*Il corallo rosso in Mediterraneo: Arte, Storia e Scienza*
*Red Coral in the Mediterranean Sea: Art, History and Science*
F. Cicogna & R. Cattaneo-Vietti (Eds)
1993, Min. Ris. Agr. Al. For. - Roma
109 - 130

# IL POPOLAMENTO A CORALLO ROSSO DEL PROMONTORIO DI PORTOFINO (MAR LIGURE)

Riccardo CATTANEO-VIETTI, Giorgio BAVESTRELLO & Lorenzo SENES
Istituto di Zoologia dell'Università di Genova, Via Balbi 5, I - 16126 Genova

## INTRODUZIONE

Il rapporto tra i Liguri ed il corallo rosso è molto antico. La sua presenza nel Mar Ligure è già riportata in uno scritto di Solino nel III secolo dopo Cristo e nella chiesa di San Giorgio a Portofino si conserva ancora il ricordo di un precedente sacello, *a piscatoribus coralis refectum anno 1154* (Mazzarelli, 1931; Cattaneo-Vietti *et al.*, 1984). Gallo (1888) inoltre, riporta documenti storici relativi ad un'attività di lavorazione e di pesca del corallo nella zona di Alassio almeno fin dalla metà del 1400 e la settecentesca chiesa di San Giovanni di Cervo fu costruita con i proventi derivanti dalla pesca del corallo, a testimonianza dell'importante ruolo economico che ha avuto in Liguria questa risorsa per molti secoli. Oggi non è più così ed il ramo di corallo che compare nello stemma municipale di S. Margherita Ligure rappresenta solo il ricordo di passate fortune.

All'inizio del '900, in diverse zone del Mar Ligure, sia a levante (Promontorio di Portofino) che a ponente (Savona, Isola di Bergeggi, Capo Noli, Isola Gallinaria, Porto Maurizio), venivano segnalati diversi banchi di corallo rosso (Parona, 1898; Mazzarelli, 1946), ma più recentemente Marchetti (1965a) sottolinea l'assenza di questa specie lungo tutto l'arco ligure, fatta eccezione per il Promontorio di Portofino. *Corallium rubrum* è tuttavia presente nelle acque monegasche, ed è quindi molto probabile che si possa ritrovare anche in piccole stazioni nell'estremo ponente ligure. Non è inoltre esclusa la possibilità che banchi di corallo rosso siano presenti anche su secche al largo (Mazzarelli, 1946), ma non esistono informazioni recenti in merito. A levante del Promontorio di Portofino, invece, sembra ormai certa la sua assenza fino a Livorno.

La falesia del Promontorio di Portofino è dunque l'unica area ligure in cui sia attualmente accertata la presenza di un consistente popolamento di corallo rosso, d'altronde già segnalato, oltre trent'anni fa, da Tortonese (1958; 1961) in molte stazioni del Promontorio, tra i 25 ed i 55 m di profondità. Un'analisi approfondita

di questa popolazione si deve a Marchetti (1965b), che purtroppo fornisce pochi dati biometrici delle varie popolazioni studiate.

In questo contributo si prendono in esame alcuni aspetti dell'ecologia e della distribuzione della specie presente lungo il Promontorio di Portofino, completando le recenti osservazioni di Palmulli (1988) e Cattaneo-Vietti *et al.* (1989; 1993).

## MATERIALI E METODI

Le stazioni studiate sono state fissate lungo il versante sud del Promontorio di Portofino (Mar Ligure) (Fig. 1) in relazione ad aree precedentemente investigate (Tortonese, 1958; 1961; Marchetti, 1965b), al fine di individuare eventuali variazioni quali-quantitative nella struttura del popolamento.

I dati quantitativi e biometrici (n colonie/m$^2$, altezza, peso, diametro di base, schema di ramificazione) sono stati ottenuti su campioni raccolti in immersione con ARA per grattaggio di superfici standard di 400 cm$^2$ (Staz. 1-7), mentre altri valori di densità sono stati ricavati analizzando quattro serie di transetti fotografici effettuati con complesso MacroNikonos su una superficie di 235 cm$^2$/fotogramma (Staz. A-D). La scelta dei due metodi, di cui uno solo distruttivo, ha permesso di definire sia le caratteristiche biometriche delle popolazioni prese in considerazione che analizzare la densità e la distribuzione delle popolazioni su superfici molto ampie.

Lo schema della ramificazione di ogni singola colonia è stato studiato utilizzando il rapporto tra altezza della colonia e numero di apici (H/A). All'interno della Grotta di Marcante, la morfologia delle colonie è stata messa in relazione con l'intensità dell'idrodinamismo valutata misurando il consumo di sfere di gesso lasciate *in situ* per 48 ore sulla volta del tetto, a 0, 2, 4, 6, 8 m dall'ingresso della grotta stessa (Muss, 1968).

L'andamento della distribuzione spaziale degli individui della specie lungo un transetto è stato studiato utilizzando il semivariogramma (Palmer, 1988) che riassume l'andamento delle semivarianze, ovvero della variabilità delle osservazioni

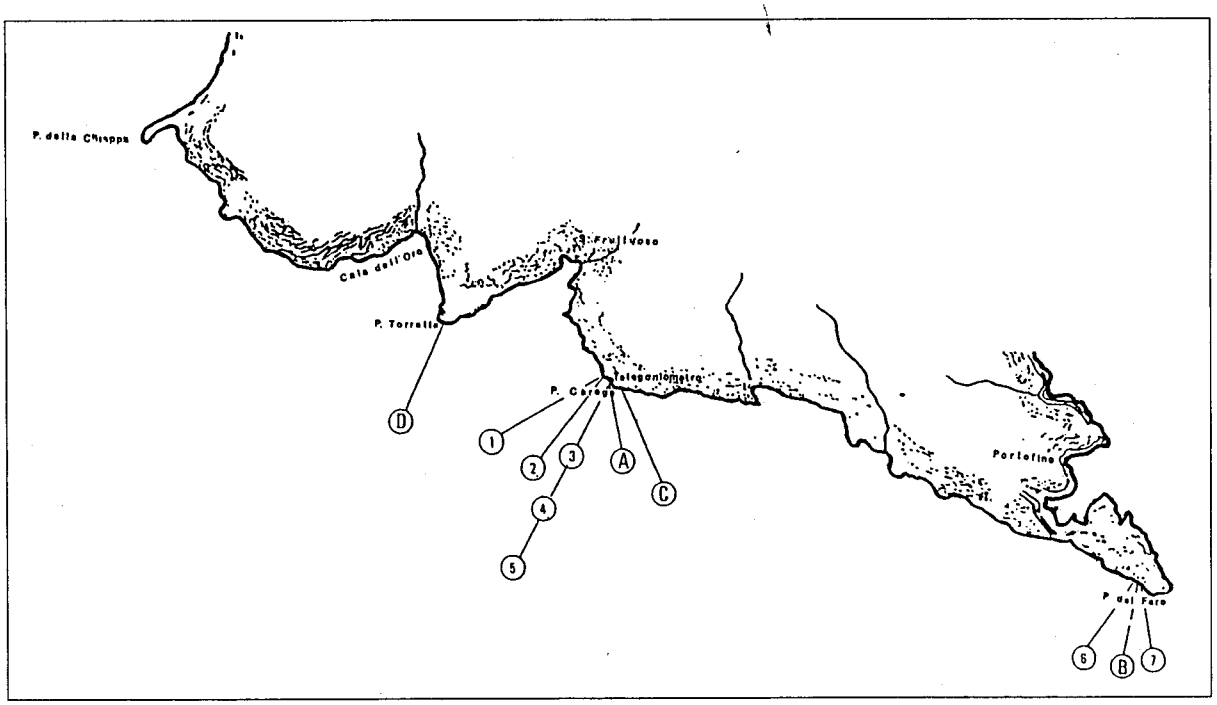



Fig. 1 - Dislocazione delle stazioni esaminate lungo il versante meridionale del Promontorio di Portofino.

di una variabile dipendente (densità), in funzione dello spazio. La semivarianza è definita come segue:

$$V_{(h)} = \frac{1}{2N_{(h)}} \sum_{i=1}^{N_{(h)}} [z_{(i)} - z_{(i+h)}]^2$$

dove:

$V_{(h)}$ = semivarianza

$N_{(h)}$ = numero di coppie di sub-stazioni separate dall'intervallo h

$z_{(i)}$ = n di individui nel subcampione (i)

$z_{(i+h)}$ = n di individui nel subcampione (i+h) posto a distanza h da (i)

Il rapporto quantitativo tra *Corallium rubrum* ed il madreporario *Leptopsammia pruvoti* è stato invece analizzato utilizzando il rapporto (C - L)/(C + L), dove C è il numero di colonie di corallo presenti nell'unità di superficie ed L è il numero di individui di *Leptopsammia* presenti nella stessa area.

I poriferi endobionti (Demospongiae, Clionidae) presenti nello sclerasse del corallo sono stati determinati mediante preparati spicolari.

Lo studio morfometrico degli scleriti delle colonie è stato effettuato su preparati ottenuti dal trattamento del cenenchima con KOH a caldo.

## DESCRIZIONE DELLE AREE STUDIATE

La struttura della popolazione di *Corallium rubrum* presente a Portofino è stata effettuata nelle seguenti stazioni: Punta Torretta (38 m di profondità), Punta Carega (34 m), Grotta di Marcante (37 m), località Targa (42-37 m) e Punta del Faro (35 m).

**Punta Torretta** (Staz. D)

Questa punta separa Cala dell'Oro dall'insenatura di San Fruttuoso di Camogli. La roccia scende a picco ed è percorsa da spaccature verticali. Questa stazione corrisponde alla stazione VI di Tortonese (1958) e alla stazione 16 di Marchetti (1965b), dove viene segnalata la presenza di corallo tra i 30 e i 40 m, presenza confermata anche dalle attuali osservazioni.

**Punta Carega** (Staz. 1 e 2)

In questa località, posta a circa 750 m a levante di San Fruttuoso, la parete si immerge formando uno sperone roccioso con una pendenza di circa 45°. Dopo una zona iniziale costituita da grandi massi franati, segue una parete rocciosa con ampie fratture e tetti. Questa stazione corrisponde alla stazione 25 di Marchetti e alla X di Tortonese. Mentre il primo segnala la presenza del corallo, di dimensioni ridotte e non molto denso, a partire da 27 m di profondità, il secondo non lo cita nella lista delle specie di quella stazione nel lavoro del 1958, ma lo segnala (colonie abbastanza numerose, ma di piccola taglia) in un lavoro successivo (1961). Attualmente il corallo inizia a comparire intorno ai 30 m di profondità.

**Grotta di Marcante**
(Staz. A, 3, 4, 5, G1, G2)

La più grossa delle spaccature dello sperone roccioso di Punta Carega viene denominata Grotta di Marcante. Questa cavità, situata ad una profondità di circa 38 m, ha un'altezza di circa 5 m e penetra all'interno della roccia per 10 m. Questa stazione non viene presa in considerazione da Marchetti, mentre Tortonese la segnala, senza però dedicarle particolare attenzione. Attualmente il corallo è presente sia sulle pareti laterali che sul tetto fino a circa 5.5 m dall'ingresso.

**Località Targa di Gonzatti** (Staz. C)

La stazione è situata immediatamente a levante del toponimo "Telegoniometro" e corrisponde alla stazione 26 di Marchetti, che vi segnalata i primi popolamenti a

partire da 37 m di profondità, dato confermato nelle nostre osservazioni.

**Punta del Faro** (Staz. 6, 7 e B)

Questa stazione è situata a circa 80 m a ponente dalla Punta del Faro di Portofino e corrisponde alla stazione 38 di Marchetti, che segnala notevole quantità, ma colonie di modeste dimensioni a partire da 21 m di profondità. Attualmente i primi rami di corallo si incontrano intorno ai 25 m di profondità, con popolazioni ad alta densità e di piccole dimensioni.

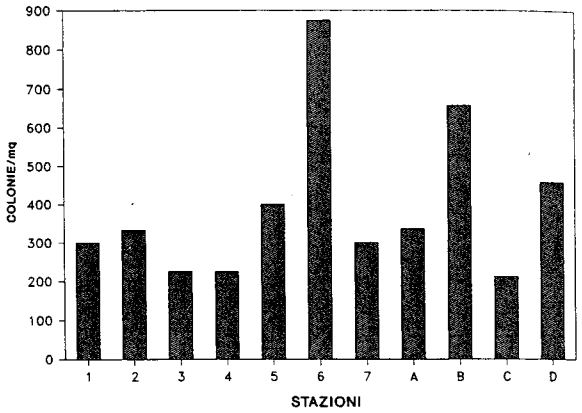



Fig. 2 - Numero medio di colonie/m² nelle stazioni esaminate. 1-7: grattaggi; A-D: transetti fotografici.

RISULTATI

**Densità della popolazione**

Lungo il versante sud del Promontorio di Portofino le prime colonie di corallo, generalmente di piccole dimensioni, appaiono già in una prima fascia superficiale, a circa 20-25 metri di profondità, ma la *facies* si impone al di sotto dei 30 m, all'interno della biocenosi coralligena e delle grotte semioscure, con una popolazione quantitativamente molto ricca. Di norma, non si osserva una precisa relazione tra profondità e densità della popolazione, poiché la morfologia e l'esposizione della stazione stessa giocano, a questo livello, un ruolo importantissimo ed influenzano nettamente l'insediamento delle planule, probabilmente in maniera maggiore di quanto non faccia l'intensità luminosa stessa. I valori medi quantitativi tendono, comunque, ad aumentare con la profondità fino a circa 40 m, dove si raggiungono i massimi valori di densità misurabili lungo tutto il Promontorio. Nell'ambito di questa fascia la densità media per stazione varia da circa 200 ad oltre 800 colonie/m² (Fig. 2). La distribuzione dei valori di densità all'interno della stessa stazione non è mai uniforme, ma presenta una caratteristica *patchiness* ben evidenziata dall'analisi dei transetti fotografici (Fig. 3a-d), dove nello spazio di un metro lineare si può passare da valori di densità di 200 colonie a valori superiori a 1300 colonie/m².

Le stazioni a maggiore densità (Figg. 3b, 3d) sono quelle fissate nelle zone più esposte del Promontorio (Punta del Faro, Punta Torretta), mentre nelle stazioni di grotta (Staz. A) o più ridossate (Staz. C), troviamo densità nettamente inferiori. In quest'ultima stazione (Fig. 3c) si evidenziano ampie zone in cui il corallo rosso è assente, poiché tale transetto, l'unico effettuato in senso verticale (da 42 a 37 m di profondità), passa inevitabilmente in aree suborizzontali, esposte dunque alla sedimentazione e conseguentemente sfavorevoli all'insediamento delle planule, ma appena l'esposizione del substrato lo consente, il popolamento raggiunge rapidamente valori di densità simili a quelli rilevabili nelle altre stazioni.

**Parametri biometrici**

Per quanto riguarda i parametri biometrici presi in esame (diametro di base e peso delle colonie) si notano, all'interno del popolamento portofinese, alcune differenze nelle diverse stazioni. Considerando, infatti, i valori del peso medio unitario delle colonie in ciascuna stazione (Fig. 4a), si possono riconoscere

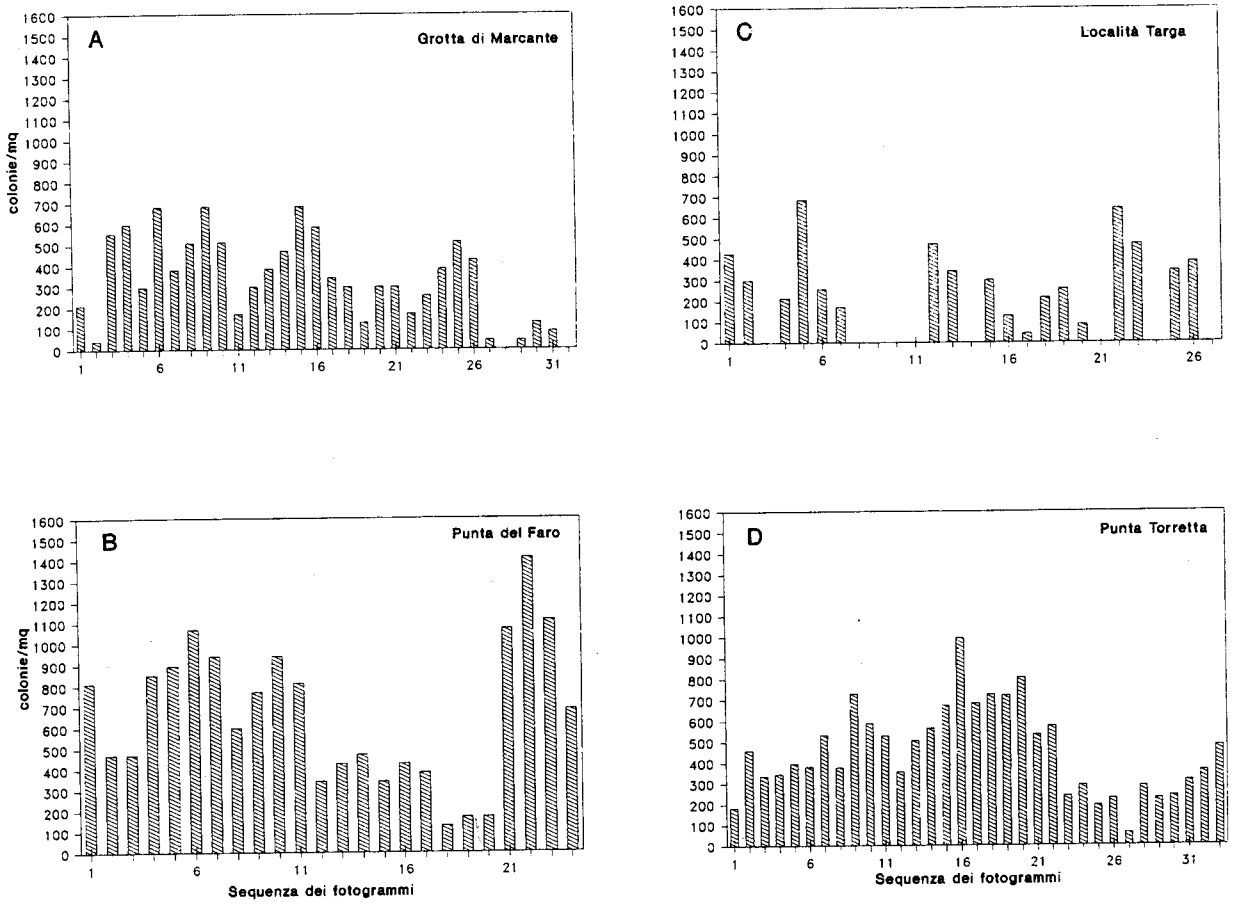



Fig. 3 - Transetti fotografici. Numero di colonie/m² rilevato lungo la sequenza dei fotogrammi

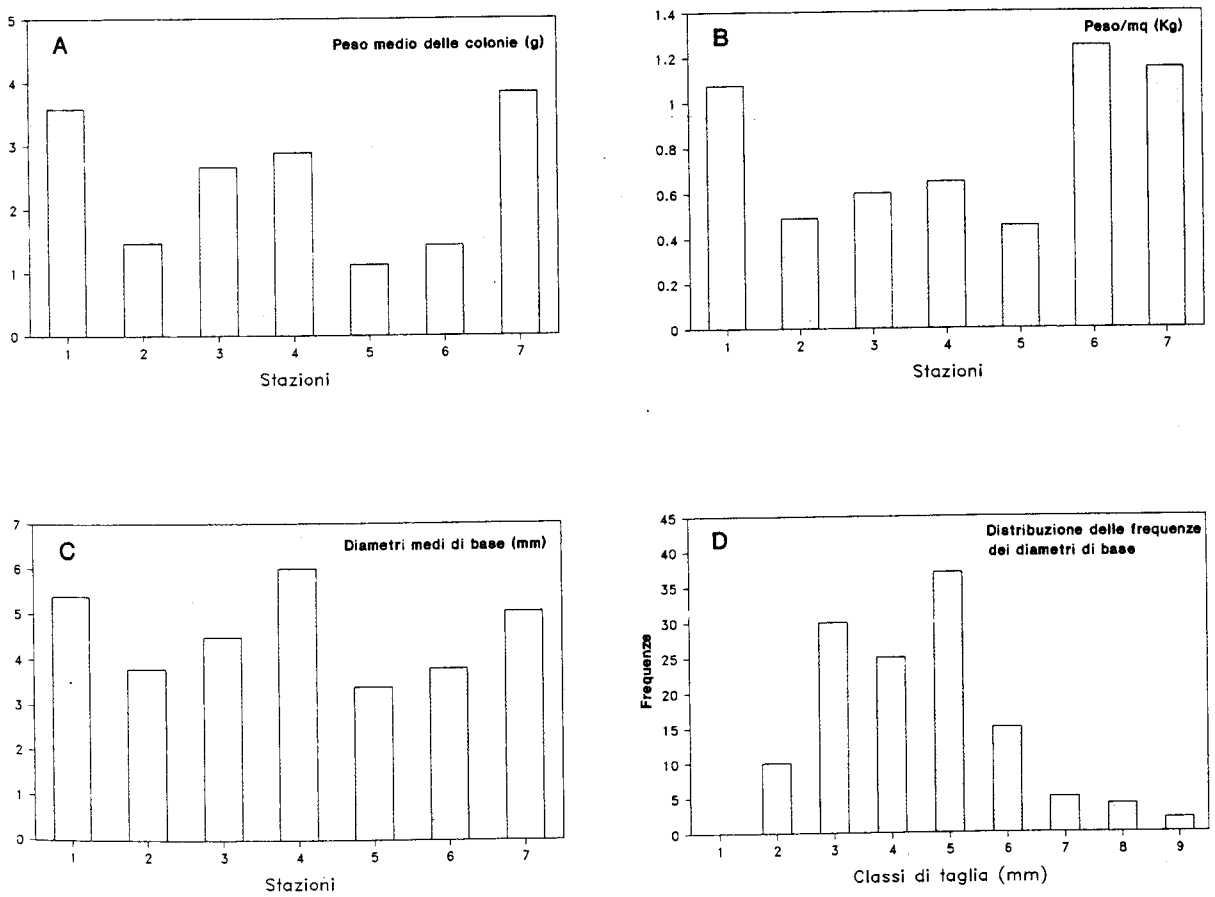



Fig. 4 - Parametri morfometrici delle colonie.

tre raggruppamenti: stazioni con peso medio unitario maggiore di 3 g (Staz. 1, 7); stazioni con peso medio unitario compreso tra 2 e 3 g (Staz. 3, 4) ed infine stazioni con peso medio unitario minore di 2 (Staz. 2, 5, 6). Da questi dati non si evidenziano strette relazioni tra la distribuzione dei valori ponderali e la posizione topografica delle singole stazioni, anche se i maggiori valori in peso sono riscontrabili nelle stazioni più esposte (Staz. 1 e 7). I valori di peso/m$^2$ (Fig. 4b) rispecchiano l'andamento dei valori ponderali medi, ad esclusione della Staz. 6, in cui l'altissima densità della popolazione con colonie di modeste dimensioni fa crescere notevolmente il valore del peso/m$^2$.

Il secondo parametro biometrico preso in considerazione è il diametro di base della colonia (Fig. 4c), considerato da Garcia-Rodriguez & Massò (1988) un buon indicatore dell'età della colonia stessa. I valori di tale parametro variano nelle singole stazioni da 3.4 mm a 6.0 mm. I valori maggiori si riscontrano nelle stazioni effettuate all'interno della grotta di Marcante (Staz. 3, 4, 5). Le frequenze dei valori dei diametri di base (Fig. 4d) evidenziano una distribuzione asimmetrica con le classi di maggiore frequenza relative a diametri di 3-5 mm. Nelle stazioni a minore densità si riscontrano i maggiori valori medi di diametro basale, evidenziando una probabile competizione intraspecifica per lo spazio tra le colonie. Inoltre diametri di base e peso appaiono ben correlati tra loro fino ad un peso di circa 4 g, oltre questa taglia, la colonia aumenta la ramificazione, ma il diametro tende a rimanere costante.

Alla luce di queste considerazioni è stata posta particolare attenzione alla struttura della popolazione presente all'interno di una cavità sommersa, detta Grotta di Marcante, che si apre a Punta Carega (Bavestrello *et al.*, in stampa). In questa zona il corallo è presente a partire da circa 30 m di profondità con caratteristiche biometriche e di densità paragonabili a quelle presenti in altre zone del Promontorio. La grotta ha un'altezza di circa 5 m e penetra all'interno della roccia per 10 m. Il popolamento di *Corallium rubrum* è ben strutturato sia sulle pareti laterali che sul tetto fino a 5.5 m dall'ingresso. L'analisi delle serie fotografiche (Fig. 2) ha messo in evidenza, all'interno della grotta, una densità media di 336 colonie/m$^2$, con una tendenza alla diminuzione, procedendo dalle stazioni più esterne verso l'interno (Fig. 3a). Anche in questo caso la distribuzione dei valori di densità all'interno della grotta non è uniforme, ma presenta una caratteristica distribuzione aggregata, ben evidenziata dall'andamento delle medie mobili (Fig. 5). L'analisi dei dati ottenuti con il grattaggio (Tab. 1) confermano questo andamento: nella stazione G1 sono state evidenziate 400 colonie/m$^2$, mentre in G2 tale densità cala a 225 colonie/m$^2$. Nella parte terminale della cavità, oltre i 5.5 m dall'ingresso, il corallo scompare.

Tab. 1 - Grotta di Marcante: valori medi di alcuni parametri nelle due stazioni considerate.

| Staz. | Dens. (n/m$^2$) | Peso (g) | Alt. (mm) | Ø (mm) | H/A |
|---|---|---|---|---|---|
| G 1 | 400 | 2.13±1.3 | 50.3±14,8 | 4.9±1.3 | 0.69±0.22 |
| G 2 | 225 | 2.15±1.4 | 52.4±14.4 | 5.4±1.6 | 1.8±0.64 |

La differenza d'intensità di idrodinamismo fuori e dentro la grotta appaiono modeste: dopo un lieve decremento all'ingresso della grotta, i valori infatti si mantengono costanti (Fig. 5). Nella Tab. 1 vengono riportati anche i valori medi dei parametri morfometrici delle colonie presenti nelle due stazioni studiate all'interno della grotta.

Le colonie presenti nella stazione più

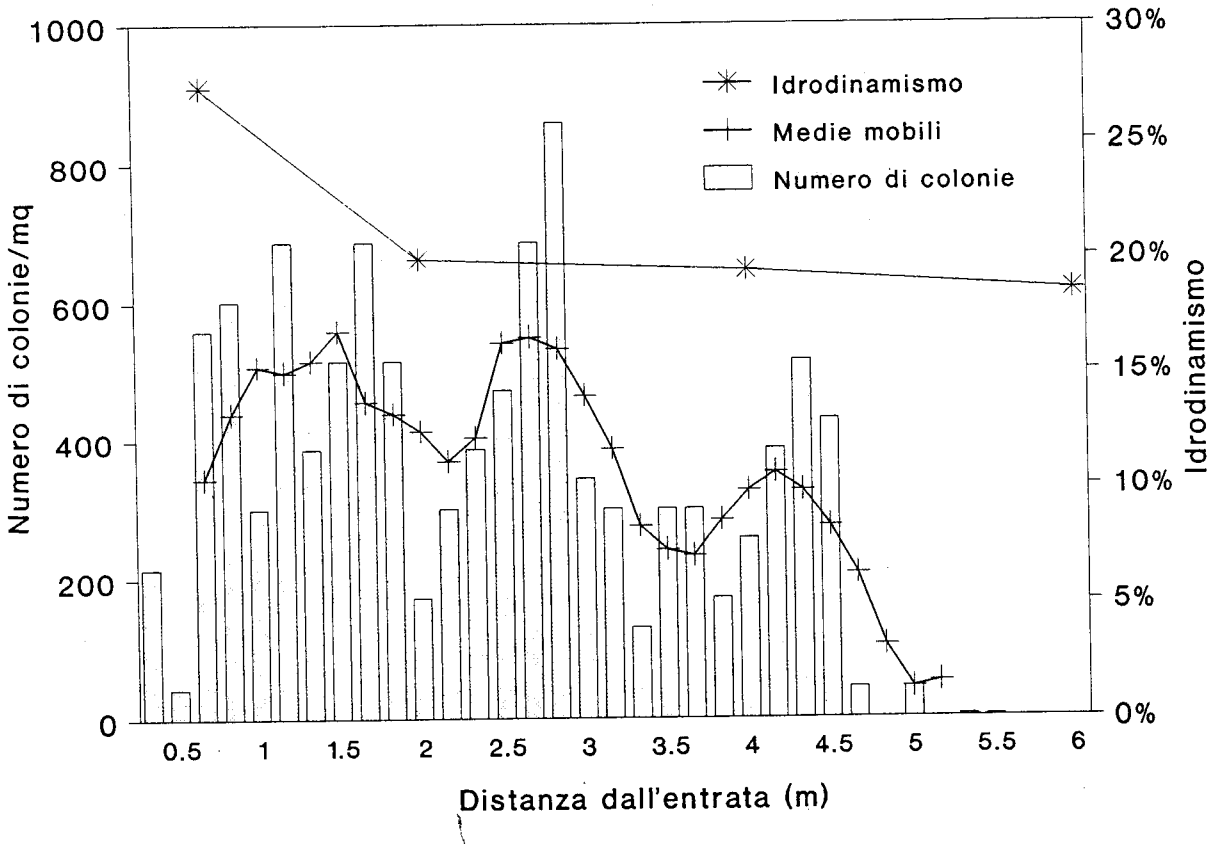



Fig. 5 - Struttura della popolazione all'interno della grotta di Marcante in funzione all'andamento dell'idrodinamismo.

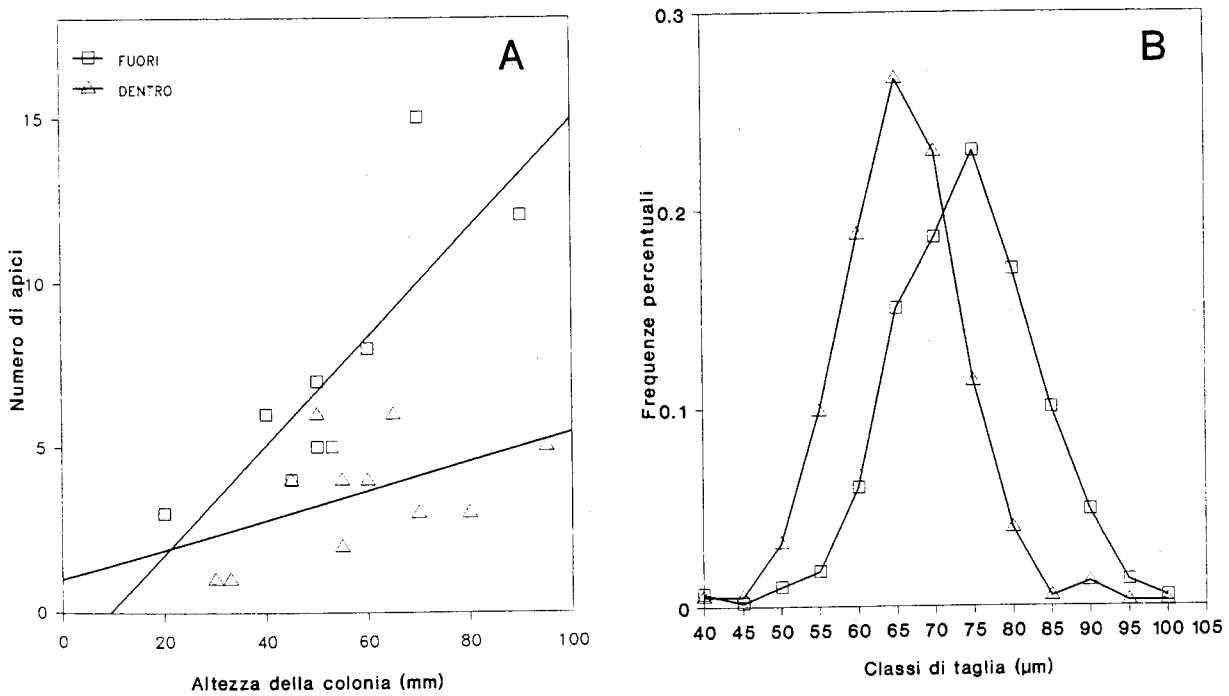



Fig. 6 - Differenze tra le colonie all'interno e all'esterno della grotta di Marcante.
A: rapporto tra l'altezza e il numero di apici.
B: distribuzioni di frequenza delle taglie degli scleriti.

esterna (G1), posta ad 1 m dall'ingresso della grotta presentano, rispetto a quelle della stazione più interna (G2) fissata a 3 m dall'ingresso, rilevanti variazioni fenotipiche: in particolare i diametri di base risultano inferiori verso l'esterno e la complessità della ramificazione, valutata tramite il rapporto tra l'altezza della colonia in mm ed il numero di apici (H/A), mostra una semplificazione nella stazione più interna. Poiché i valori medi di altezza e peso delle colonie sono simili in entrambe le stazioni, le colonie presenti all'interno della grotta appaiono più robuste e meno ramificate di quelle che si sviluppano verso l'esterno. Oltre a tali differenze nella morfologia generale, sono state anche evidenziate microdifferenze nella taglia degli scleriti del cenenchima che sono significativamente più piccoli nelle colonie presenti nella stazione più interna (Fig. 6).

**Valutazione dell'età della popolazione**

Secondo García-Rodríguez & Massò (1988) è possibile stimare l'età della colonia dividendo il diametro di base (mm) per 1.32, considerato il coefficiente medio di accrescimento annuo. Santangelo (1990), studiando una popolazione a Calafuria (Livorno), ha stimato il coefficente di accrescimento 0.94. Nella Tab. 2 vengono riportati i valori dell'età media della popolazione portofinese, calcolati secondo entrambi i coefficienti. Applicando il coefficiente proposto da Garcia-Rodriguez & Massò, l'età media della popolazione di Portofino varierebbe tra i 2 ed i 4 anni circa, mentre secondo quello di Santangelo, oscillerebbe tra i 3 e i 6 anni.

**La fauna associata**

Lo studio della fauna associata alla *facies* a corallo rosso del Promontorio di Portofino ha essenzialmente approfondito l'analisi dei rapporti che intercorrono tra questa specie ed il madreporario

Tab. 2 - Valutazione dell'età media delle colonie di Portofino secondo Garcia-Rodriguez & Massò (1986) (1) e secondo Santangelo (1990) (2).

| Stazioni | Base Ø mm | Anni (1) | Anni (2) |
|---|---|---|---|
| 1 | 5.4 | 4.1 | 5.7 |
| 2 | 3.8 | 2.9 | 4.0 |
| 3 | 4.5 | 3.4 | 4.8 |
| 4 | 6.0 | 4.5 | 6.4 |
| 5 | 3.4 | 2.6 | 3.6 |
| 6 | 3.8 | 2.9 | 4.0 |
| 7 | 5.5 | 3.8 | 5.3 |

*Leptopsammia pruvoti* ed i Clionidi (Porifera). Quest'ultimi sono spugne endolitiche che, perforando lo sclerasse calcareo del corallo stesso, provocano seri danni alla colonia, rendendola molto fragile.

Lungo il Promontorio di Portofino, il corallo rosso è spesso associato al madreporario *Leptopsammia pruvoti*, una specie che raggiunge valori di densità notevoli (Cattaneo-Vietti *et al.*, 1989) nella biocenosi coralligena e con la quale il corallo potrebbe entrare in competizione per il substrato. Utilizzando i transetti fotografici (A, B, C, D) è stato possibile calcolare il numero di individui/m$^2$ di *Leptopsammia pruvoti* presenti in quattro diverse aree, caratterizzate da una diversa densità di popolazione di corallo (Fig. 2). Le due specie, pur coesistendo, tendono a colonizzare lo spazio alternandosi in funzione di fattori microambientali come è evidente dall'andamento del rapporto (C-L)/(C+L), in cui i valori negativi indicano una proponderanza quantitativa di *Leptopsammia* (Fig. 7). L'andamento di tale indice ordinato lungo il transetto, non è mai costante, ma varia con una certa periodicità, probabilmente in funzione del variare dell'intensità luminosa. Il madreporario, infatti, sembra avere un ambito di tolleranza a questo fattore superiore a quello del corallo, poiché è presente sia nelle zone meno illuminate delle grotte che

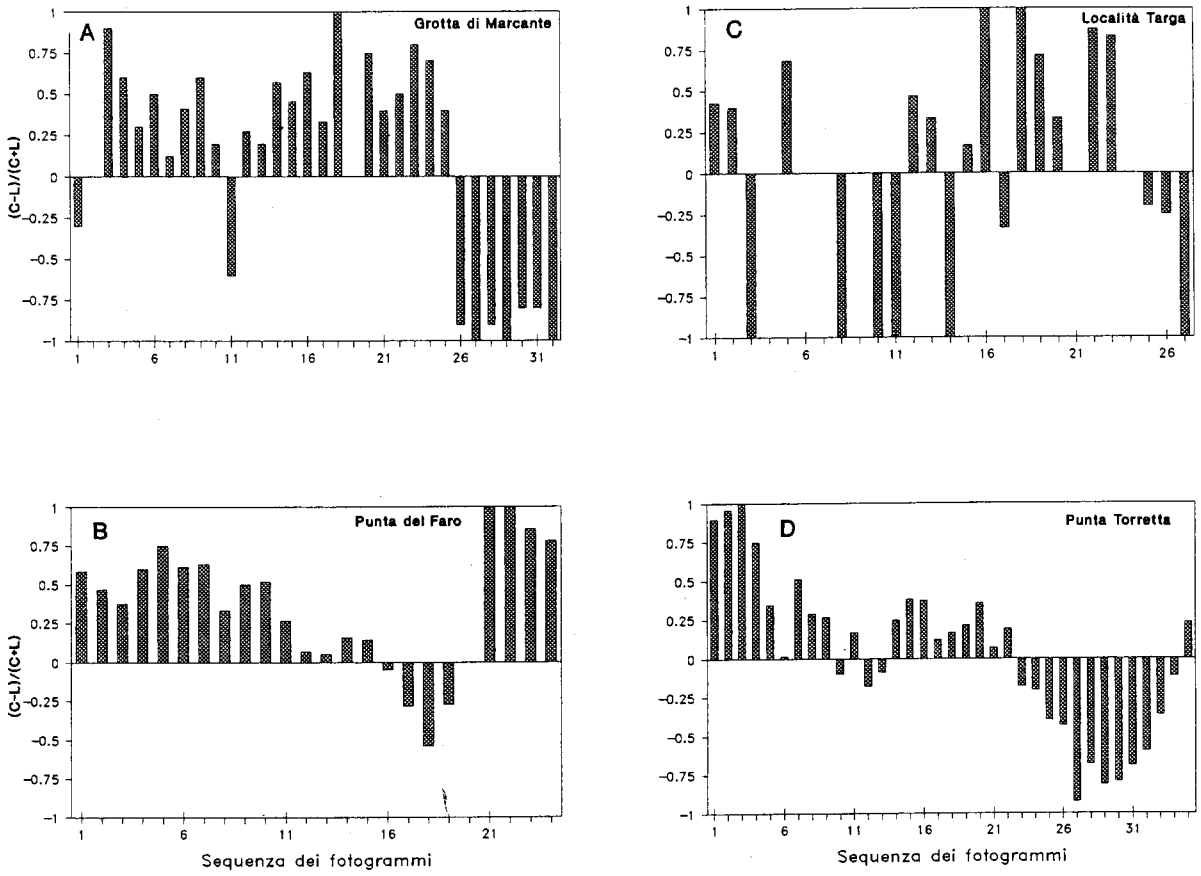



Fig. 7 - *Corallium rubrum* e *Leptopsammia pruvoti*. Andamento del rapporto ( C - L) / (C + L).

nella biocenosi precoralligena.

La dipendenza spaziale di entrambe le specie è ben mostrata dal semivariogramma (Fig. 8). A tale dipendenza, evidenziata dai coefficienti angolari (b) delle rette di regressione, si sovrappone un andamento periodico, molto evidente soprattutto nel caso di *Leptopsammia*, anch'esso riconducibile all'influenza dei parametri locali.

Le colonie di corallo rosso presenti lungo il Promontorio di Portofino sono molto spesso infestate da diverse specie di Clionidi (Porifera) che ne perforano lo sclerasse. A tutt'oggi, in queste acque sono state determinate le seguenti specie: *Cliona labyrinthica*, *Cliona lobata*, *Cliona sarai* e *Spiroxya heteroclita* (M. Barbieri, com. pers.). La ricchezza specifica di questo particolare popolamento appare piuttosto alta, e comunque paragonabile a quella presente in altre località mediterranee

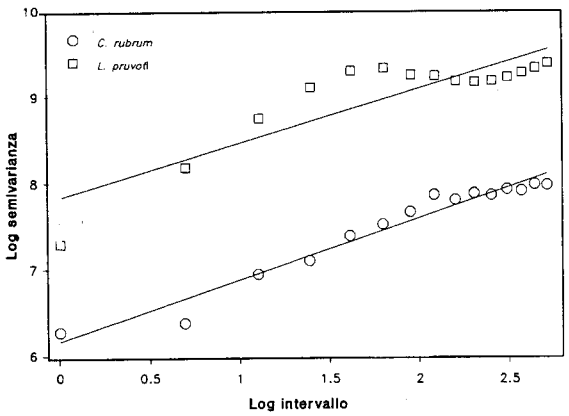



Fig. 8 - *Corallium rubrum* e *Leptopsammia pruvoti*. Semivariogramma.

(Melone, 1965; Barletta & Vighi, 1968; Corriero *et al.*, 1988). La percentuale di infestazione varia, a seconda delle stazioni, dal 25 % per la Staz. 7 a Punta del Faro, al 70 % della Staz. 1 (Punta Carega) delle colonie osservate e comunque si mantiene sempre molto alta, come d'altronde avevano già messo in evidenza Barletta &

Vighi (1968). Questo fenomeno deve probabilmente ricondursi alla ricchezza di conglomerati calcarei d'origine organica presenti a Portofino che certamente agevola lo sviluppo di questo particolare popolamento.

Le osservazioni fino ad oggi condotte a Portofino non hanno messo in evidenza alcuna relazione tra la percentuale di infestazione e posizione, età o tipo morfologico delle colonie.

## DISCUSSIONE

Da un punto di vista strettamente biocenotico *Corallium rubrum* viene considerata una specie legata alla biocenosi delle grotte semioscure (GSO) (Peres & Picard, 1964), ma lungo il Promontorio di Portofino esso si sviluppa praticamente lungo tutto il fronte meridionale, quando lo consentono le condizioni locali, anche all'interno della biocenosi coralligena.

Questa popolazione presenta, in linea di massima, una struttura piuttosto costante in tutte le stazioni considerate, può nella variabilità della distribuzione aggregata delle colonie. Il corallo portofinese, pur raggiungendo valori di densità notevoli, presenta diametri di base di scarso interesse commerciale (Ø < 8 mm) ed un alta percentuale di infestazione da parte dei poriferi endobionti.

Il metodo fotografico utilizzato, permettendo di analizzare una superficie ben maggiore rispetto a quella dei grattaggi, si è dimostrato particolarmente utile per valutare la densità dei popolamenti e, può confermando in linea generale, i dati ottenuti con il grattaggio, permette una migliore descrizione della densità delle colonie nelle diverse stazioni. I valori di densità della specie, può nella loro naturale discontinuità, sono paragonabili a quelli rilevati a Calafuria (Santangelo & Abbiati, 1989; Abbiati *et al.*, 1991), dove però sembra maggiormente dominare una popolazione di taglia inferiore.

Il confronto tra i presenti dati e quelli registrati oltre trent'anni prima (Marchetti, 1965b) suggerisce una sensibile variazione della densità della popolazione portofinese. Questa infatti variava, nel 1965, da 100 a 300 colonie/m$^2$ con un peso tra i 650 ed i 1200 g/m$^2$. In trent'anni si è dunque assistito ad un netto aumento della densità, a cui corrisponde una riduzione nella taglia media delle singole colonie. La maggiore densità riscontrata è probabilmente dovuta ad una minore pressione di pesca da parte dei subacquei dilettanti, mentre il valore ponderale, rimasto costante, indica che l'infoltimento della popolazione ha indotto una maggiore competizione intraspecifica. Ciò è confermato anche dal fatto che le colonie con diametri di base maggiori sono state rinvenute nelle stazioni a minore densità. L'età media delle colonie, valutata secondo il modello proposto da Garcia-Rodriguez & Massò (1988) è, a nostro avviso, sottostimata anche perché sembra che la colonia, una volta raggiunto un determinato diametro di base (5-6 mm), rallenti molto la sua velocità di accrescimento o, comunque, sviluppi maggiormente i rami secondari. E' molto probabile che fattori locali abbiano un ruolo determinante a questo livello e che modelli generali, soprattutto se studiati su popolazioni profonde, non si possano acriticamente applicare a qualsiasi popolazione. Lo studio della popolazione presente nella Grotta di Marcante ha evidenziato, d'altro canto, una relativa dipendenza della distribuzione e della morfologia delle colonie ai fattori regolati dall'idrodinamismo, anche se sempre problematica appare l'individuazione del singolo peso di tali fattori a livello microambientale. La rarefazione e la scomparsa delle colonie all'interno della grotta non sembrano d'altronde direttamente imputabili all'idrodinamismo che,

dopo una lieve riduzione iniziale, si mantiene costante. L'improvvisa scomparsa del popolamento a circa 5.5 m dall'ingresso potrebbe essere messa in relazione con infiltrazioni di acqua dolce, fenomeno comune durante il periodo invernale lungo la falesia del Promontorio di Portofino. Differenze di salinità potrebbero anche essere alla base delle descritte modificazioni fenotipiche, già osservate in altri cnidari viventi in differenti condizioni di salinità (Kinne, 1958).

Interessante appare lo studio del rapporto H/A che ha messo in evidenza una tendenza in grotta a diminuire la ramificazione per aumentare il diametro. E' difficile indicare le cause del fenomeno che, se fosse confermato, potrebbe essere sviluppato in corallicoltura.

In conclusione, lungo il Promontorio di Portofino, sembrano esistere condizioni ideali per lo sviluppo delle prime fasi di accrescimento del corallo, ma nel tempo, si assiste ad un rallentamento che non può essere imputabile alla sola pressione esercitata dalla pesca sportiva, d'altronde, molto diminuita negli ultimi anni. E' più probabile che la maggiore stabilità dei fattori chimico-fisici o i diversi apporti nutrizionali che sono presenti a maggiori profondità permettano a quelle popolazioni una diversa e migliore velocità di crescita di quanto non avvenga in queste popolazioni superficiali. D'altronde anche a Monaco, all'interno della Riserva Marina del Loew's, dopo diversi anni di protezione integrale, i diametri di base delle colonie più grandi non superano quasi mai gli 8 mm. Ciò non toglie che queste popolazioni superficiali e di scarso interesse commerciale rappresentino un patrimonio biologico che deve essere protetto e la realizzazione del Parco Marino di Portofino contribuirà certamente alla loro salvaguardia e soprattutto all'integrità di una facies che in Liguria, è presente, in maniera consistente, solo lungo questa costa.

Fig. 1 - Un aspetto della facies a corallo rosso presente lungo la falesia del promontorio di Portofino (Mar Ligure) a 36 m di profondità.

A typical aspect of the red coral facies present at 36 m depth along the Portofino Promontory (Ligurian Sea).

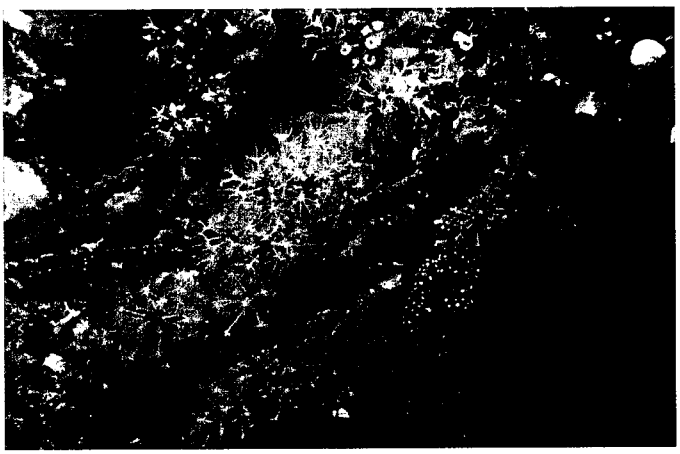


Fig. 2 - Un particolare delle colonie presenti a Portofino: l'altezza massima non supera 8 cm.

A detail on the red coral colonies at Portofino: their maximum height reaches 8 cm.

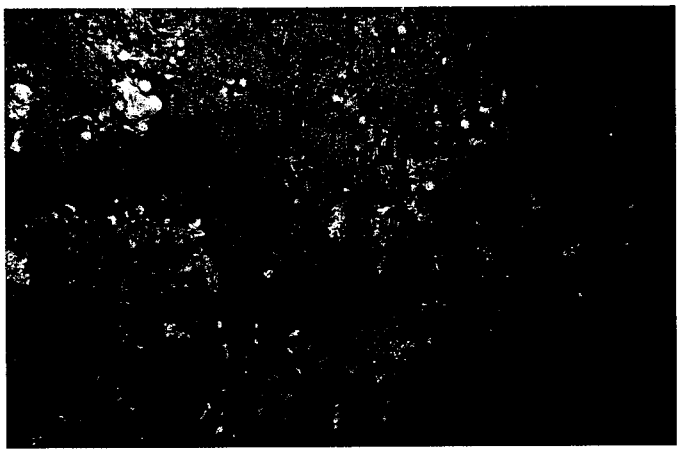


Fig. 3 - Un aspetto ad alta densità di colonie a Portofino (600 - 800 colonie/m$^2$)

Portofino red coral high density population: about 600 - 800 colonies/m$^2$.

Fig. 4 - Un aspetto della facies in cui domina il madreporario *Leptopsamia pruvoti* e la densità delle colonie di corallo rosso è bassa (200 - 300 colonie/m$^2$).

A aspect of the facies in which the madreporarian *Leptopsamia pruvoti* is dominant and the red coral is low (200 - 300 colonies/m$^2$).

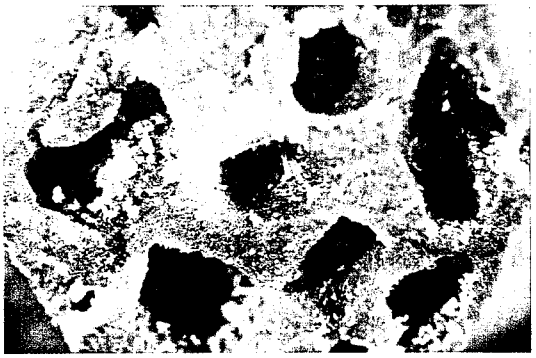


Fig. 1 - *Cliona janitrix:* questa specie provoca nello sclerasse del corallo camere sferiche piuttosto ampie (240 - 525 µm), mai adossate le une alle altre, ma diffuse nello sclerasse.

*Cliona janitrix:* this species shows rather wide (240 - 525 µm) spherical chambers, which are not close one another, but scattered in the coral skeleton.

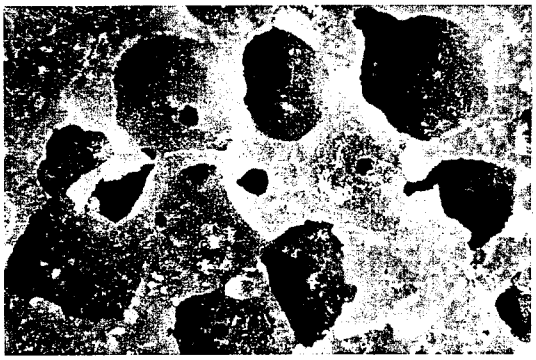
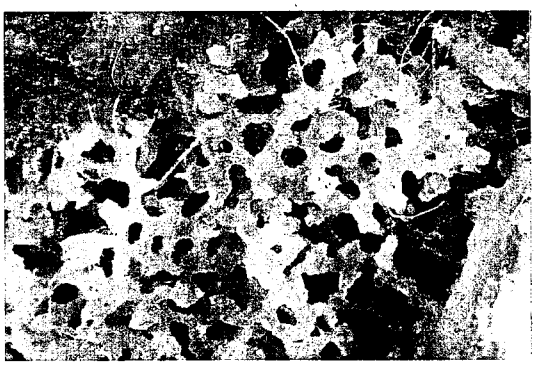


Fig. 2 - *Cliona sarai:* questa specie produce camere sferiche piuttosto regolari e del diametro di 700 - 900 µm. Le camere sono collegate fra loro da piccoli fori.

*Cliona sarai:* this species produces regular, rather spherical chambers which may display holes connecting them one other. The range of the spherical chamber varies from 700 to 900 µm in diameter.



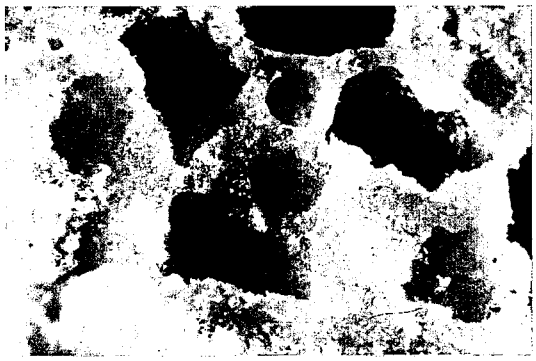


Fig. 3 / 4 - *Cliona labyrinthica:* questa specie provoca due differenti tipi di camere; le più piccole (35 - 210 µm) appaiono molto ravvicinate fra loro, mentre le più grandi (fino a 500 µm in lunghezza) tendono ad allungarsi assumendo una forma canalizzata.

*Cliona labyrinthica:* in this species two different size categories of chambers may be detected: the smaller ones (35 - 210 µm) are plentiful, round, very close to each other, while the bigger ones appear to be stretched (till more than 500 µm in length) and tend to be transformed into canals.

I danni provocati allo sclerasse del corallo rosso da parte dei poriferi endobionti (Corriero *et al.,* 1988).
Damages caused by the boring sponge on the red coral scleraxis (Corriero *et al.,* 1988).

# RED CORAL FROM THE PORTOFINO PROMONTORY (Ligurian Sea)

## INTRODUCTION

The relationship between the precious red coral and the people of Liguria dates back to the third century A.D. with a report by Solino of the presence of red coral in the Ligurian Sea. Nearer our times, Gallo (1888) reported that red coral had been harvested in the Gulf of Alassio since 1400. In the church of San Giorgio at Portofino there is a chapel dedicated to *piscatoribus coralis refectum* anno 1154 (Mazzarelli, 1931; Cattaneo-Vietti *et al.*, 1984), while the 18th century church of San Giovanni at Cervo was built thanks to the income from red coral fishing, which illustrates the economic importance that this activity had for the Ligurian people. Today this is not the case; the only echo remaining of this ancient industry is a branch of coral on the coat-of-arms of the town of Santa Margherita Ligure.

Up to the first half of this century (Parona, 1989; Mazzarelli, 1946), red coral beds were found in various areas along the eastern (Portofino Promontory) and western Riviera (Savona, Bergeggi Island, Cape Noli, Gallinaria Island, Porto Maurizio). More recently, Marchetti (1965b) reported the absence of this species along the Ligurian coasts, except for the Portofino Promontory. *Corallium rubrum* is found in the waters of Monaco, therefore, small beds may be present in western Liguria or in isolated deep banks (Mazzarelli, 1946), but no recent data are available.

To summarise, the only site in the Ligurian Sea where red coral is still found is around the Portofino Promontory, where it was recorded at depths between 25 and 55 m (Tortonese, 1958; 1961). Marchetti (1965b) conducted a detailed study of the Portofino population, but unfortunately reported few quantitative and biometric data.

Here we examine several aspects of the ecology and of the distribution of the *Corallium rubrum* colonies living around the cliffs of the Portofino Promontory, thereby completing the recent studies of Palmulli (1988) and Cattaneo-Vietti *et al.* (1989; 1993).

## MATERIALS AND METHODS

We established stations along the southern cliffs of the Portofino Promontory (Fig. 1) in correspondence to the previously investigated stations (Tortonese, 1958; 1961; Marchetti, 1965b) to verify whether qualitative and quantitative changes in population structure had occurred in the intervening years.

Quantitative and biometric data (number of colonies/m$^2$, height, dry weight, base diameter, type of ramification) were measured on samples obtained by scraping surfaces of 400 cm$^2$ (stations 1-7). Other density values were obtained from four series of photographic transects obtained with a Macro-Nikonos apparatus, each photo covering 235 cm$^2$ (stations A-D). With these two methods, only one of which is disruptive, we defined the biometric features of each population studied and analyzed their density

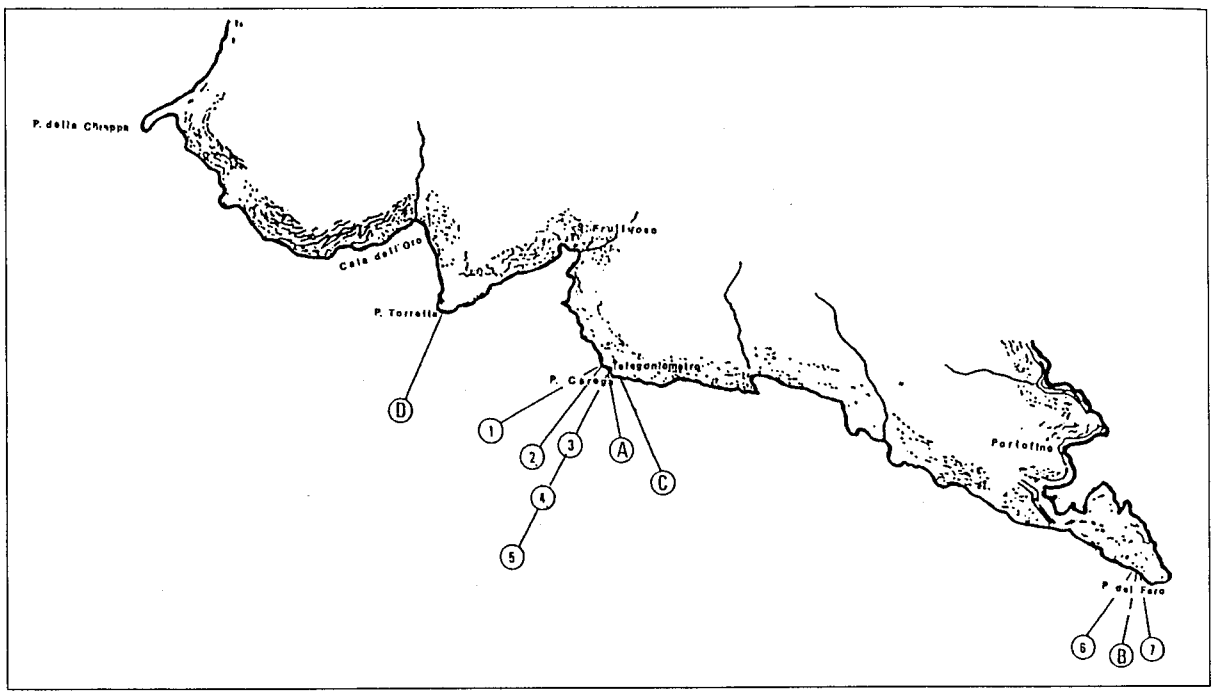



Fig. 1 - Sampling sites along the Portofino Promontory.

over a large area. Ramification was studied using the ratio between colony height and the number of branch apexes (H/A).

The morphology of colonies in the Marcante cave was studied in relation to hydrodynamics, which was evaluated by measuring the wear of plaster balls left for 48 hours on the cave roof at 0, 2, 4, 6 and 8 m from its entrance (Muss, 1968).

To determine the spatial distribution of the species we used semivariogrammes (Palmer, 1988) that summarise the variance in a dependent variable as a function of scale. The semivariogramme is the plot of the semivariance V(h) as a function of h. It has been calculated according to the following formula:

$$V_{(h)} = \frac{1}{2N_{(h)}} \sum_{i=1}^{N_{(h)}} [z_{(i)} - z_{(i+h)}]^2$$

$V_{(h)}$ = semivariance
$N_{(h)}$ = is the number of pairs of substations separated by distance h
$z_{(i)}$ = n of specimens in the substation (i)
$z_{(i+h)}$ = n of specimens at the point (i+h) separated from point (i) by distance h.

The quantitative relationship between red coral and the madreporarian *Leptopsammia pruvoti* was analyzed with the ratio (C - L)/(C+L) where C is the number of red coral colonies and L the number of *Leptopsammia* in the same substation.

We used spicule preparations to determine the presence of endobiotic Porifera (Demospongiae, Clionidae) inside the coral scleraxis. To obtain coenenchyma sclerites we placed the tissue in boiling KOH.

## STATIONS

The *Corallium rubrum* populations present along the southern cliffs of the Portofino Promontory were studied at the following stations: Punta Torretta (38 m), Punta Carega (34 m), Marcante cave (37 m), Targa (42-37 m) and Punta del Faro (35 m).

**Punta Torretta** (Station D)

At this Cape, situated between Cala

dell'Oro and the Bay of San Fruttuoso di Camogli, the cliff drops down vertically to a depth of 47 m. This station corresponds to station VI of Tortonese (1958) and to station 16 of Marchetti (1965b). As in the earlier studies, we found the first red coral colonies at about 30 m.

**Punta Carega** (Stations 1, 2)

This station lies at about 750 m east of San Fruttuoso Bay. Here the cliff slopes down at a degree of about 45°, and an area of large boulders is succeeded by large crevices. This station coincides with station X of Tortonese and with station 25 of Marchetti. He recorded small red coral colonies from a depth of 27 m, while Tortonese reported colonies only in the 1961 paper. Today red coral first starts to appear at 30 m.

**Marcante Cave**
(Stations A, 3, 4, 5, G1, G2)

This cave opens at Punta Carega, at a depth of 38 m. It is 10 m long; its maximum height, at the entrance, is 5 m. Tortonese (1958) mentioned the cave without entering into detail. The station was not examined by Marchetti (1965b). Today there is a well-structured red coral population from the entrance to the cave reaching back 5.5 m.

**Targa** (Station C)

This station, which lies several meters east of "Telegoniometro", corresponds to Marchetti's station 26, where the first red coral colonies were reported at 37 m. Marchetti reported this population to be very dense, but characterized by small colonies. Also today the colonies start to appear at about 37 m, but they are less dense.

**Punta del Faro** (Stations B, 6, 7)

This station is situated at about 80 m west of Punta del Faro and coincides with station 38 of Marchetti, who recorded many small colonies, starting from a depth of 21 m. Today the first colonies appear at about 25 m, and the population is characterized by a high density of small colonies.

RESULTS

**Population density**

Around the southern cliff of the Portofino Promontory (Fig. 1), the first red coral colonies, generally quite small, start to appear at about a depth of 20-25 m and they are low in density. The average density values tend to increase with depth to reach a maximum at 30-40 m. Usually, a precise relationship between the density of red coral and depth could not be established because, at this level, microenvironmental factors (*e.g.*, substrate morphology, exposure to currents, sedimentation rate) probably play a more important role than light.

The density data obtained with the scraping technique and photography coincide in showing a value of about 200-800 colonies/m$^2$ within the bathymetric range studied (Fig. 2). The distribution of colonies inside the same station is not

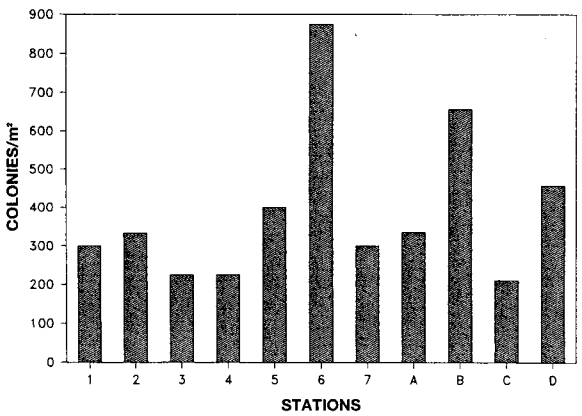



Fig. 2 - Mean number of colonies/m$^2$ in the stations studied. From 1 to 7: scraped samples. From A to D the photographic samples.

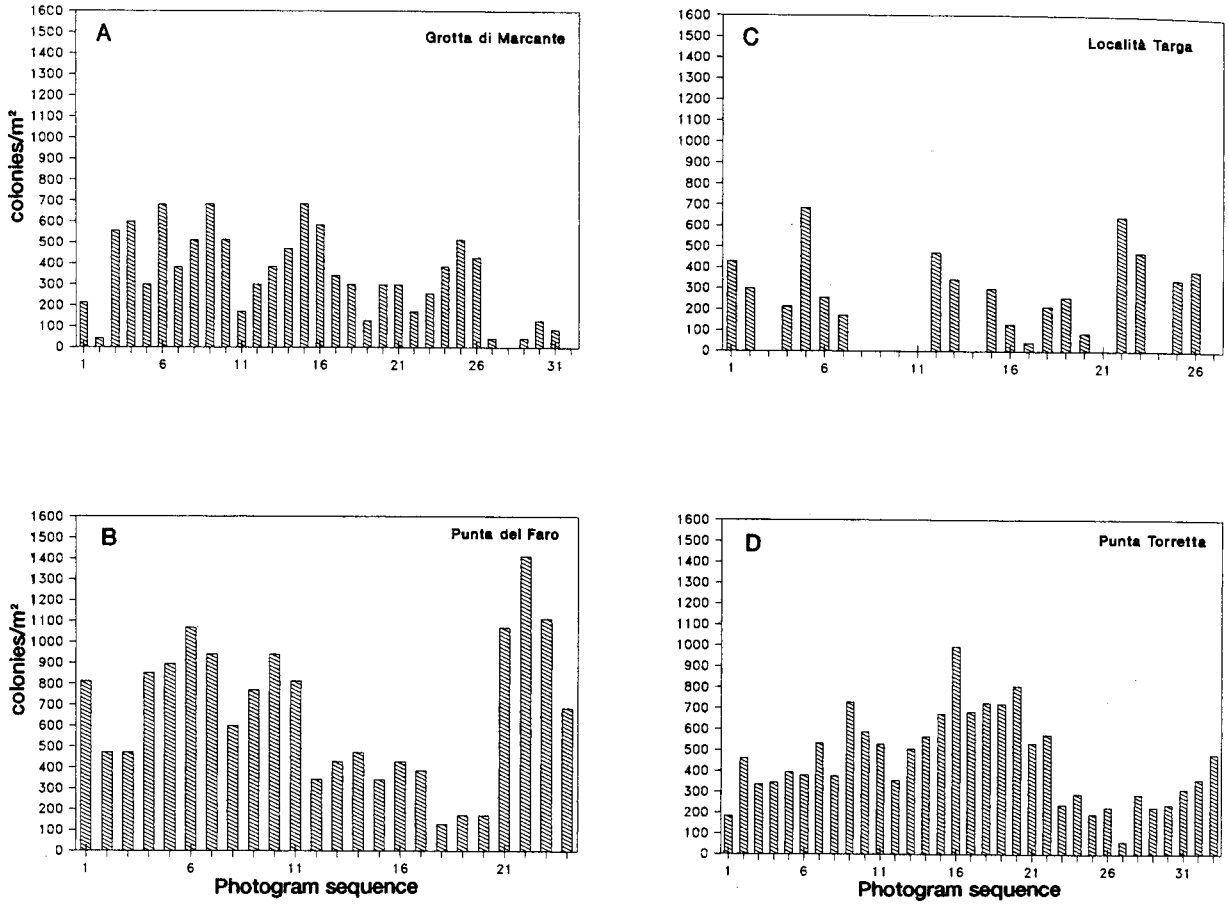



Fig. 3 - Photographic transects. Number of colonies/m² along the film sequences.

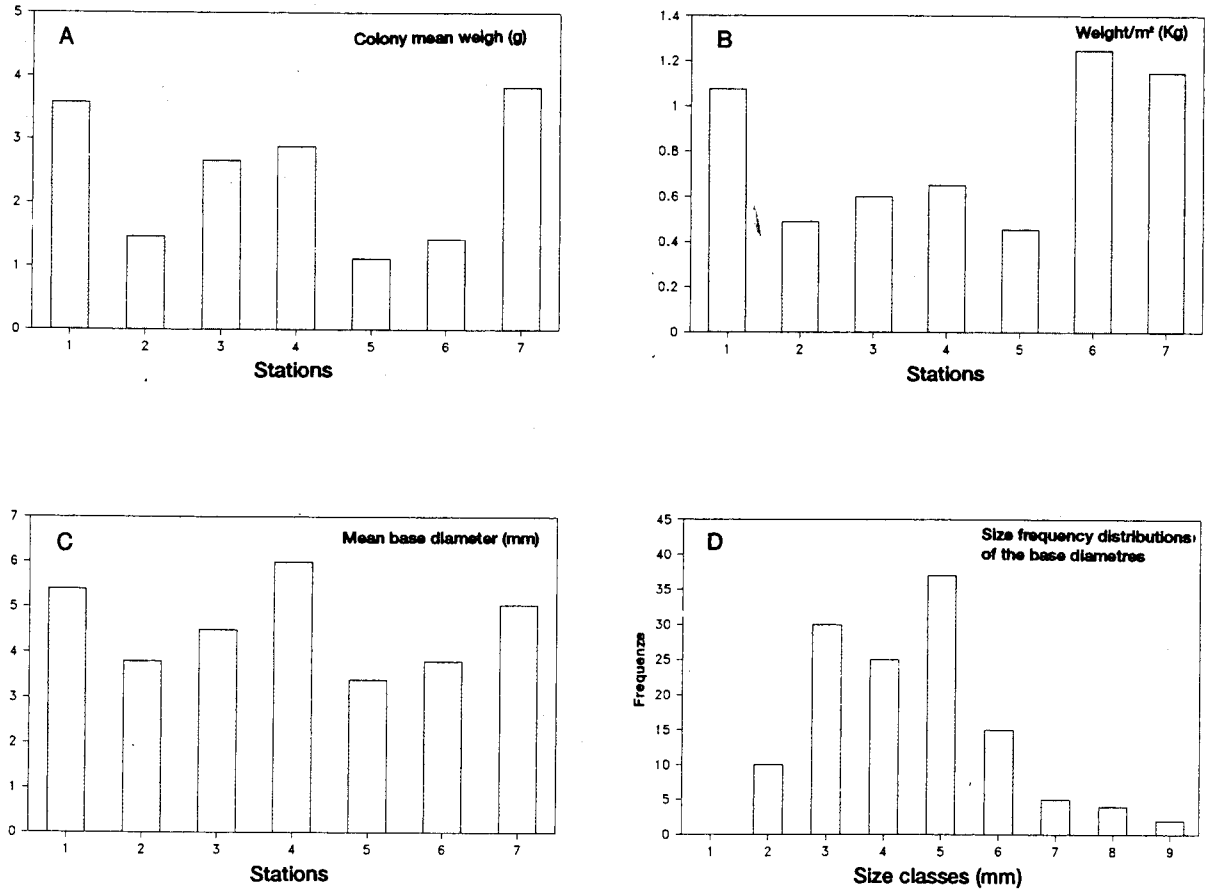



Fig. 4 - Morphometric parameters of the colonies.

uniform, but shows a characteristic patchiness. This clearly emerges from the photographic transects (Fig. 3 a-d), where density values pass from 200 colonies/m$^2$ to 1300 colonies/m$^2$ within the space of one meter. Stations in areas of high water movement (Fig. 3b, d) show a higher density than the more protected stations. At the Targa station (Fig. 3c), which is the only vertical transect (from 42 to 37 m) in this study, there are large areas from which the red coral is absent. In fact, the station passes through subhorizontal areas, which are exposed to sedimentation, and are thus not favourable for settlement of planulae; however, when the substrate becomes favourable, the coral population soon reaches density values comparable to those of other stations.

**Biometric parameters**

Data on dry weight and base diameter of colonies differed between the stations examined. Single colony weight values (Fig. 4a) can be divided into three arbitrary groups: stations with values more than 3 g (stations 1, 7), stations with values between 2 and 3 g (stations 3, 4), and finally stations with values less than 2 g (stations 2, 5, 6). There was not a close relationship between weight values and the position of the stations, although the more exposed stations seemed to show higher values. Obviously, the weight/m$^2$ data (Fig. 4b) reflect the mean values of each colony, except for station 6, in which the high density of colonies enhances the weight/m$^2$ value.

The diameter of the coral base is considered a good indicator of colony age (Rodriguez & Massò, 1988). This value varied in the individual stations from 3.4 mm to 6 mm. The highest values were found in stations inside the Marcante cave (stations 3-5). Analysis of the frequencies of base diameter values (Fig. 4 d) revealed an uneven distribution, the most frequent classes being those relative to diameters of 3-5 mm. The stations with lower colony densities had higher mean values of diameter base, which could indicate intraspecific competition for space between colonies. Moreover, base diameter and weight are well correlated up to a weight of approximately 4 g; beyond this size, ramification increased, while base diameter values tended to remain constant.

In this optics we focused on the structure of the population growing inside an underwater cave (Marcante cave), which is sited at Punta Carega (Bavestrello *et al.*, in press). In this area coral is found starting from a depth of about 30 m; biometric characteristics and density values are similar to those obtained in other areas of the Promontory. The cave is about 5 m high and 10 m long. The *Corallium rubrum* population is well structured both on the walls of the cave and on the roof.

It is found up to 5.5 m from the cave entrance. The serial photographs (Fig. 2) revealed a mean density of 336 colonies/m$^2$. Density decreased at the innermost stations of the cave (Fig. 3a). Also in this case, the distribution of density values inside the cave is not uniform, but shows a typical aggregated distribution, which is clearly seen from the trend of the running averages (Fig. 5). The results obtained with scraping (Tab. 1) confirm this trend: 400 colonies/m$^2$ were obtained at station G1, whereas the value dropped to 225 colonies/m$^2$ at station G2. No coral was found at the back of the cave, *i.e.*, beyond 5.5 m from the entrance.

Water movement differed little between outside and inside the cave: there was a slight decrease at the cave entrance, after which values remained constant (Fig. 5).

Tab. 1 also shows the mean values of morphometric parameters of the colonies present at the two stations studied inside the cave. Important phenotypic differences were found between colonies present at the

Tab. 1 - Marcante Cave: mean values of some parameters of the colonies in the two stations studied.

| Stat. | Dens. (n/m²) | Weight (g) | Height (mm) | Ø (mm) | H/A* |
|---|---|---|---|---|---|
| G 1 | 400 | 2.13±1.3 | 50.3±14,8 | 4.9±1.3 | 0.69±0.22 |
| G 2 | 225 | 2.15±1.4 | 52.4±14.4 | 5.4±1.6 | 1.8±0.64 |

*Ratio between the height of the colony and the number of branch apeces.

outermost station (G1), situated 1 m from the cave entrance, and those growing at the innermost station (G2) sited 3 m from the cave entrance. In particular, base diameters were lower towards the entrance, and ramification, evaluated with the colony height/number of branch apeces ratio (H/A), was less complex in the more internal station. Because the mean values of height and weight were similar in the two stations, colonies inside the cave are more robust and have a lower number of ramifications than those growing towards the cave entrance. In addition to these differences in general morphology, coenenchyma sclerites were significantly smaller in colonies growing in the innermost station (Fig. 6).

**Evaluation of Population Age**

Colony age can be estimated by dividing base diameter (mm) by 1.32, which is considered the coefficient of mean yearly growth (García-Rodríguez & Massò, 1988). Santangelo (1990), studying a population growing at Calafuria (Livorno, Italy), estimated a growth coefficient of 0.94. Tab. 2 shows the mean age values obtained in the Portofino population, calculated according to both coefficients. Applying the coefficient proposed by García-Rodríguez & Massò (1988), the mean age of the Portofino population varied between about 2 and 4 years, while with the Santangelo (1990) coefficient, values varied between 3 and 6 years.

Tab. 2 - Average age of the Portofino colonies according to Garcìa-Rodrìguez & Massò (1986) (1) and Santangelo (1990) (2)

| Stations | Base Ø mm | Aver. Age (1) | Aver. Age (2) |
|---|---|---|---|
| 1 | 5.4 | 4.1 | 5.7 |
| 2 | 3.8 | 2.9 | 4.0 |
| 3 | 4.5 | 3.4 | 4.8 |
| 4 | 6.0 | 4.5 | 6.4 |
| 5 | 3.4 | 2.6 | 3.6 |
| 6 | 3.8 | 2.9 | 4.0 |
| 7 | 5.5 | 3.8 | 5.3 |

**Associated fauna**

The study of the fauna associated to the red coral *facies* of the Portofino Promontory provided further data on the relationship between this species and the madreporarian *Leptopsammia pruvoti* and the Clionidae (Porifera). The latter are endolithic sponges that perforate the calcareous scleraxe of the coral thereby causing severe damage to the colony.

Along the Portofino Promontory, red coral is often associated with the madreporarian *Leptopsammia pruvoti*, which reaches remarkable densities (Cattaneo-Vietti *et al.*, 1989) in the coralligenous biocoenosis and with which coral may compete for the substrate. Using the photographic transects (A, B, C, D) we calculated the number of individuals/m² of *Leptosammia pruvoti* present in four areas characterised by different coral populations densities (Fig. 2). Although the two species coexist, they tend to colonise space alternating in relation to microenvironmental factors.

This is clearly seen from the (C-L)/(C+L) ratio, in which the negative values indicate a quantitative preponderance of *Leptopsammia* (Fig. 7). The trend of this index along the transect is not constant but varies with a certain periodicity, probably in relation to variations in light intensity. The madreporarian, in fact, seems to have a better range of tolerance to light than coral

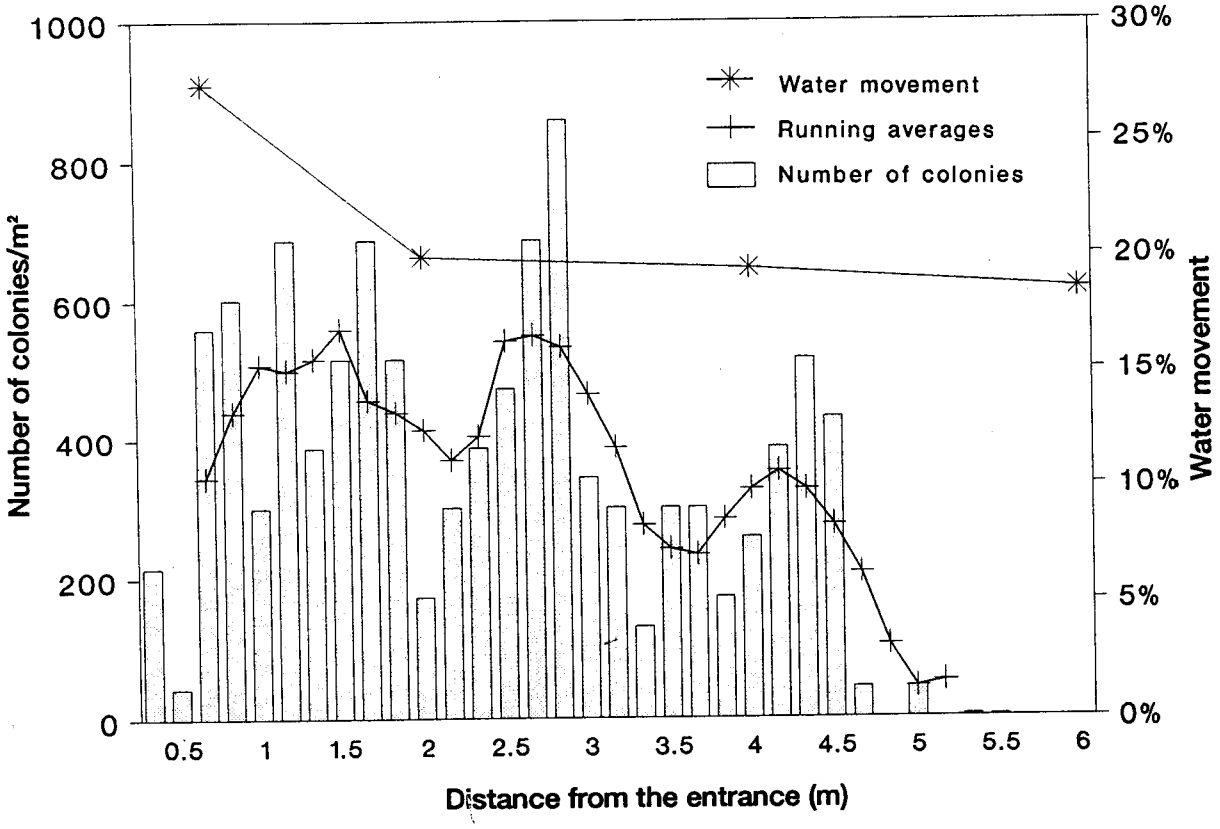



Fig. 5 - Structure of the population within the Marcante cave in relation to the trend of water movement.

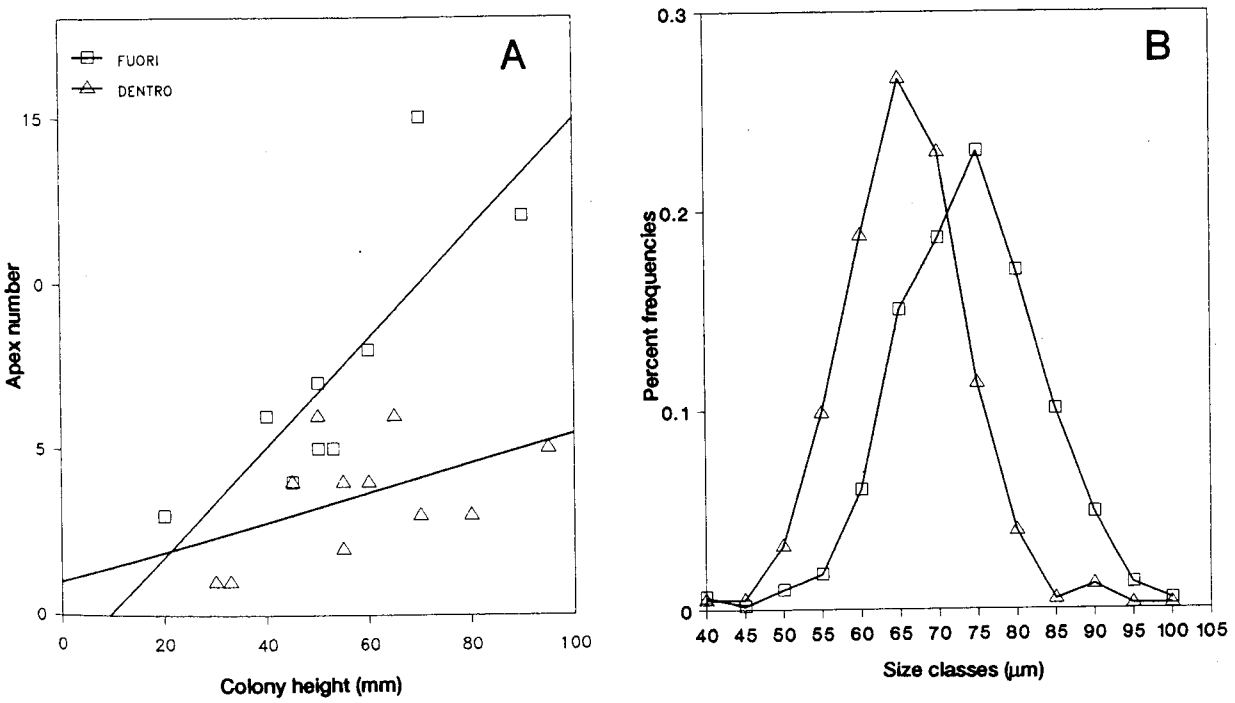



Fig. 6 - Differences between the colonies in and out the Marcante cave.
A) ratio between colony height and number of branch apeces (H/A).
B) size frequency distributions of the sclerite sizes.

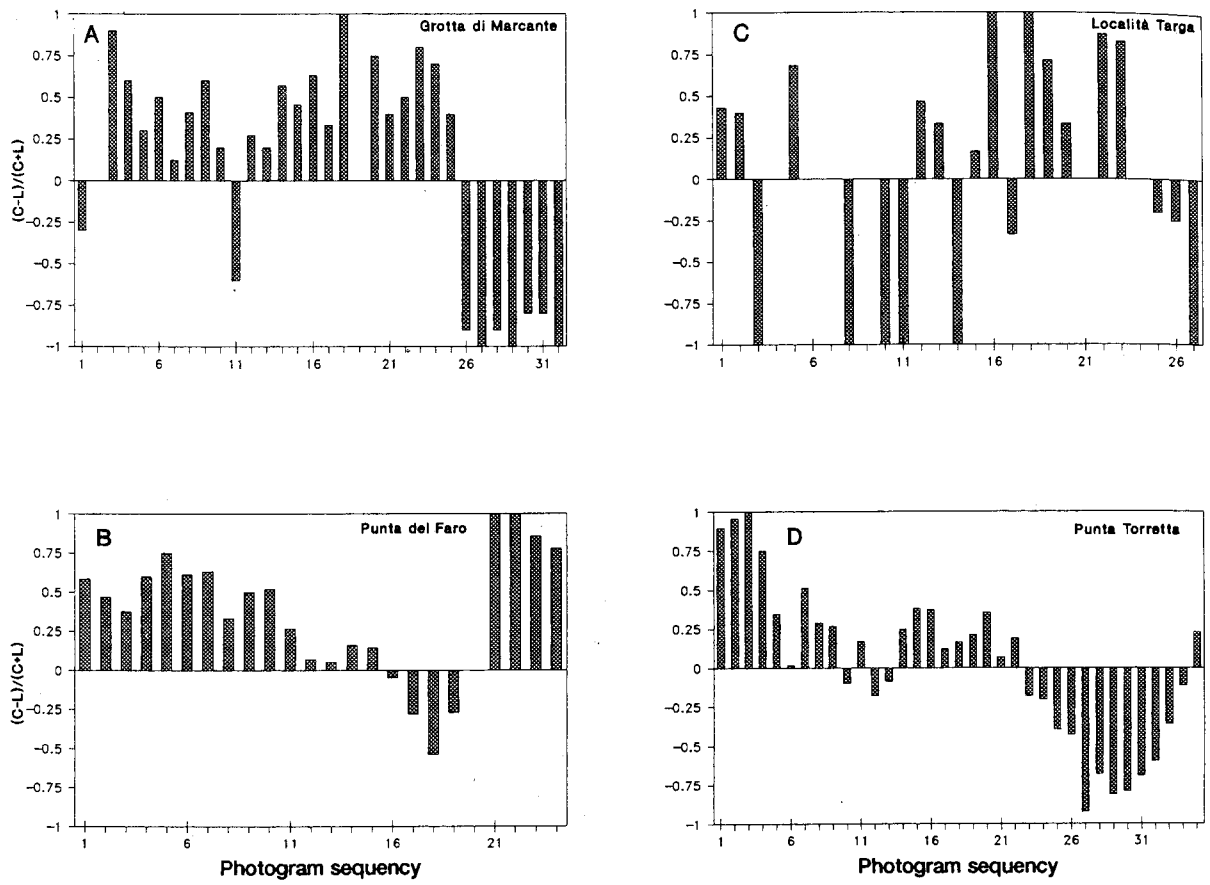



Fig. 7 - *Corallium rubrum* and *Leptopsammia pruvoti*. Trend of the (C - L)/(C + L) ratio.

because it is present both in the less illuminated areas of the cave and in the precoralligenous biocoenosis.

The spatial dependence of both species clearly emerges from the semivariogramme (Fig. 8). This dependence, shown by the angular coefficients (b) of the regression lines, is accompanied by a periodic trend, very evident in the case of *Leptopsammia*, that is also due to local parameters.

The red coral colonies present along the Portofino Promontory are often infested by various species of Clionidae (Porifera) that perforate the scleraxis. To-date, the following species have been found in these waters: *Cliona labyrinthica, C. lobata, C. sarai* and *Spiroxya heteroclita* (M. Barbieri, personal communication). The specific abundance of this species is rather high, and is similar to that present in other Mediterranean sites (Melone, 1965; Barletta & Vighi, 1968; Corriero *et al.*, 1988) (Pl. XII).

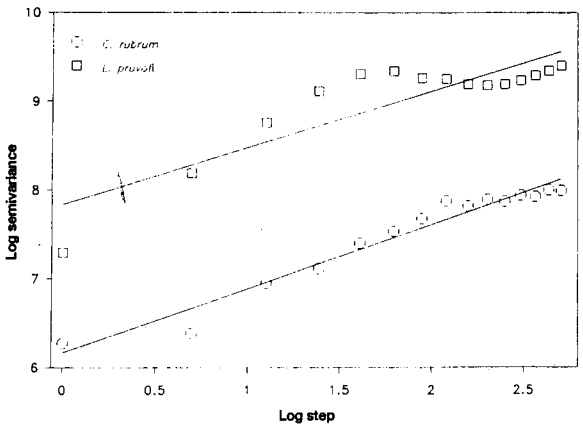



Fig. 8 - *Corallium rubrum* and *Leptopsammia pruvoti*. Semivariograms.

The per cent of infestation varies according to the station, going from 25% of the colonies observed at station 7 (Punta del Faro) to 70% at station 1 (Punta Carega), and it is, in any case, very high, as also reported by Barletta & Vighi (1968). This phenomenon is attributable to the abundance, at Portofino, of calcareous

organic conglomerates that favour the development of Clionidae.

Observations conducted to-date at Portofino have not revealed any relationship between the per cent of infestation and position, age or type of morphology of the colonies.

## DISCUSSION

From a strictly biocoenotic point of view, *Corallium rubrum* is considered a species associated with the biocoenosis of semidark caves (Peres & Picard, 1964), but along the Portofino Promontory it grows along the entire southern flank, when local conditions are favourable, also within the coralligenous biocoenosis. The structure of the population is rather constant in all the stations studied, albeit within the variability of the aggregated distribution of colonies. Despite its high densities, Portofino coral shows base diameter values that are below commercially viable size (Ø < 8 mm) and a high per cent of infestation by endobiotic Porifera.

By allowing us to analyse a much larger surface than the scraping technique, the photographic method we used was particularly useful in the evaluation of population density and, although in general confirming the results obtained with scraping, it provided more detailed data of colony density in the various stations. The density values of the species are comparable to those obtained at Calafuria (Santangelo & Abbiati, 1989; Abbiati *et al.*, 1991), although there seems to be a predominance of smaller specimens at the latter location.

A comparison between our data and those reported 30 years ago (Marchetti, 1965b) revealed differences in the density of the Portofino population. In 1965, this value varied from 100 to 300 colonies/m$^2$ with a weight between 650 and 1200 g/m$^2$. Therefore, in 30 years there has been an increase in density and a reduction in the mean size of single colonies. The higher density is probably due to a reduction in fishing by amateur divers, while the weight, which has remained unchanged, indicates that the increased density has led to greater intraspecific competition. This was confirmed by the finding that colonies with the greater base diameter occurred in stations with a lower density.

The mean age of colonies, evaluated according to García-Rodríguez & Massò (1988), is probably underestimated also because it seems that once a colony reaches a certain base diameter (5-6 mm), growth-rate slows down remarkably or, in any case, there is a greater growth of secondary branches. Local factors probably play a determinant role at this level, and general models originating from results obtained on deep populations cannot be indiscriminantly applied to other populations. The study of the population present in the Marcante cave showed that distribution and morphology of colonies were related to factors regulated by water movement. However, it is difficult to establish the influence of each of these factors at a microenvironmental level. On the other hand, the rarefaction and disappearance of colonies from inside the cave does not seem to be due to water movement that, after a slight initial reduction, remains constant. The sudden disappearance of the population at about 5.5 m from the cave entrance may be due to the infiltration of fresh water through the wall of the Portofino Promontory that occurs during winter. Such phenotypic differences could be related to salinity changes, as already observed in other cnidarians (Kinne, 1958).

The study of the relationship between colony height and number of apeces (H/A) showed that branchiness diminuishes and base diameters increase in caves. It is difficult to explain the cause of this

phenomenon, which if confirmed, could be useful in coral farming.

Finally, along the Portofino Promontory, conditions seem ideal for the development of the first phases in the natural cycle of red coral, but with time, growth slows down. This cannot be attributed only to fishing, which has diminuished greatly in the last few years. Probably, it is because major environmental stability and the varied food supply present in the deeper banks create better growth conditions than in shallower waters. In fact, inside the Monaco Marine Reserve, after several years of protection, the red coral base diameter hardly ever goes over 8 mm.

However, these shallow populations, though having no commercial value, are a great biological patrimony that must to be protected andthe Portofino Marine Reserve will certainly contribute to their safeguard and, above all, to the integrity of a community which is, in the Ligurian Sea, consistently present only along this coast.

## BIBLIOGRAFIA
## REFERENCES


ABBIATI M., G. BUFFONI, G. DICOLA & G. SANTANGELO, 1991. Red coral population dynamics: stability analysis and numerical simulation of time evolution of perturbed states. In: O. Ravera (Ed.), *Terrestrial and Aquatic Ecosystems: Pertubation and Recovery*. Ellis Horwood Publ.: 219-228.

BARLETTA G. & M. VIGHI, 1968. Ricerche sul corallo rosso. Parte V: Poriferi perforanti lo sclerasse di *Corallium rubrum* Lamarck. *Atti Acc. Naz. Lincei, Mem.*, **10** (3): 1-22.

BAVESTRELLO G., R. CATTANEO-VIETTI & L. SENES, in stampa. Micro and macro differences in Mediterranean red coral colonies in and outside a cave. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova.*

CATTANEO-VIETTI R., M. BARBIERI, G. BAVESTRELLO & L. SENES, 1989. Analisi quantitativa di una facies a *Corallium rubrum* nel Mar Ligure. *Nova Thalassia*, **10** (suppl.): 575-578.

CATTANEO-VIETTI R., G. BAVESTRELLO & L. SENES, 1993. La facies a *Corallium rubrum* lungo il Promontorio di Portofino (Mar Ligure). *Biologia Marina*, **1**: 281-284.

CATTANEO-VIETTI R., L. RELINI-ORSI & M. WURTZ, 1984. La pesca in Liguria. *Centro Studi Unioncamere Liguri*. 190 pp.

CORRIERO G., M. PANSINI & M. SARA', 1988. Boring sponges (Demospongiae, Clionidae) perforating *Corallium rubrum* in the Mediterranean sea. *FAO Fish. Rep.*, **413**: 73-78.

GALLO I.R., 1888. *Storia della città di Alassio*. Tip. G. Esposito, Chiavari. (Ristampa a cura del Comune di Alassio, 1985).

GARCÍA-RODRÍGUEZ M. & C. MASSÒ, 1986. Algunas bases para la determinacion directa de la edad del coral rojo (*Corallium rubrum* L.) del Mediterraneo. *Boll. Inst. Esp. Oceanogr.*, **3** (4): 75-82.

KINNE O., 1958. Uber die Reaktion erbgleinchen Coelenteraten- Gewebes auf verschiedene Saltzgehalts und Temperaturbedingungen. II. Mitteilung uber den Einfluss des Salts-gehalts auf Wachstum und Entwicklung mariner, brackisher und limnisher Organismen. *Zool. Jb. (Physiol.)*, **67**: 407-486.

MARCHETTI R., 1965a. Ricerche sul corallo rosso della costa ligure e toscana. I. Distribuzione geografica. *Rend. Ist. Lomb. Sci.* B, **99**: 255-278.

MARCHETTI R., 1965b. Ricerche sul corallo rosso della costa ligure e toscana. II. Il promontorio di Portofino. *Rend. Ist. Lomb. Sci.* B **99**: 279-316.

MAZZARELLI G., 1931. La pesca nei mari e nelle acque interne d'Italia. *Poligrafico dello Stato, Roma*, **2**: 406-415.

MAZZARELLI G., 1946. I banchi di *Corallium rubrum* nei mari d'Italia. *Publ. Staz. Zool. Napoli*: 1-12.

MELONE N., 1965. I Poriferi associati a *Corallium rubrum* (L.) della Sardegna. *Ann. Mus. St. Nat. G. Doria, Genova*, **75**: 344-358.

MUSS B.J., 1968. Field method for measuring "exposure" by means of plaster balls. A preliminary account. *Sarsia*, **34**: 61-68.

PALMER M. W., 1988. Fractal geometry: a tool for describing spatial patterns of plant communities. *Vegetatio*, **75**: 91-102.

PALMULLI D., 1988. Situation de *Corallium rubrum* dans les eaux qui entourent le Promontoire de Portofino (GE). *FAO Fish. Rep.* **413**: 79-81.

PARONA C., 1898. La pesca marittima in Liguria. *Boll. Mus. Zool. Anat. Comp. Univ. Genova*, **3**: 1-69.

PERES J.M. & J. PICARD, 1964. Nouveau manuel de bionomie bentique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, **31**: 3137.

SANTANGELO G., 1990. Caratterizzazione della struttura di età di un popolamento di *Corallium rubrum* (L., 1758). *53° Congresso UZI, Palermo, Simposi e Tavole Rotonde:* 19-20.

SANTANGELO G. & M. ABBIATI, 1989. Il popolamento di *Corallium rubrum* di Calafuria. *Oebalia*, **15** (1): 323-326.

TORTONESE E., 1958. Bionomia marina della regione costiera fra Punta della Chiappa e Portofino (Riviera ligure di levante). *Arch. Ocean. e Limn.*, **9** (2): 167-210.

TORTONESE E., 1961. Nuovo contributo alla conoscenza del bentos della scogliera ligure. *Arch. Ocean. e Limn.*, **12** (2): 164- 183.