorophyll a, sexton, nitrites, nitrates and reactive phosphate content which will be discussed in a next Paper.

RINGRAZIAMENTI

Gli AA sono grati al Dr. Sebastiano Geraci per gli utili suggerimenti nella realizzazione del lavoro. Si ringrazia altresì il Prof. Claudio Eva, direttore dell'Istituto di Geofisica e di Geodetica dell'Università di Genova, per i dati sulle precipitazioni gentilmente forniti.

BIBLIOGRAFIA

- AUBERT M., 1971 - Télémédiateurs chimiques et équilibre biologique océanique. I Partie: Théorie générale. R.I.O.M., 21, 5-16.
- GENOVESE S., 1974 - Processi di autodepurazione in mare. Atti Tav. Rot. Int. su "La Biologia Marina per la difesa e la produttività del mare", 87-96.
- MARGALEFF R., 1967 - Some concepts relative to the organization of Plancton. Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev., 5, 257-289.
- MOR E., SESSI E. et G. RELINI, 1970 - Fouling di zone inquinate. Osservazioni nel Porto di Genova: caratteristiche ambientali e metodi di studio. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 38 (suppl.), 55-91.
- PAOLETTI A., 1970 - Facteur biologiques d'autoépuration des eaux de mer: points clairs et points obscurs d'une question discutée. R.I.O.M., 18-19, 33-43.
- PATRITI G., BLANC F. et F. CUBIZOLLES-BASTIANI, 1979 - Système planctonique en milieu portuaire (Port de Marseille). Structure et fonctionnement. Etude chronologique. Tethys, 2, 137-148.
- SHERR E.F. SHERR E.B. et T. BERMAN, 1982 - Decomposition of organic detritus: a selective role of microflagellate Protozoa. Limnol. Oceanogr., 27 (4), 765-769.
- STIRN J., 1972 - Ecological consequences of marine pollution. R.I.O.M., 24, 13-46.
- STRASKRABOVA V. et M. LEGNER, 1969 - The quantitative relation of Bacteria and Ciliates to water pollution. Advances in water pollution research., Pergamon Press., 57-74.
- TACCHI B. et M. MONTANARI, 1983-84 - Valutazione del grado di inquinamento organico di un'acqua di mare per mezzo di microrganismi marini (Protozoi Ciliati e Diatomee). Nova Thalassia, 6 suppl., 419-424.
- VOLTOLINA A., 1973 - A phytoplankton bloom in the Lagoon of Venice. Arch. Ocean. Limn., 18.
- ZULLINI A., 1977 - La determinazione dell'inquinamento delle acque correnti per mezzo di bioindicatori. Inquinamento, 2, 63-65.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	355-360	1985

PRIME VALUTAZIONI DELLA BIOMASSA MACROFITICA NELLA LAGUNA DI ORBETELLO (GR) IN CONSIDERAZIONE DI UNO SFRUTTAMENTO INDUSTRIALE

M. Lenzi *, V. Bombelli **

* Laboratorio Ittiogenico - Comitato Gestione Peschiere di Orbetello

** Collaboratore ENEA e Rapp. italiano CEE "Cost 48-MPBPC"

INTRODUZIONE

In seguito agli alti valori dei nutrienti, alla periodicità dei fenomeni distrofici (Lenzi et al., 1984), e alla considerevole presenza della rodoficea agarogena *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. nella laguna di Orbetello (Lenzi, 1984), si è delineata l'intenzione da parte del Laboratorio Ittiogenico e dell'Amministrazione Comunale, di ridurre l'apporto energetico a questo bacino mediante la raccolta di parte della abbondante vegetazione. Per stimare la *Gracilaria* che la laguna può fornire stagionalmente, in previsione di una attività commerciale e di un eventuale sfruttamento industriale in loco, e, più in generale, al fine di stimare la produzione annuale nella laguna di tutta la vegetazione, l'ENEA (Dipartimento FARE-BIOMASS) ha promosso uno studio che è stato svolto dal Laboratorio Ittiogenico nel corso del 1984.

Il lavoro è consistito nella stima del ricoprimento delle specie più abbondanti e della biomassa complessiva della vegetazione. Lo studio si è avvalso anche della raccolta dei valori di ricoprimento effettuata su aree artificialmente spogliate (aree test) e della stima di crescita della *Gracilaria* coltivata in ambiente lagunare, allo scopo di valutare il reinsediamento della vegetazione in seguito alle operazioni di sfruttamento industriale.

METODI

Rilevamento dei parametri fitosociologici. La metodologia seguita (Lenzi, 1984), si basa su una distribuzione sistematica delle aree di osservazione-raccolta (200 per la laguna di ponente e 70 per quella di levante) lungo transetti paralleli disposti su carta nautica (n. 97, aprile 1973). I punti lungo i transetti sono stati individuati in campo mediante bussola da rilevamento. Si sono raccolti dati sulla copertura totale T e sul ricoprimento Ri, e si sono calcolati, per l'insieme dei rilevamenti, il ricoprimento medio globale RMG e la dominanza DRI. Per la scelta ed il calcolo dei parametri analitici e sintetici sono state seguite le modalità descritte da Boudouresque (1970). I rilevamenti nel corso del 1984 sono stati 4 per la laguna di ponente e 2 per quella di levante.

Rilevamenti aerofotogrammetrici. Il lavoro, effettuato nel giugno 1984 e realizzato con camera metrica Zeiss RMK A 15/23, ha permesso di ottenere 58 fotogrammi orizzontali, stereoscopici (con sovrapposizione del 60%), a colori, mediante i quali si è potuta calcolare la superfi-

cie delle due lagune completamente coperta dalla vegetazione. Lo studio di questo materiale ha richiesto: stereoscopio, pantografo ottico, area calculator 95 Peebles. L'uso di questi strumenti è stato gentilmente concesso dal Remote Sensing Centre della FAO.

Monitoraggio con immagini di satellite. Questo lavoro, ancora in corso, è stato svolto da L. Alberotanza e A. Zandonella (CNR, ISDGN-Venezia) e si è basato sulla mappatura algale effettuata in campo. Tale lavoro è risultato possibile per le caratteristiche morfologiche del fondale, per la profondità costante e per la trasparenza delle acque nei periodi prescelti. Sono state utilizzate due immagini da LANDSAT 4/5 del 22/1/83 e 6/4/84, elaborate con il Thematic Mapper (TM), scanner a 7 bande (4 nel visibile e 3 nell'infrarosso) con una risoluzione spaziale di 30 x 30 m. Sono state utilizzate la banda 1 (450-529 nm), la 2 (520-600 nm) e la 3 (630-690 nm), opportunamente corrette dall'assorbimento atmosferico.

Stima della biomassa. Si è basata sulla raccolta a mano o con rastrello di campioni di vegetazione su una superficie di 0,25 mq. L'individuazione dei punti di raccolta è avvenuta su carta nautica, mediante coppie di coordinate costituite da numeri casuali, secondo una procedura descritta da Rossi (1979), mentre la individuazione in campo è avvenuta con bussola da rilevamento. Sono state effettuate 3 serie di rilievi (luglio, agosto e novembre), prendendo sempre 40 campioni a ponente e 30 a levante. La biomassa, in peso umido e in peso secco, è stata determinata secondo metodi convenzionali (Bellan-Santini, 1969).

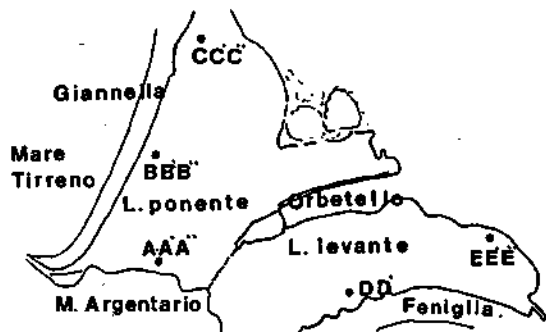


Fig. 1 - A, B, C, D, E - aree test; A', B', C', D', E' - aree controllo; A'', B'', C'', D'', E'' - stazioni di coltivazione.

Aree-test. Allo scopo di osservare il reinsediamento della vegetazione in seguito a massive raccolte, sono state condotte raccolte pilota in 5 aree della laguna (Fig. 1). Queste superfici, delimitate da una serie di pali e dell'estensione di 1000 mq (100 x 100), sono state distribuite in base alle differenze degli insediamenti vegetali

osservati in precedenza (Lenzi, 1984). Accanto a ciascuna di queste aree-test è stata delimitata un'area di confronto della stessa superficie, in cui non si è effettuata alcuna raccolta. In entrambe le aree circoscritte, ovunque distanziate tra loro di 20 m e orientate per la lunghezza in direzione NW-SE, è stata mensilmente stimata la copertura della vegetazione.

Coltivazione della Gracilaria. Per ottenere dati sulla crescita della rodoficea in questa laguna, è stata predisposta una coltivazione su corda in 4 stazioni, secondo un sistema descritto da Raju (1971), scelto per la sua semplicità di realizzazione ed economicità. E' stata utilizzata una corda di canapa ($\varnothing$ 2,5 cm, lungh. 10 m) disposta tra pali a 20-30 cm di profondità. L'alga è stata legata in ciuffetti di 3 g, distanziati di 30 cm.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Parametri fitosociologici. Sono state osservate 46 specie, di cui 17 Rhodophyta, 14 Chlorophyta, 10 Phaeophyta e 3 Angiospermae. In Tabella 1 si riporta l'elenco delle specie più abbondanti e i valori in % di RMG, DRI e T.

	PONENTE								LEVANTE							
	Nov. 83		Gen. 84		Apr. 84		Lug. 84		Nov. 84		Gen. 84		Giu. 84			
	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D
C	5	13	13	29	5	7	21	20	4	9	5	18	37	41		
Cl	13	31	0,5	-	3	4	17	16	9	20	1	4	3	4		
R	4	9	11	25	8	11	21	19	5	12	10	37	6	7		
Cy	0,5	1	0,5	1	1	1	0,5	-	1	2	-	-	-	-		
E	-	-	2	5	17	25	-	-	-	-	-	-	-	-		
G	28	66	14	32	30	42	36	34	20	44	8	30	30	33		
P	-	-	0,5	-	-	-	0,5	-	2	4	2	7	10	11		
S	2	6	0,5	1	-	-	5	5	3	7	-	-	-	-		
U	-	-	2	4	7	10	4	3	1	2	-	-	2	3		
$\bar{T}$	49		34		67		78		42		29		64			

Tab. 1 - Valori di RMG (R), DRI (D), per i seguenti gruppi di specie: C - *Chaetomorpha linum* (Mull.) Kutz.; CL - *Cladophora vagabunda* (L.) C.v.d. Hoek, C. *liniformis* Kutz., C. *battersii* C.v.d. Hoek, C. *prolifera* (Roth) Kutz.; R - *Ruppia spiralis* Dum; Cy - *Cystoseira barbata* J.Ag., C. *fimbriata* (Desf.) Bory; E - *Ectocarpus siliculosus* (Dillw.) Lyngb.; G - *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf.; P - *Polisiphonia pulvinata* (Ag.) Born.; S - *Spyridia filamentosa* (Wulf.) Harv.; U - *Ulva rigida* C.Ag., *Enteromorpha compressa* (L.) Grev., *E. intestinalis* (L.) Link., *E. prolifera* (Mull.) C.Ag., *Ulvella lens* Crouan.

Rilevamenti aerofotogrammetrici. E' stata stimata una copertura totale del 55% a levante e del 65% a ponente, con un difetto, rispetto alle stime in campo, del 9% per levante.

Dati Satellite. Con algoritmi di normalizzazione tra coppie di bande, si è ottenuta una discretizzazione di aree rispettivamente ricoperte da Gracilaria, cladofore, e altre alghe, compresi alcuni effetti dovuti alla riflessione del fondo. Il confronto con i dati in situ ha dato: Gracilaria, corrispondenza 92% (1983) e 98% ('84); cladofore, corrispondenza 70% ('83) e 86% ('84); altre specie, minore corrispondenza (non distinguibile chiaramente dagli effetti del fondo). Il dato-satellite ha confermato una buona potenzialità, in relazione alla possibilità di discriminazione tra specie di interesse economico, alla sinotticità dell'informazione, rapidità di elaborazione e costo contenuto.

Stime biomassa. I dati di biomassa sono stati elaborati da G. Giavelli (Ist. di Ecologia, Univ. di Parma). Un'analisi esplorativa ha evidenziato variabilità dei dati (varianza > media) e una relazione di tipo diretto tra media e dispersione dei dati. Questi sono stati quindi trasformati mediante radice quadrata, al fine di ridurre la variabilità ed accrescere la sensibilità dell'indagine statistica. E' stato utilizzato un modello statistico lineare con variabili binarie: $y' = ax' + bx'' + cx''' + k$; dove $x' = 0$ per un dato proveniente da ponente, 1 se da levante; $x'' = 0$, se il dato è stato ottenuto a luglio, 1, se ad agosto; $x''' = x'x''$, misura la presenza di interazione zona per mese. I dati di novembre non sono stati inclusi nel modello poichè presenti solo per 1 dei 2 bacini. Per valutare la quota parte di variabilità imputabile alle singole variabili indipendenti, l'analisi della regressione multipla è stata dapprima condotta sul modello completo e successivamente sui 3 modelli ridotti, ciascuno per l'assenza di una delle 3 variabili. La stima dei coefficienti di regressione parziale (a, b, c) ha permesso di scrivere l'equazione che introduce al calcolo delle $' : ' = -6.92lx' - 9.625x'' + 9.043x''' + 27.395$. La conversione di queste medie nella scala originaria si è ottenuta elevando al quadrato la media dei dati trasformati e aggiungendo la varianza dei dati trasformati (Elliott, 1971). Al valore stimato della biomassa totale si è giunti rapportando alla estensione del bacino interessato le medie relative alla superficie campionaria (Tab. 2).

	X σ_n		X σ_n		rs%		Y		t.1000	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
Luglio	803.5	376.7	474.7	304	15.6	16	802	470.7	46.5	17
Agosto	366.5	274.1	435.2	258.5	15.2	15	367.3	447.2	21.2	16,1
Novembre	438.5	436.7			16				23.6	

Tab. 2 - P - ponente; L - levante; X - media ordinaria, in grammi; rs - resa secco; Y - media statistica, in g; t.1000 - migliaia di tonnellate.

Aree-test. Gli insediamenti formati dopo la raccolta totale della vegetazione erano inizialmente costituiti da materiale pleustofita arrivato dalle zone circostanti; quindi si sono sviluppate le fronde

delle fanerogame; più tardi c'è stata la crescita della componente epifita. Le aree test hanno presentato una copertura finale simile a quella delle aree-controllo; nelle stazioni A e B la copertura è stata del 100%, nelle C e D del 40%. Nelle aree-controllo A', B', C', E' in agosto sono state osservate quantità elevate di vegetazione in decomposizione, contrariamente a quanto osservato nelle aree-test. Anche la qualità della vegetazione è apparsa sostanzialmente simile tra aree-test e aree-controllo, eccettuate le stazioni B - B', dove B ha presentato un ricoprimento finale di fanerogame molto superiore alla vicina B', in cui hanno prevalso le pleustofite.

Coltivazione. La crescita media in grammi %/giorno è stata di 98, 96, 60, 58, rispettivamente per *Gracilaria* coltivata nelle stazioni A'', B'', C'', E''. L'esperienza è durata 80 giorni per le stazioni B'' e C'', mentre per le altre due, la crescita incontrollata di epifite ha costretto l'interruzione al 50^{mo} giorno.

Dalle tabelle 1 e 2 risulta: una produzione vegetale in luglio di circa 65.000 t di umido, una dominanza delle pleustofite del 65-90%, una dominanza di *Gracilaria* del 30-60% e una perdita della vegetazione tra luglio e agosto del 54%. A levante tale perdita non si è registrata a luglio: in questa laguna si è notato rispetto all'altra, un anticipo dei fenomeni stagionali (ad es., per le fioriture microfitiche e le infiorescenze in *Ruppia*). Ne risulta un difetto nella stima della biomassa, non essendo stato colto a levante il massimo produttivo. La dominanza di *Gracilaria* è stata in media del 30% anche nel 1982-83 (Lenzi, 1984), dal che si deduce la sostanziale stabilità delle condizioni che determinano tale abbondanza.

Tutte queste considerazioni, inclusi i risultati della crescita della *Gracilaria* in coltivazione e la rapidità di reinsediamento della vegetazione nelle aree test, vanno a favore di una raccolta anche molto estesa della *Gracilaria*. Tale raccolta agirebbe senza dubbio positivamente sull'ambiente (si consideri che il decadimento anaerobico delle masse vegetali sul fondo è spesso causa di distrofia) e verosimilmente non inciderebbe sulla produzione della rodoficea, soprattutto in considerazione del suo rapido turnover.

RIASSUNTO

Nel quadro di una collaborazione ENEA-CGPO sono state effettuate nel 1984 stime di ricoprimento e biomassa delle macrofite della laguna di Orbetello. E' risultata una produzione vegetale estiva di 65.000 t pu, di cui il 54% è degenerato in agosto. *Gracilaria verrucosa* ha avuto valori di dominanza del 30-60%.

SUMMARY

The purpose of the study, undertaken with the contribution of the ENEA "FARE BIOMASS" Department, was to quantify the biomass of the submerged vegetation in order to assess the possibility of setting up "harvestings" for industrial purposes. The study adopted the phytosociological method for an estimation of the recovering of the species

and random sampling methods for an estimation of the biomass. It made use of piloted "harvestings", to look reinstallation of vegetation, estimate increase of Gracilaria verrucosa in rope cultivations, and remote sending system. The data obtained allowed it to be established that more than 54% of the vegetation produced in the Spring degenerates during Summer. The text reports the re-covering and dominance values of the species observed. In the early Summer of 1984, production in the west lagoon amounted to about 47,000 t.wet, and the east lagoon to about 17,000 t. w.w. The rapid turnover of the lagoon vegetation, the data concerning reinstatement of the vegetation after harvesting, the values of the Gracilaria cultivated, and the re-covering values of the more abundant species allow us to estimate the collectable vegetation at some thousand of tonnes. The harvesting of this vegetation could represent a new source of income and at the same time offset the present eutrophic state of this environment, with exhibits periodical dystrophic phenomena.

BIBLIOGRAFIA

- BELLAN-SANTINI D., 1969 - Contribution a l'etude des peuplements infralittoraux sur substrat rocheaux. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume, 47 (63), 5-294.
- BOUDOURESQUE C. F., 1970 - Recherches de bionomie analytique, structurale et experimentale sur les peuplements benthiques ciaphiles de Méditerranée occidentale. Univ. Aix-Marseille (These Doctorat).
- ELLIOTT J. M., 1971 - Some Methods for the Statistical Analysis of Samples of Benthic Invertebrates. Freshwater Biology Association. Sc. Pubbl. n. 25.
- LENZI M., 1984 - Indagine sulla distribuzione delle macrofite nella laguna di Orbetello. Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno, 5, 37-55.
- LENZI M., ANGELINI M., 1984 - Indagine sulle condizioni ambientali della laguna di Orbetello. Atti Mus. Civ. St. Nat., Grosseto.
- RAJU P. V., THOMAS P. C., 1971 - Experimental field cultivation of Gracilaria edulis. Bot. Mar., XIV, 71-75.
- ROSSI O., 1979 - Metodi statistici di campionamento in ecologia. Unicopoli, Milano.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	361-366	1985

VALUTAZIONE E DISTRIBUZIONE DEI BANCHI A BIVALVI NEL GOLFO DI MANFREDONIA

R. Vaccarella, G. Marano, A. M. Pastorelli

Laboratorio di Biologia Marina, Bari

INTRODUZIONE

Nel basso Adriatico il golfo di Manfredonia, per le particolari caratteristiche trofiche, costituisce un'area di primaria importanza per la pesca.

Nell'infralitorale sabbio-fangoso sono presenti estesi banchi di bivalvi che vengono pescati mediante draghe turbosoffianti; si tratta prevalentemente di *Chamelea gallina* (L.) nonchè di *Rudicardium tuberculatum* (L.), *Scapharca inaequivalvis* (BRUGUIERE), *Macra stultorum* (L.) e *Venerupis aurea* (GMELIN), tutte specie che in Puglia, anche se in maniera differenziata, sono assorbite dal mercato.

Questa indagine è stata svolta allo scopo di ottenere indicazioni sulla consistenza dei banchi naturali di bivalvi nonchè sulla loro distribuzione, mediante la raccolta con draga turbosoffiante, al fine di adeguare le attività di pesca alla potenzialità delle risorse. I fondi sono stati messi a disposizione dal Ministero Marina Mercantile e l'indagine, che si protrarrà per altri due anni, è stata coordinata con gli Istituti di ricerca che hanno operato in altre aree adriatiche.

MATERIALI E METODI

Il tratto di costa esaminato, compreso tra Manfredonia e Barletta, ha una estensione di circa trenta miglia.

Applicando la metodologia concordata con le altre unità di ricerca di Trieste, Ancona, Fano e Teramo, sono stati effettuati prelievi lungo n. 14 transetti distanti tra loro circa 2 miglia (Fig. 1). Per ciascun transetto sono state effettuate dragate, con andamento parallelo alla costa, su tratti di 50 mt. ad ogni metro di profondità, iniziando da 2 mt. fino alla profondità massima in cui si sono raccolti esemplari di *C. gallina*.

I campionamenti sono stati eseguiti utilizzando una vongolara professionale, munita di draga idraulica con bocca di 2,7 mt. e con luce tra i tondini di 11 mm che, mediamente, raccoglieva gli organismi presenti nei primi 5 cm di sedimento. Dal materiale dragato, per ogni tratta, è stato prelevato un campione di 10 Kg.; lo smistamento è stato eseguito in laboratorio mediante setacci con maglia da 2 mm.

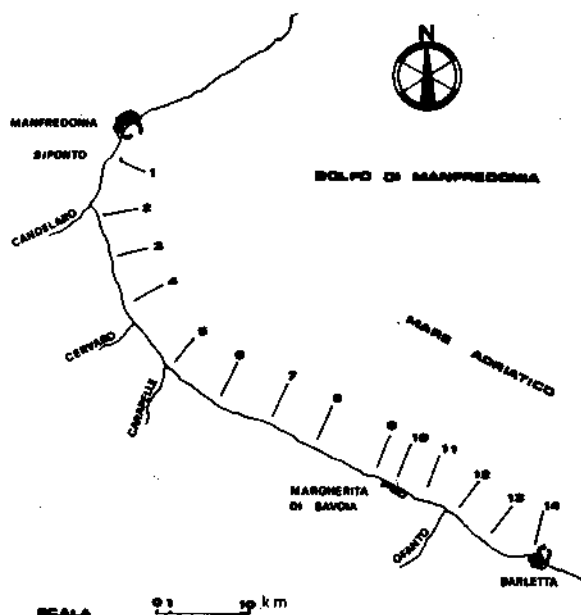


Figura 1

RISULTATI E DISCUSSIONE

La distribuzione di *C. gallina*, *S. inaequalis*, *M. stultorum*, *R. tuberculatum* e *V. aurea*, specie abbondanti in ordine decrescente, risulta molto diversificata nell'area esaminata in rapporto alla natura dei fondali; si sono individuate n. 4 subaree più omogenee in cui la distribuzione delle diverse specie di molluschi è più regolare (Tab. 1).

Si è anche osservato che i valori di biomassa, valutata in peso umido dopo scongelamento e riferiti ad una superficie unitaria di 1000 mq, presentava fluttuazioni anche legate alla profondità (Tab. 2).

I banchi, a differenza delle altre aree adriatiche, si susseguono lungo tutta la costa in aree ristrette, limitatamente a 1000-1500 mt. dalla battigia non oltre la profondità di 6-7 mt.

A maggiore profondità *C. gallina*, la specie più pregiata, è del tutto assente e anche gli altri bivalvi si diradano.

Dai dati si evince che il 47,78 % dei molluschi bivalvi raccolti è costituito dalle vongole, di queste si sono esaminate esemplari con taglia compresa tra 2 e 45 mm; più spesso le taglie maggiori si sono osservate in organismi raccolti a 2-3 mt. di profondità mentre più al largo si osserva una sensibile riduzione delle dimensioni probabilmente a causa della più intensa attività di pesca (Piccinetti, 1974). Per quanto attiene la biomassa riferita a *C. gallina*, valori più elevati

si sono riscontrati nella subarea A, dove peraltro più alta è stata la presenza di organismi di piccole dimensioni in una sola dragata; infatti nel transetto n. 1, a 4 mt. di profondità, sono stati pescati ben 38,5 Kg di piccole vongole, su fondali a Cymodocea nodosa (UCRIA) ASCH., di cui il 95% costituito da organismi di 9-15 mm di taglia.

AREA	TRANS.	SPECIE	SX	n	$\bar{X}$	s^2	SD
A	1	C. gallina	976,788	17	57,458	10592,356	106,086
	2	M. stultorum	395,646	17	23,273	2681,813	53,380
	3	S. inaequivalvis	1329,273	17	78,192	16431,907	132,132
	4	R. tuberculatum	79,421	17	5,198	36,206	6,202
		V. aurea	139,118	17	8,185	566,832	24,540
B	5	C. gallina	49,88	13	3,836	52,453	7,538
	6	M. stultorum	33,91	13	2,620	16,147	4,182
	7	S. inaequivalvis	8,468	13	0,651	2,793	1,739
		R. tuberculatum	81,97	13	6,305	35,676	6,216
		V. aurea	4,387	13	0,337	0,811	0,937
C	8	C. gallina	496,402	16	31,025	6252,362	81,665
	9	M. stultorum	16,852	16	1,053	4,095	2,089
	10	S. inaequivalvis	0,88	16	0,052	0,023	0,158
	11	R. tuberculatum	22,745	16	1,421	6,468	2,626
		V. aurea	0,563	16	0,035	0,0065	0,0834
D	12	C. gallina	627,783	16	39,236	903,427	31,042
	13	M. stultorum	119,591	16	7,474	377,099	20,055
	14	S. inaequivalvis	2,218	16	0,135	0,0256	0,1654
		R. tuberculatum	36,036	16	2,252	56,582	7,768
		V. aurea	2,44	16	0,152	0,0725	0,278

Tab. 1 - Valori della biomassa nelle subaree espressi in Kg/1000 m²

PROFONDITA'	SPECIE	SX	n	$\bar{X}$	s^2	SD
2 mt.	C. gallina	174,312	11	15,846	256,365	16,793
	M. stultorum	241,61	11	24,161	2859,903	56,370
	S. inaequivalvis	4,058	11	0,369	0,627	0,830
	R. tuberculatum	20,856	11	1,896	12,646	3,729
	V. aurea	1,092	11	0,099	0,751	0,237
3 mt.	C. gallina	335,414	13	25,801	1017,794	33,205
	M. stultorum	228,118	13	17,547	1350,237	38,246
	S. inaequivalvis	38,244	13	2,942	48,736	7,266
	R. tuberculatum	66,42	13	5,109	44,949	6,978
	V. aurea	11,016	13	0,847	4,476	2,202
4 mt.	C. gallina	1180,691	14	84,335	16657,467	133,935
	M. stultorum	15,583	14	1,113	8,443	3,015
	S. inaequivalvis	42,023	14	3,001	75,877	9,039
	R. tuberculatum	60,719	14	4,337	32,870	5,949
	V. aurea	1,096	14	0,078	0,014	0,121
5 mt.	C. gallina	338,587	14	24,185	1268,96408	36,9672
	M. stultorum	9,996	14	0,714	3,69645	1,9951
	S. inaequivalvis	519,191	14	37,085	6344,8498	82,6614
	R. tuberculatum	26,585	14	1,8989	6,76033	2,6982
	V. aurea	111,945	14	7,996	675,9504	26,980
6 mt.	C. gallina	120,278	8	15,034	447,721	22,6203
	M. stultorum	0,626	8	0,078	0,0312	0,18898
	S. inaequivalvis	737,108	8	92,138	25672,960	171,290
	R. tuberculatum	20,918	8	2,614	20,8476	4,881173
	V. aurea	21,318	8	2,6647	38,1497	6,603

Tab. 2 - Valori della biomassa per livello batimetrico (Kg/1000 m²)

La presenza di residui di Cymodocea ha favorito la raccolta di piccoli organismi che altrimenti sarebbero stati selezionati dall'attrezzo come normalmente avviene quando trattasi di sabbie fini. Per questo i valori di biomassa totale riportati sono sottostimati e le differenze riscontrate possono in parte spiegarsi per la diversa capacità di selezione della draga in dipendenza della natura e consistenza dei fondali; preferibilmente C. gallina è presente a profondità di 4-5 mt. (Tab. 2).

In Puglia, sebbene in quantità modeste, vengono commercializzate anche le altre specie di bivalvi le quali rappresentano complessivamente il 52,22% della biomassa raccolta. Tra queste la più abbondante è S. inaequivalvis, ormai presente in tutto l'Adriatico; nel golfo preferisce i fondi fangosi e le acque meno limpide che caratterizzano l'area più settentrionale per la presenza di fiumi e canali (Marano et al., 1985).

In questa area S. inaequivalvis risulta la specie più abbondante e raggiunge il 45,51% del pescato sebbene l'indagine si riferisca a prelievi effettuati solo fino alla profondità di 6 mt., mentre S. inaequivalvis è presente abbondantemente anche più al largo.

Dall'esame di n. 690 esemplari si è osservato che la taglia media è compresa tra 40 e 45 mm; da qualche tempo, nel territorio pugliese, questa specie viene commercializzata anche se in quantità modeste.

R. tuberculatum è comune nella zona più profonda dell'area occupata dalla comunità in esame (Marano et al., 1981), ma si rinviene anche a profondità minori, 3-4 mt, nei prati di Cymodocea nodosa. Il valore più elevato di biomassa si trova nelle vicinanze del porto di Barletta (transetto n. 14) nell'unico prelievo eseguito alla profondità di 7 mt, 31,3 Kg/1000 mq. Di questa specie, di notevole pregio commerciale, sono stati raccolti esemplari con taglia compresa tra 20 e 60 mm di lunghezza dell'asse antero posteriore.

Meno rilevante risulta M. stultorum presente a 2-3 mt, su sabbie fini con esemplari di taglia compresa tra 15 e 50 mm, la classe di lunghezza più frequente risulta 36-40 mm, V. aurea, limitata all'area compresa tra i transetti n. 3-4, in cui raggiunge valori di 100 Kg/1000 mq, si rinviene sui fondi fangosi a 5 mt di profondità (Tab. 2) mentre è trascurabile o risulta assente nelle altre stazioni.

CONCLUSIONI

La biomassa totale dei bivalvi pescati durante l'indagine non è elevata, infatti il valore medio dell'intera area è di 66,28 Kg/1000 mq di cui C. gallina rappresenta il 47,78%; S. inaequivalvis costituisce il 28,27% mentre trascurabile risulta la biomassa delle altre specie. Tuttavia i valori sono molto variabili come confermano (Tab. 1-2) i dati della varianza. Dal confronto delle quattro subaree si osservano che nella zona più settentrionale, come detto la più eutrofica, tutte le specie considerate raggiungono i valori massimi di biomassa (Tab. 1), S. inaequivalvis e C. gallina, sono le specie dominanti e presentano entrambe una produzione media superiore a 50 Kg/1000 mq. L'area compresa tra i transetti 5-6-7 a causa dei fondi misti caratterizzati dalla presenza di substrati duri e praterie di

Cymodocea, presenta una riduzione drastica della produzione e solo R. tuberculatum è frequente. Più a sud, lungo il litorale di Margherita di Savoia (transetti 8-9-10-11), il substrato incoerente è costituito nuovamente da sabbie fini, per cui si osserva un aumento delle vongole sulle altre specie come nella zona più meridionale dove tuttavia c'è una maggiore presenza di M. stultorum.

RIASSUNTO

Nel Golfo di Manfredonia sino a Barletta sono stati effettuati prelievi, mediante vongolare professionali, per valutare la distribuzione e consistenza dei banchi a bivalvi.

Le specie presenti in ordine di abbondanza totale sono: Chamelea gallina, Scapharca inaequivalvis, Macra stultorum, Rudicardium tuberculatum e Venerupis aurea; si tratta di lamellibranchi che, anche se in misura modesta, vengono commercializzati in Puglia.

Le singole specie presentano distribuzioni diversificate in rapporto alla profondità ed alla natura dei fondali.

C. gallina si rinviene frequentemente alla profondità di 4-5 mt e rappresenta il 47,78% della biomassa totale.

S. inaequivalvis è presente prevalentemente su fondali fangosi in aree influenzate dalle acque fluviali, la sua presenza è trascurabile nelle altre zone.

SUMMARY

Using a professional "vongolara", samples were taken to evaluate Bivalve banks distribution and consistency along the Manfredonia Gulf up to Barletta.

In order of abundance, the species present are: Chamelea gallina, Scapharca inaequivalvis, Macra stultorum, Rudicardium tuberculatum e Venerupis aurea; these are Lamellibranchiata which are sold in small quantities in the Apulian region. According to both bottom depth and nature, each species revealed a different distribution. For example, C. gallina which was found more frequently at 4-5 m depth, represents 47.78% of the total biomass. While S. inaequivalvis was found mostly on muddy bottoms in areas influenced by fluvial waters. Its presence was negligible in other areas.

BIBLIOGRAFIA

- MARANO G., CASAVOLA N., SARACINO C., DE MARTINO L., 1981 - Riproduzione e crescita di Rudicardium tuberculatum (L.) (Bivalvia: Cardidae) nel Basso Adriatico. Rivista di Idrobiologia, Vol. XX - fasc. 3, 589-597.
- MARANO G., CASAVOLA N., VACCARELLA R., BELLO G., DE MARTINO L., PASTORELLI A.M., RIZZI E., 1985 - Banchi naturali a bivalvi del litorale pugliese: classificazione delle acque 1984. Oebalia, 11, 3, 887-889.

- PICCINETTI C., 1974 - Prima valutazione dello stock di vongole (Venus gallina L.) tra Gabicce e il Cesano. Atti del 1° Incontro sulle Risorse Marine. Cesenatico, 103-113.
- RINALDI E., 1985 - Alcuni dati significativi sulla proliferazione di Scapharca inaequivalvis (Brugière 1789) in Adriatico lungo la costa romagnola. Boll. Malacologico, Milano, 21, (1-4), 41-42.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	367-372	1985

**CONFRONTO TRA L'ACCRESIMENTO DI Mytilus galloprovincialis LAM.
NEL MAR PICCOLO E NEL MAR GRANDE DI TARANTO**

A. Tursi^{***}, A. Matarrese*, E. Cecere^{***}, N. Ribocco^{***}

" Istituto Sperimentale Talassografico, C.N.R., Taranto

* Istituto di Zoologia ed Anatomia Comparata dell'Università, Bari

** Istituto di Statistica dell'Università, Bari

INTRODUZIONE

I mitili costituiscono delle specie di notevole interesse economico e scientifico in varie parti del Mondo (Marteil, 1979; Bayne, 1976), soprattutto a causa della bassa tecnologia richiesta per il loro allevamento, la qualcosa fa sì che essi risultino essere gli organismi marini più allevati non soltanto in Italia bensì in varie parti del mondo (Bardach, 1972). Taranto è stata per anni uno dei più rinomati siti in Italia ed all'estero per la produzione di mitili (Mytilus galloprovincialis) (Cerruti, 1948; Vatova, 1972). Ciò era dovuto alla presenza di un bacino di circa 20.000 ha, denominato Mar Piccolo, la cui potenzialità di produzione era enormemente elevata, tanto che in alcune annate, rimaste ormai nella storia della mitilicoltura, sono state allevate circa 100.000 tonnellate (Aut. Vari, 1984). Inoltre, nell'ultimo ventennio, la mitilicoltura si è estesa anche in alcune zone del Mar Grande, occupandone prevalentemente il settore sud-orientale. Purtroppo, a seguito delle ben note vicende del colera (1973), la mitilicoltura è stata limitata ad alcune zone del Mar Grande e completamente eliminata dal Mar Piccolo sebbene in esso siano comunque rimasti sviluppati i banchi naturali di mitili (Tursi et al., 1981; 1982; 1983).

Obiettivo del presente lavoro è quello di analizzare la differenza esistente nella crescita dei mitili allevati, nelle medesime condizioni sperimentali, nei due bacini secondo quanto verrà specificato più avanti. Dati relativi alla crescita del mitilo nelle acque di Taranto sono reperibili in letteratura (Cerruti, 1948; Pastore et al., 1976), sebbene relativi ad indagini effettuate con metodologie differenti.

MATERIALI E METODI

L'esperimento è iniziato nel Gennaio 1983 e si è concluso nell'Aprile 1985. All'inizio delle indagini sono stati immersi nei vivai di allevamento siti in Mar Grande alcuni collettori per la raccolta del seme. A Giugno 1983 con i mitili insediati su tali collettori (lunghezza media cm 3,1) sono state confezionate n. 8 reste sperimentali della lunghezza di circa due metri ciascuna. La metà di queste reste è stata immersa nel Mar Grande e la restante metà nel Mar Piccolo, in località Buffoluto. A partire da Giugno dello stesso anno e fino a Gennaio 1985 sono stati prelevati settimanalmente (n. 83 campionamen-

ti) in ciascuna delle due zone n. 20 esemplari di mitili, sui quali si è proceduto a rilevare la lunghezza, la larghezza e il peso fresco delle carni. A Gennaio 1984 sono stati immersi ulteriori collettori sperimentali di larve di mitili nelle identiche condizioni sperimentali dell'anno precedente formando altre 8 reste con individui della nuova generazione (lunghezza media cm 2,3). A partire da Giugno 1984 e sino ad Aprile 1985 (per un totale di 43 settimane), si è proceduto ad effettuare un campionamento da entrambi i bacini di ulteriori 20 esemplari sui quali sono state effettuate le stesse osservazioni biometriche. Tale seconda fase d'indagine è stata realizzata al fine di ottenere una replica sperimentale della prima fase di crescita del mitilo, sebbene in anni differenti. In tal modo è stato possibile raggiungere l'obiettivo su esposto effettuando una serie di confronti così articolati:

a) confronto tra le misure relative ai mitili del Mar Piccolo con quelle dei mitili del Mar Grande con riferimento ai campioni della prima generazione (83 settimane, da Giugno 1983 a Gennaio 1985);
 b) confronto tra le misure relative ai mitili del Mar Piccolo con quelle dei mitili del Mar Grande con riferimento ai campioni della seconda generazione (43 settimane, da Giugno 1983 ad Aprile 1985).

Le analisi sono state effettuate separatamente per lunghezza e peso; le misure di larghezza non sono state analizzate in dettaglio in quanto strettamente correlate alla lunghezza ($r = 0,98$).

RISULTATI

Confronti tra le misure di lunghezza

Sulla base degli obiettivi del lavoro ed a seguito del disegno sperimentale adottato, si è ritenuto opportuno procedere ad un confronto immediato tra le misure medie per valutare se esistesse o meno una differenza di crescita tra i due mari. Per far ciò, abbiamo verificato l'ipotesi $H_0: \mu(d) = 0$ in alternativa all'ipotesi $H_1: \mu(d) \neq 0$, dove d = differenza calcolata in ciascuna settimana tra le lunghezze medie dei mitili prelevati a Mar Piccolo e quelle dei mitili prelevati a Mar Grande. Questa ipotesi è stata verificata solo dopo aver accertato l'indipendenza delle osservazioni e la normalità delle distribuzioni rispettivamente tramite il test di Wald-Wolfowitz e gli indici di asimmetria e di curtosi.

Al fine di verificare le suddette ipotesi per periodi parziali in funzione dei ritmi biologici di accrescimento secondo quanto risulta dalla letteratura (Renzoni, 1973), il periodo di 83 settimane è stato suddiviso in tre sottoperiodi di 28, 22 e 33 settimane rispettivamente. Le medie delle differenze, le deviazioni standard ed i valori del test t sono riportati in Tab. 1. Da questa appare evidente che la differenza media tra le lunghezze non è significativa per il primo periodo della prima generazione (Giugno-Dicembre 1983) mentre è significativa negli altri casi, portandoci a concludere, conseguentemente, che in media le lunghezze dei mitili allevati nel Mar Piccolo risultano maggiori di quelli allevati nel Mar Grande.

Tab. 1 - Medie delle differenze (d), deviazioni standard (s) e valori di t per le lunghezze; medie dei rapporti (r), deviazioni standard (s) e valori di t per i pesi. N = Numero di settimane.

PERIODI	N	DIFF. DELLE LUNGHEZZE (mm)			RAPPORTI DEI PESI		
		$\bar{d}$	s_d	t	r	s_r	t
I Generazione							
Giu.-Dic. '83	28	0,7	5,2	n.s.	0,89	0,32	n.s.
Gen.-Mag. '84	22	4,4	4,0	5,16	1,54	0,14	17,65
Giu.-Gen. '85	33	2,8	7,1	2,25	1,35	0,54	3,75
II Generazione							
Giu.'84-Apr.'85	43	8,1	10,0	5,29	1,56	0,76	4,82

Confronto tra le misure dei pesi

Per quanto concerne i pesi si è ritenuto più opportuno rapportare la biomassa dei 20 esemplari raccolti settimanalmente nel Mar Piccolo a quelli degli esemplari raccolti nel Mar Grande ed istituire i confronti tra i suddetti rapporti. Aver scelto i rapporti al posto delle differenze fra le misure è legato al fatto che l'accrescimento in peso degli organismi segue verosimilmente un andamento di tipo esponenziale; in tal caso, le variazioni sono di tipo moltiplicativo e, conseguentemente, vanno misurate mediante rapporti. Pertanto posto X_{MP} e X_{MG} le biomasse totali relative a ciascuna settimana rispettivamente nel Mar Piccolo e nel Mar Grande di Taranto ed assunto $r = X_{MP} / X_{MG}$ = rapporto tra le biomasse raccolte nei due bacini nella stessa settimana, si è proceduto a verificare che la media di tali rapporti fosse differente od uguale ad 1. Ovviamente, prima di procedere ad effettuare i relativi tests, si è verificata l'indipendenza delle osservazioni e la normalità delle distribuzioni dei rapporti. A seguito di tali verifiche, per la prima generazione, l'intero periodo è stato suddiviso in tre sottoperiodi di 28, 22 e 33 settimane, analogamente a quanto fatto per le lunghezze. I risultati delle analisi sono riportati nella Tab. 1. Si ha così modo di osservare che anche in questo caso la biomassa dei mitili allevati nel Mar Piccolo risulta significativamente superiore a quella dei mitili allevati nel Mar Grande ad eccezione del primo periodo. L'eccedenza di peso dei mitili allevati in Mar Piccolo rispetto a quelli allevati in Mar Grande è risultata infatti mediamente pari al 54%, 35% e 56%.

DISCUSSIONE

Nelle normali tecniche di mitilicoltura che da oltre un secolo vengono svolte nella città di Taranto, si osserva che le dimensioni medie del "seme" che viene innestato nelle reste di allevamento si

aggirano sui 3 cm circa, sebbene durante il 1984 (seconda generazione) si sia proceduto all'innesto di esemplari di soli 2 cm a causa delle diverse condizioni atmosferiche. Si osserva comunque che gli individui allevati in Mar Piccolo si accrescono alquanto più velocemente di quelli allevati in Mar Grande, soprattutto durante i mesi invernali. In tale periodo, infatti, i mitili allevati in Mar Grande subiscono un notevole rallentamento della crescita, al contrario di quanto avviene per gli individui allevati in Mar Piccolo. Le cause di tale fenomeno, a nostro avviso, sono differenti; in particolare, la temperatura più alta delle sue acque (Strusi *et al.*, 1975), la maggior ricchezza in pabulum (Pastore *et al.*, 1976), nonché la ridotta movimentazione delle sue acque a causa della conformazione geomorfologica del bacino. Occorre precisare comunque che soprattutto durante i mesi estivi ed autunnali si è osservata una variabilità campionaria considerevolmente più elevata la qualcosa, ovviamente, ha abbassato i valori di significatività riscontrati. Infine l'esperimento ha evidenziato la notevole capacità produttiva posseduta ancora dal Mar Piccolo di Taranto: i mitili immersi nelle sue acque hanno infatti mostrato una capacità di sviluppo e di accrescimento paragonabili a quelle riscontrate nel 1976 da Pastore *et al.*. Ciò dimostra che i mitili non hanno risentito negativamente delle condizioni di inquinamento sia organico ed industriale che con una certa regolarità si presentano nel bacino. Così come è stato dimostrato mediante metodologie statistiche, analogamente a quanto avviene in altre zone eutrofizzate (Ceccherelli *et al.*, 1981), l'andamento della crescita del mitilo mostra una maggiore velocità nel bacino del Mar Piccolo rispetto a quello del Mar Grande. Tale incremento si manifesta non solo per quanto concerne le dimensioni corporee, ma soprattutto per quanto riguarda il peso delle carni, elemento questo che risulta determinante ai fini prettamente commerciali. Altro elemento da mettere in evidenza è rappresentato dal fatto che, almeno nel caso dell'allevamento tarantino, la vendita a soli dodici mesi di età, può essere giustificata dal fatto che già a questa età gli individui presentano dimensioni commerciali (lunghezza media 7 cm, peso medio 18 g) richieste dal mercato locale e nazionale; infatti, la "cozza tarantina" è nota in tutt'Italia proprio per le sue ridotte dimensioni corporee. La stessa situazione è fra l'altro presente in altri siti mitilicoli (Ceccherelli *et al.*, 1981). Infine, si sottolinea ancora una volta l'importanza e l'urgenza della realizzazione del piano di risanamento delle acque del Mar Piccolo al fine di poter far tornare a rivivere legalmente, in conformità alla normativa vigente (Legge n. 192/1977) un'attività produttiva a bassa tecnologia ma altamente proficua che troverebbe nel Mar Piccolo un ambiente ideale ma che attualmente non può realizzarsi a causa dell'inquinamento organico delle sue acque. Un piano integrato di allevamento, capace di utilizzare i due ambienti in un giusto equilibrio, sfruttando le capacità produttive del Mar Piccolo da un lato ed il maggior ricambio delle acque del Mar Grande dall'altro, potrebbe, a nostro avviso risolvere le sorti della mitilicoltura tarantina. Così ad esempio per la raccolta del seme e per la crescita invernale potrebbe essere maggiormente favorito il Mar Piccolo mentre per un migliore sviluppo durante i mesi estivi sarebbe favorito l'allevamento nelle acque del Mar Grande.

RIASSUNTO

Gli Autori hanno analizzato la crescita di mitili (Mytilus galloprovincialis) allevati, in condizioni sperimentali analoghe, nel Mar Piccolo e nel Mar Grande di Taranto durante il periodo Giugno 1983-Aprile 1985. Sulla base di campionamenti settimanali di n. 20 esemplari provenienti da entrambi i bacini essi hanno verificato gli andamenti nella crescita della specie sia per quanto concerne la lunghezza sia per la larghezza ed il peso. Le analisi statistiche effettuate hanno mostrato che i mitili allevati nel Mar Piccolo si accrescono alquanto più velocemente di quelli allevati nel Mar Grande. Ciò diventa più manifesto per quanto concerne il peso delle carni dei mitili il quale risulta quasi sempre maggiore (circa il 30%) negli individui allevati nel Mar Piccolo rispetto a quelli allevati nel Mar Grande. Infine si fa rilevare che risulta molto limitato il rallentamento della crescita durante i mesi invernali soprattutto nel Mar Piccolo a causa delle migliori condizioni di temperatura, per cui è ipotizzabile una strategia ottimale di allevamento che tenga conto di questi fattori.

SUMMARY

The Authors examined the growth of mussels (Mytilus galloprovincialis) reared in analogous experimental conditions in "Mar Piccolo" and "Mar Grande" in Taranto (Southern Italy), during the period June 1983-April 1985. By weekly samplings of 20 specimens coming from both basins, they have studied the growth rate of the species, concerning both length and weight. The statistical analyses made have shown that mussels reared in "Mar Piccolo" grow up more quickly than those reared in "Mar Grande". This is clearer examining mussels pulp weight, which is mostly greater (about 30%) in specimens reared in "Mar Piccolo" than those reared in "Mar Grande".

Finally the Authors underline growth is much more limited during winter months, mainly in "Mar Piccolo", owing to temperature conditions, so it is imaginable an optimum growing method which considers these factors.

BIBLIOGRAFIA

- AUTORI VARI, 1984 - Piano di fattibilità per il recupero produttivo ed il restauro paesaggistico ed ambientale del Mar Piccolo.
Amministrazione Comunale di Taranto.
- BARDACH J.E., 1972 - Aquaculture. Wiley J. & Sons, New York.
- BAYNE B.L., 1976 - Marine mussels. Cambridge Press.
- CECCHERELLI V.U., ROSSI R., 1981 - Population dynamic of Mytilus galloprovincialis Lmk on natural bed in a brackish water environment (Sacca di Scardovari, Po River delta). Atti IV Simp. Dinamica Popolazioni, Parma, 79-87.

- CECCHERELLI V.U., ROSSI R., 1984 - Settlement, growth and production of the mussel Mytilus galloprovincialis. Mar. Ecol. Progr. Ser., 16, 173-184.
- CERRUTI A., 1948 - Sui danni causati da alcuni Tunicati (Ascidie) alle coltivazioni di Molluschi del Mar Piccolo di Taranto. Brevi Com. Ist. Tal., Taranto, 2, 1-20.
- MARTEIL L., 1979 - L'Ostriculture et la Mytiliculture. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 43 (1), 5-130.
- PASTORE M., PANETTA P., ANDREOLI C., DELL'ANGELO B., 1976 - Accrescimento di Mytilus galloprovincialis Lamarck nei mari di Taranto. Oebalia, 2, 20-61.
- RENZONI A., 1973 - Dati su accrescimento e ciclo riproduttivo di Mytilus galloprovincialis Lamarck nella Sacca di Scardovari. Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 28 (2), 205-216.
- SEED R., 1969 - The ecology of Mytilus edulis L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores. Oecologia, 3, 277-316.
- STRUSI A., PASTORE M., 1975 - Osservazioni idrografiche nel Mar Grande e nel Mar Piccolo di Taranto. Oebalia, I, 5-64.
- TURSI A., PASTORE M., PANETTA P., 1974 - Aspetti ecologici del Mar Piccolo di Taranto: Ascidie, Crostacei Decapodi e Molluschi. Atti IV Simp. Naz. Conserv. Nat., Bari, 93-117.
- TURSI A., MATARRESE A., SCALERA LIACI L., CECERE E., CHIEPPA M., 1981 - Struttura della popolazione di Mytilus galloprovincialis Lam. presente nei banchi naturali del Mar Piccolo di Taranto. Quad. Lab. Tecnol. Pesca. In press.
- TURSI A., MATARRESE A., SCISCIOLI M., VACCARELLA R., CHIEPPA M., 1982. - Biomasse bentoniche nel Mar Piccolo di Taranto e loro rapporto con i banchi naturali di Mitili. Il Nat. Sicil., 263-268.
- TURSI A., MATARRESE A., MONTANARO C., CECERE E., 1983 - Ricolonizzazione di un banco di mitili nel Mar Piccolo di Taranto. Nova Thalassia, 6, 591-602.
- VALLI G., 1980 - Riproduzione ed accrescimento di alcune specie di Molluschi eduli nelle lagune di Grado e di Marano. Nova Thalassia, 4, 49-65.
- VATOVA A., 1972 - Osservazioni fisico-chimiche periodiche nel Mar Grande e nel Mar Piccolo di Taranto (1962-1969). Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 27, 43-80.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	373-378	1985

OSSERVAZIONI SULLA STRUTTURA DI POPOLAZIONE ED IL RUOLO TROFICO DI TRE SPECIE DI GOBIDI (Knipowitschia panizzae, Pomatoschistus marmoratus, Pomatoschistus Canestrinii) IN UN AMBIENTE DEL DELTA DEL PO

R. Maccagnani, Carrieri A., Franzoi P., Rossi R.

Istituto di Zoologia, Università di Ferrara

INTRODUZIONE

Gli ambienti salmastri costieri, principalmente quelli deltizi, per le loro caratteristiche idrodinamiche, sedimentologiche e trofiche presentano una elevata produttività. Una componente faunistica importante in questi ambienti è la comunità ittica riparia, quella cioè che popola le acque basse vicino a riva. Nel corso di uno studio sulle variazioni spazio-temporali della comunità riparia della Sacca di Scardovari nel Delta del Po (Fig. 1), fra le 27 specie ittiche rinvenute, particolarmente abbondanti sono state tre specie di piccoli gobidi, Knipowitschia panizzae (Verga, 1841), Pomatoschistus marmoratus (Risso, 1810) e Pomatoschistus Canestrinii (Ninni, 1883): la presente nota riporta le prime osservazioni sulla struttura di popolazione e sul loro ruolo trofico.

MATERIALI E METODI

Dal giugno 1981 al luglio 1982 sono stati effettuati 19 campionamenti con frequenza almeno mensile in tre stazioni della Sacca di Scardovari (Fig. 1), con una sciabica da spiaggia lunga 60 m, con maglie di 2 mm (da nodo a nodo) nel sacco centrale. Il pescato, formalinizzato, è stato separato in laboratorio sulla base di caratteri morfologici esterni e, quando necessario, subcampionato. Ogni esemplare è stato misurato (lunghezza standard e totale (+ 1 mm) e pesato (+ 1 mg). Da campioni di femmine mature sono state estratte e pesate le gonadi. La lunghezza media e l'abbondanza per classe di età sono state ottenute dalle distribuzioni di lunghezza, disaggregando quelle polimodali. L'analisi qualitativa dei contenuti gastrici è stata eseguita su pools di 5 stomaci per classe di età e per specie, prelevati da campioni primaverili.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nel corso dell'indagine sono stati raccolti complessivamente 34743 piccoli gobidi, di cui 10678 K. panizzae, 20996 P. marmoratus e 3069 P. Canestrinii. Quest'ultima specie non è presente nella comunità riparia in novembre e dicembre mentre le altre due compaiono costantemente in tutti i campionamenti, anche se con abbondanza diversa nelle

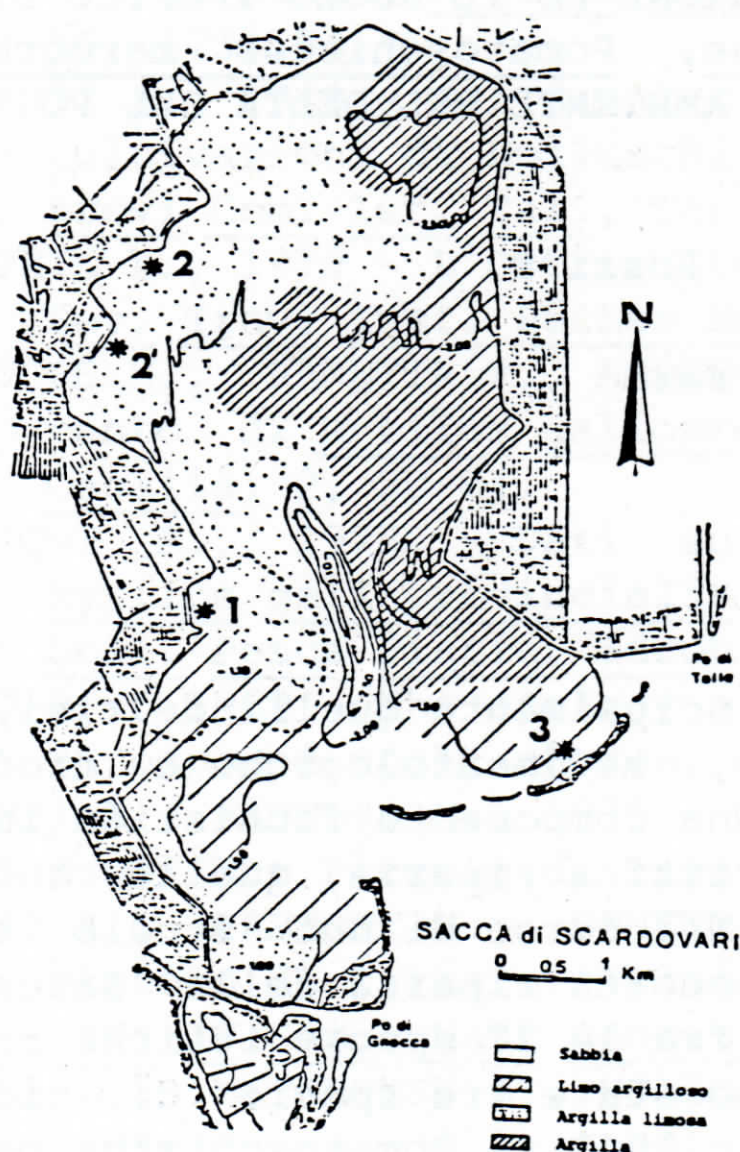


Figura 1 - Mappa geografica della Sacca di Scardovari e ubicazione delle stazioni di campionamento

tre stazioni considerate. Ciò è vero sia considerando i valori assoluti (giovani + adulti), sia i soli adulti: è chiaro infatti che essendo gli stadi postlarvali liberamente natanti (Miller, 1972; Borroni, 1976; Gandolfi e Tongiorgi, 1976; Gandolfi *et al.*, 1981-82), è solo la distribuzione degli adulti, strettamente bentonici, ad essere indicativa delle preferenze per un determinato habitat. La tabella 1 mostra che *K. panizzae* è associata principalmente nella stazione 2, che è caratterizzata da un fondale argillo-limoso, ricca vegetazione, tanatocenosi a bivalvi e maggiore stabilità dei parametri ambientali; infatti (Fig. 1) questa stazione è la meno interessata dalle correnti di marea e dagli scarichi dei rami del Po, e presenta quindi una minore escursione della salinità (13-34 ‰) rispetto alla stazione 1 (6-31 ‰) e alla stazione 3 (10-32 ‰). La stabilità ambientale e la copertura floristica sono importanti per la scelta dell'habitat (Gandolfi *et al.*, 1981-82), mentre la presenza di gusci di bivalvi lo è per il comportamento riproduttivo (Gandolfi, 1972). *P. marmoratus*, invece (Tab. 1), è associato maggiormente alla stazione 1, situata nella parte centrale della Sacca (Fig. 1), e caratterizzata da un fondale sabbioso, ricoperto solo parzialmente da vegetazione, in una situazione ambientale quindi simile a quella segnalata da De Casabianca e Kiener (1969) per gli stagni corsi. *P. canestrinii*, infine, è distribuito abbastanza uniformemente in tutte le stazioni, probabilmente perchè è la specie meno selettiva nella scelta del substrato riproduttivo (Gandolfi *et al.*, 1981-82).

La minore abbondanza di *P. canestrinii* nei nostri campioni può

Tabella 1 - Quantità totali e dei soli adulti (fra parentesi) delle tre specie di piccoli gobidi catturati a Scardovari.

	<u>Knipowitschia</u> <u>panizzae</u>	<u>Pomatoschistus</u> <u>Canestrinii</u>	<u>Pomatoschistus</u> <u>marmoratus</u>
Stazione 1	757 (148)	1263 (441)	7871 (2282)
2	7256 (353)	641 (277)	1301 (544)
3	2665 (124)	1165 (368)	11824 (667)

essere spiegata con il fatto che fra le tre specie considerate essa è la meno tollerante delle alte salinità, preferendo acque salmastre (5-20 ‰, secondo Gandolfi et al., 1981-82) o addirittura dolci: in campioni prelevati nel Po di Goro, infatti, sono stati trovati individui di entrambi i sessi in livrea riproduttiva.

La figura 2 riporta la distribuzione di frequenza delle lunghezze dei campioni delle varie specie durante il loro periodo riproduttivo,

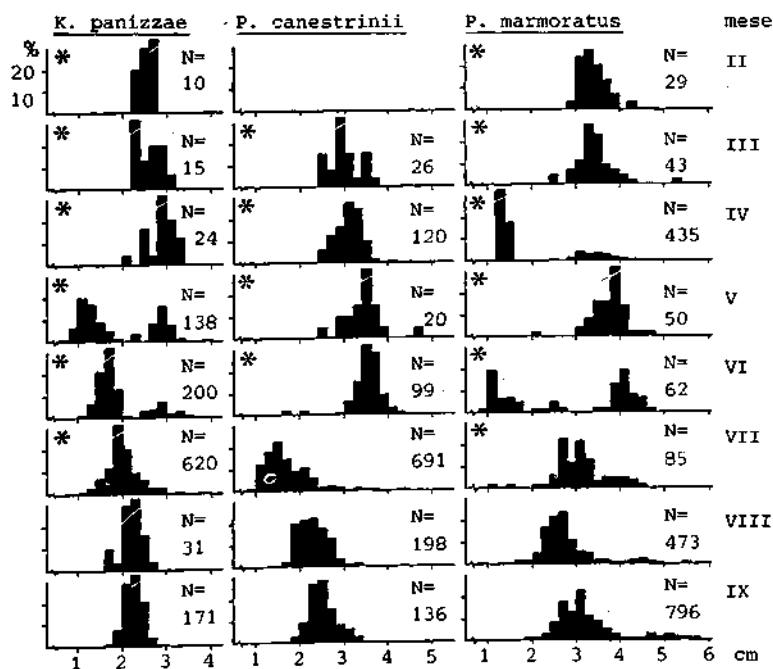


Figura 2 - Distribuzione di frequenza di lunghezza. L'asterisco indica la presenza nel campione di femmine con gonadi mature.

inteso come intervallo fra la comparsa delle prime femmine mature e la loro scomparsa dalla popolazione. Per *K. panizzae* e *P. marmoratus* già alla fine di febbraio si trovano nel campione femmine mature; per *P. Canestrinii* queste non si rinvenivano che alla fine di marzo: ciò spiega la più tardiva comparsa nei campioni dei giovani di questa specie rispetto alle altre due. Il periodo riproduttivo di *P. Canestrinii*, inoltre, termina alla fine di giugno, come segnalato da Gandolfi et al., (1981-82), mentre nelle altre due specie continua per tutto luglio. La minor durata del ciclo riproduttivo (durante il quale ogni femmina può deporre più volte, ad intervalli di 15-20 giorni) può essere una ulteriore causa della minore abbondanza di questa specie in Sacca. Come appare dalla Fig. 2, i giovani vengono reclutati nella comunità riparia ad una taglia di poco inferiore al cm, dal momento che gli stadi post-larvali non frequentano le rive, e divengono bentonici circa a tale lunghezza.

Il rapporto sessi è in favore delle femmine: 1.75:1 per *P. Canestrinii*; 1.52:1 per *K. panizzae* e 1.27:1 per *P. marmoratus*.

La tabella 2 riporta i coefficienti della regressione lineare peso corpo/peso gonadi: le pendenze delle rette non differiscono significativamente, indicando con ciò che proporzionalmente alle dimensioni le tre specie dedicano la stessa percentuale del loro bilancio energetico allo sforzo riproduttivo.

K. panizzae e *P. Canestrinii* sono specie il cui ciclo vitale supera di poco l'anno: nascono infatti all'inizio della primavera e scompaiono dai campioni alla fine di luglio dell'anno successivo. Il ciclo vitale di *P. marmoratus*, invece, è biennale: anche per questo la specie raggiunge dimensioni molto maggiori delle altre due: la femmina più lunga nei campioni misurava 6.81 cm (LT); il maschio 6.67 cm, contro una misura massima di 4.77 e 3.84 cm rispettivamente per la femmina ed il maschio di *K. panizzae* e di 4.94 e 4.82 cm per quelli di *P. Canestrinii*. In tutte e tre le specie le femmine raggiungono dimensioni finali maggiori dei maschi, ma questi ultimi sembrano accrescersi più velocemente durante la prima parte del ciclo vitale.

La tabella 3, che riporta i risultati di un'analisi qualitativa dei contenuti gastrici di campioni primaverili delle tre specie separati per età, mostra che la predazione è in prevalenza esercitata su popolazioni del meio- e macrobentos (policheti e arpacticoidi). Non sembrano esservi sostanziali differenze fra le abitudini trofiche delle tre specie, mentre se ne notano fra gli individui di età diversa: infatti i giovani predano oltre che policheti ed arpacticoidi anche calanoidi, una componente planctonica di ridotte dimensioni, mentre

Tabella 2 - Coefficienti della regressione lineare del peso delle gonadi contro il peso corporeo.

	$\underline{a} +$	S_a	$b + S_b$
<i>K. panizzae</i>	-.0013 + .0018		.1330 + .0303
<i>P. Canestrinii</i>	-.0221 + .0165		.1817 + .0269
<i>P. marmoratus</i>	-.0268 + .0058		.1613 + .0307

Tabella 3 - Abbondanza qualitativa dei diversi taxa in contenuti gastrici di campioni primaverili di taglia diversa.

	<u>Knipowitschia</u> <u>panizzae</u>		<u>Pomatoschistus</u> <u>Canestrinii</u>		<u>Pomatoschistus</u> <u>marmoratus</u>	
Range (LT, cm)	0.9-1.9	2.6-4.0	1.8-2.4	3.3-4.9	1.4-1.9	3.5-5.4
POLYCHAETA	+	++	+	++	+++	++
CRUSTACEA						
Harpacticoida	+++	++	+++	+++	+++	+++
Calanoida	+++				++	
Corophiidae		+++	+	+		++
Gammaridae		+		+		
Mysidacea		+++		+		+
Balanidae (naup.)					+	
ALTRO	+					

gli adulti predano altri crostacei bentonici, come Corofidi e gammari-di. La presenza fra le prede di misidacei è spiegabile con la elevatissima densità che questi crostacei raggiungono nei mesi primaverili, specialmente nella zona riparia, dove vengono spinti dal vento. Sembra quindi che questi gobidi debbano essere considerati predatori opportunisti e non selettivi.

RIASSUNTO

I piccoli gobidi K. panizzae, P. Canestrinii e P. marmoratus sono una componente numericamente importante della comunità riparia della Sacca di Scardovari nel delta del Po.

K. panizzae preferisce le stazioni più interne della Sacca, caratterizzate da un fondale argillo-limoso, ricca vegetazione, tanatocenosi a bivalvi ed una contenuta variabilità dei parametri ambientali. P. marmoratus invece è più facilmente rintracciabile nella parte centrale della Sacca, su fondali sabbiosi solo parzialmente ricoperti da vegetazione. P. Canestrinii è distribuito abbastanza uniformemente in tutte le stazioni, forse perchè è la specie meno selettiva nella scelta del substrato riproduttivo.

Il periodo riproduttivo di K. panizzae e di P. marmoratus si estende dalla fine di febbraio a tutto luglio, mentre quello di P. canestrinii va dalla fine di marzo alla fine di luglio.

P. marmoratus presenta inoltre un ciclo vitale più lungo rispetto alle altre due specie: si ritrovano adulti nei campioni autunnali fino alla fine di ottobre, e, raramente, anche fino al marzo successivo. Invece gli adulti di K. panizzae scompaiono dalla popolazione alla fine di luglio e quelli di P. Canestrinii alla fine di agosto.

Queste specie predano prevalentemente popolazioni del meio e macrobenthos (policheti ed arpacticoidi) e sembrano essere predatori opportunisti e non selettivi.

SUMMARY

Little gobies Knipowitschia panizzae, Pomatoschistus canestrinii and Pomatoschistus marmoratus are a numerically important component of the riparian community of the Sacca di Scardovari, a brackish coastal environment of Po Delta.

K. panizzae (lagoon goby) prefers the inner stations of the Sacca; in these we can find typically a silty clay shallow bottom, rich in vegetation, with a bivalve thanocoenosis, and slowly changing environmental parameters. P. marmoratus (marbled goby) is more likely to be found in the central part of the Sacca, over sandy shallow bottom with little vegetation. P. canestrinii (black-spotted goby) is evenly distributed in all the stations, may be because it is the least selective species in choosing the reproductive substrate.

K. panizzae and P. marmoratus reproductive period runs from the end of February till the end of July, while P. canestrinii has a shorter cycle, from the end of March till the end of June. P. marmoratus shows a two year lasting life cycle, longer than the other two species. As a matter of fact it is possible to find adult stages in the autumn samples, and also, now and then till the next March. Instead the adults of the other two species disappear from the population from the end of July (K. panizzae) and the beginning of August (P. canestrinii).

These species prey on meio- and macrobenthos (polichets and harpacticoids); they seem to be opportunist plunderers, not selective ones.

BIBLIOGRAFIA

- BORRONI I., 1976 - Involontaria introduzione nel lago Trasimeno (Umbria) di un gobide di acqua salmastra (K. panizzae) a seguito di pratiche ittio-geniche. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 33, 297-304.
- DE CASABIANCA M.L. e KIENER A., 1969 - Gobiides des étangs Corses: systematique, ecologie, regime alimentaire et position dans les chaines trophiques. Vie Milieu, 20, 611-634.
- GANDOLFI G., 1972 - Osservazioni sul comportamento riproduttivo di Knipowitschia panizzae (Osteichthyes, Gobiidae). Boll. Zool., 39, 621-622.
- GANDOLFI G. e TONGIORGI P., 1976 - La presenza di Knipowitschia panizzae (Verga) in acque lagunari ed estuariali tirreniche (Osteichthyes, Gobiidae). Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. ser B, 83, 1-9.
- GANDOLFI G., TORRICELLI P. e CAU A., 1981-82 - Osservazioni sulla biologia del ghiozzetto cenerino Pomatoschistus canestrinii (Ninni) (Osteichthyes, Gobiidae). Nova Thalassia, 5, 97-123.
- MILLER P.J., 1972 - Gobiid fishes of the Caspian Genus Knipowitschia from the Adriatic Sea. J. mar. biol. Ass. U.K., 52, 145-160.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	379-384	1985

LA RISERVA NATURALE DELLO ZINGARO (SICILIA NORD OCCIDENTALE): DATI FAUNISTICI PRELIMINARI SULL'AMBIENTE COSTIERO

S. Riggio, F. Badalamenti, R. Chemello, G. Corriero, M. Gristina,
S. Piraino, V. Restuccia, M.P. Sparla

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

INTRODUZIONE

Con un atto legislativo datato 6 maggio 1981 n. 98, la Regione Siciliana istituiva una catena di parchi e riserve naturali affidandone la gestione all'Azienda Autonoma delle Foreste Demaniali. L'area dello Zingaro (Fig. 1) risaltava per l'eccellente stato di conservazione della fascia litoranea e per i grandi valori paesaggistici del biotopo, caratterizzato dalla perfetta integrazione fra l'aspra natura montuosa della costa e il mare sottostante.

A causa della carenza dei dati scientifici ed al fine di disporre i materiali per la futura gestione della riserva (prevista dall'art. 3 della legge succitata e dalle leggi regionali n. 84 del 12 agosto 1980 e n. 52 del 21 agosto 1984), nel 1983 la Direzione dell'Azienda Regionale delle Foreste Demaniali stipulava una convenzione con l'Università di Palermo per l'avviamento di uno studio sulla vegetazione e sulla fauna terrestre cui affiancava uno studio sulla fascia costiera e sulla fauna marina. La raccolta di materiali biologici e la compilazione di quadri esplicativi, entrambe previste dalla Convenzione, aveva l'obiettivo di costituire un museo naturalistico nel quale fossero armonicamente rappresentate le tre componenti essenziali del biotopo da proteggere: vegetazione e fauna vertebrata terrestre, comunità marine costiere. Nel presente lavoro verranno esposti i primi dati faunistici e bionomici sulla fascia costiera, che forniscono già un quadro significativo, anche se sommario, della realtà naturale di tale tratto di costa che può considerarsi un parco marino potenziale.

DESCRIZIONE DELLA COSTA. La riserva naturale dello Zingaro si estende su circa settemila ettari di superficie, sviluppantisi per la quasi totalità su una impervia costa montuosa, compresa fra il livello del mare e le altitudini di 920 m e di 1100 m dei monti Speziale e Sapraccio. I calcari e le dolomie triassiche sono dominanti: notevole è il carsismo, che si manifesta nelle numerose grotte terrestri e marine. Una serie di incisioni verticali decorre perpendicolarmente alla linea di costa, terminando a mare con stretti valloni carichi di detriti e ciottolame. I circa 7 Km del perimetro costiero sono, soprattutto nella fascia di levante, una successione di alte falesie e tozzi promontori (Arena et Bombace, 1970) fra i quali si insinuano piccole baie e rientranze percorse da antri e cunicoli carsici.

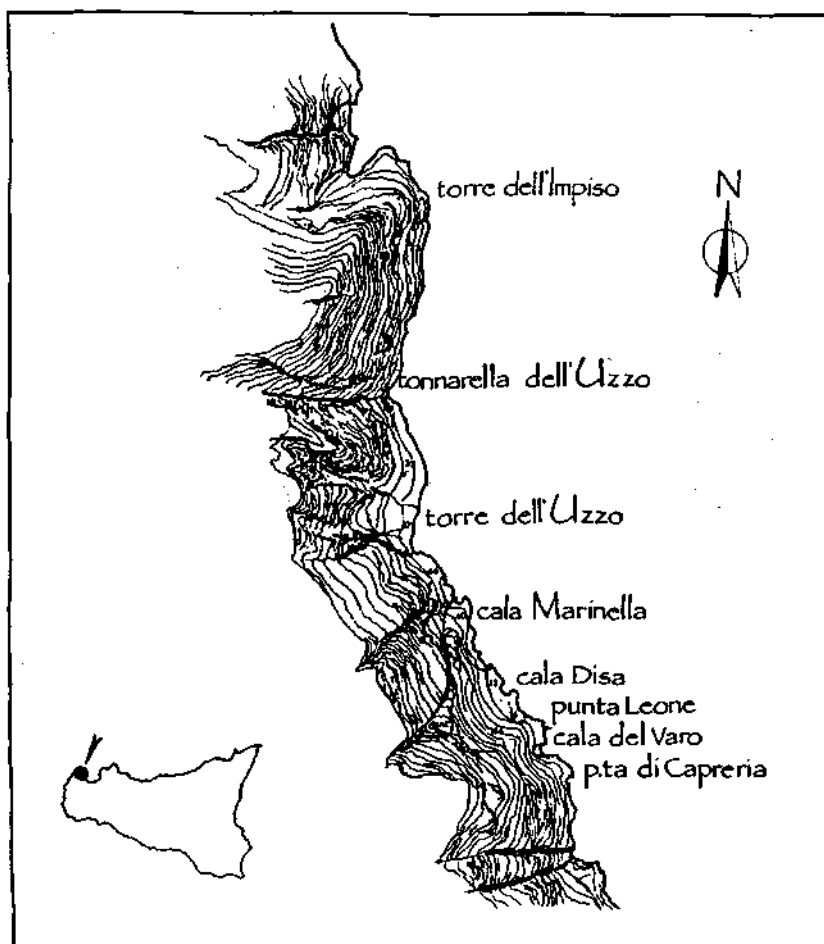


Fig. 1 - Profilo costiero dello "Zingaro" - "Zingaro" coast line

Più a tramontana, la costa si fa maggiormente declive, accennando ad una spianata di vaste dimensioni, bordata da una serie di bassi scogli fortemente erosi, cui segue a ponente una spiaggia di ciottoli e ghiaie.

L'intera costa è rivolta a N/NE e risulta riparata dai venti del IV quadrante, mentre è aperta ai venti di levante. L'idrodinamismo è relativamente modesto, specie nella sua porzione più settentrionale protetta dalle mareggiate suscitate dai venti di maestrale. Maggiori effetti hanno invece il grecale e le brezze estive provenienti dal I quadrante.

METODOLOGIE. Sono stati eseguiti rilievi faunistici random sui substrati rocciosi secondo le metodologie della bionomia bentonica. Sono state inoltre esaminate 2 pareti verticali situate rispettivamente a punta Leone (Fig. 1) e a Cala Disa (o Zingaro propriamente detto), alla profondità massima di 30 m. In ognuno dei biotopi sono stati effettuati 5 campionamenti per grattatura su superfici di 400 cmq, lungo transetti verticali. Due rilevamenti ancora sono stati effettuati sulla falesia di N/E, e sui massi della frana di N/W. La ricerca è consistita nell'analisi sistematica dei campioni e nella preparazione di materiali didattici e di testi divulgativi.

FACIES NATURALISTICHE. Sono state descritte preliminarmente alcune formazioni. Una di queste, il trottoir a vermeti (Pèrés et Picard, 1965), si presenta nella sua forma più pura, più sviluppato lungo i tratti meno erti ed in corrispondenza di piattaforme rocciose e massi di abrasione. La migliore espressione del trottoir a vermeti si ritrova a Punta Leone e a Cala Disa (Fig. 1). La cornice a Lithophyllum tortuosum Esper è pressochè continua lungo tutti i tratti a falesia, interrompendosi nelle rientranze più riparate e nelle calette. Esso è particolarmente sviluppato fra i massi di abrasione superficiali e nelle incisure rivolte a sud est, a causa della maggiore intensità del moto ondoso. Una terza formazione dell'infralitorale superiore è la fascia ad Astroides calycularis Pallas, che si presenta con maggiori addensamenti lungo le falesie e negli antri più esposti. A maggiore profondità si ritrovano numerosi sistemi di canicoli e grotte con tipiche biocenosi sciafile che trapassano in classici popolamenti di grotta. Essi sono più sviluppati in corrispondenza della Ficarella, della punta della Cala del Varo e della Capreria. Il primo ha inizio a circa -15 m e si sviluppa in una serie di camere sommerse molto elevate addensandosi per circa 80 m e che mostrano una distribuzione tipica delle biocenosi secondo un gradiente crescente di sciafilia. Nelle camere interne stazionano sciame di Parapandalus narval (Fabr.) e individui isolati di Stenopus spinosus (Risso). Il sistema di Cala del Varo ha uno sviluppo semicircolare, con profondità inferiori ed è costituito anch'esso da una successione di tre camere unite da bassi cunicoli. E' notevole la presenza di concrezionamenti sciafili di madreporari e serpulidi fortemente stratificati. Il sistema di Cala della Capreria è superficiale, con maggiore sviluppo lineare. Costituito da un singolo cunicolo ristretto, si allarga in una camera terminale. Mostra scarissimi popolamenti sessili, ma è ben popolato da crostacei decapodi ed ospita gruppi numerosi di Phycis phycis (L.).

ANALISI DEI POPOLAMENTI. Lo studio qualitativo dei campioni ha permesso di identificare circa 400 specie di invertebrati, per la maggior parte riferibili ai Molluschi Gasteropodi, ai Policheti ed ai Briozoi,

numero destinato ad aumentare. Seguono brevi note sui gruppi che sono stati studiati in dettaglio.

PORIFERI. Sono state ritrovate 27 specie, per la maggior parte rappresentate dalle forme tipiche dei concrezionamenti sciafili, con popolamenti abbastanza omogenei ad altissima densità di ricoprimento, cui corrisponde una diversità specifica decisamente inferiore.

CELENERATI. IDROIDI. Sono 23 specie, distribuite secondo un gradiente crescente di profondità, con Aglaophenia octodonta Heller dominante nel primo metro. Essa viene vicariata da Halopteris diaphana Heller e da Plumularia setacea L. in prossimità delle risorgive subacquee. Fra gli **ANTOZOI**, oltre all'Astroides calycularis Pallas, sono frequentissime le forme coloniali come Cladocora caespitosa L. e Madracis pharensis Heller, che si espandono su grandi superfici. Leptopsammia pruvoti Lac. Duth. si ritrova in quasi tutti i concrezionamenti sciafili. Sono inoltre rappresentate quasi tutte le forme isolate conosciute per il Mediterraneo. I popolamenti a gorgoniacei mostrano invece densità limitate.

POLICHETI. Sono state provvisoriamente identificate 90 specie, alcune delle quali rivestono un particolare interesse ecologico e biogeografico. E' significativa l'abbondanza nel piano mesolitorale e nell'infralitorale superiore di Perinereis cultrifera (Grube), legata all'afflusso di acque dissalate dalle numerose polle superficiali. I Syllidae sono particolarmente numerosi nei piani superiori; Syllis prolifera e S. amica Quatr. sono abitatrici delle alghe coralline. Ehlersia beneliahui Campoy, descritta per la penisola iberica, è segnalata per la prima volta per il Mediterraneo centrale. Vanno anche ricordate per la loro rarità Syllis truncata-cryptica Ben Eliahu ed Ehlersia garciai Campoy. Nei piani inferiori dominano gli Eunicidae con le forme tipiche dei substrati duri. Il Paraonidae Aricidea catherinae Laub. compare per la prima volta nel basso Tirreno.

BRIOZOI. Sono state finora identificate 58 specie fra le più caratteristiche dei fondali duri mediterranei, che si succedono secondo un gradiente di abbondanza con la profondità. Va segnalato un ricchissimo insediamento di Sertella mediterranea Smitt e di Hornera frondiculata (Lamour.) all'interno della prima camera del sistema carsico della Ficarella. Miriapora truncata Pall. è molto abbondante presso la superficie.

MOLLUSCHI. GASTEROPODI. Sono presenti 134 specie, rappresentanti dei tipici popolamenti mediterranei. Va segnalata nei punti più esposti Monodonta articulata Lam., forma vicariante M. turbinata (v. Born.), di moda calma. Comune nel mediolitorale è la rara Onchidella celtica Cuv. Nelle grotte sono state rinvenute Lamellaria perspicua L. e una varietà "ex colore" di Muricopsis cristatus Brocchi. I **BIVALVI** sono relativamente poco frequenti, con 40 specie ben conosciute. Sul mesolitorale è comune il Mytilaster minimus Poli. Myoforceps aristata (Dillw.), abitatrice della cornice a Lithophyllum tortuosum, è segnalata per la seconda volta sulle coste siciliane. Si ritrova anche Pteria hirundo L., epibionte di Paramuricea clavata (Risso). I **POLIPLACOFORI** sono rappresentati da 6 specie, fra cui Lepidopleurus cancellatus (G.B. Sowerby) e Lepidochitona cinerea L. che hanno morfologie tipiche delle popolazioni profonde.

ECHINODERMI. Sono rappresentati soprattutto gli Asteroidi. Sphaeriodiscus placenta (Muller-Troschel), raccolto in due esemplari, è un reperto della frana lungo la costa dell'Uzzo, e costituisce una delle prime segnalazioni per il Tirreno meridionale.

CONSIDERAZIONI BIO-ECOLOGICHE E CONCLUSIONI

I popolamenti marini della riserva appaiono decisamente ricchi e continui su tutta la superficie sommersa. Elemento favorevole all'insediamento è anzitutto la natura dei fondali, a causa della ricca fessurazione delle rocce e della scabrosità dei substrati calcareo-dolomitici. Un fattore frenante è invece l'oligotrofia delle acque, a cui va aggiunto l'idrodinamismo relativamente basso rispetto ad altri biotopi più esposti. Un idrodinamismo supplementare ma su una scala molto localizzata, è legato alle numerose risorgive subacquee. Una particolarità di ordine biogeografico è il reperimento di taxa occidentali, come la già citata O. celtica e diversi policheti. Verosimilmente tutta la cresta rocciosa di ponente del Golfo di Castellammare costituisce un luogo primario di reclutamento di larve trasportate da rami secondari della corrente atlantica. Di talune specie si è accertata una ulteriore presenza nel Golfo di Castellammare, mentre di altre non esistono ancora dati certi. La scarsa frequenza osservata per le componenti ittiche è probabile conseguenza della pesca di frodo e di una presenza eccessiva dei pescatori subacquei. Come già realizzato in altre situazioni simili (Bourdouresque, 1974) l'area costiera può integrarsi perfettamente nella riserva naturale terrestre costituendo un ecosistema globalmente protetto per il quale esistono presupposti naturalistici più che sufficienti.

RIASSUNTO

La riserva naturale dello Zingaro fronteggia un tratto di costa lungo circa 7 Km, caratterizzato da alte falesie, alternate a brevi spiagge ciottolose. Numerose ed imponenti sono le risorgive subacquee e i fenomeni carsici. Nella prospettiva di richiedere l'istituzione del Parco Marino dello Zingaro, sono state iniziate indagini faunistiche, di cui si riportano i primi risultati.

ABSTRACT

PRELIMINARY DATA ON THE MARINE FAUNA AT "ZINGARO" NATURAL RESERVE (N/W SICILY).

The "Zingaro" natural reserve is situated at the N/W corner of the Gulf of Castellammare. It stretches for about 7 Km in a N/SE direction and appears as a series of steep vertical falaises with outstanding karst phenomena. The results are reported of a yearly faunistic survey which has allowed the Authors to identify as many as 360 invertebrate benthic species and to describe some bionomical facies of peculiar interest.

BIBLIOGRAFIA

- ARENA P. et BOMBACE G., 1970 - Bionomie benthique et faune ichthyologique des fondes de l'étage circalitoral et bathyal des Golfes de Castellammare (Sicile nord-occidentale) et de Patti (Sicile nord-orientale). Journées Ichthyol., Roma, CIESM, 145-156.
- BACCI G., 1970 - I problemi dei parchi marini nel quadro della difesa del mare. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 38, 5-16.
- BOUDOURESQUE C.F., 1974 - Dix ans de protection de la mer a Port Cros (Parc National). In: G. Cognetti e P. Tongiorgi (ed.), La biologia marina per la difesa e la produttività del mare. Livorno, 163-193.
- COGNETTI G., 1982 - Protezione e valorizzazione della fascia costiera. Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 50, Suppl., 17-19.
- PÈRÉS J.M. et PICARD J., 1964 - Nouveau Manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. Recl. Trav. St. Mar. Endoume, 47, 5-137.
- RIGGIO S. e MASSA B., 1974 - Problemi di conservazione della natura in Sicilia. Atti del IV Simp. Naz. per la Conservazione della Natura in Italia, vol. II, 399-425.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	385-391	1985

ANALISI BIOECONOMICA DI ALCUNI DATI DEL MERCATO ITTICO ALLA PRODUZIONE DI GORO (DELTA DEL PO)

Rossi R., Carrieri A., Franzoi P.

Istituto di Zoologia, Università di Ferrara

INTRODUZIONE

Il mercato ittico alla produzione di Goro è il maggiore dei quattro operanti nel Delta del Po: il pescato che vi viene conferito, stimabile in 7829 tonnellate annue di prodotto (media del periodo 1976-82, Róssi (1984)), proviene nella grande maggioranza da attività di pesca che si svolge nella vicina fascia costiera.

L'analisi bioeconomica che si presenta viene condotta con procedura simile a quella illustrata da Cavallin et al. (1985) e riguarda 5 specie, scelte fra quelle più rappresentative della pesca costiera, e si prefigge di verificare l'andamento nel breve e nel lungo periodo delle quantità pescate e dei rispettivi prezzi medi all'asta, e le correlazioni fra questi due parametri.

MATERIALI E METODI

I dati del quantitativo mensile di cattura nel periodo 1971- 82 e del prezzo d'asta delle specie considerate (3 specie ittiche: l'anguilla, Anguilla anguilla, la passera, Platichthys flesus luscus, il latterino, Atherina boyeri; un mollusco, la seppia, Sepia officinalis, ed un crostaceo, Squilla mantis), sono stati forniti dal Mercato Ittico di Goro.

I prezzi medi mensili sono stati deinflazionati assumendo come base quelli del dicembre 1982. Le quantità e i prezzi medi mensili sono stati destagionalizzati applicando l'algoritmo di Faliva (1978). Per analizzare l'andamento stagionale dei prezzi si è fatta mese per mese la differenza fra i prezzi deinflazionati e quelli deinflazionati e destagionalizzati, si sono calcolate quindi le medie mensili ed i rispettivi scarti dalla media generale. Analoga operazione è stata eseguita per esaminare la stagionalità delle quantità mediante il calcolo delle medie, dei rispettivi scarti mensili dalla media generale e delle differenze fra quantità reali e quantità destagionalizzate.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La Fig. 1 mostra, per il periodo 1972-81, l'andamento delle catture delle cinque specie considerate ; l'operazione di destagionalizzazione mediante calcolo di medie mobili comporta la perdita dei dati delle code (i dati del 1971 e del 1982), ma cancellando le

frequenze dei cicli interni all'anno consente di mettere in evidenza i cicli di lungo periodo.

Anguilla anguilla

Il trend nel lungo periodo (Fig. 1) segnala una tendenza decre-

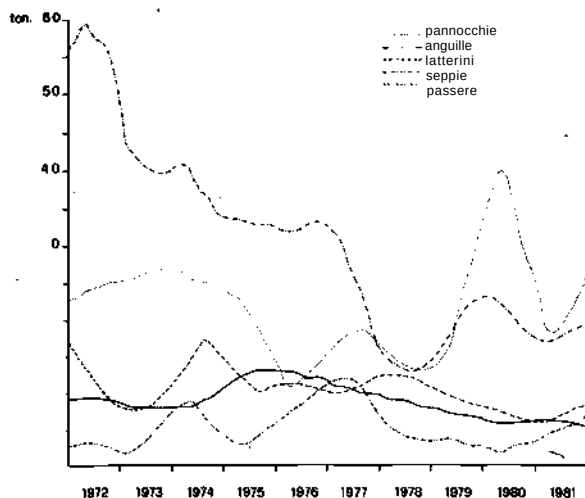


Fig. 1 - Variazioni delle quantità totali vendute al mercato di Goro (1972- 81), dopo destagionalizzazione.

scente a partire dal 1975. Gli scarti dei prezzi mensili (Fig. 2) correlano negativamente, ed in modo significativo, con gli scarti delle quantità con l'eccezione del mese di agosto nel quale è più alta la domanda a causa del movimento turistico. Il mese di ottobre presenta un prezzo molto basso, inversamente proporzionale alla quantità offerta, nonostante che le anguille trattate siano in maggioranza argentine, cioè di maggiore pregio. E' ben noto che la richiesta di

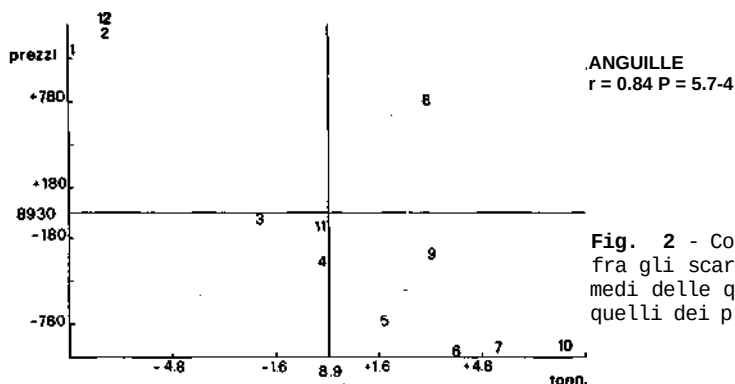


Fig. 2 - Correlazione fra gli scarti mensili medi delle quantità e quelli dei prezzi.

di questo prodotto è massima nel periodo natalizio: per farvi fronte i grossisti usano stoccare grandi quantità ma poichè il rischio di mortalità o comunque il deperimento degli animali è proporzionale al periodo di stoccaggio, il prezzo che essi pagano ad ottobre non è molto elevato. Al contrario, nel vicino mercato di Scardovari, dove comunque le quantità trattate sono inferiori di circa un terzo (Rossi *et al.*, 1984), la pesca più abbondante si ha in novembre (Gatto *et al.*, 1981) per cui nonostante che sia anche il mese di maggiore offerta di prodotto, il prezzo è molto elevato, dal momento che la richiesta è in quel mese in rapido aumento.

Atherina boyeri

Il pescato di latterini (Fig. 1) presenta ampie oscillazioni nel tempo, con picchi negli anni 1972, 1974 e 1978. Nell'arco dell'anno prezzi e quantità non sono correlati in modo significativo. Mediamente vengono astate 10.3 tonn./mese. Le catture maggiori (Fig. 3) si hanno fra luglio e settembre. Nel periodo novembre-febbraio le catture provengono dalla pesca a strascico nelle tre miglia (Froglià e Orel, 1979); questa pesca a Goro in qualche anno ha fornito fino al 40% del pescato annuale (Froglià e Magistrelli, 1981). Nel periodo primaverile-estivo si trova invece nelle lagune e viene pescata con attrezzi da posta e sciabiche. I prezzi (Fig. 3) sono praticamente costanti per tutto l'anno (media Lit. 4520/Kg), con l'eccezione dei mesi di gennaio e novembre. La grande variabilità dei prezzi di quest'ultimo mese dipende dal fatto che entrano in funzione le fabbriche per la marinatura le cui richieste fanno lievitare il prezzo. A gennaio, invece, vi è probabilmente una ripresa di interesse in un prodotto ancora scarso dopo che a dicembre le richieste dei consumatori si erano orientate ad altre specie.

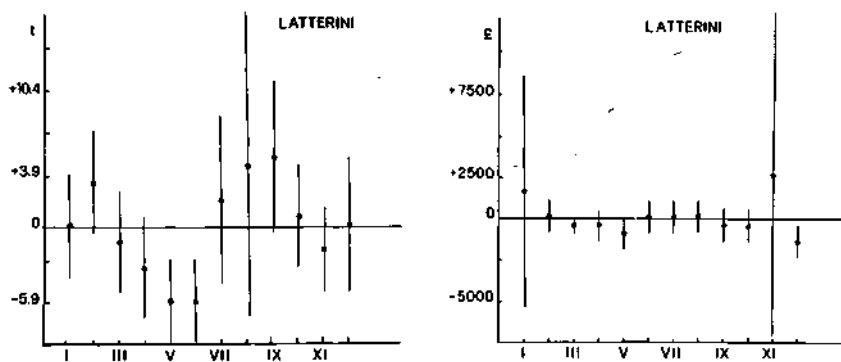


Fig. 3 - Andamento degli scarti mensili medi delle quantità pescate (a sinistra) e del prezzo d'asta (a destra). Le linee verticali rappresentano una deviazione standard.

Platichthys flesus

L'andamento nel lungo periodo (Fig. 1) evidenzia ampie oscillazioni

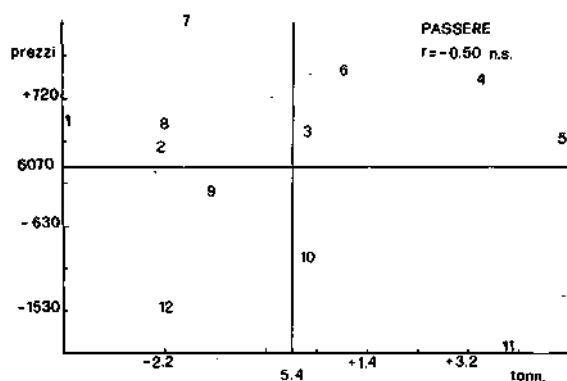


Fig. 4 - Correlazione fra gli scarti mensili medi delle quantità e quelli dei prezzi.

con picchi nel 1974 e nel 1977 ed una profonda depressione nel 1980. Lo stesso andamento si è verificato al mercato di Scardovari (Rossi et al., 1984). Fra prezzi e quantità non vi è correlazione (Fig. 4). Ciò è soprattutto dovuto alla "qualità" del pescato: i bassi prezzi del periodo settembre-dicembre sono legati alla vendita di passere di età 0+, di piccole dimensioni. E' interessante notare che mentre nell'alto Adriatico la passera viene pescata soprattutto a strascico nell'area delle tre miglia (Frogliia e Orel, 1979), nell'area di Goro una grande quantità proviene dalla piccola pesca.

Sepia officinalis

Le catture delle seppie presentano amplissime variazioni con un andamento decrescente (Fig. 1). Prezzi e quantità (Fig. 5) sono inversamente correlati. Le catture maggiori, come già segnalato da Frogliia e Magistrelli (1981), si hanno ad aprile-maggio, quando gli adulti, di circa 300 g di peso medio, migrano dal largo verso le acque costiere per la deposizione delle uova. Catture importanti in questo distretto si hanno anche all'inizio dell'autunno (settembre-ottobre) quando le seppie raggiungono i 40-50 g (Fiorentini et al., 1984).

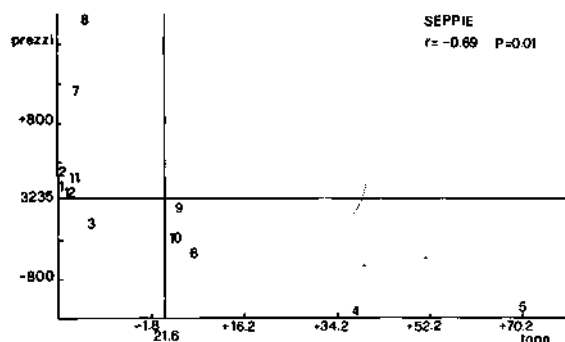


Fig. 5 - Correlazione fra gli scarti mensili medi delle quantità e quelli dei prezzi.

Squilla mantis

A partire dal 1976 le catture delle pannocchie presentano un andamento ascendente (Fig. 1). Prezzi e quantità non sono correlati (Fig. 6), soprattutto a causa dei bassi prezzi spuntati fra luglio e settembre, quando gli individui pescati sono in gran parte in fase postriproduttiva. E' presente nella fascia delle tre migliaia per tutto l'anno, ma le catture maggiori si hanno ad aprile e nei mesi settembre-dicembre, a condizioni termiche favorevoli (Piccinetti e Piccinetti-Manfrin, 1971), peraltro con rendimenti discontinui legati alle condizioni ambientali (Frogliia et al., 1979). I migliori rendimenti dei

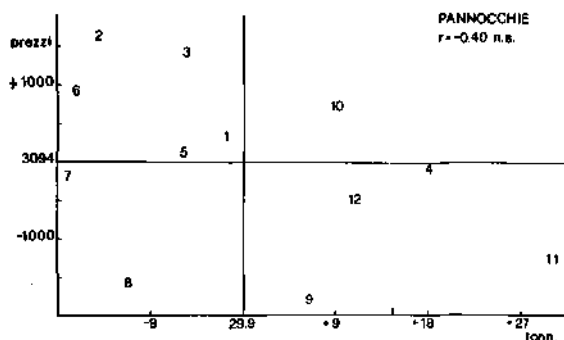


Fig. 6 - Correlazione fra gli scarti mensili medi delle quantità e quelli dei prezzi.

mesi autunnali (Frogliia e Magistrelli, 1981) e soprattutto di novembre (Frogliia e Orel, 1979) sono probabilmente legati alla pesca delle sogliole effettuata soprattutto in quel periodo (Giovanardi e Piccinetti-Manfrin, 1984).

RIASSUNTO

Le quantità pescate nella fascia costiera dell'area meridionale del delta del Po fra il 1971 ed il 1982 sono in assoluto in calo progressivo per l'anguilla, la passera ed i latterini; in forte calo per le seppie; in aumento per le pannocchie. Nel mercato alla produzione di Goro solo il prezzo delle anguille e delle seppie presenta una significativa correlazione negativa con le quantità offerte. Una particolare intensità della domanda (a causa del turismo, richieste per tradizioni consolidate, esigenze legate agli impianti di trasformazione) o dipendenti dalla qualità del prodotto offerto (di piccola taglia o in fase postriproduttiva), possono incidere in maniera significativa sulla formazione del prezzo, rendendolo nel primo caso superiore e nel secondo inferiore a quello che ci si dovrebbe attendere.

SUMMARY

The present analysis shows that in the southern area of the Po River Delta during 1971-1982 period the total quantity of eels (A.

anguilla), flounders (P. flesus) and sand smelts (A. boyeri) harvested from the coastal zone is, as absolute value, progressively decreasing, while it is strongly declining for cuttlefish (S. officinalis) and increasing for squill (S. mantis).

In the Goro fish market only for eel and cuttlefish there is a significant negative correlation between auctioned quantity and price. For the other considered species the price does not depend upon the offered quantity. Increases of demand due to the tourism during summer months, or to old traditions (as for eel during December before Christmas) or to needs of processing factories lead to prices higher than could be expected from a correct relationship between quantity and price; on the contrary, sometimes the quality of the -auctioned product (little sized or in post-reproductive phase) makes the price lower.

The reported results, even if limited to only one fish market, through management suggestions may contribute to a more efficient exploitation of coastal marine resources.

BIBLIOGRAFIA

- CAVALLIN R., GATTO M., LANIADO E. e STEVANON F., 1985 - Un'analisi bioeconomica di alcuni dati del mercato ittico di Milano. XVII Congresso SIBM, Ferrara.
- FALIVA M., 1978 - Optimal filtering for seasonal adjustment of quarterly data. Riv. Int. Sci. Soc., 1, 55-86.
- FIorentini L., FABI G., FROGLIA C., GIANNINI S. e GRAMITTO M.E., 1984 - Characteristics of trawl fishery in the coastal area of the Northern Adriatic. GFCM-FAO Fish. Rep., 290, 237-245.
- FROGLIA C., FIorentini L., FABI G., GIANNINI S. e GRAMITTO M.E., 1982 - La pesca a strascico nella fascia costiera delle tre miglia. Considerazioni sulla stagione di pesca 1980-81 nell'alto Adriatico. Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 50 suppl., 45-52.
- FROGLIA C., e MAGISTRELLI F., 1981 - Osservazioni sulla pesca a strascico nella fascia delle tre miglia dalla costa in un'area antistante il Delta del Po. Quad. Lab. Tecnol. Pesca, Ancona, 3, (1 suppl.), 49-65.
- FROGLIA C. e OREL G., 1979 - Osservazioni sulla pesca a strascico nella fascia costiera delle tre miglia in Adriatico. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. (Mem. Ser. B), 86 suppl., 17-25.
- FROGLIA C., OREL G. e VIO E., 1979 - Osservazioni sulla pesca a strascico entro le tre miglia dalla costa nella zona di mare compresa tra Grado e P.ta Tagliamento (Compartimento marittimo di Monfalcone). Conv. Scient. Naz. P.F. Oceanografia e Fondi Marini, Roma 5-7 marzo 1979, 269-288.
- GATTO M., LANIADO E., RINALDI S., ROSSI R., 1979 - A study on the demand functions of the Sacca degli Scardovari Fishery. In: Applied operations research in fishing, K.B. Haley ed., Plenum Press, New York, 223-245.

- GIOVANARDI O. e PICCINETTI-MANFRIN G., 1984 - Summary of biological parameters of Squilla mantis L., in the Adriatic Sea. GFCM-FAO Fish. Rep., 290, 131-134.
- PICCINETTI C., 1971 - Osservazioni periodiche sulla pesca a strascico con la tartana nelle acque costiere del Medio Adriatico. Note Lab. Biol. Mar., Fano, 4(1), 1-24.
- PICCINETTI C. e PICCINETTI-MANFRIN G., 1971 - Osservazioni sulla pesca di Squilla mantis L. Note Lab. Biol. Mar., Fano, 4(2).
- PICCINETTI-MANFRIN G. e GIOVANARDI O., 1984 - Donnée sur la biologie de Sepia officinalis L. dans l'Adriatique obtenues lors des expéditions Pipeta. GFCM-FAO Fish. Rep., 290, 135-138.
- ROSSI R., 1984 - Pesca del Delta del Po. Un esempio della gestione delle risorse in un'area costiera. Conferenza della pesca Adriatica, Venezia, in stampa.
- ROSSI R., CECCHERELLI V.U., FERRARI I., GAIANI V., CARNACINA L., COLOMBO G., 1984 - Management of aquaculture and fishing in the Scardovari Fishery (Po River Delta, Italy). In: Management of coastal lagoon fisheries, J.M. Kapetsky and G. Lasserre eds, Studies and Reviews GFCM, 61 (2), 441-459.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	393-398	1985

UN'ANALISI BIOECONOMICA DI ALCUNI DATI DEL MERCATO ITTICO DI MILANO

R. Cavallin *, M. Gatto *, E. Laniado **, F. Stevanon *

* Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano

** Centro di Teoria dei Sistemi, CNR, Milano

INTRODUZIONE

Quello di Milano è uno dei più importanti mercati ittici al consumo di interesse nazionale. Questo lavoro, prendendo spunto da alcuni dati riferentesi ad un lungo arco di tempo (1967-1980), si propone di compiere un'indagine preliminare avente lo scopo di verificare se ci sono state significative variazioni nell'offerta al consumo e nei prezzi, di indagare se vi è stata evoluzione nella domanda del consumatore e di esaminare l'influenza dei fattori stagionali su prezzi e quantità trattate.

MATERIALE E METODI

Sono stati utilizzati (Comune di Milano, 1967-1980) dati mensili riguardanti i prezzi e le quantità trattate al mercato di Milano nel periodo 1967-1980 per cinque "specie" campione aventi diverse caratteristiche: sarda, pesce di scarso pregio e proveniente nella sua totalità dalla produzione nazionale; nasello, pesce di medio pregio e di scarsa importazione; anguilla, pesce di consumo tradizionale soprattutto in alcuni periodi dell'anno e di medio-bassa importazione; branzino, pesce di alto pregio e di larga importazione; sogliola, pesce di pregio e di larghissima importazione. Per riferirsi alla realtà produttiva nazionale, ci si è serviti, nonostante la loro scarsa affidabilità in termini assoluti, dei dati mensili ISTAT (1967-1980).

Su questi dati sono state compiute diverse elaborazioni. Prima di tutto i prezzi sono stati deinflazionati prendendo come base la fine del 1980. Indi tutte le serie storiche sono state destagionalizzate, ovvero private dei cicli intraannuali (12, 6, 4, 3, 2 mesi), al fine di ricavare le tendenze di lungo periodo. Quest'operazione è stata compiuta mediante un algoritmo derivato da quello di Faliva (1978) e illustrato nell'articolo di Gatto *et al.* (1979). Ovviamente per differenza tra le serie storiche originarie e quelle destagionalizzate sono stati ricavati gli scarti rispetto alle tendenze dovuti ai fenomeni stagionali.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La Fig. 1a riporta l'andamento nei vari anni della media annuale dei dati mensili della produzione nazionale e delle quantità trattate

a Milano. Si può notare come i due andamenti presentano all'incirca la stessa tendenza di lungo periodo: decrescente per l'anguilla, forte-

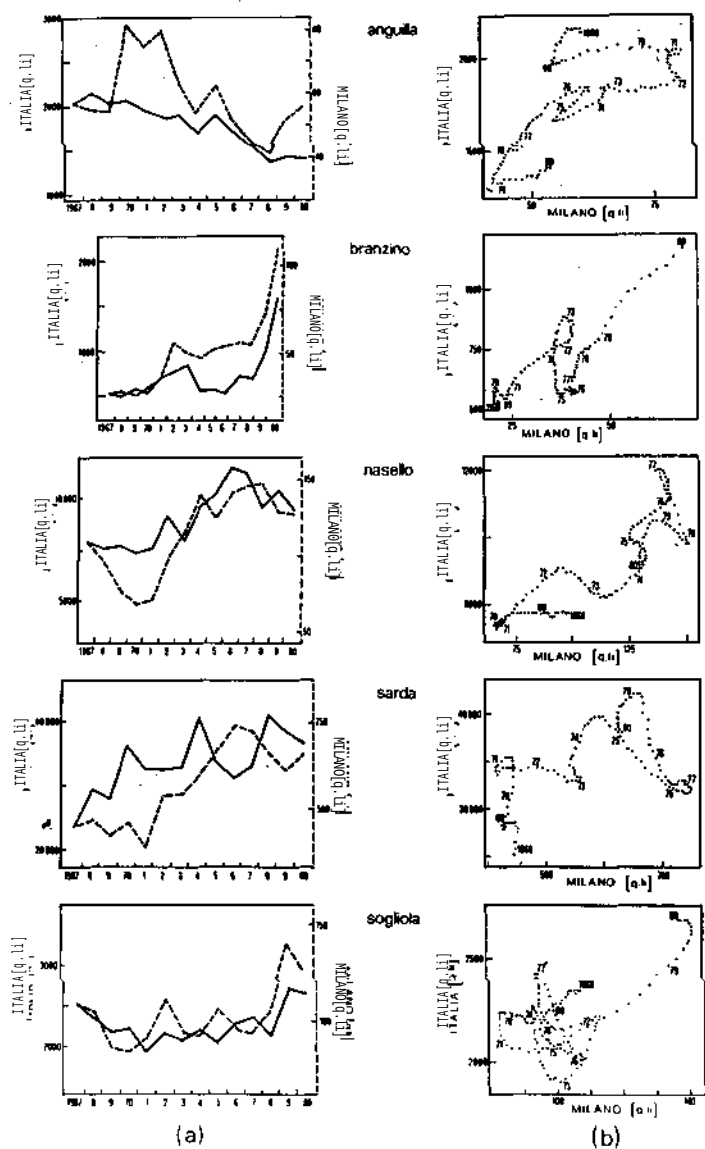


Fig. 1 - (a) medie annuali dei dati mensili di: produzione nazionale (tratto intero) quantità trattate a Milano (tratteggio); (b) luogo delle serie mensili destagionalizzate nazionale e milanese.

mente crescente per il branzino, crescente per il nasello e la sarda, stazionario per la sogliola. Un'analisi più puntuale è quella condotta mettendo a confronto le serie mensili destagionalizzate nazionale e milanese per vedere se vi sia stato anche nel medio periodo un tentativo di adeguamento della produzione alla richiesta del consumatore. Naturalmente nel compiere quest'operazione non bisogna dimenticare che il mercato milanese, per quanto rilevante, non conta per più del 5 % del mercato nazionale. La Fig. 1b sembra mostrare che il fenomeno si è verificato per nasello e branzino e in minor misura per l'anguilla, mentre è assente per sarda e sogliola. Ciò non stupisce: infatti la sarda è un pesce destinato in larga parte a utilizzi diversi dall'alimentazione umana, mentre per la sogliola la produzione italiana è scarsa e non assolutamente in grado di adeguarsi alla domanda, che viene soddisfatta mediante una larghissima importazione.

La Fig. 2a riporta l'andamento dei prezzi deinflazionati e destagionalizzati (tendenza di lungo periodo). I primi quattro grafici si commentano da sé, mentre per la sogliola si ha una crescita negli anni 68-69 seguita da un periodo di inspiegabili fluttuazioni, con cicli di due-tre anni, intorno ad un valore costante. Si è poi tentato di correlare le tendenze di lungo periodo dei prezzi e delle quantità trattate: la Fig. 2b mostra nei vari mesi le quantità destagionalizzate e i rispettivi prezzi deinflazionati e destagionalizzati. La ricerca di questa correlazione è naturalmente non facile, tuttavia alcuni fenomeni sembrano individuabili. Per l'anguilla si ha un aumento delle quantità trattate a parità di prezzo fino al 1971, mentre per gli anni più recenti si nota una correlazione inversa tra prezzi e quantità. Si può ipotizzare che fino al '71 vi sia stata una domanda crescente a fronte di una sostanziale elasticità dell'offerta e che in seguito, a domanda immutata, l'offerta sia andata gradatamente diminuendo (si veda a questo proposito la prima delle Fig. 1a). Per il branzino si ha una correlazione diretta tra prezzi e quantità: è chiaro il fenomeno di aumento continuo della domanda dovuto all'evolversi del gusto e del tenore di vita del consumatore milanese. Il grafico del nasello è di difficile interpretazione. Si noti comunque che le variazioni del prezzo sono contenute entro il 20 % circa. Si potrebbe pensare che l'offerta sia sostanzialmente elastica e segua le fluttuazioni della domanda che sono forse causate dal ricorso al surgelato o a prodotti alternativi. Per la sarda è chiara la correlazione inversa tra prezzi e quantità. Fino al '76 le quantità trattate crescono per poi contrarsi negli anni più recenti. E' estremamente probabile che la domanda sia rimasta immutata e che l'offerta sul mercato al consumo sia diminuita dal '76 all'80.

La Fig. 3 mostra i risultati principali dell'analisi dei fenomeni stagionali. In primo luogo (Fig. 3a), una volta calcolati gli scostamenti medi mensili dal trend di lungo periodo rispettivamente di prezzi e di quantità a Milano, si è ricercata una correlazione tra le due serie di medie, nell'ipotesi che la maggiore o minore quantità trattata potesse essere un indice di maggiore o minore disponibilità stagionale del prodotto. Come verifica di quest'ipotesi si è poi cercato di correlare gli scarti mensili della quantità trattata al

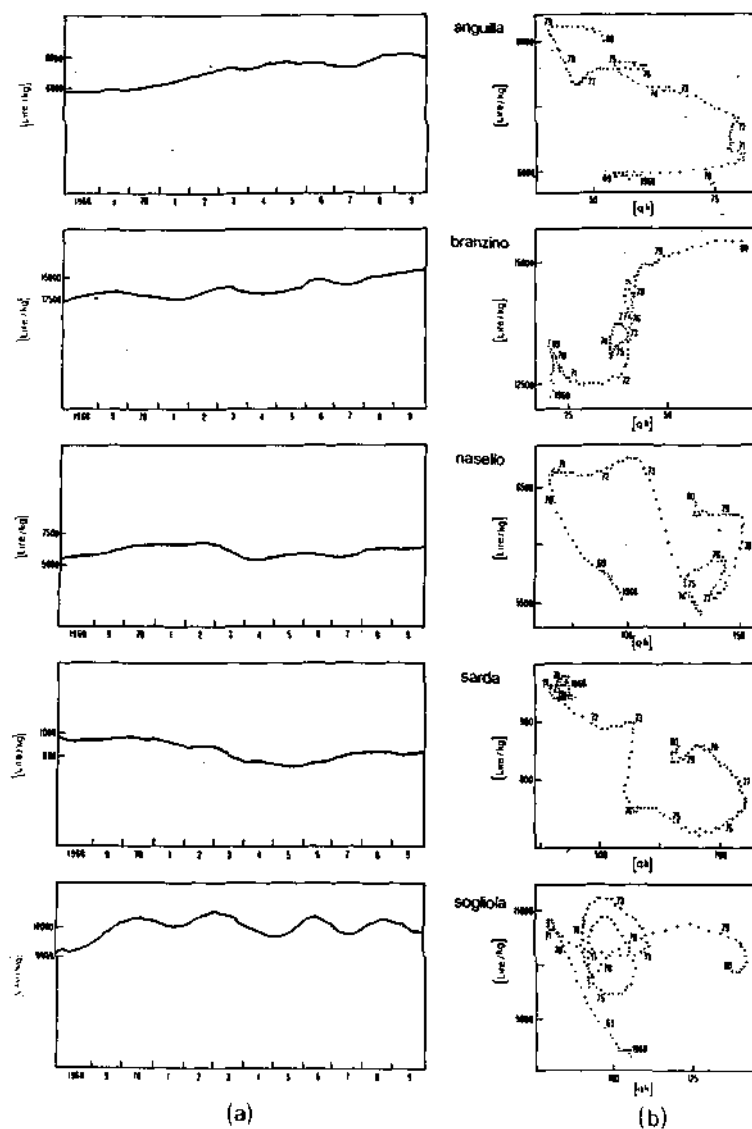


Fig. 2 - (a) Andamento dei prezzi deinflazionati e destagionalizzati al mercato di Milano; (b) evoluzione temporale al mercato dd Milano della coppia di valori quantità mensile destagionalizzata-prezzo mensile deinflazionato e destagionalizzato.

mercato di Milano con gli scarti mensili dal trend della produzione nazionale (Fig. 3b). Branzino e sarda presentano una correlazione negativa e significativa tra gli scarti dei prezzi e scarti delle quantità, convalidando così l'intuizione che nelle stagioni in cui il prodotto è abbondante il prezzo cala e viceversa. Corrispondentemente

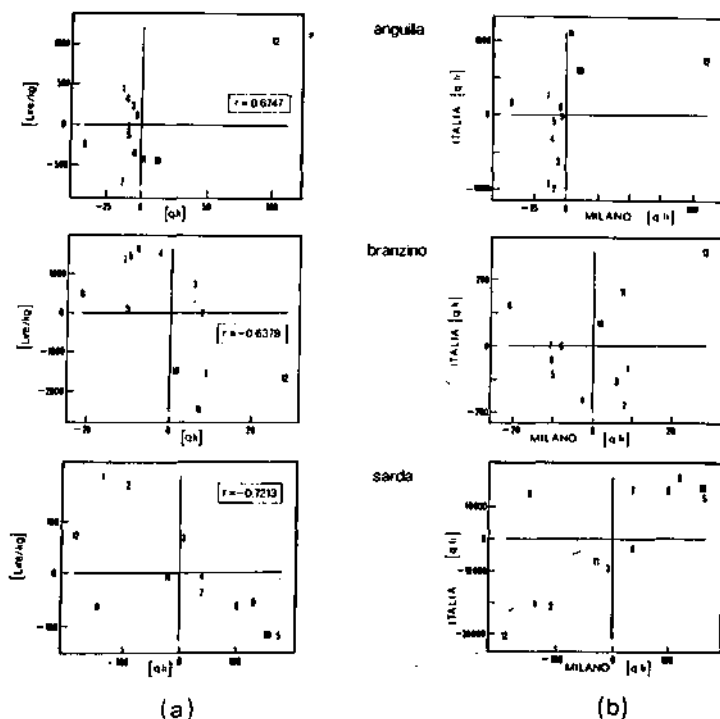


Fig. 3 - (a) Correlazione tra gli scarti mensili medi dal trend di lungo periodo dei prezzi e delle quantità trattate al mercato di Milano; (b) correlazione tra gli scarti mensili medi dal trend della produzione nazionale e delle quantità trattate a Milano.

le stagionalità nazionali e milanesi correlano positivamente e significativamente per la sarda. Può stupire che ciò non accada per il branzino, ma si ricordi che è specie di larga importazione. L'anguilla presenta invece una correlazione positiva e significativa tra scarti dei prezzi e delle quantità a Milano, ma ciò è dovuto ai dati anomali

di luglio e agosto, in cui il consumo a Milano è ovviamente basso, ma la produzione è comunque alta (vedi Fig. 2 dell'analogo articolo di Rossi et al., 1985, sul mercato alla produzione di Goro), e soprattutto di dicembre, in cui, nonostante l'abbondanza della merce (dovuta allo stoccaggio della grande produzione di argentine in ottobre e novembre), il prezzo è altissimo a causa del tradizionale consumo natalizio. Non c'è correlazione tra stagionalità nazionali e milanesi: a parte i mesi di dicembre e agosto le quantità trattate a Milano sono sostanzialmente costanti. Per nasello e sogliola le correlazioni sono comunque non significative.

SUMMARY

The paper analyzes the monthly data from 1967-1980 at the Milan fish market for the wholesale prices and sellings of five sample species with different characteristics. The relevant data on the national production collected by ISTAT (The Italian Institute for Statistics) are also analyzed and compared. Suitable filtering methods are used to obtain long-term trends and seasonal deviations from trend. We then search for correlations between the national production and the sellings at Milan market and between prices and sellings both for the long-term trends and for the seasonal deviations. Conclusions are drawn with regard to changes in the supply to consumers and in the demand of consumers, the influence of seasonal factors and the overall consequences on the price system.

BIBLIOGRAFIA

- COMUNE DI MILANO, 1967-1980 - Milano Statistica. Editto dai Servizi Statistici del Comune di Milano.
- FALIVA M., 1978 - Optimal filtering for seasonal adjustment of quarterly data. *Rivista Internazionale di Scienze Sociali*, 1, 55-86.
- GATTO M., E. LANIADO, S. RINALDI e ROSSI R., 1981 - A study on the demand functions of the Sacca degli Scardovari fishery. In: *Applied Operations Research in Fishing*, Haley K. B. ed., Plenum Publishing Corporation, New York, 233-245.
- ISTAT, 1967-1980 - Annuario statistico della zootecnia, pesca e caccia. Editto dall'Istituto Centrale di Statistica, Roma.
- ROSSI R., A. CARRIERI e P. FRANZOI, 1985 - Analisi bioeconomica di alcuni dati di un mercato ittico alla produzione: il mercato di Goro (Delta del Po). *XVII Congr. Soc. Ital. Biol. Marina*, Ferrara.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	401	1985

Aspidiophorus sp., GASTROTRICO INTERSTIZIALE: MORFOLOGIA E CICLO RIPRODUTTIVO

M. Balsamo

Istituto di Zoologia, Università di Modena

In una spiaggia sabbiosa del litorale ionico lucano è stato rinvenuto un gastrotrico chetonotoideo del genere Aspidiophorus, che al contrario della maggior parte dei gastrotrichi marini, è risultato facilmente allevabile in laboratorio, permettendo uno studio approfondito della morfologia e del ciclo biologico. La morfologia esterna di Aspidiophorus sp. è caratterizzata da 75-82 file longitudinali di 45-48 squame ciascuna, che rivestono il capo dorsalmente e ventrolateralmente. Le squame, peduncolate e con carena a spina molto breve, hanno forma rettangolare con vertici posteriori prolungati in brevissime spine. Tra le due bande ciliate ventrali è visibile, ma soltanto al S.E.M., una leggera ornamentazione della cuticola. Il numero molto elevato di squame e, soprattutto, la loro forma peculiare non trova riscontro nè tra le specie marine nè tra quelle dulciacquicole del genere. Con ogni probabilità Aspidiophorus sp., per le peculiarità morfologiche sopra accennate, appartiene ad una nuova specie, anche se il suo status tassonomico non può essere ancora stabilito poichè devono essere esaminati con precisione alcuni dettagli morfologici e definiti i suoi rapporti con le specie affini (A. marinus Remane, A. mediterraneus Remane, A. paramediterraneus Hummon). Il ciclo biologico di Aspidiophorus sp., studiato in esemplari allevati in isolamento, ha una durata media di 25 giorni circa (T 20°C; salinità 35 ‰) e comprende una breve fase di sviluppo embrionale e postembrionale (48-72 h), una fase partenogenetica durante la quale vengono emesse in successione 3-6 uova, e infine una fase ermafrodita in cui 1-2 gruppi di spermatozoi, immobili e privi di flagello, coesistono con ovociti in vario stadio di maturazione, che, almeno in condizioni di allevamento isolato, non vengono deposti. Tra i Chetonotoidei marini, generalmente partenogenetici, Aspidiophorus sp. è la terza specie, e la prima del suo genere, in cui viene descritta una fase ermafrodita nel ciclo biologico, come invece sempre più frequentemente si riscontra nell'ambito dei Chetonotoidei dulciacquicoli. Sulla diffusione, natura e significato di questo ermafroditismo debbono ora essere intraprese indagini ultrastrutturali e citologiche. L'allevamento di Aspidiophorus sp. in diverse condizioni di temperatura (20 e 25°C) e di salinità (15, 25, 35, 45 ‰) ha permesso di accertare che la temperatura non influenza la durata media dell'intero ciclo vitale nè quella delle sue singole fasi; un incremento della salinità prolunga invece la durata media della fase di sviluppo da 2.8 a 4.2 giorni cioè dall'11.2% al 19.8% rispetto alla durata media della vita dell'individuo. Al contrario, il numero medio di deposizioni per individuo subisce un lieve aumento, passando da 4.7 a 5.5, con l'incremento termico, mentre diminuisce sensibilmente, da 6.2 a 4.2, con l'aumento della salinità. Specie decisamente eurialina, Aspidiophorus sp. ha come limiti letali riproduttivi 10 e 55‰ di salinità, mentre quelli somatici sono rispettivamente 5 e 70‰.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	402	1985

PRESENZA DI Iphitime cuenoti (ANELLIDA: IPHITIMIDAE) IN MAR LIGURE

S. Belloni *, M. Mori **

* Istituto di Zoologia dell'Università di Genova

** Istituto di Anatomia Comparata dell'Università di Genova

Nell'ambito dello studio sui policheti associati ai crostacei decapodi del Mar Ligure è stata osservata la presenza Iphitime cuenoti Fauvel nelle camere branchiali dei granchi Liocarcinus depurator (L.) e Macropipus tuberculatus (Roux). I. cuenoti è stata segnalata per l'Europa solo per alcune aree: Arcachon e Concarneau (Fauvel, 1914; Fage e Legendre, 1925; 1933), Isola di Man (Hartnoll, 1962), e Costa Catalana (Abellò, 1985). I granchi da noi esaminati sono stati raccolti a diverse profondità nel tratto di mare compreso tra il Promontorio di Portofino e Punta Mesco. In 347 individui sessualmente maturi di L. depurator (182 maschi e 165 femmine), catturati nell'inverno 1982 tra 20 e 90 m di profondità, si è osservata la presenza di un polichete in una femmina (0.6%). Nel campione costituito da 258 individui sessualmente maturi di L. depurator (110 maschi e 148 femmine), catturati nell'estate 1982 tra 150 e 300 m di profondità, sono stati rinvenuti 4 vermi nelle camere branchiali di 4 femmine (2.7%). In 101 individui sessualmente maturi (51 maschi e 50 femmine) di M. tuberculatus, catturati nell'inverno 1979 a profondità comprese tra 300 e 500 m, il polichete è stato osservato nelle camere branchiali di una femmina (2%). Si può notare quindi che in entrambi i granchi il polichete è stato trovato solo nelle femmine. Dalla letteratura risulta che anche i granchi maschi possono presentare I. cuenoti nelle camere branchiali, ma con una frequenza significativamente inferiore rispetto alle femmine (Fage e Legendre, 1933; Abellò, 1985). La maggiore presenza del polichete da noi osservata negli individui di L. depurator raccolti a livelli più profondi è in accordo a quanto descritto da Abellò (1985). Per quanto riguarda i tassi d'infestazione, i nostri valori sono invece sensibilmente inferiori a quelli riportati dagli autori sopracitati. Questo probabilmente dipende dal periodo di cattura dei granchi. Infatti i nostri campioni sono stati raccolti in inverno ed estate e la frequenza di Iphitime nelle camere branchiali dei granchi sembra diminuire dalla primavera all'estate (Fage e Legendre, 1933). Anche il biotopo in cui vengono catturati i granchi potrebbe influire sulla frequenza del verme come è stato già osservato sia per I. cuenoti (Fage e Legendre, 1933) che per l'altro polichete Ophryotrocha geryoncola (Esmark) vivente nelle camere branchiali del granchio Geryon longipes A. Milne Edwards (Mori e Belloni, 1985).

BIBLIOGRAFIA

- ABELLÒ P., 1985 - Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 29, 5, 355-356.
 FAGE L. et R. LEGENDRE, 1925 - Bull. Soc. Zool., 50, 219-225.
 FAGE L. ET R. LEGENDRE, 1933 - Bull. Soc. Zool., 58, 299-305.
 FAUVEL P., 1914 - Arch. zoll. exp. gén., 53, 34-37.
 HARTNOLL R. G., 1962 - Ann. Mag. nat. Hist., 5, 93-96.
 MORI M. et S. BELLONI, 1985 - Oebalia, 11, NS, 277-287.

NOVA THALASSIA	7	Suppl.3	403-404	1985

GLI IDROIDI DELLA BARRIERA ARTIFICIALE DI FREGENE

A. Belluscio, C. Chimenz

Dip. Biol. Anim. e Uomo - Università "La Sapienza", Roma

Realizzata nell'inverno del 1981 con blocchi in calcestruzzo, la barriera artificiale di Fregene è posta tra i 10 e i 14 m di profondità a circa 7 miglia a Nord del fiume Tevere.

Nel corso dei campionamenti, effettuati tra la primavera 1981 e l'estate 1984, sono state ritrovate 15 specie di Idroidi.

Gli Idroidi sono tra i primi organismi a colonizzare i substrati appena immersi. Gli idrocauli vengono successivamente utilizzati quale sito preferenziale per l'insediamento primario dei plantigradi di Mytilus galloprovincialis (Ardizzone e Chimenz, 1981). Al termine del primo anno il mitilo colonizza completamente il substrato a disposizione cosicchè gli Idroidi si insediano epibionti sulle sue valve.

La composizione del popolamento non si mantiene a livello delle poche specie iniziali (2 specie nel maggio 1981, 8 nell'ottobre, 11 a novembre '83, 13 a luglio '84) e, a tre anni dall'immersione dei substrati, non sembra ancora finita la fase di insediamento di nuove specie.

Quasi tutte le specie ritrovate durante il primo ed il secondo anno di osservazioni si riproducono mediante liberazione di meduse pelagiche, con ampie possibilità di dispersione e successiva colonizzazione anche a diverse miglia di distanza dai luoghi d'origine ed in tempi relativamente brevi. La maggior parte delle specie ritrovate successivamente non liberano meduse ed hanno richiesto quindi tempi più lunghi per giungere sulla barriera artificiale. Tra queste alcune sono forti competitori e, una volta insediatesi, hanno colonizzato ampie zone del substrato (Sertularella gaudichaudi e Plumularia setacea).

Evidenti le variazioni stagionali nella struttura del popolamento: particolarmente abbondanti in autunno-inverno Obelia dichotoma, Bougainvillia ramosa, Clytia hemisphaerica e Halecium pusillum, mentre in primavera-estate predominano Tubularia crocea, S. gaudichaudi e P. setacea.

Le colonie in epibiosi sui mitili si concentrano soprattutto sulla parte distale delle valve ed in prossimità dei sifoni inalanti ed esalanti, dimostrando un'accentuata preferenza per i mitili disposti intorno alle cavità o sui bordi dei massi, sia per la elevata densità dei bivalvi stessi sia perchè zone a maggiore idrodinamismo. I blocchi di base, sottoposti ad una elevata sedimentazione, mostrano un popolamento qualitativamente e quantitativamente più povero, con una abbondanza di S. gaudichaudi, B. ramosa e H. pusillum, specie con colonie erette ed ampie possibilità di modificazioni morfologiche a seconda dell'ambiente (Boero, 1983), mentre sul blocco di vertice abbondano O. dichotoma, C. hemisphaerica e P. setacea.

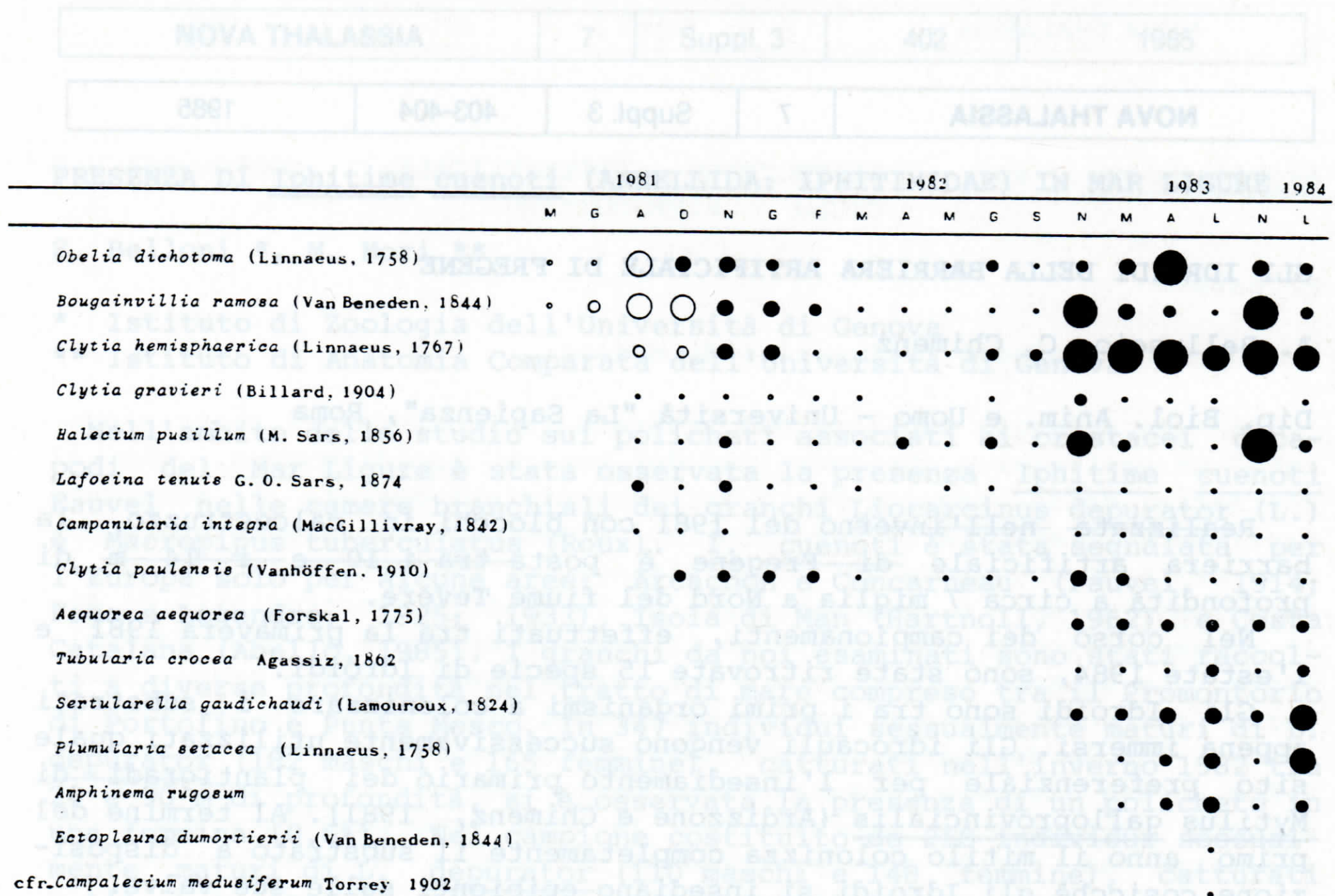


Fig. 1 - Specie ritrovate nel corso dei tre anni di campionamento e relative abbondanze (il diametro dei cerchi è proporzionale alle loro abbondanze, stimate semiquantitativamente; ○: epibionte sul substrato; ●: epibionte sul mitilo).

BIBLIOGRAFIA

- ARDIZZONE G.D. e C. CHIMENZ, 1981 - Primi insediamenti bentonici della barriera artificiale di Fregene. Atti Conv. Ris. Biol. Inq. Mar. P.F. Oceanogr. Fondi Marini. Roma, 10-11 Novembre 1981, 165-181.
- BOERO F., 1983 - The ecology of marine hydroids and effects of environmental factors: a review. P.S.Z.N.I.: Marine Ecology, 5, 93-118.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	405	1985

**PRIMI DATI SULLA VARIABILITÀ GENETICA IN Paracentrotus lividus LAM.
(ECHINOIDEA) DELL'AREA ADRIATICA**

P. M. Bisol, T. Patarnello

Dipartimento di Biologia dell'Università di Padova

Nell'ambito di un programma di ricerca sulla distribuzione della variabilità genetica di Echinodermi, si sono estese le indagini a campioni della classe Echinoidea, relativamente poco studiata sotto questo aspetto.

I primi dati ottenuti si riferiscono a campioni dell'area adriatica di Paracentrotus lividus raccolti nel novembre '84 a Trieste (16 esemplari), nel gennaio e nell'aprile '85 a S. Foca, Lecce (rispettivamente 45 e 50 esemplari).

Le analisi elettroforetiche sono state condotte su gel d'amido e su gel d'acrilamide, per complessivi 9 sistemi enzimatici che hanno consentito di classificare un numero massimo di 11 loci, 8 dei quali sono comuni a tutti e tre i campionamenti.

	Trieste	S. Foca ₁	S. Foca ₂
numero medi geni	30,75±0,65	89,50±0,32	85,25±8,69
percentuale loci polimorfi	37,500	37,500	50,000
numero medio alleli	2,00±0,59	2,12±0,48	2,25±0,49
frequenze eterozigoti:			
osservata sui loci	0,14±0,08	0,11±0,06	0,12±0,05
attesa sui loci	0,16±0,09	0,14±0,07	0,15±0,07
osservata sugli individui	0,13±0,02	0,11±0,01	0,09±0,01

Tab. 1 Sommario della variabilità genetica in P. lividus.

In Tabella 1 sono riportati i valori dei principali parametri indicativi del polimorfismo proteico calcolati sui soli loci comuni.

In generale, questi livelli di polimorfismo corrispondono ai valori medi descritti per gli Echinoidei. Il difetto di eterozigoti nelle distribuzioni genotipiche in rapporto all'ipotesi di Hardy-Weinberg potrebbe dipendere da effetto Wahlund.

I valori di identità genetica (I) calcolata secondo Nei, indicano una sostanziale omogeneità per i due campioni di S. Foca (I = 0,9985) e un relativo differenziamento fra questi e il campione di Trieste (I medio = 0,9901).

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	406-408	1985

INTERRELAZIONI TRA Cymodocea nodosa (UCRIA) ASCHERS. E Zostera noltii ORNEM. IN UN PRATO MISTO SUPERFICIALE DELL'ISOLA DI ISCHIA

M.C. Buia, G.F. Russo, L. Mazzella

Laboratorio di Ecologia del Benthos, Stazione Zool. di Napoli, Ischia

ABSTRACT: Settling of coexistent seagrasses Cymodocea nodosa and Zostera noltii during winter-summer transition are compared by means of density, biomass and foliar length measures.

Nell'ambito di un programma sull'ecologia delle formazioni a fanerogame circostanti l'isola d'Ischia (Buia et al., 1985), sono stati compiuti rilevamenti in un prato superficiale (1-4 m di profondità) di Cymodocea nodosa (UCRIA) ASCHERS misto a Zostera noltii HORNEM., prospiciente la spiaggia di San Pietro (Buia et al., in stampa).

I margini del prato sono segnati da un netto gradino oltre il quale Cymodocea può colonizzare il substrato sabbioso, anche se non permanentemente. Il prato, comprensivo dello strato delle radici e dei rizomi, sembra quindi formare una sorta di "tappeto erboso" che si sviluppa sovrapponendosi al sedimento sottostante e del quale lo scalino, di circa 30 cm, ne demarca il limite. A questa particolare formazione ben si adatta il termine inglese di "turf" che sintetizza il concetto di "strato superficiale di sedimento contenente un denso sviluppo vegetale, comprensivo di un compatto intreccio radicale".

Si è campionato in stazioni disposte lungo due transetti, dei quali uno (Transetto B) perpendicolare alla linea di costa (Stazioni 6, 2, 5, 4), dal limite superiore al limite inferiore del prato; l'altro (Transetto A) parallelo alla linea di costa (Stazioni 1, 2, 3), dalla scogliera che delimita il prato a Nord-Ovest al limite Nord-Est.

I campioni sono stati raccolti in immersione con A.R.A. utilizzando una carota cilindrica del diametro di 28 cm e dell'altezza di 48 cm. Questo metodo permette di prelevare una zolla di "turf" scoprendo il sedimento sottostante.

Al fine di seguire l'evoluzione del prato comparando i patterns di insediamento delle due fanerogame durante la transizione inverno-estate, sono stati considerati i campionamenti effettuati nei mesi di Febbraio e Maggio 1985.

Per quanto riguarda la densità, durante questa transizione si assiste ad un incremento a carico di entrambe le fanerogame, anche se il loro contributo relativo è differente nelle singole stazioni (Fig. 1). Lungo il transetto A, infatti, la stazione centrale (2) è quella che rileva un maggior contributo di Zostera, soprattutto in Maggio (superiore al 60%). Lungo il transetto B, Zostera è assente nella stazione più superficiale (6) mentre dà un contributo maggiore nelle stazioni intermedie, soprattutto nel mese di Maggio. Nella parte più profonda del prato, si rinvenivano anche alcune macchie di Posidonia oceanica (L.) DELILE.

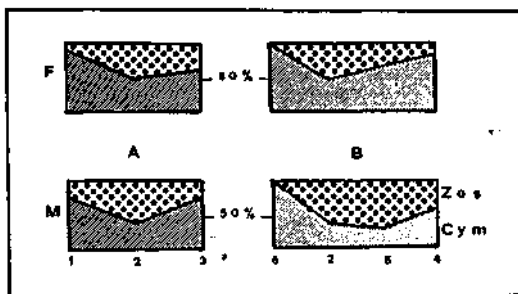


Fig. 1 - Vedi testo

Mentre è immediato distinguere quest'ultima dalle altre due fanerogame, più difficile è il riconoscimento di Z. noltii da C. nodosa, soprattutto allo stadio giovanile se l'osservazione è limitata alle sole foglie, in quanto le loro dimensioni sono molto simili (larghezza di circa 1 mm). La lunghezza media delle foglie di C. nodosa risulta essere maggiore di quella relativa alle foglie di Z. noltii in tutte le stazioni ad eccezione della 4, in Febbraio (Fig. 2). Si osserva che lungo il Transetto A i valori massimi si raggiungono nella stazione centrale, mentre lungo il Transetto B si osservano valori più elevati nelle stazioni più prossime alla linea di riva. In tutte le stazioni si riscontrano valori più alti in Maggio. Al contrario, per Z. noltii i valori sono più elevati in Febbraio. Anche l'andamento lungo il Transetto B è diverso, poichè quest'ultima fanerogama non compare nella stazione più superficiale mentre ha valori pressochè costanti nelle rimanenti stazioni. Questa diversa fenomenologia può essere attribuita al fatto che in assenza di produzione di nuovi stoloni durante l'inverno, C. nodosa presenta foglie più corte per la caduta di quelle più vecchie mentre Z. noltii presenta solo ciuffi con foglie lunghe.

Dall'apparato radicale è possibile chiaramente differenziare le due fanerogame. Infatti, i rizomi di Z. noltii, oltre ad essere più sottili, non presentano i nodi ed internodi caratteristici dei rizomi di C. nodosa. Inoltre, le radici di Z. noltii sono molto più corte e sottili rispetto a quelle di C. nodosa che, peraltro, si insediano più in profondità nel sedimento. Da ciò deriva un complesso intreccio di apparati radicali nel quale si evidenzia una certa zonazione, come è stato osservato in simili sistemi anche da altri autori (Meinesz et Simonian 1983). Lo strato più profondo di solito è composto dalle sole radici di C. nodosa; quello intermedio dai rizomi di C. nodosa e dalle radici di Z. noltii; infine, quello più superficiale, dai rizomi e dalle radici di sola Z. noltii.

Dalla comparazione dei dati di biomassa relativi alle foglie, rizomi e radici delle due fanerogame, si rileva che:

- il contributo di Z. noltii è notevolmente inferiore, soprattutto in
- il contributo dei rizomi morti di Z. noltii rivela un'alta mortalità
- per questa specie la fanerogama la parte epigea è preponderante nelle

stazioni più superficiali e soprattutto in Maggio; al contrario, quella ipogea è più sviluppata in Febbraio e, comunque, nelle stazioni più profonde.

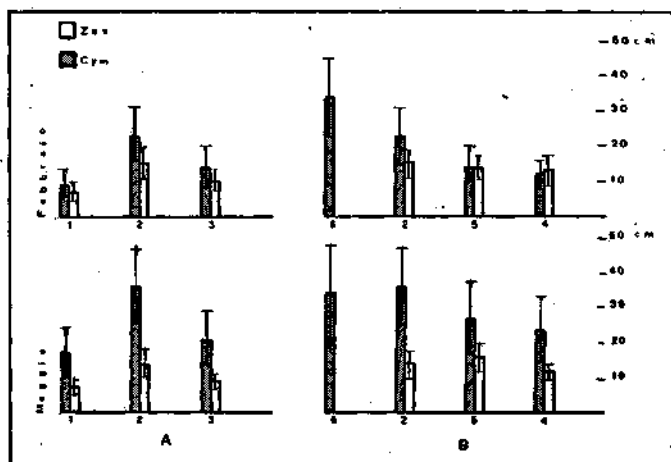


Fig. 2 - Vedi testo

In conclusione, sembra che entrambe le fanerogame vengano ad integrarsi grazie a strategie d'insediamento e ritmi di crescita differenti, dando luogo ad una formazione ben caratterizzata.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato eseguito col contributo del Comune di Ischia.

BIBLIOGRAFIA

- BUIA M.C., MAZZELLA L., PIRE H., RUSSO G.F., 1985 - Fioritura di Zostera noltii HORNEM a Ischia (Golfo di Napoli). Oebalia, vol. XI-3, N.S., 861-862.
- BUIA M.C., MAZZELLA L., RUSSO G.F., SCIPIONE M.B. - Observations on the distribution of Cymodocea nodosa (UCRIA) ASCHERS. prairies around the island of Ischia (Gulf of Naples). 29° Congrès Assemblée plénière C.I.E.S.M., Lucerne 11-19 Octobre 1984. R.i. "La cartographie biologique: methodes et exploitations". (in stampa).
- MEINESZ A. et SIMONIAN M., 1983 - Cartes de la végétation sous-marine des Alpes Maritimes (Cotes françaises de la Méditerranée). II. La végétation mixte a Cymodocea nodosa - Zostera noltii-Caulerpa prolifera et la limite supérieure de l'herbier de Posidonia oceanica entre Jan-les-pins et Golf Juan. Ann. Inst. Océanog., Paris, 59 (1), 21-35.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	409	1985

INQUINAMENTO DA IDROCARBURI NELLE ACQUE DEL MAR PICCOLO DI TARANTO

N. Cardellicchio

Istituto Sperimentale Talassografico, C.N.R., Taranto

Allo scopo di determinare il livello di concentrazione di microinquinanti organici nelle acque del Mar Piccolo di Taranto, è stata condotta un'indagine sull'inquinamento da idrocarburi prodotto da attività cantieristiche e portuali. Gli idrocarburi del petrolio, infatti, sia per la loro tossicità che per la scarsa biodegradabilità, rappresentano una classe di inquinanti altamente significativa del degrado ambientale.

Scopo fondamentale del lavoro è stato anche quello di esaminare i fenomeni di trasporto e dispersione degli "oli minerali" in un'area marina di notevole interesse per la mitilicoltura. Il Mar Piccolo di Taranto, inoltre, proprio per le sue caratteristiche di bacino "chiuso" rappresenta un ecosistema marino molto fragile soggetto a fenomeni di accumulo di inquinanti.

Particolare attenzione è stata rivolta alla determinazione nelle acque superficiali degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Uno studio preliminare ha riguardato la messa a punto delle metodologie analitiche relative alla estrazione dei microinquinanti organici da matrici acquose saline e alla purificazione degli estratti mediante cromatografia su colonna e su strato sottile (IRSA, 1978).

Le analisi sono state effettuate mediante gascromatografia capillare ad alta risoluzione (Awad, 1981); per la determinazione degli idrocarburi totali (THC), è stato invece effettuato un confronto tra la tecnica gascromatografia e quella di spettroscopia infrarossa (McCrum e Whittle, 1982).

L'analisi dei risultati ottenuti ha confermato la distribuzione non omogenea degli idrocarburi sia nel bacino che lungo la colonna d'acqua. E' stato evidenziato che i fenomeni di emulsione, prodotti da sostanze tensioattive, e di adsorbimento su particelle solide sospese giocano un ruolo fondamentale nel "trasporto" degli oli minerali dalle acque superficiali verso i sedimenti. Le concentrazioni degli idrocarburi totali, nelle varie stazioni di prelievo, oscillano tra 0.5 e 30 ppb; il livello degli idrocarburi policiclici aromatici è dell'ordine di qualche nanogrammo per litro.

BIBLIOGRAFIA

ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE, 1978 - Contaminazione da idrocarburi policiclici aromatici. C.N.R., Roma.

AWAD H., 1981 - Comparative studies on analytical methods for the assessment of petroleum contamination in the marine environment. *Marine Chemistry*, **10**, 417-430.

MCCRUM W. A., WHITTLE P. J., 1982 - Infrared determination of petroleum oil. *Analyst*, **107**, 1081-1085.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	410	1985

ITTIOPLANCTON DI CLUPEIFORMI NEL BASSO ADRIATICO

N. Casavola, G. Marano, L. De Martino

Laboratorio Provinciale di Biologia Marina di Bari

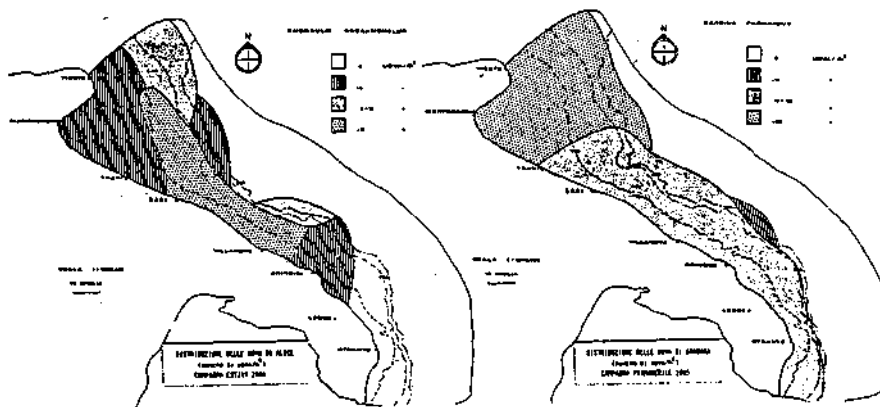
Nell'ambito delle ricerche finalizzate dal Ministero della Marina Mercantile alla valutazione degli stocks di alici e sarde, sono state avviate indagini nel bacino meridionale adriatico con il metodo "uova larve".

Nei mesi giugno-luglio 1984 e aprile-giugno 1985, si sono svolte le prime campagne stagionali con campionamenti di uova e larve mediante retino da ittioplancton modello "Bongo 20". Le pescate sono state effettuate in doppio obliquo con prelievi sistematici lungo n. 6 transetti distanti tra loro 30 miglia, per un totale di 22 stazioni.

Oltre ai campioni di ittioplancton e zooplancton sono stati effettuati anche prelievi di fitoplancton nonché di acqua per correlare i cicli riproduttivi dei Clupeiformi con le principali caratteristiche chimico-fisiche delle acque.

L'area di riproduzione di *Engraulis encrasicolus* (L.) e *Sardina pilchardus* WALB. interessa gran parte del Basso Adriatico, tuttavia la densità di uova e larve è diversa per specie e difforme nelle aree esaminate.

Dai primi dati ottenuti si è riscontrato che le uova sono presenti prevalentemente nell'area neritica mentre mancano al largo, in corrispondenza della batimetrica dei 500 m. Appare chiaro, inoltre, che la popolazione di *Sardina* supera nettamente quella di *Engraulis*, specie questa poco abbondante riscontrata a concentrazione massima di 43 uova/mq contro le 584 uova/mq di *Sardina*.



NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	411	1985

EFFETTI METABOLICI DEL DIGIUNO IN TESSUTI DI Dicentrarchus labrax L. IN RAPPORTO A DIETE SPERIMENTALI

O. Cattani, E. Carpenè, G. Isani e P. Cortesi

Istituto di Biochimica, Facoltà di Medicina Veterinaria, Università di Bologna

A differenza degli animali omeotermi che possono sopravvivere al digiuno non più di pochi giorni o settimane, i Pesci, come molti eterotermi, sono capaci di superare periodi più lunghi. La strategia metabolica è collegata allo stato fisiologico del pesce ed alle condizioni ambientali. Alcuni pesci utilizzano proteine muscolari come principale fonte di energia mantenendo i livelli epatici di glicogeno attraverso una intensa gluconeogenesi, altri pesci utilizzano soprattutto riserve lipidiche e glucidiche.

Nella presente ricerca due gruppi di esemplari di Dicentrarchus labrax L. (spigola), alimentati precedentemente con due diversi tipi di dieta contenenti come fonte proteica rispettivamente farina di pesce e farina di pesce e caseina (1:1), sono stati sottoposti a digiuno a 10°C per simulare condizioni di svernamento. A vari intervalli (11, 40, 70 e 90 giorni), dopo anestesia, sono stati prelevati fegato, muscolo bianco e rosso, cuore e cervello sui quali sono state effettuate le determinazioni di glicogeno, lipidi e proteine e dell'attività di enzimi glicolitici (piruvato cinasi e fosfofruttocinasi) e gluconeogenetici (fosfoenolpiruvato carbossicinasasi e fruttosio difosfatasi).

L'utilizzazione di riserve energetiche riguarda soprattutto il fegato ed, in minor misura, il muscolo rosso con andamenti del tutto analoghi per quanto riguarda il destino metabolico dei vari composti. Il glicogeno epatico presenta una drastica diminuzione passando progressivamente nell'arco dei tre mesi di digiuno dal 10% allo 0,7% di peso fresco, le proteine calano di circa il 2%, mentre i lipidi tendono piuttosto ad aumentare dopo 40 giorni di digiuno ed in seguito ritornano simili ai livelli iniziali. Inoltre il muscolo bianco presenta un consumo di glicogeno solo nella fase finale del digiuno (da 0,3-0,4 allo 0,06%) mentre cuore e cervello mantengono inalterate le loro riserve glucidiche. Per quanto riguarda gli enzimi del metabolismo glucidico in esame si osserva nel fegato un aumento dell'enzima glicolitico piruvato cinasi dopo 40 giorni di digiuno in analogia con il consumo delle riserve di glicogeno, mentre gli enzimi gluconeogenetici non presentano variazioni significative.

Il diverso tipo di dieta utilizzato prima del digiuno nei due gruppi di spigole non ha determinato alcuna differenza particolare sia nel destino delle riserve energetiche, sia nell'attività degli enzimi esaminati.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	412	1985

**ECOLOGIA DELLO STAGNO DI SAN TEODORO. 1. RENDIMENTI DI PESCA:
1980 - 1985.**

G. Fanciulli e R. Curto

Soc. FI.G.IM.A., S.p.A., Via Bertani, 2 - Milano

Lo stagno di San Teodoro si estende per 219 ettari sulla costa orientale della Sardegna a sud di Olbia.

Acquistato nel 1980 da una Società privata che intende sfruttarlo per un allevamento di tipo semintensivo, è stato varato un piano di studi per conoscere l'ecologia di questo esteso ambiente naturale: la raccolta dei dati di pesca ne costituisce il primo approccio.

Sono stati raccolti i rendimenti per i periodi dal 1980-81 al 1984-85, prendendo in considerazione, per ogni stagione, l'arco di tempo che va dalla messa in opera dei lavorieri (giugno) allo smantellamento degli stessi (febbraio).

Dall'elaborazione dei dati si può affermare che:

- 1) lo stagno ha offerto, in questi 5 anni, una resa media di 85 Kg/ha con una punta minima nel 1982-83 di 66 Kg/ha e una massima di 103 Kg/ha nel 1984-85.
- 2) Le specie o gruppi sistematici, quantitativamente più abbondanti sono, come media di 5 anni: Mugilidi (41.17 q.li/anno; 27.14 percentuale sul totale; 22.37 Kg/ha), Anguilla anguilla (28.17; 17.66; 15.31), Sparus aurata (16.07; 10.58; 8.73); Dicentrarchus labrax (15.53; 9.34; 8.44), Saraghi (13.34; 9.14; 7.25), Lithognathus mormyrus (8.99; 6.00; 4.89), Solea vulgaris (3.34; 1.94; 1.83), e altre specie (30.82; 18.94; 16.75).
- 3) Le taglie medie di cattura indicano una montata quasi esclusiva di novellame, con elevato accrescimento durante il periodo trofico di permanenza nello stagno (186 g di peso medio per l'orata e 72 g per la spigola all'inizio di dicembre).
- 4) Il numero reale di specie pregiate, catturate nel 1984, risulta essere di circa 11.000 orate e 2.000 spigole delle taglie summenzionate; nel 1983 sono state catturate: 4.129 Diplodus puntazzo, 15.745 Diplodus vulgaris, 32.745 Lithognathus mormyrus, tutti appartenenti alla classe d'età 0+.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	413	1985

LA FAUNA INTERSTIZIALE

L. Fassetta, P. Pucci, G. Priore, S. Tosi, E. Taramelli

Dip. B.A.U. Università "La Sapienza" - Roma.

DEFINIZIONI: per fauna interstiziale si intende l'insieme di organismi animali che vivono negli interstizi esistenti tra i granuli di sabbia, piccoli ciottoli e ghiaie delle spiagge marine, dei fiumi e dei laghi. "Psammon" è sinonimo di fauna interstiziale anche se più riduttivo poichè si riferisce ad organismi viventi in sabbie come è riduttivo il termine "meiobenton" in quanto si riferisce ad organismi di dimensioni comprese tra 1 mm e 0,1 mm, mentre la fauna interstiziale comprende sia la meiofauna che la microfauna (<0,1 mm).

Thalassopsammon è l'insieme di organismi viventi nelle sabbie marine. **CARATTERISTICHE AMBIENTALI;** vari parametri caratterizzano l'habitat e tra questi la "granulometria" che riveste un ruolo determinante per la presenza e composizione della fauna interstiziale, la temperatura, l'ossigeno, il pH, la salinità, la luce, la porosità all'aria e alla acqua, la presenza di argilla, l'idrodinamismo.

METODI DI RACCOLTA: il più semplice è quello di Karaman-chappuis che consiste nello scavare una buca in riva al mare fino al contatto con la zona umida, attendere che la buca si riempia di acqua che verrà poi filtrata con un retino a maglie sottili.

COMPOSIZIONE DEL POPOLAMENTO INTERSTIZIALE: è molto varia e comprende quasi tutti i gruppi di invertebrati. I Protozoi sono rappresentati da Ciliati e da Foraminiferi arenacei. I Celenterati da Protohydra e Halammohydra. I Nematodi sono la componente dominante sia come numero che come biomassa. Presenti in gran numero anche Rotiferi, Gastrotrichi, Gnatostomulidi. I Briozoi sono rappresentati da Monobryozoon ambulans; degli Anellidi sono presenti gli Archianellidi, i Policheti e alcuni Protooligocheti; tra i Crostacei i Mistacocaridi, gli Ostracodi, i Copepodi Ciclopoidi e Arpacticoidi, gli Anfipodi e gli Isopodi. Altri gruppi presenti sono gli Acari, i Tardigradi, i Molluschi Aplacofori oltre a numerose specie di Opisthobranchi. Di recente scoperta sono alcune specie di Ascidie interstiziali e i Sinaptidi tra gli Echinodermi oltre ad un nuovo "filum": i Loricifera.

ADATTAMENTI: si osservano fenomeni di convergenza per quanto riguarda la forma del corpo che è di piccole dimensioni, appiattito, molto allungato. Gli organismi sono per lo più privi di organi visivi, provvisti di setole sensorie, espansioni tattili e chemorecettori; mancano di pigmentazioni. Il notevole timotropismo positivo e gli apparati di adesione favoriscono l'aggrappamento ai granuli e la locomozione. Per resistere allo schiacciamento operato dai granuli la parete del corpo è rinforzata in vari modi. Si osservano inoltre apparati boccali semplificati, motilità in specie appartenenti a gruppi sessili (es. il briozoo Monobryozoon ambulans), assenza di cicli stagionali; prolificità ridotta, viviparità, cure parentali.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	414	1985

PRELIMINARY DATA ON BENTHIC FAUNA OF A *Cymodocea nodosa* (UCRIA) ASCHERS., MEADOW IN THE GULF OF SALERNO (TYRRHENIAN SEA): POLYCHAETES.

M. C. Gambi *, A. Giangrande **

* Laboratorio di Ecologia del Benthos (Staz. Zool. Napoli), Ischia.

** Istituto di Biologia Marina, Università di Pisa, Pisa.

Within the framework of an investigation on the distribution of benthos in the soft-bottoms of the Gulf of Salerno (Tyrrhenian sea), the Polychaete community of a *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers., meadow has been studied, the data on benthic fauna associated to this seagrass being very scarce for the Mediterranean sea and practically absent for along the Italian coasts.

The *Cymodocea* meadow investigated, which is located between the harbor of Salerno and the mouth of River Sele, extends, with a few interruptions, parallel to the coast from a depth of 8 to 20 m.

Three samples of 1 m² each were taken in July 1981 by SCUBA diving using a small air-lift sampler with a 400 μ mesh net (st. 1 = 12 m; st. 2 = 16 m; st. 3 = 16 m depth).

We collected 2415 individuals belonging to 84 species (25 Errantia and 59 Sedentaria). Interestingly, many juvenile specimens of several taxa were found. Twenty-three of the most abundant species were present in all stations, while 33 taxa appeared only once with few individuals.

Well represented were the Paraonidae (20% of the total abundance), particularly the species *Aricidea capensis-bansei* Laubier-Ramos, the Cirratilidae, Spionidae, Sabellidae and Capitellidae.

Fifty-six species, which represent 70% of the total abundance, are typical of muddy-sand or muddy sediments. Those species were also found in the bare soft-bottoms surrounding the *Cymodocea* meadow of the same area, previously studied. Species characteristics of hard bottoms and seagrass beds were found mainly in stations 2 and 3 where the density of the meadow was higher than in station 1 (Russo, pers. comm.).

The highest diversity (H') was found in st. 3, while the highest abundance in st. 2, due particularly to juvenile individuals.

The Polychaete community of the *Cymodocea* meadow, seems to be affected by the local features of the sediment rather than by the seagrass. Nevertheless, the plant influences the sediment structure by increasing fine particle sedimentation. Moreover, the presence of roots, rhizomes and leaf detritus increase the environmental variability. These facts probably explain the occurrence of a Polychaete fauna more diversified and richer than that observed in bare soft-bottoms.

Such considerations suggest that more attention be given in future research to the shoot density of seagrass meadow and its influence on benthic community.

Finally, the abundance of juveniles, due also to the net mesh used, could be probably explained by the fact that seagrass meadows often act as "nurseries" for many species of invertebrates and fishes.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	415-417	1985

ALCUNI ASPETTI DELL'INSEDIAMENTO DI BALANIDI NEL PORTO DI GENOVA

S. Geraci *, V. Romairone *, C. Fasciana **, G. Relini **

* Istituto per la corrosione marina dei metalli. C.N.R. Genova

** Laboratori di ecologia animale e biologia marina - Istituto di anatomia comparata - Università di Genova

La densità dei diversi stadi naupliari delle quattro specie di Balani presenti nel porto di Genova è stata registrata nel periodo di massimo insediamento (da maggio a ottobre 1984), mediante pescate planctoniche verticali settimanali, in una stazione situata all'imboccatura di levante del porto. Nella stessa stazione furono prelevati anche pannelli di diversa durata d'immersione: da una settimana ad un anno.

I dati sulla densità larvale, riportati in Fig. 1, ci mostrano che essa è massima nel periodo fine giugno-luglio e che il numero d'individui diminuisce passando dal II al VI stadio naupliare. Un aumento di densità si osserva anche a metà del mese di settembre, probabilmente legato alla maturazione ed allo sviluppo degli individui insediatisi nel primo periodo. Nella stessa figura sono anche riportati i valori totali e le dimensioni raggiunte dagli individui insediatisi in una settimana, insieme al numero di cypris rinvenuti sugli stessi pannelli. In questo grafico inoltre si individua meglio il secondo picco d'insediamento ed il maggiore accrescimento degli individui insediatisi nel primo periodo. Il dato d'insediamento, infatti, insieme a quello delle larve del plancton, si integrano a vicenda: l'entità del picco di settembre, per la sua natura improvvisa, è sfuggita al campionamento planctonico, ma non al pannello che raccoglie i cypris originatisi dalle larve presenti in mare nel periodo in esame.

Negli areogrammi di Fig. 2 sono riportati i rapporti percentuali medi, per tutto il periodo considerato, tra le quattro specie a livello degli ultimi 5 stadi naupliari e su pannelli settimanali, mensili, bimestrali, semestrali e annuali, dopo l'insediamento. Si può qui facilmente notare come, a livello larvale, il rapporto percentuale cambi, in modo regolare, a vantaggio di *Balanus amphitrite* e *Balanus eburneus* che passano da valori di 54,2% e 0,9% rispettivamente dei II stadio, fino al 91,1 e 4% nei VI stadio, al contrario di quanto avviene per *Balanus perforatus* e *Balanus trigonus*. Poichè inoltre si osserva, per tutte e quattro le specie, una diminuzione numerica nel passaggio da uno stadio naupliare al successivo, è giustificato pensare ad una maggiore resistenza dei naupli di *Balanus amphitrite* e *Balanus eburneus* rispetto a *Balanus perforatus* e *Balanus trigonus*. Queste ultime due specie sono più abbondanti in ambienti costieri, meno eutrofici e con maggior idrodinamismo di quanto non lo sia un ambiente portuale ove esse sono peraltro presenti, soprattutto nelle zone più interne.

Questo rapporto percentuale tra le specie subisce un'inversione dopo l'insediamento: *B. amphitrite* tende gradualmente a diminuire sui substrati immersi per più lungo tempo, fino a rappresentare solo il 7,6% di tutti i Balani insediati sui pannelli annuali.

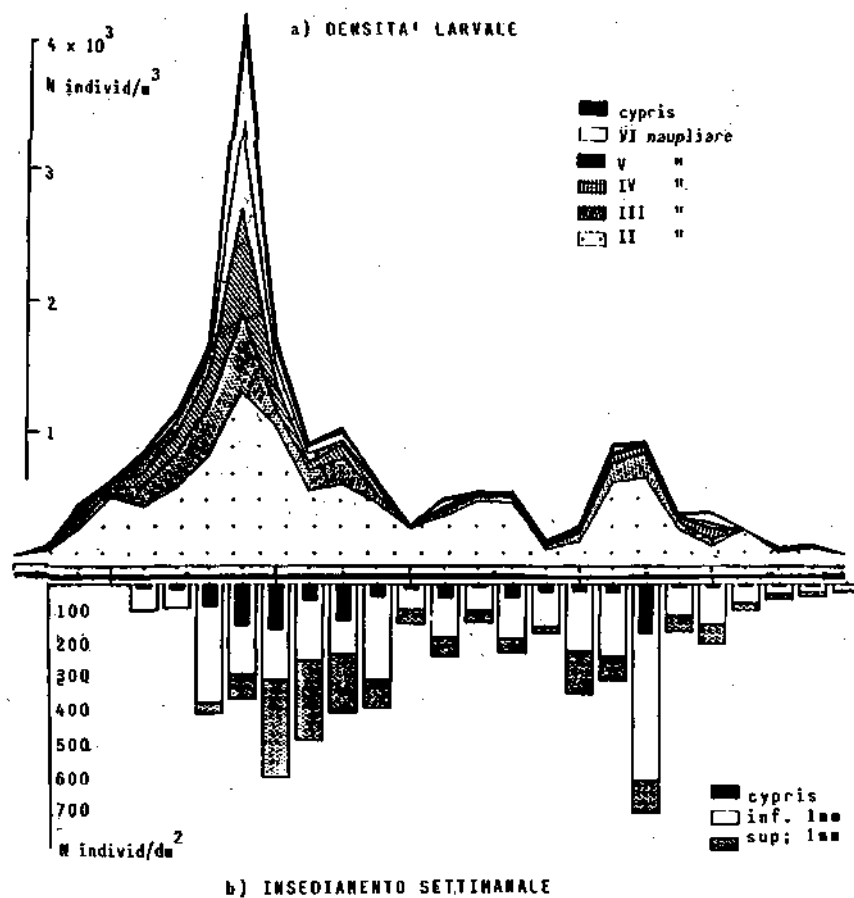


Figura 1

Le osservazioni fin qui esposte ci fanno concludere che la resistenza degli stadi naupliari, che determinano la maggiore o minore quantità di cypris delle diverse specie, è un fattore importante per il successivo insediamento: *B. amphitrite* è infatti la specie che si insedia in maggior quantità. La minore durata della sua vita, insieme ad una maggiore resistenza delle altre specie, dopo l'insediamento, determina l'inversione dei rapporti percentuali osservata. Ciò fa sì che i substrati di maggior durata d'immersione siano più ricchi di *B. perforatus* e *B. trigonus* che sono peraltro le specie che raggiungono

le maggiori dimensioni (oltre due cm di diametro rostro-carinale).

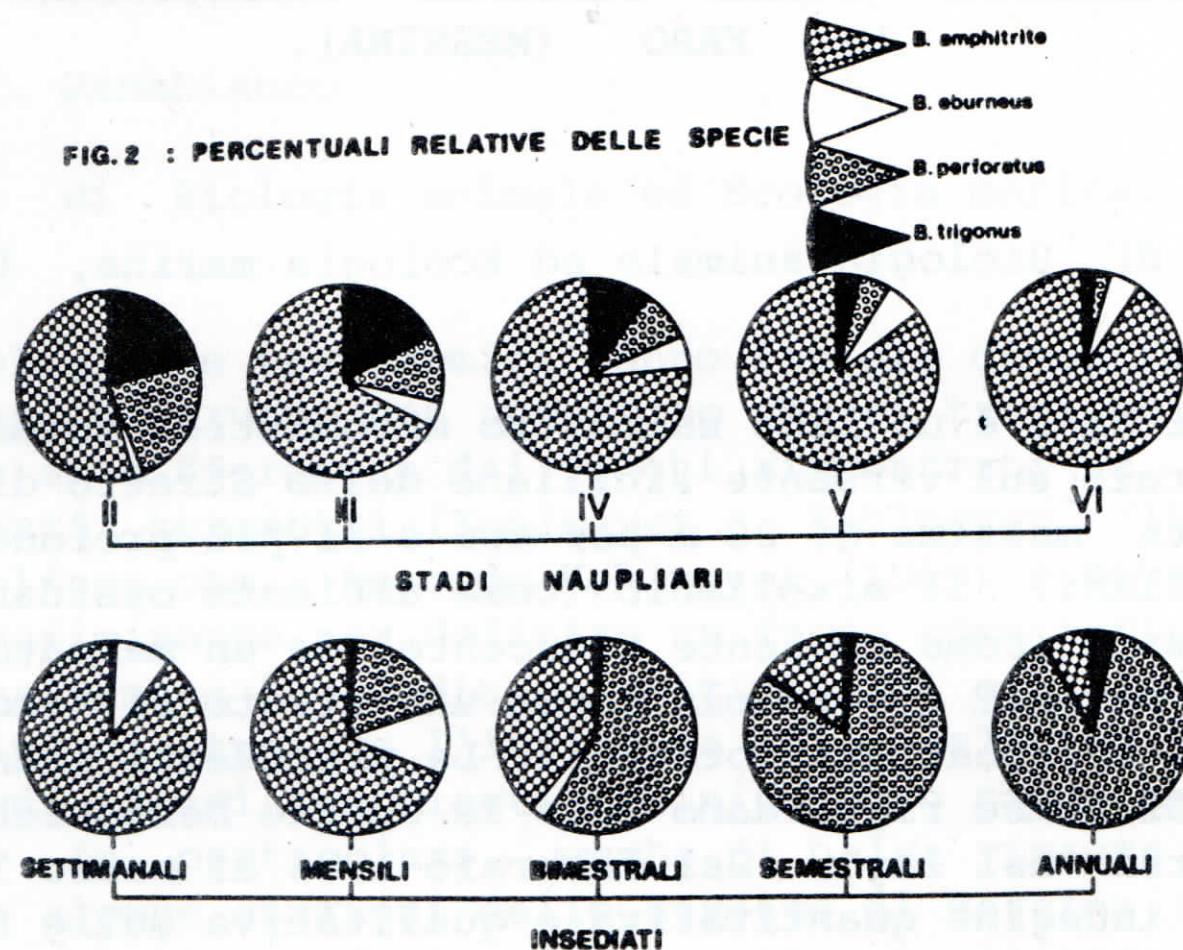


Figura 2 - Percentuali relative delle specie

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	418	1985

INDAGINE PRELIMINARE SULLE DIATOMEES PLANCTONICHE DEL LAGO DI FARO (MESSINA).

G.

Giuffrè

Dipartimento di Biologia animale ed Ecologia marina, Università di Messina.

Il lago di Faro è un lago salmastro meromittico formato da cordoni sabbiosi litorali sul versante siciliano dello Stretto di Messina. Ha una profondità massima di 28 m per cui è il più profondo dei laghi costieri siciliani. Il mixolimnio (come ambiente ossidante) è diviso dal monimolimnio (come ambiente riducente) da un marcato chemoclinio che in alcuni periodi favorevoli forma uno strato di "acqua rossa" per lo sviluppo di solfobatteri fototrofi. Le precedenti indagini tassonomiche sulle Diatomee riguardano solo le specie bentoniche fissate su vetrini immersi nel lago. Dal febbraio 1983 al marzo 1984 è stata condotta una indagine quantitativa e qualitativa sulle Diatomee planctoniche articolata in 9 campagne. I campioni di acqua sono stati raccolti in una stazione al centro del lago alle quote di 0, 5, 10 e 15 m; contemporaneamente sono stati rilevati alcuni parametri fisico-chimici e meteorologici ed è stato raccolto anche un campione in superficie con retino. Le maggiori escursioni termiche e saline si verificano ovviamente in superficie con 11,1°C a febbraio e 27,5°C a luglio e il 34,26 % a dicembre ed il 37,93 % a settembre, mentre il pH ha un andamento verticale con un massimo di 8,35 a 0 m ed un minimo di 6,95 a 15 m; la trasparenza al disco Secchi è minima con 4 m nella primavera del 1983 e massima con 10,5 m nei mesi invernali del 1984. La piovosità è variata da una media giornaliera di 0,46 mm nel periodo precedente la campagna di luglio a 3,54 mm in quello precedente alla campagna di dicembre. Rispetto al fitoplancton la componente batterica partecipa in maniera determinante alla produttività del lago.

Risultano individuati oltre 70 taxa, in gran parte Diatomee ticolelagiche la cui presenza è dovuta alla fitta rete di strutture sospese nell'acqua, utilizzate in molluschicoltura. Le specie presenti sono più numerose, ma con problemi tassonomici da risolvere in futuro anche con la microscopia elettronica. Alcune specie sono segnalate per la prima volta nei nostri mari come Cocconeis St. Pauli Heiden e Kolbe, Gomphonema pseudoseptatum Giffen e Amphora Cfr. helenensis Giffen.

BIBLIOGRAFIA

- ABBRUZZESE D., GENOVESE S., 1952 - Pesca Piscic. Idrobiol., XXVIII, 7, 1-20.
 BRUNI et al., 1976 - Atti Soc. Peloritana, XXII, 1-118.
 GENOVESE S., 1966 - Symp. on Mar. Microbiol., 194-203.
 GENOVESE S., GANGEMI G., 1966 - Atti Soc. Peloritana, 12, 509-519.
 TRUPER H. G., GENOVESE S., 1968 - Limnol. Oceanogr., 13, 225-232.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	419	1985

LA SPORULAZIONE DI FUNGHI MARINI IN ACQUA A DIVERSE SALINITÀ

S. Grasso, C. Panebianco

Dipartimento di Biologia animale ed Ecologia marina, Università di Messina.

Studi ecologici e tassonomici hanno finora dimostrato che i funghi marini formano un gruppo ben specifico che si trova solo nell'acqua di mare e che si differenzia dai funghi riscontrati in acqua dolce o negli ambienti terrestri (Kohlmeyer e Kohlmeyer, 1979). Genovese (1977) sottolinea che, secondo Kohlmeyer (1963) e Meyers (1968), il fattore discriminante per definire un fungo come marino è la salinità in cui si realizzano le condizioni ottimali di crescita e di riproduzione. Al fine di studiare l'influenza della salinità sulle dimensioni delle spore di alcuni Ascomiceti marini, sono state eseguite prove di laboratorio. In particolare, esche di balsa rimaste immerse per tre settimane in alcune stazioni dello Stretto di Messina (Grasso et al., 1985), sono state trasferite in provette sterili con acqua prelevata in mare e manipolata per ottenere diverse salinità (114 ‰, 76 ‰, 50 ‰, 38 ‰, 28.5 ‰, 19 ‰, 9.5 ‰, 0). Dalle misure delle spore formatesi nei nuovi periteci, i valori di lunghezza e spessore sono risultati diversi da quelli riportati da Kohlmeyer. Per *Lulworthia fucicola* Sutherland si è avuta una diminuzione della lunghezza della spora sia in acqua di mare molto concentrata sia in acqua distillata, rispetto alle spore cresciute in acqua di mare. Anche per *Corollospora maritima* Werdermann, man mano che ci si allontanava dai valori normali di salinità, le dimensioni della spora si alteravano. Invece per *Ceriosporopsis halima* Linder, in acqua distillata si sono avute spore di lunghezza e spessore maggiore. A questo proposito vogliamo ricordare che Barghoorn (1944), facendo sviluppare alcuni ceppi di funghi marini in terreni allestiti con varie concentrazioni e diluizioni di acqua di mare, notò che per *Ceriosporopsis halima* si verificava uno sviluppo più rapido del ceppo cresciuto su un terreno preparato con acqua distillata.

BIBLIOGRAFIA

- BARGHOORN E. S. e LINDER D. H., 1944 - Marine fungi: their taxonomy and biology. *Farlowia*, 1, 395-467.
- GENOVESE S., 1977 - Inquinamento microbico e processi di autodepurazione. *Atti Conv. Lincei*, 31, 289-314.
- GRASSO S., PANEBIANCO C. e LA FERLA R. B., 1985 - Lignicolous marine fungi in the Straits of Messina. *Hidrobiol.* (in stampa).
- KOHLMEYER J., 1963. - The importance of fungi in the sea. In: *Symp. on Marine Microbiology*, ed. C. H. Oppenheimer, 300-314.
- KOHLMEYER J. e KOHLMEYER E., 1979 - Marine Micology. The higher fungi. Academic Press, New York, San Francisco, London.
- MEYERS S. P., 1968 - Observations on the physiological ecology of marine fungi. *Bull. Misaki Mar. Biol. Inst.*, 12, 207-225.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	420	1985

INDAGINI MICROBIOLOGICHE SU ESEMPLARI DI Diplodus sargus IN ALLEVAMENTO INTENSIVO

R. La Ferla*, E. Crisafi*, L. Genovese*, T. L. Maugeri**, R. Zacccone*

* Istituto Sperimentale Talassografico CNR - Spianata S. Raineri, 98100 Messina.

** Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina - Università di Messina.

In un impianto di acquacoltura si verificano particolari condizioni ambientali per cui l'insorgenza di un evento morboso può facilmente assumere un carattere epidemico.

Sono stati effettuati controlli microbiologici con cadenza bimestrale sull'acqua della vasca di allevamento e sulle branchie ed il tratto gastrointestinale di 15 esemplari di Diplodus sargus in allevamento intensivo presso l'impianto sperimentale dell'Istituto Talassografico di Messina. Sono stati quantificati i batteri eterotrofi totali (su Marine Agar 2216 e Plate Count Agar), i lieviti (su Glucose Yeasts extract Peptone) e quei generi batterici ritenuti da diversi Autori (Munro, 1982; Christensen e Larsen, 1983) i principali patogeni per i pesci marini (Vibrio, Aeromonas e Pseudomonas) tramite alcuni terreni selettivi (TCBS, Shotts-Rimler Agar e Pseudomonas Agar F addizionato di cetrimide allo 0,3 %).

I valori dell'acqua della vasca sono stati dell'ordine di 10^6 batteri eterotrofi/100 ml, con oscillazioni contenute in relazione al periodo stagionale. I presunti vibrioni (crescita su TCBS incubato a 24 °C) e la frazione ascrivibile a Vibrio parahaemolyticus e Vibrio alginolyticus (crescita su TCBS incubato a 35°C) hanno dato risultati dell'ordine di 10^4 - 10^5 e di 10^3 /100 ml rispettivamente. In genere le cariche batteriche, come peraltro prevedibile, sono risultate più elevate rispetto a quelle dell'acqua che alimenta l'impianto (Crisafi et al., 1985). I valori ottenuti dalle branchie e dal tratto gastrointestinale dei pesci sono state dell'ordine di 10^4 - 10^5 batteri eterotrofi/grammo a 10^4 - 10^5 presunti vibrioni/grammo. Sembrerebbe esistere una correlazione tra le cariche batteriche del tratto gastrointestinale e la temperatura dell'acqua, probabilmente in relazione al differente comportamento alimentare dei pesci.

Per lo studio qualitativo della flora microbica sono stati isolati complessivamente 250 ceppi. I batteri appartenenti al genere Vibrio sono risultati predominanti nei campioni di pesce esaminati. La specie più frequentemente isolata è stata Vibrio anguillarum.

I risultati ottenuti confermano che microorganismi potenzialmente patogeni come Vibrio anguillarum, Aeromonas hydrophila e Pseudomonas fluorescens possono essere normalmente presenti nell'acqua di mare e quali componenti della flora batterica commensale dei pesci sani. Il rischio di infezione aumenta in relazione ai fattori ambientali, che per gli animali in allevamento sono molteplici e di varia natura.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	421	1985

I TANAIIDACEI DEI LAGHI COSTIERI LAZIALI

F. Maggiore e F. Scaletta

Dip. Biologia Animale e dell'Uomo - Università "La Sapienza", Roma

Nel corso di uno studio interdisciplinare (AA.VV., 1985) sui laghi costieri laziali, sono state rinvenute tre specie di Tanaidacei: Anatanaïs robustus (Moore, 1828), Leptochelia savignyi (Krøyer, 1842) e Pseudoleptochelia anomala (Sars, 1882).

I laghi esaminati sono sei: Fogliano, Monaci, S. Puoto, Caprolace, Fondi e Lungo. Solo in questi ultimi tre sono stati trovati Tanaidacei. I campionamenti sono stati effettuati stagionalmente da V/82 a I/84, tramite benna Van Veen, su una superficie unitaria di 0.1 m².

Il lago di Caprolace è quello che presenta più efficienti scambi con il mare, la cui azione vivificatrice si riflette su tutto il bacino; in esso è stata rinvenuta con un nutrito numero di individui (200 circa) la sola L. savignyi limitatamente alle stazioni più interne. Lungo è un lago salmastro meromittico con una zona di influenza marina circoscritta alla foce, dove sono stati raccolti 15 esemplari di A. robustus. Il lago di Fondi è anch'esso salmastro meromittico ed è collegato con il mare tramite due lunghi e stretti canali di marea: S. Anastasia e Canneto; nella stazione prospiciente la foce di questo ultimo sono state trovate, numericamente ben rappresentate, tutte e tre le specie di Tanaidacei. Fra queste la più abbondante è risultata P. anomala con un totale di 531 individui.

A. robustus, L. savignyi e P. anomala sono specie marine rinvenibili su fondo duro laddove vi sia un certo grado di sedimentazione, vivono infatti in tubi costituiti di sabbia, fango e detrito. A. robustus e L. savignyi, in particolare, preferiscono aree a ridotto idrodinamismo come testimoniano i loro frequenti ritrovamenti in ambienti portuali (Maggiore e Chimenz, in stampa); L. savignyi inoltre risulta ampiamente distribuita nella Laguna di Venezia (Giordani Soika, 1950).

La distribuzione dei tanaidacei appare quindi limitata alle aree dove maggiore è l'influenza del mare. La loro ripartizione si accorda con quella del popolamento bentonico globale che, nelle zone dove sono presenti i suddetti Peracaridi, risulta costituito in prevalenza da specie marine frequenti in ambienti semichiusi (AA.VV., 1985).

La loro presenza su fondo mobile si può interpretare in termini di eterogeneità del substrato: esso è infatti costituito da sedimento fangoso o sabbioso costellato di detrito organogeno di vario tipo, come valve di Molluschi e tubi di Serpulidi che forniscono a questi organismi il substrato duro necessario per il loro insediamento.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1985 - Seminario informativo sui risultati del "Progetto Laghi Costieri". Terracina, 30-31 Gennaio 1985. Amministrazione Provinciale di Latina - Università "La Sapienza" di Roma.
GIORDANI SOIKA A., 1950 - I Tanaidacei e gli Isopodi marini della Laguna di Venezia. Archo Oceanogr. e Limnol., VII (II,III), 1-26.
MAGGIORE F. e CHIMENZ C. - Osservazioni sui Tanaidacei del Porto d'Ischia. Oebalia. (in stampa).

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	422	1985

BIOECOLOGIA DEI BANCHI DI OSTRICA DELLA LAGUNA DI MARANO-GRADO

P. Magliocchetti Lombi *, R. Perdicaro *, M. Bianchini **

* Laboratorio Centrale di Idrobiologia - M.A.F. - Roma

** Prog. Finalizzato I.P.R.A. - C.N.R. - Roma

Nell'ambito del "Progetto sviluppo acquacoltura nazionale" (Legge 984/77), è stato condotto nel 1983 un ciclo annuale di ricerche chimico-fisiche e biologiche sulle acque e sui giacimenti ostraicoli della Laguna di Marano-Grado. Con 14 stazioni per le misure chimico-fisiche e 7 per i prelievi di materiale bentonico sono stati esplorati i bacini di Grado e Porto Buso. Entrambi sono caratterizzati da contenuti medi annuali alti per azoto inorganico (risp. 10.5 e 14.4 µg-at/1) e modesti per fosforo reattivo (risp. 0.06 e 0.04 µg-at/1), fosforo totale (risp. 0.47 e 0.53 µg-at/1) e clorofilla a (risp. 1.41 e 1.37 µg/l). L'ambiente può nel complesso essere considerato in condizioni medie di trofia.

In questa ricerca, oltre agli aspetti biometrici, sono state esaminate le relazioni che intercorrono tra produttività, localizzazione e stagione; una particolare attenzione è poi stata rivolta allo studio dei rapporti interspecifici tra le due specie presenti.

Crassostrea gigas risulta più rappresentata nelle aree interne, mentre *Ostrea edulis* è abbondante soprattutto nelle zone che più risentono direttamente l'influsso dell'ambiente marino.

Solo in una stazione le due specie convivono, mentre in genere esse sono mutuamente esclusive.

Quanto alla distribuzione delle taglie, ambedue le specie mostrano simili percentuali (46 e 48 %) di prodotto vendibile ("commerciale e grandi"); lo scarto in *Ostrea* è principalmente costituito da seme e giovani, mentre in *Crassostrea* è anche in buona parte costituito da esemplari troppo grandi.

L'analisi della varianza (Tabella) evidenzia la mutevole incidenza della stazione e/o della stagione sul peso degli individui.

A prescindere da aspetti sanitari, i banchi ostraicoli della Laguna di Marano-Grado, in specie quelli di ostrica piatta (*Ostrea*), risultano validi sia per qualità che per quantità, e quindi potenzialmente idonei ad uno sfruttamento razionale degli adulti e del novellame.

Analisi della varianza (per il peso) * *Ostrea* + *Crassostrea*

	lung. (mm)	stazione	stagione	interazione
tutte		**	**	**
seme	6 - 29	**	**	**
sottotaglia	30 - 59	**	**	**
commerciale	60 - 79	**	**	**
grandi	80 - 99	**	--	--
extra	100 - 212	--	--	--

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	423	1985

FITOPLANKTON DEL LITORALE PUGLIESE - CAMPAGNA 1984

G. Marano, E. Rizzi

Laboratorio Provinciale di Biologia Marina di Bari

Nella primavera estate 1984, nell'ambito della "classificazione delle acque ai fini della molluschicoltura" sono stati effettuati prelievi di acqua a circa 200 m dalla costa e a 20 cm di profondità in n. 40 stazioni dell'area adriatica pugliese. Le aree di prelievo erano prospicienti fiumi, canali, sbocchi di fogna, bacini portuali oltre ad aree costiere esenti da fonti di inquinamento.

Il fitoplancton, determinato quantitativamente e qualitativamente è stato esaminato su subcampioni fissati in formalina ed opportunamente prelevati dal volume iniziale di un litro.

Nel complesso il fitoplancton è costituito essenzialmente da Diatomee centriche e soprattutto pennate nonché da Dinoflagellati; del tutto trascurabili sono risultati gli altri gruppi, ritrovati solo occasionalmente.

I generi più comuni di Diatomee sono: *Thalassiosira*, *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*, *Licmophora*, *Thalassiotrix* oltre a *Navicula* e *Nitzschia* presenti in numero elevato in tutte le stazioni.

Prorocentrum micans predomina tra i Dinoflagellati; presenti anche *Dinophysis*, *Noctiluca*, *Peridinium* e *Bicraterium*.

Si è altresì notato che il fitoplancton presente nelle aree interessate dal versamento di acque di fogna è quantitativamente inferiore rispetto a quello raccolto nelle aree non soggette a degrado; complessivamente, tuttavia, le zone prossime ai bacini portuali sono quelle in cui si sono osservate fioriture (Bari porto nuovo - *Chaetoceros decipiens* 277.000 cellule/litro).

Si è osservato inoltre che l'area più meridionale (Monopoli - Otranto) è quantitativamente più povera di fitoplancton, mentre il Golfo di Manfredonia, zona notoriamente eutrofica, presenta sempre concentrazioni abbastanza elevate di organismi fitoplanctonici.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	424	1985

VARIAZIONI STAGIONALI DELLA CARICA IN Vibrio sp. IN ORGANISMI DI AMBIENTE SALMASTRO

T. L. MAUGERI *, P. FARAONE *, E. CRISAFI **, V. BRUNI *

* Dipart. di Biol. Animale ed Ecol. Marina - Università di Messina

** Istituto Sperimentale Talassografico C.N.R. - Messina

In precedenti indagini condotte nel lago salmastro di Ganzirri è stata confermata la stretta relazione tra la quantità media dei vibrioni alofili (Vibrio parahaemolyticus e Vibrio alginolyticus) e la temperatura dell'acqua. In tale occasione è stato ipotizzato che questi microorganismi possano sopravvivere a temperature inferiori a 19°C, quando non si riscontrano più nell'acqua, aderendo ai gusci chitinosi dei Copepodi o ad altri organismi presenti nell'ambiente oltre che, come già dimostrato, nei sedimenti (Bisignano et al., 1981) e nell'intestino dei mitili (Alonzo et al., 1981), ricchi di sostanza organica. Poichè ricerche sull'isolamento di germi saprofiti e/o patogeni da pesci selvatici e di allevamento avevano portato alla identificazione di Vibrio anguillarum (Faranda et al., 1982), anche tale specie è stata inclusa nella nostra ricerca.

La nostra indagine è stata condotta sia su esemplari di mugilidi presenti in gran numero nelle acque del lago di Ganzirri, sia su esemplari di Acartia clausi ed A. latisetosa, specie di Copepodi più abbondanti in tale ambiente.

I campioni sono stati sottoposti ad indagine microbiologica sia quantitativa che qualitativa. Per quel che riguarda l'aspetto quantitativo, espresso in MPN/g, veniva registrata la presenza di presunti Vibrio sp. mediante l'utilizzazione del metodo di arricchimento a

41°C, proposto dall'OMS (1977), seguito da conferma su TCBS Agar (Difco) a 35°C.

I ceppi di Vibrio sp. isolati da TCBS sono stati sottoposti a tutta una serie di prove in uso nel nostro laboratorio per la identificazione di microorganismi Gram-negativi di origine ambientale, sia con il metodo API 20 E che con metodi classici.

I risultati ottenuti mostrano che i vibrioni sono sempre presenti durante il corso delle indagini sia sugli organismi zooplanctonici (con valori compresi tra venti e > 2400 MPN/100 ml) che sui pesci (con valori compresi tra 210 e > 2400 MPN/g) e che il loro numero aumenta sensibilmente nel periodo in cui la temperatura supera il valore di soglia di 18-19°C. I dati relativi ai pesci riguardano l'omogeneizzato di branchie in quanto, come era da attendersi, il tessuto muscolare è risultato sterile.

L'identificazione dei ceppi ha dimostrato che V. parahaemolyticus e V. alginolyticus sono prevalenti nei campioni di zooplancton mentre V. anguillarum nei pesci. I risultati ottenuti confermano che in un ambiente tipicamente salmastro V. parahaemolyticus (I e II biotipo), a temperature più basse di 19°C sopravvive sui gusci chitinosi dello zooplancton anche nei periodi in cui non viene rinvenuto nelle acque, probabilmente in una condizione perifitica già dimostrata per un gran numero di specie di batteri marini (ZoBell, 1972).

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	425	1985

CICLO GONADICO DI Diplodus sargus IN ALLEVAMENTO SPERIMENTALE INTENSIVO

V. Micale, F. Perdichizzi, G. Santangelo

Istituto Sperimentale Talassografico C.N.R., Messina

Da due anni conduciamo un'indagine istologica sull'apparato riproduttore della specie Diplodus sargus (L.) (Sparidae, Perciformes, Teleostei). Di tale specie è noto l'ermafroditismo proterandrico; tuttavia, sono stati descritti individui nei quali, pur riscontrandosi gonadi ermafrodite, non si ha successione di fasi sessuali (ermafroditi rudimentali). I dati della letteratura si riferiscono ad animali, di varia età e taglia, allo stato selvatico.

Noi abbiamo invece seguito, per due anni consecutivi, il ciclo sessuale di una popolazione di D. sargus della stessa età (1 anno all'inizio della ricerca) allevata nell'impianto sperimentale dell'Istituto Talassografico di Messina. I risultati, da noi ottenuti, relativi allo studio della maturazione sessuale nel corso del 2° anno di vita (XVI Congresso S.I.B.M., 25-30 settembre 1984) ci hanno indotto ad estendere le nostre osservazioni al 3° anno di vita, allo scopo di verificare: 1) la durata del periodo riproduttivo che, a differenza di quanto avviene in mare, pare estendersi anche ai mesi invernali; 2) la maturazione della gonade e l'eventuale manifestazione del fenomeno di reversione sessuale.

A questo scopo abbiamo prelevato periodicamente le gonadi dei nostri esemplari; le sezioni ricavate sono state osservate al microscopio ottico.

Per quanto riguarda il periodo riproduttivo, abbiamo accertato che esso si discosta notevolmente da quello caratteristico della specie allo stato selvatico. In mare, infatti, D. sargus si riproduce da marzo-aprile a giugno, mentre nelle nostre vasche abbiamo avuto individui pronti per la riproduzione già nei mesi invernali (dicembre-febbraio). Le gonadi di questi esemplari, pur contenendo ancora un certo numero di elementi immaturi, presentavano un deferente già pieno di spermatozoi. Gli stessi individui, d'altronde, presentavano fuoriuscita di liquido spermatico anche per lieve compressione dell'addome.

Per quanto riguarda il rapporto dei due sessi, abbiamo avuto la conferma della dominanza del sesso maschile negli esemplari da noi allevati, dominanza che, pur non essendo assoluta come nel primo anno di esperimenti (100 % di maschi), è comunque nettissima (97% di maschi). Negli individui sviluppatisi come maschi la parte testicolare della gonade mostrava un'intensa attività spermatogenetica, mentre la parte ovarica, quasi sempre meno estesa, si trovava ancora in fase di pre-vitellogenesi e non superava, comunque, lo stadio iniziale del processo vitellogenetico.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	426	1985

THE EFFECT OF EYESTALK REMOVAL ON MOLTING, OVARIAN MATURATION AND VITELLOGENESIS OF Squilla mantis (CRUSTACEA, STOMATOPODA)

A. Mosco, D. Riggio, E. A; Ferrero, R. Marzari

Dipartimento di Biologia - Università di Trieste
Laboratorio di Biologia Marina - Sorgenti di Aurisina (Trieste)

The eyestalks in the Eumalacostraca represent a center for endocrine control. Though more primitive phylogenetically, in the Stomatopods eyestalk removal also: a) elicits an earlier molt (Mann-Whitney U test; $U=64$, $N=26$). It occurs 35 days post operational in average compared with the control animals (66 days on average) deprived of visual input. b) promotes the proliferation of the cement glands which reach 3/5 of their maximum development in 50 days on average, but remain unnoticeable in the control group. c) starts a fast increase of the ovary size, which become visible through the cuticle after 40 days in the experimental animals. Even immature females below the body length size associated with the beginning of maturation in nature (Do Chi, 1975) exhibit ovarian development whereas the ovaries in the control remain inconspicuous.

In animals housed singly in aquaria we tested the effect of eyestalk removal on the amount and the different forms of circulating vitellogenins (VTG), whose different electrophoretical mobilities were already associated with the ovarian maturity cycle (Di Marcotullio et al., 1983).

Females between 12.5 and 16 cm in body length, classified as immature or quiescent by external features, initially contain in their plasma no or little VTG showing an anodic electrophoretic run typical of the immature stages. These remain so during the whole experiment (4 months) in the control group, whereas they disappear after about three weeks in the experimental group. In these the VTG are replaced after two weeks on average by a rapid and massive appearance of the mature forms - more cathodic - which coincides with the storage and the gross ovarian growth.

In the experimental animals the sudden disappearance of the immature circulating VTG can be explained by a temporal uncoupling between the time the uptake of the circulating VTG, by the ovarian accumulating compartment, is activated and the time the production of mature VTG, in the synthetic compartment, starts.

We are thus substantiating the observations made by Deecaraman & Subramoniam (1983) in other Stomatopods, on the changes of morphological parameters following eyestalk removal, such as development of the cement glands, ovarian weight and molt cycle. Moreover the biochemical and functional analysis enable us to devise an experimental model, also in vitro in isolated systems, accounting for the induction, regulation and control of the pattern of production/release, circulation and accumulation of VTG. This work will provide insight on the contribution of each compartment to the processing of these glycolipo-caroteno-proteins.

DEECARAMAN M. and SUBRAMONIAM T., 1983 - Proc. Indian Acad. Sci. (Anim. Sci.), 92, 399-408.

DI MARCOTULLIO A., FERRERO E.A., MARZARI R., 1983 - Boll. Soc. Adr. Sci., 67, 53-67.

DO CHI T., 1975 - Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 39 Suppl., 114-139.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	427	1985

**DECAPOD CRUSTACEA IN BENTHOS SAMPLES COLLECTED BY HARD
BOTTOM "SCRAPING"**

D. Pessani and F. Poncini

Dip. Biologia Animale - V. Accademia Albertina, 17, Torino

To study the hard bottom zoobenthos of Portofino Promontory (Eastern Ligurian sea) samplings by scraping 400 cm standard surfaces were carried out. The first series of 24 samples was collected in november, in the same area (eastern side of Portofino Promontory) from 0 to -20 m; in the second series, the 12 samples were collected at -10 and -20 m in two stations placed on the east and west sides of the Promontory, during three different seasons. Besides the usual phyto and zoobenthonic groups, 433 Decapod Crustacea specimens, ascribing to 27 species, were collected. The species are: Hippolyte longirostris, Thoralus cranchii, Eualus occultus, Athanas nitescens, Synalpheus gambarelloides, Alpheus macrocheles, A. dentipes, Upogebia deltaura, Cestopagurus timidus, Galathea squamifera, G. intermedia, G. bolivari, Porcellana-platycheles, Pisidia bluteli, Sirpus zariguiey, Pilumnus villosissimus, P. hirtellus, P. aestuarii (?), P. sp. 1, P. sp. 2, Pisa nodipes, P. armata, Eurynome aspera, Acanthonyx lunulatus, Inachus leptochirus (?), Achaeus cranchii, Macropodia czerniavskii. Vertical and, where possible, also seasonal distribution of each species was pointed out; the sex and sizes of each specimen were determined. C. timidus is present with the greatest number of specimens. This species, with T. cranchii, A. nitescens and A. dentipes, has the widest vertical distribution, whereas P. villosissimus and M. czerniavskii were collected only at -20 m. The A. macrocheles ovigerous females were noticed in november; the A. dentipes and C. timidus ones in june.

With this peculiar sampling method it is possible to collect small-sized decapods; except some A. dentipes, S. gambarelloides, G. squamifera and P. nodipes specimens, the others did not exceed the length of 1 cm. It is interesting to remark the finding of some alcyonarian Maasella edwardsi colonies on the right carapace side and the third leg of P. nodipes. Also interesting is the finding of numerous very small Pilumnus (P. sp. 1, carapace: mean length = 1.78 mm; mean width = 2.38 mm), bearing on the carapace sides only 4 spines: basing on the other morphological features, they can be considered young P. hirtellus. As a rule, because of their small dimensions, the specimens of the a.m. species can hide into the microhollows of the rocky substratum and shelter among seaweeds and hydroids: therefore they may escape from collections made "at sight" by divers. In this way interesting and seldom recordered species were collected. Among them a special attention must be paid to M. czerniavskii, which is recordered in the Ligurian sea for the first time.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	428	1985

PARAMETRI BIOLOGICI DI Engraulis encrasicolus (L.) IN MAR LIGURE

N. Repetto *, F. Palumbo *, M. Wurtz **

* Coop. C.B.M. (Consulenze di Biologia Marina) - Genova

** Istituto di Anatomia Comparata dell'Università di Genova

I parametri biologici di Engraulis encrasicolus del Mar Ligure sono stati ottenuti esaminando campioni provenienti dalla pesca commerciale.

La popolazione sfruttata risulta composta da due classi di età, con le seguenti caratteristiche:

RELAZIONE TAGLIA/PESO.

	Gruppo I	Gruppo II
Maschi	$P. = .0154 * L.S.^{2.8}$	$P. = .0116 * L.S.^{2.8}$
Femmine	$P. = .0131 * L.S.^{2.8}$	$P. = .0058 * L.S.^{3.1}$

PERIODO RIPRODUTTIVO.

Da Maggio ad Agosto con massimo in Giugno.

TAGLIA DI PRIMA MATURITÀ.

La taglia di prima maturità è stata riscontrata a 90 mm di L.S. in entrambi i sessi.

La curva di accrescimento è stata ricavata seguendo l'evoluzione della taglia media ottenuta dalla distribuzione di lunghezza e frequenza e calcolata col metodo di Bhattacharya (1967) applicando la relazione di Pauly.

Maschi	$L_{inf.} = 138.94$	$K = 0.643$	$TO = - 0.165$
Femmine	$L_{inf.} = 153.68$	$K = 0.161$	$TO = - 0.118$

BIBLIOGRAFIA

- BHATTACHARYA C. G., 1967 - Simple method of resolution of a distribution into gaussian componente. *Biometrics*, 23 (1), 115-135.
 PAULY D., 1983 - Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fish. Tech. Pap.*, (234), 52 pp.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	429	1985

ELECTROPHORETIC VARIABILITY WITHIN THE GENUS *Ophryotrocha* FIRST DATA.

C. A. Robotti, G. Sella, L. Ramella; F. Cervella

Dipartimento di Biologia Animale dell'Università di Torino

The genus *Ophryotrocha* is very important for research in evolutionary biology (Akesson, 1984). The nine species which are reared in lab cultures can be subdivided, according to their reproductive biology into three groups: 1) mainly gonochoric (*O. labronica*, *O. notoglandulata*, *O. costlowi*, *O. macrovifera*, which have a diploid complement = 6 and *O. robusta* with $2n = 10$); 2) consecutive hermaphrodites (*O. puerilis siberti* and *puerilis puerilis* with $2n = 8$); 3) contemporary hermaphrodites (*O. diadema* with $2n = 8$ and *O. hartmanni* with $2n = 10$). Chromosome number do not strictly correlate with reproductive features. A quantitative analysis of karyotypes of the nine species (Robotti et al., in prep.) indicated that, although no strong differences among chromosome pairs are present, the four species with $2n = 6$ represent a homogeneous group.

In order to gather more information about affinities among the *Ophryotrocha* species, an electrophoretic analysis of the genetic variability at the Pgi, Mdh, Est loci was performed. As natural populations of many *Ophryotrocha* species are difficult to be obtained, this preliminary analysis had to be performed on individuals drawn from laboratory strains. Owing to the lab origin of the samples, it was not possible to estimate genetic distances between species, according to Nei's formulae. However interspecific differences could be assessed at a qualitative level (see figure). At the Pgi and Est loci all the species exhibited the same electrophoretic patterns. Electromorphs at the Mdh locus allow a better discrimination among species: the same two electromorphs are common to three of the four gonochoric species with $2n = 6$, thus confirming their high affinity; and the atlantic subspecies of *O. puerilis* (*O. p. siberti*) can be separated by the mediterranean subspecies (*O. p. puerilis*) by a different Mdh allele.

	<i>O. notoglandulata</i>	<i>O. labronica</i>	<i>O. costlowi</i>	<i>O. macrovifera</i>	<i>O. hartmanni</i>	<i>O. robusta</i>	<i>O. diadema</i>	<i>O. p. puerilis</i>	<i>O. p. siberti</i>
Pgi									
Mdh									
Est									

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	430	1985

**ESTUDIO PUNTUAL DE UNA POBLACION DE Aristeus antennatus RISSO 1816,
MEDIANTE CAPTURAS SIMULTANEADAS**

F. Sardà e M. J. Uriz

Inst. de Investigaciones Pesqueras, P. Nacional s/n., Barcelona

Durante Octubre de 1983 se hicieron una serie de capturas simultaneas con 2 barcos de arrastre en la zona de gamba del cañon submarino de Blanes (NE de España) (230-470 brazas), con el fin de determinar la estructura interna de la poblaciòn.

Se observan una relaciòn entre las tallas pequeñas y la profundidad, tanto de machos como de hembras. También se ha estudiado la presencia de espermatòforo en relaciòn con la talla, la muda y el estado de madurez en este periodo de tiempo concreto. El mes de Octubre se presenta como sumamente interesante ya que ha terminado la ultima puesta, es época de reclutamiento de los primeros juveniles y, coincide con una etapa de muda postfreza.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	431	1985

THE SITE OF SYNTHESIS AND THE DISTRIBUTION IN THE DIFFERENT TISSUE COMPARTIMENTS OF Squilla mantis HEMOCYANIN (CRUSTACEA, STOMATOPODA)

A. Savoini *, R. Marzari, E. A. Ferrero

Dipartimento di Biologia - Università di Trieste

* Laboratorio di Biologia Marina - Sorgenti di Aurisina (Trieste)

Squilla mantis hemocyanin, the respiratory pigment circulating in the hemolymph, is characterized by a multimeric structure, the polymorphic subunits of which are represented by 4 polypeptides, similar in molecular weight and close to 70 kdal (Manfioletti et al., 1985).

In the present work we studied the distribution of the non-plasmatic hemocyanin in different organs and tissues to define its possible site of synthesis.

A preliminary investigation carried out by means of SDS-PAGE on protein extracts from different origins showed the occurrence of intracellular hemocyanin in eggs and ovaries, in the hepatopancreas and in those areas rich in sessile hemocyte forms (subhypodermic and gizzard wall reticular connective, subretinal spaces) as well as in circulating hemocytes.

A specifically raised antiserum and applied in the indirect immunofluorescence technique, substantiated the intracellular presence of substantial amounts of hemocyanin in some types of the circulating hemocytes. Such cells however when isolated and incubated with labeled precursors did not show any ability to synthesize the pigment. When the same experiment was performed on the above mentioned organs, the only organ giving positive results was the hepatopancreas, which is identified as a site of synthesis of the hemocyanin. The experimental evidence was gained by running the radioactive protein extracts in immunoelectrophoresis followed by fluorography. Further confirmation was obtained by solubilizing the precipitation arc in the immunoelectrophoresis gel and running it thereafter on SDS-PAGE, a fluorographic band appearing at 70 kdal.

The presence of "cold" hemocyanin in many areas within the reticular connective can be due to the production or the retention of hemocyte differentiating and sessile forms. This is in agreement with the reports for Carcinus, (Ghiretti Magaldi et al., 1977) and for Squilla (Schönenberger et al., 1980). The hemocytes, even the circulating ones, may represent a temporary storage site, as suggested by Johnston et al. (1973). The role played by the cyanoblasts in the synthesis of the hemocyanin, identified by Fahrenbach (1970), by Ghiretti Magaldi et al. (1977) and by Schönenberger et al. (1980) on morphological evidence, would be restricted to a reversible storage compartment, unless in Squilla, contrary to Schönenberger et al. (1980) opinion, cyanoblast differentiation initiates in the hepatopancreatic reticular connective.

FAHRENBACH W. H., 1970 - J. Cell Biol., 44, 445-453.

GHIRETTI MAGALDI A., MILANESI C., TOGNON G., 1977 - Cell Diff., 6, 167-186.

JOHNSTON M.A., ELDER H. Y., DAVIES P. S., 1973 - Comp. Biochem. Physiol., 46 A, 569-581.

MANFIOLETTI G., SAVOINI A., GRAZIOSI G., FERRERO E.A., 1985 - Boll. Zool., 52 (1), in stampa.

SCHÖNENBERGER N., COX J.A., GABBIANI G., 1980 - Cell Tissue Res., 205, 397-409.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	432-433	1985

I MOLLUSCHI DEI LAGHI COSTIERI LAZIALI

F. Scaletta

Dip. Biologia Animale e dell'Uomo - Università "La Sapienza" - Roma

Nell'ambito di una ricerca interdisciplinare condotta dalla prima Università di Roma, è stato studiato il popolamento zoobentonico dei laghi costieri laziali. Si fa qui particolare riferimento alla frazione a Molluschi.

I campionamenti sono stati effettuati stagionalmente, da Maggio 1982 a Gennaio 1984, su un totale di 33 - stazioni distribuite nei diversi laghi, impiegando una benna Van Veen su una superficie unitaria di 0.1 m².

Il lago di Caprolace (Salinità: 32.6-44 ‰) è quello che presenta la maggiore ricchezza specifica (17 specie totali). Il popolamento è caratterizzato in prevalenza da specie marine (Tab. 1) e solo nella porzione centrale del lago si rinviene Abra ovata, specie euriecia e eurialina, tipicamente lagunare.

Diversamente nei laghi di Monaci (Salinità: 17-38.5‰) e Fogliano (Salinità: 28-48 ‰) il popolamento è rappresentato in prevalenza da A. ovata e Cerastoderma glaucum, specie comuni nei fondi fangosi degli ambienti lagunari; solo alla Foce del Duca (Fogliano) sono state ritrovate specie a tendenza più marina. La componente a Molluschi, al contrario di trenta anni fa, non rappresenta più la parte dominante del popolamento bentonico di Fogliano (Ferrero, 1956) ma di essa rimane solo una notevole frazione bioclastica nei sedimenti del lago.

A sud del Promontorio del Circeo i laghi studiati sono caratterizzati da una maggiore profondità ed in particolare i bacini di Lungo e Fondi presentano una condizione di meromissi che limita alle rive la colonizzazione da parte degli organismi bentonici.

Nel lago Lungo (Salinità: 7-26 ‰ in superficie, 26-32 ‰ in profondità) la specie rappresentata dal maggior numero di individui è C. glaucum; solo occasionalmente e nella stazione situata in prossimità della foce sono state trovate specie a tendenza più marina. Nel lago di Fondi (Salinità: 3-13 ‰ in superficie, 10-22 ‰ in profondità), caratterizzato lungo tutto il suo perimetro da barriere organogene a Ficopomatus enigmaticus, l'unica specie rinvenuta tra i Bivalvi è C. glaucum che, per la morfologia e lo stato di meromissi del bacino stesso, è presente in fase giovanile lungo le rive più ossigenate, ma non può colonizzare da adulto i fondi molli anossici del lago. Tra i Gasteropodi è da notare la presenza di Bithynia tentaculata e Physa acuta nella porzione orientale del lago, che risente dell'afflusso di acque dolci provenienti dai Monti Ausoni ed Aurunci.

Il lago di S. Puoto si differenzia completamente dagli altri bacini in quanto è un ambiente dulciacquicolo.

I Molluschi più rappresentati come numero di specie (7) sono i Gasteropodi; tra i Prosobranchi, B. tentaculata e Theodoxus fluviatilis: la prima predilige le acque dolci stagnanti ma, come la seconda, può sopportare anche concentrazioni saline minime. Tra i Polmonati sono state rinvenute altre specie di acque dolci quali Valvata pisci-

nalis e *Acroloxus lacustris*.

Dall'analisi strutturale del popolamento bentonico complessivo (AA.VV., 1985) sono emersi due fattori principali - marinizzazione e trofia - in grado di condizionare la biocenosi, che possono probabilmente essere confermati anche per la frazione a Molluschi. Il primo è evidenziabile nella distribuzione delle specie secondo un gradiente di salinità (Tabella 1), il secondo può essere ipotizzato nella evoluzione del popolamento bentonico che è passato, nell'ultimo trentennio, da una dominanza della frazione a Molluschi all'attuale dominanza della frazione a Policheti, come evidenziato per Fogliano.

SPECIE	LAGHI	CAPROLACE	FOGLIANO	LUNGO	MONACI	FONDI	S. PIETRO
<i>Hiddendorffia oviparum</i> (Scacchi, 1836)		*					
<i>Gibbula albidula</i> (Gmelin in Linnaeus, 1791)		*					
<i>Gibbula adansonii</i> (Payson, 1836)		*					
<i>Gibbula varia</i> (Linnaeus, 1758)		*					
<i>Cerithium vulgatum</i> (Bruguiere, 1792)		*					
<i>Phyllonotus truncatus</i> (Linnaeus, 1758)		*					
<i>Cylope neritica</i> (Linnaeus, 1758)		*					
<i>Conus ventricosus</i> "Munus" Bruguiere, 1792		*					
<i>Bulla striata</i> Bruguiere, 1792		*					
<i>Spurilla neapolitana</i> (Delle Chiaie, 1824)		*					
<i>Venerupis rhomboides</i> (Pomati, 1777)		*					
<i>Venerupis aurea</i> (Gmelin in Linnaeus, 1791)		*					
<i>Loripes lacteus</i> (Linnaeus, 1758)		*					
<i>Ninia reticulata</i> (Linnaeus, 1758)		*					
<i>Naninaea hydatina</i> (Linnaeus, 1758)		*					
<i>Tapes dorsuatus</i> (Linnaeus, 1758)		*	*	*			
<i>Atrina ovata</i> (Philippi, 1836)		*	*	*	*		
<i>Corratodermis glaucum</i> (Poirat, 1789)			*	*	*	*	
<i>Helicobis stagnorum</i> (Gmelin, 1788)					*	*	*
<i>Sithynis lenticulata</i> (Linnaeus, 1758)						*	*
<i>Physa acuta</i> Brumyard, 1805						*	*
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)						*	*
<i>Valvata piscinalis</i> (Müller, 1774)						*	*
<i>Lymnaea auricularia-peregrina</i>						*	*
<i>Planorbis</i> sp.						*	*
<i>Acroloxus lacustris</i> (Linnaeus, 1758)						*	*
<i>Musculium lacustre</i> (Müller, 1774)						*	*

Tabella 1

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1985 - Seminario informativo sui risultati del "Progetto Laghi costieri". Terracina, 30-31 Gennaio 1985. Amministrazione Provinciale di Latina - Università "La Sapienza" di Roma.
- FERRERO L., 1956 - Ricerche fisico-chimiche e biologiche sui laghi salmastri pontini in relazione alla produttività. I - Il lago di Fogliano. B) Ricerche quantitative sulla fauna bentonica. Boll. Pesca Piscic. e Idrobiologia, 11, (n.s.) 2, 187-224.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	434	1985

OSSERVAZIONI SUI NEURONI SOPRAMIDOLLARI DI Uranoscopus scaber L.

V. Sciscioli, R. Gentile, G. Petrosino

Istituto Anatomia Normale e Biologia Veterinaria Università - Bari
Istituto Comunale di Biologia Marina di Nardò (Lecce)

Nell'ambito di ricerche morfologiche (Marini M., Benedetti I., Gentile R., 1978; Gentile R., Sciscioli V. et al., 1984) che già da tempo conduciamo sui neuroni sopramidollari di alcune specie di Teleostei, Crenilabrus pavo C.V., Crenilabrus quinquemaculatus (Bl. Schn.), Crenilabrus scina (Forsk), Crenilabrus mediterraneus (L.), Coris julis (L.) e Nerophis ophidion (L.), abbiamo ritenuto interessante riferire i dati relativi a quelli di Uranoscopus scaber L..

MATERIALI E METODI

Per tale ricerca sono stati prelevati i midolli spinali interi di tre individui di dimensioni diverse che sono stati fissati in Bouin. Dopo inclusione in celloidina-paraffina sono state effettuate sezioni seriate trasversali di sette μ di spessore. I preparati così ottenuti sono stati colorati con bleu di toluidina all'1% in mezzo tamponato a pH 4,6.

DISCUSSIONE.

I neuroni sopramidollari di Uranoscopus scaber L. sono dislocati lungo il midollo spinale, dal calamo fino alla metà della seconda pinna dorsale. Una caratteristica che risalta evidente ed è peculiare di questa specie, e non risulta inoltre presente nelle altre da noi studiate, è quella che in molte sezioni istologiche si osservano più neuroni sopramidollari fino ad un massimo di cinque per campo. Questo reperto, costante in tutti gli individui esaminati, si può osservare all'incirca nel tratto centrale del midollo che presenta i neuroni sopramidollari. Infatti più cefalicamente, e più caudalmente al suddetto tratto, si osservano solo neuroni isolati. Il numero totale dei neuroni sopramidollari, presenti nel midollo di questa specie, ammonta a circa 250. La forma dei neuroni più cefalici è globosa, o leggermente compressa in senso latero mediale. In alcuni campi si riscontra qualche corpo cellulare dall'aspetto piriforme con la parte più ristretta rivolta ventralmente dove risulta evidente il cono di emergenza del neurite. I neuroni più caudali tendono invece ad assumere una forma triangolare. Le dimensioni di detti neuroni variano a seconda della loro dislocazione. Infatti i più cefalici, siano essi isolati o raggruppati, misurano in media intorno ai 40 μ , con i diametri maggiori di circa 50 μ ed i minori di circa 35 μ . I neuroni più caudali e di forma triangolare risultano avere una "base del triangolo" rivolta dorsalmente di circa 30 μ e "l'altezza" di circa 20 μ . Anche in quest'ultimi, ventralmente, è sempre ben osservabile il cono di emergenza del neurite. Infine la sostanza basofila, dal caratteristico aspetto granulare, risulta sempre abbondante, ed uniformemente distribuita.

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	435	1985

SELF-FERTILIZATION EFFECTS ON SOME FITNESS TRAITS IN Ophryotrocha labronica (POLYCHAETA, DORVILLEIDAE) *

G. Sella and M. Zambaldi

Dipartimento di Biologia Animale dell'Università di Torino

O. labronica populations are mainly gonochoric and show a female biased sex-ratio. From a sample of O. labronica collected in Genoa in 1981, one exceptional female was found which proved to be able to self-fertilize and to transmit its selfing ability to its female descent for four subsequent generations, until this selfing line became extinct. It has been thus possible to study self-fertilization effects on eight fitness traits in subsequent generations, which had inbreeding coefficients F [$F_N = 1 - (1/2)^n$, where n is the number of generations] of 0.5, 0.75, 0.87 and 0.93. A control sample with $F = 0$ was obtained by randomly crossing gonochoric individuals of Genoa population. Some traits which are more directly related to fitness (i.e. number of egg masses/individual/day; self-fertilized egg masses/individual; viability rate) markedly decreased with increasing levels of inbreeding.

Regressions on a log scale of the average values of these traits on the corresponding F values are fitted by a second degree polynomial. This pattern indicates synergistic interactions among polygenic loci controlling fitness components, as observed in several Drosophila species. Five other traits (i.e. growth, female body length reached at sexual maturity, average time interval from the sexual maturity to first egg laying, average time interval between successive egg layings, average number of eggs/egg mass) significantly declined only in the first inbred generation. In the subsequent inbred generations these traits gradually reached values comparable to the ones of the outbred sample, as most of the recessive detrimental and lethals have been probably removed from the genetic systems controlling such traits.

In two other Ophryotrocha populations (O. puerilis siberti) from Roscoff and of O. labronica from Naples) a similar trend for the same set of fitness traits was observed, although at a lower level of inbreeding (Sella, 1982a and b).

As synergistic interactions among loci work so as to decrease the amount of mutational load of a population (Mukai, 1969), we can suppose that selfing females, although rare, increase the colonizing ability of O. labronica populations, which are known to undergo strong seasonal fluctuations.

BIBLIOGRAPHY

- MUKAI T., 1969 - Genetics, 61, 749-761.
 SELLA G., 1982a - Cah. Biol. Mar., 23, 83-88.
 SELLA G., 1982b - Cah. Biol. Mar., 23, 171-178.

* Ricerca effettuata con contributo M.P.I. 40 % (Genetica ecologica)

NOVA THALASSIA	7	Suppl. 3	436	1985

CROSTACEI ANFIPODI DEI LAGHI COSTIERI LAZIALI

E. Taramelli, S. Pezzali, L. Venanzangeli

Istituto Zoologia - Dip. B.A.U. - I Università di Roma

Nell'ambito di una vasta ricerca ecologica sui laghi costieri, laziali di Fogliano, Monaci, Caprolace, Fondi e Lungo (Ardiszone, 1984), è stato analizzato il popolamento a Crostacei Anfipodi in questi presente.

I campionamenti vennero effettuati stagionalmente, dall'ottobre 1982 al gennaio 1984 mediante benna Van Venn di 0,05 m² in 33 stazioni scelte nei 5 laghi e mediante grattaggi di superfici solide quali boe, argini, pali ecc. (Gravina e coll., 1984).

Nei 264 campioni esaminati sono stati trovati 33.500 Anfipodi appartenenti a 21 specie. Maggiormente diffuse appaiono le specie tipiche di ambienti mixoalini mediterranei, quali Corophium insidiosum Crawford e Gammarus insensibilis Stock presenti in tutti i laghi, G. aequicauda (Martynov) assente solamente nel lago di Fogliano e Microdeutopus gryllotalpa A. Costa rinvenuto nei laghi di Fogliano, Nonaci, Caprolace. Le altre specie, riferite di norma alle biocenosi ad alghe dell'infralitorale superiore, si ritrovano nel lago di Caprolace o in prossimità delle foci.

Ciascun lago, per quanto riguarda il popolamento ad Anfipodi, ha una sua fisionomia particolare che ben rispecchia le sue condizioni ecologiche e soprattutto il suo grado di "confinamento" (Guelorget e Perthuisot, 1983): Caprolace, che può in effetti considerarsi una baia marina è il lago in cui si osserva il maggior numero di specie; nel lago Lungo, invece, il popolamento è quasi monospecifico, essendo costituito per il 97,3 % da Corophium insidiosum.

Differenze si notano anche nella composizione dei popolamenti raccolti nelle varie stazioni nei singoli laghi, come appaiono notevoli le fluttuazioni stagionali in relazione alle mutevoli condizioni di alcuni parametri fisico chimici, quali la salinità, la temperatura, il pH o il diverso regime idrico (apporti di acqua dolce o marina).

I Crostacei Anfipodi, che insieme agli Anellidi Policheti sono l'elemento dominante del popolamento animale di questi laghi costieri, costituiscono pertanto dei buoni indicatori ecologici tali da contribuire ad evidenziare le caratteristiche di questi particolari e interessanti biotopi.

BIBLIOGRAFIA

- ARDIZZONE G. D., 1984 - Biological characteristics, exploitation and management of fishery resources in coastal lakes of central Italy. Stud. Rev. GFCM/Etud. Rev. CGPM, (61) 2, 461-476.
- GRAVINA F., ARDIZZONE G. D., SCARDI M., FRESI E., 1984 - I Laghi Pontini: ecologia del benthos e sua importanza per il recupero e la promozione produttiva. In: Atti del XVI Congr. SIBM. Oebali (in stampa).
- GUELORGET O. e PERTHUISOT J. P., 1983 - Le domaine paralique. Trav. Lab. Geol., 16, 1-136.

INDICE

<i>Persistence and changes in marine benthic communities</i> (Sarà M.)	pagg. 7-30
<i>The structure and dynamics of marine benthic communities</i> (Warwick R. M.) . . . »	31-42
<i>Dynamics and organization of fish communities</i> Macpherson E.) »»	43-62
<i>Metodi quantitativi in dinamica di popolazioni marine: una panoramica critica</i> (Gatto M.)	>> 63-79
<i>Appunti sullo zooplancton del mediterraneo</i> (Scotto di Carlo B.) »	83-97
<i>Uno studio integrato dell'ecosistema pelagico costiero del golfo di Napoli</i> (Scotto di Carlo B., Tomas C.R., Ianora A., Marino D., Mazzocchi M.G., Modigh M., Montresor M., Petrillo L., Ribera d'Alcalà M., Saggiomo V., Zingone A.) »	99-128
<i>Osservazioni sulla distribuzione verticale di ossigeno e clorofilla nelle acque</i> <i>esterne al golfo di Napoli</i> (Ribera d'Alcalà M., Carrada G.C., Casotti R., Modigh M., Saggiomo V. e Vescia S.) »	129-135
<i>Prime osservazioni su un "bloom" fitoplanctonico lungo la costa marchigiana</i> <i>nell'anno 1984</i> (Artegiani A., Azzolini R., Marzocchi M., Morbidoni M., Solazzi A., Cavolo F.) »	137-142
<i>Un anno di ricerche sul particellato sospeso in una stazione idrologica del golfo</i> <i>di Trieste: risultati preliminari</i> (Fonda Umani S., Fanzutti G.P., Finocchiaro F., Olivotti R., Stravisi F., Gennaro M. e Sichenze S.) »	143-150
<i>Presenza di meduse nella baia di Spotorno (mar Ligure)</i> (Carli A., Aste A., Balestra V. e Pane L.) »	151-155
<i>Distribuzione e dinamica stagionale dei cladoceri e dei copepodi planctonici</i> <i>della sacca di Scardovari</i> (Ferrari L., Carrieri A.) »	157-162
<i>Effetto della salinità sul tasso di accrescimento di Gonyaulax polyedra e</i> <i>Gymnodinium sp. prelevati dalle maree colorate del mare Adriatico.</i> <i>Risultati preliminari</i> (Boni L., Reti M., Arcangeli A.).....»	163-168
<i>Variazioni del tasso di crescita di Chaetoceros protuberans Laud. prima e</i> <i>dopo la fase sessuale</i> (Lazzara L.).....»	169-175
<i>Selaci del Mediterraneo: aggiornamento relativo alla loro sistematica e di-</i> <i>stribuzione</i> (Tortonese E.) »	179-196
<i>Aspetti dell'evoluzione genomica nei selaci</i> (Stingo V., Capriglione T.) »	197-202
<i>Studio preliminare sull'accrescimento dello spinarolo bruno, Squalus feman-</i> <i>dinus (non Molina), in Mediterraneo</i> (Giovanardi O.) »	203-208
<i>Comportamento alimentare di Raya asterias e Torpedo torpedo catturate a</i> <i>sud della foce del Tevere</i> (Minervini R., Rambaldi E.).....»	209-215
<i>Mercury, selenium, cadmium, and lead in three species of selachii from the</i> <i>tyrrhenian sea</i> (Bargagli R., Focardi S., Fossi C., Leonzio C.) »	217-222
<i>Chlorinated hydrocarbons in selachii of the Tyrrhenian sea</i> (Focardi S., Bar- <i>gagli R., Fossi C., Leonzio C.) »</i>	223-228
<i>Il meiobenthos, un interessante capitolo della biologia marina</i> (Grimaldi de Zio S.) »	231-243
<i>Osservazioni sulla distribuzione, sistematica ed ecologia degli Alacaridi (acari)</i> <i>in Italia</i> (Mari M., Morselli I.) »	245-250
<i>Preliminary report of a laboratory experiment on the effects of organic pollu-</i> <i>tion on meiofauna</i> (Sandulli R.) »	251-256

A yearly survey of the invertebrate fauna of <i>Rytichloea tinctoria</i> (Clem.) e. ag. in the Stagnone sound (w/Sicily) (Sparla M.P., Riggio S.)	pagg.	257-261
Genetica ecologica ed evolutiva in copepodi del genere <i>Tisbe</i> (G. Fava)	»	263-268
Un metodo planimetrica per biometrie ed invertebrati marini. Studio preliminare di una popolazione di anellidi policheti (Ambrogio R., Fontana P., Occhipinti Ambrogio A.)	»	269-274
Eutrofizzazione e produzione di pesca (Bombace G.) :.....»		277-295
Significato della fascia delle tre miglia nella gestione e protezione delle risorse , di pesca (Relini G.).....»	»	297-310
Ruolo dei bivalvi nella fascia costiera adriatica (Ceccherelli V.U.)....»		311-336
Considerazioni sul trofismo di una zona costiera alla foce del fiume Metauro (Tegaccia N., Tegaccia T.)	»	337-342
Effetti della riduzione del carico eutrofizzante sulle condizioni chimico-fisiche del lago di Sabaudia. (Campagna di rilevamenti del 1984) (Perdicaro R.)	»	343-348
Indagine sul grado di inquinamento organico del porto di Genova mediante test biologico di laboratorio (Montanari M., Tacchi B.)	»	349-354
Prime valutazioni della biomassa macrofita nella laguna di Orbetello (Gr) in considerazione di uno sfruttamento industriale (Lenzi M., Bombelli V.)	»	355-360
Valutazione e distribuzione dei banchi a Bivalvi nel golfo di Manfredonia (Vaccarella R., Marano G., Pastorelli A.M.)	»	361-366
Confronto tra l'accrescimento di <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lam. nel mar Piccolo e nel mar Grande di Taranto (Tursi A., Matarrese A., Cecere E., Ribocco N.)	»	367-372
Osservazioni sulla struttura di popolazione ed il ruolo trofico di tre specie di Gobidi (<i>Knipowitschia panizzae</i> , <i>Pomatoschistus marmoratus</i> , <i>Pomatoschistus Canestrinii</i>) in un ambiente del delta del Po (Maccagnani R., Carrieri A., Franzoi P., Rossi R.)	»	373-378
La riserva naturale dello Zingaro (Sicilia nord occidentale): dati faunistici preliminari sull'ambiente costiero (Riggio S., Badalamenti F., Chemello R., Corriero G., Gristina M., Piraino S., Restuccia V., Sparla M.P.)	»	379-384
Analisi bioeconomica di alcuni dati del mercato ittico alla produzione di Goro (delta del Po) (Rossi R., Carrieri A., Franzoi P.)	»	385-391
Un'analisi bioeconomica di alcuni dati del mercato ittico di Milano (Cavallin R., Gatto M., Laniado E., Stavanon F.)	»	393-398
<i>Aspidiophorus</i> sp., gastrotrico interstiziale: morfologia e ciclo riproduttivo (Balsamo M.)	»	401
Presenza di Iphitine cuenoti (<i>Annelida: Iphitimidae</i>) in mar Ligure (Bellomi S., Mori M.)	»	402
Gli idroidi della barriera artificiale di Fregene (Belluscio A., Chimenz C.).....»	»	403-404
Primi dati sulla variabilità genetica in <i>Paracentrotus lividus</i> Lam. (<i>Echinoidea</i>) dell'area adriatica (Bisol P.M., Patarnello T.)	»	405
Interrelazioni tra <i>Cymodocea nodosa</i> (Ucria) aschers. e <i>Zostera noltii</i> Ornem. in un prato misto superficiale dell'isola di Ischia (Buia M.C., Russo G.F., Mazzella L.)	»	406-408
Inquinamento da idrocarburi nelle acque del mar Piccolo di Taranto (Cardellicchio N.)	»	409
Ittioplancton di Clupeiformi nel basso Adriatico (Casavola N., Marano G., De Martino L.)	»	410

<i>Effetti metabolici del digiuno in tessuti di Dicentrarchus labrax l. in rapporto a diete sperimentali</i> (Cattani O., Carpenè E., Isani G., Cortesi P.).....	pagg. 411
<i>Ecologia dello stagno di San Teodoro. 1. rendimenti di pesca: 1980-1985.</i> (Fanciulli G., Curto R.)	» 412
<i>La fauna interstiziale</i> (Fassetta L., Pucci P., Priore G., Tosi S., Taramelli E.).....	» 413
<i>Preliminary data on benthic fauna of a Cymodocea nodosa (Ucria) Aschers., meadow in the gulf of Salerno (Thirrhenean sea): Polychaetes.</i> Gambi M.C., Giangrande A.)	» 414
<i>Alcuni aspetti dell'insediamento di Balanidi nel porto di Genova</i> (Geraci S., Romainone V., Fasciana C., Relini G.)	» 415-417
<i>Indagine preliminare sulle diatomee planctoniche del lago di Faro (Messina).</i> (Giuffrè G.)	» 418
<i>La sporulazione di funghi marini in acqua a diverse salinità</i> (Grasso S., Panebianco C.)	» 419
<i>Indagini microbiotiche su esemplari di Diplodus sargus in allevamento intensivo.</i> (La Ferla R., Crisafi E., Genovese L., Maugeri T.L., Zaccone R.).....	» 420
<i>I Tenaidacei dei laghi costieri laziali</i> (Maggiore F., Scaletta F.).....	» 421
<i>Bioecologia dei banchi di ostrica della laguna di Marano-Grado</i> (Magliocchetti Lombi R., Perdicaro R., Bianchini M.)	» 422
<i>Fitoplancton del litorale pugliese - Campagna 1984</i> (Marano G., Rizzi E.).....	» 423
<i>Variazioni stagionali della carica in Vibrio sp. in organismi di ambiente salmastro</i> (Maugeri T.L., Faraone P., Crisafi E., Bruni V.)	» 424
<i>Ciclo gonadico di Diplodus sargus in allevamento sperimentale intensivo</i> (Micale V., Perdicchizzi F., Santangelo G.)	» 425
<i>The effect of eyestalk removal on molting, ovarian maturation and vitellogenesis of Squilla mantis (Crustacea, stomatopoda)</i> (Mosco A., Riggio D., Ferrero E.A., Marzari R.)	» 426
<i>Decapod Crustacea in benthos samples collected by hard bottom "scraping"</i> (Pessani D., Poncini F.)	» 427
<i>Parametri biologici di Engraulis encrasicolus (L.) in mar Ligure</i> (Reperto N., Palumbo F., Wurtz M.)	» 428
<i>Electrophoretic variability within the genus Ophryotrocha first data.</i> (Rebotti C.A., Sella G., Remella L., Cervella P.)	» 429
<i>Estudio puntual de una poblacion de Aristeus antennatus Risso 1816, mediante capturas simultaneas</i> (Sardà F., Uriz M.J.)	» 430
<i>The site of synthesis and the distribution in the different tissue compartments of Squilla mantis hemocyanin (Crustacea, Stomatopoda)</i> (Savoini A., Marzari R., Ferrero E.A.)	» 431
<i>I molluschi dei laghi costieri laziali</i> (Scaletta F.).....	» 432-433
<i>Osservazioni sui neuroni sopramolluschi di Uranoscopus scaber L.</i> (Sciocioli V., Gentile R., Petrosino G.)	» 434
<i>Self-fertilization effects on some fitness traits in Ophryotrocha labronica (Polychaeta, Dorvilleidae)</i> (Sella G., Zambaldi M.)	» 435
<i>Crostacei anfipodi dei laghi costieri laziali</i> (Taramelli E., Pezzali S., Venanzangeli L.)	» 436