

XLIII. EL BENTOS: EL MARC FÍSIC

E. BALLESTEROS i M. ZABALA

BALLESTEROS, E. & ZABALA, M. 1993. "El bentos: el marc físic". In ALCOVER, J.A., BALLESTEROS, E. & FORNÓS, J.J. (Eds.), *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, CSIC - Edit. Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 663-685. Les característiques globals de les aigües (0 a -50 metres) de l'Arxipèlag de Cabrera permeten situar-les en l'extrem d'oligotròfia i altes temperatures de les aigües pròpies de la Mediterrània Occidental. El contingut en nutrients és molt baix –en el context de les aigües costaneres mediterrànies–, i les mitjanes oscil·len entre 0,04 i 0,08 $\mu\text{mols/l}$ de fosfats i 0,25 i 0,80 $\mu\text{mols/l}$ de nitrats. La transparència de l'aigua és extraordinària durant tot l'any (principalment a l'estiu), amb aigües que varien entre els tipus IA i II de Jerlov (coeficients d'extinció entre 0,053 i 0,076 m^{-1}). La temperatura de l'aigua superficial és elevada en relació a d'altres localitats mediterrànies i varia entre 14,6°C (febrer) i 27,5°C (agost). Pel que fa a les característiques tròfiques i òptiques de l'aigua, l'Arxipèlag de Cabrera és més proper als mars subtropicals que als mars temperats. La temperatura mitjana de l'aigua és també més propera a la de les zones tropicals i subtropicals que a la de les zones temperades, però la forta oscil·lació tèrmica i les relativament baixes temperatures que s'obtenen a l'hivern diferencien Cabrera de les zones tropicals. La distribució en fondària dels paràmetres ambientals estudiats suggereix que la llum i l'hidrodinamisme són, per aquest ordre, els factors de més importància a l'hora de determinar la zonació de les comunitats submergides. Tots dos factors tenen una disminució exponencial en fondària. És possible, però, que la temperatura i els nutrients tinguin un cert protagonisme en explicar la manca de determinades espècies per sobre del nivell mitjà de la termoclina a l'estiu. La concentració de nutrients, la llum i la temperatura tenen un comportament estacional molt marcat que, encara que inferior a d'altres localitats mediterrànies, és suficient per a delimitar les característiques ambientals de cada estació de l'any.

THE BENTHOS: PHYSICAL FRAMEWORK. The global attributes of the coastal waters (from 0 to -50 meters) surrounding the Cabrera archipelago stand for the warmy and oligotrophic extreme in Western Mediterranean waters. The nutrient content is very low in relation to other coastal mediterranean waters; average phosphate concentrations range from 0,04 to 0,08 $\mu\text{mols/l}$ and mean nitrate concentrations range from 0,25 to 0,8 $\mu\text{mols/l}$. Water transmittance is very high throughout the year (highest in summer), with waters ranging between Jerlov's types IA and II (attenuation coefficient between 0,053 and 0,076 m^{-1}). Surface water temperatures range between 14,6°C (february) and 27,5°C (august). The Cabrera archipelago stands closer

to subtropical and tropical than to temperate seas according to trophic and optical attributes. Mean water temperatures are also close to those usually found in subtropical areas but the wide thermic ranges and the relatively low winter temperatures keep Cabrera away from truly warm seas. The depth profiles of the environmental factors affecting plant and animal distribution suggest that light and hydrodynamism are, in this order, the main factors forcing zonation in underwater cliffs. Both factors exponentially decrease with depth. Nevertheless, temperature and nutrient concentration are probably important in determining the uppermost limit of some strictly deep-water species. Changes in nutrient concentration, light, and temperature show a noticeable seasonal trend, that although being lower than the observed in other mediterranean localities, allows the typification of a whole annual cycle.

INTRODUCCIÓ

Els paràmetres ambientals abiòtics que més fortament incideixen sobre els organismes marins litorals estan clarament delimitats. Els principals són la llum, els nutrients (inorgànics i en forma de matèria orgànica particulada), l'hidrodinamisme, la naturalesa del substrat i la temperatura, als quals podem afegir la salinitat i la sedimentació (FELDMANN, 1937; ZABALA, 1986; ZABALA & BALLESTEROS, 1989; BALLESTEROS & ROS, 1989). Tots ells afecten decisivament els organismes com ha estat àmpliament demostrat en el laboratori. No obstant això, la mesura de tots ells en conjunt és un fet del tot inusual en la literatura que versa sobre el bentos. Les raons d'aquesta manca d'informació sobre un aspecte tan important són diverses i, sense voler ser exhaustius, podem esmentar-ne: (a) les dificultats inherents a la seva mesura; (b) la necessitat de descriure'n la dinàmica estacional i els canvis batimètrics; (c) la tendència actual a infravalorar els factors abiòtics com a determinants de l'estructura de les comunitats enfront dels factors biòtics; (d) la proliferació de treballs experimentals que es fixen en els efectes d'un factor o com a màxim dos factors i no consideren els restants; (e) la tradició de descriure les comunitats a partir dels organismes que hi viuen, sense fer una caracterització acurada de l'hàbitat.

Aquest estudi pretén remeiar, almenys parcialment, aquesta situació. Les comunitats marines de l'Arxipèlag de Cabrera són un exemple paradigmàtic de les existents a la Mediterrània Central i el seu nivell de preservació és més que notable (vegeu capítol 44). Ambdues particularitats, unides a la possible futura declaració de Parc Nacional, ens portaren a quantificar, al llarg de tot un període anual (setembre 1988-octubre 1989), els canvis de nutrients dissolts, llum, hidrodinamisme i temperatura en fondària (0 a -50 metres) per tal d'intentar establir les relacions entre aquests factors i la distribució de les comunitats bentòniques mediterrànies. Els canvis estacionals de salinitat són, versemblantment, mínims, atesa la gran distància que separa Cabrera de qualsevol aport important d'aigües continentals i, amb tota seguretat no tenen cap efecte sobre els organismes bentònics. La sedimentació és un altre factor que tampoc no ha estat tingut en compte, a causa del baix contingut en partícules en suspensió a l'aigua i a l'elevada hidrodinàmica de la zona.

METODOLOGIA

Tots els paràmetres ambientals mesurats (nutrients, llum, hidrodinamisme, temperatura) ho han estat al llarg de campanyes quinzenals realitzades cada dos mesos entre setembre de 1988 i octubre de 1989.

Nutrients

A cada campanya es recol·lectaren mostres d'aigua a la costa Sud de Cabrera, a intervals de fondària de 5 metres, entre -0 i -50 metres, mitjançant una ampolla Niskins. Les mostres eren retolades i congelades fins a les anàlisis de nitrats, nitrits i fosfats, realitzades amb un autoanalitzador Technicon.

Llum

L'atenuació de la llum en fondària ha estat mesurada a la costa Sud de Cabrera a cada campanya, a partir de perfils realitzats al migdia (GMT), des de +0 a -50 metres, utilitzant un sensor esfèric SPQA Li-Cor provist d'un Data-Logger Li-Cor LI-1000. Les dades obtingudes han estat convertides en percentatges de flux de fotons respecte al nivell subsuperficial i cada perfil s'ha ajustat a una funció potencial negativa mitjançant el mètode dels mínims quadrats, i així s'ha obtingut el coeficient d'extinció de la llum per a cada campanya.

Hidrodinamisme

L'hidrodinamisme ha estat mesurat mitjançant el mètode de MUUS (1968), el qual és molt útil quan es tracta de detectar diferències en gradients forts de moviment de l'aigua (DENNY, 1985, 1988). Les mesures d'atenuació de l'hidrodinamisme en fondària s'han realitzat al llarg de dos transectes situats al Cap de Llebeig (-2 a -45 metres) i l'Estell des Coll (-2 a -50 metres). A tal efecte es posaren en els dos transectes (2 cops per campanya) 5 boles de sulfat de calci, confeccionades segons el model descrit a MUUS (1968), a intervals de 5 metres, a partir dels -5 metres. Ocasionalment se situaren també boles a -2 metres. Les boles de sulfat de calci havien estat prèviament pesades i, després d'un determinat període de temps dins l'aigua eren recollides, assecades a l'estufa (48 hores a 70°C) i tornades a pesar, avaluant així la dissolució de les boles per unitat de temps (hores). La dissolució va corregir-se per la dissolució passiva (MUUS, 1968). Durant l'experiment s'anotaven les característiques referents a l'estat del mar. Amb aquestes dades s'obtingueren perfils d'atenuació de l'hidrodinamisme en fondària en èpoques de l'any i situacions del mar determinades. En agrupar els perfils corresponents a estats del mar semblants i ajuntar també les observacions dels dos transectes, s'obtingué una nova taula on s'expressava l'atenuació mitjana de l'hidrodinamisme en els indrets exposats de la costa de Cabrera en funció de l'estat del mar. El problema de la manca de mesures corresponents a les fondàries superficials en condicions de marejol, maregassa i maregassa forta, per raons òbvies d'"impossibilitat recol·lectora", es va superar estimant aquestes dades en relacionar els mg de sulfat de calci gastats per hora amb l'alçada de les onades en metres (corresponents als estats del mar tipificats segons escales

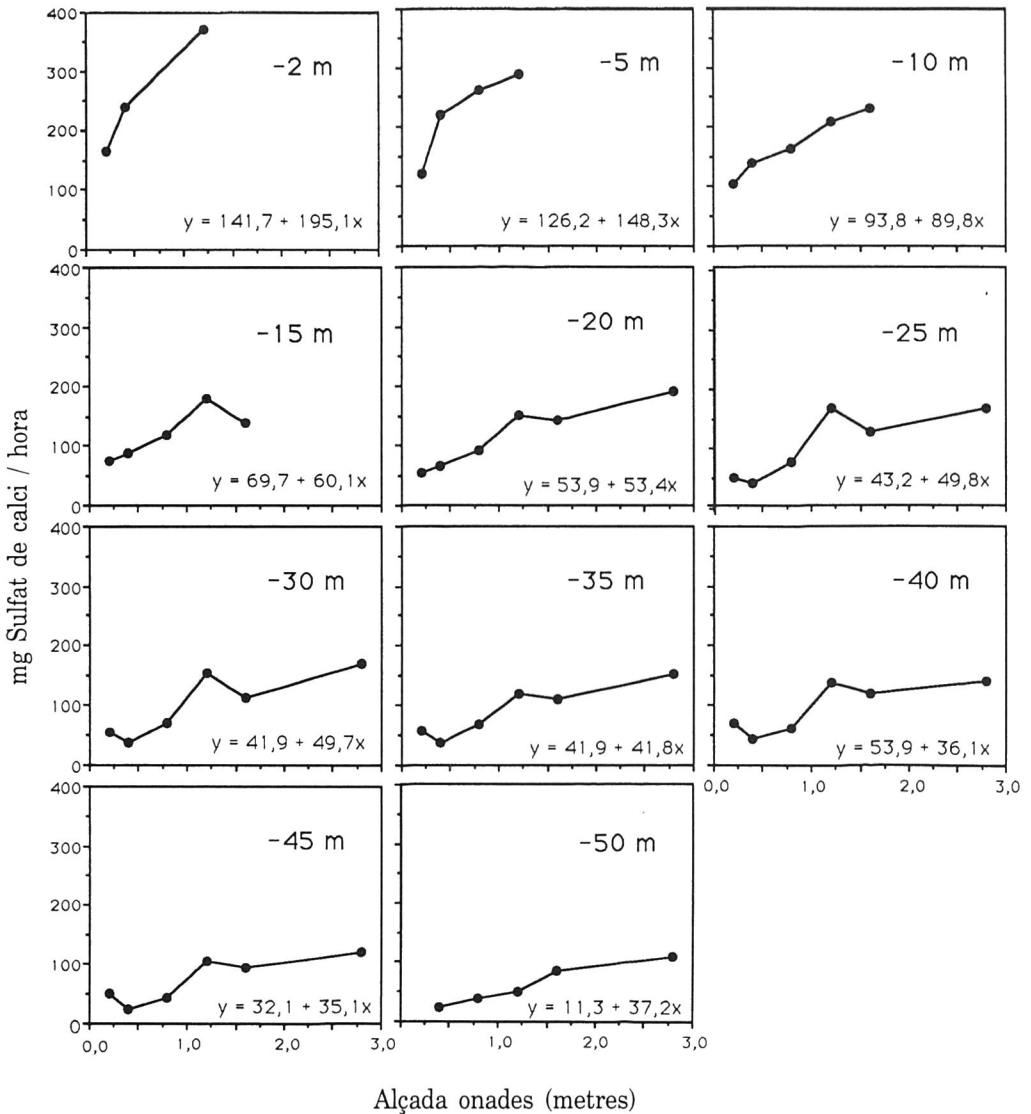


Fig. 1. Representació dels mg de sulfat de calci gastats per hora en funció de l'alçada de les onades en metres per a cada fondària i ajusts lineals obtinguts mitjançant el mètode dels mínims quadrats.

preestablertes). S'observa linealitat entre ambdós paràmetres i una atenuació del pendent en fondària (Fig. 1). Les rectes de regressió obtingudes ens han permès estimar els mg de sulfat de calci gastats per hora en les situacions de més mala mar. Ja amb totes les dades s'han ajustat les corbes d'atenuació de l'hidrodinamisme en fondària per a cada tipus d'estat del mar a una funció semilogarítmica mitjançant el mètode dels mínims quadrats.

Temperatura

Durant cada campanya es van realitzar perfils de temperatura des de 0 a -50 metres a la costa Sud de Cabrera mitjançant un termistor.

RESULTATS

Nutrients

Fosfats (Fig. 2)

Les concentracions de fosfats no sobrepassen mai els $0.1 \mu\text{mols/l}$ i les mitjanes oscil·len entre 0.04 i $0.08 \mu\text{mols/l}$. De fet, només s'han trobat valors significatius de fosfats durant l'hivern i primavera ja que les concentracions de juny a octubre (i moltes de desembre) són al voltant de $0.03 \mu\text{mols/l}$, valors que estan en el límit de la detecció.

La variació anual és poc marcada; el màxim contingut de fosfats a l'aigua es produeix a l'abril (mitjana de $0.08 \mu\text{mols/l}$ per a tota la columna) i al febrer ($0.06 \mu\text{mols/l}$). La variació de les concentracions a les diferents fondàries és despreciable (llevat del mes de desembre) i molt inferior a la variació anual.

Nitrats (Fig. 3)

Les concentracions de nitrats màximes detectades són de $2 \mu\text{mols/l}$, però les mitjanes anuals oscil·len entre els 0.25 i els $0.80 \mu\text{mols/l}$, amb màxims relatius vora les interfases (superfície i fons i, sobretot, cap a 30 m (termoclina).

La variació anual és remarcable i durant el període juny-octubre no hi ha concentracions apreciables (superiors a $0.5 \mu\text{mols/l}$), llevat del mes d'agost entre -30 i -35 m (termoclina). Durant l'hivern-primavera les concentracions mitjanes per a tota la columna són de 1.2 (desembre) i $0.7 \mu\text{mols/l}$ (abril). Com en els fosfats, les variacions en fondària detectades són molt inferiors a la variància anual.

Nitrits (Fig. 4)

Les concentracions de nitrits són molt baixes, amb màxims absoluts al voltant dels $0.5 \mu\text{mols/l}$ i una mitjana anual que oscil·la al voltant dels $0.18 \mu\text{mols/l}$.

La variació anual és també remarcable, amb màxims a l'hivern i inici de la primavera (mitjanes de $0,35 \mu\text{mols/l}$) i una disminució progressiva tot al llarg de l'estiu (mínims de $0,01$ a l'agost i l'octubre). Durant el mes d'agost hi ha un màxim relatiu ($0,07 \mu\text{mols/l}$) a nivell de la termoclina (-25 a -35 metres); llevat d'aquest mes les variacions detectades en fondària són molt escasses.

Llum

L'atenuació de la llum en fondària (Fig. 5; taula 1) és pròpia d'un indret d'aigües extraordinàriament clares, amb discs de Secchi que oscil·len entre 24 m

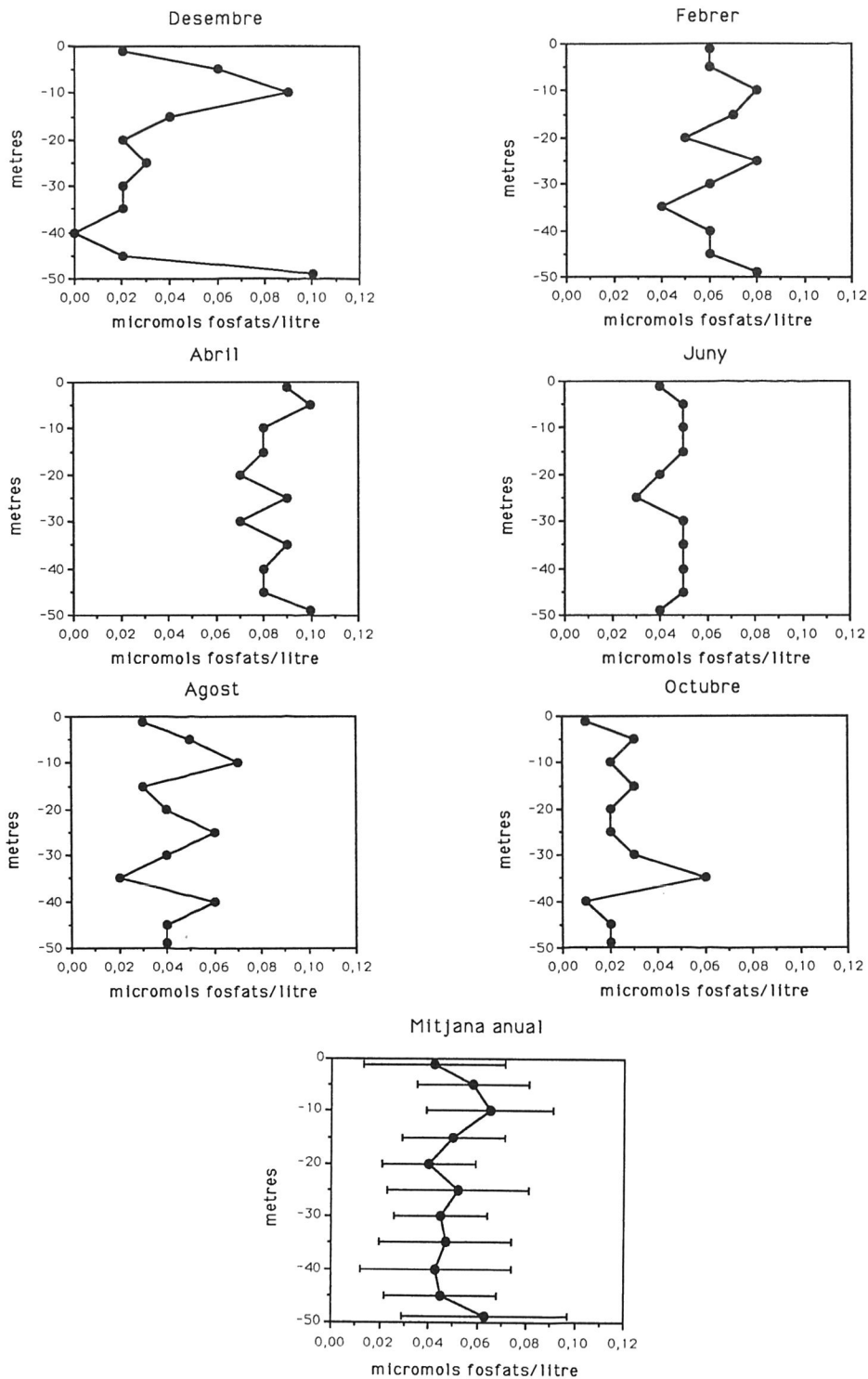


Fig. 2. Perfils obtinguts en diferents mesos de l'any i mitjana anual en la concentració de fosfats entre 0 i -50 metres en aigües de Cabrera.

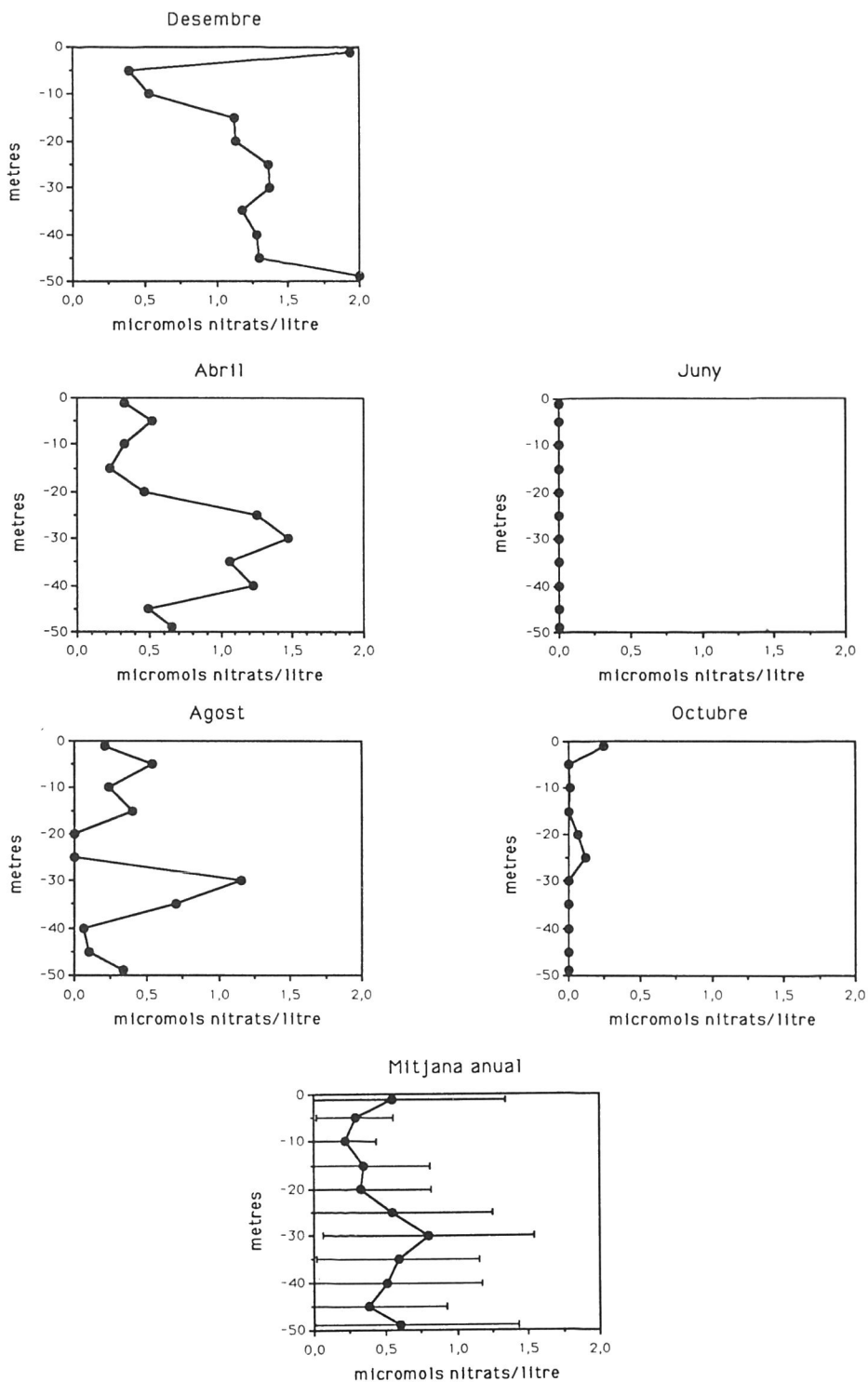


Fig. 3. Perfils obtinguts en diferents mesos de l'any i mitjana anual en la concentració de nitrats entre 0 i -50 metres en aigües de Cabrerá.

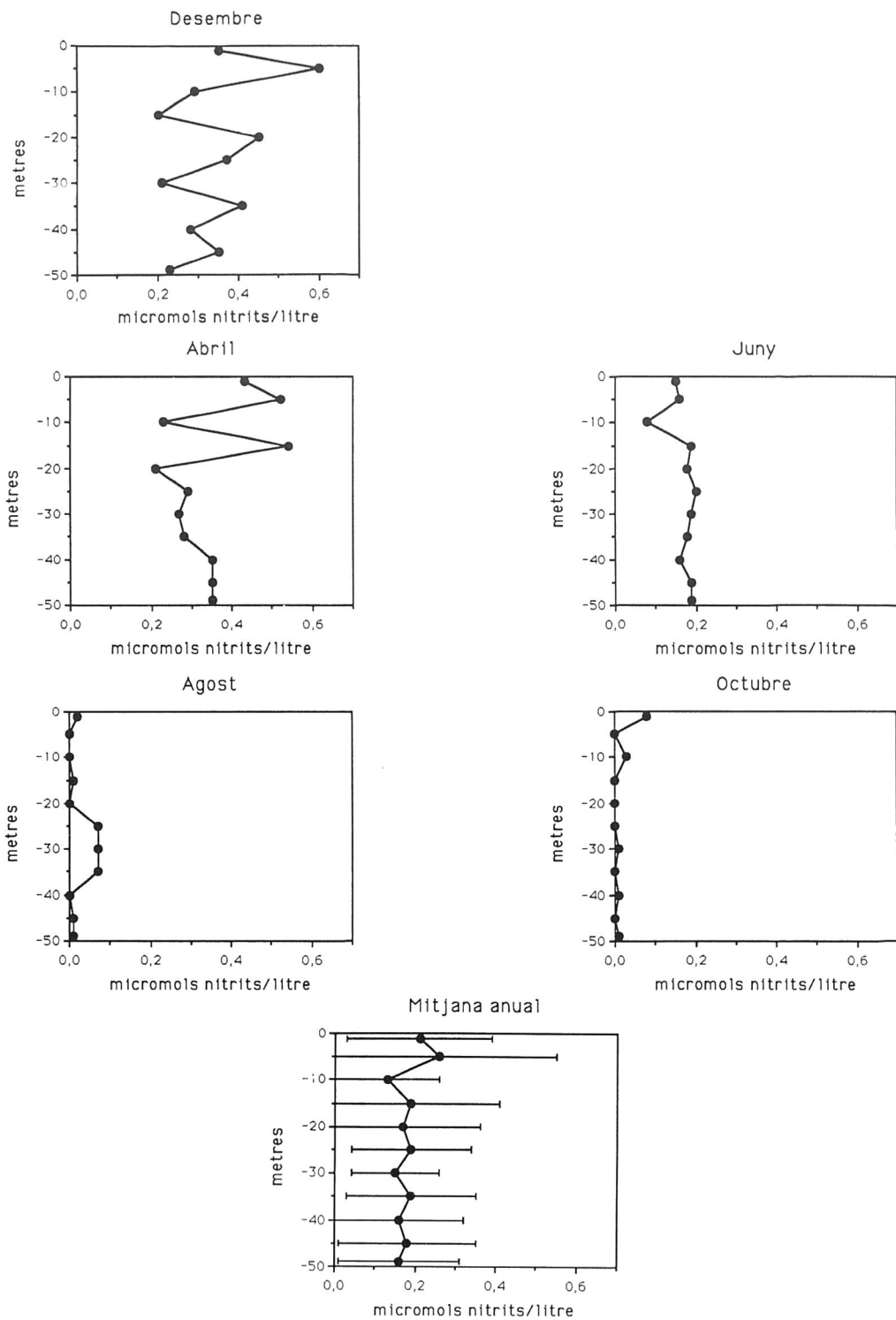


Fig. 4. Perfils obtinguts en diferents mesos de l'any i mitjana anual en la concentració de nitrats entre 0 i -50 metres en aigües de Cabrera.

(febrer) i 38 m (agost), i coeficients d'extinció mitjans de 0.063 m^{-1} (màxims del voltant de 0.076 a l'hivern i mínims de 0.053 a l'estiu). L'ajust de les dades obtingudes amb el LiCor a una recta en coordenades semilogarítmiques (ln irradiància en $\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ i fondària en metres) és sempre molt bo (coeficient de correlació sempre superior a 0.987).

La variació anual en el coeficient d'atenuació és notable i això s'ha de reflectir en la variació anual d'irradiància.

Hidrodinamisme

S'observa una atenuació de l'hidrodinamisme (entès com a directament i linealment proporcional a l'erosió de boles) en fondària per a tots els tipus d'estat del mar (Fig. 6), les dues localitats (Figs. 7, 8) i les mitjanes (calculades a partir de totes les posades de boles). La forma d'atenuació segueix una funció semilogarítmica (ln dels mg sulfat de calci erosionat per hora en funció de la fondària en metres), sempre significativa ($p < 0.01$ en tots els casos, i generalment $p < 0.001$).

Hi ha petites diferències entre els dos transsectes. L'hidrodinamisme és lleugerament inferior a la part superficial (-5 m) del Cap de Llebeig (Fig. 7) que a l'Estell des Coll (Fig. 8), coincidint amb el pitjor estat de la mar (per terme general) observat a la part Sud i Est de Cabrera. A partir dels -10 m no hi ha diferències entre els dos transsectes, si bé al Cap de Llebeig hi ha una petita irregularitat a -40 m (major hidrodinamisme que a -35 m) a causa de la particular topografia del transsecte (vegeu capítol 44).

Hi ha un augment general d'hidrodinamisme en aigües superficials des de les situacions de mar plana a maregassa forta. S'observa una atenuació màxima de l'hidrodinamisme en situacions de mar arrissada i marejol ($k = 0,040$ a $0,048 \text{ m}^{-1}$) (situacions predominants de l'estat del mar), mitjana en marejol fort, maregassa i maregassa forta ($k = 0,030$ a $0,034 \text{ m}^{-1}$), i baixa en mar plana ($0,023 \text{ m}^{-1}$) (Fig. 6). En mar plana (només trobada en el Cap de Llebeig) la situació és de poc moviment a dalt i amb corrents unidireccionals relativament fortes en fondària (situació típicament estiuenca), la qual cosa provoca aquesta escassa atenuació; les causes que originen ambdós hidrodinamismes són diferents i afecten diferents masses d'aigua que, alhora, es contraposen en l'espai, i, per tant, no es pot parlar d'atenuació superfície-fondària.

L'ordenada en l'origen (és a dir, el moviment o velocitat de l'aigua en superfície) és superior en els estats de mar més agitada (Fig. 6).

Temperatura

La temperatura mitjana de les aigües superficials que envolten Cabrera és elevada, ja que la mínima enregistrada durant l'any 1989 va ser de $14,6 \text{ }^\circ\text{C}$ (febrer) i la màxima de $27,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (agost) (Fig. 9). La temperatura es manté per sobre de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ des de mitjan juliol fins a mitjan setembre i és inferior a $15 \text{ }^\circ\text{C}$ només durant els mesos de gener i febrer. La columna d'aigua (fins a -50 m) és homogènia des de novembre a abril. L'estratificació comença vers el mes de maig i la termoclina és conspicua entre juliol i setembre. A l'agost es localitza vora els -25 m i hom observa un desplaçament en fondària durant els mesos de setembre i octubre, desplaçament que va lligat a una atenuació del gradient tèrmic. La

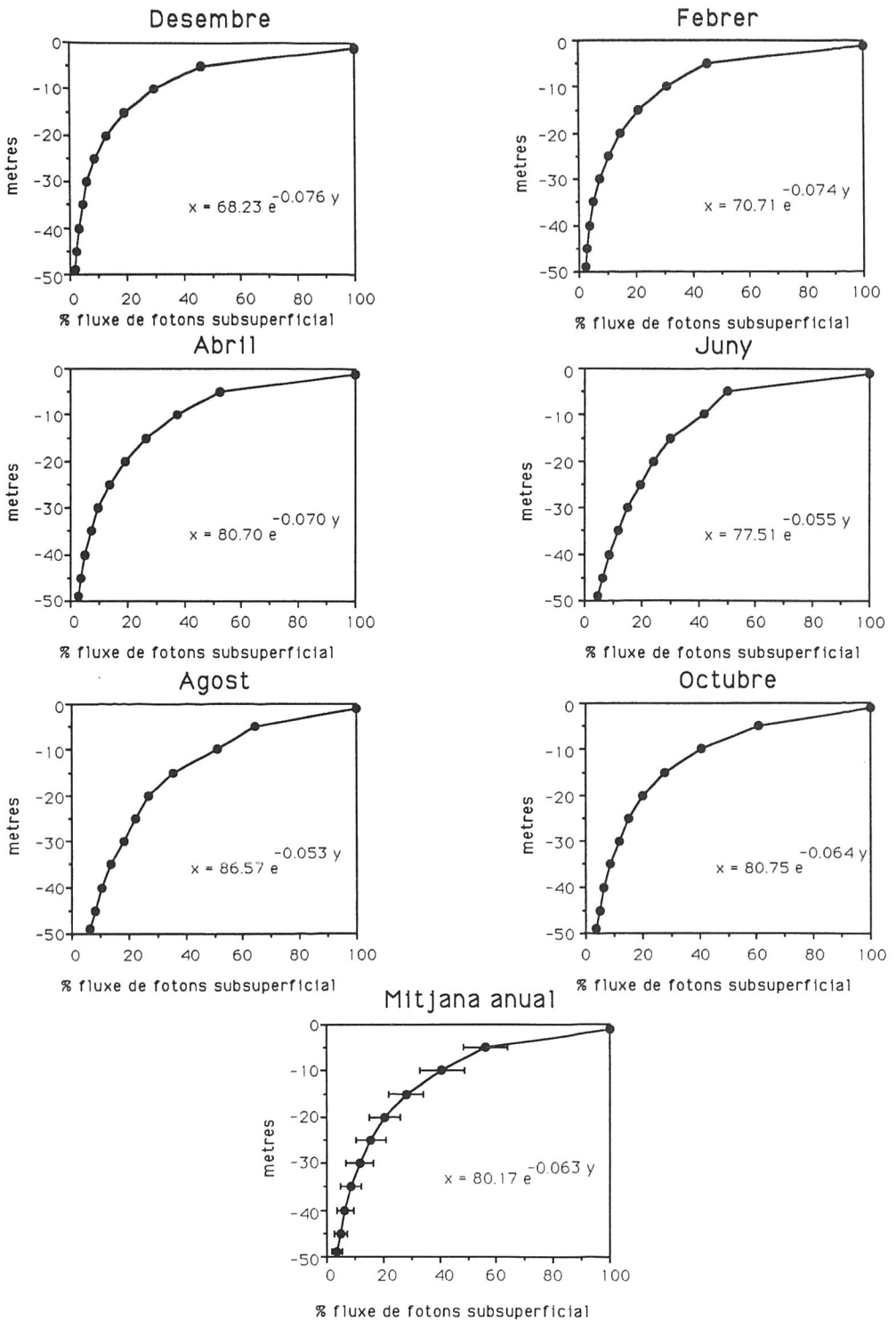


Fig. 5. Atenuació de la llum entre 0 i -50 metres en diferents mesos de l'any i mitjana anual en aigües de Cabrera. Es presenta també l'ajust a una funció exponencial on el valor de x (aquí com a variable dependent) és el percentatge d'irradiància subsuperficial i el valor de y (aquí com a variable independent) la fondària en metres.

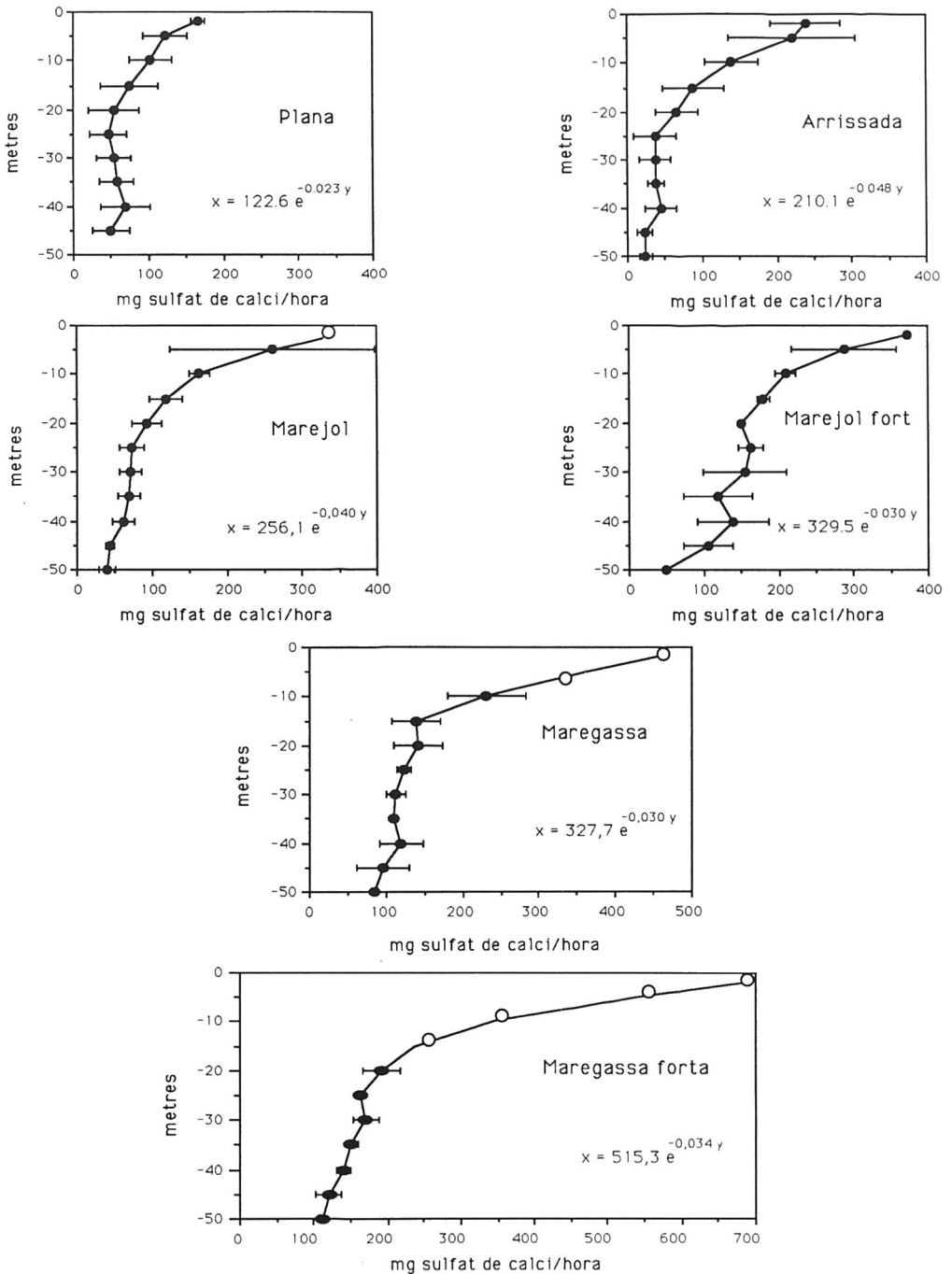
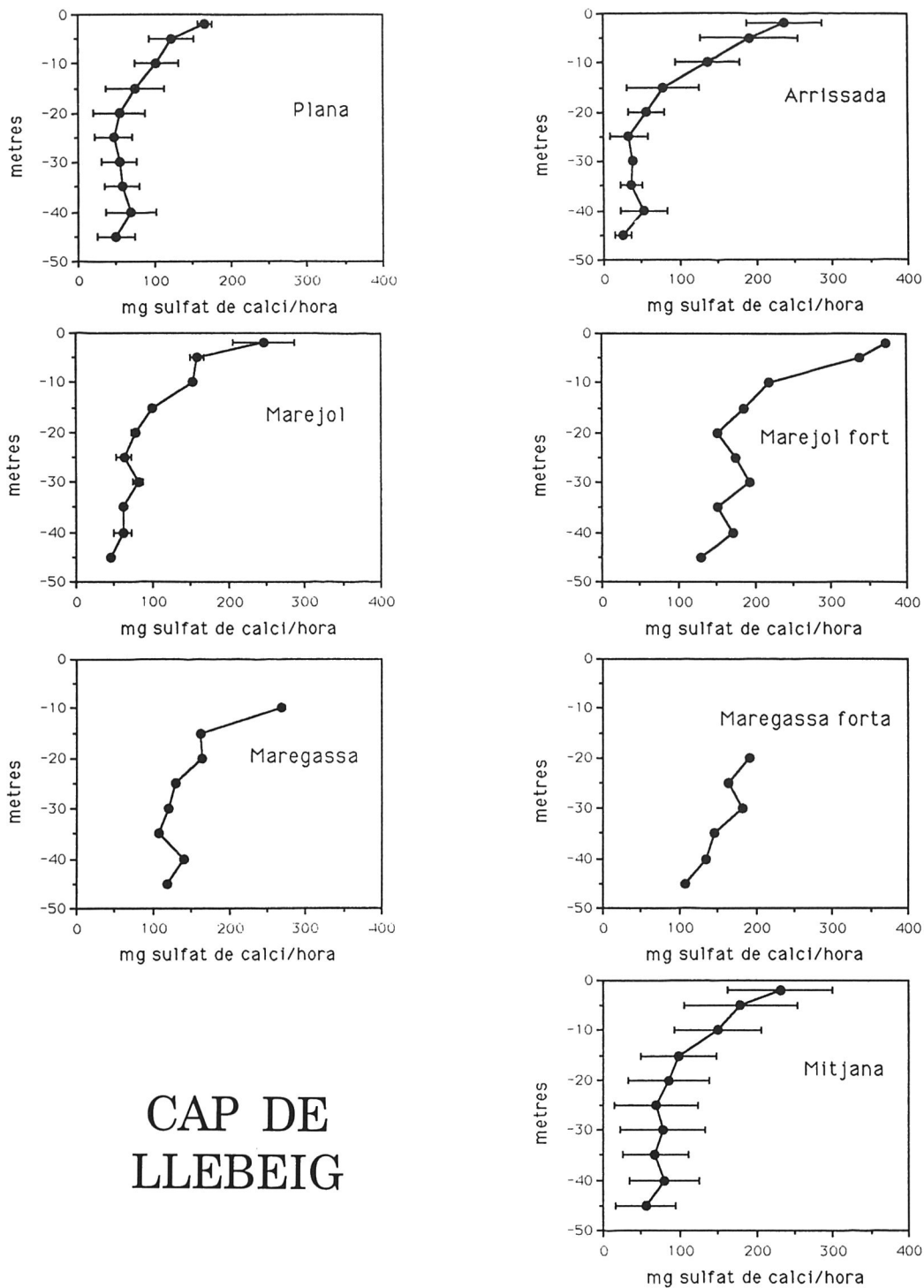


Fig. 6. Atenuació mitjana de l'hidrodinamisme (expressat com a mg de sulfat de calci gastats per hora) en fondària per als diferents tipus d'estat del mar trobats a Cabrera i ajust a una funció exponencial on el valor de x (aquí com a variable dependent) són els mg de sulfat de calci gastats i el valor de y (aquí com a variable independent) la fondària en metres. Les situacions per a les quals s'ha estimat la dissolució de les boles de sulfat de calci a partir de les regressions obtingudes a la Fig. 1 s'indiquen amb cercles blancs.



CAP DE LLEBEIG

Fig. 7. Atenuació de l'hidrodinamisme (expressat com a mg de sulfat de calci gastats per hora) en fondària per als diferents tipus d'estat del mar trobats al Cap de Llebeig durant el període setembre 1988-octubre 1989. Indiquem també l'atenuació mitjana de l'hidrodinamisme obtinguda amb totes les mesures disponibles.

ELS ESTELLS

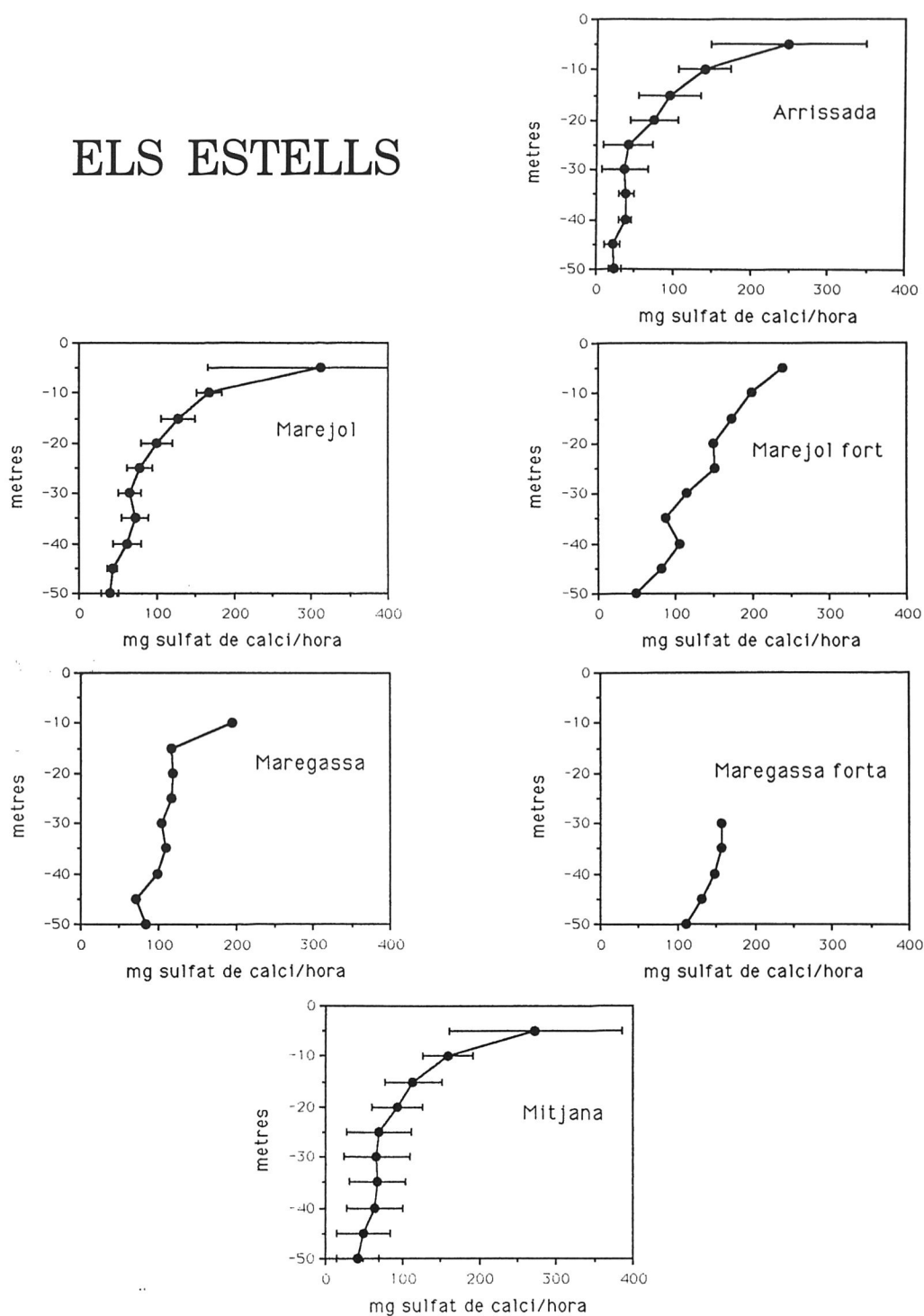


Fig. 8. Atenuació de l'hidrodinamisme (expressat com a mg de sulfat de calci gastats per hora) en fondària per als diferents tipus d'estat del mar trobats a l'Estell des Coll durant el període setembre 1988-octubre 1989. Indiquem també l'atenuació mitjana de l'hidrodinamisme obtinguda amb totes les mesures disponibles.

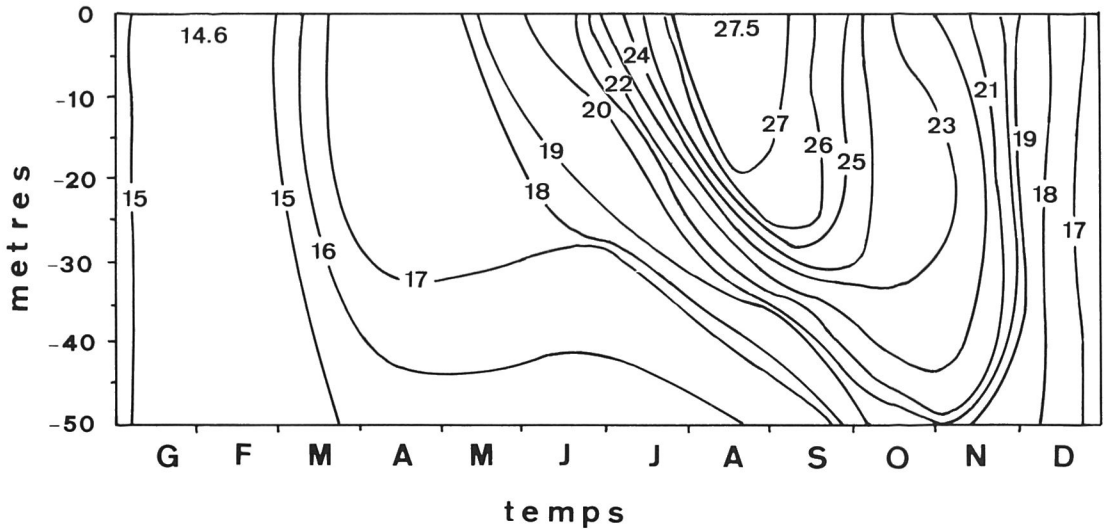


Fig. 9. Cicle tèrmic anual de la columna d'aigua situada entre 0 i -50 m en les aigües de l'Arxipèlag de Cabrera.

variació estacional de la temperatura és màxima en aigües superficials (13 °C de diferència), però és molt inferior a -50 m (5.5 °C). Les màximes estan desplaçades temporalment en fondària, de tal forma que l'aigua superficial assoleix una temperatura màxima a l'agost mentre que en fondària (-50 m) la temperatura és màxima a l'octubre.

DISCUSSIÓ

Nutrients

Les aigües de Cabrera són extraordinàriament oligotròfiques en comparar-les al que hom troba als mars temperats (RILEY & CHESTER, 1971; MARGALEF, 1974; CHAPMAN & CRAIGIE, 1977; CONOLLY & DREW, 1985; GENDRON, 1989). Si les comparem amb les d'altres zones costaneres de la Mediterrània (DREW, 1978; DREW et al., 1982; ROMERO, 1985; DELGADO & VIDAL, 1989; NIELL et al., 1989) la pobresa en nutrients és també manifesta, encara que és comparable a la d'altres indrets costaners poc alterats (BALLESTEROS, 1984, 1989). Els valors de nutrients de les aigües de Cabrera són semblants als del mar obert en la Mediterrània (ESTRADA et al., 1985; ESTRADA & SALAT, 1989; FLOS, 1989), fet que indica l'escassa o nul·la influència continental de l'Arxipèlag.

Els valors mitjans obtinguts (0,05 $\mu\text{mols/l}$ de fosfats; 0,47 $\mu\text{mols/l}$ de nitrats; 0,18 $\mu\text{mols/l}$ de nitrits) són comparables als que s'obtenen en moltes zones tropicals (ODUM & ODUM, 1955; PILSON & BETZER, 1973; WEBB et al., 1975; LEWIS, 1977; MARSH, 1977; HATCHER & FRITH, 1985; LAPOINTE et al., 1987; LAPOINTE, 1989).

Els canvis estacionals en la concentració de nutrients són importants i tenen un marcat motiu estacional. Hom observa una major concentració de nutrients entre finals de tardor i l'inici de la primavera i concentracions molt baixes o inde-

tectables durant la resta de l'any. Aquest fenomen és normal a la Mediterrània (BALLESTEROS, 1989) i habitual en totes les zones costaneres dels mars temperats (CHAPMAN & CRAIGIE, 1977; THOM & ALBRIGHT, 1990). Els intervals de variació hivern-estiu detectats a Cabrera són, emperò, en valors absoluts, molt inferiors als detectats en d'altres indrets de clima temperat, a causa dels baixos valors globals. Pel seu ordre de magnitud les variacions detectades a Cabrera (0,04 a 0,07 $\mu\text{mols/l}$ de fosfats i 0 a 1,2 $\mu\text{mols/l}$ de nitrats) recorden més a les trobades a l'interior dels esculls coral·lins (Great Barrier Reef: 0,2 a 2 $\mu\text{mols/l}$ de nitrit + nitrat; HATCHER & FRITH, 1985) (Florida: 0,03 a 0,17 $\mu\text{mols/l}$ de fosfats i 0,1 a 2 $\mu\text{mols/l}$ de nitrats; LAPOINTE, 1989).

La relativa homogeneïtat en el contingut de nutrients al llarg de tota la columna d'aigua fins als -50 metres és també un fet ben documentat a la Mediterrània, així com els màxims relatius trobats a nivell de la termoclina durant l'estiu (FLOS, 1989; MARGALEF, 1989).

En resum, es fa palesa l'oligotròfia de les aigües que envolten Cabrera, amb un patró de distribució batimètric i anual dels nutrients propi d'altres indrets de la Mediterrània allunyats del continent.

Llum

La transparència de l'aigua de l'Arxipèlag de Cabrera és comparable a la d'altres indrets insulars de la Mediterrània Central i, durant l'estiu, semblant a la que s'obté en zones tropicals (taula 2). El valor del coeficient d'extinció mitjà anual ($k = 0,063 \text{ m}^{-1}$) és molt inferior a l'enregistrat en qualsevol zona costanera o oceànica situada per sobre dels 30° de latitud N, i els valors obtinguts a l'estiu ($k = 0,053 \text{ m}^{-1}$) són propers als trobats en mars tropicals. De totes les dades consultades, només a Bermuda (FRICKE & MEISCHNER, 1985) i al Golf d'Aqaba (Mar Roig), durant els mesos de juny ($k = 0,047 \text{ m}^{-1}$) i octubre ($k = 0,049 \text{ m}^{-1}$) (FRICKE & KNAUER, 1986; FRICKE et al., 1987), s'enregistren aigües més transparents que a Cabrera. Els tipus d'aigua de Cabrera en la classificació de Jerlov (JERLOV, 1976) corresponen a tota la sèrie d'aigües situades entre les classes IA i II.

L'existència d'aigües tan transparents fa que el 10% de la llum superficial arribi fins a uns -20 metres a Cabrera (taula 1) mentre que a la Costa Brava (Tossa) aquesta mateixa llum arriba només fins a -10 metres (BALLESTEROS, 1989). Les diferències s'accentuen en fondària, de tal manera que les fondàries per a les quals s'assoleix l'1% i el 0,05% de la llum superficial són de -60 i -108 metres, respectivament, a Cabrera, però només de -30 i -55 metres a Tossa (taula 2).

La variació estacional en la transparència de l'aigua és, com passava amb el contingut en nutrients, notable, però inferior a la que es pròpia d'indrets situats a una latitud semblant, tant a la Mediterrània (WEINBERG, 1975; BALLESTEROS, 1984; ROMERO, 1985) com a l'Atlàntic (PECKOL & RAMUS, 1988) o el Pacífic (KAJIMURA, 1987). Les aigües més clares es presenten a l'estiu i les més tèrboles a l'hivern.

La biomonia bentònica de la Mar Mediterrània s'ha realitzat sobre la base dels poblaments d'organismes i els diferents estatges s'han definit també en funció de la presència-absència de determinades espècies (PÈRES & PICARD, 1964; ROS et al., 1985). No obstant això, hi ha hagut algunes propostes per a establir

Taula 1. Atenuació de la llum en fondària (mitjana anual) en aigües de Cabrera en referència a la irradiància subsuperficial i a la irradiància superficial.

Fondària (metres)	% Irradiància subsuperficial	% Irradiància superficial	Fondària (metres)	% Irradiància subsuperficial	% Irradiància superficial
0	100,000	55,300	-50	3,649	2,018
-5	56,199	31,078	-60	1,801	0,996
-10	40,724	22,520	-70	0,957	0,529
-15	28,157	15,571	-80	0,508	0,281
-20	20,637	11,412	-90	0,270	0,149
-25	15,705	8,685	-100	0,143	0,079
-30	11,763	6,505	-110	0,078	0,043
-35	8,753	4,840	-120	0,040	0,022
-40	6,471	3,579	-150	0,006	0,003
-45	4,823	2,667			

límits físics entre els diferents estatges, bàsicament delimitats per la direcció predominant de l'hidrodinamisme (RIEDL, 1966) o, més comunament, per la intensitat de llum que arriba a cada fondària. Els mateixos PÈRES & PICARD (1964) situen el límit inferior de la zona circalitoral vers la fondària on arriba el 0,1% de la llum superficial. GIACCONE (1973) situa el límit entre els estatges infralitoral i circalitoral allà on arriba l'1% de la llum superficial. BALLESTEROS (1984), basant-se en un estudi detallat dels factors físics i les comunitats algals de la regió de Tossa, situa els límits allà on aproximadament arriben el 10% (zona infralitoral superior-zona infralitoral inferior), el 3% (zona infralitoral-zona circalitoral), i el 0,4% (zona circalitoral superior-zona circalitoral inferior) de la irradiància superficial, mentre que el límit amb la zona afital es trobaria a fondàries situades per sota d'on arriba el 0,05% de la llum superficial. A Cabrera, aquests límits se situen vers els -22, -43, -75 i -108 metres, respectivament, fondàries que coincideixen, aproximadament, amb els límits deduïts a partir de l'estudi de les comunitats bentòniques (vegeu capítol 44).

Un altre aspecte interessant és esbrinar la correspondència entre els límits batimètrics dels diferents tipus d'algues amb la quantitat de llum disponible. Les fondàries on s'assoleixen l'1% i el 0,05% de la irradiància superficial han estat proposades com a límits respectius per a les algues laminarials i les algues incrustants (LÜNING & DRING, 1979). Aquests límits han estat, però, recentment qüestionats, en estudiar les comunitats de fondària existents en els mars tropicals on determinades coral·linàcies incrustants apareixen a irradiàncies de fins al 0,0005% de la llum superficial (LITTLER et al., 1985, 1986). A Cabrera, la desaparició de les algues coral·linàcies (-110 m) (vegeu capítol 44) correspon, aproximadament a la fondària on arriba el 0,05% de la llum superficial; *Laminaria rodriguezii*, però, apareix sempre entre -70 i -80 metres (on arriba entre el 0,5 i el 0,3% de la llum), per sota del límit teòric de les laminarials proposat per LÜNING & DRING (1979). La limitació de la distribució de *Laminaria rodriguezii* a aquestes fondàries no està causada per la llum (LITTLER et al., dades inèdites), sinó que ha d'anar lligada a les baixes temperatures o a una major

Localitat	Latitud N	Període	Tipus d'aigua de Jerlov	Coefficient d'extinció	Fondària 1% I sup (metres)	Fondària 0,05% I sup (metres)	Límit inferior feòfits (metres)	Límit inferior algues toves (metres)	Límit inferior algues incrustants (metres)	Referència
Stefansson Sound	70	Juny-Sept.	9	0,755	6	10	6			Dunton (1990)
Helgoland	54	Annual	5-9	0,451	8	15	8		15	Lüning & Dring (1979)
Glenan	47	?	1	0,143	27	48	26		47	Lüning & Dring (1979)
Maine	43	Juliol	III	0,134	29	52	40	50	63	Vadas & Steneck (1988)
Còrsega	43	Estiu	IA	0,053	75	130	95		120	Fredj (1972); Lüning & Dring (1979)
Banyuls	42	Annual	II-1	0,159	25	44				Weinberg & Cortel-Preeman (1978)
Medes	42	Annual	II-2	0,171	23	41				Romero (1985)
Tossa	41	Annual	II-1	0,130	30	55	60			Ballesteros (1984)
Cabrera	39	Annual	IA-II	0,063	60	108	78	93	110	Aquest estudi
Messina	38	Agost	IB	0,064	61	108	110			Fredj & Gieman (1972); Drew et al. (1982)
Oki Islands	36	Annual	II-III	0,086	45	80	>60			Kajimura (1987)
North Carolina	33	Annual	II-III	0,100	39	69	>42			Peckol & Ramus (1988)
Bermuda	32	Ocasional	I	0,048	95	157				Fricke & Meischner (1985)
Aqaba	29	Març-Octubre	I-IA	0,053	75	130				Fricke et al. (1987)
Bahamas	24	Ocasional	IA	0,055	72	125	88	157	268	Littler et al. (1985)

Taula 2. Característiques òptiques de l'aigua de diverses localitats de l'hemisferi nord i límits batimètrics inferiors dels feòfits, les algues toves i les algues incrustants. Gran part de les dades sobre les característiques òptiques han estat estimades per nosaltres a partir de les mesures obtingudes en els diferents treballs.

disponibilitat de nutrients. D'altra banda, és possible que la major constància en els factors ambientals al llarg de l'any faciliti el creixement dels feòfits a fondàries inferiors a les quals arriba l'1% de la llum superficial en mars subtropicals i càlid-temperats. Atenent les fondàries i irradiàncies recopilades a la taula 2, és possible que el límit dels feòfits en aquests mars se situï al voltant de la fondària on arriba el 0,2-0,3% de la llum superficial.

Un altre problema es planteja en comparar els límits batimètrics de les algues de Cabrera amb els donats per DE BUEN (1906, 1916, 1934) o per RODRÍGUEZ (1889) per a les algues de les Balears, tots ells molt superiors als observats per nosaltres. Així, segons DE BUEN (1934), *Laminaria rodriguezii* apareix a Cabrera entre -80 i -150 metres, mentre que, segons RODRÍGUEZ (1889), són molt nombroses les rodofícies no incrustants que sobrepassen els -130 metres a les Balears (*Faucheia repens* assoleix els -200 metres). D'ésser certes aquestes fondàries, representarien els rècords batimètrics respectius per a feofícies i rodofícies erectes a nivell mundial (vegeu LITTLER et al., 1985). Atenent a les nostres observacions amb el submarí Johnson Sea Link, realitzades tant a Cabrera (vegeu capítol 44) com a les costes de Mallorca i Menorca, no hem observat mai cap alga a cotes inferiors als -110 metres. No creiem possibles canvis en la transparència de l'aigua en els darrers 80 anys que permetin explicar aquesta regressió i posem en qüestió les batimetries oferides en aquests treballs.

Hidrodinamisme

Les dades sobre l'atenuació de l'hidrodinamisme en fondària (Figs. 6, 7, 8) són les primeres que es realitzen en parets i al llarg de tot un cicle anual, intentant cobrir totes les situacions meteorològiques possibles. Això fa que sigui difícil establir comparacions amb d'altres mesures semblants. GAMBI et al. (1989) fan només dos experiments en situació de mar encalmada al llarg d'un transsecte (-1 a -25 metres) en els herbeis de *Posidonia oceanica* de l'illa d'Ischia. El tipus de corbes trobats tenen un patró semblant a les obtingudes per nosaltres en situació de mar plana. Ajustant els seus valors a una corba semilogarítmica obtenim uns coeficients d'extinció de $0,019 \text{ m}^{-1}$ a $0,026 \text{ m}^{-1}$ a nivell de les fulles (semblant al nostre valor mitjà de $0,023 \text{ m}^{-1}$ en les nostres dades; Fig. 6) i de $0,035 \text{ m}^{-1}$ a $0,037 \text{ m}^{-1}$ a nivell dels rizomes.

L'extinció de l'hidrodinamisme en les dues parets estudiades és considerable i semblant. En general s'observa una primera zona, entre -2 i -20 metres, en la qual l'hidrodinamisme decreix molt ràpidament en totes les situacions d'estat del mar, i una segona zona, a partir dels -20 metres, on l'hidrodinamisme decreix molt pausadament i arriba a ser homogeni en situacions de mar plana i arrissada. En els primers 20 metres es concentra també el poder destructor de les onades en situacions de temporal, la qual cosa ens és indicada per la pèrdua de les boles en aquests nivells en condicions de maregassa forta (Figs. 7, 8).

El ràpid decreixement de l'hidrodinamisme a poca fondària està correlacionat amb la també ràpida disminució de la producció primària en els primers metres en comunitats bentòniques mediterrànies (BALLESTEROS, 1989) i és possiblement una causa important en la major complexitat de les comunitats bentòniques de profunditat (BALLESTEROS, 1991). Aquest lligam entre l'hidrodinamisme i la

productivitat ha estat àmpliament demostrat en diferents sistemes bentònics (CONOVER, 1968; WHEELER, 1980; LEIGH et al., 1987; DENNISON & BARNES, 1988; BALLESTEROS, 1988, 1990).

La disminució conjunta de la llum i de l'hidrodinamisme en fondària sembla ser, doncs, la causa principal de la zonació i de les diferències en el funcionament de les comunitats bentòniques submergides, si bé és possible que la importància de l'hidrodinamisme quedi més restringida als primers metres de fondària.

Temperatura

La temperatura de les aigües superficials de Cabrera és, per terme mitjà, més elevada que la que s'enregistra a d'altres localitats mediterrànies. La temperatura superficial mínima és de 14,8°C (febrer), superior en 5,6°C a la de Rovinj (Adriàtic), en 3,9°C a la de Banyuls, en 2,5°C a la de Medes, en 2,3°C a la de Tossa i inferior en 0,7°C a la de Cherchel (Algèria). La temperatura superficial màxima (27,5°C) supera en 4,8°C la de Banyuls, en 3,9°C la de Rovinj, en 3,8°C la de Cherchel, en 3,7°C la de Medes i en 2,3°C la de Tossa [dades a FELDMANN (1937), BALLESTEROS (1984) i PASCUAL & FLOS (1984)].

L'amplitud tèrmica (12,7°C) és semblant a la trobada a Tossa, Banyuls i Medes, però superior a la de llocs amb influència de l'aigua atlàntica (Cherchel) i inferior a la de zones amb una marcada influència continental (Rovinj).

Els canvis batimètrics de temperatura que s'enregistren al llarg de l'any són del mateix tipus que els d'altres zones costaneres mediterrànies (WEINBERG, 1975; BALLESTEROS, 1984; PASCUAL & FLOS, 1984), si bé els valors absoluts de temperatura són superiors a Cabrera.

Model de cicle anual

El període hivernal es caracteritza per l'homogeneïtzació de temperatures de la columna d'aigua, al voltant dels 15°C, una concentració de nutrients relativament elevada (0,06 $\mu\text{mols/l}$ de fosfats i 1,2 $\mu\text{mols/l}$ de nitrats), i una transparència de l'aigua relativament reduïda ($k = 0,075 \text{ m}^{-1}$). Durant la primavera s'observa un escalfament progressiu de l'aigua i l'inici de l'estratificació, una disminució progressiva de la concentració de nutrients i un augment en la transparència de l'aigua. A l'estiu, l'estratificació de la columna es completa el mes d'agost (27,5°C a superfície i 16°C a -50 metres), la concentració de nutrients és baixa (0,04 $\mu\text{mols/l}$ de fosfats; 0,2 $\mu\text{mols/l}$ de nitrats a tota la columna, llevat de la termoclina on s'assoleixen valors de 1 $\mu\text{mol/l}$) i una aigua de tipus oceànic IA en la classificació de Jerlov ($k = 0,053 \text{ m}^{-1}$). Durant la tardor s'observa un debilitament progressiu de la termoclina unit a un refredament de les capes superficials que acaba amb l'homogeneïtzació de la columna a principis de desembre. La concentració de nutrients és mínima a principis de tardor (0,025 $\mu\text{mols/l}$ de fosfats; 0,04 $\mu\text{mols/l}$ de nitrats) però augmenta bruscament al desembre en uniformitzar-se la columna d'aigua. La transparència de l'aigua disminueix progressivament fins a situar-se en valors hivernals.

La situació del mar no està tan clarament lligada a l'estacionalitat com els altres paràmetres ambientals però hom observa unes certes regularitats, lligades

a les situacions meteorològiques més freqüents (BALLESTEROS, 1984; PASCUAL & FLOS, 1984; FLOS, 1985). Els períodes amb més bona mar acostumen a ser l'estiu i els dies d'hivern amb situacions d'altres pressions centrades als Alps o al Golf de Lleó. Durant l'estiu són comuns els dies amb marinada, provinent de sud i sud-oest. Els temporals de ponent i xaloc són els més durs a Cabrera i la seva incidència és màxima a finals d'hivern i inicis de primavera. Els temporals de llevant es presenten principalment a la tardor. El mestral és habitual durant tot el període setembre-maig i origina temporals després del pas de les pertorbacions i en situacions de fort gradient baromètric provocat per l'existència d'una baixa pressió centrada al continent europeu (vora el meridià 10°E) i una forta alta pressió a l'oest de la península Ibèrica. La incidència dels diferents tipus de temporals sobre les costes de Cabrera varia en funció de l'orientació. La major incidència dels vents de component Oest (mestral, ponent, xaloc) fa que els llocs més exposats estiguin en aquest vessant de l'illa.

AGRAÏMENTS

Aquest estudi ha estat subvencionat pel projecte CAICYT PPB86-0641. L'obtenció de les dades sobre els paràmetres ambientals que presentem ha estat possible gràcies a la col·laboració d'Antoni Garcia-Rubies i Xavier Turon. Maria Bardaji i Gustavo Carreras van confeccionar i pesar les més de 1500 boles de sulfat càlcic utilitzades per a avaluar l'hidrodinamisme. L'ajuda del Govern Militar de Balears i, en concret, del destacament militar de Cabrera, en facilitar-nos l'estada a l'illa durant una dotzena llarga de dies cada dos mesos al llarg de tot un any, mereix també un elogi.

BIBLIOGRAFIA

- BALLESTEROS, E. 1984. *Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució*. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona. 587pp.
- BALLESTEROS, E. 1988. "Estructura y dinámica de la comunidad de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau en el Mediterráneo Noroccidental". *Inv. Pesq.*, 52(3): 313-334.
- BALLESTEROS, E. 1989. "Production of seaweeds in Northwestern Mediterranean marine communities: its relation with environmental factors". *Sci. Mar.*, 53: 357-364.
- BALLESTEROS, E. 1990. "Structure and dynamics of the *Cystoseira caespitosa* Sauvageau (Fucales, Phaeophyceae) community in the North-Western Mediterranean". *Sci. Mar.*, 54: 155-168.
- BALLESTEROS, E. 1991. "Structure and dynamics of North-western Mediterranean marine communities: a conceptual model". *Oecol. Aquat.*, 10: 223-242.
- BALLESTEROS, E. & ROS, J. 1989. "Els ecosistemes bentònics". In: *Sistemes Naturals. Vol XIV Història Natural dels Països Catalans*: 119-176. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- DE BUEN, O. 1906. "Homenaje a Rodríguez Femenías". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 6: 173-180.
- DE BUEN, O. 1916. "El Instituto Español de Oceanografía y sus primeras campañas". *Mem. Inst. Esp. Oceanogr.*, 1: 1-65.
- DE BUEN, F. 1934. "Primera campaña biológica a bordo del Xauen en aguas de Mallorca". *Trab. Inst. Esp. Oceanogr.*, 6: 7-72.

- CHAPMAN, A.R.O. & CRAIGIE, J.S. 1977. "Seasonal growth in *Laminaria longicuris*: Relations with dissolved inorganic nutrients and internal reserves of nitrogen". *Mar. Biol.*, 40: 197-205.
- CONOLLY, N.J. & DREW, E.A. 1985. "Physiology of *Laminaria*. III. Effect of a coastal eutrophication gradient on seasonal patterns of growth and tissue composition in *L. digitata* Lamour. and *L. saccharina* (L.) Lamour". *Mar. Ecol.*, 6: 181-195.
- CONOVER, J.T. 1968. "The importance of natural diffusion gradients and transport of substances related to benthic marine plant metabolism". *Bot. Mar.*, 11: 1-9.
- DELGADO, O. & VIDAL, M. 1989. "Phosphorus cycling in Mediterranean seagrass ecosystems: phosphorus content of vegetal tissues and sediments". In: BOUDOURESQUE, C.F., MEINESZ, A., FRESI, E. & GRAVEZ, V. (eds.), *Second International Workshop on Posidonia beds*, 93-100. GIS Posidonie. Marseille.
- DENNISON, W.C. & BARNES, D.J. 1988. "Effect of water motion on coral photosynthesis and calcification". *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 115: 67-77.
- DENNY, M.W. 1985. "Water motion". In: LITTLER, M.M. & LITTLER, D.S. (eds.) *Handbook of phycological methods. Ecological field methods: Macroalgae*, 7-32. Cambridge University. Cambridge.
- DENNY, M.W. 1988. *Biology and the Mechanics of the Wave-Swept Environment*. Princeton University. Princeton. 329 pp.
- DREW, E.A. 1978. "Factors affecting photosynthesis and its seasonal variation in the seagrasses *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers. and *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 31: 173-194.
- DREW, E.A., IRELAND, J.F., MUIR, C. ROBERTSON, W.A. & ROBINSON, J.D. 1982. "Photosynthesis, respiration and other factors influencing the growth of *Laminaria ochroleuca* Pyl. below 50 metres in the straits of Messina". *Mar. Ecol.*, 3(4): 335-355.
- DUNTON, K.H. 1990. "Growth and production in *Laminaria solidungula*: Relation to continuous underwater light levels in the Alaskan high Arctic". *Mar. Biol.*, 106: 297-304.
- ESTRADA, M. & SALAT, J. 1989. "Phytoplankton assemblages of deep and surface water layers in a Mediterranean frontal zone". *Sci. Mar.*, 53: 203-214.
- ESTRADA, M., VIVES, F. & ALCARAZ, M. 1985. "Life and Productivity of the Open Sea". In: Margalef, R. (ed.) *Western Mediterranean*, 148-197. Pergamon. Oxford.
- FELDMANN, J. 1937. *Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée: la côte des Albères*. Wolf. Rouen. 339 pp.
- FLOS, J. 1985. "La Mediterrània". In: FLOS, J. (ed.) *L'Oceanografia. Introducció a l'ecologia marina mediterrània*, 23-34. Quaderns d'Ecologia Aplicada, 8. Diputació de Barcelona. Barcelona.
- FLOS, J. 1989. "Introducció al coneixement de la mar". In: *Sistemes Naturals. Vol XIV Història Natural dels Països Catalans*: 43-72. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- FREDJ, G. 1972. "Compte rendu de plongée en SP300 sur les fonds à *Laminaria rodriguezii* Bornet de la pointe de Revellata (Corse)". *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 71: 1-42.
- FREDJ, G. & GIERMANN, G. 1971. "Observations en SP300 de peuplements de Laminariales dans le détroit de Messine". *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 20(3): 259-261.
- FRICKE, H.W. & MEISCHNER, D. 1985. "Depth limits of Bermudan scleractinian corals: a submersible survey". *Mar. Biol.*, 88: 175-187.
- FRICKE, H.W. & KNAUER, B. 1986. "Diversity and spatial pattern of coral communities in the Red Sea upper twilight zone". *Oecologia*, 71: 29-37.

- FRICKE, H.W., VARESCI, E. & SCHLICHTER, D. 1987. "Photoecology of the coral *Leptoseris fragilis* in the Red Sea twilight zone (an experimental study by submersible)". *Oecologia*, 73: 371-381.
- GAMBI, M.C., BUIA, M.C., CASOLA, E. & SCARDI, M. 1989. "Estimates of water movement in *Posidonia oceanica* beds: a first approach". In: BOUDOURESQUE, C.F., MEINESZ, A., FRESI, E. & GRAVEZ, V. (eds.), *Second International Workshop on Posidonia beds*, 101-112. GIS Posidonie. Marseille.
- GENDRON, L. 1989. "Seasonal growth of the kelp *Laminaria longicuris* in Baie des Chaleurs, Québec, in relation to nutrient and light availability". *Bot. Mar.*, 32: 345-354.
- GIACCONE, G. 1973. *Elementi di Botanica Marina, I*. Pubbl. Ist. Bot. Univ. Trieste. 41pp.
- HATCHER, A.I. & FRITH, C.A. 1985. "The control of nitrate and ammonium concentrations in a coral reef lagoon". *Coral Reefs*, 4: 101-110.
- JERLOV, N.G. 1976. *Marine Optics*. Elsevier. Amsterdam. 231 pp.
- KAJIMURA, M. 1987. "Deep-water flora of benthic algae in the Oki Islands, Sea of Japan". *Bot. Mar.*, 30: 373-385.
- LAPOINTE, B.E. 1989. "Macroalgal production and nutrient relations in oligotrophic areas of Florida Bay". *Bull. Mar. Sci.*, 44(1): 312-323.
- LAPOINTE, B.E., LITTLER, M.M. & LITTLER, D.S. 1987. "A comparison of nutrient-limited productivity in macroalgae from a caribbean barrier reef and from a mangrove system". *Aquat. Bot.*, 28: 243-255.
- LEIGH, E.G., PAINE, R.T., QUINN, J.F. & SUCHANEK, T.H. 1987. "Wave energy and intertidal productivity". *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 84: 1314-1318.
- LEWIS, J.B. 1977. "Processes of organic production on coral reefs". *Biol. Rev.*, 52: 305-347.
- LITTLER, M.M., LITTLER, D.S., BLAIR, S.M. & NORRIS, J.N. 1985. "Deepest known plant life discovered on an uncharted seamount". *Science*, 227: 57-59.
- LITTLER, M.M., LITTLER, D.S., BLAIR, S.M. & NORRIS, J.N. 1986. "Deep-water plant communities from an uncharted seamount off San Salvador Island, Bahamas: distribution, abundance and primary productivity". *Deep Sea Res.*, 33(7): 881-892.
- LÖNING, K. & DRING, M.J. 1979. "Continuous underwater light measurement near Helgoland (North Sea) and its significance for characteristic light limits in the sublittoral region". *Helgol. Meeres.*, 32: 403-424.
- MARGALEF, R. 1974. *Ecología*. Omega. Barcelona. 951 pp.
- MARGALEF, R. 1989. "Els ecosistemes pelàgics". In: *Sistemes Naturals. Vol XIV Història Natural dels Països Catalans*: 73-118. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- MARSH, J.A. 1977. "Terrestrial inputs of nitrogen and phosphorus on fringing reefs of Guam". *Proceed. 3rd Intern. Coral Reef Symp.*, 331-336.
- MUUS, B.J. 1968. "A field method for measuring exposure by means of plaster balls". *Sarsia*, 34: 61-68.
- NIELL, F.X., ESPEJO, M., FERNÁNDEZ, J.A. & ALGARRA, P. 1989. "Performances and use of energy in intertidal systems related to random disturbances and thermal stress". *Sci. Mar.*, 53: 293-299.
- ODUM, H.T. & ODUM, E.P. 1955. "Trophic structure and productivity of a windward coral reef community on Eniwetok Atoll". *Ecol. Monogr.*, 25: 291-320.
- PASCUAL, J. & FLOS, J. 1984. "Meteorologia i oceanografia". In: ROS, J., OLIVELLA, I. & GILI, J.M. (eds.), *Els sistemes naturals de les Illes Medes*, Arx. Secc. Ciències, 73: 75-114. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona.
- PECKOL, P. & RAMUS, J. 1988. "Abundances and physiological properties of deep-water seaweeds from Carolina outer continental shelf". *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 115: 25-39.

- PÉRÈS, J. & PICARD, J. 1964. "Nouveau Manuel de Bionomie Benthique de la mer Méditerranée". *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, 31(47): 5-137.
- PILSON, M.E.Q. & BETZER, S.E. 1973. "Phosphorus flux across a coral reef". *Ecology*, 54: 581-588.
- RIEDL, R. 1966. *Biologie der Meereshöhlen*. Paul Parey. Hamburg.
- RILEY, J.P. & CHESTER, R. 1971. *Introduction to Marine Chemistry*. Academic. London.
- RODRÍGUEZ, J.J. 1889. "Algas de las Baleares". *Anal. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 18: 199-274.
- ROMERO, J. 1985. *Estudio ecológico de las fanerógamas marinas de la costa catalana: producción primaria de Posidonia oceanica (L.) Delile en las Islas Medas*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 261 pp.
- ROS, J., ROMERO, J., BALLESTEROS, E. & GILI, J.M. 1985. "Diving in blue water: the benthos". In: MARGALEF, R. (ed.), *Western Mediterranean*, 233-295. Pergamon. Oxford.
- THOM, R.M. & ALBRIGHT, R.G. 1990. "Dynamics of benthic vegetation standing stock, irradiance, and water properties in central Puget Sound". *Mar. Biol.*, 104: 129-141.
- VADAS, R.L. & STENECK, R.S. 1988. "Zonation of deep water benthic algae in the Gulf of Maine". *J. Phycol.*, 24: 338-346.
- WEBB, K.L., DUPAUL, W.D., WIEBE, W. & SOTTILE, W. 1975. "Enewetak Atoll: aspects of the nitrogen cycle on a coral reef". *Limnol. Oceanogr.*, 20: 198-210.
- WEINBERG, S. 1975. "Ecologie des Octocoralliaires communs sur substrat dur dans la région de Banyuls-sur-Mer". *Bijdr. Dierk.*, 45: 50-70.
- WEINBERG, S. & CORTEL-BREEMAN, A. 1978. "The estimation of the yearly cycle of submarine irradiance for ecological purposes. A methodological example based on data from Banyuls sur Mer (France)". *Bijdr. Dierk.*, 48: 35-44.
- WHEELER, W.N. 1980. "Effect of boundary layer transport on the fixation of carbon by the giant kelp *Macrocystis pyrifera*". *Mar. Biol.*, 56: 103-110.
- ZABALA, M. 1986. "Fauna dels briozous dels Països Catalans". *Arx. Sec. Ciències*, 84. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona. 833 pp.
- ZABALA, M. & BALLESTEROS, E. 1989. "Surface-dependent strategies and energy flux in benthic marine communities or, why corals do not exist in the Mediterranean". *Sci. Mar.*, 53: 3-17.