

ANALISIS ESTADISTICO DE LAS COMUNIDADES DEL FITOPLANCTON DEL MAR MENOR Y SU RELACION CON EL DE LA ZONA COSTERA MARINA

Manuela Ros, M.^a Rosa Miracle y Manuel Serra

Dpto. de Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas. Univ. Valencia.

Palabras clave: Hyperhaline coastal lagoon, hyperhaline fitoplankton associations, Mar Menor (Spain).

ABSTRACT

STATISTICAL ANALYSIS OF THE PHYTOPLANKTONIC COMMUNITIES OF MAR MENOR AND THEIR RELATIONSHIP WITH THOSE OF THE MARINE LITORAL

Several cluster analysis have been undertaken to discover groups of association of phytoplankton species from two sampling stations in the coastal lagoon named Mar Menor and another one, in a nearby station in the Mediterranean Sea. A total of 141 species, selected from the 462 identified by their higher occurrence, was used in the analysis.

Samples resulted ordinated according to: (a) their procedence: Mediterranean Sea or Mar Menor and (b) their date of collection: late winter-spring, autumn-early winter or summer.

The main groups of association of phytoplankton species which resulted from the analysis could be summarized as follows:

(1) A group formed by *Thalassiothrix nitzschoides* and other small diatoms corresponding to the first stages of the manne succession, which occurs mainly in winter in the Mediterranean Sea.

(2) A group composed by species of the genera *Phalacroma*, *Ornithocercus*, *Ceratocorys* and other dinoflagellate species which are characteristically pelagic and which correspond to the more advanced marine successional stages, it occurs in autumn in all the sampling stations.

(3) A series of groups corresponding to the successional stages in Mar Menor. Groups composed by species of small, continental or litoral diatoms, such as *Cyclotella comensis*, *Asterionella japonica* and *Leptocylindrus danicus* characterize the first stages. They are replaced right after by a group made up with bigger diatoms of the genera *Chaetoceros* and *Rhizosolenia*, which are, in turn, replaced by another formed by *Thalassionema* and *Bacteriastrum*. A group composed by continental, temperature correlated species, such as some species of cyanobacteria, occurs later in summer. The succession in Mar Menor ends with the group of species commented in (2).

INTRODUCCION

El Mar Menor, situado a unos 14 kms al N de Cartagena (Murcia), es una de las masas de agua litorales más importantes de la península por su extensión y características ecológicas derivadas de la circulación de sus aguas.

Esta laguna de 170 km² mantiene una comunicación con el Mar Mediterraneo, estableciéndose una circulación de aguas, tipo estuario negativo, constituida por una corriente superficial de agua menos salada dirigida hacia el interior de la laguna y otra profunda en sentido opuesto. Por ello, no llega a ser un sistema lagunar litoral con funcionamiento propio, de mane-

ra que su tendencia a autoorganizarse como una laguna aislada, siguiendo un ciclo anual típico propio de su latitud, se ve continuamente afectada e interrumpida por la influencia del mar Mediterráneo, que le mantiene en un estado fluctuante continuo propio del litoral marino.

En trabajos anteriores (Ros y Miracle 1984, 1985) se describen las principales características del Mar Menor y diversas aportaciones sobre el fitoplancton. El presente trabajo consiste en una elaboración estadística de los datos, sobre las proporciones relativas de las especies de fitoplancton dentro del Mar Menor y en un punto exterior en el Mar Mediterraneo, du-

Limnética 3: 35-46 (1987)

© Asociación Española de Limnología, Madrid. Spain

MAR MENOR
 Superficie: 170 km²
 Longitud máx.: 23 km
 Anchura máx.: 12 km
 Profundidad máx.: 7 m



Fig. 1.- Esquema del Mar Menor con la situación de las zonas de muestreo A, B y C.
 Outline of Mar Menor indicating the situation of the sampling sites A, B and C.

rante un ciclo anual, con el propósito de encontrar grupos de asociación de especies, que puedan corresponder a determinadas masas de agua o épocas del año.

MATERIAL Y METODOS

Se recogieron muestras de fitoplancton durante un periodo anual desde febrero de 1980 a febrero de 1981, por arrastre horizontal de una red de plancton de unos 52 µm de poro. Los muestreos se realizaron con una periodicidad aproximadamente quincenal en tres puntos, dos (A y B) situados en el interior del Mar Menor y el tercero (C) en el litoral Mediterráneo, próximo a dicha laguna (Fig. 1).

La identificación y valoración de los organismos fitoplanctónicos se realizó de forma directa con un microscopio invertido. De las muestras fijadas se tomaba aproximadamente un volumen de 1 ml para su observación, proceso que se repetía unas cuatro veces o más para cada muestra, hasta contar un número suficiente de organismos fitoplanctónicos, que diese el porcentaje representativo del mayor número posible de especies diferentes.

Para la evaluación del conjunto de la comunidad en función de las muestras se analizaron los datos con diferentes métodos estadísticos. En primer lugar se calcularon los porcentajes de presencia en las muestras y las frecuencias, para seleccionar a partir de dichos resultados las especies más representadas y obviar los problemas derivados de comparaciones de dobles ausencias. En segundo lugar se estudiaron los grupos de asociación entre las diferentes especies seleccionadas y entre las diferentes muestras caracterizadas por dichas especies, utilizando la técnica de agrupamiento conocida como «clustering» mediante el método UPGMA (Sneath y Sokal 1973) y cuyos re-

sultados se han representado como hemimatriz sombreada o como dendrograma. Para ello se calculó: (1) una matriz de índices de similitud entre las muestras caracterizadas por las especies, aplicando la distancia euclídea, y (2) una matriz de coeficientes de correlación entre las especies, con los datos transformados según la expresión $x' = \text{arc. sen } \sqrt{x/100}$, en donde x' es el dato transformado y x los porcentajes presentados por cada especie en cada muestra. En esta última matriz se incluyeron también las variables físicas de temperatura y salinidad transformadas logarítmicamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

De la observación de las cuarenta muestras recogidas a lo largo del ciclo, se han identificado un total de 462 especies, correspondiendo 332 a las muestras procedentes del Mar Menor y 322 a las del Mar Mediterráneo. Estas especies pertenecen a varias clases de algas, dominando: (1) las dinoflageladas, con un total de 194 identificadas, de las cuales 146 estaban presentes en las muestras del Mar Menor y 163 en las del Mar Mediterráneo, y (2) las diatomeas, con un total de 321 especies, 156 presentes en el Mar Menor y 147 en el Mediterráneo. Los otros grupos algales fueron: cianobacterias, crisofíceas, cryptofíceas, euglenofíceas y xantofíceas con 18, 7, 5, 3, 2 y 1 especies respectivamente, encontrándose la mayoría de ellas en el Mar Menor.

De las 462 especies se seleccionaron aquellas que se presentaban en más de 5 muestras y con una frecuencia relativa superior a 0.001, obteniéndose 141 especies cuyas frecuencias relativas en las diferentes muestras constituyen los datos analizados.

Al ser los datos frecuencias relativas, los resultados indicarán diferencias y similitudes atendiendo a la

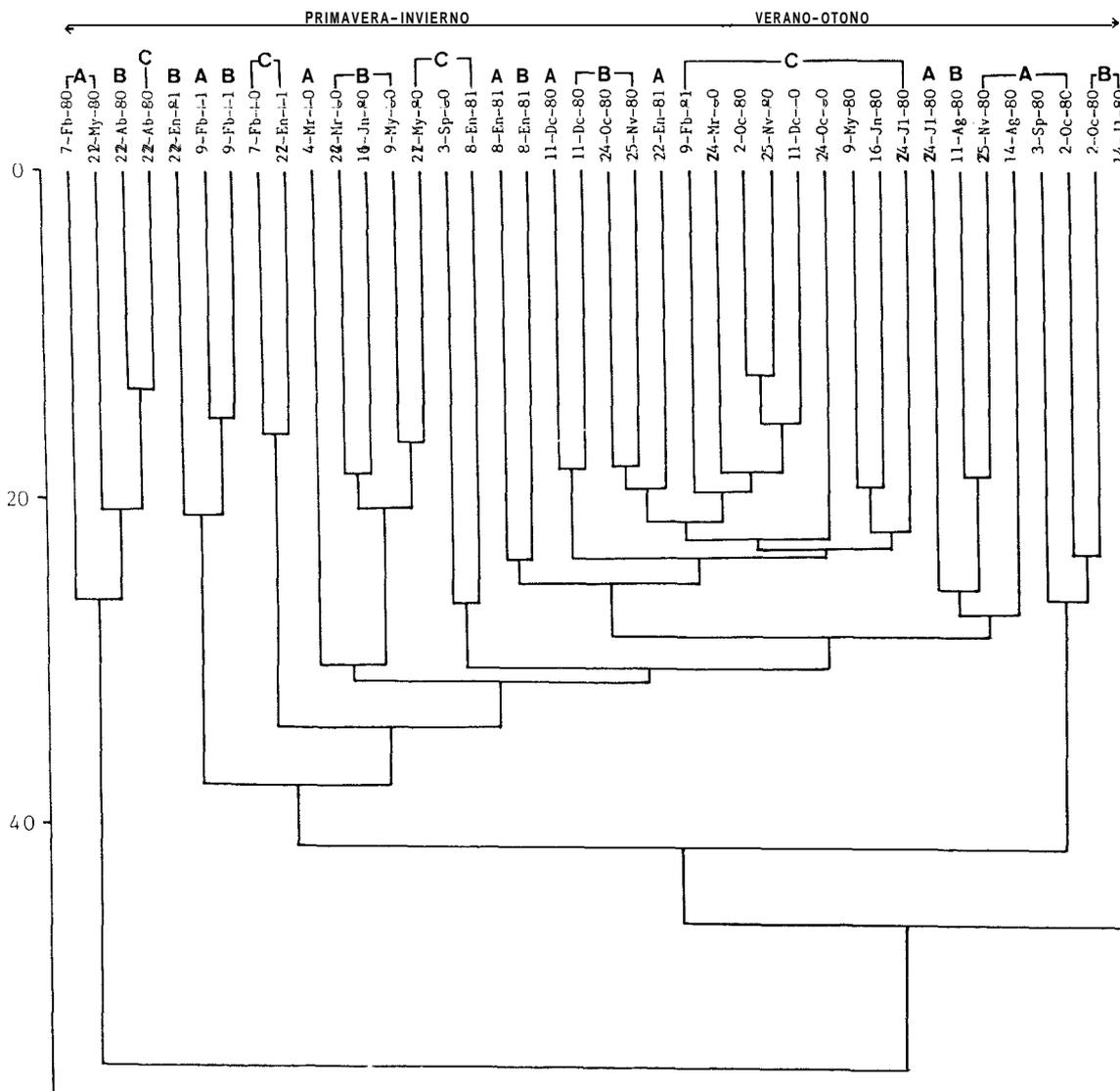


Fig. 2.- Dendrograma que representa el agrupamiento entre el total de muestras definidas por la zona de muestreo y fecha de recolección. Las ordenadas representan la distancia euclídea. Se destacan las muestras procedentes de la zona C y se indica la tendencia en la ordenación debida a las estaciones del año.

Dendrogram representing the clustering of the total number of samples defined by sampling site and collection date. The ordinate is the euclidian distance. Samples from sampling site C are emphasized and the general tendency of the ordination due to season is indicated.

importancia de las distintas especies respecto del total del fitoplancton, eliminándose el efecto de las fluctuaciones de abundancia fitoplanctonica global en las zonas y periodos estudiados. Estos datos contienen más información que la simple presencia y ausencia, por lo que los grupos se configurarán teniendo en cuenta los distintos grados de dominancia de las especies presentes.

ORDENACION DE LAS MUESTRAS DE FITOPLANCTON

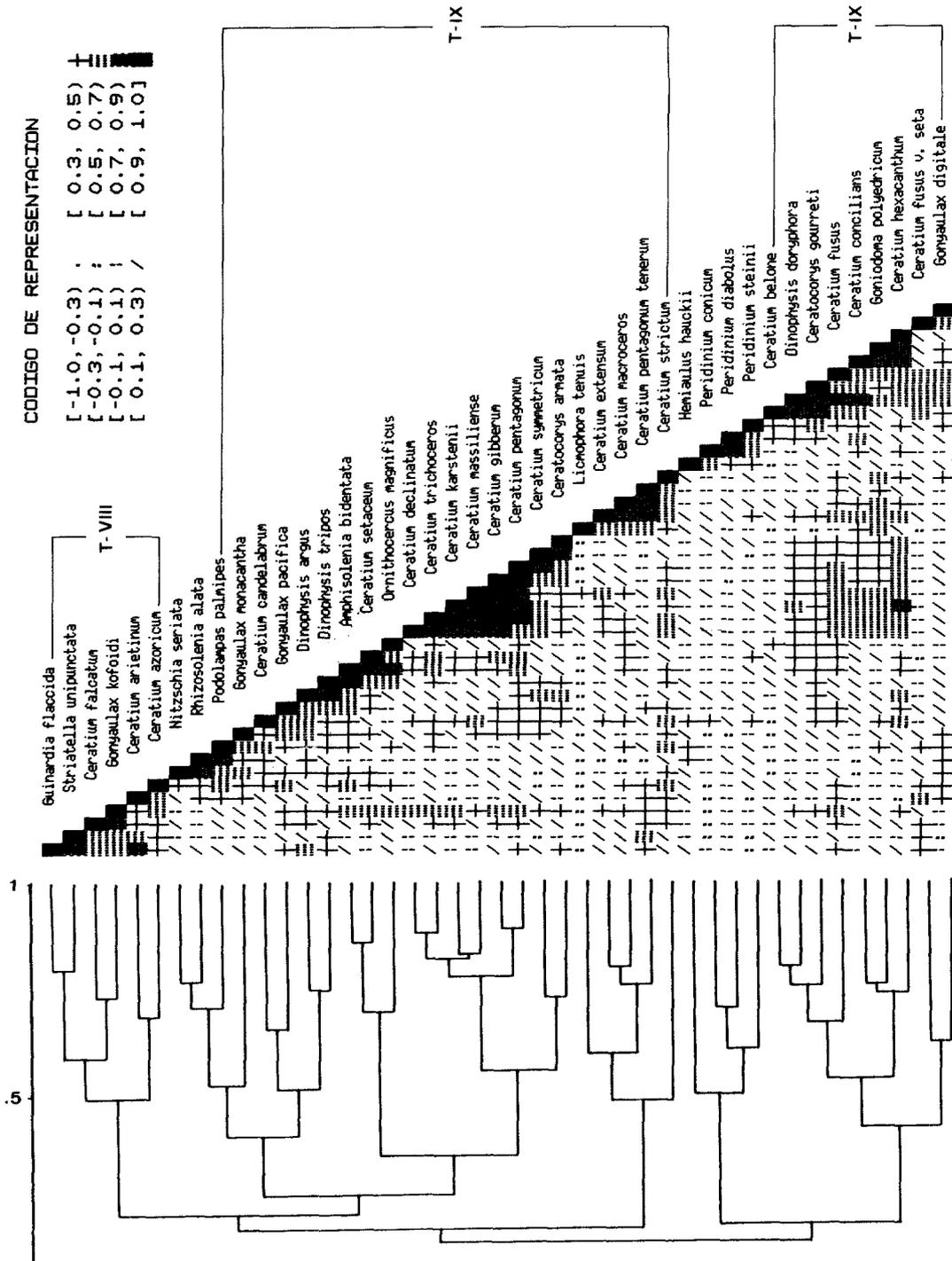
Los resultados del análisis de agrupamiento de las muestras, se presentan en el dendrograma de la Fig. 2, en el que se observa que:

- 1) La zona C presenta grupos bien definidos, según los meses del año, y mantiene con el interior de la la-

guna una afinidad más bien débil, de modo que un número importante de muestras de dicha zona han salido agrupadas entre sí y ordenadas según su época de recolección con la siguiente secuencia: finales de invierno, otoño, principios de primavera y verano.

Destacadas de éstas, están las de mediados de primavera, las únicas que presentan afinidades con las del interior de la laguna, concretamente con la estación B.

2) La zonas A y B del Mar Menor quedan a ambos



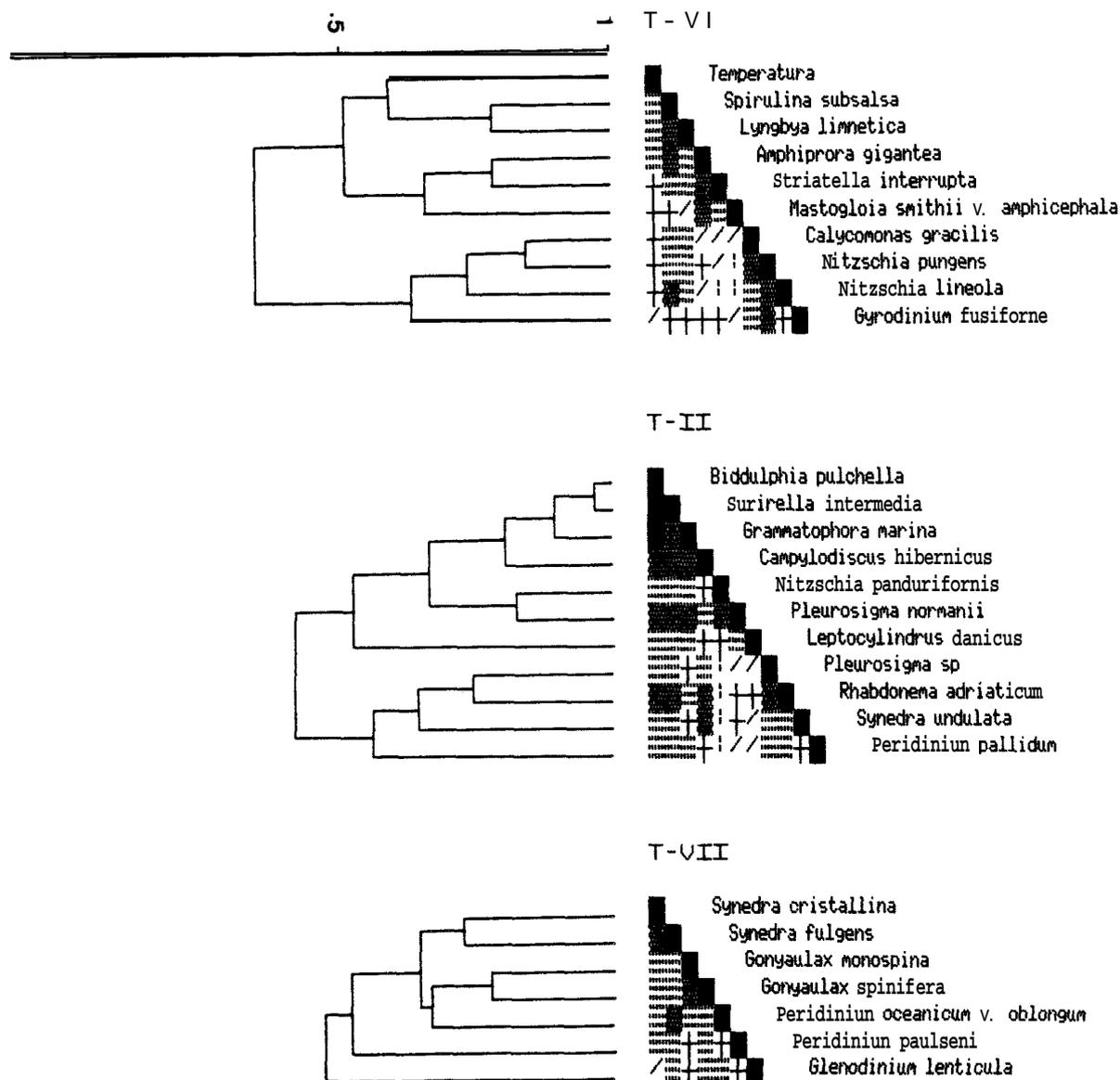


Fig. 3.- Grupos principales resultantes del análisis de agrupamiento de las especies fitoplanctónicas con el total de muestras. Matriz de correlación entre las especies del grupo y dendrograma correspondiente.

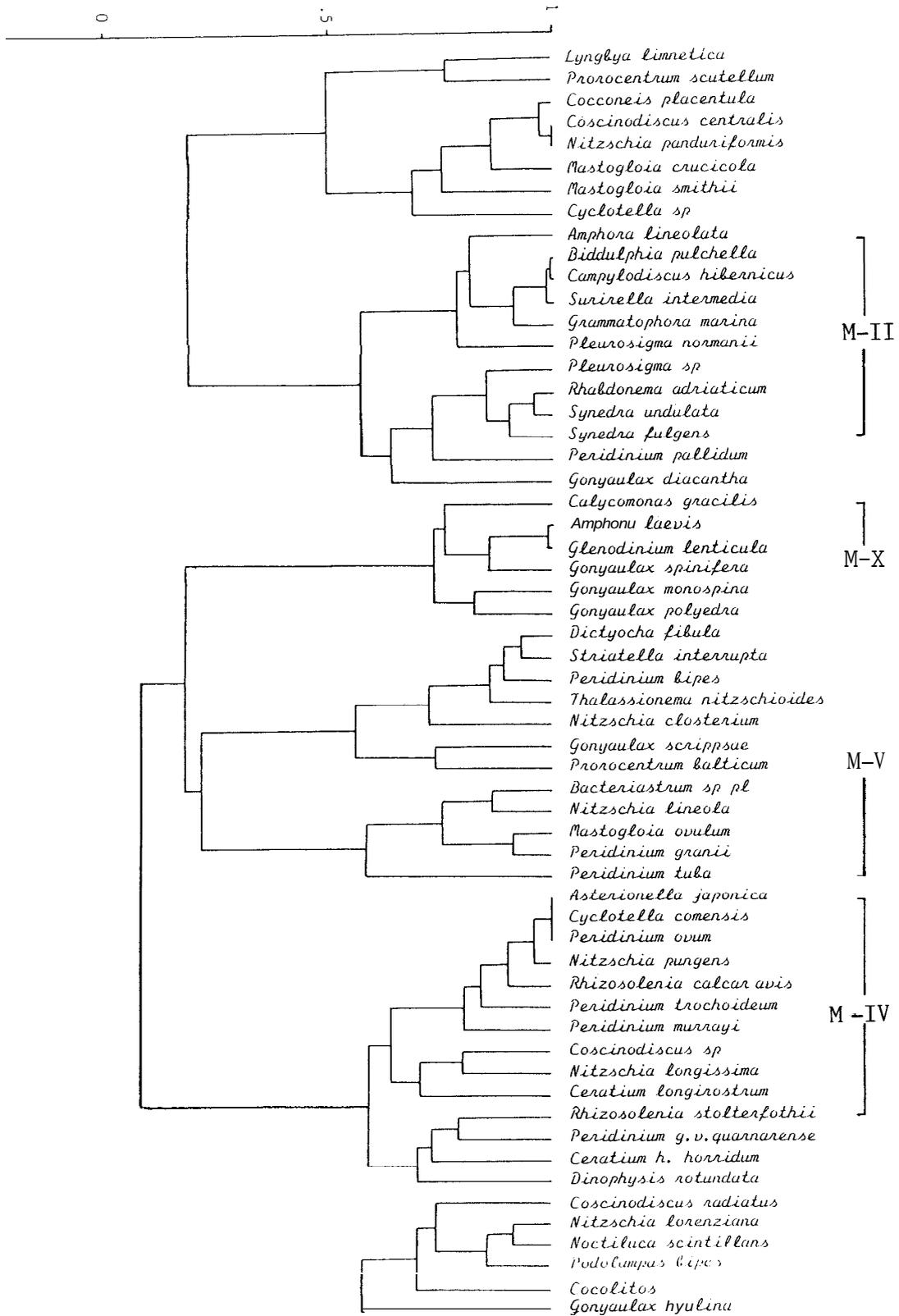
Main groups obtained with the cluster analysis of phytoplankton species using the totality of samples. Correlation matrix between the species of each group and corresponding dendrogram.

lados del conjunto grande de muestras de C, por un lado las muestras invernales y primaverales, y por el otro las de verano y principios de octubre.

3) Las muestras de invierno y primavera del Mar Menor se encuentran entremezcladas con las de invierno y primavera del Mediterráneo. Es decir, que en estas épocas de mezcla de aguas la diferencia entre las localidades es menor que entre los distintos perio-

dos de tiempo. De esta manera se observa por un lado, que las muestras de primavera forman un grupo bastante compacto, y las de invierno se distribuyen de la siguiente manera, las de la segunda mitad de enero y febrero, tanto del 80 como del 81, están asociadas con primavera, mientras que las de la primera mitad de enero y diciembre lo están con otoño.

4) El periodo otoñal, que comprendería desde la



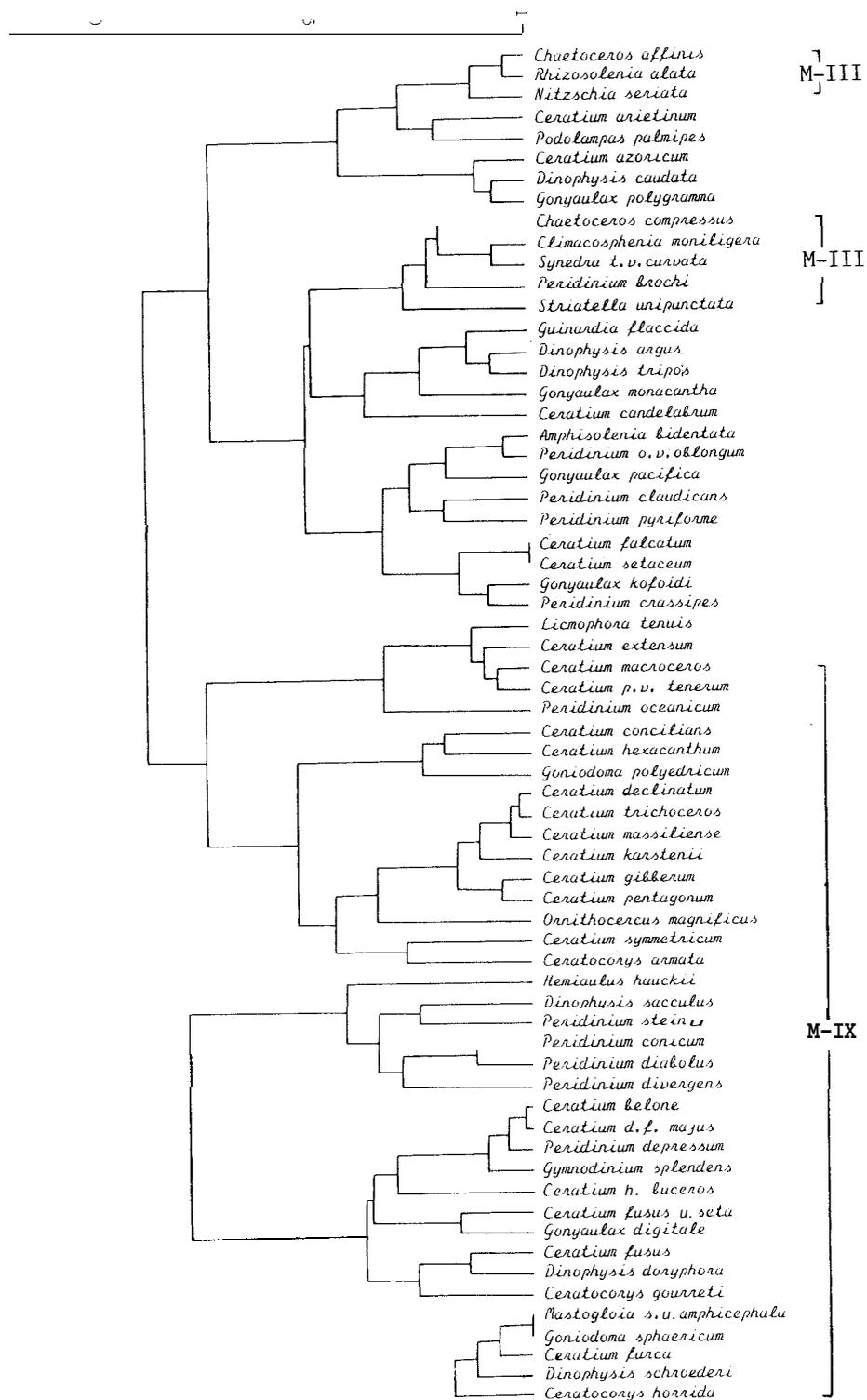
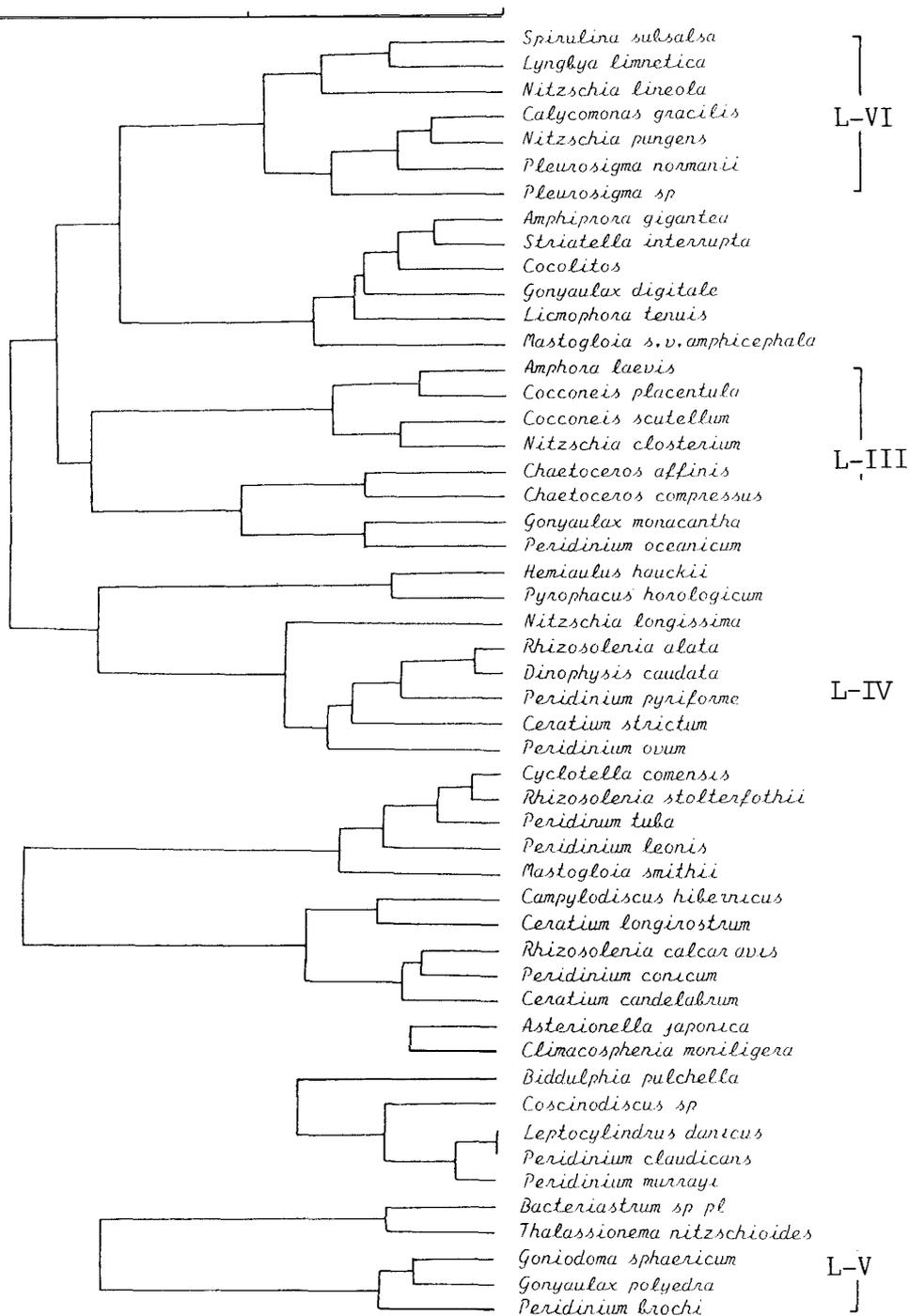


Fig. 4 - Dendrograma de los grupos de especies del fitoplancton resultante del análisis con sólo las muestras del Mar Mediterráneo
Coeficiente de correlación en la escala de agrupamientos.

Dendrogram of phytoplankton species groups from the analysis of only Mediterranean Sea samples
Correlation coefficient in the scale of groupings



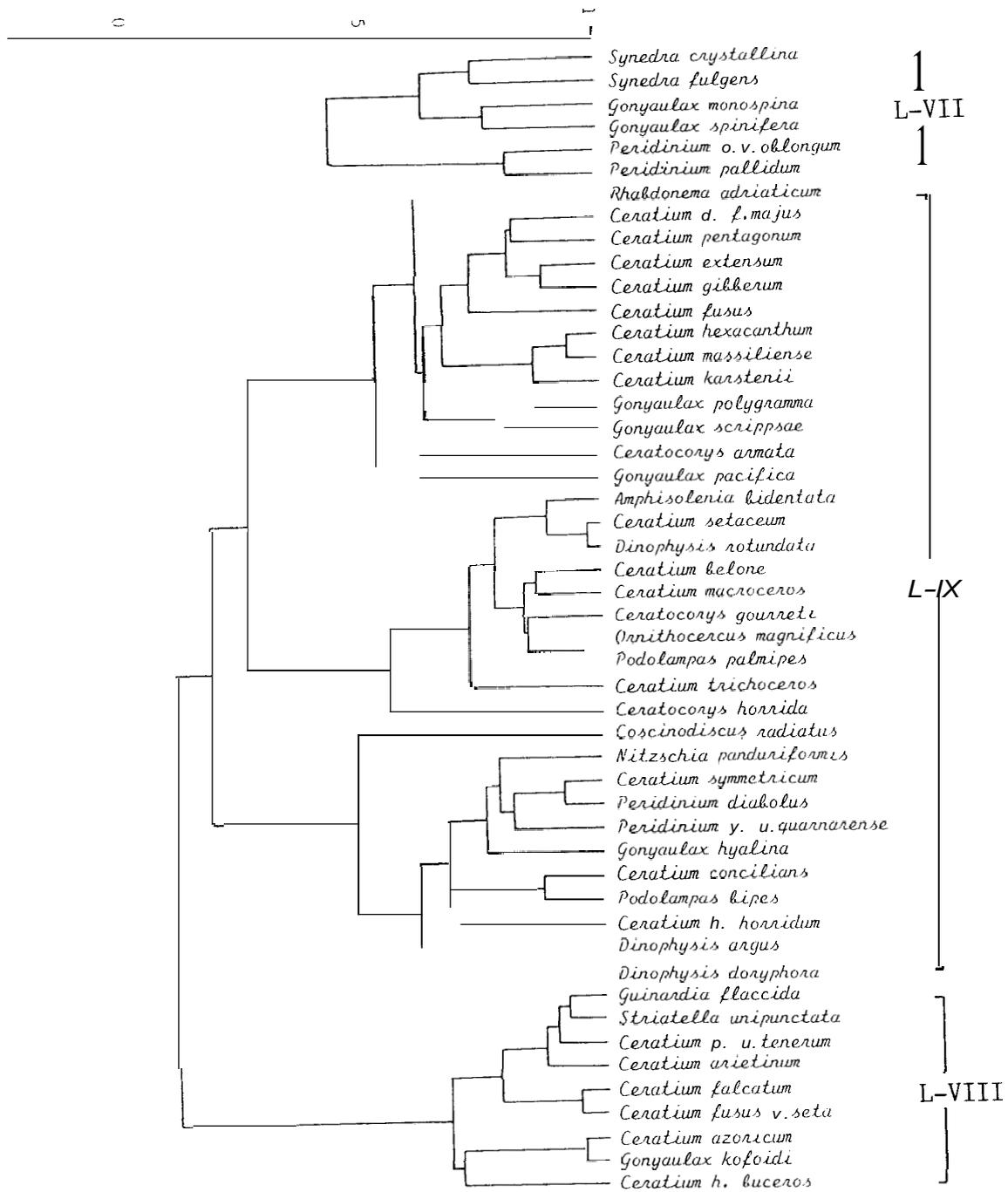


Fig. 5.— Dendrograma de los grupos de especies del fitoplancton resultante del análisis con solo las muestras del Mar Menor. Coeficientes de correlación en la escala de agrupamientos.

Dendrogram of phytoplankton species groups resulting from the analysis of only «Mar Menor» samples. Correlation coefficient the scale of groupings.

segunda mitad de octubre y se ampliaría hasta principios de enero, aparece como un grupo bastante compacto formado por dos subgrupos de muestras, por un lado las procedentes del Mar Menor y por otro las procedentes del Mediterráneo (este último incluiría también muestras de finales de invierno).

ASOCIACIONES ENTRE ESPECIES

Los resultados del análisis de agrupamiento derivado de la matriz de correlación entre especies, considerando el total de las muestras, se presentan en forma de hemimatrices sombreadas, construidas para cada grupo o conjunto de grupos relacionados que, para mayor comprensión, van acompañadas de un dendrograma.

Se obtuvieron diez grupos de asociación que muestran una correspondencia con la época del año, mientras que las diferentes zonas de muestreo han influido poco en la delimitación de los grupos. La variabilidad entre las localidades, que es de esperar que no sea muy alta por la comunicación de todas sus aguas, resulta todavía más reducida en este análisis por causa de la selección de las especies entre las de presencia más alta, que elimina las especies diferenciales.

Solamente la zona C desde mediados de primavera a mediados de verano presentaba características más diferenciadas del resto, tal como se vió en el dendrograma de la Fig. 2. De este análisis sólo se representan los grupos principales en la Fig. 3. El grupo T-IX de dinoflageladas grandes correspondería a especies más características de la zona C. El grupo T-VI está formado por las especies más asociadas con la temperatura en ambos mares, especialmente las cianobacterias, como *Lyngbya limnetica* y *Spirulina subsalsa*. Otras especies importantes de este grupo resultaron ser *Nitzschia pungens* y *N. lineola*. Estas especies aparecieron en verano y principios de otoño y presentaron una gran abundancia en el Mar Menor, pudiéndose considerar como propias de las primeras fases de la sucesión otoñal en la laguna.

Para delimitar los grupos sucesionales con mayor nitidez se hizo el mismo análisis por separado para cada uno de los dos mares. El análisis sobre las muestras del Mar Menor resultó más similar al realizado con el total de las muestras; por el contrario el análisis sobre las muestras del Mar Mediterráneo resultó mucho más diferenciado de los dos anteriores.

A) Mar Mediterráneo

En el dendrograma de la Fig. 4, correspondiente al análisis realizado con las especies del Mar Mediterrá-

neo, destacamos grupos de especies asociadas de acuerdo con unas afinidades sucesionales.

Los grupos: M-I y M-IV están formados por diatomeas pequeñas, como *Cyclotella comensis*, *Cyclotella sp.*, *Asterionellajaponica*, *Coscinodiscus* y *Leptocylin-drus danicus*, pertenecientes a las primeras etapas de la sucesión, así como diatomeas bentónicas que se encuentran en el plancton por la mezcla de aguas: *Nitzschia panduriformis*, *Cocconeis placentula*, *N. pungens* y *N. longissima*. Muchas de las especies de estos grupos presentan sus máximos en primavera aunque también tienen otros picos secundarios en otoño o invierno. La mayoría de ellas son propias de aguas costeras y de influencia continental. El grupo M-II, bastante relacionado con éstos, está compuesto principalmente por especies bentónicas.

El grupo M-X estaría constituido por especies de invierno-primavera con características también de 1.^a etapa sucesional. Su representante más típico es *Calycomonas gracilis*, que aparece en primavera y en enero del 81 acompañado por pequeñas dinoflageladas, la mayoría de las cuales pertenecen al género *Gonyaulax*.

Los grupos M-II, y M-III contienen especies de diatomeas de mayor tamaño que corresponderían a una 2.^a etapa de la sucesión. En el grupo M-II se encuentran especies como *Rhabdonema adriaticum* y *Synedra undulata* que aparecen a finales de otoño y principios de invierno del 81. Una distribución parecida presentarían las especies del grupo M-III, como *Chaetoceros affinis*, *Rhizosolenia alata* y *Nitzschia seriata*, con máximos a finales de otoño. El grupo M-V sería característico de la época invernal, siendo *Thalassionema nitzschioides* la especie más característica junto con *Dictyocha fibula* cuyos máximos van seguidos por máximos de *Bacteriastrum* y *Nitzschia lineola*.

En los grupos comentados, se encuentran algunas especies acompañantes de dinoflageladas pequeñas como: *Gonyaulax diacantha*, *G. spinifera*, *Peridinium tuba*, *P. granii* y *P. Trochoideum*. Sin embargo, las principales dinoflageladas resultaron incluidas en el grupo M-IX, que representaría las etapas más avanzadas de la sucesión. Este es un grupo complejo formado por dinoflageladas, cuyos máximos de población estaban algo desplazados entre sí y que podía corresponder a etapas finales de sucesiones que se interrumpían o bien procedían de aguas de alta mar que se mezclaban con las costeras. En primavera las formas mayores de *Peridinium* como: *P. conicum*, *P. divergens* y *P. depressum*, acompañadas de *Dinophysis sacculus* y formas de *Ceratium* sencillas como: *C. declinatum f. majus*. En verano-otoño dominaron gran variedad de especies de *Ceratium* como: *C. declinatum* y *C. pentagonum* junto con formas mayores de espinas largas como: *C. macroceros*, *C. hexacanthum*

y *C. trichoceros* acompañados por *Goniodoma polyedricum*. Finalmente, quedarían incluidas las dinoflageladas mayores, de formas más caprichosas y estructura compleja, que constituirían las etapas terminales de la sucesión y cuya abundancia fue más bien otoñal; entre éstas se podrían destacar las especies de los géneros *Ornithocercus* y *Ceratocorys*.

Estos grupos sucesionales son los descritos en la bibliografía como propios del Mediterráneo español (Margalef 1966, Margalef y González-Bernáldez 1969). En estos trabajos se citan como especies de primeras etapas algunas de *Chaetoceros*, asociadas con *Thalassiothrix*, *Thalassionema* y *Asterionella*. Sin embargo nosotros las hemos considerado, en este trabajo, como de segunda etapa, puesto que en la zona C estudiada se encontraban además especies de *Cyclotella* y *Leptocylindrus*, por ser un punto costero de gran influencia continental, que constituirían la primera etapa de la sucesión.

B) Mar Menor

En el Mar Menor los grupos obtenidos en el dendrograma de la Fig. 5, siguen una ordenación parecida a los del Mediterráneo (Fig. 4), en el sentido de que primero aparecen las especies de cianobacterias, luego diatomeas pequeñas de primeras etapas de la sucesión y bentónicas, más tarde diatomeas de mayores dimensiones y luego una serie de grupos con dinoflageladas. En la laguna se darían varias sucesiones durante el año.

La influencia del Mar Mediterráneo es perceptible, produciéndose una intrusión de especies de etapas diferentes a las que transcurren en el interior de la laguna, lo que hace que haya grupos mixtos con especies más características de las primeras etapas junto con otras de etapas más avanzadas o de localización pelágica. Señalaremos sólo aquellos grupos que se pueden interpretar con sentido ecológico.

El grupo L-VI, que encabeza el dendrograma, está constituido por las cianobacterias *Spirulina subsalsa* y *Lunbya limnetica* acompañadas por *Nitzschia lineola*. Este grupo ya aparece en la misma situación en el análisis general con todos los datos, mostrando correlaciones positivas importantes con la temperatura, dada su presencia estival.

Los grupos L-I y L-II serían los correspondientes a las primeras etapas sucesionales, representados respectivamente por *Cyclotella comensis* acompañada de especies de *Rhizosolenia* y *Leptocylindrus danicus* junto con *Coscinodiscus* y *Asterionella japonica*.

Una segunda etapa estaría representada por los grupos L-III y L-V, presentes en verano-otoño e invierno respectivamente. El primero de estos grupos, muy característico de la zona B, está representado

por varias especies de *Chaetoceros*, apareciendo en el segundo *Thalassionema nitzschioides* junto con *Bacteriastrum*.

Estas dos etapas han sido también descritas con especies muy coincidentes en el estuario de la Ría de Vigo (Margalef 1955, 1958).

Por otro lado, el grupo L-IX está formado por especies cuyo máximo suele darse en los periodos de finales de primavera, de otoño y de invierno. Este grupo está prácticamente constituido por dinoflageladas, especies que corresponden a las etapas más avanzadas de la sucesión y son características de alta mar. Entre ellas serían los ejemplos más destacados especies grandes de *Ceratium* tales como *C. trichoceros* y *C. macroceros*, y otras de formas complejas como *Ceratocorys gouretyi*, *C. horrida* y *Ornithocercus magnificus*.

CONCLUSIONES

El análisis de agrupamiento de muestras destaca la separación de las obtenidas en la zona del Mediterráneo respecto de aquellas del Mar Menor, excepto las correspondientes a primavera que presentan una asociación con las de la zona B de este mar interior. Los demás resultados señalan una agrupación por épocas del año: finales de invierno-primavera, otoño-principios de invierno y verano.

El análisis de agrupamiento de especies pone de manifiesto unos grupos correspondientes a las épocas del año y a distintas etapas de la sucesión. Los grupos más claros son los correspondientes a: (1) invierno en el Mar Mediterráneo, con *Thalassiothrix nitzschioides* y otras especies de diatomeas correspondientes a la primera etapa de la sucesión marina; (2) otoño en todas las zonas, con especies correspondientes a alta mar y últimas etapas de la sucesión marina, principalmente de los géneros *Phalacroma*, *Ornithocercus* y *Ceratocorys*; y (3) las distintas etapas de la sucesión en el Mar Menor. Estas pueden resumirse en una primera etapa con especies de diatomeas pequeñas *Cyclotella comensis*, *Asterionella japonica* y *Leptocylindrus danicus*, que serían luego sustituidas por especies de diatomeas mayores de los géneros *Chaetoceros* y *Rhizosolenia* y más tarde por *Thalassionema* y *Bacteriastrum*. Posteriormente, en verano, aparecen especies continentales como algunas especies de cianobacterias. Por último, a finales de verano y sobre todo en otoño, se da la dominancia de las especies de dinoflageladas que se menciona en el punto (2).

BIBLIOGRAFIA

Margalef, R., 1955. El fitoplancton de la ría de Vigo, de enero de 1953 a marzo de 1954. Inv. Pesq. 2: 85-129.

Margalef, R., 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. *Perspectives in Marine Biology*. 323–349. Univ. of California Press.

Margalef, R., 1966. Análisis y valor indicador de las comunidades del fitoplancton mediterráneo. *Inv. Pesq.* 30: 429–482.

Margalef, R. y González-Bernaldez, F., 1969. Grupos de especies asociadas en el fitoplancton del mar Caribe (NE de Venezuela). *Inv. Pesq.* 33: 287–312.

Ros, M. y Miracle, R. M., 1984. Distribución temporal de las dinoflageladas del Mar Menor. *Anales de Biología*. 2: 169–180.

Ros, M. y Miracle, M. R., 1984. Variación estacional del fitoplancton del Mar Menor y su relación con la de un punto próximo en el Mediterráneo. *Limnética* 1:32–42.

Sneath, P.H.A., and Sokal, R.R., 1973. *Numerical Taxonomy*. W.H. Freeman. San Francisco.