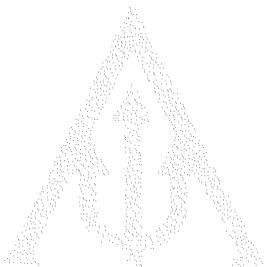


**ACCADEMIA INTERNAZIONALE  
DI SCIENZE E TECNICHE SUBACQUEE  
USTICA**



**LA CRISI DEL MEDITERRANEO  
IN SEGUITO ALLA FIORITURA  
DI MASSE ALGALI**

QUADERNO N. 9

Giugno 1992



**Atti della Tavola rotonda  
Firenze, 13 ottobre 1991**



Desidero porgere il benvenuto ai relatori che partecipano a questa Tavola Rotonda.

Un particolare ringraziamento all'European Diving Exhibition che ospita questa manifestazione con l'intervento del «Gruppo Ricerche Scientifiche e Tecniche Subacquee» di Firenze che ha organizzato questo incontro aderendo volentieri alla richiesta dell'European Diving trattandosi di un argomento così attuale e sentito sia in ambito scientifico che in quello sociale. Siamo lieti di essere riusciti a riunire personalità dell'ambiente naturalistico, con rappresentanti del Ministero della Marina Mercantile nella persona del Direttore Generale dott. Matteo Baradà e del Primo Dirigente dell'Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare dott. Rolando Lupi. Un grazie particolare all'Assessore dell'Ambiente della Regione Toscana dott. Maurizio Franceschini.

Desidero porgere il saluto a tutti i presenti da parte dell'amico Alessandro Olschki presidente del «Gruppo» che non ha potuto essere oggi con noi per motivi di salute.

Con filmati e diapositive, verranno illustrate le situazioni rilevate dai ricercatori nelle diverse masse d'acqua interessate dal fenomeno delle mucillagini presenti sia in mare Adriatico che in mar Tirreno.

Ci auguriamo che da questo incontro possa scaturire un primo documento per chiarire opinioni ancora discordanti.

A questa Tavola Rotonda, ha dato il proprio patrocinio l'Accademia Internazionale di Scienze e Tecniche Subacquee di Ustica, qui rappresentata da molti Accademici.

Rinnovando il ringraziamento del Gruppo Fiorentino a tutti i relatori intervenuti, lascio loro la parola.

PAOLO NOTARBARTOLO DI SCIARA



GIUSEPPE GIACCONE\*

## Nematotalli algali mucillaginogeni sulle coste della Sicilia e delle sue isole minori

### INTRODUZIONE

Gli operatori della piccola pesca costiera conoscono da sempre in Sicilia il fenomeno della fioritura algale con nematotalli mucillaginogeni, che si verifica in maniera più o meno consistente con periodismo stagionale, tra giugno e ottobre in tutta la provincia neritica dell'infralitorale e del circolitorale.

Lo testimonia l'esistenza di un gergo marinaro consolidato per questo fenomeno che sporca ed appesantisce le reti da posta ed abbatte il rendimento del pescato. I pescatori siciliani chiamano da sempre le mucillagini algali «lippu (che in siciliano significa alga) mortu» e le acque da loro infestate «acqua pisanti o acquazza»; altri pescatori delle piccole isole chiamano il fenomeno «Sbromu» attribuendone la causa a fenomeni di riproduzione massiva.

Nella mia lunga frequentazione dei fondali marini (dai lontani anni '60!) ho raccolto una ricca documentazione fotografica che testimonia la presenza di mucillagini già nel 1966 sulle Paramuricee a - 50 m delle isole Eolie e a varia profondità dell'infralitorale sulle reti delle tonnare del trapanese tra il 1960 ed il 1970.

La prima volta che il fenomeno mi apparve massivo e preoccupante fu però nel 1985 sui fondali della Sicilia sud orientale da Gela a Siracusa con conseguenze distrofiche, illustrate anche fotograficamente nel volume *La vita del mare*

---

\* Ordinario di Algologia nell'Università di Catania - Vicepresidente dell'Accademia Internazionale di Scienze e Tecniche Subacquee. Ustica.

*vista dal biologo* (G. Parrera e G. Giaccone, 1986) e nella monografia *Stato dell'ambiente marino costiero in Sicilia* (G. Giaccone, 1987).

Parlando di questo fenomeno con gli operatori dei mass-media ho sempre smentito la natura misteriosa e di piaga biblica del fenomeno, riportandolo come tipologia alla vegetazione di pleustofite secondarie o metaphyton (Round, 1981), cioè di forme algali filamentose bentopleustofiche, che fanno seguito in fase adulta di senescenza ad un periodo (inverno-primavera) di normale vita epifitica e semiendofitica sulle macrofite algali e fanerogamiche dell'infralitorale inferiore.

È noto, infatti, in letteratura che mediamente tra i 12 e 45 metri di profondità si instaurano deboli correnti unidirezionali, dovute alla trasformazione del moto ondoso (zonazione idrodinamica di Riedl, 1971).

Questo idrodinamismo può trasformarsi in fenomeni di upwelling, qualora lungo un determinato tratto costiero spiri per un periodo di tempo apprezzabile (nell'ordine di settimane) un vento a direzione costante, che in Sicilia in estate proviene con frequenza dai quadranti meridionali o occidentali.

I fenomeni di rimescolamento e di risalita delle acque dei fondali costieri mobilitano una enorme quantità di materiali organici intrappolati nel sedimento ed innescano intensi fenomeni di mineralizzazione batterica con produzione di macro e micronutrienti e biostimolanti, come la vitamina B12 (G. Giaccone, 1981; S. Genovese, 1974).

Qualora nei fondali ci sia un accumulo di sostanza organica, o per fenomeni di autoinquinamento (aree di decantazione di detriti organici) o per fenomeni di eutrofizzazione antropica, allora si ha un sinergismo moltiplicativo del processo, che può spiegare l'abnorme fioritura delle alghe produttrici di mucillagini, qualora ai periodi ventosi fanno seguito periodi di mare calmo.

Nelle calme estive si esalta la stratificazione termica e salina, che può portare al completo isolamento degli strati vicino al fondo, dove si stanno realizzando gli intensi fenomeni di produzione ed utilizzazione di nutrienti e biostimolanti.

In queste condizioni si hanno sul fondo crisi di ossigeno, diminuzione del pH ed altri fenomeni di stress, che portano il metaphyton a produrre enormi quantità di mucillagini (Round, 1981).

## MATERIALI E METODI

Tra gli organismi che costituiscono la flora epi-endofitica di *Posidonia oceanica* (su substrato mobile), di *Cystoseira spinosa* (o specie vicarianti su substrato duro), ce ne sono alcuni in grado di sviluppare talli in forma di grovigli filamentosi e con capacità potenziali di secernere grandi quantità di involucri mucilluginosi e di rifissarsi attivamente sui substrati che investono.

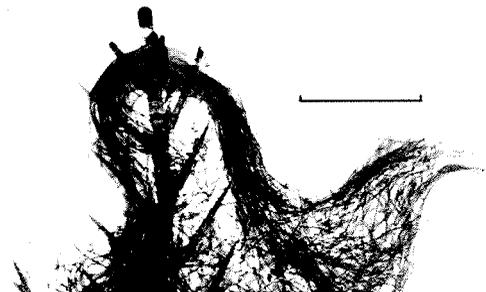
Sulle coste della Sicilia e delle isole minori ho determinato tra questi organismi alcune Ectocarpacee filamentose del ciclo *Feldmannia-Giffordia* con aspetto di *Acinestospora crinita* (Carmichael) Sauvageau (Knoeppfler-Peguy M., 1974; Amsler C.D., 1984) ed ancora specie appartenenti all'ordine Chordariales, frequenti sulle coste sud orientali della Sicilia; specie di Cianofitice Oscillatoriacee con prevalenza di *Microcoleus lyngbyaceus* (Kuetzing) Crouan ad Ustica, nelle Eolie e nelle Pelagie.

Sartoni *et al.* (1991) segnala nell'Arcipelago toscano la dominanza di una Crisofita: *Tribonema marinum* J. Feldmann.

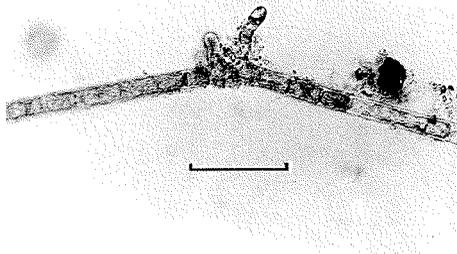
In Sicilia meridionale (Gela) si sono avute fioriture di una Rodofita rodomeloide *Lophocladia lallemandii* (Montagne) Schmitz.

La responsabilità maggiore nelle matasse mucillaginose sviluppatesi nei mari siciliani è però a carico di *Acinestospora crinita* e di *Microcoleus lyngbyaceus*.

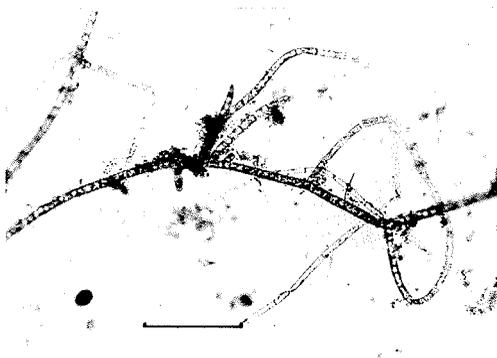
I campioni sono stati raccolti manualmente mediante immersioni con A.R.A. e con il metodo quantitativo usato in fitosociologia, cioè con l'asportazione di tutto il complesso substrato-vegetazione in superfici a fisionomia biocentrica omogenea.



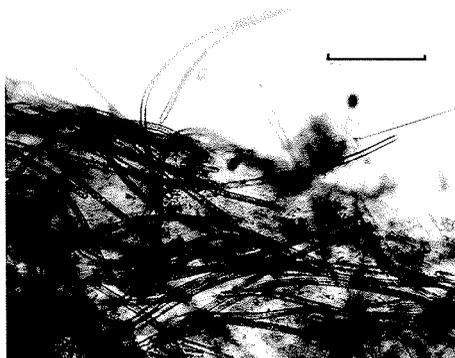
1 - *Acinetospora crinita*.  
Aspetto dei feltri algali. \_\_\_\_\_ : 100  $\mu$ m



2 - *Acinetospora crinita*.  
Inizio di sviluppo. \_\_\_\_\_ : 200  $\mu$ m



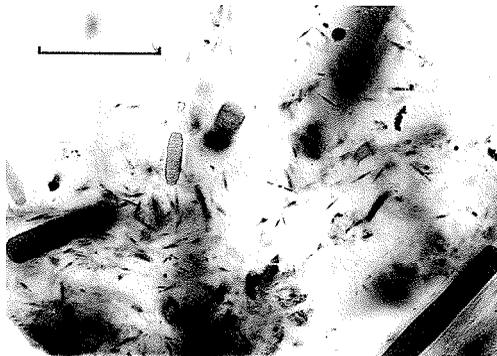
3 - *Acinetospora crinita*.  
Ramificazione. \_\_\_\_\_ : 200  $\mu$ m



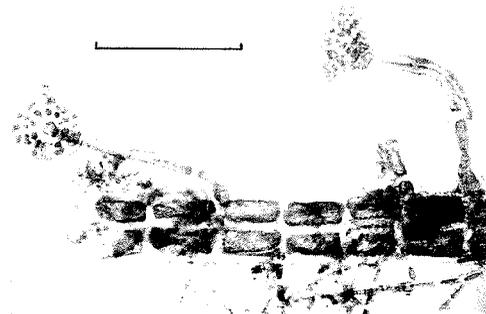
4 - *Microcoleus lyngbyaceus*.  
Aspetto del feltro. \_\_\_\_\_ : 200  $\mu$ m



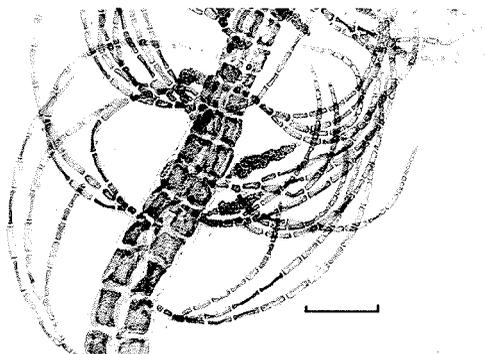
5 - *Microcoleus lyngbyaceus*.  
Filamenti. \_\_\_\_\_ : 100  $\mu$ m



6 - *Microcoleus lyngbyaceus*.  
Propoguli. \_\_\_\_\_ : 100  $\mu$ m



7 - *Microcoleus lyngbyaceus*.  
Filamento sterile. \_\_\_\_\_ : 1 mm



8 - *Lophocladia lallemandii*.  
Gametofito maschile. \_\_\_\_\_ : 100  $\mu$ m

I campioni in parte sono stati posti in capsule refrigerate per le colture sperimentali in laboratorio ed in parte fissate in acqua di mare addizionata al 4% di formalina del commercio per il successivo smistamento e lettura al microscopio ottico.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

La determinazione dei campioni raccolti nel Mar Tirreno, nello Jonio e nel Canale di Sicilia tra giugno ed ottobre dal 1966 al 1991, evidenzia le seguenti componenti dominanti nelle matasse filamentose e mucillaginose.

Cyanophyta - Oscillatoriaceae

*Microcoleus lyngbyaceus* (Kuetzing) Crouan

(ecotipi nel ciclo di *Oscillatoria limosa* C. Agardh e di *Oscillatoria sancta* (Kuetzing) Gomont

Chrysophyta - Xanthophyceae (Tribonematales)

*Tribonema marinum* J. Feldmann

Phaeophyta - Ectocarpales

*Acinetospora crinita* (Carmichael) Sauvageau

(stadi del ciclo *Feldmannia-Giffordia*)

Rhodophyta - Ceramiales

*Lophocladia lallemandii* (Montagne) Schmitz

Mentre alcune Ectocarpacee in primavera si presentano anche semiendofitiche soprattutto sulle Fulcales, le altre componenti sono generalmente epibionti diffuse su flora e fauna betonica ed in particolare sullo strato fotofilo delle biocenosi, solo occasionalmente si hanno forme epilitiche, psammofile e pelofile.

In ambienti riparati come le baie interne ed in particolare nelle lagune costiere le masse filamentose tendono a salire in

superficie e a trasformarsi gradualmente in meso- ed acropleustofite, man mano che ci si avvicina al periodo tardo-estivo e primo-autunnale.

Generalmente si osserva nella dominanza tra i feltri algali una successione dalla primavera, all'estate, all'autunno con taxa rispettivamente appartenenti alle Tribonematales e Cladophorales (primavera), alle Ectocarpales e alle Chordariales (estate), alle Ceramiales e Oscillatoriales (autunno).

La composizione chimica della mucillagine varia con il variare dell'agente dominante nelle matasse filamentose e condiziona anche la presenza di saprofiti batterici e fungini utilizzatori dei mucopolisaccaridi secreti dalle alghe.

#### DANNI E BENEFICI DELLE FIORITURE ALGALI

I danni delle fioriture algali bentoniche sono state, a mio parere, eccessivamente amplificate dai mass-media anche per una errata assimilazione con i fenomeni di neve marina, che si verificano in Adriatico e in aree subtropicali e tropicali, dove può esserci un vero e proprio fenomeno di anossia diffusa e anche di intossicazione delle acque e dei prodotti della pesca.

Gli unici danni, ma molto localizzati, dovuti alle fioriture metafitiche sono a carico di fenomeni distrofici dovuti ad eccessivo accumulo di produzione organica sulle biocenosi bentoniche, senza una bilanciata produzione di ossigeno fotosintetico per i processi di mineralizzazione o di utilizzazione eterotrofa più in generale.

Questo spiega i danni maggiori causati dal fenomeno in fondali caratterizzati dal prevalere nelle biocenosi della componente animale (Gorgonie, Briozoi, Spugne, Idrozoi, ecc.).

Ma nel bilancio danni-benefici è opinione degli esperti e mia personale che i benefici di questo fenomeno superano i danni.

La sostanza organica prodotta sul fondo e successivamente mineralizzata, infatti, è la fonte principale di nutrienti per sostenere la produzione complessiva dell'ambiente costiero,

che in Mediterraneo è generalmente oligotrofico, anche se in maniera più contenuta delle acque del mare aperto.

Nelle isole al largo la fonte di rifornimento di materiale organico nella catena trofica è data essenzialmente da questa massima produzione vegetale nel periodo primaverile-estivo e alla sua demolizione nel periodo autunnale.

Quindi il fenomeno, se non è reso abnorme da fenomeni meteo-marini eccezionali e da una eccessiva eutrofizzazione antropica in aree costiere urbanizzate e con scarso ricambio, si può considerare espressione naturale del succedersi periodico delle fasi di produzione, mineralizzazione ed utilizzazione della materia organica in natura, fasi che si realizzano sia in mare che in terra.

L'entità del fenomeno in maniera sinergica può essere esaltata da abbondanti piogge che dilavano i bacini imbriferi dei corsi d'acqua e le reti fognanti della città; dall'ossidazione batterica di idrocarburi versati in maniera massiva per cause accidentali o per il continuo sversamento di acque di lavaggio delle petroliere; dalla diffusa presenza di sostanze tensioattive in tutta la massa d'acqua ed infine dalla concentrazione di metalli pesanti nei sedimenti che alterano l'interfaccia con l'acqua ed il ritmo dei fenomeni di umificazione nei substrati mobili.

In conclusione si tratta di un fenomeno naturale nelle origini, ma che può essere reso abnorme per i fenomeni diffusi di inquinamento di origine antropica, per fenomeni costieri di up-welling da vento, per la risalita di acqua intermedia levantina in aree occidentali molto vaste.

Dal 1980 è operante il protocollo di Atene volto ad abbattere l'inquinamento di origine terrestre, l'Italia lo ha ratificato solo nel 1985 con la legge n. 128, ma ancora assistiamo allo sversamento «legale» dei fanghi di escavo dei porti sulla zona neritica, allo smaltimento delle acque reflue lungo la costa e all'esistenza di sversamenti accidentali e dolosi di idrocarburi in tutto il bacino del Mediterraneo.

Per seguire il fenomeno è necessario potenziare i

laboratori e le navi di ricerca con mezzi e personale adeguati a sostenere la ricerca di base universitaria, per la comprensione dei fenomeni naturali e la individuazione degli eventuali rimedi.

## BIBLIOGRAFIA

- AMSLER C.D., 1984. *Culture and field studies of Acinetospora crinita (Carmichael) Sauvageau (Ectocarpaceae, Phaeophyceae) in North Carolina, U.S.A.* «Phycologia», 23 (3): 377-382.
- FONDA UMANI S., GHIRARDELLI E., SPECCHI M., 1988. in A. Brambati (ed.). *Il fenomeno del «mare sporco» nell'Adriatico.* C.N.R. Progetto strategico Oceanografia e Tecnologie marine: 37-42.
- GENOVESE S., 1974. *Processi di autodepurazione del mare.* Atti della Tavola Rotonda «La Biologia per la difesa e la produttività del mare» Livorno.
- GIACCONE G., 1981. *Il fitobenthos: indicatori biologici e meccanismi di riciclaggio nei fenomeni eutrofici.* «Quad. Lab. Tecnol. Pesca Ancona» 3(1 suppl): 395-407.
- GIACCONE G., 1987. *Stato dell'ambiente marino costiero in Sicilia.* Lega Navale Italiana Sez. di Agrigento. Quaderno n. 25.
- KNOEPEFLER-PEGUY M., 1974. *Le genre Acinetospora Bornet 1891 (Phaeophyceae, Ectocarpales).* «Vie et Milieu» 24 (1) sez. A:43-72.
- PERRERA G e GIACCONE G., 1986. *Il mare costiero visto dal biologo.* Ed. STASS. Palermo.
- ROUND F. E., 1981. *The ecology of algae.* University Press, Cambridge.
- SARTONI G., SONNI C., 1991. *Prime indagini sulle formazioni mucillaginose bentoniche osservate sulle coste toscane nell'estate del 1991.* «Informatore botanico» (in stampa).

## RIASSUNTO

I blooms di alghe filamentose pluricellulari, verificatisi in Mediterraneo da giugno ad ottobre 1991, sono studiati nella loro fenomenologia lungo le coste della Sicilia e delle sue isole minori.

Sono individuati gli agenti produttori di mucillagini in alcune Cromofocofita (*Tribonema marinum*, *Acinetospora crinita*), Cianofita nematotalliche (*Microcoleus lyngbyaceus*) e nelle Rodofita rodomeloidi (*Lophocladia lallemandii*).

Si avanzano ipotesi sulle cause scatenanti e sui probabili sinergismi antropici: risalita di acque profonde eutrofiche, fenomeni di biostimolazione per attività microbiologica con effetti anche allelopatici di eccessivo metabolismo ossidativo di prodotti organici di origine urbana, agricola e di idrocarburi sversati in maniera accidentale e dolosa.

Parole chiave: Aggregati mucilluginosi, Sicilia, *Tribonema marinum*, *Acinetospora crinita*, *Microcoleus lyngbyaceus*, *Lophocladia lallemandii*.

## SUMMARY

Blooms of pluricellular filamentous algae, like those occurred in several areas of the Mediterranean Sea from June to October 1991, were studied along Sicily's and adjacent islands' coastline.

Mucilaginous aggregates are mainly due to some Chromophycophyta (*Tribonema marinum*, *Acinetospora crinita*), nematothallic Cyanophyta (*Microcoleus lyngbyaceus*) and rhodomelaceous Rhodophyta (*Lophocladia lallemandii*).

Some factors, i.e. eutrophic deep waters upwelling, biostimulation by microbiological activities, noticeable oxidative metabolism of organic material of both urban and agricultural origin as well as of hydrocarbons accidentally or fraudulently shed, seem to play a fundamental role in determining such a phenomenon.

Key words: Mucilaginous aggregates, Sicily, *Tribonema marinum*, *Acinetospora crinita*, *Microcoleus lyngbyaceus*, *Lophocladia lallemandii*.

GIOVANNI DIVIACCO\*

## **Aggregati gelatinosi in Mar Tirreno durante l'estate 1991: indagini sulla presenza e sull'evoluzione del fenomeno**

### INTRODUZIONE

Le sostanze gelatinose vengono prodotte sia da alghe unicellulari, appartenenti a diverse specie (soprattutto Diatomee) del *plancton* e del *benthos* (Giani *et al.*, 1990; Stachowitsch *et al.* 1990), sia da alghe macrofittiche filamentose del *benthos* (Fritsch, 1935).

Una contenuta produzione di queste sostanze, costituite generalmente da mucopolisaccaridi, sembra rientrare nella normalità fisiologica delle specie interessate. Le cause di una abnorme formazione di tali prodotti, come è accaduto negli ultimi anni in Adriatico, e durante l'estate 1991 in Tirreno, sono però ancora sconosciute, anche se esistono varie ipotesi, che prendono in considerazione fattori climatici, idrologici, di difesa o di adattamento a situazioni di stress. Nessuna di esse è da scartare, ma tutte necessitano di essere dimostrate scientificamente, tramite opportune indagini.

### LA COMPARSA DEL FENOMENO IN TIRRENO

La presenza di abnormi quantità di sostanze mucillaginose nelle acque e sui fondali tirrenici, dal litorale livornese sino alla Sicilia settentrionale e parte della Sardegna è stata segnalata, da pescatori e da subacquei, a partire dalla fine di luglio 1991, anche se sporadiche presenze in alcune località risalgono

---

\* ICRAP, via L. Respighi, 5 - Roma.

a periodi precedenti (1989, 1990 e primavera 1991). A differenza di quanto riscontrato in Mar Adriatico, gli affioramenti in superficie sono stati sporadici, e di estensione molto ridotta, come evidenziato dalle immagini satellitari elaborate da Telespazio per il bacino tirrenico.

Il fenomeno era già conosciuto dai pescatori, anche se non in tali proporzioni, con vari nomi locali (brommo, mare sporco, ecc.), ma le dimensioni da esso raggiunte nel corso dell'ultima estate hanno allarmato gli addetti della pesca, inducendoli a chiedere l'intervento delle autorità preposte.

I Ministeri della Marina Mercantile e dell'Ambiente hanno chiesto quindi la collaborazione delle autorità marittime e delle strutture scientifiche; queste, peraltro, avevano già iniziato ad indagare sul fenomeno, al fine di mapparlo e di seguirne l'evoluzione. Anche l'ICRAP ha avuto l'incarico dai due Ministeri citati di raccogliere e di mettere a disposizione informazioni e dati, e si è conseguentemente attivato in proposito. Il Ministero della Marina Mercantile, in particolare, nella duplice necessità di conoscere il problema sia sotto l'aspetto ambientale, per le eventuali conseguenze sugli ecosistemi marini, sia per le implicazioni negative sulle attività di pesca, ha affidato all'Istituto il compito di condurre indagini di campo e di raccogliere tutte le informazioni disponibili.

## L'ATTIVITÀ DELL'ICRAP IN MAR TIRRENO

L'ICRAP, quindi, oltre raccogliere e cartografare le informazioni provenienti da Istituti, Capitanerie di Porto e da altre fonti, ha eseguito sopralluoghi tecnico-scientifici nelle seguenti località costiere tirreniche, fornendo in tempo reale al Ministero della Marina Mercantile il quadro delle situazioni di volta in volta riscontrate:

**1-17 Agosto, Isole Eolie**, indagini subacquee con campionamenti, riprese televisive e riscontro dei danni alle attività di pesca.

**7-8 Agosto, Ladispoli**, rilevamenti subacquei ed esame degli attrezzi da pesca;

**9-10 Agosto, Golfo di Salerno**, in collaborazione con la Stazione Zoologica di Napoli, indagini subacquee, campionamenti ed operazioni di pesca a strascico ed a circuizione;

**25 Agosto, promontorio del Circeo**, immersioni subacquee;

**27 Agosto, Golfo di Salerno**, sempre in collaborazione con la S.Z.N., indagini subacquee, campionamenti ed operazioni di pesca;

**3 Settembre, promontorio dell'Argentario**, osservazioni sui danni alle attività di pesca;

**6 Settembre, Anzio**, osservazioni sui danni alle attività di pesca;

**6 Settembre, Golfo di Salerno**, insieme con personale della Stazione Zoologica, indagini in immersione, campionamenti ed operazioni di pesca;

**25-26 Settembre, Isola di Ponza**, rilevamenti subacquei ed indagine sui danni alle attività pescherecce.

Il materiale raccolto nel corso delle campagne è stato quindi analizzato in laboratorio, soprattutto per quanto riguarda la componente microalgale.

## MAPPATURA DEGLI AGGREGATI GELATINOSI IN MAR TIRRENO

Sulla base delle indagini dirette e delle segnalazioni pervenute è stato stilato il seguente quadro relativo alla presenza delle gelatine in Mar Tirreno durante l'estate 1991. Per ogni zona viene indicata, tra parentesi, la fonte dei dati.

### 1) **Costa livornese (Meloria-Calafuria)**

Alghe filamentose bentiche con produzione di mucillagini, sviluppate sugli altri organismi del benthos, sono state segnalate oltre i 20 m. Intorno alla metà di Agosto rilevamenti subacquei ed aerei non hanno però messo in evidenza alcuna formazione mucillaginosa. Non vengono segnalate masse flottanti o sospese (Università di Pisa).

**2) Isole di Gorgogna e Capraia**

Alghe filamentose bentiche sottocosta oltre i 20 m con produzione di mucillagine (Università di Pisa).

**3) Punta Ala**

Sostanze mucillaginose sul fondo osservate in immersione già negli anni 1988/90 (Università di Firenze).

**4) Isola di Pianosa**

Alghe filamentose bentiche con mucillagine (Università di Pisa).

**5) Zona 20 mgl a NW dell'Argentario**

Presenza discontinua di mucillagine a 20 m circa di profondità (Compamare di Portoferraio, su segnalazione di pescatori locali).

**6) Formiche di Grosseto**

Feltro mucillaginoso sul fondo osservato in immersione dai 15 ai 30 m di profondità già nel giugno 1990, ma molto più esteso durante il mese di Agosto di quest'anno, soprattutto nella parte occidentale (Università di Firenze).

**7) Tratto costiero del Parco della Maremma (tra la foce dell'Ombrone e Talamone)**

Grande chiazza galleggiante bianca trasparente e cremosa segnalata dal personale del Parco, e scomparsa nell'arco di due giorni. Indagini condotte dall'Università di Firenze nel luglio 1991 hanno rilevato la presenza di formazioni cremose galleggianti nello stesso tratto (Università di Firenze).

**8) Promontorio dell'Argentario**

Lungo la costa occidentale del promontorio, presso l'Argentarola, e su una secca al largo, sono state segnalate, tramite immersioni subacquee, formazioni mucillaginose sul fondo, a partire dai 15-20 m di profondità (Università di Firenze).

Il materiale campionato in immersione dai ricercatori del-

l'Università di Pisa, ed a profondità superiore a 20 m sempre nella zona occidentale, è risultato costituito da alghe filamentose (tra cui Ectocarpacee) e soprattutto da cellule di *Tribonema marinum* (Tribophyceae) aggregate tra loro, in gran quantità, oltre ad altri gruppi di microalghe (Diatomee, Peridinee, etc.). I filamenti macroalgali risultano avvolti da sostanza gelatinosa. (Università di Pisa). Il fenomeno (presenza di filamenti algali bentici) sembra quindi differenziarsi da quello (mucillagini sospese nella colonna d'acqua) riscontrato nel Tirreno meridionale.

Altre segnalazioni riferiscono ancora di fiocchi di sostanza mucillaginosa ricoprenti il substrato tra Argentarola, Cala Piccola e Cala Grande (Fiocchia e Sanna).

Anche i pescatori hanno ripetutamente segnalato la presenza, nel tratto costiero dell'Argentario, di masse gelatinose che, in modo discontinuo, hanno interessato la zona oggetto della piccola pesca, sui fondali tra 15 e 50 m. In particolare, nella zona antistante Punta Cala Grande tali masse sono apparse più compatte, provocando ostruzioni ed appesantimenti alle reti (Compamare Livorno).

## **9) Isola del Giglio**

Vengono segnalate forme algali filamentose ricoperte di sostanza gelatinosa (Università di Pisa).

Masse mucillaginose sono state riscontrate soprattutto nella parte meridionale (Fiocchia e Sanna).

## **10) Isola di Montecristo**

Mucillagini a livello del fondo, oltre i 20 m di profondità, sono state rilevate in immersione. Pescatori hanno segnalato l'intasamento delle reti ad opera di una sostanza gelatinosa 12 mg/l a SO dell'isola (Università di Firenze).

## **11) Isola di Giannutri**

È stata rilevata una torbidità diffusa nella colonna d'acqua (Università di Firenze).

## **12) Litorale tra Civitavecchia e Latina**

Esistono segnalazioni da parte dei pescatori a strascico lungo tutto il tratto citato, con un'interruzione davanti alla foce del Tevere. La sostanza mucillaginosa è risultata presente in maggiore quantità da 3 a 4 mg/l dalla costa (su fondi da 30 a 80-100 m), in cui sarebbe riscontrato un intasamento completo delle reti, mentre sembra sia apparsa in quantità minore più al largo, da 5 a 10 mg/l dalla costa, su fondali di 100-500 m; in quest'ultimo caso avrebbe provocato un intasamento parziale, via via minore con l'aumento della profondità (SO.PRO. MAR).

## **13) Ladispoli**

Operatori della piccola pesca con reti da posta hanno segnalato, nei primi giorni di agosto, la presenza di sostanze gelatinose che occludevano le maglie delle reti. Rilevamenti subacquei eseguiti dall'ICRAP il giorno 7 agosto in una zona indicata dai pescatori su di un fondale di 15 m, e l'esame delle reti, salpate la mattina dell'8 agosto, hanno avuto esito negativo (ICRAP).

## **14) Fiumicino**

Nei primi giorni di agosto si sono avute difficoltà nella pesca a circuizione con un successivo miglioramento a partire dal giorno 7 agosto (Segnalazione dei pescatori all'ICRAP).

## **15) Promontorio del Circeo**

Il litorale roccioso e le secche antistanti, esaminati in immersione, hanno presentato, a partire dai 15 m di profondità, e comunque 1 m circa sotto il termoclino, cospicue formazioni mucillaginose sul fondo (ICRAP).

## **16) Isole Pontine (Ponza, Gavi, Zannone, Palmarola)**

Immersioni effettuate nel mese di agosto hanno rilevato la presenza, in vari punti dell'arcipelago, di formazioni gelatinose in gran quantità soprattutto sul fondo, ma talvolta anche nella colonna d'acqua. In particolare:

Secca di Gavi, da 18 a 55 m, ma in maggiore quantità tra 20 e 35 m, sul fondo;

Formiche di Ponza, stessa distribuzione sul fondo e presenza anche lungo la colonna d'acqua;

Secca del Varo di Zannone, stessa distribuzione sul fondo;

Secca di Mezzogiorno a Palmarola, stessa distribuzione sul fondo e presenza lungo la colonna d'acqua;

Secca Zirri, stessa distribuzione sul fondo.

Non sono state osservate morie di organismi bentici, a parte due aragoste, avvolte dalla gelatina. Verso il 20 Settembre il fenomeno era praticamente scomparso (ICRAP).

### **17) Tratto costiero da Capo Circeo a Gaeta**

Il fenomeno era già segnalato in tutto il tratto di questione dalla fine di luglio da parte dei pescatori locali, con reti da posta e strascico, i quali lamentavano l'intasamento e l'appesantimento, delle reti. Le gelatine, nelle prime due settimane di agosto, si estendevano più o meno sopra l'isobata dei 50 m, verso il largo a 4-5 mgl (zona del Circeo), e a 2-3 mgl (zona di Gaeta).

Il 3 agosto un campione raccolto in superficie, a circa 100 m dalla costa, è stato analizzato dalla USL di Latina, che vi ha rilevato abbondante materiale gelatinoso, privo di alghe vive

Un'immersione subacquea effettuata nella zona il giorno 21 agosto fino a circa 60 m, non ha più rilevato la presenza del materiale (Compomare Gaeta).

### **18) Golfo di Napoli**

Il fenomeno è risultato di rilievo, con una presenza proporzionale all'aumento di profondità del fondale, interessando in maniera generalizzata il Golfo e coinvolgendo tutti i tipi di pesca con reti; queste sono risultate notevolmente appesantite, con difficoltà di salpamento (Compomare Castellamare di Stabia).

È stata svolta un'operazione di mappatura in un'area appartenente al compartimento di Torre del Greco, alla profondità di 60 m, riscontrando la presenza di materiale fangoso

di colore bruno verdastro, che ha provocato danni alle attività di pesca (Compamare Torre del Greco).

### **19) Golfo di Salerno**

L'indagine condotta dalla Stazione Zoologica di Napoli e dall'ICRAP il giorno 9-8-91, il 27-8-91 e il 6-9-91, sia tramite peschate con diversi metodi e a diverse profondità, sia tramite immersioni subacquee, ha permesso di mappare il fenomeno nell'intero golfo. Formazioni gelatinose sono risultate presenti praticamente in tutta l'area a partire dalla profondità dei 20 m, estendendosi anche nella colonna d'acqua, e fino a diverse miglia della costa (l'indagine si è svolta fino a circa 15 mgl al largo). Le mucillagini si sono presentate in formazioni inizialmente a «fiocchi», aggregate quindi in cordoni e ragnatele di dimensioni via via maggiori con la profondità, sospesi nella massa d'acqua e raggiungenti il fondo. Le osservazioni non hanno rivelato presenza di filamenti macroalgali, ma solamente quella di microalghe unicellulari (Diatomee, peridinee, etc.). Sono stati riscontrati direttamente problemi per l'attività di pesca, sia a strascico, sia, soprattutto, a circuizione (ICRAP, Stazione Zoologica di Napoli).

Ulteriori informazioni dell'Autorità marittima locale hanno confermato i dati suddetti (Compamare Salerno).

### **20) Tratto costiero da Punta Licosa a Marina di Camerota e Golfo di Policastro**

Ricercatori dell'Università di Napoli hanno segnalato, nei primi giorni di agosto, nel tratto tra Agropoli e Sapri, formazioni mucillaginose fluttuanti tra la superficie e 20 m di profondità, le quali ricoprivano le posidonie. Intorno al 10 agosto il fenomeno appariva in attenuazione (Università di Napoli).

Da istruttori subacquei di Palinuro è stata segnalata, già dal 5 luglio, la presenza di ammassi di filamenti gelatinosi bianco/verdastri presso Punta Quaglia, tra 9 e 55 m di profondità. Il fenomeno si è quindi esteso da Agropoli a Sapri. La temperatura a livello del fondo, tra 40 e 50 m, risultava di

circa 3°C più bassa di quella degli anni precedenti. Sono state osservate variazioni di lunghezza delle formazioni, nel corso delle 24 ore, con una riduzione da 50 cm a pochi cm.

Nella notte del 15 agosto la corrente è variata provocando un aumento di temperatura di 2°C. Subito dopo si è notata una riduzione di dimensione degli aggregati. Il fenomeno è risultato presente saltuariamente anche nella colonna d'acqua. Nella zona interessata sono stati osservati organismi bentici morti (gorgonie, echinodermi ed altri gruppi). Sono stati raccolti campioni, per successive analisi (ICRAP).

### **21) Tratto costiero del Compartimento di Reggio Calabria**

Il fenomeno è stato rilevato in forma lieve nelle acque dello stretto di Messina ed in quelle antistanti Bagnara Calabria e Scilla, con sostanze trasparenti e filamentose di circa 20/30 cm, in concomitanza con l'entrata della corrente «scendente», che dal Tirreno attraversa lo stretto verso lo Ionio. Vi sono segnalazioni da parte dei pescatori su danni all'attività di pesca (Compamare Reggio Calabria).

### **22) Tratto costiero da Capo d'Orlando a Messina**

Presenza di mucillagini in notevole quantità da Villafranca Tirrena a Capo d'Orlando e a Santo Stefano di Camastra, in fondali da 5 a 800 m. I sistemi di pesca danneggiati dal fenomeno sono cianciolo, tremaglio e reti da traino.

Il litorale ionico non pare sia stato interessato al fenomeno (Compamare Messina).

### **23) Isole Eolie**

La segnalazione di lievi formazioni mucillaginose risale alla fine di luglio. In quel periodo si è assistito ad un rapido incremento della loro presenza. Alla metà del mese di agosto i fondali di tutte le isole erano interessati dal fenomeno sotto al termoclino (circa 20 m) con una coltre gelatinosa ricoprente gli organismi del benthos. Sono stati effettuati con esito positivo rilevamenti, riprese video e campionamenti da ricercatori ICRAP fino a 60 m, ma la sostanza, presente a partire dai 10

m, è stata trovata in quantità anche sulle reti da pesca calate a 120 m.

Le formazioni sono state segnalate in alcuni casi anche nella colonna d'acqua, in cui sembravano spostarsi in base alla corrente. L'aspetto, in tal caso, era di filamenti liberi i lunghezze tra i 10 cm ed 1 m, mentre sul fondo erano presenti forme a batuffolo o più complesse. In superficie la sostanza è risultata praticamente assente. Si sono riscontrati danni alla piccola pesca locale, soprattutto con reti da posta, per le cui attività in questione sono state bloccate dagli inizi di agosto (ICRAP).

#### **24) Litorale di Palermo**

Nei due campioni prelevati il 12 ed il 14 agosto a Isola delle Femmine e Mondello, è stata rilevata la presenza di sostanza mucillaginosa di odore molesto e colore verdastro, contenente diatomee in elevate concentrazioni (65% e 80%), come risulta dall'analisi del Presidio Multizonale di Prevenzione di Palermo (Compamare Palermo).

#### **25) Sardegna Orientale**

Sono stati segnalati da qualche pescatore leggeri filamenti sulle reti tra Capo Altano e Carloforte. Ispezioni della Capitaneria hanno avuto esito negativo (Compamare Cagliari).

Oltre a quelle elencate, sono pervenute altre segnalazioni, relative soprattutto alla costa orientale sarda, e riferibili sempre alla medesima tipologia. A settembre, infine, si è assistito ad un regresso del fenomeno, che verso la fine del mese era praticamente scomparso.

### **LE IMPLICAZIONI SULLE ATTIVITÀ DI PESCA**

I sopralluoghi eseguiti da personale tecnico-scientifico dell'ICRAP in varie marinerie dislocate lungo la costa tirrenica e gli imbarchi su pescherecci svolgenti le normali operazioni di pesca (si veda, ad es., Diviaco *et al.* 1991) hanno permesso di

constatare l'influenza degli aggregati gelatinosi sui diversi tipi di pesca professionale.

**Pesca a circuizione.** Se una ridotta quantità di mucillagine non esercita un'eccessiva influenza su tale attività, la loro presenza abbondante nella colonna d'acqua e la loro proprietà di aderire ad ogni tipo di supporto provocano un notevole appesantimento della rete, con conseguente immersione della lima dei sugheri. Ciò, anche nel caso la cattura del pesce sia stata fruttuosa, può avere come effetto la fuga del pesce stesso dal varco apertosi in superficie. Inoltre, il maggior peso della rete, ricoperta di gelatina trasparente, oppone una notevole resistenza al recupero, causando un continuo sovrasforzo del verricello salparete, ed un'eccessiva inclinazione laterale del natante. Oltre ad una riduzione del rendimento di pesca, sorgono quindi notevoli problemi anche sulla conduzione a termine delle operazioni in condizioni di sicurezza.

**Pesca a strascico.** Anche in questo caso, deboli quantitativi di gelatine miste a fango hanno solamente l'effetto di appesantire la rete, facendo aumentare il consumo di carburante e ridurre il rendimento di pesca. Una presenza più massiccia richiede invece un netto aumento di potenza di traino e determina successivamente notevoli difficoltà di recupero dell'attrezzo. Il sacco, non appena salpato a bordo, può giungere a contenere diversi quintali di muco e fango aggregati, e scarse quantità di prodotto commerciale.

**Pesca da posta (con tramagli).** L'ispezione delle reti da posta ha permesso di rilevare, in alcuni casi, una cospicua quantità di sostanze mucose aderenti alle maglie, la quale provoca, anche in questo caso, un appesantimento dell'attrezzo, rendendo difficoltose le operazioni di recupero, oltre ad una riduzione della capacità di cattura.

## CONSIDERAZIONI

I campioni prelevati nel Golfo di Salerno, con reti a strascico, a circuizione e da posta, sono stati esaminati in

laboratorio al microscopio ottico, per determinare la composizione floristica. Nei prelievi effettuati con la rete a strascico si è osservata la presenza prevalente di Diatomee bentiche (in particolar modo dei generi *Nitzschia*, *Pleurosigma* e *Cylindrotheca*), oltre a teche di Dinoflagellati. La rete a circuizione ha permesso di raccogliere buone quantità di mucillagine, costituita da una matrice trasparente contenente granuli giallastri, ed inglobante in prevalenza Diatomee planctoniche (soprattutto del genere *Chaetoceros*) e, in misura minore, teche e cisti di Dinoflagellati. I campioni prelevati dalle reti da posta hanno rivelato la presenza soprattutto di Diatomee bentiche del genere *Nitzschia*. Come ricordato da Stachowitsch *et al.* (1990), sebbene anche le Diatomee bentiche possono produrre muco, il fenomeno rimane in genere limitato e ristretto ad aree situate sotto costa. D'altro canto, la presenza di elevate quantità di gelatine lungo la colonna d'acqua ed anche a grande distanza dalla costa, accompagnata principalmente da Diatomee planctoniche, sembrerebbe favorire l'ipotesi di un'origine «planctonica».

La situazione riscontrata lungo le coste toscane (Sartoni, 1991) pare invece legata ad un'origine «bentica»; infatti le formazioni mucillaginose sono state riscontrate, dai ricercatori toscani (Università di Firenze e di Pisa), sopra ed attorno ad organismi del benthos, in associazione con due macrofite bentiche, *Tribonema marinum* ed *Acinetospora crinita*, che potrebbero essere le principali responsabili della produzione di muco a livello del fondo.

Se la ricerca scientifica, quindi, ha ormai da tempo permesso di identificare diverse specie vegetali del plancton e del benthos, quali responsabili della formazione di sostanze gelatinose, non ha ancora chiarito gli aspetti legati alle cause che ne determinano una produzione così abbondante. Le varie ipotesi, a cui si è accennato in precedenza, possono essere tutte degne di attenzione, ma necessitano di conferme più accurate, ed è prematuro chiamare in causa l'inquinamento, in quanto le zone interessate sono spesso situate in mare aperto o lungo tratti di costa lontani da fonti inquinanti.

Da quanto detto si evince che, sebbene molti ricercatori siano da tempo impegnati, con buoni risultati, su questa problematica, soltanto un programma organico di indagini, coordinate per quanto concerne i suoi molteplici aspetti (fisiologico, chimico, ecologico, oceanico, ecc.), potrà permettere di giungere in tempi ragionevoli, alla comprensione del fenomeno.

## RINGRAZIAMENTI

Numerosi ricercatori, privati ed istituzioni hanno gentilmente fornito dati in loro possesso sul manifestarsi del fenomeno e ad essi si rivolge il più vivo ringraziamento. Mi preme inoltre ringraziare gli amici della Stazione Zoologica di Napoli per la fruttuosa collaborazione. Desidero infine ricordare tutti i colleghi ed i collaboratori dell'ICRAP, che hanno partecipato alle indagini di campo ed alle analisi del materiale raccolto, ed in particolare i dott. Marino Vacchi, Leonardo Tunesi ed Elena Guerrera.

## BIBLIOGRAFIA

- DIVACCO G., TUNESI L. e VACCHI M., 1991. *Presenze di sostanze mucillaginose nel Golfo di Salerno e loro impatto sulle attività di pesca*. Relazione ICRAP del 29-8-91, non pubblicata: 1-3.
- FRITSCH, F.E., 1935. *The structure and reproduction of the Algae*. Cambridge University Press, Cambridge.
- GIANI M., CICERO A. M., SAVELLI F., BRUNO M., DONATI G., FARINA A., VESCHETTI E., VOLTERRA L., 1990. *Marine snow in the Adriatic sea: a multifactorial study*. In: *Congress on Marine Coastal Eutrophication*, Bologna, 21-24-3-1990: in stampa.
- SARTONI G., 1991. *Tribonema marinum...* In stampa in questo stesso volume.
- STACHOWISCH M., FANUKO N. e RICHTER M., 1990. *Mucus aggregates in the Adriatic Sea: An overview of stages and occurrences*. P.S.Z.N.I. «Marine Ecology», 11 (4): 327-350.





DIVIACCO, fig. 1 - Aggregato di mucillagine nella colonna d'acqua.



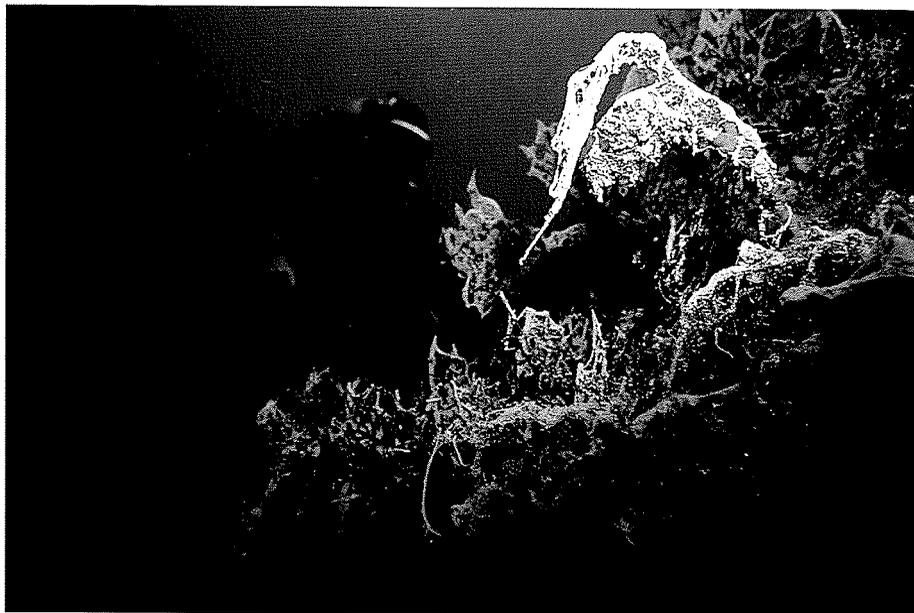
DIVIACCO, fig. 2 - Rete a strascico ricoperta di sostanze gelatinose.



DIVIACCO, fig. 3 - Intasamento delle maglie della rete.



DIVIACCO, fig. 4 - Recupero del sacco terminale.



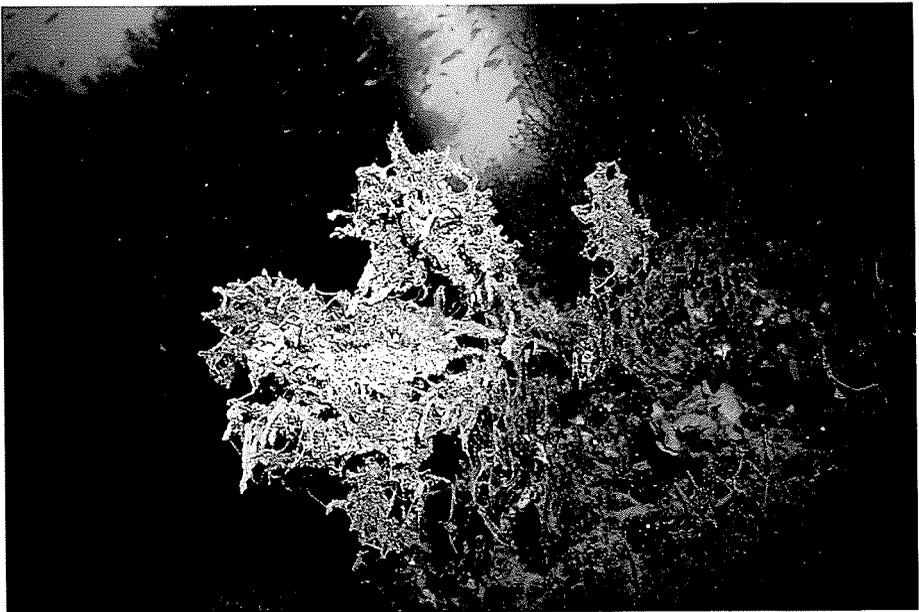
CINELLI, fig. 1 - Formazioni «metafittiche» iniziali su substrato roccioso.



CINELLI, fig. 2 - Stadio avanzato di copertura mucillaginosa in profondità su *Paramuricea clavata*.



CINELLI, fig. 3 - Festoni di *Tribonema marinum* e *Acinetospora crinita* su *Paramuricea clavata* in fase avanzata del fenomeno.



CINELLI, fig. 4 - Formazioni mucillaginose bentoniche su differenti substrati in profondità.

FRANCESCO CINELLI\*

## Il «caso» Argentarola

Vorrei approfittare dell'occasione offertami dagli avvenimenti accaduti durante i mesi di Luglio ed Agosto, appena trascorsi, per mettere in evidenza come, una osservazione casuale effettuata in immersione possa dare origine all'evidenziazione di un fenomeno che si è rivelato, poi, in tutta la sua drammaticità nell'intero Mediterraneo. E come purtroppo ci sia una diffusa tendenza alla ricerca dello «scoop» giornalistico piuttosto che ad una serena e ragionata interpretazione di certe notizie.

Mi riferisco al fenomeno «mucillagini» ed a quanto è stato riportato dai «mass media» durante le scorse settimane.

Bisogna anche spiegare perché queste righe hanno per titolo: «Il caso Argentarola».

Il giorno 15 luglio u.s., su invito di alcuni amici subacquei che frequentano assiduamente le acque dell'Argentario per le loro immersioni, fui sollecitato a partecipare ad una di esse, in quanto erano stati osservati dei fenomeni strani alcuni giorni prima. Mi dissero che lungo le pareti dello scoglio dell'Argentarola, che erano soliti visitare per la bellezza e per gli spunti fotografici offerti, erano apparsi abbondanti ciuffi di filamenti a forma di bambagia che avevano piano piano ricoperto tutti gli organismi del fondale.

Sollecitato da queste notizie e da altre che mi erano giunte da diverse zone del Tirreno, mi immersi lungo la parete di nord-ovest dell'Argentarola laddove avevo il ricordo di una rigogliosa parete letteralmente ricoperta da Gorgonie rosse e

---

\* Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università di Pisa.

gialle, da colonie di briozoi, da spugne, alghe e circondata da sciami di castagnole rosse, ricca anche di corallo.

Non vi nascondo che lo spettacolo che ci si presentò dinnanzi, già a cominciare dai 10-15 metri, fu oltremodo scioccante. Decine e decine di metri quadrati di parete invasi da una sorta di gelatina filamentosa che si avviluppava su qualsiasi organismo un po' sollevato dal fondo: sulle *Cystoseirie*, sulle *Posidonie*, sui primi rami di *Gorgonie* gialle e bianche e su qualsiasi altra superficie. La colorazione giallo-brunstra stava a indicare un notevole accumulo anche di sedimento all'interno delle formazioni filamentose.

Scendendo oltre i venti metri, il fenomeno si rivelava ancora più accentuato con una invasione vera e propria da parte di questi filamenti mucilluginosi di quasi tutti gli organismi, con particolare evidenza per le *Gorgonie* rosse. La quasi totalità di questi organismi si presentavano infatti completamente ricoperti, lasciando intravedere piccole porzioni delle colonie ancora viventi.

Un calcolo approssimativo ci permise di valutare che almeno il 70-80% delle colonie di *Gorgonia* ed, in misura simile, anche gli altri organismi erano ricoperti da queste formazioni mucilluginose.

Effettuiamo alcuni campionamenti ed una estesa documentazione fotografica.

Fu notato che in molti casi, sullo scheletro delle colonie di *gorgonie* morte, erano già molto accresciute colonie di *Idroidi*, *Briozoi*. *Spugne* e da alcune macroalghe bentoniche. Questo stava ad indicare che i danni sulle colonie di *Gorgonia* avevano cominciato a manifestarsi con molta probabilità, già negli anni precedenti.

Nei giorni successivi l'esame del materiale raccolto ci permise di individuare diverse alghe filamentose aggregate attorno ad una matrice amorfa gelatinosa ma, a parte l'entità del fenomeno, non fummo in grado di valutarne la genesi né l'importanza.

Continuarono ad arrivare notizie simili da altre zone del Tirreno meridionale, dalla Sicilia, dalla Sardegna e dalla Corsi-

ca, molte ad opera di colleghi di altre Università o di Istituti di Ricerca, altre per l'interessamento dell'Associazione «Marevivo» che aveva allertato le proprie delegazioni.

A parte l'emergenza mucillagini e la gravità che il fenomeno potrà assumere a livello Tirrenico, con le inevitabili conseguenze economiche legate al turismo ed alla pesca, a parte le polemiche di questi giorni tra le differenti scuole di pensiero che attribuiscono a cause diverse la genesi del fenomeno stesso, c'è da mettere in evidenza comunque che purtroppo sempre più spesso ci troviamo di fronte all'emergenza senza che ci sia stata alcuna possibilità di prevedere i fenomeni, ma neppure di conoscerli a fondo e neppure di seguirne la fisiologia. Oggi esiste una nuova emergenza: le mucillagini. Ancora una volta la gente vuol conoscere la verità. Vuole sapere perché si sono formate, quali sono state le cause, quali saranno gli effetti sul turismo, se saranno nocive per la balneazione, se avranno il massiccio sviluppo avuto in Adriatico. D'altra parte i pescatori che trovano le reti avvilluppate nella gelatina sono fortemente preoccupati per il loro futuro e vogliono, dagli addetti ai lavori, risposte chiare, immediate ed inequivocabili.

I ricercatori cercano di indagare, di valutare, di ipotizzare. Ma i tempi per avere risposte sono in genere abbastanza lunghi ed i mezzi finanziari e le risorse umane, come al solito scarseggiano. I Ministeri competenti nicchiano e si scaricano le responsabilità ed intanto il Mediterraneo continua ad essere aggredito ed a ribellarsi con le patologie che tutti conosciamo. Alcuni anni fa c'è stata una moria generalizzata degli Spondili, poi quella dei ricci di mare, poi l'invasione massiccia delle meduse. Le praterie di *Posidonia oceanica*, l'unico vero polmone sottomarino che il «Mare nostrum» possiede sono in lenta ma costante regressione un po' dappertutto. Le mucillagini contribuiscono ad aumentare il degrado dei fondali.

Si ripete spesso, e possiamo anche essere d'accordo, che non si possono invocare cause precise rispetto a tanti fenomeni che sono legati, probabilmente, a molte concause. Sarà l'inquinamento, si sente ripetere spesso. Ma quale? Quello da

idrocarburi, da metalli pesanti, da fiumi, da turismo di massa? Saranno le variazioni climatiche a livello planetario che fanno cambiare le correnti?

Come si vede siamo purtroppo di fronte ad una ridda di interrogativi ai quali è spesso difficile, se non impossibile dare risposte certe ed immediate.

L'Argentario, come molte altre zone d'Italia, è anche un punto importantissimo di turismo subacqueo. Quel turismo che potrebbe essere utilmente indirizzato verso forme di collaborazione e di integrazione delle ricerche come avviene, ormai da alcuni anni, all'Isola del Giglio, per quei subacquei che seguono i Corsi per Ricercatore Scientifico Subacqueo che si tengono tutti gli anni a Settembre nella baia del Campese.

L'Argentarola che è diventata un «caso» nazionale per le mucillaggini, potrebbe rappresentare il simbolo per iniziative coordinate ed importanti per una conoscenza finalmente approfondita del nostro Mediterraneo ma anche per una sua salvaguardia e gestione oculata e corretta.

GIANFRANCO SARTONI E CRISTINA SONNI\*

***Tribonema marinum* J. Feldmann e *Acinetospora crinita* (Carmichael) Sauvageau nelle formazioni mucillaginose bentoniche osservate sulle coste toscane nell'estate 1991\*\***

INTRODUZIONE

Nell'ambiente marino la comparsa di formazioni mucillaginose bentoniche, ovvero di complessi mucilluginosi che avvolgono più o meno completamente organismi sessili, è un fenomeno sporadico e per lo più determinato da cianofitiche filamentose provviste di guaine diffluenti. Di norma queste formazioni risultano più frequenti in ambienti di acqua dolce, laghi o corsi d'acqua debolmente fluenti, dove il loro sviluppo è favorito dalla presenza di supporti, rappresentati da macrofite acquatiche, e da condizioni oligotrofiche e di leggera acidità (Round, 1959).

Il popolamento algale, costituito da organismi immobili o scarsamente mobili, che aderisce alle macrofite grazie alla secrezione diretta di mucillagini o sfruttando la produzione mucillaginosa delle forme algali effettivamente epifite, viene indicato, a seconda degli autori, con termini quali: periphyton, pseudoperiphyton, pseudoplancton o, più correttamente, come metaphyton (Round, 1981). Sia nell'ambiente marino che in quello di acqua dolce il progressivo sviluppo del popolamento metafitico determina comunque la formazione di una massa gelatinosa, flocculosa e diffluente che, tipicamente, mostra una scarsa relazione con la superficie dell'ospite.

Nell'estate del 1991, per cause non ancora accertate, sulle

---

\* Dipartimento di Biologia Vegetale, Università degli Studi di Firenze.

\*\* Questo lavoro, nella sua stesura definitiva, è stato accettato per la pubblicazione sull'«Informatore Botanico Italiano».

coste toscane ed in altre località tirreniche, si è verificato un notevole aumento di formazioni mucillaginose bentoniche. La dimensione del fenomeno ha creato numerosi problemi all'esercizio della pesca e non poche preoccupazioni nelle amministrazioni locali, anche in relazione ad eventi analoghi, di ben più vaste proporzioni, verificatisi negli ultimi anni nel mare Adriatico (Fonda Umani *et. al.*, 1989; Stachowitsch *et al.*, 1990).

In questo primo contributo, oltre ad illustrare la situazione rilevata mediante una diretta osservazione dei popolamenti bentonici, si propone un modello interpretativo sulla genesi e sullo sviluppo di queste formazioni. A questo proposito è comunque opportuno sottolineare che questi primi dati sulla interpretazione del fenomeno si basano esclusivamente sul materiale raccolto in quattro stazioni toscane; una eventuale applicazione su scala più vasta del modello proposto richiede ulteriori indagini e confronti fra settori biogeografici diversi.

## MATERIALI E METODI

Il materiale esaminato, costituito da popolamenti metafitici sviluppatisi su gorgonie, macroalghe e foglie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, è stato prelevato a profondità comprese tra i 15 ed i 35 m, mediante immersioni con A.R.A. effettuate nelle seguenti località: secca di Capo d'Uomo (Porto S. Stefano, Grosseto), 7 agosto 1991; isola di Montecristo, 8 agosto 1991; Formiche di Grosseto, 11 giugno 1990 e 9 agosto 1991; Argentarola (Porto S. Stefano, Grosseto), 28 agosto 1991.

La componente algale dei popolamenti metafitici, campionati con il loro supporto e fissati in acqua di mare e formalina neutra al 6%, è stata osservata al microscopio ottico direttamente o previa colorazione con blu di anilina all'1%. I campioni d'erbario ed i preparati permanenti, allestiti con una miscela di blu di anilina (1%), acido cloridrico (0,5%), karo (sciroppo di mais) ed acqua distillata (4:1:30:65), sono depositati presso l'Herbarium Universitatis Florentinae (FI).

## RISULTATI

### *Osservazioni in situ*

Abbondanti formazioni mucillaginose bentoniche, determinate dallo sviluppo di popolamenti metafitici, risultano presenti in tutte le stazioni esaminate anche se con aspetti abbastanza diversificati

La comparsa di queste formazioni inizia a manifestarsi alla profondità di circa 15 m, mostrando tuttavia un notevole incremento quantitativo oltre l'isobata dei 20 m; esse appaiono quindi particolarmente evidenti in corrispondenza dei popolamenti a gorgonie, pur interessando qualsiasi organismo bentonico con habitus eretto in grado di costituire un supporto adeguato alla crescita dimensionale del popolamento metafitico.

Sulla secca di Capo d'Uomo ed all'Argentarola il fenomeno è particolarmente accentuato. Nell'intervallo batimetrico considerato sia lo «strato eretto» rappresentato dalle gorgonie, sia lo «strato arbustivo» costituito da altri organismi animali sessili e da macroalghe, risultano più o meno completamente avvolti da abbondanti popolamenti metafitici. I popolamenti si presentano come formazioni mucillaginose grigiastre, provviste di frangie periferiche filiformi, intrecciate fra loro, che si distaccano facilmente se investite da un debole flusso di corrente.

All'isola di Montecristo i popolamenti metafitici si manifestano in forma più blanda. Nella zona esaminata, situata sulla destra di Cala Maestra, il fenomeno interessa solo relativamente le gorgonie sui cui rami si osservano masserelle isolate di mucillagine, in parte di colore brunorossastra ed in parte giallastra ma sempre con contorni ben definiti. Per contrasto le formazioni mucillaginose appaiono più cospicue a livello dello «strato arbustivo».

Infine le osservazioni effettuate alle Formiche di Grosseto hanno evidenziato la presenza di abbondanti complessi mucilluginosi, distribuiti sia sulle gorgonie che a livello dello

«strato arbustivo». Per questa località è comunque possibile un confronto fra le due situazioni rilevate rispettivamente nel giugno 1990 e nell'agosto 1991. I popolamenti metafitici campionati a giugno mostrano una evidente colorazione bruno-rossastra e pur risultando in scarsa relazione con il supporto e talmente diffidenti da non poter essere raccolti direttamente con le mani, si caratterizzano per le loro discrete dimensioni e per la loro superficie omogenea dai contorni ben definiti. I campioni prelevati ad agosto appaiono simili ai precedenti per consistenza e dimensioni ma differiscono per l'uniforme colore giallastro. Solo sporadicamente sono presenti popolamenti metafitici che, per i loro contorni non ben definiti e per il colore grigiastro, richiamano quelli osservati sulla secca di Capo d'Uomo. In agosto mucillagini grigiastre sono state notate anche sulle foglie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, in una prateria situata alla profondità di circa 15 m; esse vanno a costituire una sorta di feltro particolarmente sviluppato nella porzione distale della pagina adassiale, dove la foglia risulta abbondantemente colonizzata da epifite e da un ricco popolamento di idroidi.

#### ESAME MICROSCOPICO

L'esame al microscopio della componente strutturale presente all'interno delle formazioni mucillaginose, raccolte alle Formiche di Grosseto nel giugno 1990, evidenzia la netta predominanza di *Tribonema marinum* J. Feldmann. Questa specie, descritta per le coste francesi (Feldmann, 1941) e successivamente segnalata in Corsica (Coppejans e Boudouresque, 1983) e sulle coste spagnole (Ballesteros *et al.*, 1986), è l'unica Chrysophyta con tallo filamentoso non ramificato presente nell'ambiente marino. Dai dati bibliografici *Tribonema marinum* risulta endemica del Mediterraneo dove mostra un'ampia valenza ecologica, sviluppandosi in un intervallo batimetrico compreso tra 5 e 25 m di profondità.

Insieme a *Tribonema marinum*, la sola macroalga presente in quantità significativa è un'alga bruna identificata come *Acinetospora crinita* (Carmichael) Sauvageau. L'abbondante sviluppo di queste due forme filamentose determina la formazione di una sorta di reticolo immerso nella mucillagine.

Oltre a queste due specie nei popolamenti metafittici si osservano cianofitiche filamentose e coloniali, diatomee, crisofitiche, forme fungine e frammenti di macroalghe bentoniche, in parte ben pigmentate, in parte depigmentate e più o meno deteriorate. Questo eterogeneo popolamento algale si accompagna ad una elevata presenza di sedimento inorganico che si accumula all'interno delle formazioni mucillaginose.

L'analisi dei campioni delle Formiche di Grosseto dell'agosto 1991 evidenzia una analogia per quanto concerne la componente strutturale ma, in termini di biomassa, *Acinetospora crinita* risulta nettamente predominante rispetto a *Tribonema marinum*, conferendo alle formazioni mucillaginose un uniforme colore giallastro. In scala estremamente ridotta, anche sulla prateria a *Posidonia oceanica* si ripresenta la probabile interazione fra le due specie; nel caso specifico il supporto attorno al quale si sviluppa il popolamento metafittico è rappresentato da idroidi impiantati sulle foglie.

Una situazione per certi aspetti intermedia, rispetto ai due campionamenti effettuati in epoche diverse alle Formiche di Grosseto, si osserva sul materiale raccolto a Montecristo dove, nei diversi popolamenti esaminati, risulta prevalente l'una o l'altra specie.

Infine sia sulla secca di Capo d'Uomo che all'Argentarella i popolamenti metafittici mostrano un aspetto fortemente degradato. L'esame microscopico della mucillagine grigiastrea rivela ancora l'abbondante presenza di filamenti di *Acinetospora crinita* che tuttavia appare in gran parte depigmentata o completamente priva del contenuto protoplasmatico. La presenza di *Tribonema marinum* è in questo caso sporadica ed i filamenti appaiono frammentati e facilmente dissociabili. La componente inorganica, costituita da sedimento e da detriti di origine animale, mostra un notevole incremento rispetto ai

campioni precedenti; si osservano comunque ancora forme pigmentate quali: frammenti di macroalghe, cianoficee e diatomee.

## DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

*Tribonema marinum* J. Feldmann sembra possedere tutti i requisiti necessari per ipotizzare un suo diretto coinvolgimento nella genesi dei popolamenti metafittici presenti sulle coste toscane.

Le altre specie del genere *Tribonema*, che vivono esclusivamente nelle acque dolci, formano spesso ammassi o strati laminari mucilluginosi in acque debolmente fluenti (Chodnyj, 1922). Anche *Tribonema marinum* è in grado di produrre una spessa guaina, costituita probabilmente da esopolisaccaridi, ed in effetti i suoi filamenti sono sempre immersi in una abbondante matrice gelatinosa (Fig. 1A).

Pur non disponendo di dati sul ciclo biologico di questa specie, si può tuttavia ritenere che anche *Tribonema marinum* sia in grado di moltiplicarsi attivamente tramite zoospore, aplanospore o acineti e sopravvivere durante la stagione sfavorevole mediante ipnospore, analogamente a quanto si verifica nella specie di acqua dolce (Fritsch, 1965). Questo potrebbe spiegare la notevole diffusione e l'elevata densità di questa specie a sviluppo stagionale, rilevabile in particolare nei campioni prelevati nel giugno 1990 alle Formiche di Grosseto (Fig. 1B) e nell'agosto 1991 a Montecristo.

Dato che i popolamenti metafittici esaminati costituiscono in pratica un microcosmo nel quale sono rappresentati i più diversi tipi di organismi vegetali presenti nell'ambiente marino, l'ipotesi più plausibile sull'origine di questo eterogeneo e ricco popolamento algale è da ricercare nell'azione di filtraggio esercitata dai filamenti di *Tribonema marinum* e dalla mucillagine prodotta da questa specie.

Trasportati dalle correnti i frammenti di macroalghe e le microalghe, sia planctoniche che bentoniche, si aggregano

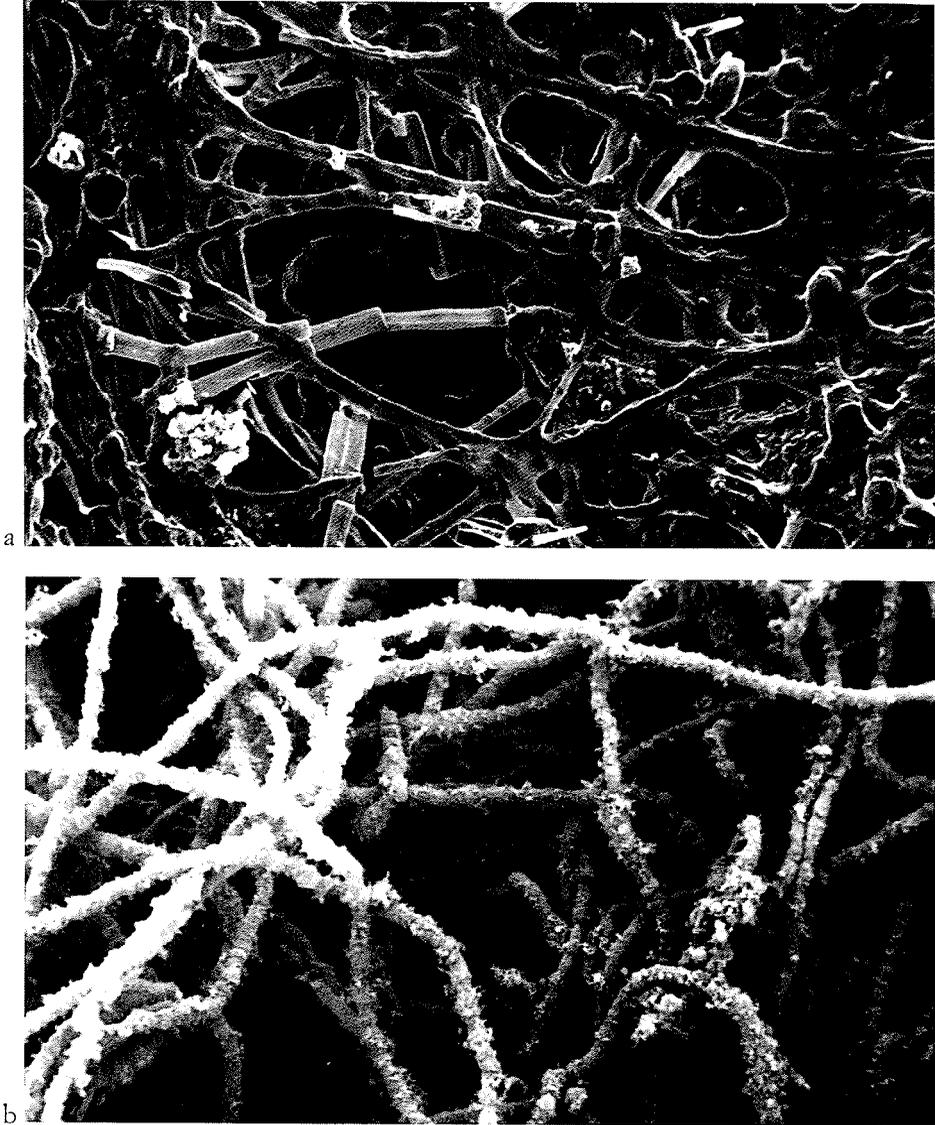


Fig. 1. Fotografie al S.E.M. dei filamenti di *Tribonema marinum* immersi nella guaina mucillaginosa (a) e privati della matrice mucillaginosa previo trattamento con acetone (b). Unità di misura 0,1 mm.

- Scanning electron micrographs of *Tribonema marinum* filaments enveloped in the mucilaginous sheath (a) and after separation from the mucilaginous matrix with acetone (b). Bars = 0.1 mm.

progressivamente e, con molta probabilità, provvedono ad aumentare la massa mucillaginosa iniziale. La secrezione di esopolisaccaridi è infatti una caratteristica comune a tutti gli organismi marini e nelle macroalghe è particolarmente stimolata da condizioni di stress, di senescenza o quando l'alga è in via di decomposizione (Mann, 1973).

Nello sviluppo del popolamento metafitico è comunque da valutare il ruolo di *Acinetospora crinita*.

Sulle coste atlantiche americane intere popolazioni di *Acinetospora crinita* si mantengono esclusivamente attraverso la frammentazione del tallo e possono quindi colonizzare vaste aree, in particolare ambienti soggetti a deboli correnti unidirezionali. Il suo sviluppo stagionale non risulta determinato dal fotoperiodo o dalla temperatura, essendo in grado di tollerare temperature comprese tra 10 e 30°, bensì dalle variazioni della concentrazione dei nutrienti (Amsler, 1984).

Una diversa presenza percentuale di questa specie sembra infatti caratterizzare stadi diversi del popolamento metafitico. *Acinetospora crinita* diviene predominante, sostituendosi a *Tribonema marinum*, nel momento in cui le masse mucillaginose raggiungono il massimo sviluppo o nella fase successiva di progressiva decomposizione.

I dati disponibili non consentono di valutare l'evoluzione temporale dei popolamenti metafitici; essi sembrano comunque mostrare un ciclo stagionale, con un massimo nel periodo estivo, ed una correlazione con fattori ambientali locali che determinano la contemporanea presenza di stadi diversi dello stesso fenomeno.

Sono anche da verificare in dettaglio le eventuali conseguenze negative provocate dalla massa mucillaginosa sugli organismi bentonici. In effetti già ad un esame superficiale i rami delle gorgonie appaiono fortemente danneggiati per la perdita di larghe porzioni di cenosarco, probabilmente da correlare con l'azione di disturbo esercitata dai popolamenti metafitici. La scomparsa dello strato superficiale ectodermico consente il successivo impianto sui rami della gorgonia di altri organismi quali: briozoi, spugne e macroalghe che ne determi-

nano la progressiva distruzione. In particolare sui fondali dell'Argentarola questo processo sembra aver raggiunto una fase molto avanzata; gran parte delle gorgonie appaiono infatti più o meno completamente prive di cenosarco e ridotte a semplici supporti abbondantemente colonizzati.

*Ringraziamenti* – Si ringrazia l'Assessorato all'Ambiente della Provincia di Grosseto per l'assistenza logistica fornita e l'Ufficio Operativo della 8<sup>a</sup> Legione della Guardia di Finanza per aver messo a disposizione il mezzo navale. Un particolare ringraziamento va al Comandante Cosimo Antonio ed al suo equipaggio per l'assistenza fornita durante le immersioni con A.R.A.

## BIBLIOGRAFIA

- AMSLER C.D., 1984. *Culture and field studies of Acinetospora crinita (Carmichael) Sauvageau (Ectocarpaceae, Phaeophyceae) in North Carolina, U.S.A.* «Phycologia», 23 (3): 377-382.
- BALLESTEROS E., PERERA M., PUCHADES S., 1986. *Contribució al coneixement algològic de la mediterrània espanyola, VII.* «Fol. Bot. Misc.», 5: 135-139.
- CHOLODNYJ N., 1922. *Über Eisenbakterien und ihre Beziehungen zu den Algen.* «Berit. Deutsch. Bot. Ges.», 326-346.
- COPPEJANS E., BOUDOURESQUE C. F., 1983. *Végétation marine de la Corse (Méditerranée) VI. Documents pour la flore des algues.* «Bot. Mar.», 26: 457-470.
- FELDMANN J., 1941. *Une nouvelle Xanthophycée marine: Tribonema marinum nov. sp.* «Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord», 32(1-4): 56-61.
- FONDA UMANI S., GHIRARDELLI E., SPECCHI M., 1989. In: A. Brambati (ed.), *Il fenomeno del «mare sporco» nell'Adriatico.* Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto strategico Oceanografia e Tecnologie Marine, 37-42.
- FRITSCH F. E., 1965. *The structure and reproduction of the algae, vol. 1.* University Press, Cambridge.
- MANN K. H., 1973. *Seaweeds: their productivity and strategy for growth.* «Sciences», 182(4116): 975-981.
- ROUND F. E., 1959. *The algal flora of the Torniojoki, Muoniojoki and Konkamaeno in north Finland.* «Soc. Sci. Fenn. Commen. Biol.», 21: 1-34.
- , 1981. *The ecology of algae.* University Press, Cambridge.
- STACHOWITSCH M., FANUKO N., RICHTER M., 1990. *Mucus aggregates in the Adriatic Sea: an overview of stages and occurrences.* P.S.Z.N.I.: «Marine Ecology», 11(4): 327-350.

## RIASSUNTO

Gli autori riportano alcune osservazioni sulle formazioni mucillagino-se bentoniche osservate sulle coste toscane nell'estate del 1991. Nelle stazioni visitate si è rilevato un abbondante sviluppo di popolamenti metafitici caratterizzati dalla costante presenza di *Tribonema marinum* J. Feldmann (Tribonematales, Chrysophyta) e di *Acinetospora crinita* (Carmichael) Sauvageau (Ectocarpales, Phaeophyta), che si accompagnano a frammenti di macroalghe bentoniche, cianoficce, diatomee, dinoflagellate e sedimento inorganico. I filamenti di *Tribonema marinum*, immersi in una abbondante matrice gelatinosa, sembrano svolgere un ruolo determinante nel processo di formazione di questi popolamenti metafitici. Il loro ulteriore sviluppo è correlabile con un progressivo aumento in biomassa di *Acinetospora crinita*.

## SUMMARY

*Tribonema marinum* J. Feldmann and *Acinetospora crinita* (Carmichael) Sauvageau in the benthic mucilaginous aggregates observed along Tuscan shores during the summer of 1991. We report preliminary results relative to the presence of benthic mucilaginous aggregates observed in four stations along the Tuscan coastline. Preliminary data analysis revealed an abundant presence of metaphytonic associations constantly characterized by *Tribonema marinum* J. Feldmann (Tribonematales, Chrysophyta) and *Acinetospora crinita* (Carmichael) Sauvageau (Ectocarpales, Phaeophyta), together with heterogeneous assemblage of benthic macroalgae fragments, blue-green algae, diatoms, dinoflagellates and inorganic sediment. The filaments of *Tribonema marinum* immersed in an abundant gelatinous matrix, seem to play a fundamental role in determining the formation of these metaphytonic associations. Their further development is related to the progressive biomass increase of *Acinetospora crinita*.

ATTILIO RINALDI\*

## **Aggregati mucilluginosi nei mari italiani. I casi dell'Adriatico e del Tirreno nel quadriennio 1988-1991**

### INTRODUZIONE

I processi eutrofici che si manifestano nell'alto Adriatico da oltre un ventennio sono riconducibili a fioriture algali da fitoplacton e, per certe aree lagunari e costiere, alla abnorme presenza di macroalghe (Ulvacee in particolare).

A questi tradizionali processi si è aggiunto negli ultimi anni il fenomeno delle mucillagini la cui comparsa ha generato seri problemi sia di tipo ambientale che economico per le negative ripercussioni nei confronti delle attività collegate al turismo ed alla pesca. Va ricordato che eventi simili si sono già manifestati in passato. La testimonianza più antica risale al 1729, altri casi sono stati segnalati da diversi ricercatori (Syrski, 1872; Castracane, 1873 e 1881; Levi Morenos, 1892; Forti, 1906; Zanon, 1931) e da articoli di stampa apparsi sui giornali locali negli anni 1872, 1873, 1880, 1881, 1892, 1893, 1903, 1905, 1906, 1920, 1928, 1930 e 1931. Per l'Adriatico il primo caso documentato in epoca recente è relativo all'agosto 1988; altri casi si sono verificati nel triennio successivo con affioramenti più o meno estesi. Questo fenomeno pur non avendo provocato condizioni anossiche nelle acque di fondo ha determinato discrete morie di organismi bentonici (molluschi bivalvi in particolare) a seguito di una vera e propria azione di soffocamento dovuto alla sedimentazione di parte del materiale mucilluginoso.

---

\* Battello Oceanografico «Daphne II». Regione Emilia-Romagna - Cesenatico.

Nel Tirreno la comparsa di aggregati mucosi nelle acque profonde si è verificata in forma invasiva nei mesi di luglio-agosto 1991. Il fenomeno, anche se in forma molto più attenuata, era già stato osservato nel 1990 e, probabilmente, si era manifestato anche in passato.

Tra i pescatori del Tirreno viene infatti indicato con il termine dialettale «brombo» quel materiale dall'aspetto muciluginoso, viscido al contatto, che nel periodo primaverile-estivo di particolari annate, sporca ed intasa le reti. Al contrario dell'Adriatico, in Tirreno si sono avuti affioramenti di aggregati mucosi del tutto irrilevanti e solo le acque al di sotto del termoclino sono state interessate dalla loro presenza.

Sono stati eseguiti campionamenti in parallelo al fine di verificare se i fenomeni che si sono manifestati nei due mari presentano le stesse caratteristiche e le stesse evoluzioni.

## METODI

I parametri fisico-chimici ( $t^{\circ}\text{C}$ , S‰, pH, O.D.) sono stati rilevati sulla verticale con sonda «Idronaut» Ocean Seven mod. 401.

La clorofilla «a» è stata misurata sulla colonna d'acqua con un fluorimetro ad immersione della «Sea Tech».

I nutrienti ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{P}_{\text{tot}}$ ) sono stati quantificati con autoanalizzatore della «Bran Luebbe» mod. Traacs 800 secondo metodi in uso. I riferimenti alle serie storiche dell'azoto nitrico, dell'ortofosfato, della clorofilla «a» e della salinità si riferiscono al piano settimanale di monitoraggio costiero in atto dal 1978. La determinazione delle specie algali è stata eseguita con il metodo Utermohl che si avvale di un microscopio rovesciato e pozzetti a sedimentazione da 25 cc.

L'analisi dei polisaccaridi, eseguite presso i laboratori dell'Istituto di Chimica e Biochimica «G. Ronzoni» di Milano, è stata effettuata dopo idrolisi dei campioni in acido trifluoroacetico mediante cromatografia per gli aspetti qualitativi, ed in gascromatografia per quelli quantitativi.



a



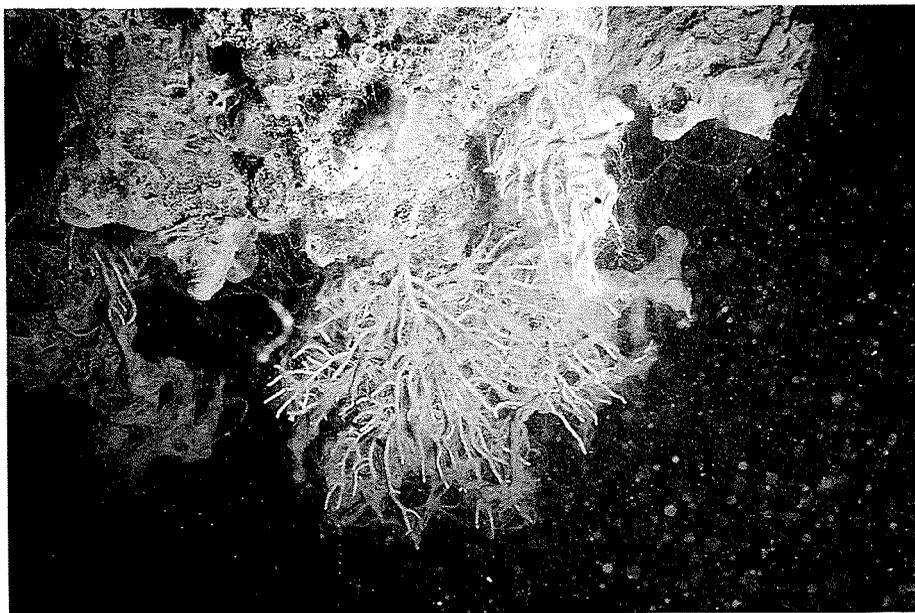
b

a) e b) aggregati mucosi affioranti nel luglio 1989 e nel luglio 1991  
(Adriatico Nord-occidentale).



c

c) conformazione mucosa a nuvola in sospensione (- 5 m dalla superficie, Adriatico Nord-occidentale - agosto 1991).



d

d) aggregati mucosi sedimentati a neve marina in sospensione nel Tirreno nord-orientale (- 20 m dalla superficie, località Argentario - agosto 1991).

I rilevamenti con telecamera subacquea filoguidata sono stati eseguiti mediante scaphandatura di un apparecchio Sony V8 con trasmissione delle immagini su monitor ed al videoregistratore.

Dal punto di vista territoriale i prelievi e le misure riportate nel testo sono riferite ad un'area collocata nell'Adriatico Nord-occidentale (acque costiere prospicienti la Regione Emilia-Romagna) e ad una stazione corrispondente al promontorio dell'Argentario (Toscana meridionale). Dette località sono geograficamente evidenziate in figura 1 e contrassegnate rispettivamente con «a» e «b».

## DESCRIZIONE DEL FENOMENO

Il maggior numero di osservazioni sono riferite all'Adriatico, sia per la maggiore incidenza che il fenomeno ha avuto in questo mare, che per l'esistenza di una notevole quantità di dati ed informazioni. Dalle recenti osservazioni si è visto che in Adriatico il fenomeno inizia con la formazione di aggregati a flocculi (neve marina), questi sono osservabili fin dai mesi invernali soprattutto nelle acque al largo oltre ai 20 km dalla costa e, anche se presentano le più elevate concentrazioni a livello del termoclino, possono occupare l'intera colonna d'acqua.

Col passare del tempo si assiste ad un cambiamento di stato (dimensioni e forma degli aggregati), da neve planctonica gli aggregati assumono conformazioni a sfilacci (10-30 cm) poi a nuvole (da pochi centimetri a 2-3 m); a questa fase può seguire l'affioramento (vedi ill. a-b-c-d). Resta intesa l'importanza assunta dalle condizioni meteo-marine nel determinare la successione delle varie fasi; in un mare poco profondo come l'Adriatico settentrionale basta l'energia sviluppata da una mareggiata di discreta entità per far regredire in fenomeno ed interrompere o rallentare il processo evolutivo descritto.

Per quanto concerne l'entità del processo di affioramento un importante ruolo va attribuito all'assetto termico della colonna d'acqua. Con l'innalzarsi della temperatura delle acque superficiali detto materiale tende ad aggregarsi sempre di più verso la superficie seguendo nella loro risalita il gradiente termico. Tale comportamento viene favorito dalla formazione di microbolle di gas che, rimanendo imbrigliate negli ammassi mucillaginosi, ne regolano l'assetto idrostatico. Il gas, derivante per lo più da processi fermentativi in atto e probabilmente dall'ossigeno liberato dal fitoplancton che si trovava al suo interno, tende a dilatarsi in relazione all'aumentare della temperatura ed a trascinare verso la superficie gran parte del corpo mucillaginoso.

Processo questo che nel Tirreno si è verificato raramente. Le differenze strutturali dei due mari hanno in questo caso giocato un ruolo determinante. Nell'Adriatico settentrionale le scarse profondità (max - 50 sulla congiungente Rimini-Pola) e le elevate temperature degli strati superficiali possono aver costituito quei fattori che hanno favorito i processi di affioramento.

Nel Tirreno invece, sia per le elevate profondità che per i valori di temperatura più bassi, la presenza degli aggregati gelatinosi ha per lo più interessato le sole acque profonde. Nel 1991, come già ricordato il fenomeno ha interessato anche altri mari italiani oltre all'Adriatico; da informazioni acquisite presso i principali Centri di Ricerca distribuiti sulla costa e da ossevizioni dirette effettuati dagli autori del presente lavoro, si è visto che la invasiva presenza di aggregati mucillaginosi ha interessato gran parte dei mari italiani (fig. 1). Il fenomeno è stato infatti osservato nell'Adriatico Nord-occidentale, nel medio e basso Tirreno, nel canale di Sicilia e nelle coste occidentali della Sardegna (mancano informazioni sulla Corsica - isola francese). Inoltre, dalla crociera oceanografica effettuata dalla nave oceanografica «Minerva» nel periodo 3-23 settembre 1991, la presenza di mucillaggini è stata osservata anche in un'ampia zona del Tirreno centrale (vedi in figura 1 l'area contrassegnata con «c»).

## EVOLUZIONE DEL FENOMENO NEGLI ANNI 1988-1991

### *Adriatico Nord-occidentale*

Il fenomeno ha generato affioramenti negli anni 1988-1989 e 1991. Nel 1990, nonostante vi fossero consistenti quantità di aggregati mucillaginosi nelle acque profonde, non vi è stato nessun affioramento per la contrapposizione di condizioni meteo-marine avverse. In particolare una mareggiata forza 8 dell'11 e 12 luglio, anomala per il periodo in cui è avvenuta, ha manifestato una energia tale da disgregare e disperdere gli ammassi gelatinosi ormai prossimi alla superficie.

Nel 1988 l'affioramento dei banchi mucillaginosi è avvenuto nel mese di agosto ed ha avuto una permanenza di circa 20 giorni; l'anno successivo si è manifestato in luglio e, anche se con fasi alterne, ha interessato tutto il mese. In quest'ultimo caso se ne è anche stimata la distribuzione; utilizzando sia i dati da satellite che da nave si è visto che la superficie interessata corrispondeva a circa 10.000 km<sup>2</sup>.

Nel 1991 sia il mese di luglio che di agosto è stato interessato ad affioramenti.

Nei casi del 1988 e 1989 la scomparsa definitiva del fenomeno fu determinata da forti mareggiate ed alla riattivazione della corrente Nord-Sud.

Eventi questi che sono mancati nel '91; il maggior periodo di permanenza è con molta probabilità da attribuire al perdurare di condizioni meteo-marine caratterizzate da mare per lo più calmo o poco mosso.

Oltre al materiale affiorato, parte degli aggregati mucillaginosi tendono a sedimentare con il conseguente soffocamento di molti Bivalvi a seguito dell'occlusione dei sifoni inalanti.

Oltre ai bivalvi anche altri organismi di fondo (Celenterati e Crostacei in particolare) hanno risentito dei processi di sedimentazione del materiale mucillaginoso. Lo stesso effetto pare si sia riflesso sulle uova e sugli stadi larvali di alcuni pesci di fondo; a tal riguardo una notevole riduzione degli stoks

esistenti si è verificata nei popolamenti di *Gobius niger* e *Gobius paganellus*.

L'azione «filtrante» operata dalle mucillagini nelle acque non costiere può inoltre aver avuto un effetto negativo sullo sviluppo delle uova del pesce pelagico; dalle analisi al microscopi si è osservata in più occasioni la presenza di uova imbrigliate negli aggregati mucosi.

Quali saranno le ripercussioni future sugli stoks del pesce pelagio ed in particolare su quelle generazioni la cui nascita è coincisa al quadriennio delle mucillagini sono oggi difficilmente stimabili.

Per quanto concerne la dinamica della massa gelatinosa addensata in superficie si ricorda che questa tende di norma ad effettuare fluttuazioni verticali diurne regimate dagli sbalzi termici tra giorno e notte. Al sopraggiungere della notte, ed al conseguente calo di temperatura, le bolle imbrigliate ridimensionano il loro volume consentendo l'affondamento di tali ammassi per qualche metro dalla superficie; il riaffioramento avviene puntualmente nelle ore più calde della giornata per l'opposto meccanismo.

In senso orizzontale sono soprattutto le correnti (di deriva e di marea) ad addensare contro costa i banchi mucilluginosi od a spingerli verso il largo.

Al pari del 1988 anche i periodi estivi del 1989 e 1991 sono stati caratterizzati da una ridotta idrodinamicità delle acque; situazione questa che tende ovviamente alla stasi, consentendo solo spostamenti su piccola scala insignificanti ai fini della soluzione del problema in tempi brevi.

Dalle osservazioni al microscopio eseguite sul materiale mucoso affiorato si è osservato che in esso è presente una vastissima gamma di organismi planctonici e, soprattutto negli stadi più vecchi, una forte presenza di detrito organico ed inorganico. Si suppone, osservandone la vitalità, che molti organismi planctonici restano involontariamente imbrigliati nelle matasse mucose per poi soccombere, questo pare essere il destino dello zooplancton in genere, e delle microalghe flagellate. Gli esoscheletri degli zooplanctonti e le teche delle

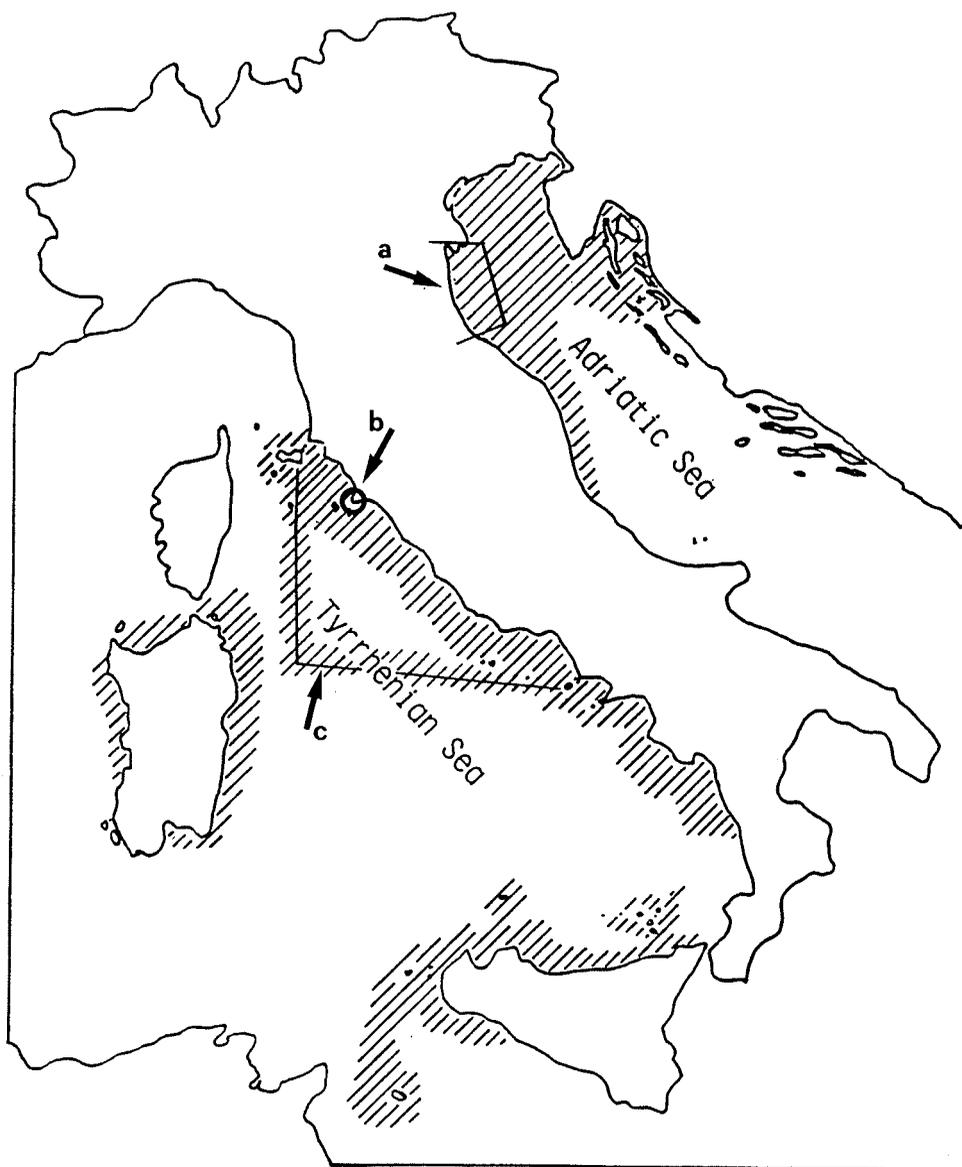


Fig. 1. Aree interessate dalla presenza di aggregati mucosi. Contrassegnata in «a» la zona monitorata emiliano-romagnola, con «b» quella dell'Argentario, con «c» il tragitto della nave oceanografica «Minerva».

Dinoflagellate viste in trasparenza al microscopio presentano al loro interno una elevata attività batterica. Altre microalghe, le Diatomee in particolare, paiono invece prosperare. La concentrazione delle Diatomee del genere *Nitzschia* (si suppone la specie *Nitzschia longissima closteri*) all'interno degli aggregati mucillaginosi affiorati o prossimi alla superficie è in genere altissima con densità che possono essere comprese tra i 150.000.000 ed i 250.000.000 di cellule per  $\text{dm}^3$ . Negli aggregati raccolti in profondità si hanno in genere densità di *Nitzschia* più basse difficilmente quantificabili.

I motivi di tale differenza sono probabilmente legati a questioni meccaniche; i processi di affioramento tendono infatti ad addensare il materiale mucoso contro la superficie con il conseguente aumento, per unità di volume, della concentrazione della *Nitzschia*.

Nei profili verticali con sonda multiparametrica dotata di un fluorimetro idoneo alla misura della clorofilla «a» è possibile, anche se in modo indiretto, localizzare gli aggregati mucosi sulla colonna d'acqua.

Ovviamente per capire se l'eventuale presenza di picchi di clorofilla sono dovuti a formazioni mucose o ad un normale incremento di biomassa fitoplanctonica occorre effettuare verifiche con telecamera filoguidata. Per il caso Adriatico si è però potuto appurare che nei periodi interessati da tali fenomeni vi è di solito una stretta associazione tra presenza di aggregati sulla verticale e picchi di clorofilla.

La diretta correlazione tra la concentrazione di clorofilla e la presenza di formazioni mucillaginosi può quindi essere d'aiuto nel localizzare gli aggregati mucosi sulla colonna d'acqua.

Conseguentemente alla elevata presenza di Diatomee, è stata analizzata la concentrazione dei nutrienti nelle acque «interstiziali» di detti aggregati per cercare di comprendere i meccanismi di sostentamento di una così elevata biomassa microalgale.

Nell'acqua ottenuta per percolamento da una serie di

campioni di mucillagine raccolti in luoghi e tempi diversi sono stati quantizzati i nutrienti in soluzione.

Dai risultati sono emerse elevate concentrazioni di nitrati, di ammoniaca e di ortofosfato; ed anche se vi è stato in genere una considerevole variabilità, le concentrazioni dei nutrienti negli aggregati superano di 30-100 volte quelle rilevabili nelle acque libere raccolte a pochi metri dalle mucillagini.

Pare pertanto che all'interno degli aggregati si formino microcosmi parzialmente isolati dalle masse d'acqua circostanti, in cui la consistente quantità di particolato organico imbrigliato (detrito organico di diversa natura, zooplancton, alghe flagellate) sia in grado di generare, grazie all'azione mineralizzatrice dei batteri, un supporto nutrizionale tale da sostenere la biomassa microalgale (a Diatomee) presente.

Uno dei quesiti ai quali occorre rispondere è se tali aggregati siano realmente generati dalle Diatomee o da altre forme algali. Il trovare alte concentrazioni di *Nitzschia* all'interno degli aggregati potrebbe essere solo una conseguenza opportunistica sostenuta dal suo livello di adattabilità e della elevata disponibilità nutrizionale.

La composizione chimica delle gelatine affiorate in Adriatico è stata analizzata sia nel 1989 che nel 1991, in ambedue i casi i componenti preponderanti sono costituiti da polisaccaridi.

In prevalenza questi sono rappresentati dal galattosio con un valore in percentuale attorno al 50%, segue in ordine decrescente il glucosio, il mannosio e lo xilosio.

Per quanto concerne lo stato meteoroclimatico che ha caratterizzato il quadriennio 1988-1991 si può affermare che si sono verificati situazioni piuttosto diversificate; nel periodo 1988-1990 vi è stato un decorso meteorologico caratterizzato da inverni particolarmente miti, scarse precipitazioni ed una complessiva riduzione dei processi idrodinamici con il conseguente rallentamento dei meccanismi di ricambio dell'Alto Adriatico. In questo periodo si sono avute in genere alte pressioni atmosferiche con un valore medio (1021) che ha superato il massimo storico (1018.4) risalente

al 1921. Ciò ha comportato una riduzione della piovosità (- 40%) e quindi degli apporti fluviali con un forte effetto riduttivo sulla circolazione marina.

Nel 1991 (anch'esso interessato dalla massima presenza di aggregati mucilluginosi) si è avuto invece un inverno rigido caratterizzato da forti apporti meteorici e da frequenti mareggiate; una condizione decisamente opposta a quella del precedente triennio.

Da un punto di vista trofico si è visto che nel quadriennio 1988-1991 vi è stata una discreta diminuzione dei carichi di azoto (in particolare nella forma nitrica ed ammoniacale). Per l'ortofosfato vi è stata una discreta riduzione nelle acque palagiche; in quelle costiere non si sono avuti valori medi mensili molto dissimili dal decennio 1978-1987. La diminuzione dei nutrienti rilevata nelle acque marine nel periodo 1988-91 è con molta probabilità da collegarsi alla riduzione delle precipitazioni atmosferiche (soprattutto nel triennio 1988-90) con il conseguente calo dei carichi provenienti dalle fonti diffuse (suoli coltivati in particolare). Tale considerazione viene anche confermata indirettamente dai valori medi mensili di salinità; nel periodico 1988-1991 si sono infatti avuti valori sempre più elevati rispetto al precedente decennio.

Un'altra interessante condizione verificatasi nel quadriennio delle «mucillagini» sta nella quasi totale assenza, rispetto al precedente decennio, di blooms algali determinati da Dinoflagellate. Anche le Diatomee non hanno determinato fioritura algali nel periodo invernale primaverile di una certa rilevanza ed in tutti i casi con concentrazioni di cellule/litro molto inferiori a quelle verificate nel decennio 1978-1987.

I motivi più logici in grado di giustificare la caduta complessiva della biomassa fitoplanctonica, possono essere ascrivibili alla riduzione dei carichi dei nutrienti di origine tellurica; va comunque presa in considerazione la possibilità che anche l'azione «filtrante» operata dal fluttuare delle mucillagini abbia determinato una apprezzabile azione riduttiva in confronti dello sviluppo delle flagellate.

## MARE TIRRENO

Nei mesi di luglio ed agosto del 1991 sono state segnalate consistenti presenze di aggregati mucillaginosi sia sulle coste tirreniche che nel Canale di Sicilia.

Le nostre osservazioni sono relative al periodo agosto-novembre '91, e sono per lo più avvenute nelle acque prospicienti l'Argentario (Toscana Meridionale).

Nella prima osservazione subacquea effettuata il 3 agosto sono stati rilevati dalla batimetria dei 6 m aggregati in sospensione con conformazione nastriforme e con aspetto diafano/biancastro. In trasparenza erano visibili piccole bolle di gas. Al tatto presentavano una consistenza impalpabile e, morfologicamente, mostravano molte analogie con i primi stadi degli aggregati gelatinosi dell'Adriatico. L'analisi al microscopio del materiale prelevato in sospensione evidenzia una netta prevalenza di Diatomee con il genere *Nitzschia* come dominante, oltre a questo era pressente *Chaetoceros* e Dinoflagellate del genere *Gymnodinium* e *Gonyaulax*.

Le fluttuazioni in senso orizzontale di tali aggregati hanno determinato l'impatto con le conformazioni rocciose e biotiche; pertanto nelle zone più esposte alle correnti si poteva assistere alla pressoché totale copertura degli organismi bentonici sessili.

Soprattutto quelli con assetto eretto quali le gorgonie (*Eunicella cavolinii* e *Paramuricea clorata*) presentavano la quasi totale occlusione degli spazi compresi tra le ramificazioni; la copertura era tale da impedire ai polipi di estroflettersi e sopperire alle normali funzioni vitali.

Al microscopio il materiale mucoso adagiato sulle gorgonie e su altri organismi presenta elevate concentrazioni di alghe filamentose appartenente a più specie; la *Acinetospora cirmita*, la *Ceramium flaccidum*, la *C. tenerrimum* ed alcune Ectocorpacee erano le più rappresentate. Oltre alle forme filamentose citate erano rielvabili alte concentrazioni di fitoplanctonti con una netta dominanza delle Diatomee.

Sulle gorgonie si potevano ben distinguer più strati di

mucillagine sedimentata in tempi successivi. I primi mostravano una netta colorazione bruno-verdastra ed al tatto presentavano una consistenza stopposa, quelli più superficiali, di aspetto diafano, spesso trabordavano dagli apici delle ramificazioni e trascinate dalla corrente si protraevano come nastri filamentosi.

Al microscopio i primi strati, quelli di colore verdastro, presentavano in elevate concentrazioni le alghe filamentose citate, in quelli più superficiali e nei margini fluttuanti prevalevano le Diatomee.

Sulla base di tale osservazione e di altre considerazioni che verranno di seguito proposte si potrebbe supporre che proliferazioni abnormi di alghe filamentose come quelle che si sono verificate nel 1991 in Tirreno possono essere conseguenti alla presenza di aggregati mucillaginosi. In sostanza andrebbe meglio analizzata la possibilità che le mucillagini, una volta adagiate sui vari substrati, possano fungere da supporto meccanico e nutrizionale alle esigenze vegetative delle alghe filamentose.

Va infatti considerata la possibilità che anche gli aggregati mucillaginosi del Tirreno possano raccogliere durante il loro fluttuare particolato organico che può dare origine ad un aumento dei composti organici ed inorganici dell'azoto e del fosforo. Nel percolato di un campione di mucillagine raccolto nelle acque superficiali prospicienti all'Argentario sono state trovate concentrazioni di azoto nitrico, azoto ammoniacale ed ortofosfato particolarmente alte e superiori a quelle rilevate nelle acque vicine di 30-40 volte.

Gli scarsi affioramenti che si sono verificati in Tirreno hanno impedito ulteriori analisi sulle acque percolate degli aggregati mucosi.

Nelle ispezioni effettuate in ottobre ed in novembre sono stati evidenziati notevoli danni a livello dell'ecosistema bentonico. Le gorgonie in particolare presentavano larghi strati del cenosarco mancante o necrotizzato. Si è inoltre notata una successiva colonizzazione dell'impianto mucillaginoso/algale iniziale; il rivestimento aveva assunto un aspetto più grossolano ed era costituito da macroalghe, profieri, briozoi ed idroidi.

## CONCLUSIONI

I risultati presentati in questo lavoro hanno lo scopo di fornire ulteriori contributi alla conoscenza del fenomeno. In linea generale si può affermare che mentre si dispone di una discreta conoscenza degli aspetti descrittivi, dinamici e sulle conseguenze ambientali che il fenomeno determina, poco si sa sui fattori causali che innescano e sostengono il processo.

Si è visto che il fenomeno si è presentato in annate con condizioni meteorologiche molto differenti. Il triennio 1988-90 è stato caratterizzato da inverni miti ed una accentuata stasi idrodinamica; il 1991 ha presentato invece un decorso stagionale che rientra tranquillamente nella media climatologica dell'area in oggetto. Pare pertanto non suffragata l'ipotesi che tra i fattori causali vi possono essere quelli provocati da particolari condizioni meteorologiche.

Oltre a questo si è visto che nel 1991 il fenomeno ha interessato anche il Tirreno e probabilmente anche altri mari del Mediterraneo. Perde pertanto consistenza anche l'ipotesi legata alla responsabilità degli apporti ad effetto eutrofizzante veicolati in Adriatico dal fiume Po. Tra l'altro la comparsa del fenomeno in Adriatico in concomitanza ad un calo dei carichi di azoto e fosforo e nelle acque oligotrofiche del Tirreno, escluderebbe la correlazione tra mucillagini e fenomeni eutrofici.

Dall'analisi di quanto avvenuto nei due mari (Adriatico e Tirreno) nel 1991 pare che il fenomeno sia lo stesso anche se presenta evoluzioni e dinamiche diverse. La differenza strutturale dei due mari gioca infatti un ruolo preponderante nei processi che governano sia l'assetto idrostatico delle masse gelatinose che la loro dinamica spaziale; oltre a questo pare essere determinante nel definire l'evoluzione/successione delle componenti biotiche che trovano nelle mucillagini un importante sostegno nutrizionale e meccanico. Nell'Adriatico Nord-occidentale si hanno fondali mobili poco profondi e spesso, per la sua elevata torbidità, la luce subisce notevoli riduzioni già dai primi metri; i fondali a soli 10-15 m si possono trovare

in carenza di luce per lunghi periodi. Condizioni queste che possono favorire gruppi algali con esigenze fotiche non particolarmente elevate quali le Diatomee.

In Tirreno si hanno acque limpide, profonde e con coste rocciose. Le caratteristiche di questo mare sono quelle che con molta probabilità favoriscono la linea evolutiva delle alghe filamentose e delle successive colonizzazioni.

Di una certa rilevanza sono le conseguenze del fenomeno sull'ecosistema bentonico; in Adriatico, quando il fenomeno si manifesta in forma invasiva, la parziale sedimentazione degli aggregati mucosi tende a soffocare gli organismi bentonici meno mobili quali molluschi, celenterati, e crostacei; oltre a questi pare vi siano negative ripercussioni sulle uova e sulle forme larvali di alcuni pesci bentonici (accertate per il genere *Gobius*). Anche in Tirreno si sono avuti notevoli danni all'ecosistema bentonico a seguito dell'impatto ed alla sedimentazione degli aggregati mucillaginosi. Soprattutto gli organismi con posizione eretta quali le gorgoniacee ne hanno sofferto; nelle pareti più esposte alle correnti se ne è potuta stimare una mortalità attorno al 90%.

MARIO INNAMORATI\*

## Mucillagini e fitoplancton

### INTRODUZIONE

Gli interventi precedenti hanno in pratica trattato quasi tutti i principali problemi e si è più volte accennato al fitoplancton che è l'aspetto fondamentale della vita marina. Purtroppo non può interessare immediatamente l'esploratore subacqueo, perché le alghe fitoplanctoniche sono visibili soltanto al microscopio, anche se contribuiscono a determinare la torbidità dell'acqua che non può certo affascinare quanto la varietà dei paesaggi sottomarini.

Queste microalghe, che sono in genere formate di un'unica cellula (fig. 3), sono i principali protagonisti e l'elemento più dinamico della vita marina: in pochissimi giorni si rinnovano completamente in tutti i mari ed oceani della Terra e, pur essendo circa il 30% di tutta la biomassa marina, ne producono più del 90%, trasformando alcune sostanze minerali in sostanza vivente fitoplanctonica, dalla quale trae poi nutrimento, attraverso le successive predazioni, tutta la sostanza vivente animale, se si eccettua una piccola frazione che sottocosta pascola sulle macroalghe bentoniche.

Questo per dire che la capacità produttiva del fitoplancton è elevatissima e non deve meravigliare che riescano a produrre delle enormi distese di aggregati gelatinosi, più comunemente noti come mucillagini, che recentemente hanno invaso per

---

\* Dipartimento di Biologia Vegetale, Laboratorio di Ecologia - Università degli Studi di Firenze



NUOVO

# GIORNALE BOTANICO ITALIANO

NUOVA SERIE

---

MEMORIE DELLA SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA

---

VOLUME TREDICESIMO.

---

FIRENZE

1906.

## LAVORI ESEGUITI

NEL

### R. ORTO BOTANICO DI FIRENZE

---

**Achille Forti.** — Alcune osservazioni sul « Mare sporco » ed in particolare sul fenomeno avvenuto nel 1905.

Sebbene si tratti di questione discussa ad oltranza da scienziati diversi è opportuno occuparsi ancora di questo flagello della pesca nel nostro golfo adriatico non foss'altro per cercar di eliminare alcune credenze messe in voga in tempi relativamente recenti e che l'osservazione diretta sui saggi raccolti, corredata da notizie nuove sulla riproduzione degli esseri inferiori, può abbattere. Si noti per altro che ancor adesso, riguardo alla genesi del fatto, non si potrà uscire in tutto dal campo ipotetico, perchè per giungere a conclusioni definitive sarà necessaria di nuovo l'osservazione dei saggi raccolti freschi e vivi nel loro elemento. Trattasi di un fenomeno che si va riproducendo di tanto in tanto nell'Adriatico e che sempre richiamò l'attenzione di tutti, sia per la sua estensione, sia per i danni che in via indiretta riesce a procurare al commercio peschereccio. A quattro metri dalla superficie del mare, l'ultima volta che si verificò nel nostro golfo, <sup>1</sup> si formò una massa gleosa, una gelatina pesantissima che si presentava all'occhio con l'aspetto di sfilacciature di canape, in tutto però simile a quella che si vide negli anni antecedenti. Tale formazione, come osservava il cro-

---

<sup>1</sup> Cfr. D.<sup>r</sup> EUGENIO BELLEMO, *Il mare sporco, un interessante fenomeno dell'Adriatico*. « Giornale di Venezia », n. 230, lunedì 21 agosto 1905.

molte centinaia di chilometri quadrati l'Adriatico ed ora anche il Tirreno dove gli affioramenti fortunatamente sono stati pochissimi.

## MUCILLAGINI ADRIATICHE E TIRRENICHE

Esiste una documentazione, scritta per l'Adriatico e di sola tradizione orale per il Tirreno, che le invasioni di masse mucillaginose hanno più volte infestato i nostri mari: appesantendo, rompendo o impedendo il recupero delle reti da pesca e rendendo difficile o addirittura impossibile la navigazione. Per l'Adriatico vi sono segnalazioni dal 1729 (Regione Autonoma, ecc., 1984). Tra queste la memoria del Forti (1906, fig. 1, 2) è, tra le tante, la più precisa ed esauriente. Vi sono descritte le caratteristiche generali del fenomeno, ricordate le più recenti apparizioni ed analizzate, nel loro rapporto con la massa amorfa, tutte le specie fitoplanctoniche rilevate dall'esame microscopico dei campioni di mucillagini della invasione adriatica del 1905. La sua conclusione è il punto di partenza delle interpretazioni odierne: le mucillagini sono originate dal fitoplancton e spiegabili «senza andare a ricercare l'origine altrove e supporre questo flagello frutto di importazione per opera delle correnti»: alle quali, ancor oggi, si addossano più invasioni di quante, come quella delle meduse, da oltre i nostri orizzonti e i nostri mari possano mai venire.

Per il Tirreno non abbiamo al momento trovato documentazione scritta, ma da quanto i giornali, la TV, il sindaco di Monte Argentario ed i colleghi che mi hanno preceduto hanno detto, oltreché da un'inchiesta da me svolta quest'estate tra i pescatori all'Elba, a Montecristo, all'Argentario e lungo la costa Grossetana, risulta che il fenomeno ha un suo nome che è quello di «bromo, bromo, brommo, brommo» e simili come il siciliano «sbromu» che ci ha riferito Giaccone. L'assessore Franceschini lo suggerisce di derivazione dal greco «bromos», fetore, per sostanza fetida, sporca, come è la mucillagine pescata: un po' ripugnante e nauseabonda per la velocissima decom-

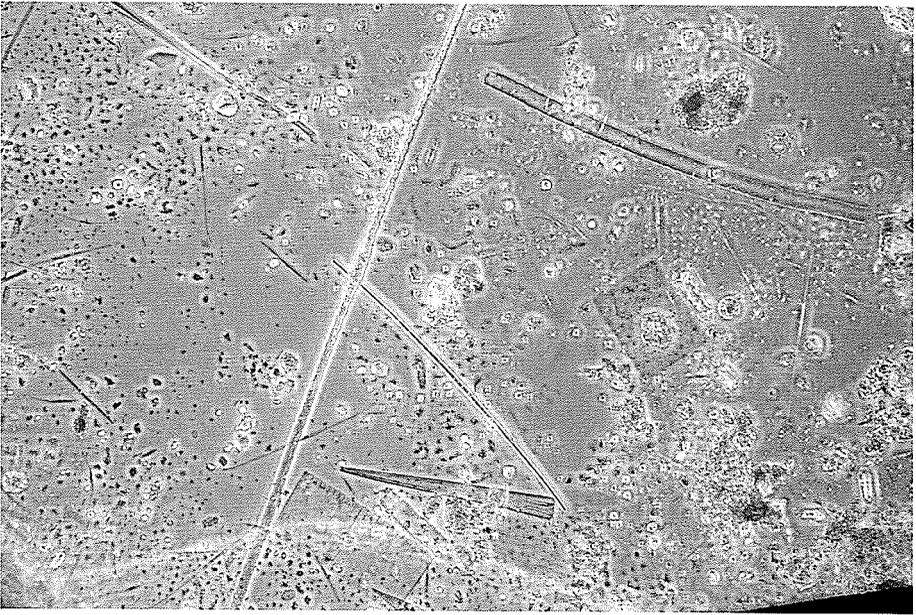


Fig. 1 - Cellule fitoplanctoniche di varie specie di diatomee in un preparato ottenuto da disgregazione di mucillagine bentonica Tirrenica, di cui si notano le masserelle insieme al detrito.



Fig. 4 - Porzione di filamento di *Trybonema marinum*.

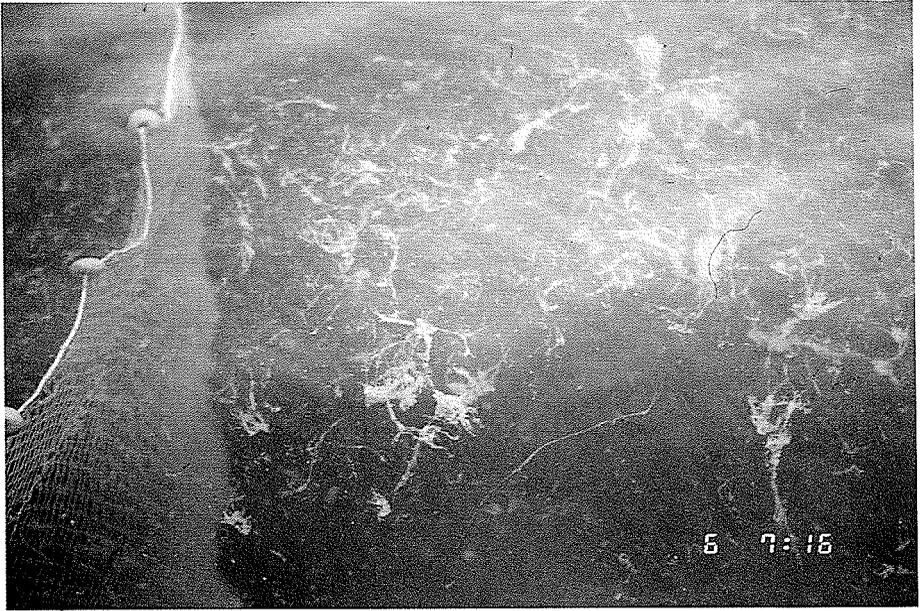


Fig. 5 - La mucillagine pelagica è andata ad aderire ai fili della rete lasciata in mare durante la notte.



Fig. 6 - La pesca della mucillagine.

posizione batterica. L'esistenza del vocabolo documenta di per sé che il fenomeno deve esserci stato anche da noi da sempre. Rimane però un certo margine di equivocità, perché per alcuni pescatori è «brommo» tutto lo «sporco» che il mare lascia attaccato sulle reti. Tuttavia per molti non è un fatto nuovo per il Mar Tirreno: il brommo fa la sua comparsa spesso, tra la primavera e l'estate, in quantità in genere invisibile, ma facendosi sentire come una viscidità della rete quando la si salpa, viscidità che alcuni anni è maggiore ed altri minore.

D'altra parte il riconoscimento di somiglianza tra le mucillagini adriatiche e tirreniche avvenuto quest'anno, ha permesso a molti subacquei, tra cui gli algologi Cinelli, Sartoni e Giaccone, come al mio allievo Buzzichelli ed al sig. Papi, per citare i presenti, in primo luogo di collegare il fatto con quanto gli sembrava di vedere sott'acqua da alcuni anni: una minor limpidezza delle acque ed un certo impoverimento dei fondali almeno in certi punti. Secondariamente di riconsiderare diapositive ed osservazioni di singole situazioni variamente denominate in vari fondali e piccole zone, con una rivisitazione mnemonica che ha permesso di reinquadrarle tutte in questo unico fenomeno delle mucillagini. Le quali, quindi, oltre ad avere una certa costante presenza, hanno avuto negli ultimi anni un crescendo continuo che quest'anno nell'Arcipelago Toscano ed in tutto il Tirreno, a differenza che nell'Adriatico, ha raggiunto una estensione nei fondali ed ha prodotto una quantità tale di brommo nelle reti da appesantirle al punto di romperle, o da formare come «delle grandi nubi che sembravano un muro» visibile anche dalla barca.

## MUCILLAGINI E INQUINAMENTO

Ricomponendo i dati, il fenomeno ci appare con una continuità temporale nella quale, oltre alle onde di crescita primaverile-estiva e decrescita autunnale, queste a loro volta si compongono in un'altra onda di successioni annuali nelle quali c'è anche un crescendo, un massimo ed una diminuzione,

analogamente alle serie storiche delle mucillagini adriatiche. Da ciò ci deriva la fiducia nella naturalità del fenomeno e nella sua scomparsa: ancorché non sappiamo perché mai si sia sviluppato un modo così vistoso che nel Tirreno non s'era mai visto a memoria d'uomo.

Per questo alcuni hanno pensato a un fatto nuovo, a delle condizioni del mare mai prima esistite ed eventualmente determinate dalla attuale attività produttiva antropica e dai relativi rifiuti immessi in mare, paventando l'inquinamento come causa, o concausa, ed altri invece l'hanno dato per certo. Tuttavia la presenza delle mucillagini in epoca preindustriale, anche se si ammettesse che vi siano state solo in Adriatico, ed anche se per doverosa cautela non si escludesse un eventuale sinergismo con l'inquinamento, certamente ce lo fa escludere del tutto come causa determinante. D'altra parte con le campionature che ho fatto apposta anche a Montecristo, l'ipotesi di un effetto degli scarichi a più di 20 miglia dall'Elba e 30 dal continente, non può certo essere facilmente sostenuta.

#### FORMAZIONE DELLE MUCILLAGINI FITOPLANCTONICHE

Normalmente moltissime alghe planctoniche e bentoniche secernono sostanze gelatinose dalle quali sono in genere rivestite come in una guaina che può svolgere diverse funzioni: rallentare la velocità di sedimentazione per il plancton; fare una specie di cingolo di carro-armato di cui si avvalgono, per il movimento, su sabbia, fango e rocce alcune diatomee bentoniche; proteggere dai predatori; barriera contro attacchi microbici, ecc...

In laboratorio, nelle colture di cellule fitoplanctoniche, si può ottenere la secrezione di quantità di sostanze che formano gelatine in conseguenza di varie condizioni: dell'invecchiamento della coltura; di stress conseguenti a forti sbalzi di temperatura o di altri fattori; di scarsità di macronutrienti; di alterazione del loro rapporto (prevalentemente fra gli azotati e fosfati); di alterazione nella disponibilità di micronutrienti, o di stimolatori di crescita, ecc...

Le sostanze secrete, sia nelle colture di laboratorio che in condizioni naturali, sono le stesse: si tratta di polisaccaridi ed etero polisaccaridi ramificati e solfati, composti di varie molecole di zuccheri più semplici: galattosio, mannosio, glucosio, xilosio, fucosio, ramnosio, d-glucosio, acido D-glucuronico, ecc. (Marchetti *et al.* 1990; Fogg, 1990) che, legate insieme, costituiscono le macromolecole che vengono secrete fuori dalla cellula. Nell'acqua si aggregano in microaggregati micellari, poi in macroaggregati gelatinosi, alias mucillagine, a seconda della temperatura, salinità, acidità ed idrodinamismo dell'acqua. La produzione delle gelatine è geneticamente determinata, nel senso che le diverse specie fitoplanctoniche possono produrre tipi di aggregati costituiti da polisaccaridi differenti e/o in differenti proporzioni, e che alcune sono capaci di produrli in abbondanza ed altre no.

Le condizioni chimiche e fisiche del mare, ottimali per la gelificazione, sia in generale, che per i diversi tipi di aggregati, sono note solo in modo approssimativo ed empirico: si sa che compaiono in acque relativamente calde e calme. Non è noto il vantaggio per le specie, cioè il significato biologico di tale produzione, né tantomeno quello delle enormi produzioni adriatiche e delle nostre minori tirreniche.

Recentemente è stato fatto notare che la presenza delle macromolecole di polisaccaridi nell'acqua di mare ne fa aumentare la viscosità con conseguente diminuzione della turbolenza il cui effetto è quello di far aumentare le dimensioni dei vortici. Si hanno così dei movimenti più ampi delle masse d'acqua, di maggiore durata, stabilità e calma del flusso. Ciò tende a formare banchi di fitoplancton più grandi, a mantenerli nella zona eufotica, favorendone così la loro crescita fotosintetica, ed a sfavorire gli incontri casuali con lo zooplankton predatore, che ha invece più possibilità di imbattersi nelle cellule fitoplanctoniche quando si ha su piccola scala il rimescolamento turbolento e veloce di tanti piccoli vortici (Fogg, 1990).

Perché questa secrezione che in genere è limitata e di piccolissima entità diventa enorme? cosa succede nella cellula?

Come ho già detto, quale sia il fattore, ambientale o cellulare, che scatena il fitoplancton ad aumentare enormemente la normale secrezione, ed a cambiarne anche il tipo, questo, nonostante le indicazioni delle colture di laboratorio, non si sa. Sembra comunque che il processo possa consistere in una inibizione della cellula a utilizzare le sostanze prodotte dalla fotosintesi senza poter operare l'ulteriore sintesi proteica e di tutte le altre sostanze delle quali sono costituite le cellule: così da aversi il blocco della riproduzione cellulare. Sembra cioè che, posto che vi siano le condizioni di calma del mare e luce più che sufficiente, la fotosintesi continui, e più di prima, sintetizzi la sostanza organica che normalmente produce, zuccheri e loro precursori, i quali, non potendo imboccare la normale via di utilizzazione, vengono trasformati da saccaridi nei polisaccaridi che vengono secreti nell'acqua dove, nelle condizioni ottimali, gelificano formando le mucillagini.

A mio avviso questo processo, per quanto naturalissimo, non può essere considerato altro che chiaramente patologico in entrambi i suoi due aspetti: sia di sversamento di sostanze che normalmente la cellula sana utilizza, e che in questo caso non utilizza nel mentre che continua a fabbricarle, sia di inibizione della riproduzione cellulare.

Questa inibizione trova una certa conferma nel fatto, riferitoci più volte ed anche ora da Rinaldi, che negli ultimi anni di mucillagine non si hanno da loro le solite grandi fioriture cellulari che caratterizzano la situazione cronica dell'eutrofizzazione adriatica.

## FORME E TRASFORMAZIONI DELLE MUCILLAGINI

Le mucillagini, vanno distinte a seconda della zona dove si trovano, si originano, o si vanno a collocare, in: adagiate od attaccate sulle asperità del fondale, o sugli organismi bentonici, mucillagini *bentoniche*; vaganti nella colonna d'acqua, *pelagiche*; affioranti, *neustoniche*, al di fuori, *epineustoniche*, o

immediatamente al di sotto, *iponeustoniche*, del pelo dell'acqua.

Per quelle adriatiche, Stachowitsch *et al.* (1990) distinguono varie forme anche come fasi di aggregazione e disaggregazione tra loro reversibili. Dalle forme pelagiche dei *fiocchi* (di neve; macroflocs) prodotti dalle diatomee pelagiche, si originano i *filacci* (stringers) e da queste le *nuvole* (clouds). Da queste forme per sedimentazione possono derivare le rispettive forme bentoniche di accumulo: di fiocchi nelle depressioni; a ragnatela (cobweb-like) sugli organismi bentonici (gorgonie ecc.), dai filacci; a copertura (coverage), dalle nuvole. Dai fiocchi e dai filacci si originano gli *strati cremosi* iponeustonici e dalle nuvole gli *strati gelatinosi* epineustonici. Questi alle volte vengono a galla di giorno e rivanno a fondo di notte, perché, secondo i più, la luce e la temperatura controllando la fotosintesi fitoplanctonica e la respirazione, fitoplanctonica e batterica, determinano la formazione ed il rigonfiamento di microbolle di ossigeno ed anidride carbonica che, intrappolate nella gelatina ne regolano il galleggiamento.

## RISULTATI DELLE NOSTRE INDAGINI

### *Mucillagini tirreniche bentoniche*

La responsabilità del fitoplancton come produttore di mucillagini (mucillagini fitoplanctogene), tuttavia viene ora a configurarsi non del tutto esclusiva poiché anche il fitobentos risulterebbe produrle (mucillagini fitobentogene).

Infatti già nel giugno del 1990, il sig. Papi che è subacqueo e tecnico del Laboratorio che dirigo, mi segnalò la presenza, sui fondali delle Formiche di Grosseto, di masse apparentemente mucillaginose che ci siamo subito recati a campionare invitando anche il prof. Sartoni, fitobentonista e subacqueo. L'aspetto più filamentoso che di massa amorfa fioccosa, o sfilacciata, o nubiforme, caratteristica delle mucillagini fitoplanctoniche adriatiche, ci fece propendere al momento, per la non identità con queste ultime. Tanto più che al microscopio

la maggior parte della massa era costituita da alghe filamentose pluricellulari che non ci risultava e risulta che siano state mai segnalate nelle mucillagini dagli studiosi adriatici sia italiani che austriaci e slavi. Per cui, dopo un primo esame microscopico della componente fitoplanctonica con la dr. Nuccio, ci ripromettemmo di riesaminare la cosa con il prof. Sartoni al quale passai le microfotografie che avevamo fatto al contrasto di fase (figg. 3, 4).

Ma quest'agosto, in seguito alla notizia della presenza di mucillagini nei fondali dell'Argentario, abbiamo svolto una prima spedizione con il guardacoste «Arcioni» della Guardia di Finanza (\*) insieme con quella dei nostri colleghi fitoplanctonisti e subacquei del Battello Oceanografico «Daphne II»

---

(\*) Tempi, mezzi, luoghi, metodi dell'indagine e partecipanti.

La presenza delle mucillagini nell'Arcipelago Toscano è stata segnalata dai pescatori alle Capitanerie di Porto dall'inizio dell'estate ed è rimasta nota a pochi. Ma, nel luglio, alcuni giornalisti televisivi comunicarono al gruppo della «Daphne II» di Cesenatico di averle viste all'Argentario ed a Giannutri e passarono i loro filmati a varie emittenti. Avvisato l'Assessore all'Ambiente dell'Emilia Romagna, questi lo comunicò a quello della Toscana il quale mi chiese di verificare e valutare la situazione. Ho quindi organizzato le 2 spedizioni che seguono.

Dal 6 al 9/8 con il Gardacoste «Arcioni» della Guardia di Finanza. Partecipanti di questo Laboratorio il dr. L. Lazzara e la dr. E. Raddi, invitati anche il prof. G. Sartoni, le dr. C. Sonni e S. Boddi e gli Assessori all'Ambiente della Toscana, F. Franceshini, e della Provincia di Grosseto, A. Andreini. Stazioni: Capo d'Uomo dell'Argentario, Montecristo, Formiche di Grosseto (Innamorati, 1991).

Dal 27 al 30/8 con il Motoscafo da Ricerca «Altair I» della SO.PRO. MAR. Partecipanti di questo Laboratorio i dr. E. Raddi, S. Buzzichelli, L. Massi, F. Formigli, il tecnico G. Papi, i laureandi F. La Vista, L. Nidiaci e C. Pollutri, invitata anche la dr. C. Sonni. Stazioni e perlustrazioni: Golfo di Talamone, Isola del Giglio, sud est dell'Elba, Marina d'Alberese, Cala di Forno, Torre Cannelle.

Inoltre, dal 3 al 23/9, con la Nave Oceanografica «Minerva» C.N.R., è stata svolta la campagna «Arcipelago Toscano 3» (ARCI 3). Il programma, da tempo coordinato tra questo Laboratorio ed il gruppo dell'Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche, IROE, del C.N.R. di Firenze, è

della Regione Emilia Romagna e di una troupe di giornalisti tv subacquei, tutti conoscitori delle mucillagini «autentiche», quelle adriatiche dell'89.

Per quanto tutti loro abbiano riconosciuto, solo ad occhio nudo che le nostre formazioni bentoniche erano apparentemente eguali a quelle adriatiche, la presenza preponderante delle alghe bentoniche filamentose in quelle campionate sui fondali dell'Argentario, delle Formiche e di Montecristo non può portare che ad ammettere l'esistenza di due tipi di mucillagini bentoniche: quelle di *tipo adriatico*, o fitoplanctogene, composte di sostanza amorfa con incluso il fitoplancton, presumibilmente generate da questo in zona pelagica, e poi trasportate e rimaste sul fondo attaccate alle sporgenze e agli organismi secondo lo schema di Stachowitsch; quelle di *tipo tirrenico*, fitobentogene, composte prevalentemente da alghe filamentose insieme a fitoplancton ed alla sostanza amorfa.

È da dimostrare se questa sia fitobentogena e/o fitoplanctogena e se sia generata in zona bentonica e/o in quella pelagica.

---

stato esteso allo studio delle mucillagini. Partecipanti 10 tra ricercatori, laureandi e tecnici di questo laboratorio e 6 dell'IROE. Per le stazioni e le rotte v. fig. 1 della ricerca di Rinaldi a pag. 53.

In ciascuna stazione sono stati misurati, con batisonda Ocean Seven Idronaut, il profilo continuo della temperatura, ossigeno disciolto, salinità, densità, pH ed Eh lungo tutta la colonna d'acqua. Sono stati prelevati campioni di acqua per le analisi della clorofilla, nitrati, nitriti, fosfati, silicati e quelle microscopiche del numero di cellule di ciascuna specie fitoplanctonica. In alcune stazioni sono state effettuate anche: misure della radiazione fotosinteticamente disponibile discendente sulla superficie, contemporaneamente a quelle discendente, ascendente e sferica nell'acqua ogni 30 cm; spettri della irradianza discendente e ascendente a varie profondità; misure della fotosintesi con carbonio radioattivo; analisi della sostanza organica disciolta, del numero e della distribuzione dimensionale delle particelle sospese.

I subacquei hanno svolto immersioni e prelevato campioni sul fondo per i successivi esami microscopici.

La nuova spedizione ha portato Sartoni a riesaminare il materiale precedente ed a identificarvi il *Trybonema marinum* (fig. 4) come principale presenza e più probabile secretore del materiale amorfo che lo attornia, insieme ad un'altra alga filamentosa l'*Acinetospora crinita*. Infatti come anche Cinelli e Giaccone ci hanno detto, sia queste che altre specie di alghe fitobentoniche popolano le mucillagini bentoniche Tirreniche.

#### MUCILLAGINI TIRRENICHE PELAGICHE

Le indagini all'Argentario, alle Formiche di Grosseto e a Montecristo ci avevano fornito solo campioni di mucillagini bentoniche con incluse le macroalghe bentoniche ed il fitoplancton. Ma è noto che tutto il Tirreno è stato invaso da quelle pelagiche che i pescatori, da Salerno all'Elba, si sono ritrovate nelle reti: non solo quelle a strascico, ma da posta, i tramagli, e quelle pelagiche, i ciancioli, che pescano nella colonna d'acqua e non sul fondo.

Con la collaborazione dei pescatori Elbani di Porto Azzurro a metà agosto abbiamo raccolto i campioni di mucillagini pelagiche. In una seconda spedizione con la collaborazione dei pescatori di Porto Santo Stefano è stato rilevato che nella zona comprendente il Golfo di Talamone, l'Argentario e l'Isola del Giglio, le mucillagini pelagiche, da giugno fino alla seconda metà di luglio, avevano invaso tutto il mare da pochi metri sotto la superficie fino al fondo ed erano poi scomparse, mentre restavano presenti ed in sviluppo quelle bentoniche.

Con un terza spedizione infine, con la Nave Oceanografica «Minerva», abbiamo rilevato e campionato quelle pelagiche da Porto Santo Stefano fino a Procida sottocosta al continente ed al largo risalendo da Procida sino a Montecristo e all'Elba.

Noi abbiamo campionato e svolto i rilevamenti in stazione nel mentre che i nostri colleghi dell'IROE prof. Luca Pantani e dr. Giovanna Cecchi, hanno svolto i rilevamenti durante la navigazione, mediante l'analisi dello spettro della luce fluorescente, riemessa dalla sostanza organica presente in mare,

dopo l'eccitazione provocata da un raggio laser. Il confronto con gli spettri ottenuti dalla mucillagine da noi raccolta ha permesso di rilevarla lungo la rotta oltre che stimarla in modo quantitativamente approssimato.

Nella fig. 7 si mette in evidenza che, le acque al largo (Montecristo) erano molto più calde che sottocosta (Capo d'Uomo di M. Argentario e Formiche) pur senza presentare un'apprezzabile differenza di salinità. Il che, per l'estate, non è una situazione normale essendo in genere le acque sottocosta o non molto differenti da quelle al largo, o in genere più calde.

Questa osservazione è stata anche svolta dai colleghi della Stazione Zoologica di Napoli per le coste più meridionali, in collaborazione con il Centro Pilota del Ministero della Marina

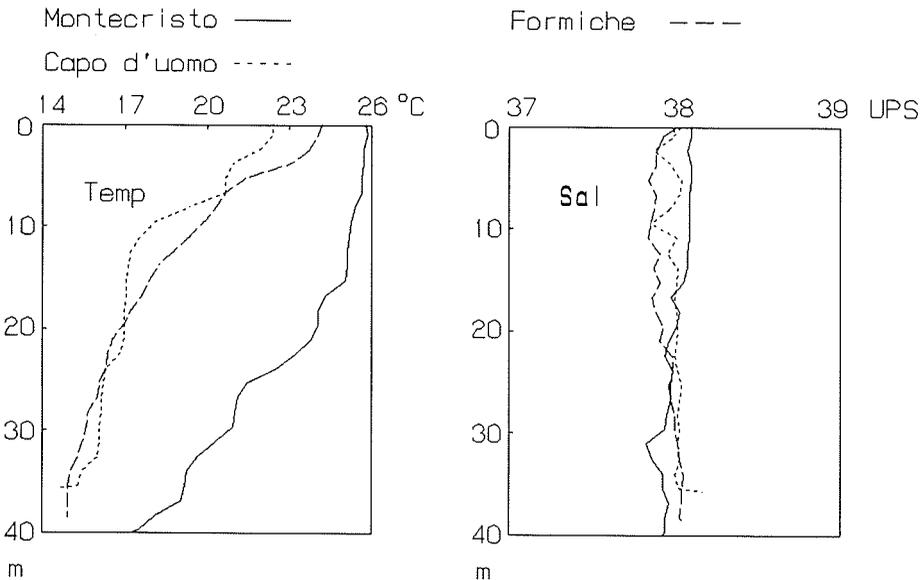


Fig. 7. Variazioni della temperatura (°C) e della salinità (UPS = unità pratiche di salinità) a Montecristo, Capo d'Uomo dell'Argentario ed alle Formiche di Grosseto nell'agosto 1991. Si vede che la temperatura sottocosta è molto più bassa che al largo, mentre la salinità lo è di qualche unità.

Mercantile ed è confermata dalle immagini da satellite che presentano per il periodo luglio-agosto grandi e lunghe fasce di acqua fredda sottocosta che sono il segnale di una risalita di acque più profonde da connettersi secondo i nostri colleghi napoletani ad una inversione abbastanza eccezionale della circolazione del vortice tirrenico, sul cui significato dirò in seguito.

Un'altro cambiamento che ci sembra possa essere rilevato dai nostri dati riguarda il rapporto tra i nutrienti azotati e quello fosfato. Al momento il «ci sembra» è d'obbligo perché i confronti dei dati disponibili tra i vari anni di indagine non sono ad esattissima parità di luogo e di tempo della stagione. Tuttavia un tendenza è ravvisabile nel senso che il rapporto dell'azoto rispetto al fosforo è aumentato, da un valore circa minore di 10 ad uno attorno a 20, e questo aumento avvicina, anche se ne è sempre distante, la nostra situazione dell'Arcipelago Toscano a quella adriatica in cui il rapporto è sempre altissimo (maggiore di 25).

Un'altra osservazione interessante è che i popolamenti fitoplanctonici dentro le mucillagini pelagiche sono abbastanza simili a quelli che si ritrovano nell'acqua che le circonda (Herndl e Peduzzi, 1988). Al contrario come si può vedere nella fig. 8 i raggruppamenti fitoplanctonici di Diatomee, Dinoficee ecc., nell'acqua e nella mucillagine bentonica sono decisamente differenti. Nella mucillagine le Diatomee dominano incontrastate, pur con una certa varietà di specie, e gli altri gruppi sono praticamente assenti, mentre nel popolamento nell'acqua attorno alla mucillagine vi sono rappresentati tutti i principali gruppi.

Nell'acqua il popolamento è praticamente simile a quelli che vi si trovano normalmente in estate, mentre quello della mucillagine è simile a quelli, appunto a prevalenza di diatomee, che si ritrovano normalmente nell'acqua durante la primavera.

Non sembra quindi valido quanto è stato pensato da altri che hanno considerato la mucillagine come prodotta da alcune specie che la fanno poi funzionare come una rete nella quale

passivamente rimangono impigliate altre cellule fitoplanctoniche, altrimenti avremmo dovuto avere sempre la somiglianza tra i due popolamenti esterno e interno. Sembra più logico pensare che la composizione rifletta quella del popolamento al tempo della formazione della mucillagine. Sotto questo aspetto le mucillagini bentoniche si sarebbero sviluppate fin dalla primavera e quelle pelagiche sarebbero più giovani, estive. Quelle bentoniche ci fanno però escludere che la mucillagine

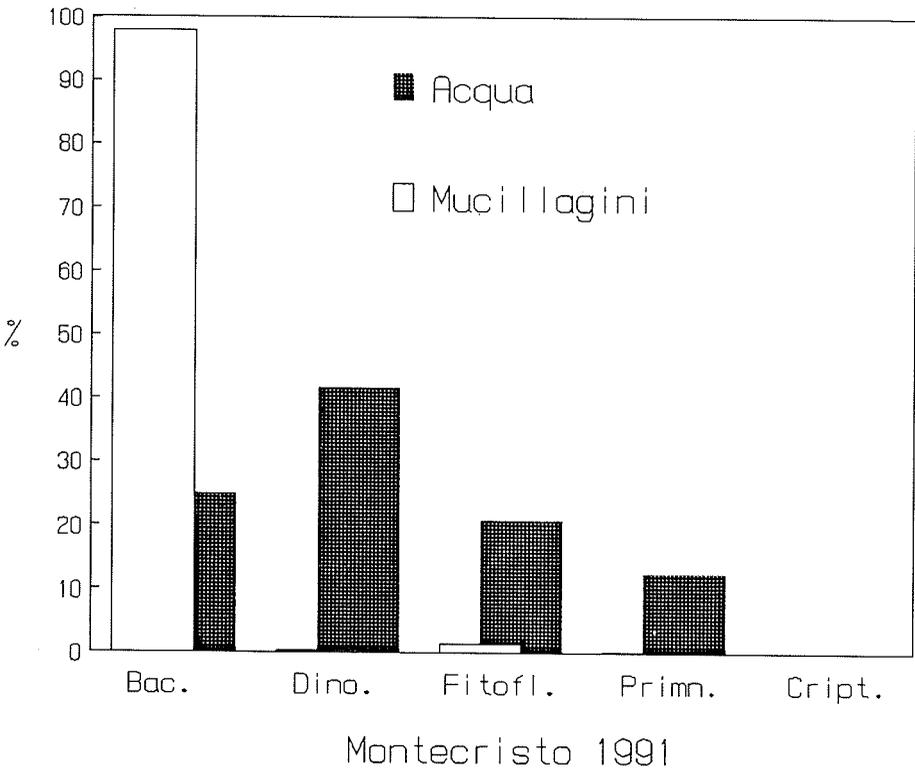


Fig. 8. La composizione relativa ai popolamenti fitoplanctonici a Montecristo nell'Agosto 1991 dentro le mucillagini bentoniche (Mucil) e nell'acqua vicina (Acqua) è completamente diversa: nelle mucillagini vi sono quasi esclusivamente Diatomee, mentre nell'acqua vi sono Diatomee, Dinoflagellate, Fitoflagellati, Primmesioficee; le Criptoficee sono praticamente assenti. La stessa situazione è stata rilevata alle Formiche ed a Capo d'Uomo.

funzioni da rete che intrappola il popolamento esistente, perché non vi si trovano le dinoflagellate e gli altri gruppi che abbondano nell'acqua. Questa sembra una proprietà delle mucillagini, il non fare entrare nella matrice le particelle esterne, che può essere valida anche per quelle pelagiche: le mucillagini non intrappolano le cellule libere nell'acqua, quindi quelle che vi sono imprigionate in realtà non sono l'agente passivo, ma quello attivo che è il produttore della mucillagine.

Vi è quindi anche questa indicazione a favore della tesi che non sia la mucillagine a intrappolare il popolamento, ma sia il popolamento a rivestirsi di mucillagine; così tutti possono concordare su un punto: i «mucillaginogeni» sono le alghe che possono essere sia planctoniche che bentoniche.

Ma le prove di analisi comparata, che considerano produttori gli organismi che vi si trovano, e che sono quelle sinora adottate, non sembrano a me totalmente sufficienti. Per derimere la questione di quali siano le specie fitoplanctoniche e fitobentoniche che hanno prodotto la gelatina nella quale si trovano, va sperimentalmente dimostrato:

- 1) che quando vi sono stanno fotosintetizzando;
- 2) che le sostanze prodotte dalla fotosintesi si trovano nell'interno delle cellule e che quelle all'esterno sono le stesse che si trovano nell'interno;
- 3) che queste stesse sono fotosintetizzate, dall'interno sono effettivamente passate all'esterno.

Tanto servirebbe per stabilire se la produzione è specifica di certi organismi o è di tutti quelli che nella mucillagine si trovano; soprattutto per chiarire la parte delle alghe bentoniche.

La mucillagine in forma di fiocchi è stata presente in Adriatico da molto tempo e, come dicono i ricercatori subacquei, la «marine snow» in Adriatico c'è sempre stata. Coloro che l'avevano considerata come oggetto di studio non potevano pensare allo sviluppo che ha avuto nell'89. Sono quindi stati escogitati vari dispositivi per catturare i fiocchi evanescenti: alcuni semplici come tubi di plexiglass portati sott'acqua ed altri più complicati con sistemi a pompa. Anche

nell'89, a parte i casi di affioramento, il sistema di raccolta per osservare al microscopio ed analizzare una sufficiente quantità di fiocchi, ha rappresentato un problema, poiché, ad esempio la calata dei retini conici da plancton non dava alcun risultato in quanto i fiocchi si allontanavano dalla bocca del retino al momento del recupero.

A noi, dalla parte di qua della penisola, quando siamo stati messi all'erta, è venuto spontaneo pensare alle reti, soprattutto perché erano i pescatori che ne lamentavano i danni e la perdita da quanta mucillagine ci finiva.

In effetti un grande retino da zooplancton si è sfondato anche a noi per quanto fosse invisibile ciò che ne occludeva le finissime maglie.

La fig. 3 fa vedere che la rete da posta, un tramaglio, non ha funzionato tanto la rete, quanto sui suoi fili, che sembrano pelosi come la lana d'angora, si è verificato un fenomeno di adesione chimico-fisica. Il funzionamento della rete non sembra quindi quello normale di filo meccanico, quanto quello di superficie dei fili sui quali è la mucillagine che ci si va ad attaccare. Senza pretesa di voler proporre un metodo di campionamento della scuola tirrenica, nella fig. 4 successiva si può vedere il pescatore procidano che salpando la rete ne strizza la mucillagine che ricade a chili nel nostro contenitore. Il problema è solo di pazienza: di lasciare la rete lì per tutta la notte come da tempo ci hanno insegnato i pescatori che pur non vorrebbero averla nelle reti come invece noi desideriamo.

## CONCLUSIONE

Le cause che in natura determinano la secrezione algale massiva e la gelificazione dei polisaccaridi al momento possono essere solo ipotizzate. Infatti anche se le prove sulle colture in laboratorio hanno fornito importanti indicazioni, non è mai possibile né lecito utilizzare i risultati di laboratorio come chiave interpretativa di quanto avviene in natura, dove le

condizioni sono più complesse e la storia dei processi va seguita nella loro globalità.

Schematicamente si possono classificare le cause possibili come fisiche, chimiche e biologiche. Tra le prime sono stati considerati gli effetti climatici di inverni caldi e poco piovosi come quello dell'88/89, che tuttavia è contraddetto da quello opposto del 90/91 che pure ha sortito lo stesso effetto, specie nel Tirreno. Gli sbalzi termici fuori stagione, come la risalita di acqua fredda sottocosta, sembra che possano certo avere forti effetti e rappresentare uno stress, in quanto la differenza di 4°C da noi rilevata tra la costa e il largo è in mare una forte differenza, che tuttavia non spiega le mucillagini a Montecristo, dove l'acqua ha avuto il normale decorso termico stagionale. Se si considera l'aspetto chimico della risalita che apporta i nutrienti, questo è un fatto rilevante, che causa in genere le fioriture primaverili dopo la risalita invernale, ma si sono avute mucillagini anche al centro del Tirreno, dove non sembra, né a Montecristo, né lungo il suo meridiano fino a 41° N, che vi sia stata risalita. Piuttosto ci sembra che lo squilibrio nutritizio, nel senso del rapporto azoto/fosforo abbia interessato sia il nostro sottocosta che il largo, ma non è accaduto nulla di simile in Adriatico dove nel '90 le mareggiate hanno dissolto le mucillagini prima che affiorassero, ma pur tuttavia vi erano in massa e con un rapporto azoto/fosforo che a noi non è risultato statisticamente differente da quello degli anni in cui mucillagine non c'era. D'altra parte in Adriatico non vi sono state risalite di acqua fredda e di nutrienti ve ne sono anche troppi negli anni di mucillagini.

Senza trascurare di tenere sotto'occhio le variazioni fisiche e chimiche e particolarmente le modalità con le quali si realizza la dinamica del sistema nelle varie stagioni, al momento ci sembra anche interessante considerare le cause biologiche, sotto molteplici aspetti. A cominciare da quello della mancata degradazione batterica dei polisaccaridi secreti, e per sottolineare la necessità dell'approfondimento delle attività microbiche e virali, che in genere hanno ampio spettro d'azione patologica in tutte le specie, anche se la loro specificità di

azione non dovrebbe accordarsi con un'effetto su moltissime specie delle quali d'altra parte non abbiamo ancora sperimentalmente dimostrato quali e quante siano quelle responsabili.

## RINGRAZIAMENTI

La realizzazione della ricerca è stata possibile grazie alla sensibilità rispetto a questi problemi sociali e scientifici da parte:

– della Guardia di Finanza, per la tempestività, professionalità ed efficienza con le quali l'Ufficio Operazioni della 8<sup>a</sup> Legione ha disposto e la Squadriglia di Porto Santo Stefano ha realizzato la nostra 1<sup>a</sup> spedizione grazie all'interessamento dell'assessore C. Andreini; e al contributo per le spese logistiche della Provincia di Grosseto.

– della SO.PRO.MAR. s.p.a., che, grazie al mecenatismo del comandante G. Tramontano, ci ha dato in uso gratuito l'«Altair I» per la realizzazione della nostra 2<sup>a</sup> spedizione.

La campagna oceanografica ARCI 3 è stata finanziata dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica con i fondi 40%, ma ci ha permesso di raccogliere fruttuosi risultati grazie all'interessamento ai nostri problemi ed all'aiuto fattivo del comandante G. Papandrea e del primo ufficiale E. Gentile.

L'ispettorato Centrale per la difesa del Mare del Ministero della Marina Mercantile ha disposto che le Capitanerie di Porto ci fornissero informazioni sulle ubicazioni delle mucillagini: della collaborazione fattiva che prosegue rendiamo grazie al direttore generale dr. M. Baradà ed alla sua collaboratrice dr. M. Monassi.

Un particolare riconoscimento alla dr. E. Raddi per il disinteressato contributo di assidua presenza alle spedizioni all'ARCI 3, alle analisi di laboratorio e per la validità del suo aiuto.

## BIBLIOGRAFIA

- FOGG G. E., *Marine phytoplankton gel production*; in: BARTH H., FEGAN L., *Eutrophication-related phenomena in the Adriatic Sea and in other Mediterranean coastal zones*; Water pollution research report 16. Commission of the European Communities. E. Guyot, Bruxelles, 1990.
- FORTI A., *Alcune osservazioni nel «Mare sporco» ed in particolare sul fenomeno avvenuto nel 1905*: «Nuovo Giorn. Bot. Ital.» N.S.; 13, 357-408, 1906.
- HERNDL G. J. e PEDUZZI P., *The ecology of amorphous aggregations (marine snow) in the Northern Adriatic Sea*. P.S.Z.N.I., «Marine Ecology», 9, 79-80, 1988.
- INNAMORATI M., *Primi risultati ottenuti dai sopralluoghi in mare per il rilevamento della presenza delle cosiddette mucillagini nell'Alto Tirreno Toscano*. 1-37, Università di Firenze, Firenze 1991.

Mario Innamorati

- MARCHETTI R., IACOMINI M., TORRI G., FOCHER B., *Caratterizzazione degli essudati di origine fitoplanctonica raccolti in Adriatico nell'estate 1989*; «Acqua e aria», (8) 883-887, 1989.
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia: *Gli episodi di «Mare sporco» nell'Adriatico dal 1729 ai giorni nostri*. A cura di S. Fonda Umani, E. Ghirardelli, M. Specchi, I-VIII, 1-178, Uff. Stampa e Pubbliche Relazioni della Regione Autonoma Friuli Venezia-Giulia, Trieste 1989.
- STACHOWITSCH M., FANUKO N., RICHTER M., *Mucus Aggregates in the Adriatic Sea: an overview of stages and occurrence*. P.S.Z.N.I. «Marine Ecology» 11, 327-350, 1990.

MATTEO BARADÀ\*

## Relazione finale

Alla fine di questa breve tavola rotonda mi sembra opportuno fare, sia pure con molta difficoltà, il punto su quello che abbiamo ascoltato. Certamente la produzione di muco è un fenomeno comune a molti organismi marini e può avvenire in condizioni normali e in condizioni particolari. Abbiamo inteso interessantissimi contributi su come possa essere prodotto; risultano queste produzioni mucillaginose dovute ad alghe filamentose e nello stesso tempo anche, così abbiamo avuto testimonianze, ad agenti presenti nella colonna d'acqua. Non so se sia corretto sottolineare in questo modo le diverse nature e diverse insorgenze: il punto è «perché esplose il fenomeno in questa quantità così preoccupante»? Il Prof. Giaccone ci ha confortato dicendo che noi misuriamo la natura in termini biologici e ci ha dato così una sua versione tranquillizzante; la natura in effetti ha ben altri termini che non quelli biologici! Però resta a livello amministrativo viva la preoccupazione del buon amministratore di sapere che cosa è chiamato a fronteggiare. L'Ispettorato, cui sono preposto, si chiama Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare. Esso si pone questa tematica: difendere e, oltre che difendere, conoscere il mare e le dinamiche dei suoi ecosistemi. In questa linea di indirizzo il cammino è ancora lungo. Lungo non solo per la verifica di questo problema specifico dell'insorgenza del fenomeno delle mucillagini, che poi non è solo un fenomeno dei nostri mari, ma altresì per la migliore conoscenza dell'ecosistema marino nel suo complesso.

---

\* Direttore Centrale dell'Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare del Ministero della Marina Mercantile.

La ricerca oceanografica, credo, sia stata trascurata per tanti, troppi, decenni. Come al solito, forse, il mare attira l'attenzione per un periodo dell'anno; poi si finisce per dimenticare, cosa ancora più grave, per trascurare gli studi in materia. Un fatto è stato ribadito da tutti gli intervenuti: l'esigenza di un'approfondita e continuativa ricerca scientifica sul mare, l'esigenza di una conoscenza, direi, preventiva; perché si possano poi meglio identificare gli elementi essenziali per giungere a spiegarci i vari fenomeni. Ecco, sotto questo profilo, vorrei sottolineare che il Ministero della Marina Mercantile e, per esso, l'Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare, ha cercato di avviare, d'intesa anche con gli Enti Regione, una verifica costante dello stato di salute del mare con una parametrizzazione sulla quale adesso non è il caso soffermarsi; questo si è fatto non solo nel rispetto delle convenzioni internazionali, ma andando anche oltre; perché ci si è resi conto di tante problematiche specifiche. Ancora una volta mi richiamo ai lavori dei relatori, tutti quanti assai interessanti. In particolare, in una riflessione che ha fatto il Prof. Giaccone, colgo un elemento veramente importante: quello che la prevenzione è veramente essenziale; sussiste cioè la necessità di controllare meglio gli apporti umani, antropici, per assicurare l'equilibrio naturale della fascia costiera. Proprio con questa intenzione si è ritenuto da tempo di avviare rilevazioni specifiche sulla base delle quali si va costruendo tutta una serie di dati significativi. Credo che questa sia una linea valida.

Certamente tanto si deve fare e tanto si può fare; però i mezzi economici, noi sappiamo, sono scarsi. Se si mettono insieme le energie dei diversi Enti preposti al territorio, forse, con l'apporto costruttivo della ricerca scientifica, si può sperare di avere qualche risultato estremamente utile ed interessante. Sotto questo profilo, penso che, con i piani di ricerca che certamente saranno posti in essere per l'Adriatico, sotto il coordinamento del competente Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica, o, in modo specifico, direttamente per il Tirreno come ha annunciato anche il Ministro della Marina Mercantile Facchiano in una conferen-

za stampa tenuta nel settembre scorso, si vuole portare avanti un'azione volta a sostenere la ricerca per la conoscenza del mare e dei suoi ecosistemi. Noi ringraziamo il mondo scientifico che affianca e sostiene i nostri sforzi in questa direzione, certi che in questo modo si serva la collettività: perché difendere il mare significa anzitutto amarlo e per amarlo bisogna conoscerlo. Non ritengo di dover aggiungere altro; perché credo che da tutto quel che si è detto emerga questa esigenza di approfondire la conoscenza e su questa linea ci sia un'intesa anche a livello governativo. Si tratta poi di individuare e trovare delle soluzioni sulla mobilitazione delle risorse che certamente non sono molte, anzi direi che sono scarse. Però quando a volte si punta ad una ricerca in aree molto distanti e si dimentica quello che è l'interesse più vicino e diretto si fa un errore di impostazione. Su questo fatto si è già richiamata l'attenzione di Ministri dell'Ambiente e del Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica. In questo impegno è augurabile di poter contare anche su tutti gli Enti territoriali. Vorrei fare una annotazione proprio a questo riguardo: perché da noi si è speso molto e si è parlato molto di depurazione delle acque. Ritengo di non fare una considerazione polemica, non sono all'altezza, non sono infatti un uomo di scienza, ma una riflessione è dovuta: perché anche per l'Adriatico si sono fatti grossi investimenti. Quando l'esito della depurazione non è l'uso fertirriguo delle acque depurate, ma è un'immissione delle acque trattate in mare, come sembra sia il caso in Puglia, ove si verserebbero, secondo i dati dell'acquedotto pugliese, 170 milioni di metri cubi di acque depurate, lascio agli scienziati presenti e anche ai rappresentanti degli Enti regione di fare una riflessione e trarre le debite conclusioni. Non vorremmo sentire dire che con la depurazione si fa un servizio per la difesa del mare e poi ritrovarci invece con altre problematiche indotte.

Mi auguro che da questo incontro possa scaturire anche una maggiore attenzione e una più intensa azione da parte della Regione Toscana verso i problemi della prevenzione dell'inquinamento marino; per questo mi fa piacere cedere ora

Matteo Baradà

la parola all'Assessore all'Ambiente della Regione Toscana On. Franceschini che certamente vorrà contribuire costruttivamente alla soluzione dei problemi trattati e darci qualche parola di conforto e di sostegno con la sua autorità, nel perseguimento degli obiettivi indicati.

## Conclusione

Ringrazio il dr. Baradà e gli organizzatori di questo incontro il quale, nel quadro così ricco di questa mostra, ha saputo attirare l'attenzione di un pubblico così fedele fino a tarda ora di domenica.

In questo contesto mi pare inoltre che l'esposizione di materiale risultante da spedizioni scientifiche sia stata di grande interesse anche per noi come Regione Toscana. A parte i risultati attuali connessi alle campagne di ricerca avvenute la scorsa estate alle prime segnalazioni dei fenomeni mucillaginosi sulla costa toscana, ricordo che questi erano già comparsi l'anno passato; infatti vi erano stati rilevamenti presso le Formiche di Grosseto che avevano evidenziato questo fenomeno ma non c'è dubbio che quanto avvenuto l'ultima estate con la conseguente ricerca, con i prelievi di acqua e le analisi abbia prodotto risultati interessanti.

Ecco, dr. Baradà, veniva fatta una considerazione sul ruolo che ha il mare nella scala di valori di una società come la nostra; io credo che in Toscana abbiamo fatto uno sforzo per fare del mare uno dei grandi temi della nostra cultura amministrativa recente. Nel corso degli ultimi due secoli forse non è stato così, ricordando, ad esempio, lo smantellamento della flotta granducale ed il conseguente alloggiamento di cavalli negli arsenali dove si costruiscono navi: questo è stato un po' il segnale di una conversione di interessi; ancora possiamo sottolineare come nella storia politica dell'amministrazione toscana si annoverino grandi ingegneri idraulici, quindi espe-

---

\* Assessore all'Ambiente della Regione Toscana.

rienze di gestione del territorio, nel '700 e nell'800, di primaria grandezza in campo europeo. Non così, forse, possiamo dire per le questioni riguardanti il mare.

Oggi, una serie di elementi debbono indurci in questa direzione; ad esempio il fatto che all'attenzione dell'opinione pubblica, in termini drammatici, sono venuti nel giro di alcune settimane fatti tragici come quelli del traghetto di Livorno o, comunque, eventi e notizie che hanno colpito l'immaginazione, come appunto il fenomeno mucillagini.

Un altro fatto importante è che in virtù del grande sviluppo costiero della nostra regione e delle sue numerose isole, l'amministrazione sta sviluppando anche una politica di parchi e riserve marine; una politica sulla quale vogliamo procedere incoraggiati anche dalle linee della legge sulla protezione della natura passata anche all'esame del Senato e che speriamo si appresti a diventare uno strumento veramente efficiente.

Adesso, concludendo questo incontro, appare importante effettuare alcune riflessioni. È stato detto che il fenomeno delle mucillagini non è un fenomeno comparso solo oggi: esso è noto da tempo nella letteratura scientifica e nella cultura tradizionale dei pescatori e degli abitanti delle coste; termini dialettali specifici li troviamo in Sicilia, come ha detto il prof. Giaccone, oppure nell'Arcipelago Toscano con la parola «bromu» che probabilmente è un adattamento di un termine greco; bromu è infatti un termine che significa anche sporco-spazzatura e oscilla nell'uso corrente a designare ora certe masse di piccole meduse ed ora le mucillagini. Quindi il problema, come detto, è noto e fa parte dei fenomeni naturali. Questo intreccio tra fattori fisici e fattori biologici, dei quali anche il prof. Innamorati ha parlato, ci indica che certamente non siamo davanti ad un «mostro» che si presenta con caratteristiche assolutamente inedite e purtuttavia la questione dell'intensità e delle dimensioni non può non preoccupare l'amministratore; si può pensare anche che l'intensità con cui si individua il fenomeno sia legata all'intensità con cui lo si ricerca ed al maggior spiegamento di mezzi, rispetto a quanto avveniva in passato. Credo che, come amministratori, si debba partire da

un ragionamento e cioè non si debba semplificare il dibattito scientifico ma lavorare per vagliare tutti quegli elementi che riguardano le origini, le concause, i sinergismi del fenomeno; certo il tema dell'inquinamento, se non può essere assunto con spiegazioni semplicistiche, è sicuramente una componente importante che, con i movimenti delle acque, con le relazioni dei microrganismi e tutto quanto di altro è stato detto, può avere molto peso. Sotto questo profilo dovremo affrontare una duplice questione. Il tema dell'apporto dei fiumi al mare rimane un tema estremamente scottante anche in Toscana; se i livelli di balneabilità sono in generale accettabili, le foci dei fiumi sono in condizioni estremamente gravi; qualsiasi osservazione, agli occhi dei cittadini o tramite la foto di un satellite o da un aereo, rivela una situazione di estrema preoccupazione. Altrettanto eclatante è divenuto il problema degli sversamenti in mare: infatti non solo abbiamo avuto la tragedia del Moby Prince, ma successivamente anche il problema delle macchie oleose che hanno toccato Montecristo, l'Elba, Capraia a causa della petroliera affondata in Liguria; è proprio di queste settimane un provvedimento di risarcimento del Ministero del Turismo per le zone costiere toscane e liguri che sono state toccate da questi eventi.

Credo che dal momento che un governo, una regione, si pongono la problematica di una protezione specifica dell'Arcipelago Toscano e delle aree costiere per la costituzione di un sistema di parchi, di zone protette, di parchi marini, occorre pensare non solo alle questioni dei divieti di pesca e balneazione ma anche ad un vero e proprio codice della navigazione commerciale e turistica, che salvaguardi meglio le nostre coste ed i nostri mari da questi sversamenti. Occorre comunque che la Regione ed i Ministeri Ambiente, Marina Mercantile, Ricerca Scientifica da un lato si sentano pienamente impegnati in modo comune nel fronteggiare le emergenze, come quella discussa in questo incontro, con campagne di rilevazione scientifica sistematica; dall'altro lato operino su cause o concause che possiamo individuare, che scaturiscono dal modo umano di operare, da comunità urbane che non depurano,

come la città di Firenze, o comunità che non riescono a riutilizzare le acque di depurazione, ecc... L'importante è che da esperienze fatte in Emilia, in Toscana, nell'Italia meridionale ed anche in altri paesi, scaturisca per la prossima estate un programma integrato di ricerca che permetta di anticipare l'inizio del fenomeno e lo segua per tutto il suo svolgimento. Sotto questo profilo direi che una delle conclusioni di questo dibattito così interessante può essere l'intensificarsi dei rapporti della Regione Toscana, come istituzione, con gli operatori scientifici, quali Innamorati, Cinelli, ed altri ancora, con il CNR toscano, con quel complesso di situazioni scientifiche che lavorano su questa materia e con i Ministeri competenti, per ottenere il più possibile un programma integrato. Proposte in questo senso avanzate di recente dovrebbero esser formalizzate in un rapporto preciso per ottenere un quadro di lavoro condotto d'intesa col governo. Grazie.

## INDICE



|   |      |    |
|---|------|----|
| P. NOTARBARTOLO DI SCIARA, Saluto . . . . .   | Pag. | 7  |
| G. GIACCONE, Nematotalli algali mucillaginogeni sulle coste della Sicilia e delle sue isole minori . . . . .  | »    | 9  |
| G. DIVIACCO, Aggregati gelatinosi in Mar Tirreno durante l'estate 1991: indagini sulla presenza e sull'evoluzione del fenomeno . . . . .  | »    | 19 |
| F. CINELLI, Il «caso» Argentarola . . . . .   | »    | 33 |
| G. SARTONI - C. SONNI, <i>Tribonema marinum</i> J. Feldmann e <i>Acinetospora crinita</i> (Carmichael) Sauvageau nelle formazioni mucillaginose bentoniche osservate sulle coste toscane nell'estate 1991 . . . . . | »    | 37 |
| A. RINALDI, Aggregati mucilluginosi nei mari italiani. I casi dell'Adriatico e del Tirreno nel quadriennio 1988-1991 . . . . .  | »    | 47 |
| M. INNAMORATI, Mucillagini e fitoplancton . . . . .   | »    | 61 |
| M. BARADÀ, Relazione finale . . . . .   | »    | 81 |
| F. FRANCESCHINI, Conclusione . . . . .  | »    | 85 |



Stampato nella  
Tipografia Giuntina - Firenze  
Giugno 1992

