

# Empleo de métodos numéricos en la tipificación de comunidades algales

JAVIER ROMERO MARTINENGO

Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona. Gran Vía de les Corts Catalanes, 585. Barcelona, 7. España.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de un programa de estudio del bentos marino de las islas Medes (ZABALA, OLIVELLA, GILI & ROS, 1979; POLO, MOLINS, ROMERO & ROMERO, 1979, etc.) se obtuvieron una serie de muestras por pelado total de superficies de 20 x 20 y 40 x 40 cm<sup>2</sup>, clasificándose las especies de algas y determinándose su biomasa por el método de los factores de conversión (ROMERO, en prensa a y b). Los datos así obtenidos se sometieron a diversos análisis numéricos, cuyos resultados se exponen en el presente trabajo.

## METODOLOGÍA

En las 48 muestras estudiadas (tabla 1) aparecieron 120 especies de algas, de las cuales sólo 40 con una frecuencia igual o superior a 4 (tabla 2). Partiendo de una matriz de datos (presencias-ausencias) de 48 x 40 se calcularon los índices de afinidad de Jaccard (MARGALEF, 1974) entre cada par de especies y cada par de inventarios, según:

$$S(A,B) = (c/a+b-c) \times 100$$

siendo c, número de presencias comunes; a, número de presencias en el colectivo A; b, número de presencias en el colectivo B.

Mediante un criterio aglomerativo (ORLOCI, 1967) se formaron grupos jerárquicos (dentro del conjunto de especies y dentro del conjunto de inventarios) que fueron representados mediante sendos dendrogramas. Por otra parte, la matriz de afinidades entre las especies sufrió sucesivas reordenaciones hasta aproximar los valores máximos del índice a la diagonal principal. Esta técnica, usada por múltiples autores (POLO, 1979; ZABALA, 1978; POLO & SEOANE-CAMBA, 1979, etc.) permite también la formación de grupos.

Suprimiendo los inventarios menos afines y menos incluibles en los grupos obtenidos por los métodos ya descritos (y procediendo de manera análoga para las especies), se formaron dos nuevas matrices de datos: una de 38 especies x 48 inventarios (de donde se recalculó una matriz de afinidades de 38 x 38 especies) y otra de 38 inventarios x 40 especies (y de ahí una matriz de afini-

Tabla I - Listado general de las muestras estudiadas, con sus principales características. Las biocenosis, distinguidas a priori, es decir, antes de la realización del presente trabajo, se basan en la nomenclatura de PERES & PICARO (1964) y GAMULIN-BRIDA (1974), adecuadas a la zona de estudio por GILI (1980) y GILI & ROS (1981). Clave de símbolos y abreviaturas: Inclinación: H, horizontal; I, inclinado; V, vertical; E, extraplomo. Muestras: los dos primeros dígitos indican la profundidad o nivel a que ha sido atribuida la muestra. Bionomía: TT, cornisa de Lithophyllum tortuosum; FT, biocenosis de algas fotófilas; PCc, biocenosis precoralígena, facies de Codium tomentosum (s.l.); PCal, biocenosis precoralígena, facies de algas esciáfilas; PCa, biocenosis precoralígena, facies de Alcyonium acule; CGp, biocenosis coralígena, facies de Paramuricea clavata; CGe, biocenosis coralígena, facies de Eunicelle stricta; CG, coralígeno profundo; FTe, biocenosis de algas fotófilas, facies de esponjas.

105	13	12	H	N	PS	141177
106	5	10	H	S	PCal	141278
107	5	10	I	SE	FT	141278
108	6	12	V	SE	FT	211278
109	6	9	V	SE	FT	211278
151	5	15	H	E	PCc	141177
152	18	15	V	NW	PCal	110178
153	10	15	I	SE	PCc	250378
154	17	15	V	S	PCa	130478
155	5	15	I	S	FT	141278
156	6	15	V	SE	FT	211278
157	6	17	V	N	PCal	211278
158	6	17	V	S	FT	211278
201	3	20	V	N	CGp	120777
202	6	20	V	W	CGp	260877
203	6	20	V	W	CGp	260877
204	18	20	H	NW	PS	110178
205	9	20	V	E	PCal	220278
206	17	20	H	S	PS	250378
207	5	20	I	S	PCal	141278
208	5	20	I	S	PCal	141278
209	5	20	I	S	PCal	141278
251	1	27	V	SE	CG	220278
252	10	25	H	SE	CGe	250378
253	6	25	H		CG	211278
301	2	30	I	SE	CGc	140777
302	6	30	H	W	CG	260877
303	9	30	V	E	CGe	150378
351	2	36	V	S	CG	160778
401	9	40	V	E	CG	210278

Table I - Characteristics of the studied samples

Muestra	Estación	Profundidad, m	Inclinación	Orientación	Bionomía	Fecha
001	7	0	V	SW	TT	200478
002	15	0	V+H	W	TT	150278
003	3	0	V	N	TT	240877
004	1	0	H	N	TT	240877
005	1	0	V	N	TT	240877
006	15	0,5	V	W	FT	110178
051	18	3	V	NW	PCa	110178
052	8	4	H	W	FT	280877
053	18	6	H	NW	FT	110178
054	15	5	H	W	PS	110178
055	15	6	E	S	PCal	150278
056	4	5	I	N	FTe	160777
057	9	5	V	E	FT	210278
058	17	6	V	S	FT	130478
101	1	10	I	NW	PCc	190477
102	6	10	V	W	PCc	260877
103	6	10	V	W	PCc	260877
104	13	9	H	N	PCc	151177

Tabla II - Clave numérica de especies para las figuras del presente trabajo.

Table II - Numerical key of species used in the present work.

01.- <u>Falkenbergia rufolanosa</u>
02.- <u>Plocamium cartilagineum</u>
03.- <u>Peyssonnelia squamaria</u>
04.- <u>Lithophyllum expansum</u>
05.- <u>Udotea petiolata</u>
06.- <u>Sphaerococcus coronopifolius</u>
07.- <u>Halimeda tuna</u>
08.- <u>Halopteris filicina</u>
09.- <u>Codium tomentosum s.l.</u>

- 10.- Fosliella farinosa
- 11.- Peyssonnelia rubra
- 12.- Asparagopsis armata
- 13.- Codium bursa
- 14.- Corallina elongata
- 15.- Dictyota dichotoma
- 16.- Jania rubens
- 17.- Antithamnion plumula
- 18.- Corallina officinalis
- 19.- Champia parvula
- 20.- Lithophyllum incrustans
- 21.- Acrosorium uncinatum
- 22.- Lithothamnium sp.
- 23.- Amphiroa rigida
- 24.- Callithamnion granulatum
- 25.- Derbesia tenuissima
- 26.- Dermatolithon pustulatum
- 27.- Spermothamnion flabellatum
- 28.- Bryopsis muscosa
- 29.- Ceramium codii
- 30.- Lithophyllum tortuosum
- 31.- Mesophyllum lichenoides
- 32.- Polysiphonia furcellata
- 33.- Laurencia pinnatifida
- 34.- Apoglossum rusCIFolium
35. Ceramium rubrum
- 36.- Ceramium diaphanum
- 37.- Ceramium echionotum
- 38.- Hypoglossum woodwardii
- 39.- Jania corniculata
- 40.- Phymatolithon calcareum
- 41.- Codium effusum
- 42.- Halopteris scoparia
- 43.- Ulva rigida
- 44.- Cystoseira mediterranea
- 45.- Gelidium spathulatum

---

dades entre inventarios de 38 x 38). Estas dos matrices de afinidades fueron sometidas a un análisis de coordenadas principales (CUADRAS, 1978; LEGENDRE & LEGENDRE, 1979) en un microordenador COMMODORE 3032/32 mediante el programa ACP, escrito por M. Usón y C. Cuadras, del Departamento de Bioestadística de la Universidad de Barcelona. La limita-

ción de memoria del microordenador fue la que obligó a usar tan sólo 38 elementos en la matriz de similaridades.

Por último, se intentó un estudio sobre una base de datos cuantitativos (biomasa). Se escogieron las 26 especies con mayor biomasa (siguiendo siempre el criterio de suprimir el mayor número posible de ceros de la matriz de datos) y se procesó el conjunto mediante un análisis de correspondencias (CUADRAS, 1978; LEGENDRE & LEGENDRE, 1979; GUINOCHE, 1973) en el ordenador IBM 360/30 del Centro de Cálculo de la Universidad de Barcelona (programa APCR).

## RESULTADOS

Las figuras 1a y 1b representan los dendrogramas, respectivamente de especies y de inventarios. La figura 2 representa la matriz reordenada de afinidades entre especies. De ahí se han extraído cinco grupos. El grupo I reúne especies de afinidades litorales, y en particular de la cornisa de Lythophyllum tortuosum. La especie 33 (Laurencia pinnatifida) está a caballo entre este grupo y el siguiente, hecho bien reflejado en el dendrograma. Parece observarse una ligera subdivisión del grupo: en la parte superior se hallarían las especies más estrictamente afines a la comunidad (L. tortuosum, Bryopsis muscosa, etc.) y en la inferior aquéllas que aparecen también con cierta frecuencia en muestras de algas fotófilas de aguas someras. El grupo II incluye especies fotófilas. El grupo III es bastante heterogéneo y mal definido. Las especies en él incluidas son de distribución ver-

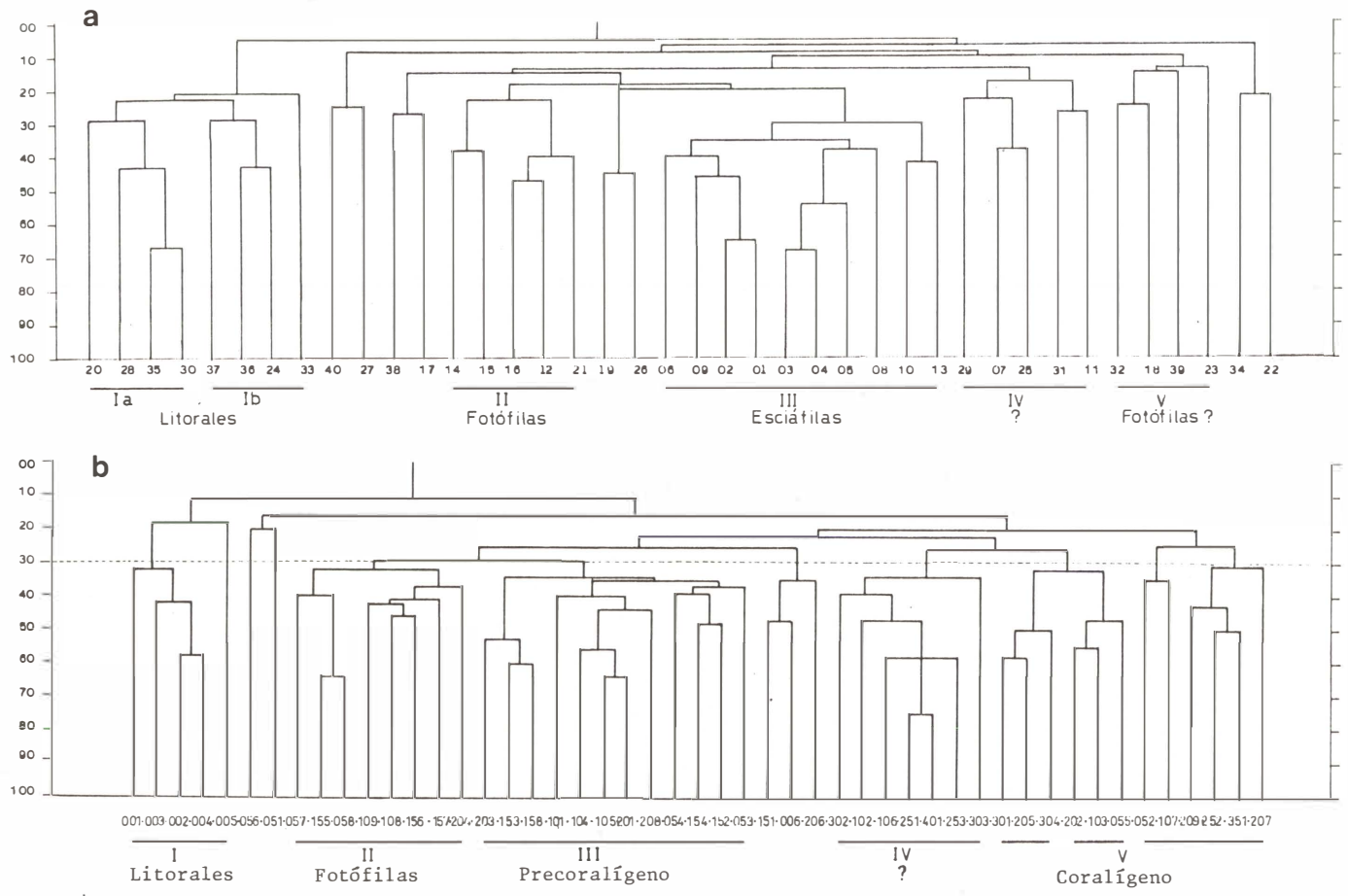


Fig. 1. a) Dendrograma de afinidades entre especies. La afinidad se expresa en porcentajes (clave numérica según la tabla II). b) Dendrograma de afinidades entre inventarios (clave numérica según la tabla I).

Fig. 1. a) Species clustering. b) Samples clustering.

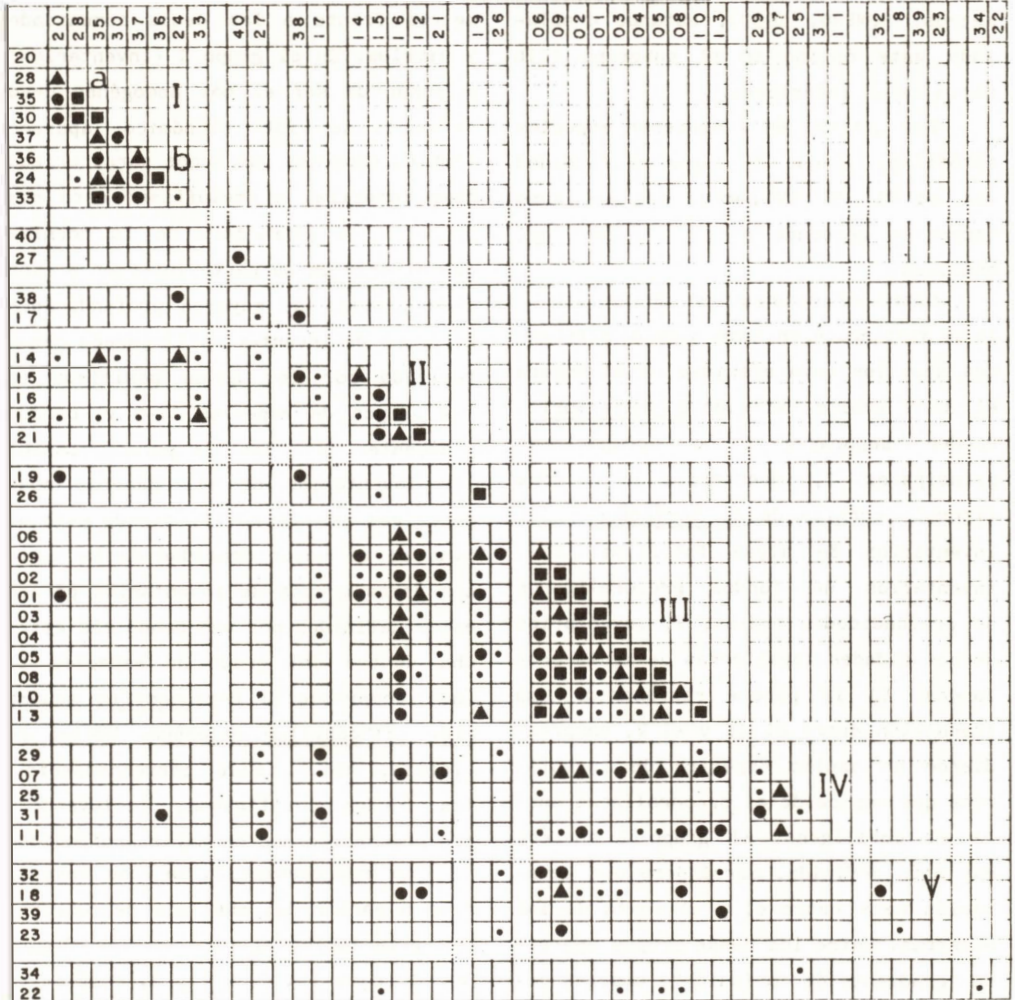


Fig. 2. Matriz de afinidades entre especies reordenada. Porcentajes de afinidad: ●, 20-24; ●, 25-29; ▲, 30-39; ■ >40.

Fig. 2. Similarity index between species. Reordinate matrix.

tical muy amplia y aparecen en numerosas muestras, lo cual puede contribuir al aumento de los valores del índice de afinidad. Sin embargo, y salvo en algunos casos dudosos (por ejemplo, *Falkenbergia rufolanosa*, nº 01, especie euribata y eurifota, al menos en lo que se refiere a su distribución cualitati-

va) el común denominador de todas ellas es la esciafilia, entendida en su sentido más amplio.

El dendrograma de la figura permite, hasta cierto punto, distinguir dos subgrupos. El IIIa estaría constituido por especies esciafilas de aguas someras (óptimo en la zona de los 5-10

metros: ROMERO, 1980), estando desplazado este óptimo en el subgrupo IIIb hacia cotas inferiores.

Por último, en V aparecen especies fotófilas, aunque de mayor profundidad que en II. El IV parece ser un grupo impreciso generado por el "ruido" del análisis.

Sobre el dendrograma de la figura 1b se distinguieron como grupos diferentes aquellos cuya afinidad no alcanzara el 30 % (valor definido a posteriori). Pueden separarse cinco agrupaciones principales: I, inventarios de la zona litoral (cornisa de L. tortuosum); II, inventarios de algas fotófilas; III, inventarios de fondos precoralígenos de profundidades medias; V, inventarios de comunidades coralígenas de aguas profundas. El IV parece representar una transición entre el II y el V, comprendiendo un amplio espectro de inventarios que van desde el precoralígeno hasta el coralígeno. El grupo I aparece muy bien definido, marcándose una separación neta entre él y el resto de las muestras. Entre los demás grupos aparece un "gradiente de confusión", observándose algunas faltas de concordancia, tanto en lo que respecta a las categorías definidas a priori como a falta de homogeneidad en los grupos.

El paralelismo entre los grupos definidos para los inventarios y para las especies sugirió la posibilidad de efectuar un análisis nodal (WILLIAMS & LAMBERT, 1961; LAMBERT, 1962; GREIG-SMITH, 1964). El resultado obtenido es el de la figura 3. La casilla I,I presenta, como es lógico, un claro nodo positivo, resaltando la individualidad del poblamiento algal del nivel 0

metros frente a las demás comunidades y niveles. En el grupo I (inventarios), a pesar de ser el más homogéneo desde el punto de vista bionómico, aparecen también especies que hemos caracterizado como fotófilas o esciáfilas: esto responde a la estructura de la cornisa, que alberga en su parte inferior a especies propias de mayores profundidades. El grupo de inventarios II parece caracterizado por los nodos positivos con los grupos de especies II-V y, paradójicamente, III. También paradójicamente los inventarios de III generan nodos positivos con II y III, siendo este último el de mayor densidad de la tabla. Los demás grupos de inventarios parecen estar definidos por una banda más estrecha dentro del grupo de especies III (que comprendería Peyssonnelia squamaria, Lithophyllum expansum, Udotea petiolata, etc.). Ello correspondería a los fondos coralígenos, incluyendo a los precoralígenos de mayor profundidad.

La representación de los inventarios a partir del análisis de coordenadas principales aparece en las figuras 4 y 5 (ejes 1 y 2, y 1 y 3, respectivamente). Estos tres ejes explican un 25 % de la varianza total (para explicar un 50 % es necesario recurrir a los 9 primeros ejes). En análisis multivariante se han propuesto diversos criterios objetivos para determinar el número de ejes con los cuales debe trabajarse. En el presente trabajo empleamos un criterio subjetivo, pero que resulta muy práctico: se representan los ejes hasta el primero que no es interpretable. A partir de éste, la información añadida por los demás componentes es sólo teórica, resultando en la práctica un engorro

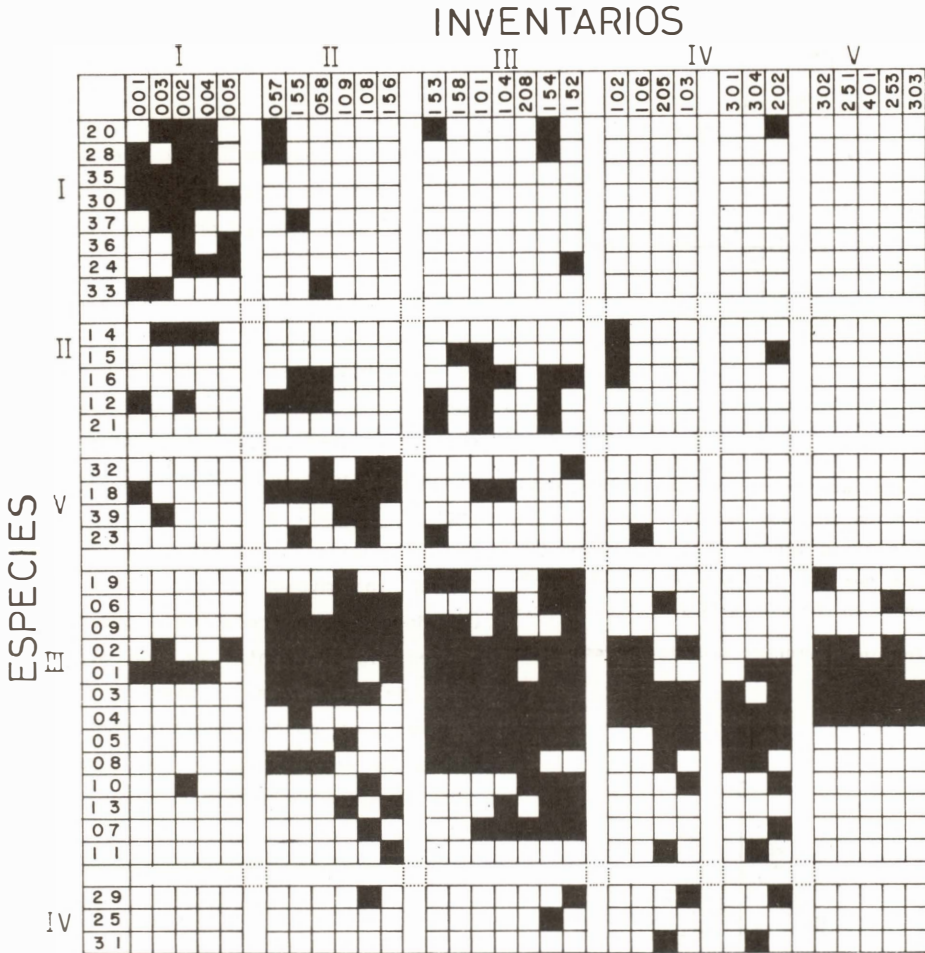


Fig. 3. Análisis nodal. Los grupos (I, II, ...) son los mismos que se han definido sobre las figuras anteriores.

Fig. 3. Nodal analysis.

su manejo, al menos al nivel del presente trabajo. En la figura 4 aparecen 4 franjas verticales que corresponden a las cuatro categorías bionómicas principales (cornisa litoral, algas fotófilas, precoralígeno y coralígeno). Así, el primer eje parece corresponder a la variable profundidad-iluminación (correlación entre la variable profundidad y la primera componente  $r=0,69$ ; con  $n=38$

y nivel de significación 0,05 resulta ser significativamente distinta de 0). La segunda componente se halló esta-ba correlacionada con la variable "peso seco por unidad de superficie" ( $r=-0,24$ ; significativo para un nivel del 20 %). Recordando que la variable mencionada se halla muy influida por el contenido en carbonatos (ROMERO, en prensa), se calculó la correlación entre la segunda

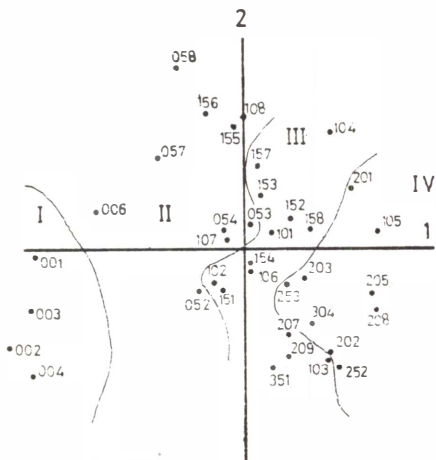


Fig. 4. Análisis de coordenadas principales. Representación de inventarios (ejes 1 y 2). Los grupos cuyas separaciones se dibujan son los mismos que los distinguidos en la figura 4, reuniendo en uno solo a IV y V (coralígeno).

Fig. 4. Principal coordinate analysis. Representation of samples.

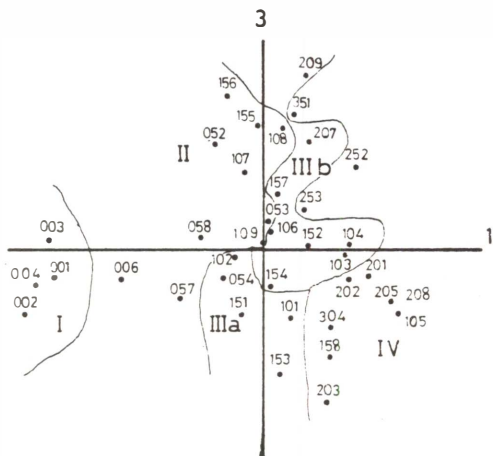


Fig. 5. Análisis de coordenadas principales. Representación de inventarios (ejes 1 y 3). Mismos grupos que en la figura anterior. IIIb comprende los fondos precoralígenos de algas esciáfilas, y IIIa los fondos precoralígenos de *Codium*.

Fig. 5. Principal coordinate analysis. Representation of samples.

componente y la variable "relación peso seco/peso fresco", hallándose un valor de  $r = -0,62$ , estadísticamente distinto de 0 para un nivel de significación del 5 %. Si bien parece lógico que la principal fuente de variación de las comunidades algales sea la profundidad-iluminación, no es tan explicable la influencia del contenido en carbonatos, ya que un máximo de esta última variable aparece en situaciones tan dispares como la cornisa de *Lithophyllum tortuosum*, la facies de *Lithophyllum incrustans* (asociada a la presencia de erizos, *Paracentrotus lividus*) y los fondos coralígenos. A partir de la figura 4 se pueden formar los mismos grupos que a partir del dendrograma (recuérdese que son dos expresiones distintas de una misma matriz de afinidades), mientras que la figura 5 no parece aportar nada nuevo, salvo la separación de dos subgrupos (uno de ellos de afinidades más esciáfilas que el otro) dentro de los inventarios correspondientes al precoralígeno. Este tercer eje no parece ser interpretable "semánticamente".

La representación de las especies aparece en las figuras 6 (ejes 1 y 2) y 7 (ejes 1 y 3), que explican el 22 % de la varianza total. Sobre la figura 6 aparecen dos grandes grupos de especies: por una parte, especies de afinidades litorales y especies fotófilas de aguas someras, y por otra, especies fotófilas de aguas más profundas y especies esciáfilas *sensu lato*. El primer eje, por lo tanto, es asimilable nuevamente a la variable "profundidad-iluminación": la correlación entre la primera componente y la variable "profundidad cualitativa óptima" de cada especie



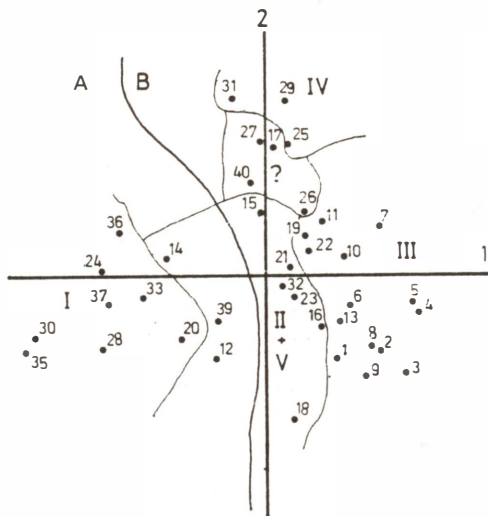


Fig. 6. Análisis de coordenadas principales. Representación de especies (ejes 1 y 2). Existe una separación clara entre A (especies litorales y fotófilas de aguas someras) y B (especies netamente infralitorales). Se marcan también los grupos distinguidos en la figura 3.

Fig. 6. Principal coordinate analysis. Representation of species.

arrojó un valor de 0,88, significativo a un nivel del 5 %. El segundo eje muestra una correlación alta ( $r=-0,83$ ) con la variable "frecuencia de aparición". Por último, aunque al tercer eje no se le ha hallado interpretación, ayuda a separar los subgrupos dentro de las algas fotófilas y esciáfilas.

Las figuras 8 y 9 representan los resultados obtenidos a partir del análisis de correspondencias. Ambas son superponibles, y los ejes son formalmente los mismos. El primero de ellos separa únicamente las especies o inventarios litorales de los demás. El segundo está **correlacionado con la profundidad** (negativamente) y permite distinguir algunos grupos entre las muestras del infralito-

ral y que convencionalmente podemos seguir denominando como hasta ahora, aunque la correspondencia en cuanto a sus elementos integrantes con los definidos anteriormente no es perfecta. Por un lado, el uso de datos cuantitativos y por otro, el hecho de que la distancia usada en el análisis de correspondencias sea una distancia probabilística (ji-cuadrado) explican éstas discrepancias. El último de los factores mencionados es el causante de que las especies relativamente infrecuentes pero dominantes cuando aparecen "distorsionen" el espacio: es el ejemplo claro de *Codium effusum* (nº 41), dominante en el inventario 207.

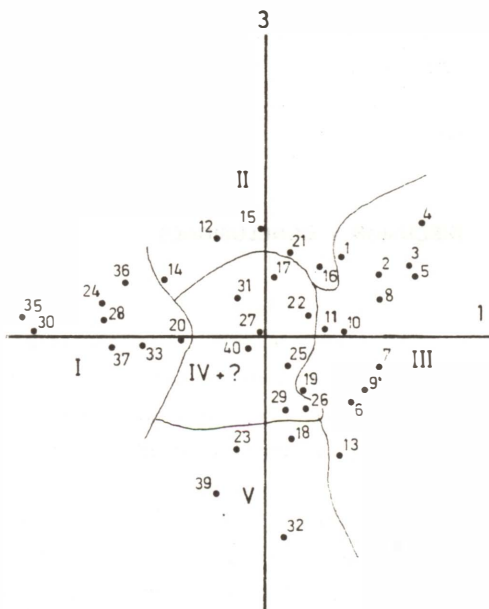


Fig. 7. Análisis de coordenadas principales. Representación de especies (ejes 1 y 3).

Fig. 7. Principal coordinate analysis. Representation of species.

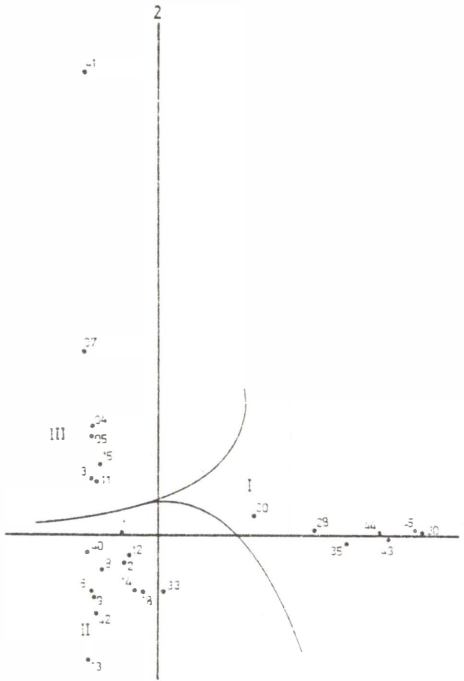


Fig. 8. Análisis de correspondencias. Representación de especies. I, especies litorales; II, especies fotófilas; III, especies esciáfilas (*sensu lato*).

Fig. 8. Correspondence factorial analysis. Species space.

**DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

En primer lugar, digamos que todos los procesos descritos de análisis de datos se basan en un determinado espacio muestral. Las muestras con que hemos trabajado son 48, tomadas en distintas épocas de los años 1977 y 1978 en las islas Medes; corresponden a profundidades que oscilan entre los 0 y los 40 metros, distribuyéndose sobre las distintas facies y comunidades tradicionalmente distinguidas (PERES & PICARD, 1964; GAMULIN-BRIDA, 1974; GILI, 1980; GILI & RGS, 1981). Así pues, debe recor-

darse que las conclusiones que podamos extraer son aplicables a nuestro estudio en particular, y su generalización debe pasar por una crítica de la bondad y representatividad del muestreo realizado.

Las muestras parecen agruparse en cuatro grandes tipos (que podrían denominarse comunidades, en sentido amplio) que, con las lógicas variaciones, aparecen en los distintos análisis. Se trata de muestras litorales, muestras de comunidades de algas fotófilas, muestras de precoralígeno y muestras de coralígeno. La separación más neta se halla siempre entre las muestras litorales y el resto, existiendo además un "gra-

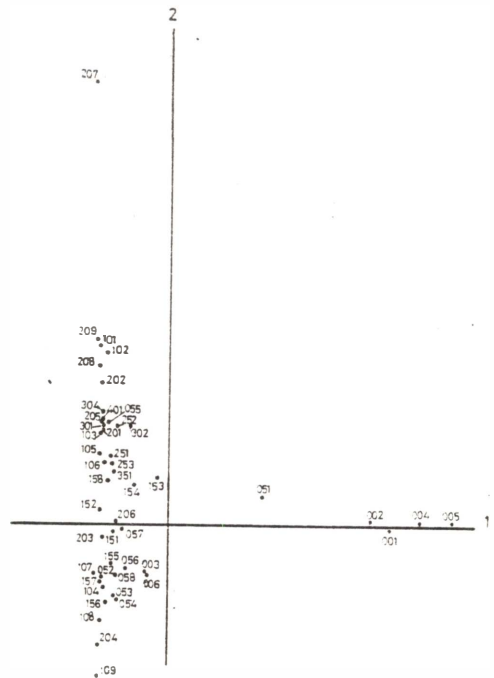


Fig. 9. Análisis de correspondencias. Representación de inventarios. Son aplicables las mismas divisiones que en la figura 8.

Fig. 9. Correspondence analysis. Samples space.

diente de confusión" asociado a la profundidad. Esto podría deberse al muestreo, pero más probablemente deba atribuirse a otros factores, como la relación exponencial negativa que guardan muchas variables con la profundidad (la luz en particular), la más amplia distribución batimétrica de las especies esciáfilas o el progresivo empobrecimiento de la flora.

De entre los distintos métodos ensayados, los que se basan en valores cuantitativos parecen menos adecuados, aunque sólo sea por el hecho de que existen relativamente pocas especies con una biomasa apreciable. Ya se han comentado los problemas del empleo de una distancia ji-cuadrado. Por otra parte, los métodos que se basan en una matriz de correlaciones (como el análisis de componentes principales) suponen que la distribución de las variables es normal: la distribución de la biomasa no cumple esta condición, puesto que en general sigue una distribución logarítmica (NIELL, 1976, y datos propios inéditos).

El análisis nodal permite algunas reflexiones que pueden resultar interesantes. Idealmente, debería arrojar una mayoría de casillas vacías y unas pocas completamente llenas, que correspondieran a grupos de especies con idénticas necesidades ecológicas en su intersección con el grupo de inventarios que cumpliera tales necesidades. Esta situación se produciría no sólo en un análisis en que los diversos grupos hubieran sido perfectamente definidos, sino en el que la naturaleza se comportara de una manera ideal (o idealizada). En efecto, las especies tienen a veces re-

querimientos ecológicos semejantes, raramente idénticos. Esto ha llevado a algunos autores (BOUDOURESQUE, 1969, 1973, etc. y AUGIER & BOUDOURESQUE, 1971, 1974, etc.) a basar sus estudios de vegetación submarina en grupos ecoestadísticos de especies, esto es, en grupos de especies que se han demostrado estadísticamente relacionadas entre sí y a su vez con algún factor o complejo de factores (o su proyección sobre algún eje) ecológicos. Por otra parte, las interacciones bióticas y abióticas en el seno de un ecosistema (o de una taxocenosis) son lo suficientemente ricas como para que cada muestra presente un componente individual bastante marcado, no encontrándose dos de ellas que ocupen un mismo punto en el espacio que definen las distintas variables ambientales. La no ortogonalidad de tales variables permite, análogamente, agrupar las muestras según sus semejanzas (algunas combinaciones son más probables que otras), es decir, según su proximidad (no su identidad) sobre el hiperespacio de las variables antes citado. Todo ello enlaza de alguna manera con el concepto (y la discusión) de nicho ecológico (HUTCHINSON, 1978), y además explica que el análisis nodal se aparte del modelo ideal que describíamos antes.

Lo hasta aquí dicho, y en particular la observación de la figura 3, puede llevar a pensar que la tentativa de caracterizar los grupos de inventarios (y, en consecuencia, las categorías biológicas, biocenosis, asociaciones o cualquiera que sea el término empleado) por un grupo de especies de manera biunívoca es, hasta cierto punto, inútil. Definidos los distintos grupos de espe-

cies sobre una base estadística, creemos, a la vista de nuestros datos, que un análisis nodal en que cada grupo de inventarios quede definido por el valor porcentual de sus nodos con todos los grupos, y en ocasiones, subgrupos, de especies, podría ser una aproximación correcta al problema de la tipificación de la vegetación submarina. Esto estaría de acuerdo con el método de los grupos ecoestadísticos antes citado y también con las concepciones teóricas al respecto de algunos autores (BOUDOU-RESQUE, 1970, 1971).

Por último, el análisis nodal puede ser interpretado desde una doble perspectiva. En primer lugar, las agrupaciones de inventarios sugerirían un factor ecológico abstracto, combinación de otros, sobre el cual se situarían los nichos ecológicos de las especies, representados por segmentos paralelos al eje de inventarios. Esta representación unidimensional no plasmaría más que la amplitud del nicho, pero tendría la ventaja de admitir simultáneamente los de un gran número de especies, los cuales, parcial o totalmente superpuestos, darían una idea aproximada del concepto de comunidad, sin contraponerlo necesariamente al de continuum.

En segundo lugar, la representación de los inventarios como segmentos paralelos al eje de especies puede dar intuitivamente una idea de las heterogeneidades ambientales causadas por los distintos factores físico-químico-biológicos (ZABALA, 1979).

La comparación con otros autores que hayan empleado métodos similares no amplía excesivamente la información.

SEOANE-CAMBA (1960) trabajó sobre un sistema muy diferente, y POLO & SEOANE-CAMBA (1979) coinciden en líneas generales con nuestros resultados, no mereciendo la pena comentar las discrepancias observadas. Nuestros cuatro grandes grupos coinciden bastante bien con los descritos por otros autores en trabajos de tipo general o específicamente referidos a vegetación. Existe una pequeña discrepancia en el hecho de segregar como biocenosis distintas al coralígeno del precoralígeno (tal como hacen GILI, 1980 y GILI & ROS, 1981) o no (por ejemplo, BALLESTEROS, 1980 y en prensa). A la luz del presente trabajo y recordando sus limitaciones, el inclinarse por una u otra postura dependería del valor crítico que escogiéramos en el gradiente de confusión a que nos referíamos antes.

## AGRADECIMIENTOS

A los Dres. R. Margalef y J.D. Ros, por la lectura crítica del manuscrito de este trabajo. A todos los que de una u otra manera me ayudaron a resolver mis conflictos en el campo de la informática, y en particular a M<sup>a</sup> T. Sala y a J. Armengol; al departamento de Antropología (Universidad de Barcelona) por facilitarme el acceso a su minordenador, y al Departamento de Bioestadística (Universidad de Barcelona) por poner a mi disposición su biblioteca de programas y asesorarme en cuanto a su uso (en particular, el Dr. Cuadras, G. Alonso y M. Usón).

## SUMMARY

## USE OF NUMERICAL METHODS IN THE TYPIFICATION OF ALGAL COMMUNITIES

50 samples of benthic algae from Medes Islands (Girona, Spain) are numerically treated, using both qualitative (cluster analysis, principal coordinates analysis, nodal analysis) and quantitative (factor correspondence analysis) methods. Four groups can be distinguished,

corresponding to one littoral and three sublittoral communities. Discrimination between groups decreases with depth. The main origin of variation seems to be depth, involving other associated parameters (e. g. light).

## BIBLIOGRAFÍA

- AUGIER, H. & BOUDOURESQUE, Ch. F., 1971. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). VII. Les peuplements sciaphiles profonds sur substrat dur. Bull.Mus.Hist.Nat.Marseille, XXXI:153-183.
- AUGIER, H. & BOUDOURESQUE, Ch. F., 1974. Dix ans de recherches dans la zone marine du Parc National de Port-Cros (France). Ann. Soc.Sci.Nat.Arch.Toulon et du Var.
- BALLESTEROS, E., 1980. Sobre la zonació litoral a Tossa de Mar. Inédito.
- BALLESTEROS, E., en prensa. Primer intento de tipificación de la vegetación marina y litoral sobre substrato rocoso de la Costa Brava. Com.Pres.II Simp.est. Bentos Marino.
- BOUDOURESQUE, CH.F., 1969. Note préliminaire sur le peuplement algal des biotopes sciaphiles superficiels le long des côtes de l'Algérois et de la Kabylie. Bull.Mus.Hist.Nat.Marseille, XXIX: 1165-187.
- BOUDOURESQUE, CH.F., 1973. Recherches sur les concepts de biocoenose et de continuum au niveau de peuplements benthiques sciaphiles. Vie Milieu, 21(1B):103-136.
- BOUDOURESQUE, CH.F., 1971. Le concept de nodum en bionomie et sa généralisation. C.R. Acad. Sci.Paris., 272:1260-1263.
- BOUDOURESQUE, CH.F., 1973. Recherches de bionomie analytique, structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). Les peuplements sciaphiles de mode relativement calme sur substrats durs. Bull.Mus.Hist.Nat.Marseille, XXXIII: 147-225.
- CUADRAS, C., 1978. Mètodes de representació de dades i la seva aplicació en biologia. Ediciones del Departamento de Bioestadística. Universidad de Barcelona.
- GAMULIN-BRIDA, H., 1974. Biocoenoses benthiques de la mer Adriatique. Acta Adriatica, 15: 1-103.
- GILI, J.M., 1980. Estudio sistemático y ecológico de los cnidarios bentónicos de las islas Medes (Girona). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Barcelona.
- GILI, J.M. & ROS, J.D., 1981. Bionomía de las comunidades bentónicas sobre sustrato duro de las islas Medes (Girona). Com.pres. II.Simp.est. Bentos Marino.
- GREIG-SMITH, P., 1964. Quantitative plant ecology. Butterworths. Washington.
- GUINOCHE, M., 1973. Phytosociologie. Masson. Paris.
- HUTCHINSON, G.E., 1978. An Introduction to Population Ecology. Yale University Press. New Haven. London.
- LAMBERT, J.M. & WILLIAMS, W.T., 1962. Multivariate methods in plant ecology. IV. Nodal Analysis. J. Ecol., 50:775-802.
- LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P., 1979. Ecologie numérique. Tome I. Le traitement multiple des données écologiques. Masson. Paris. New York. Barcelone. Milan.
- MARGALEF, R., 1974. Ecología. Omega. Barcelona.
- NIELL, F.X., 1976. Estudios sobre la estructura, dinámica y producción del fitobentos intermareal (facies rocosas) de la Ría de Vigo. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
- ORLOCI, L., 1967. An agglomerative method for

- classification of plant communities. J. Ecol., 55(1):193-207.
- PERES, J.M. & PICARD, J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. Rec.Trav.Sta.Mar.Endoume, 31(47): 5-137.
- POLO, LL., 1978. Estudio sobre las algas bentónicas de la costa catalana. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- POLO, LL., MOLINS, M., ROMERO, J., & ROMERO, M.L., 1979. Algas bentónicas de las islas Medes. Com.pres.I.Simp.est.Bentos Marino.
- POLO, LL. & SEOANE-CAMBA, J.A., 1979. Comunidades bentónicas de sustrato duro del litoral NE español. Vegetación: diversidad y sociabilidad. Collect.Bot., XI(1):275-297.
- ROMERO, J., 1980. Estudio sistemático y ecológico de las algas bentónicas de las islas Medes (Girona). Tesis de Licenciatura. Universidad de Barcelona.
- ROMERO, J., en prensa, a. Relaciones entre unidades de volumen y unidades de biomasa en distintas especies de algas bentónicas. Aplicaciones a evaluaciones de biomasa del fitobentos. Oecol. aquatica, 7.
- ROMERO, J., en prensa, b. Biomasa de comunidades de algas bentónicas de las islas Medes (Girona). Com.pres.II Simp.est.Bentos marino.
- SEOANE-CAMBA, J., 1960. Comunidades algales de la Ría de Vigo. Bol.R.Soc.Esp.Hist.Nat. (Biol.), 58(2):371-374.
- WILLIAMS, W.T. & LAMBERT, J.M., 1961. Nodal analysis of associated populations. Nature, 191:202.
- ZABALA, M., 1978. Estudio faunístico y ecológico de los briozoos de la costa catalana. Tesis de licenciatura. Universidad de Barcelona.
- ZABALA, M., 1979. Algunas consideraciones sobre estrategias en los organismos bentónicos filtradores. Com.pres.I Simp.est. Bentos marino.
- ZABALA, M., OLIVELLA, I., GILI, J.M. & ROS, J.D., 1979. Un intento de tipificación metodológica en el estudio del bentos marino accesible en escafandra autónoma. Com.pres.I Simp.est.Bentos marino.