

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
FACULTAD DE CIENCIAS

TESIS DOCTORAL

Estudio de las comunidades  
fitoplanctónicas de las lagunas de  
alta montaña de Sierra Nevada

PEDRO MIGUEL SANCHEZ CASTILLO

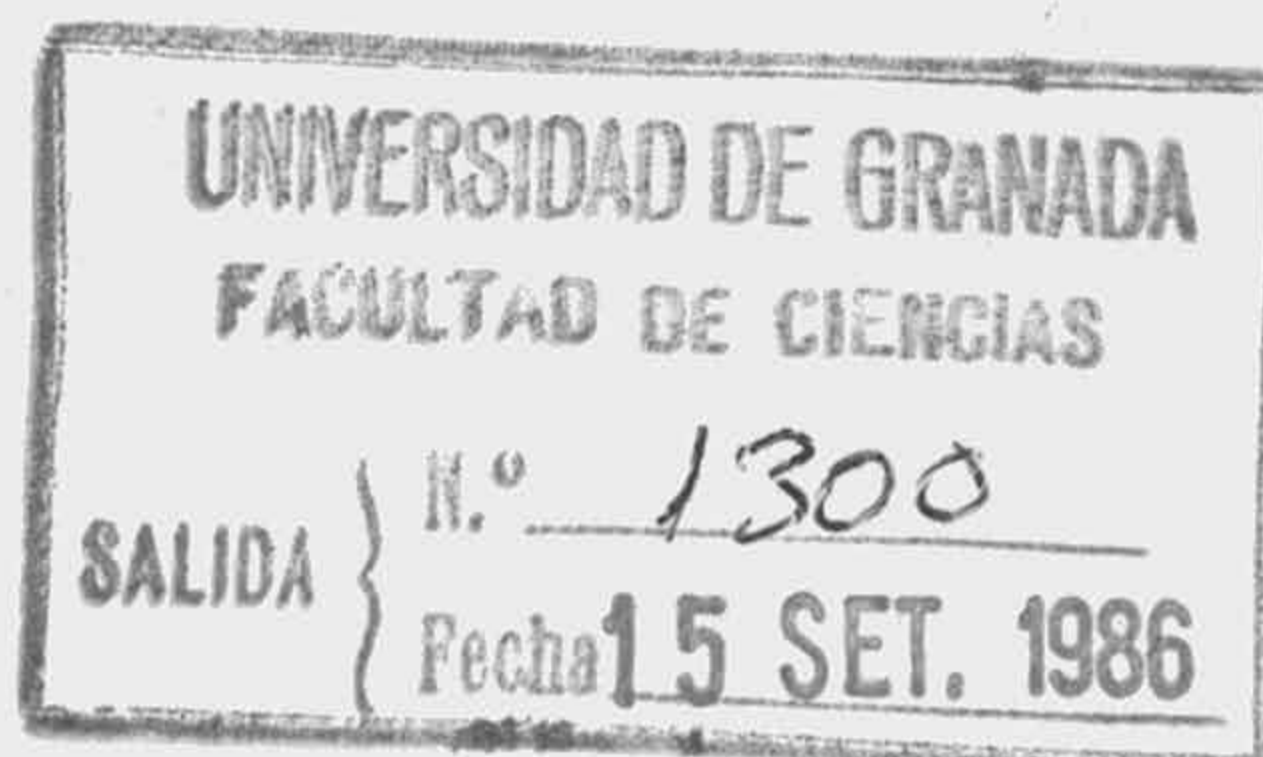
Esta Tesis Doctoral corresponde a la titulada "ESTUDIO - DE LAS COMUNIDADES FITOPLANCTONICAS DE LAS LAGUNAS DE ALTA MONTAÑA DE SIERRA NEVADA", que fue defendida por D. Pedro Miguel Sánchez - Castillo el día 7 de Julio de 1986, obteniendo la calificación de Apto cum laude.

El tribunal estuvo formado por los profesores:

- Dr. D. Juan Seoane Camba. Catedrático de Botánica de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona.
- Dra. D<sup>a</sup>. Julia Toja Santillana. Profesor Titular de Ecología de la Facultad de Biología de la Universidad de Sevilla.
- Dr. D. Gabriel Blanca López. Profesor Titular de Botánica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.
- Dra. D<sup>a</sup>. Concepción Hernández Mariné. Profesor Titular de Botánica de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona.
- Dr. D. Luis Cruz Pizarro. Profesor Titular de Ecología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.

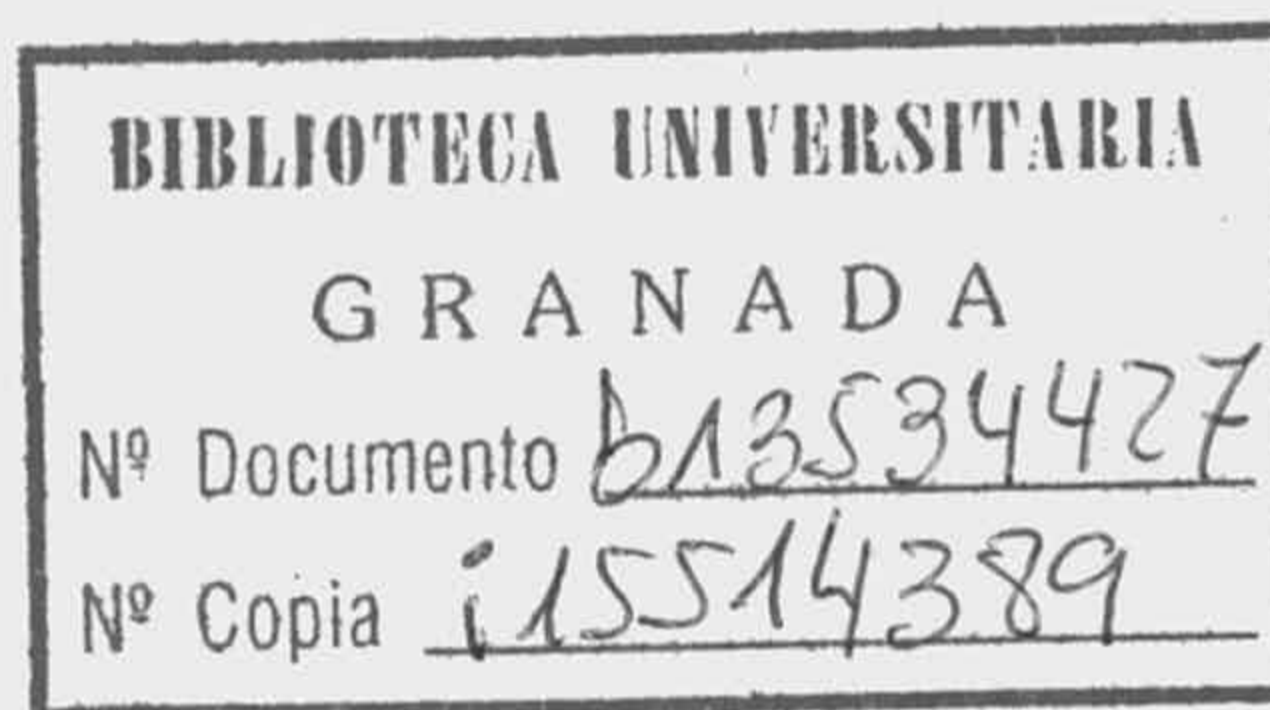
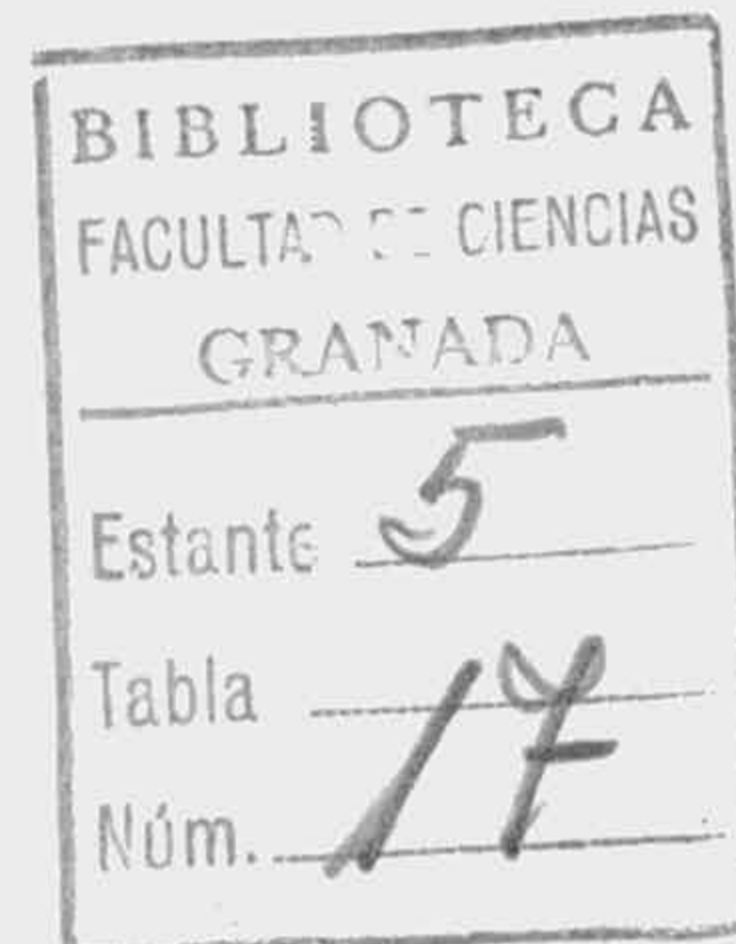
R. 31. 871

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
FACULTAD DE CIENCIAS



AREA DE BIOLOGIA VEGETAL

ESTUDIO DE LAS COMUNIDADES  
FITOPLANCTONICAS DE LAS LA  
GUNAS DE ALTA MONTAÑA DE  
SIERRA NEVADA



Tesis presentada para optar al  
grado de Doctor, por el Licen-  
ciado PEDRO MIGUEL SANCHEZ CASTILLO

DIRECTOR:

PROF. DR. D. JUAN VARO ALCALA

El trabajo de investigación que se expone en la presente Memoria, - titulado: " ESTUDIO DE LAS COMUNI- DADES FITOPLANCTONICAS DE LAS LAGU- NAS DE ALTA MONTAÑA DE SIERRA NEVA- DA" que para aspirar al grado de - Doctor en Ciencias presenta el Li- cenciado Pedro Miguel Sánchez Cas- tillo, ha sido realizado bajo la - dirección del Profesor:



Dr. D. JUAN VARO ALCALA



Ldo. PEDRO MIGUEL SANCHEZ CASTILLO

Quiero expresar mi agradecimiento a las siguientes personas que, en mayor o menor medida, han contribuido a la realización de esta Memoria.

Al Prof. Varo Alcalá por la confianza y libertad que depositó en mí para la realización de esta Memoria.

Al Prof. Cruz Pizarro que puso a mi disposición todos los medios del Departamento de Ecología de esta Universidad, a la vez que me aportó gran cantidad de consejos para la realización de éste trabajo y realizó una valiosa lectura crítica de parte del manuscrito. Del mismo modo deseo expresar mi agradecimiento a todos los miembros de éste Departamento que siempre me consideraron como un compañero más.

A los Profesores Bourrelly y Margalef que siempre atendieron mis consultas con gran interés.

A los Profesores Hernández Mariné, Comín y Tomás, de los Departamentos de Botánica y Ecología de la Universidad de Barcelona que me aconsejaron en distintas facetas de éste trabajo.

Al Dr. Alvarez Cobelas por su -

ayuda al proporcionarme una considerable bibliografía, entre la que se encuentra la obra inédita del - Dr. Gonzalez Guerrero.

Al Prof. Morales Baquero que -- siempre me ofreció su ayuda para realizar los análisis de datos que se ofrecen en ésta Memoria.

Al Prof. Casares Porcel que hizo posible la realización de las - observaciones al M.E.B.

A Da Ma Dolores Mendoza por su labor de mecanografía.

Especialmente quiero agradecer su ayuda, confianza, y sobre todo, su ilusión a Pre.

A mi mujer,  
por su continuo estímulo  
y su constante generosidad.

## I N D I C E

1.-	Introducción.....	1
2.-	El medio físico.....	8
2.1.	Tectónica y Petrología.....	8
2.2.	Geomorfología.....	11
2.3.	Climatología.....	13
3.-	Características generales de las lagunas.....	17
4.-	Material y métodos.....	24
4.1.	Métodos físico-químicos.....	24
4.2.	Métodos biológicos.....	28

## RESULTADOS Y DISCUSION

5.-	Análisis físico-químicos.....	31
5.1.	Temperatura.....	33
5.2.	Oxígeno.....	37
5.3.	Alcalinidad y pH.....	42
5.4.	Nutrientes.....	45
5.4.1.	Fosfatos.....	47
5.4.2.	Nitratos.....	50
5.4.3.	Silicatos.....	53
5.5.	Comparación con otros lagos.....	57
5.6.	Análisis de componentes principales.....	64
6.-	Catálogo florístico.....	69
6.1.	División CYANOPHYTA.....	72
6.2.	División PYRROPHYTA.....	86
6.3.	División EUGLENOPHYTA.....	88
6.4.	División CHROMOPHYTA.....	92
6.4.1.	Clase CHRYSOPHYCEAE.....	92
6.4.2.	Clase DIATOMOPHYCEAE.....	97
6.5.	División CHLOROPHYTA.....	128



6.5.1. Clase CHLOROPHYCEAE .....	128
6.5.2. Clase ULOTHRICHOPHYCEAE .....	146
6.5.3. Clase ZYGOPHYCEAE .....	149
7.- Estudio de las comunidades fitoplanctónicas	
7.1. Estructura y evolución	
7.1.1 Distribución de las especies en las lagunas	175
7.1.2 Diversidad .....	181
7.1.3 Sucesión y composición taxonómica .....	187
7.2. Análisis de pigmentos	
7.2.1 Clorofila-a .....	206
7.2.2 Índice de pigmentos .....	214
8.- Consideraciones finales .....	216
9.- Conclusiones .....	221
10.- Referencias bibliográficas .....	225

## 1. I N T R O D U C C I O N

Las extremas condiciones de vida en las que se desarrollan los organismos de los grandes sistemas montañosos, los ha hecho muy atractivos para el estudio de distintas disciplinas biológicas. En la Península tenemos numerosos testimonios de ello en los estudios botánicos realizados a partir de finales del siglo pasado, así montañas como los Pirineos, Picos de Europa, Montes de León, Sierra de Gredos, Sierra de Guadarrama y Sierra Nevada han sido muy estudiadas desde el punto de vista fanerogámico así como por diversas disciplinas de la Criptogamia. No ocurre igual en el campo de la algología, a nuestro entender dos causas han contribuido al escaso conocimiento de esta rama de la botánica; por una parte podemos apuntar el pequeño tamaño y la escasa importancia paisajística que presentan aquellas comunidades algales macroscópicas que se desarrollan en ambientes húmedos o en el fondo de las masas de agua, ya sean corrientes o estancadas; por otra parte y respecto al estudio del fitoplancton se podría argumentar la especificidad de la metodología de campo

y de laboratorio necesaria para su conocimiento. Argumentos que de uno u otro modo se desvanecen cuando comparamos los estudios de la ficoflora de nuestras aguas dulces con la de los países europeos que nos son mas próximos, en los que se encuentran catálogos de floras regionales de algas de agua dulce elaboradas desde finales del siglo pasado y principios del actual.

Solamente a partir de los años cuarenta se observa cierto incremento de este tipo de trabajos, cuando a los de González Guerrero se les unen los de Caballero López y Margalef López.

A modo de revisión, destacamos aquellos estudios llevados a cabo en los principales macizos montañosos. El Pirineo ha sido la cordillera estudiada con mayor profusión. Destacamos el trabajo pionero de BELLOC (1892) que estudia 37 lagos, de los cuales cinco pertenecen a la vertiente española, haciendo especial hincapié en la determinación de las diatomeas. GONZALEZ GUERRERO (1927, 1942) estudia las algas de determinadas localidades, especialmente de la provincia de Lérida. MONTIEL FRADES (1947) se centra en la descripción de algunas especies bentónicas. MARGALEF (1948) basa su estudio en la flora y fauna de la región de la Cerdaña, mas reciente MARGALEF & al. (1975) caracterizan de forma general los lagos del pirineo catalán y VILASECA (1978) describe su fitoplancton.

El resto de los sistemas montañosos están mucho menos estudiados. Así de la Sierra de Guadarrama sólo conocemos los trabajos de GONZALEZ GUERRERO (1929 a y b) que se centran especialmente en la laguna de Peñalara, describiendo

dos táxones nuevos, uno a nivel específico y otro varietal; MARGALEF (1949) describe las comunidades de arroyos y lagunas de estas montañas; GONZALEZ GUERRERO (1965) estudia, bajo la denominación de algas de la sílice, parte de este sistema montañoso, describiendo un género nuevo: Staurocladia.

En los Picos de Europa MARGALEF (1950), establece un nuevo taxon a nivel varietal y WILLEN (1960) estudia el lago Enol, de donde describe una especie nueva.

Respecto a los montes de León, BACHMAN (1913) trata tres lagos de Sierra Segundera, describiendo tres taxones nuevos a nivel específico. MARGALEF (1956) estudia las algas del Noroeste de España, incluyendo varios lagos de este macizo, para el que establece 10 táxones nuevos, 7 a nivel específico y 3 a nivel varietal.

Por último de la Sierra de Gredos solo conocemos los trabajos de CABALLERO (1944, 1950), quien establece tres taxones nuevos a nivel de forma.

Centrándonos en Sierra Nevada, muchos han sido los trabajos fanerogámicos realizados en la misma, cuya enumeración sería prolija ya que se pueden encontrar en cualquier memoria sobre trabajos fanerogámicos de este sistema montañoso. Muchos menos son los estudios criptogámicos y en especial aquellos que centraron su interés de forma preferente en los ecosistemas acuáticos. En este sentido hemos de citar los de AGUILAR RUIZ & al. (1972) y GIL GARCIA (1978), el primero -- sobre las turberas del barranco de S.Juan, el segundo llevando a cabo el estudio de las comunidades briofíticas de carácter higrohidrófilo de este macizo montañoso. PEREIRA & al. (1986) estudia los líquenes de estos mismos medios.

Respecto a aquellos trabajos que centran su atención en el estudio de las algas solo conocemos los de GONZALEZ GUERRERO (1975, 1976, 1981) quien describe las comunidades algales presentes en los prados que rodean a la laguna - Hondera; por otra parte MARTINEZ (1975, 1977, 1980) que estudia la composición taxonómica y evolución espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica de la laguna de la Caldera. Por último SANCHEZ CASTILLO (1981) describe las comunidades algales reófilas de los tramos superiores de los principales ríos de Sierra Nevada. En las lagunas de Sierra Nevada se han llevado a cabo otros estudios limnológicos centrados en la comunidad zooplanctónica, en este sentido son de destacar los de CRUZ PIZARRO (1981) y MORALES (1985). Por otra parte CANTE--RAS JORDANA (com.pers.) realiza el estudio de las bacterias de éstas mismas lagunas.

Una vez que hemos comentado de forma sucinta los trabajos limnológicos que han sido llevados a cabo en las lagunas de Sierra Nevada, nos parece interesante intentar definir estos medios lagunares. En principio podríamos tomar la sencilla definición de THOMASSON (1956) quien considera como lagos alpinos aquellos que se sitúan por encima del límite - del bosque.

En la actual situación de Sierra Nevada, la aplicación de este criterio es evidente; aunque sería mas difícil precisar el límite real de lagos alpinos debido a la intensa deforestación que en el pasado ha sufrido este sistema montañoso.

Por otra parte, para STROM (1938) los lagos alpinos son aquellos que se presentan a una considerable altura

sobre el nivel del mar y con un aporte calórico menor que el de los lagos de las tierras bajas de su misma región. Pensemos que es un carácter que también se cumpliría, pero la escasez de lagos en nuestra zona no nos permite establecer tales comparaciones.

Ambas definiciones comentadas califican a estos lagos como alpinos, denominación que corresponde al piso más alto de las montañas de la región eurosiberiana donde estos se encuadran. Según este criterio las masas de agua de Sierra Nevada deberían ser denominados como lagos crioromediterráneos, lagos situados en el piso bioclimático más alto de las montañas de la región mediterránea. Si de hecho existen claras diferencias bioclimáticas que se hacen patentes sobre la vegetación fanerogámica, las masas de agua por amortiguar los cambios térmicos, no van a mostrar en principio tales diferencias, por lo que no consideramos justificado establecer, a priori, esta distinción entre lagos alpinos y lagos crioromediterráneos. De existir diferencias, estas se harán patentes cuando se estudien de forma comparada los lagos de los sistemas montañosos mediterráneos.

En este sentido la denominación de PENCK (in MARGALEF, 1953b) es de aplicación más amplia y generalizadora, siendo la más usada en la actualidad cuando nos referimos a este tipo de lagos, ya que por una parte elude el término "alpino", sustituyéndolo por el de lagos de alta montaña: "Hochgebirgesee" y por otra parte en su definición destaca solamente un carácter: son lagos que se encuentran agrupados en comarcas situadas a una elevada altitud.

Para aplicar los objetivos básicos propuestos, -

que más adelante detallaremos, fue necesario realizar una --  
doble aproximación intermedia entre los clásicos estudios ex  
tensivos e intensivos, que nos permitiera de un lado conse--  
guir una información lo más detallada posible de la composi-  
ción específica de su ficoflora, y a la vez incidir en aspec-  
tos relativos a la dinámica de sus poblaciones. Para ello se  
eligió un número relativamente amplio de lagunas, un total -  
de diez, en las que se llevaron a cabo muestreos de periodi-  
cidad aproximadamente quincenal, en las que hemos analizado  
tanto la composición taxonómica de sus poblaciones como su -  
evolución estacional; por otra parte en otra serie de lagunas  
hemos realizado muestreos sin ningún tipo de periodicidad --  
con objeto de profundizar más en el estudio extensivo de las  
especies algales de Sierra Nevada.

Una vez definido el tipo de trabajo a realizar, -  
pasamos a describir los objetivos que nos hemos propuesto, -  
los cuales se pueden integrar en dos bloques distintos y a -  
la vez complementarios. Uno de ellos se centra en el estudio  
taxonómico de las distintas especies fitoplanctónicas de las  
lagunas. GONZALEZ GUERRERO (1981) describe un total de 11 tá-  
xones nuevos para la ciencia. Como se verá mas adelante en -  
el catálogo que hemos elaborado, y en nuestra opinión, solo  
consideramos como novedades taxonómicas algunas de ellas, --  
dado que otras a nivel varietal solo se diferencian, de la -  
variedad tipo o de otras anteriormente descritas, en sus di-  
mensiones celulares, carácter que no consideramos suficiente  
para incluirlos en un rango taxonómico diferente.

Otro punto de interés dentro de este apartado ha  
sido comparar la ficoflora nevadense con la de otras cordille-  
ras españolas, basándonos fundamentalmente en los trabajos -



antes mencionados, comparación que forzosamente ha de ser in completa dada la distinta naturaleza de los trabajos, pero - que nos puede ofrecer unos resultados básicos interesantes.

Establecido el catálogo florístico, el otro objetivo propuesto fué caracterizar el medio donde se desarrollan las comunidades, para establecer tal caracterización se llevó a cabo el análisis químico de sus aguas, midiendo los parámetros que mas directamente pueden influir sobre el desarrollo de las poblaciones.

Una vez conocido el medio y sus habitantes, un - tercer objetivo se centró en establecer las variaciones de - las poblaciones a lo largo del eje temporal e intentar explicarlas en función de la concentración de nutrientes en cada - momento. También se estudió la concentración de clorofila -- como parámetro indirecto de estima de la producción primaria.

## 2. EL MEDIO FISICO

## 2.1 Tectónica y Petrología

Las cordilleras béticas constituyen el gran conjunto estructural del sur de la Península Ibérica, las cuales se extienden longitudinalmente desde el golfo de Cádiz hasta la provincia de Castellón. En ella se observa la estructura general de las cordilleras de plegamiento alpino, en la que se diferencian una serie de zonas externas: prebéticas y subbéticas, e internas constituidas por la zona bética s.str. - (FALLOT, 1948).

Sierra Nevada es uno de los principales sistemas montañosos de las cordilleras béticas y el que alcanza su mayor altura (3482 m. en el Mulhacén). Todos los materiales -- que emergen pertenecen a la zona bética. Tectónicamente se -- diferencian los complejos Maláguide, Alpujárride y Nevado-Fi lábride. De los tres solo vamos a tratar de caracterizar uno, el Nevado-Filábride, ya que sobre él se encuentran situadas las lagunas objeto de nuestro trabajo. Todas las rocas que -- integran este conjunto tectónico son metamórficas, estando --

representadas entre ellas tanto las de origen ígneo como sedimentario. En general puede decirse que existe una gran variedad de tipo de rocas, ahora bien hay que indicar que esta variedad está desigualmente representada, existiendo grandes extensiones relativamente monótonas, constituidas sobre todo por micasquistos, mientras que en otras zonas puede aflorar una gran variedad litológica.

PUGA (1971) usa como criterio de distinción entre diferentes unidades tectónicas, no solo el grado de metamorfismo, sino el tipo de metamorfismo que refleja el gradiente presión/temperatura al que han estado sometidos distintos -- tipos de rocas. De modo que cuando un conjunto de rocas está limitado por una superficie tectónica, y dicho límite coincide con un cambio en el tipo de metamorfismo, entonces se está limitando una verdadera unidad tectónica. En base a esta metodología PUGA & al. (1974) divide el complejo Nevado-Filábride en Manto del Veleta, en el cual engloba solo la unidad de las Yeguas y Manto del Mulhacén, en el que diferencia tres unidades: Sabinas, San Francisco y Caldera. A continuación nos limitaremos a comentar exclusivamente la unidad de la Caldera, perteneciente al Manto del Mulhacén y la unidad de Las Yeguas del manto del Veleta, unidades en las que se encuentran enclavadas las lagunas.

El manto del Veleta con la unidad de las Yeguas es la zona estructuralmente mas profunda y la que ocupa mayor extensión de afloramiento. Está constituida por una potente serie, de 2000 a 6000 metros de profundidad, de micasquistos grafitosos de distinto tipo, entre los que se intercalan -- zonas de cuarcitas, así como anfibolitas y serpentinas. En este manto se sitúan mas de la mitad de las lagunas estudia-

das. Es bastante complejo realizar la ubicación de las mismas respecto a uno u otro tipo de material, ya que éstas se encuentran, en su mayor parte, situadas en zonas de derrubios, las cuales no están caracterizadas litológicamente. Basándonos en la cartografía elaborada por PUGA (1971) e I.G.M.E. (1980) vamos a intentar caracterizar, de forma aproximada, litológicamente cada una de las cuencas. Así las lagunas situadas sobre esta unidad, que son las del valle de Dilar (Mognachil, Virgen y Yeguas), Valle del Veleta (Aguas Verdes y Veleta) y Valle de Río Seco, se encuentran asentadas en general sobre micasquistos grafitosos con feldespato, cloritoide y biotita.

En el manto del Mulhacén y concretamente sobre la unidad de La Caldera se sitúan las lagunas restantes; esta unidad presenta una gran variedad litológica frente a la relativa homogeneidad de la unidad de las Yeguas, aunque la base principal sobre la que se asienta esté dominada principalmente por micasquistos con feldespato, anfíbol y cuarcitas, que es el lecho fundamental de las lagunas del valle del río Mulhacén (Caldera, Majano y Gemela), aunque las dos últimas presenten en sus proximidades mármoles brechoides. La laguna de la Mosca se asienta fundamentalmente sobre mármoles brechoides. Las lagunas del valle de Siete Lagunas se sitúan preferentemente sobre micasquistos con distena y estaurolita.

Respecto a la composición química de las distintas rocas que componen las unidades de las Yeguas y de la Caldera, en la tabla 1 se ofrecen los datos de los análisis puntuales dados por PUGA (1971), referentes a los distintos tipos de micasquistos, uno procedente de la unidad de las Yeguas y cinco de la unidad de la Caldera, en la que se pue

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	76.82	70.71	73.86	53.65	62.09	49.62	29.39	n. d.	n. d.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.20	14.57	11.95	24.52	18.93	23.72	7.69	n. d.	n. d.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.47	2.02	2.60	4.32	3.01	6.79	1.81	n. d.	n. d.
FeO	2.42	2.90	0.82	5.47	4.77	6.35	1.60	n. d.	n. d.
MnO	0.02	0.08	0.04	0.10	0.11	0.08	0.06	n. d.	n. d.
MgO	1.42	1.52	1.21	1.72	1.82	3.40	2.23	1.04	3.69
CaO	0.42	0.98	1.13	0.70	0.42	0.70	32.09	19.03	28.91
Na <sub>2</sub> O	0.92	1.14	3.72	1.43	0.81	0.72	0.38	0.29	-
K <sub>2</sub> O	2.15	2.40	1.24	3.25	3.70	4.02	2.44	0.38	-
TiO <sub>2</sub>	0.61	0.80	0.66	0.87	0.87	1.34	0.38	n. d.	n. d.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.16	0.20	0.14	0.12	0.27	0.28	0.10	n. d.	n. d.
H <sub>2</sub> O	2.39	2.68	1.63	3.85	3.23	2.98	1.32	n. d.	n. d.

Tabla 1.- Composición química de micasquistos y mármoles procedentes de las Unidades de Las Yeguas y de La Caldera.

1.- Micasquistos procedentes de la Unidad de Las Yeguas.

2-6.- Micasquistos procedentes de la Unidad de La Caldera.

7-9.- Mármoles procedentes de la Unidad de La Caldera.

de apreciar que no existen diferencias apreciables en cuanto a su composición química, no ocurriendo así con los mármoles.

## 2.2 Geomorfología

Sierra Nevada ofrece un variado relieve estructural como restos inequívocos de la implantación de una amplia red de circos y valles glaciares en todas sus laderas.

Sin duda el factor fundamental para el establecimiento de glaciares es el climático, sin unas condiciones climatológicas propicias es impensable la existencia de este fenómeno; pero la gran altitud y la orografía tan particular de Sierra Nevada, ofreciendo numerosas zonas de gran altura donde el periodo de insolación es muy limitado facilitó la permanencia de este fenómeno, así como la posibilidad de que durante periodos de años relativamente prolongados existieran hielos en una zona determinada.

En general, el origen de las lagunas de Sierra Nevada hay que situarlo en relación directa con la presencia de los cursos glaciares, bien a partir de las zonas de circo o bien como consecuencia de los efectos de las morrenas. La mayoría de los autores que han estudiado los fenómenos producidos por el glaciario en Sierra Nevada están de acuerdo en situar el número de glaciares sobre una veintena, así OBERMAIER (1916) los establece en 16, MESSERLI (1962) reconstruye una veintena de antiguos cursos glaciares y PEZZI & GARCIA - ROSELL (1978) muestra una relación de 23 circos, igualmente indican que debieron tener lugar durante el periodo de glaciaciones Wurm y apuntan la posibilidad de fases glaciares durante el periodo Riss.

Los valles glaciares presentan una morfología -- bien definida, en forma de "U", éstos se encuentran como -- tales hasta cotas de 2600 m. en las laderas meridionales y -- aproximadamente hasta los 1800 m. en las septentrionales, -- según indican SORIA MINGORANCE & al. (com. pers.); por debajo de este nivel establecido para los valles glaciares se -- pasa a valles fluviales encajados y en forma de "V".

En Sierra Nevada se puede hablar de dos tipos de circos, por un lado los de forma bien desarrollada en el fondo de valles delimitados por paredones rocosos con presencia de derrubios como consecuencia de la acción erosiva de la -- masa de hielo sobre las paredes del circo. De tal procedencia podríamos calificar las lagunas de La Caldera, Río Seco y -- Aguas Verdes, que posiblemente habrían correspondido con las cabeceras de otros tantos glaciares; el tamaño de la laguna depende fundamentalmente de la mayor o menor cantidad de derrubios morrénicos a la salida del circo.

El otro tipo serían los circos embrionarios (PEZZI & GARCIA ROSELL, 1978) que se presentan en pequeños rellanos ofreciendo el aspecto de una oquedad no excesivamente marcada, difíciles de diferenciar de aquellas otras oquedades producidas por las morrenas de las lenguas glaciares, ambos fenómenos han debido ser los que han dado origen al resto de -- las lagunas estudiadas. Así, parece bastante claro que las -- lagunas del valle de Siete Lagunas se han originado por la -- acción de las morrenas, al igual que las del valle del río -- Mulhacén: Majano y Gemela (SORIA MINGORANCE & al. com. pers.).



### 2.3. Climatología

WALTER (1977) establece, a nivel mundial, nueve zonas climáticas. Una de ellas la define como zona de transición con lluvias invernales, situada alrededor de los 40 grados de latitud, en la cual el verano se sitúa dentro de la zona de alta presión atmosférica, pero que en invierno recibe lluvias ciclónicas. Es el clima típico de la región mediterránea, sin estación fría pero con heladas ocasionales y una larga sequía estival.

Del mismo modo ASCHMANN (1984) considera las tres características que enumeramos a continuación como definitivas del clima mediterráneo:

- 1) Suficiente lluvia para permitir que se desarrollen los cultivos de secano todos los años, pero insuficiente para permitir el desarrollo normal de un bosque denso de coníferas o de árboles caducifolios.
- 2) Inviernos suaves sin periodos de frío intensos y prolongados.
- 3) Al menos el 65% de las precipitaciones se producen en la mitad más fría del año.

En base al no cumplimiento de algunos de estos puntos establece cuatro tipos de climas submediterráneos en el conjunto del área de clima mediterráneo, que globalmente comprende la región del mediterráneo, California, parte del centro y norte de Chile, extremo sur de África y parte del sur de Australia.

Es fácil observar que a medida que ascendemos en las montañas, las características climáticas van a ir cambiando

do, debido fundamentalmente a dos hechos (MILLER, 1980). Por una parte debido a la disminución de la temperatura con la altitud (que si bien está sujeta a variaciones, e incluso a veces a inversiones locales) en general se puede considerar que por cada 160 m. la temperatura asciende 1°C, PEZZI & GARCIA ROSELL (1978) calculan este gradiente para Sierra Nevada, obteniendo que por cada 100 m. la temperatura desciende 0.69 °C. Por otra parte debido al aumento de las lluvias en las tierras altas, que se explica por el enfriamiento del aire, por una parte al subir de forma obligada por las pendientes y por otra al entrar en contacto con las tierras frías de las grandes altitudes.

En base a estas variaciones altitudinales, que se corresponden con cambios en la vegetación, diversos autores entre los que podemos citar a OZENDA (1975), QUEZEL (1979) y RIVAS MARTINEZ (1981) han establecido una serie de pisos bioclimáticos para la región de clima mediterráneo, que son: Termomediterráneo, Mesomediterráneo, Supramediterráneo, Oromediterráneo y Crioromediterráneo (RIVAS MARTINEZ, 1981).

Nuestro interés se centra en la caracterización del piso crioromediterráneo, en el que se encuentran situadas las lagunas objeto de nuestro estudio. RIVAS MARTINEZ & ARNAIZ (1984) lo definen con una temperatura media anual inferior a 4°C; con una temperatura media de las mínimas del mes más frío inferior a -7°C; con una temperatura media de las máximas del mes más frío inferior a 0°C y con probabilidad de sufrir heladas durante todos los meses del año. VALLE (1985), lo sitúa a partir de 2700 m. de altura, si bien en la vertiente sur puede situarse hacia los 3000 m.

Los datos de temperatura y precipitaciones que aparecen en las tablas 2b y 3b han sido tomados de PEZZI & GARCIA ROSELL (1978) y son el conjunto de las observaciones llevadas a cabo en el albergue Universitario situado a 2500 m. de altitud, la estación meteorológica de máxima elevación de toda Sierra Nevada, durante un periodo de 20 años.

Del conjunto de los datos observados podemos caracterizar el área de estudio con unas temperaturas medias inferiores a 0°C durante los meses de Enero a Abril, comenzando a subir a partir del mes de Mayo y alcanzando los valores máximos entre los meses de Julio y Agosto, disminuyendo desde aquí hasta Noviembre cuando de nuevo se vuelven a obtener temperaturas medias inferiores a 0°C.

Sobre estos valores de temperatura se puede observar una de las características de los climas de montaña, como indica MILLER (1980) y es que debido a los acúmulos de nieve que existen en primavera, las temperaturas del otoño suelen ser más cálidas que las de primavera.

Los valores de pluviosidad (Tabla 3) son más altos en los meses de Noviembre y Diciembre, correspondiendo la mayoría de ellos a precipitaciones en forma de nieve. Los mínimos, lógicamente, se consiguen en los meses de verano, siendo el mes de Julio en el que se registran menores precipitaciones.

Comparando los caracteres climáticos que hemos comentado con las definiciones de clima mediterráneo ofrecidas al principio de este capítulo, pocos son los caracteres que coinciden, por lo que podemos considerar a los climas de montaña como azonales, y según MILLER (1980) definidos por -

una gran variedad de caracteres contradictorios: calor tórrido y seco en las vertientes expuestas al sol; calor sofocante en los valles cerrados y frío gélido en los mismos valles durante las noches de invierno; niebla e intensa insolación; - lluvias torrenciales y gran sequedad.

En las tablas 2a y 3a hemos recogido los datos de MILLER (1980) para 13 estaciones de sistemas montañosos del hemisferio Norte, además de la media de los 20 años de Sierra Nevada. Podemos observar, respecto a la temperatura, que de los 3 a 5 primeros meses del año se registran temperaturas medias inferiores a 0°C, mientras que de Junio a Septiembre estos - valores aumentan, alcanzando su máximo en los meses de Julio y Agosto, disminuyendo de nuevo a partir de Noviembre. Respecto a las precipitaciones, es patente la influencia del clima mediterráneo sobre los sistemas montañosos que se sitúan por debajo de los 43° de latitud norte, ya que se puede observar que estas disminuyen considerablemente en la época estival, como hemos apuntado antes en los datos de Sierra Nevada.

Tabla 2.- Temperatura a) Valores procedentes de 13 estaciones de montaña del hemisferio Norte. B) Valores (media de 20 años) procedentes de la estación del Albergue Universitario.

Observatorio	Lat	Long	Alt (m)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
<b>A</b>																
Brocken.....	52° N.	11° E.	1150	- 4.5	- 5	- 3.5	0.5	5.5	8.5	10	9.5	7	3.5	- 1	- 1	2
Schneekoppe....	51° N.	16° E.	1615	- 7	- 7.5	- 5.5	- 1.5	3.5	6.5	8.5	7.5	5	1	- 3.5	- 6.5	0
Obir.....	47° N.	14° E.	2025	- 6.5	- 6	- 5	- 1.5	3	6	9	9	6	1.5	- 3	- 5.5	0.5
Sonnblick.....	47° N.	13° E.	3326	-12.5	-13.5	-11.5	- 9.5	- 4.5	- 1	1	1	- 1	- 5	- 9	-11.5	- 6.5
Santis.....	47° N.	9° E.	2500	- 9	- 9	- 8.5	- 4.5	- 0.5	3	5	5	3	- 1	- 5	- 8.5	- 3
Andermatt.....	47° N.	9° E.	1445	- 6.5	- 4.5	- 2	2	6	10	11.5	11	8.5	4	- 1	- 5.5	3
Davos.....	47° N.	10° E.	1561	- 7	- 5	- 3	2	5	10	12	11	8.5	3.5	- 1	- 6	3
Bevers.....	47° N.	10° E.	1710	-10	- 6.5	- 4.5	0.5	5.5	9.5	11.5	10.5	7.5	2	- 3.5	- 9	1
Puy-de-Dôme....	46° N.	3° E.	1457	- 2	- 1.5	- 1	1.5	5	9	11	11,	9	4.5	1	1.5	4
Pic du Midi....	43° N.	1° O.	2859	- 7.5	- 7.5	- 7	- 5.5	- 1.5	3	6.5	6.5	3.5	- 1	- 4.5	- 7	- 1.5
Sitnia kowo....	42° N.	24° E.	1740	- 5	- 4	- 3	2	7	10	12.5	12.5	9	5	0	- 3	4.5
Pike's Peak....	39° N.	105° O.	4303	-16.5	-15.5	-13.5	-10.5	- 5	0.5	4.5	4	0	5.5	-11.5	-14.5	- 7
Leh.....	34° N.	78° E.	3508	- 8.5	- 7	- 0.5	6	10	14.5	17	16	12	6	0	- 5.5	5
<b>B</b>																
Sierra Nevada..	37° N.	3° O.	2500	- 6.6	- 3.8	- 1.5	- 1.5	2.2	6.9	10.1	10.7	6.8	1.7	- 1.3	- 3.2	1.8

Tabla 3.-a) Valores de precipitaciones procedentes de 13 estaciones de montaña del hemisferio Norte. b) Valores de precipitaciones (media de 20 años) procedentes de la estación del Albergue Universitario.

Observatorio	Lat	Long	Alt (m)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
<b>A</b>																
Brocken.....	52° N.	11° E.	1150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schneekoppe....	51° N.	16° E.	1615	5.6	5.1	5.6	5.8	7.6	10.2	11.9	8.9	9.1	7.1	6.4	6.4	89.7
Obir.....	47° N.	14° E.	2025	7.9	8.6	17	13.5	13.7	16.8	17	16.3	14	15	10.4	8.6	153.4
Sonnblick.....	47° N.	13° E.	3326	12.4	12.4	16	16.8	15.7	14	14.2	13	11.7	13	11.7	13.5	164.4
Santis.....	47° N.	9° E.	2500	14.5	17	17	20.6	19.8	28.4	31.3	27.4	21.1	18.3	12.2	15.5	243.1
Andermatt.....	47° N.	9° E.	1445	9.6	10.7	8.9	8.1	8.6	8.9	10.9	11.9	14	14.2	7.9	7.4	121.2
Davos.....	47° N.	10° E.	1561	4.6	5.6	5.6	5.6	5.8	10.2	12.4	12.7	9.4	6.9	5.6	6.4	90.7
Bevers.....	47° N.	10° E.	1710	3.6	2.5	4.1	5.6	6.6	8.6	10.9	10.9	10.7	8.9	6.1	4.6	83.1
Puy-de-Dôme....	46° N.	3° E.	1457	16.5	15.2	16.5	14	12.2	14	11.9	13.5	13.5	13.7	13	14.2	168.1
Pic du Midi....	43° N.	1° O.	2859	13.5	16.8	16.3	17.3	14.5	13	7.1	7.4	11.2	11.7	14	16.5	159
Sitnia Kowo....	42° N.	24° E.	1740	5.6	5.6	8.1	8.1	10.7	11.2	8.6	8.1	8.1	5.8	9.1	4.1	93.2
Pike's Peak....	39° N.	105° O.	4303	4.1	3.8	5.1	8.9	9.6	4.1	10.7	9.7	4.3	3.6	4.8	6.6	75.2
Leh.....	34° N.	78° E.	3508	1	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5	1.3	1.3	0.8	0.5	-	0.5	8.1
<b>B</b>																
Sierra Nevada..	37° N.	3° O.	2500	11.8	11.1	11.6	7.8	7.5	3.2	0.3	0.3	6.2	10.6	12.4	15.2	100.2

3. CARACTERISTICAS  
GENERALES DE LAS LAGUNAS

En este apartado tratamos de caracterizar el medio en el que se sitúan las cubetas lagunares estudiadas.

La mayor parte de las lagunas se encuentran rodeadas por pastizales de alta montaña que se desarrollan siempre ligados a una humedad edáfica, bien procedente de las lagunas o bien de los arroyos, por lo que suelen sufrir grandes variaciones en su nivel freático, condicionado fundamentalmente por el deshielo, el cual suele finalizar en el mes de Agosto, produciendo la desecación de las lagunas temporales poco profundas. Estos prados reciben la denominación local de "borreguiles" y en su composición florística participan de forma destacada los siguientes táxones: Carex fusca, Nardus stricta, Agrostis nevadensis, Festuca iberica, Leontodon microcephalus, Lotus glareosus, Plantago nivalis, Ranunculus acetosellaefolius, etc; en ciertas lagunas donde la humedad es más constante o presentan algún otro carácter diferenciador podemos encontrar otras especies pratenses menos frecuentes como Agrostis canina, Epilobium atlanticum, Parnasia pa-



lustris, Eleocharis quinqueflora, Pinguicola nevadensis y --  
Festuca frigida.

Solo en la época de deshielo, cuando las lagunas presentan su máximo nivel suelen inundar los borreguiles, -- pero a medida que avanza el verano, éstas se van restringiendo a su cubeta natural. En esta situación más estable y durada que la anteriormente citada, la franja de vegetación sumergida en la laguna desaparece o bien está formada exclusivavamente por especies de briófitos hidrofíticos, siendo la especie más frecuente en todas ellas Drepanocladus exannulatus, apareciendo otras de forma esporádica en algunas lagunas, -- así Philonotis seriata lo hemos encontrado en las de S. Juan y Aguas Verdes, mientras que Cratoneuron filicinum ha aparecido en Virgen Superior.

Entre ellos se pueden encontrar en ocasiones densas masas de Zygnemopsis, Zygnema, Spirogyra y Bulbochaete - que difícilmente se suelen encontrar en perfectas condiciones de madurez de forma que, sólo hemos podido determinar Zygnema collinsianum Traus.

En el caso de las lagunas que presentan efluentes más o menos importantes, al comienzo de estos y ya fuera de la cuenca de la laguna, se observa la vegetación reófila característica de las aguas frías y bien oxigenadas de alta montaña descrita por SANCHEZ CASTILLO (1981) para los ríos de Sierra Nevada y que está constituida fundamentalmente por Hydrurus foetidus, como especies macroscópica, a la cual suelen - ir asociados táxones como Ceratoneis arcus, Diatoma hiemale y Meridion circulare, observados como ticooplanctónicas en la - mayoría de las lagunas.

Las poblaciones zooplanctónicas de las lagunas - han sido estudiadas por CRUZ PIZARRO (1981) y MORALES BAQUERO (1985). Podemos destacar que las especies mas abundantes son, entre los rotíferos las pertenecientes a los géneros Le padella y Trichocerca, siendo L.patella y T.relicta las mas - frecuentes; entre los copépodos: Mixodiaptomus laciniatus y Diaptomus cyaneus, mientras que entre los cladóceros predomi nan fundamentalmente Chydorus sphaericus y Daphnia pulex.

A continuación enumeramos las principales caracte rísticas morfométricas de las lagunas estudiadas, encuadrán dolas en sus valles correspondientes. Entre paréntesis y des pués de cada laguna se indican las dimensiones de la cubeta.

Valle del río Poqueira. Valle de orientación sur formado por las cuencas de los ríos Veleta, Seco y Mulhacén que presentan sus nacimientos en las lagunas que a continuación describi mos, situadas entre los picos del Veleta (3398 m.) y Mulhacén (3482 m.).

Río Mulhacén. Situación altitudinal de las lagunas entre 3000 y 2800 m.

Laguna de la Caldera (150 x 120 m.). Es la única lagu na de la que se poseen datos batimétricos (CRUZ PIZARRO, -- 1981; MARTINEZ, 1977), llegando a medirse hasta 12 m. de pro fundidad. No presenta ningún tipo de vegetación macroscópica en su zona litoral, solo hacia el mes de Septiembre se obser van ovas poco densas de zýgnemataceas. En zonas muy localiza das el litoral es arenoso, estando rodeado casi por completo de derrubios. No presenta afluentes ni efluentes superficia les.

Laguna de la Gemela (25 x 20 m.). No llega a alcanzar -- los 0.5 m. de profundidad, se encuentra casi totalmente rodea da de borreguiles, con un fondo constituido por sedimento -- muy fino. En su orilla norte presenta un afluyente subterrá-- neo, en cuyas proximidades suelen proliferar masas filamento sas de color marrón formadas preferentemente por Diatoma hie male var. mesodon y Tabellaria flocculosa. Presenta un efluen te en dirección SE.

Laguna de Majano (80 x 50 m.). No supera el metro de -- profundidad en su zona central, presenta el fondo predomina n temente rocoso con algunas zonas de sedimento, es frecuente observar en el litoral ovas de zygnemataceas. El litoral -- está rodeado fundamentalmente por borreguiles. No se han ob servado afluentes ni efluentes superficiales.

Río Seco. Sus lagunas se encuentran situadas altitudinalmente entre los 2900 y 3100 m.

Laguna de Río Seco Superior (20 x 15 m.). Pequeña masa de agua de litoral rocoso que llega a alcanzar 2 m. de pro-- fundidad. Presenta un efluente en su zona sur.

Laguna de Río Seco (100 x 35 m.). Es la mayor de la ca becera de este río. Todo su litoral está rodeado por borre guiles a excepción de una pequeña porción rocosa situada -- hacia el oeste. Parte de los borreguiles están inundados al menos durante el mes de Julio, debido al aporte superficial -- que recibe del deshielo de las nieves de los crestones de -- Río Seco. En su zona central la profundidad debe oscilar -- entre 2 y 3 m. No presenta afluentes ni efluentes superficia les.

Laguna de Río Seco Inferior (20 x 15 m.). Laguna muy --

poco profunda alcanzando los 0.5 m., de litoral rocoso y arenoso, con borreguiles en una pequeña zona. Fondo formado por sedimento fino, frecuentemente encontrado en suspensión. A partir de mediados de Agosto empieza a cubrirse de ovas de zygnemataceas especialmente de Zygnema que llegan a cubrir más de la mitad de su superficie. Al final del periodo de estudio se convierte en una pequeña poza. No presenta afluentes ni efluentes superficiales.

Río Veleta. La altitud de sus lagunas oscila entre 2900 y 3000 m.

Laguna de Aguas Verdes (50 x 30 m.). Formada por una zona litoral extensa que no supera los 40 cm. de profundidad, hacia el centro la cubeta se excava súbitamente alcanzando los 2.5 m. Fondo rocoso y litoral de borreguiles presentando un denso cinturón de vegetación briofítica sumergida, también presenta amplias zonas de Diatoma hiemale y Tabellaria flocculosa. Desagua mediante un gran efluente.

Laguna del Veleta (30 x 20 m.). Poco profunda, no alcanzando los 0.5 m. de profundidad. Litoral rodeado de borreguiles y fondo de sedimento fino. Presenta un efluente en dirección este.

Valle del río Dilar. De orientación oeste y situado entre la vertiente NO del Veleta y los Tajos de la Virgen. Sus lagunas se sitúan entre los 2800 y 3000 m.

Laguna de las Yeguas. La antigua laguna de la Yeguas fue inundada a principios de los años setenta al construir la actual presa de las Yeguas. Por los testimonios fotográficos que se conservan se puede observar que presentaba una

rica vegetación de borreguiles en su extremo NO, extremo donde en la actualidad se localiza la cola de la presa y que se encuentra totalmente despoblada de vegetación debido a las bruscas oscilaciones de nivel que sufre a lo largo del verano. - El fondo de la actual laguna es fangoso. La longitud varia a lo largo del año entre 50 y 80 m., presentando una anchura de 50 m. Cabecera de los valles Monachil y Dilar.

Laguna de Virgen Superior (50 x 10 m.). El fondo de la cubeta está desplazado hacia su extremo sur, alcanzando unos 2 metros de profundidad, disminuyendo desde aquí hasta la zona norte donde se sitúa un importante efluente. Hasta el mes de Septiembre perdura un gran ventisquero en el margen SE de la laguna que suministra directamente agua del deshielo.

Laguna de Virgen Media (15 x 15 m.). Cubeta muy somera alcanzando 0.5 m. de profundidad en su zona central. Todo el lecho esta constituido por sedimento. Su litoral está rodeado por borreguiles y presenta un importante efluente.

Laguna de Monachil (15 x 8 m.). Cubeta somera que no llega a alcanzar los 0.5 m. de profundidad. Lecho de sedimento fino. Presenta un vestigero en su orilla NW que le suministra agua hasta bien entrado el verano.

Valle del río Genil. De orientación norte y recibe fundamentalmente las aguas de los ríos Vacares, Valdeinfierno, Valdecasillas, Guarnon y San Juan, de las que solo hemos estudiado las lagunas: de la Mosca (3000 m.) y de San Juan (2500 m.), pertenecientes a Valdecasillas y San Juan respectivamente.

Laguna de S. Juan (15 x 10 m.). Pequeña laguna de poca profundidad, no superando los 40 cm. Se encuentra situada --

entre borreguiles y rodeada de un amplio cinturón de vegetación briofítica sumergida. Fondo de fino sedimento. Presenta un efluente en la zona sur de la laguna.

Laguna de la Mosca (75 x 35 m.). Situada aproximadamente a 3000 m. y en la vertiente Norte del Mulhacén, con una zona litoral rodeada de borreguiles y con el fondo formado por sedimento. Presenta un importante efluente en dirección NE. En su zona sur presenta un gran ventisquero.

Valle del río Trevelez. De orientación SE del que solo hemos estudiado tres de sus numerosas lagunas. Situadas en la zona que se denomina localmente Siete Lagunas. La altura de las lagunas oscila entre 2800 y 3000 m.

Cuarta laguna (30 x 20 m.). Laguna muy poco profunda, cuyo nivel no suele sobrepasar los 0.5 m. Fondo de sedimento fino. Litoral rodeado de borreguiles que suelen quedar encharcados parte del año.

Quinta laguna (50 x 50 m.). Laguna de fondo rocoso que presenta una zona litoral rodeada de borreguiles y con abundante vegetación briofítica y de zygnemataceas. Es de destacar que en varias zonas de su cubeta que posiblemente correspondan con otras tantas surgencias, se observan masas de filamentos de color marrón que corresponden a las diatomeas señaladas en otras lagunas.

Laguna Hondera (150 x 50 m.). Extensa laguna de cubeta muy homogénea, de aproximadamente 1 m. de profundidad a lo largo de toda su extensión. Presenta un fondo de sedimento fino, totalmente rodeada por borreguiles. Existe un amplio efluente en su zona este.

#### 4. MATERIAL Y METODOS

La toma de muestras en las distintas lagunas se llevó a cabo con una periodicidad quincenal (siempre que fue posible), fijando una estación en la zona litoral desde el primer muestreo; de forma que su acceso no influyera sobre las comunidades del fondo para evitar la alteración de los resultados. Se procuró realizar el muestreo, en cada laguna, a la misma hora del día.

#### 4.1 Métodos físico-químicos

En cada muestreo se midió "in situ" la temperatura y el pH, la primera mediante termómetro de mercurio y la segunda utilizando un pH-metro de campo Orion-201, dotado de corrector de temperatura.

Los métodos que a continuación se indican han sido extraídos fundamentalmente de las obras de GOLTERMAN & al. (1969), MARGALEF & al. (1977) y ROS (1979), donde se comentan en detalle.



Las muestras para la determinación de oxígeno disuelto en agua se tomaron en frascos de 250 ml. de cristal opaco y tapón esmerilado y fueron guardadas en la oscuridad hasta su determinación.

Aquellas otras destinadas a los análisis de Alcalinidad, Nitratos, Fosfatos y Silicatos se conservaron en botellas de plástico, previo filtrado a través de filtros Wattman-GFC, en el que se despreciaba al menos los primeros 500 ml. de filtrado. Su conservación se realizó mediante la adición de 1 ml. de cloroformo. Se guardaron en la oscuridad y a una temperatura inferior a 4°C.

#### 1. Oxígeno

Se ha utilizado el método propuesto por Winkler que posteriormente fue modificado por CARPENTER (1965) que consiste en añadir una sal manganosa a la muestra, en medio alcalino (adición IK-"KOH"), formándose un precipitado (hidróxido manganoso). El oxígeno de la muestra reacciona con el precipitado y da lugar a un compuesto tetravalente de manganeso. Este precipitado se redisuelve mediante la adición de sulfúrico, en presencia de iodo previamente añadido ("IK"-KOH), dando lugar a iodo molecular en cantidad equivalente a la concentración inicial de oxígeno, este iodo se titula con una solución de tiosulfato sódico.

El porcentaje de saturación de oxígeno se obtiene transformando los resultados obtenidos, en mg O<sub>2</sub>/l, a través de un nomograma (MORTIMER, 1956 in WETZEL 1981), en el que se tiene en cuenta tanto la temperatura como la altitud

a la que se obtuvo la muestra.

## 2. Alcalinidad

Se ha seguido el método de GOLTERMAN & CLYMON (1969), en el que se diferencia, por una parte la alcalinidad debida a los aniones  $\text{CO}_3^-$  y restos  $\text{OH}^-$ , la cual es medida usando un ácido fuerte ( $\text{SO}_4\text{H}_2$ ) para desplazar los cationes, utilizando como indicador Fenolftaleina, que vira aproximadamente a un pH de 8.3; mientras que utilizando como indicador una mezcla de rojo de metilo y verde bromocresol (1:5) que vira aproximadamente a un pH de 4.5 se mide la alcalinidad debida a los aniones anteriormente citados más  $\text{CO}_3\text{H}^-$ , siendo considerada esta última como alcalinidad total.

## 3. Nitratos

Su determinación se ha llevado a cabo siguiendo un método colorimétrico (ASTM, 1971) basado en la capacidad que presentan los nitratos de reaccionar en medio fuertemente ácido con sulfato de brucina, dando lugar a una coloración amarilla, cuya intensidad se mide con espectrofotómetro a -- 410 nm.

## 4. Ortofosfatos

Se ha seguido el método propuesto por MURPHY & RILEY (1962): que se basa en la capacidad del ion ortofosfato de reaccionar, en medio ácido, con molibdato amónico dando lugar a un complejo fosfomolibdico que en presencia de -- ácido ascórbico desarrolla una coloración azul, cuya intensidad se mide en espectrofotómetro a 885 nm. La adición de tar

trato de antimonio y potasio (catalizador emético) se lleva a cabo, por una parte para fijar la intensidad del color -- azul que se produce, y por otra para acomplejar otros aniones que puedan interferir, tales como los silicatos.

Hemos de comentar que según SCHINDLER & LEAN -- (1974), en determinadas situaciones el molibdato amónico es capaz de hidrolizar radicales fosfato de sustancias de alto peso molecular, radicales que no siendo asimilables por las algas van a ser computados como tales en los resultados obtenidos por este método. De aquí el enorme interés que tiene -- realizar el filtrado de la muestra antes de su análisis, -- para eliminar la mayor parte de sustancias coloidales en sus<sub>u</sub> pensión que puedan interferir el resultado real de este análisis.

##### 5. Silicatos reactivos

Seguimos el método de MULLIN & RILEY (1955). Los silicatos, al igual que los ortofosfatos reaccionan con molib<sub>u</sub> dato amónico en medio ácido dando lugar a un silicomolibdato que en presencia de un agente reductor produce una coloración azul, cuya intensidad se mide en espectrofotómetro a una lon<sub>u</sub> gitud de onda de 810 nm. (Las posibles interferencias debidas a la presencia de ortofosfatos se eliminan mediante la adi-- ción de ácido oxálico que destruye el ácido fosfomolibdico).

Este método nos da una idea de la disponibilidad de sílice en el medio, aunque no indica unos compuestos silí<sub>u</sub> ceos determinados, ya que según GOLTERMAN & CLYMO (1969) "Las fórmulas de los compuestos de sílice determinados por este -- método no son conocidas", sabiendo que sólo detecta iones, -

moleculas y polímeros de hasta cuatro unidades. Este tipo de sílice fue llamado por STRICKLAND (1968) silicato reactivo. En los medios naturales los polímeros son inexistentes en el agua, y por lo tanto la mayoría de los silicatos detectados mediante este análisis son asimilables por las algas, -- como indica PLANAS (1973).

#### 4.2. Métodos biológicos

- Obtención de muestras cuantitativas.- Para realizar el estudio de las comunidades que se desarrollan en la zona planctónica próxima al litoral, donde se producen situaciones de -- ecotonía entre estas y las comunidades litorales, decidimos sustituir el método tradicional por otro en el cual el volumen de agua fuese mayor, con objeto de obtener una mejor representación de las especies procedentes de las comunidades litorales que suelen estar, por lo general, pobremente representadas en estos ambientes; si bien por otra parte eramos -- conscientes de que despreciabamos parte del nanoplancton presente en esta zona. El procedimiento llevado a cabo fué filtrar un volumen constante de agua (20 litros) a través de un filtro construido con red de Nylal de un diámetro de poro de  $10 \mu$ ., concentrando la muestra a un volumen de 20 ml.

El recuento de los organismos se llevó a cabo en un microscopio invertido, siguiendo en lo posible la metodología de UTERMOHL (1958). Se tomaban alícuotas de 3 ml. que se depositaban en cámaras de sedimentación. En muchas ocasiones fue necesario contar varias submuestras, sobre todo a -- principio y final de ciclo, debido a la poca densidad que -- muestran los organismos en estos periodos, refiriendo el con

teo final siempre al volumen inicial de 3 ml. con el fin de homogeneizar todos los resultados. En cada caso se contaron 100 campos a 400 aumentos. Para aquellas especies que constituyen agrupaciones celulares, los resultados expresan el n<sup>o</sup> de agrupaciones contadas y no de células; sólo en el caso de Ankistrodesmus falcatus no hemos seguido este criterio, ya - que en la mayoría de las ocasiones las agrupaciones estaban rotas, observándose también células aisladas.

Hemos evitado llevar a cabo la transformación de los datos a cel/l o cel/ml, debido a la dificultad de aplicar para esta metodología, la transformación empleada para las - muestras de 100 ml., de forma que los resultados de las ta-- blas son los obtenidos directamente de los conteos de 3 ml.

#### - Análisis de Pigmentos

Se tomó un volumen total de 2 litros en cada laguna, que inmediatamente era conservado en frío y en la obscuridad para su transporte al laboratorio. La filtración de -- este volumen de agua se realizó a través de filtros de fibra de vidrio Watman GF/C. Los pigmentos se extrajeron utilizando 10 ml. de un disolvente orgánico: metanol, realizando su determinación antes de transcurridas 24 horas desde su filtración. Las medidas se llevaron a cabo en un espectrofotómetro Perkin-Elmer, donde se obtuvieron las absorbancias a las siguientes longitudes de onda: 430, 665 y 750, realizando las correcciones sugeridas en ROS (.1979) cuando la absorbancia a 750 nm. fue mayor de 0.002; cuando esta superó valores de 0.010 se filtró y/o centrifugó la muestra.

Para el cálculo de la concentración de clorofi--

la-a se utilizó la expresión de TALLING & DRIVER (1963).

- Indice de diversidad

Para la medida de la diversidad de la comunidad hemos optado por la utilización del índice de Shannon (SHANNON & WEAVER, 1963) que se basa en la expresión.

$$H' = - \sum_{i=1}^N p_i \lg_2 p_i$$

donde N es el número total de especies y  $P_i$  la proporción de individuos correspondiente a cada especie. Los resultados -- vienen expresados en bits/individuo.

- Indice de sucesión

Para cuantificar de alguna forma los cambios poblacionales que se producen a lo largo de la sucesión hemos utilizado el índice de la diferencia de las sumas (DS) propuesto por LEWIS (1978) que se basa en la expresión:

$$\sigma_s = \sum_i |d [b_i(t)/B(t)]| / dt$$

que para cada intervalo de tiempo se aplica de la siguiente forma:

$$\hat{\sigma}_s = \frac{\sum_i | [b_i(t_1)/B(t_1) - b_i(t_2)/B(t_2)] |}{t_2 - t_1}$$

donde  $b_i$  es la abundancia de la especie  $i$  en el periodo  $t$  y  $B$  es el tamaño de la comunidad en ese mismo periodo. El resultado final se expresa en unidades de sucesión/día.

5. ANALISIS FISICO - QUIMICOS

En los estudios limnológicos que se centran en el conocimiento de las comunidades fitoplanctónicas, uno de los objetivos que se suelen plantear es el estudio de las característi-  
cas físicas y químicas de las aguas en las que se desarrollan -  
el ciclo de las distintas especies algales.

En esta memoria se aborda el estudio de los siguientes parámetros: temperatura, oxígeno, pH, alcalinidad, fosfatos, nitratos y silicatos, así como otros obtenidos de forma indirecta a partir de estos: porcentaje de saturación de oxígeno, carbono inorgánico, relación N/P y Si/P. Si bien es cierto que con estos parámetros se pueden explicar algunos de los cambios --  
producidos en las comunidades fitoplanctónicas, existen otra serie de compuestos, que no han podido ser estudiados, que suelen influir del mismo modo sobre el comportamiento de las comunida-  
des algales, especialmente en lagos con marcado carácter oligo-  
trófico.



Con el estudio de los elementos y compuestos antes mencionados, hemos pretendido por una parte, caracterizar el medio donde se desarrollan las especies y comunidades algales objeto de este trabajo, y por otra disponer de una serie de datos que nos permitan, en cierta medida, explicar los cambios poblacionales tanto en distintos momentos del ciclo de una laguna, como entre las distintas lagunas objeto de nuestro estudio.

Al final de este apartado se ofrece la evolución estacional de los distintos parámetros físicos y químicos estudiados. (Figs. 5-14)

## 5.1 Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros que influye más directamente sobre el desarrollo de las comunidades en los lagos, tanto por su importancia intrínseca, como por el conjunto de procesos que condiciona. En los lagos de alta montaña su importancia se hace mucho mas patente, debido tanto a las condiciones térmicas particularmente rigurosas que estos sistemas han de soportar durante el periodo de cobertura de hielo, como por las considerables fluctuaciones estivales que se llegan a registrar (entre 1.5 y 21°C en nuestro estudio).

Según la bibliografía consultada sobre lagos subalpinos y alpinos (entre 1500 y 5500 m.), las temperaturas máximas alcanzadas en el periodo de deshielo oscilan entre -12 y 23°C. Respecto a los sistemas lacustres mas cercanos a los que podemos hacer referencia, concretamente los situados en los Pirineos, CAPBLANCO & LAVILLE (1968) registra una temperatura máxima en superficie de 20°C para los lagos del ma-

cizo de Neouville, con una altitud sobre los 2200 m. MARGALEF & al. (1975) calculan un margen máximo de temperatura superficial, para los lagos de la vertiente española de los Pirineos (entre 1600 y 2400 m.) de 21°C. En relación a Sierra Nevada MARTINEZ (1980) y CRUZ PIZARRO (1981) observan una temperatura máxima superficial para la laguna de La Caldera de 13 y 12.5°C respectivamente. En el conjunto de las observaciones realizadas por MORALES (1985) destaca una máxima de 25.3°C.

Aunque todas las lagunas objeto de este trabajo se encuentran situadas entre unos márgenes altitudinales muy próximos, como ya se ha indicado, las variaciones observadas en su régimen térmico (Fig. 1) creemos que podrían ser explicadas a partir de diferencias ligadas a:

- Morfometría. En un apartado del capítulo anterior en el que se comentan las características morfométricas de las lagunas estudiadas, se ponen de manifiesto las diferencias entre ellas. En efecto, existen lagunas relativamente profundas (de entre las que La Caldera es un buen ejemplo) y otras muy someras (Majano podría ser un representante típico). En las primeras, los bajos valores de la relación superficie/volumen "amortiguan" los cambios en la temperatura del lago, amortiguación que se pone de manifiesto en las diferencias observadas en el perfil térmico (CRUZ PIZARRO, 1981) debido a procesos de difusión de calor. Por el contrario, en las lagunas donde la relación anterior es más alta, se ven facilitadas condiciones de uniformidad térmica vertical y el sistema, como conjunto, sigue los cambios externos.

- Orografía. La situación de las lagunas respecto a las nume

rosas elevaciones de Sierra Nevada puede igualmente afectar a su régimen térmico, estableciendo diferencias en cuanto al periodo de insolación (así, la laguna de Aguas Verdes al estar situada al sur del Veleta y al este de la Arista, ve cortado su periodo de iluminación directa); o bien influyendo en su protección frente a los vientos dominantes que se acen túan al final del verano y cuya intensidad como factor predominante en el régimen térmico de los lagos de alta montaña ha sido repetidamente puesta de manifiesto.

- Dinámica hídrica. El aporte de agua a las lagunas se puede producir por tres vías distintas: deshielo directo, filtraciones y arroyos; los dos primeros casos van a ser los que más van a influir en la temperatura, ya que en determinados casos, los grandes ventisqueros situados en la propia depresión de la laguna son muy duraderos, proporcionando agua directamente del deshielo hasta principios de Septiembre, tal es el caso de la laguna Virgen Superior, ya que siendo una de las de más escaso volumen mantiene una temperatura bastante constante. La existencia de efluentes también es un factor importante a considerar (THOMASSON, 1956), ya que por ellos va a circular el agua superficial, que es la que recibe directamente las radiaciones solares y por la tanto la más cálida - (WETZEL, 1981). Así la laguna de Aguas Verdes, además de tener disminuido su periodo de insolación, tiene un importante efluente; ambos factores pueden contrarrestar su pequeño volumen, manteniendo así un régimen térmico no excesivamente oscilante a lo largo del verano.

Estos factores pueden explicar las diferencias de temperatura observadas en las distintas lagunas, como se puede ver en la fig. 1 , de la cual se pueden deducir basi-

camente dos distintos comportamientos frente a la temperatura.

Uno de ellos incluye, en general, lagunas de pequeño tamaño (las tres del valle de Río Seco, Virgen Media, Majano y Gemela), que en conjunto alcanzan las mayores temperaturas y por lo tanto son las que van a soportar cambios más drásticos con la llegada de la nueva temporada fría; las temperaturas máximas de estas lagunas están comprendidas entre 16 y 21°C. En el segundo grupo se incluirían lagunas de un volumen considerable de agua, a excepción de Virgen Superior. Se trata en concreto de: La Caldera, Aguas Verdes, Yeguas y Virgen Superior; son lagunas bastante frías en relación con las anteriores, con valores máximos que oscilan entre 11 y 17°C. La inclusión de Virgen Superior en este grupo lo entendemos en base a sus peculiares características de captación de agua.

Por lo general, en ambos grupos, las mayores temperaturas se suelen alcanzar entre finales de Agosto y principios de Septiembre

CRUZ PIZARRO (1981) considera la laguna de La Caldera como un lago de tipo subpolar; catalogación que creemos se puede hacer extensiva al resto de las lagunas de este macizo montañoso, ya que según YOSHIMURA (1936 in HUTCHINSON, 1957) este tipo corresponde a aquellos lagos cuya temperatura solo sobrepasa los 4°C en un pequeño periodo. En Sierra Nevada este periodo oscila entre 4-5 meses, dependiendo de las características climáticas del año.

## 5.2 Oxígeno

Dentro de los parámetros físico-químicos que se suelen medir en los estudios limnológicos, es el oxígeno disuelto uno de los más estudiados y que más información puede suministrar. Esto es debido fundamentalmente a dos motivos; por una parte la existencia de una técnica analítica sencilla y bastante precisa (CARPENTER, 1965) y por otra debido a que los resultados obtenidos, ya sea un mg O<sub>2</sub>/l o en valores de porcentaje de saturación nos ofrecen, junto a la medida intrínseca de la concentración de oxígeno, el grado de influencia de otros parámetros que afectan muy directamente a su solubilidad.

De acuerdo con LINGEMAN & al. (1975) la concentración de oxígeno viene dada por la interacción de procesos físicos, químicos y biológicos. Dentro de los físicos sin duda alguna quien más afecta al grado de solubilidad de oxígeno en el agua es la temperatura, ya que ambos factores están correlacionados de forma inversa. Hemos tratado de hacer mínima la influencia de las variaciones diarias de temperatura realizando los muestreos (como ya se comentó a la misma hora del día) ya que como indica THOMASSON (1956) en algunas situaciones estos cambios pueden ser tan drásticos que llegan a producir mezclas de ciclo diario en las lagunas poco profundas situadas a gran altitud.

El efecto del viento considerado como un parámetro físico importante en relación con la concentración de oxígeno, se comentará más adelante.

La influencia de los parámetros de naturaleza química estarían restringidos, fundamentalmente, al hipolim-

nion, ya que esta es la capa en la que se llevan a cabo los procesos de mineralización. Por tanto y debido a la naturaleza del presente estudio y a las características de las lagunas no hemos observado ningún tipo de déficit, que en principio pueda ser atribuido a estos fenómenos de naturaleza química.

El tercer factor a considerar correspondería a los procesos biológicos de fotosíntesis y respiración, cuyos efectos serán más notables en primavera y otoño cuando se producen las máximas de poblaciones algales. Así, ANDERSON (1970) y SCHINDLER & al. (1974) entre otros, observan altas concentraciones de oxígeno bajo el hielo en primavera, posiblemente sea debido a que, junto a una suficiente concentración de nutrientes, (BARICA & AMSTRONG, 1971) en esos momentos se funde la nieve acumulada durante el invierno que actúa como pantalla (BARICA, & al. 1983) y la luz es capaz de atravesar la capa de hielo, potenciándose así el proceso fotosintético.

Pensamos que, si bien los máximos en la concentración de oxígeno pueden relacionarse con máximos de producción primaria fitoplanctónica en lagos eutróficos y en el metalimnion de los oligotróficos; en la zona superficial de los lagos oligotróficos y en contacto con las comunidades litorales, estos incrementos de oxígeno se deben explicar, en la mayoría de los casos, a partir de otros caracteres tales como variación de la solubilidad debido a fluctuaciones térmicas, o difusión del oxígeno originado por los procesos de producción primaria de las comunidades litorales, en nuestro caso fundamentalmente briofíticas.

Para ilustrar estas relaciones antes comentadas, se representan en las figuras 2 y 3 los valores de oxígeno, tem

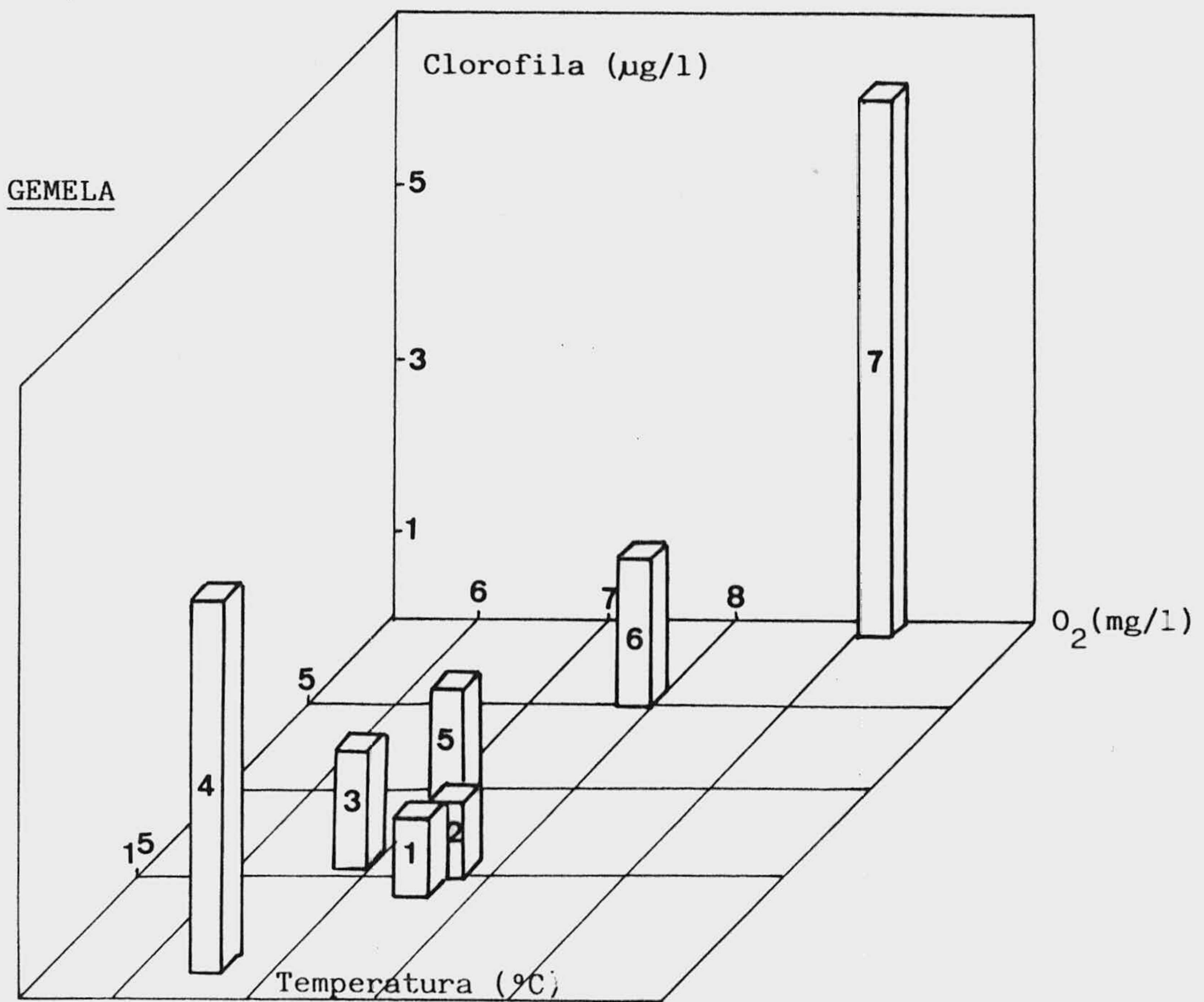
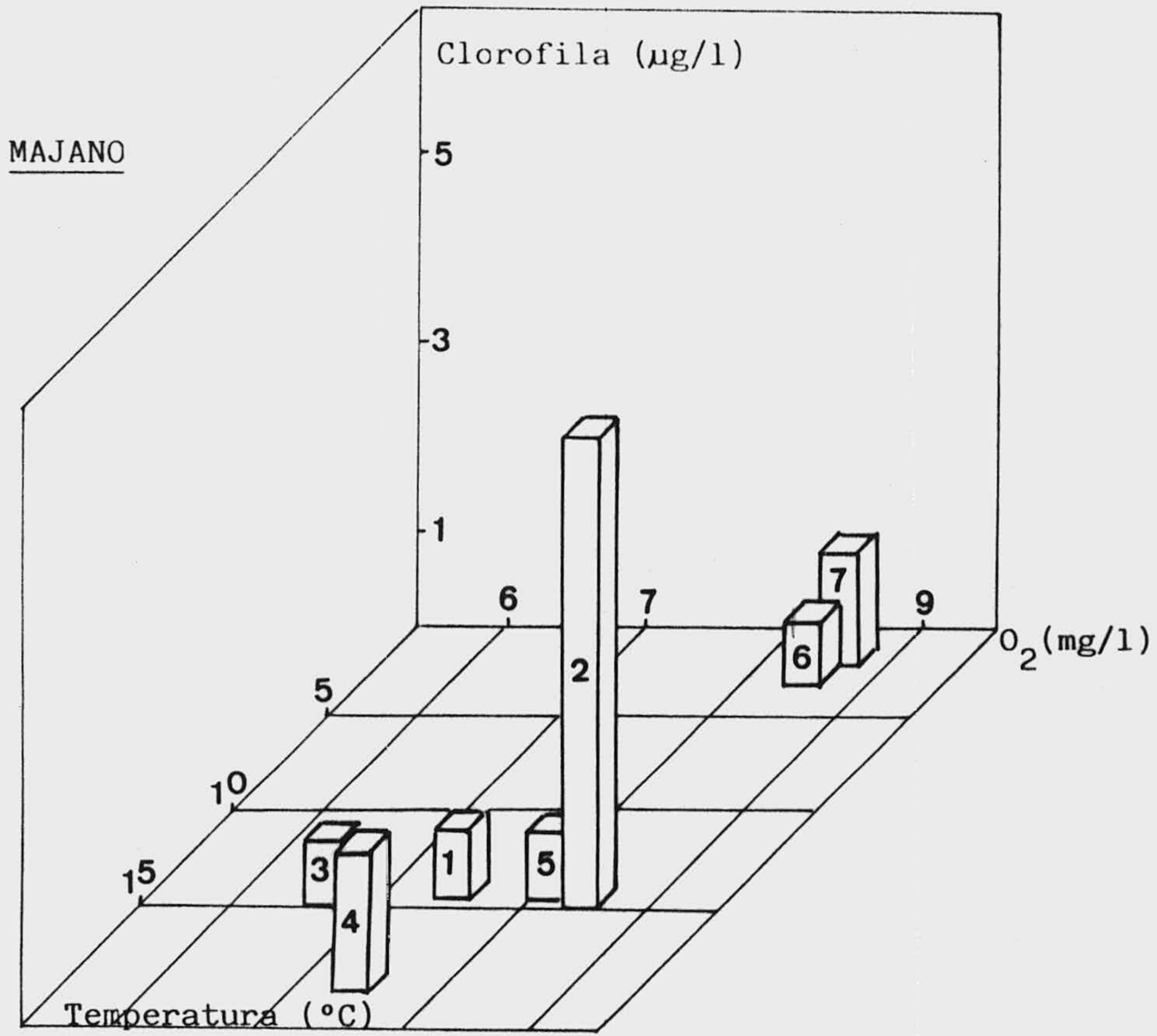
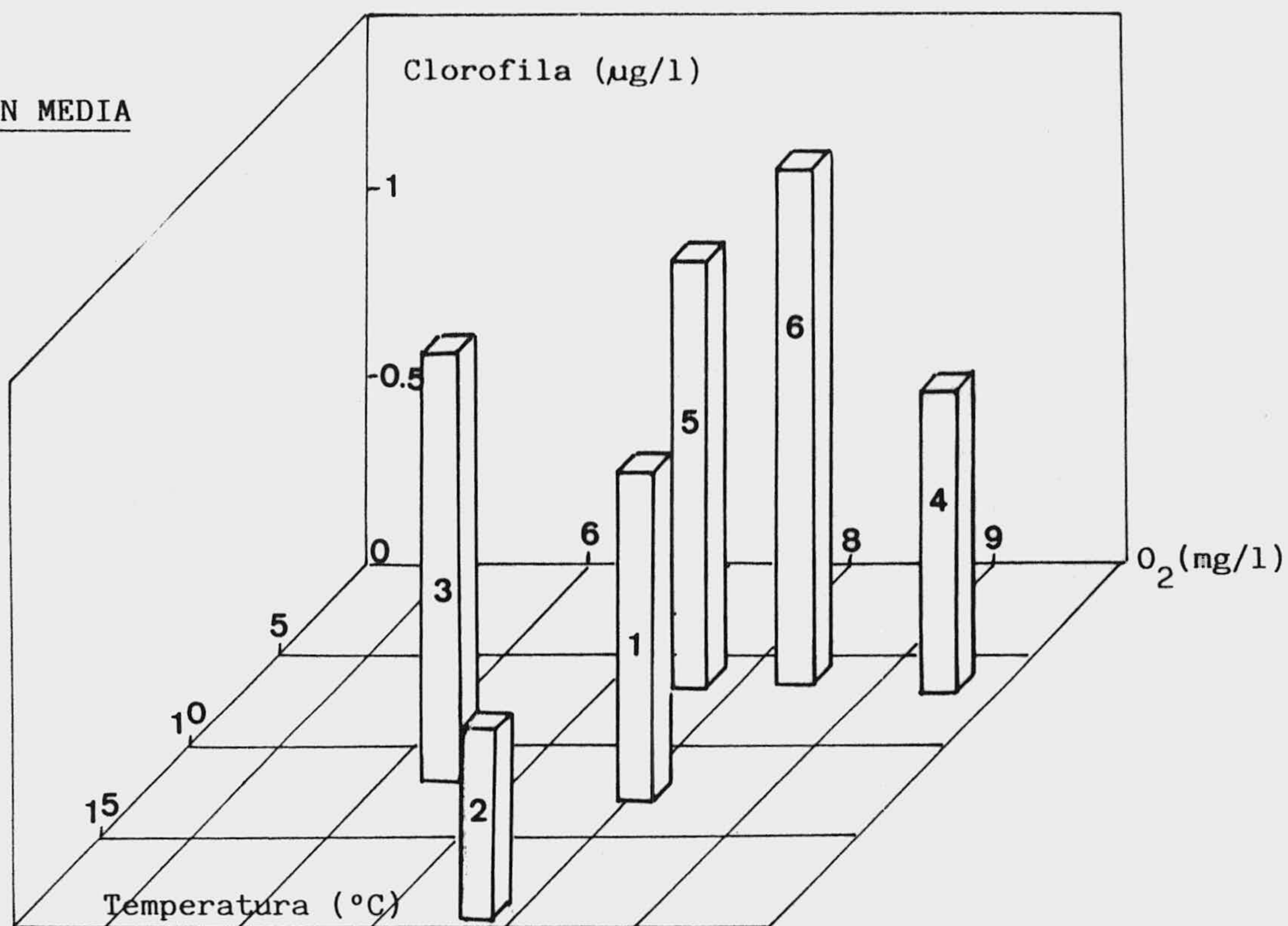


Figura 2.- Representación de los valores de clorofila, oxígeno y Temperatura en las Lagunas de Majano y Gemela.



VIRGEN MEDIA



CALDERA

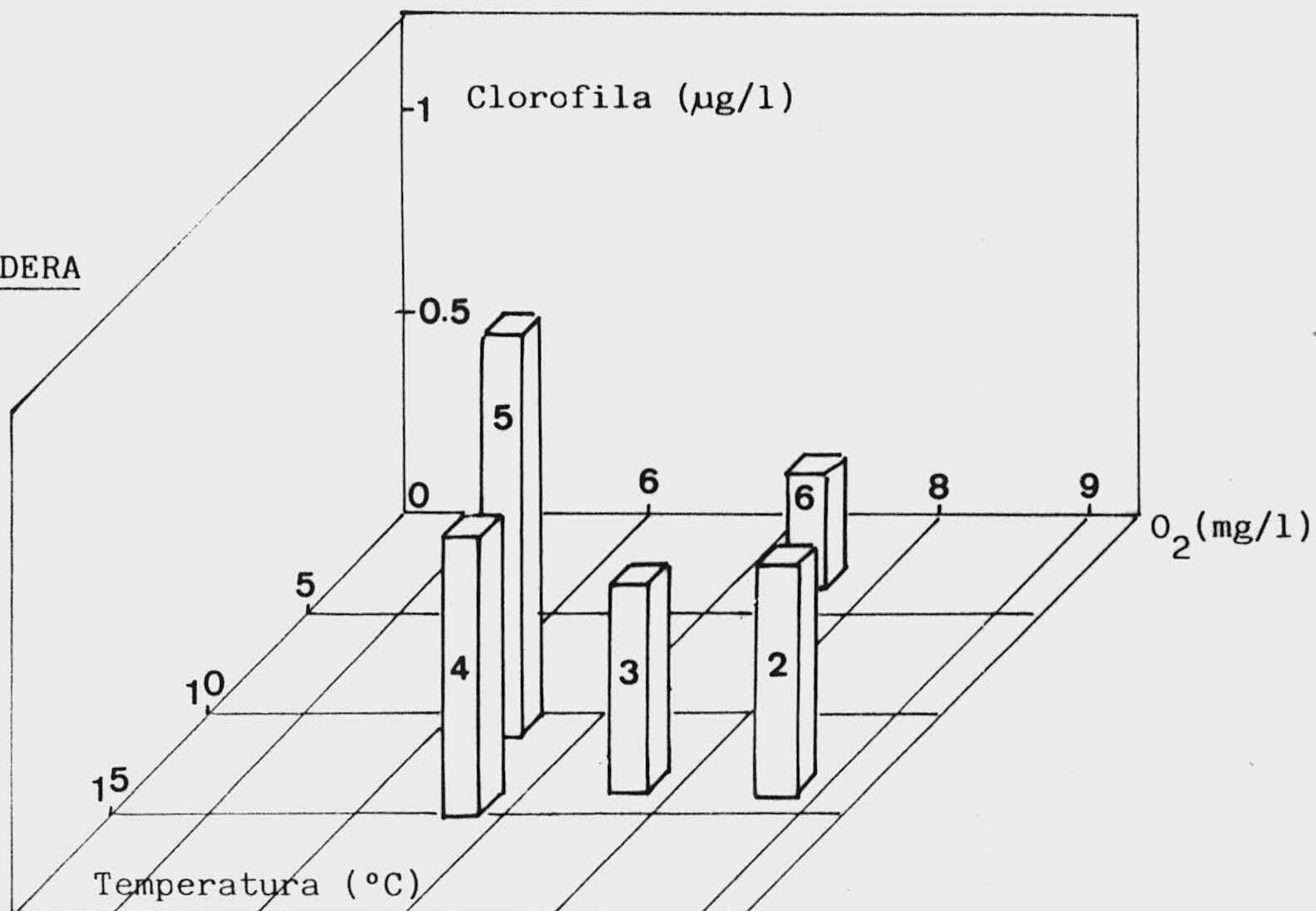


Figura 3.- Representación de los valores de clorofila, oxígeno y temperatura en las lagunas de Virgen Media y La Caldera.

peratura y clorofila, en los distintos muestreos, para cuatro de las lagunas estudiadas; en la figura 2 se representan -- estos valores para las lagunas de Majano y Gemela, donde pensamos que se puede dar una relación causa-efecto entre los - incrementos de clorofila y los de oxígeno en algunos muestreos, si bien en la laguna Gemela la diferencia de temperatura entre las dos últimas (6 y 7) quizás sea otro factor a tener en cuenta en este incremento de oxígeno. Del mismo modo en - la figura 3 se representan los mismos parámetros para las - lagunas de La Caldera y Virgen Media; en Virgen Media el gran incremento de oxígeno producido entre los muestreos 3 y 4 no se encuentra correlacionado con la actividad fotosintética - sino con un descenso en la temperatura y otro factor físico que comentaremos más adelante. En La Caldera entre los muestreos 4 y 5 donde se producen los máximos fotosintéticos apenas se observa incremento en la cantidad de oxígeno, mientras que entre 5 y 6 cuando la clorofila desciende casi 2/3 y la temperatura pasa de 12 a 3°C se observa un fuerte incremento en su concentración, el cual podría ser atribuido al incre--mento de su solubilidad como consecuencia de esta disminución de la temperatura.

En la bibliografía consultada referente a lagos de gran altitud se observa una elevada concentración de oxígeno en sus aguas superficiales, PECHLANER (1966), CAPBLANCQ & LA-VILLE (1968), MAEDA & ICHIMURA (1973), FERRARI & al. (1975), entre otros, describen concentraciones entre 7 y 11 mg O<sub>2</sub>/l, observándose valores de hasta 14 mg O<sub>2</sub>/l (LARSSON, 1973); ob-servaciones que en líneas generales se encuentran dentro del rango de los valores que nosotros hemos detectado (Tabla 4).

La evolución estacional del oxígeno disuelto a

lo largo del periodo estudiado, muestra en la mayoría de las lagunas un patrón que, en líneas generales, puede ser explicado a través de su solubilidad a diferentes temperaturas. Así, a comienzos del verano y coincidiendo con la época inmediatamente posterior al deshielo, la concentración de oxígeno presenta inapreciables fluctuaciones. Tan sólo en las lagunas de La Caldera (Fig. 12 ) y Majano (Fig. 14 ) se ha observado un incremento en la concentración de oxígeno entre los dos primeros muestreos realizados, el cual se sitúa en ambos casos en torno a  $1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ . En el primer caso, al ser la laguna de La Caldera la de mayor profundidad de las estudiadas, podríamos pensar que sea la mezcla subsiguiente al deshielo la responsable del descenso en el nivel de saturación de oxígeno, siendo concretamente este carácter el responsable del incremento de oxígeno observado. CRUZ PIZARRO (1981) pone de manifiesto que, aunque no se llega a establecer una marcada estratificación térmica inversa, sí que es notable la existencia de un gradiente térmico superficie-fondo.

Un caso distinto es el que se produce en Majano, donde parte del incremento observado se podría explicar, como antes se ha indicado, debido a un fuerte aumento de la actividad fotosintética, ya que la concentración de clorofila aumenta de forma muy importante, de  $0.69 \mu\text{gr}/\text{l}$  a  $5.14 \mu\text{gr}/\text{l}$ .

Aproximadamente hacia la mitad del periodo de estudio y coincidiendo con la época de máximas temperaturas, se alcanzan los valores mínimos de oxígeno de todo el periodo, que han oscilado entre  $5.2$  y  $7.5 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ; si bien una serie de lagunas situadas en dos valles muy cercanos presentan valores muy elevados en este periodo, e incluso dos de ellas registraron las más altas concentraciones de oxígeno.

no de todas las observadas: 11.1 mg O<sub>2</sub>/l en Virgen Superior y 9.6 mg O<sub>2</sub>/l en Virgen Media.

Al final del periodo de muestreo, coincidiendo con un descenso generalizado de las temperaturas se produce un nuevo incremento de las concentraciones de oxígeno, cerrándose el ciclo de estudio en algunas lagunas con los valores máximos observados, que a su vez corresponden con los mínimos de temperatura.

De forma repetida se ha comentado la gran influencia que presenta la temperatura sobre la solubilidad del oxígeno en el agua, esta influencia se puede medir a través del porcentaje de saturación del oxígeno en el agua. Debido a la naturaleza gaseosa del oxígeno, su grado de solubilidad también se verá afectado por la presión a la que se encuentra sometida la masa de agua, de aquí la importancia de establecer una corrección altitudinal.

En principio los cambios en la solubilidad del oxígeno se relacionan, y en buena parte se deben, a las diferencias de temperatura entre muestras sucesivas, de forma que los mínimos de solubilidad se van a alcanzar en el periodo más cálido, a finales de agosto, estando comprendidos en la mayoría de los casos entre 90-100%. Los incrementos de la concentración de oxígeno comentados a principios de Septiembre en las lagunas de Virgen Superior y Virgen Media también van a producir aumentos en el porcentaje de saturación que se sitúa entre 110 y 120%. Al final del periodo cuando las temperaturas bajan drásticamente y se incrementa de forma notable la concentración de oxígeno, el % de saturación sigue de forma más o menos paralela a los valores de concentración de oxígeno.

### 5.3 Alcalinidad y pH.

De todas las características físico-químicas del agua, tal vez sean el pH y la alcalinidad donde la influencia de la naturaleza de la cuenca de drenaje se muestre más evidente, aunque no cabe duda que los procesos que resultan de la actividad biológica también van a influir sobre ambos parámetros, siendo en ocasiones claramente relacionables las variaciones de pH y alcalinidad con los procesos resultantes de esta actividad biológica. Son los de producción fundamentalmente los procesos que más influyen en este sentido como indican ANDERSON (1970) y BALVAY & BLAVOUX (1981) entre otros, aunque pensamos que esta influencia donde se debe apreciar más claramente es en la zona pelágica libre de las influencias de las comunidades litorales: pfiton, pecton y macrófitos, y más claramente en los estratos metalimnéticos. Así -- CAPBLANCO & LAVILLE (1968) comparan la evolución del pH en el lago Port-Bielh en superficie y a una profundidad de 13 m. y observan que mientras que en la capa superficial, la evolución a lo largo del ciclo anual no sigue un modelo determinado sino que presenta pequeñas oscilaciones con una base temporal más o menos corta, a la profundidad de 13 m. su evolución muestra un patrón claramente definido, aumentando desde principio del ciclo hasta el mes de Agosto para luego disminuir progresivamente hasta final del periodo libre de hielo, quizás como consecuencia de los procesos de producción primaria.

En nuestro caso la presencia de un sustrato silíceo sobre el que se sitúan las lagunas determina, en líneas generales, un tipo de agua débilmente mineralizada y con valores de pH ligeramente ácidos o próximos a la neutralidad;

aunque debido a su carácter poco tamponado se van a registrar, en determinadas situaciones, bruscas oscilaciones de sus valores.

Estos caracteres (baja mineralización y pH próximo a la neutralidad) se ven reforzados por la relativa inaccesibilidad de buena parte de las lagunas, lo que les ha permitido mantenerse alejadas de fuentes de contaminación antropica.

De las lagunas estudiadas, tan solo las de Majano y las Yeguas presentan aguas alcalinas con valores medios de pH que superan ligeramente la neutralidad (7.4 y 7.1 respectivamente). Tabla 4 que corresponden, como era de esperar, con los valores más altos de reserva alcalina (Tabla 4). Hemos de comentar que en la laguna de las Yeguas, la de mayor reserva alcalina: 0.56 meq/l de media, sus valores aumentan progresivamente a lo largo del ciclo de estudio. Creemos que esta situación se puede explicar en base a dos hechos:

- El máximo de producción primaria se produce al principio del ciclo (primer muestreo), siendo claramente superior al resto de los observados.
- La cuenca sobre la que se encuentra situada esta laguna ha sido transformada por la creación de una presa, para la construcción de la misma se introdujeron materiales ajenos a los que constituyen la cuenca, siendo continuamente lavados por los afluentes de la laguna, incrementándose así su reserva alcalina a lo largo del ciclo.

El resto de las lagunas estudiadas presentan unos valores de pH más bajos, estando comprendidas sus medias entre 6.3 de Virgen Media y 6.8 de La Caldera, y Río Seco Inferior.

rior, presentando oscilaciones que no son explicables exclusivamente en función de las características tróficas del medio en cada momento. Sólo en tres lagunas se producen oscilaciones significativas de sus valores de pH, en todos los casos al principio del ciclo (entre el primer y segundo muestreo), estas lagunas son Río Seco, Río Seco Inferior y Aguas Verdes (Tabla 4). La explicación de estas variaciones se puede enfocar desde distintos factores, así en Río Seco posiblemente vengan dadas por los grandes cambios de producción primaria fitoplanctónica producida entre ambos muestreos; mientras que en las otras dos lagunas debemos recurrir a otras justificaciones para explicar estas bruscas oscilaciones de pH, posiblemente los factores que más influyan sean aquellos procedentes de las comunidades litorales y que debido al pequeño volumen de ambas lagunas se difundan rápidamente hacia la zona planctónica.

Respecto a la alcalinidad de las lagunas, a excepción de tres todas oscilan entre valores medios de 0.16-0.31 meq/l (Tabla 4) no presentando grandes variaciones a lo largo del ciclo anual. Los tres casos mencionados corresponden a Yeguas, anteriormente comentado, Río Seco con un valor medio extremadamente bajo (0.09 meq/l), pensamos que, dado que la producción primaria en esta laguna es relativamente alta, comparada con el conjunto de las estudiadas, su consumo por parte del fitoplancton es muy importante, llegando a observarse en ocasiones valores extremadamente bajos (0.06 meq/l). El tercer caso comentado sería el opuesto al anterior ya que se da en la laguna de Virgen Superior, con un valor medio de 0.43 meq/l, siendo esta una laguna que presenta una población fitoplanctónica muy poco numerosa, la cual lógica-

mente necesitará poca cantidad de carbono inorgánico para su desarrollo.

La cantidad de carbono inorgánico total presente en el medio se ha calculado de forma indirecta (MARGALEF, -- 1983) a través de los valores de pH y alcalinidad, variando sus concentraciones medias en las lagunas estudiadas entre 2.4-10.9 mg C/l, correspondiendo el valor mínimo a Río Seco, que presentaba los mínimos valores de alcalinidad, y los máximos de 10 y 10.9 mg C/l a Yeguas y Virgen Superior respectivamente.

#### 5.4. Nutrientes

Aunque es evidente la importancia de los parámetros físico-químicos hasta ahora comentados en la composición específica de la comunidad fitoplanctónica, son los factores que comúnmente se incluyen bajo el término genérico de nutrientes, compuestos derivados de carbono, nitrógeno, fósforo y silicio, los que con más frecuencia van a determinar la velocidad de los procesos biológicos que darán origen a unas poblaciones establecidas en base a la relación demanda-suministro, por lo que en determinadas situaciones sus bajas concentraciones van a limitar el desarrollo de la comunidad fitoplanctónica y por lo tanto adquieren el papel de factores limitantes.

Mientras que se reconoce de forma general la importancia de los intercambios gaseosos en la interfase aire-agua para las variaciones de los elementos derivados del carbono y del nitrógeno, ya que ambos se encuentran presentes en la composición atmosférica, no ocurre así para el fósforo



y el silicio. Exceptuando estas entradas particulares, en general se pueden considerar que los nutrientes presentan las siguientes fuentes comunes de entrada al lago. Una de ellas sería la precipitación, especialmente importante para el nitrógeno y el fósforo, ya sean acuosas o en forma de nieve, - la cual contendrá por una parte aquellas sustancias procedentes de reacciones químicas de origen atmosférico y por otra aquellas que quedan en suspensión debido al viento, agente - que también puede llegar a tener cierta importancia, ya que por una parte contribuye a mantener en suspensión pequeñas - partículas, mientras que por otra, mediante su propia actividad, puede llegar a depositarlas directamente sobre la superficie del lago.

Otra fuente de entrada, también de gran importancia, es la producida por el drenaje de la cuenca, tanto de origen superficial como subterráneo; la cantidad de nutrientes que se suministre mediante este procedimiento vendrá dada por la naturaleza y características de cada una de las cuencas. Al ser el sustrato de las lagunas de naturaleza silíceas, pensamos que ésta debe ser la fuente fundamental de entrada de sílice al sistema, así como de otros nutrientes, pero en mucho menor proporción.

Pasamos a comentar los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de fósforo, nitrógeno y silicio en cada uno de los sistemas estudiados, así como su evolución estacional.

#### 5.4.1. Fósforo

Se ha estudiado el fósforo presente en el medio en forma de ortofosfatos, fracción asimilable por las algas. Los valores de estos compuestos en lagos alpinos y subalpinos son normalmente bajos y suelen variar entre márgenes bastante estrechos. PENNAK (1958) considera que la concentración de fósforo presente en los lagos depende fundamentalmente de la "edad" del agua contenida en la cubeta lacustre; de la distancia y el periodo de tiempo que el agua ha estado en el sistema de flujo y de la cantidad de fosfato, tanto de origen orgánico como inorgánico, que es arrastrado por el agua al interior de la cuenca.

Este autor considera que la cantidad de fósforo que entra al ecosistema a través de precipitaciones atmosféricas (lluvia y nieve) es mínima. Por otra parte GROTERUD (1972) analiza la concentración de fosfatos en el hielo, afluentes, nieve y agua del lago, en un lago de alta montaña de Noruega, observando que son siempre superiores en los dos primeros. Resultados semejantes obtienen BARICA & AMSTRONG (1971) en pequeños lagos al N.O. de Ontario. De estos resultados se desprende que el hielo es la principal fuente de entrada del fósforo al sistema, probablemente actuando como un acumulador durante el tiempo que el agua permanece en estado sólido, fósforo que posteriormente se liberará al agua del lago después de la fusión. Esta entrada de fósforo consideramos que es de fundamental importancia en los lagos que, durante gran parte de su ciclo, permanecen cubiertos por una capa de hielo.

La excreción del zooplancton, cuya importancia en la regeneración del fósforo inorgánico ha sido puesta de

manifiesto por SCHINDLER & LEAN (1974) y EJSMONT-KARABIN -- (1983) entre otros, pudiera contribuir a explicar las variaciones en la concentración de fósforo en el agua. Pensamos que este proceso, en los lagos oligotróficos, de alta montaña, pudiera revestir una importancia adicional al acelerar la tasa de renovación de este elemento.

En cuanto a los resultados obtenidos, hemos de destacar en primer lugar que algunos de sus valores de concentraciones para ciertas lagunas son relativamente elevados si los comparamos con los de otros lagos alpinos. Pensamos que esta diferencia es debida al menos, en parte, a la naturaleza de nuestro trabajo, centrado en el estudio de la zona litoral de pequeños cuerpos de agua, mientras que los estudios antes aludidos han sido realizados en medios pelágicos de grandes lagos alpinos. El rango general de los valores medios obtenidos oscila entre los 2.07 y 3.1  $\mu\text{gr P/l}$  para las lagunas de Virgen Media, Caldera, Yeguas y Virgen Superior y los 35.07 de Río Seco Inferior.

En cuanto a la evolución del fósforo inorgánico reactivo en las lagunas estudiadas se puede observar, como norma general, que el máximo de concentración de este elemento se detectó en el primer muestreo, cuando aun existía hielo en la superficie del agua (Tabla 4); observaciones semejantes han sido realizadas por PECHLANER (1966), MALUEG & al. (1972), LARSON (1973) y FERRARI & al. (1975) entre otros.

En las lagunas de La Caldera, Yeguas, Aguas Verdes y Virgen Superior solo se detectó la presencia de fósforo en este periodo inicial de deshielo, con concentraciones comprendidas entre 12.4-18.6  $\mu\text{gr P/l}$ . Los valores medios observados a lo largo del periodo de estudio varían entre 2.55

$\mu\text{gr P/l}$  de La Caldera, los  $3.1 \mu\text{gr P/l}$  para Virgen Superior y Yeguas, y los  $3.54 \mu\text{gr P/l}$  de Aguas Verdes.

En Virgen Media, una pequeña laguna cuyas peculiaridades morfométricas ya han sido comentadas, solo hemos detectado la presencia de fosfatos:  $12.4 \mu\text{gr P/l}$  en un muestreo, hacia la mitad del periodo de estudio, concretamente el 27-VIII-1984. Este carácter parece repetirse de forma cíclica, ya que MORALES (1985) lo detecta igualmente hacia mediados del ciclo durante 1981. (Fig. 7)

Otro grupo de lagunas (Ríos Seco Superior y Majano, figs. 9 y 14) presentan un comportamiento distinto en cuanto a la evolución de este elemento. En ambos casos se detectó fósforo a principio y final del ciclo, aunque en distintas concentraciones. En Río Seco Superior, varía entre los  $12.4 \mu\text{gr P/l}$  medidos a principio de ciclo y los  $18.6 \mu\text{gr P/l}$  medidos a final. En Majano la concentración de este elemento es más elevada, así del primer al segundo muestreo varía entre  $18.6$  y  $43.4 \mu\text{gr P/l}$ , no volviéndose a detectar hasta final del ciclo con un valor de  $14.4 \mu\text{gr P/l}$ . En ambas lagunas este incremento final de fósforo se corresponde con incrementos en las densidades de las poblaciones de diatomeas en Río Seco Superior y de cianofíceas en Majano.

Un último grupo estaría formado por tres lagunas: Gemela, Río Seco y Río Seco Inferior, en las que el fósforo está presente en todos los muestreos. En Río Seco el valor máximo se observa en el segundo muestreo, con  $21.4 \mu\text{gr P/l}$ , presentando un valor medio a lo largo del ciclo de  $13.7 \mu\text{gr P/l}$ ; mientras que en Gemela el valor máximo detectado fue de  $28.8 \mu\text{gr P/l}$  y la media de  $13.3 \mu\text{gr P/l}$ . Río Seco Inferior -

es la laguna que mayor concentración de fósforo ha mostrado, y a excepción del primer muestreo, todos los demás superan los 35  $\mu\text{gr P/l}$ , con un valor medio de 35.07  $\mu\text{gr P/l}$ . Esta elevada concentración de fósforo puede, al menos en parte, ser explicada por tratarse de una laguna muy poco profunda, con un sedimento muy fino, con frecuencia en suspensión en el agua; cuyas orillas se encuentran sometidas a una fuerte presión de pastoreo y fundamentalmente porque su comunidad zooplanctónica está dominada por especies de rotíferos (MORALES, 1985), una fracción del zooplancton que según EJSMONT-KARABIN (1983) presenta, en sus productos de excreción los valores más bajos en la relación N/P. Como se comentará más adelante, parece ser el nitrógeno, antes que el fósforo, el factor limitante en el desarrollo de la comunidad fitoplanctónica de esta laguna.

La actividad cultural (zona de recreo y pastoreo) parece ser el factor que más directamente influye sobre el contenido en fósforo de estas tres lagunas. (Fig. 10, 11 y 13)

#### 5.4.2. Nitrógeno

Las distintas entradas del nitrógeno al agua de los lagos alpinos, en principio se las puede asimilar a las de fósforo. En primer lugar las que se derivan de la naturaleza de la cuenca, en segundo lugar aquellas procedentes de los distintos tipos de precipitaciones y por último las fuentes endógenas del ecosistema: mineralización y las relacionadas con los procesos de excreción del zooplancton. Según AXLER et al. (1981), la fracción nitrogenada más importante de la excreción del zooplancton es el amonio, mientras que -

en los análisis de hielo y nieve, no predomina claramente -- ninguna fracción del nitrógeno, aunque nitratos y nitritos -- son el componente mayoritario, tal como indican BARICA & AMSTRON (1971), GROTERUD (1972) y MALUEG & al. (1972) entre otros.

Además de estas fuentes, comunes a las de fósforo, la asimilación directa del nitrógeno molecular por parte de las cianofíceas constituye una fuente de entrada más específica. Aunque tradicionalmente solo se incluyen como especies fijadoras de nitrógeno aquellas que presentan heterocistos, en algunas ocasiones es patente la actividad fijadora -- de muchas especies de las familias Chroococcaceae y Oscillatoriaceae. (STEWART, 1973).

Aunque es relativamente fácil observar que descensos en la concentración de fósforo se corresponden con incrementos en la producción primaria (estimada a partir de la -- concentración de clorofila), tal relación no resulta tan directa ni fácil de establecer en el caso del nitrógeno cuando se mide en forma de nitratos. Pensamos que esto es debido -- porque, por una parte, las concentraciones observadas de nitrógeno, en forma de nitratos, son en general relativamente altas comparadas con las de fósforo, por lo que la fracción asimilada por el fitoplancton no va a producir, por lo general, un drástico descenso, en la cantidad total de nitratos en el medio. Por otra parte la única fracción de fósforo asimilable por las algas son los ortofosfatos, mientras que el nitrógeno es asimilable, no solo como nitratos sino también en forma de nitritos y amonio, fracciones que aunque no detectadas por los métodos analíticos utilizados, deben representar una pequeña fuente de nitrógeno asimilable por las algas.

Los valores medios para todas las lagunas oscilan entre 12 y 50.8  $\mu\text{gr N-NO}_3/\text{l}$ . Respecto a su evolución se observan tres tendencias en el conjunto de las lagunas; una de ellas, la más general, observada en las lagunas de Río Seco Inferior, Río Seco, Yeguas, Caldera y Virgen Superior, se inicia con valores muy bajos que se van incrementando hacia mediados del ciclo de estudio, para decrecer paulatinamente hasta el final del mismo. Esta tendencia podría responder a procesos de mineralización del nitrógeno orgánico, ya que sus valores máximos se sitúan, por lo general, coincidiendo con los más altos de oxígeno y temperatura. Es interesante reseñar que en la laguna de la Caldera los mayores valores de nitratos se consiguen cuando empieza su desarrollo la población de Cyanarcus alcanzándose un valor máximo de 109  $\mu\text{gr N-NO}_3/\text{l}$ , uno de los mayores observados en todas las lagunas, siendo el valor medio de todo el periodo de estudio de 50.8  $\mu\text{gr N-NO}_3/\text{l}$ , el más elevado de los registrados. (Fig. 12).

En las lagunas de Majano, Gemela y Virgen Media, se observa otra tendencia, la cual consiste en un notable incremento de los valores de nitratos hacia el final del periodo de estudio; algo semejante fue observado por FERRARI & al. (1975) en el lago Magiore (Figs. 7, 13 y 14).

CAPBLANCO Y LAVILLE (1968) observan en el lago Port-Bielh, que el incremento de nitratos se produce cuando son máximas las concentraciones de oxígeno y alcalinidad como consecuencia de la producción primaria; en estas tres lagunas no hemos observado tal correlación, si bien el incremento de final de ciclo medido en estas lagunas coincide con el de oxígeno, pero este aumento en la concentración de oxígeno no debe ser exclusivamente de naturaleza biológica, ya

que también ha de influir en su incremento las bajas temperaturas que alcanza el agua en este periodo, permitiendo una mayor solubilidad de oxígeno, como hemos comentado en la evolución estacional de este elemento.

La relación N/P se muestra especialmente baja en la generalidad de las lagunas estudiadas, pudiendo considerarse como valor medio el de 10:1 (Fig. 4), siendo La Caldera quien presenta una relación mayor y Virgen Media y Aguas Verdes menor. Consideramos que estos bajos valores, no se deben tanto a una elevada concentración de fosfatos, sino más bien al escaso nitrógeno en forma de nitratos que se ha detectado, hecho que posiblemente sea debido a los procesos de asimilación de las comunidades bentónicas y de macrófitos que compiten fuertemente por los nutrientes en esta zona de ecotonía litoral. Parece un hecho generalizado que la relación N/P en las masas de agua de cubeta silícea sea relativamente baja (MARGALEF & al., 1975; MARGALEF & al., 1977; TOJA 1980), debido fundamentalmente a la ausencia o a la poca cantidad de calcio (MARTINEZ, 1984 de entre 2,2-3,7 mg Ca/l para La Caldera) - lo que limita la formación de sales entre los radicales fosfatos y los cationes calcio, como ocurre en aquellas otras masas de agua de naturaleza caliza, donde estas sales adquieren gran importancia actuando como un sistema de captación de fósforo inorgánico.

#### 5.4.3. Silicatos

Si bien carbono, fosforo y nitrógeno se pueden considerar macronutrientes de forma generalizada, para el grupo de las algas, el silicio solo se puede considerar como



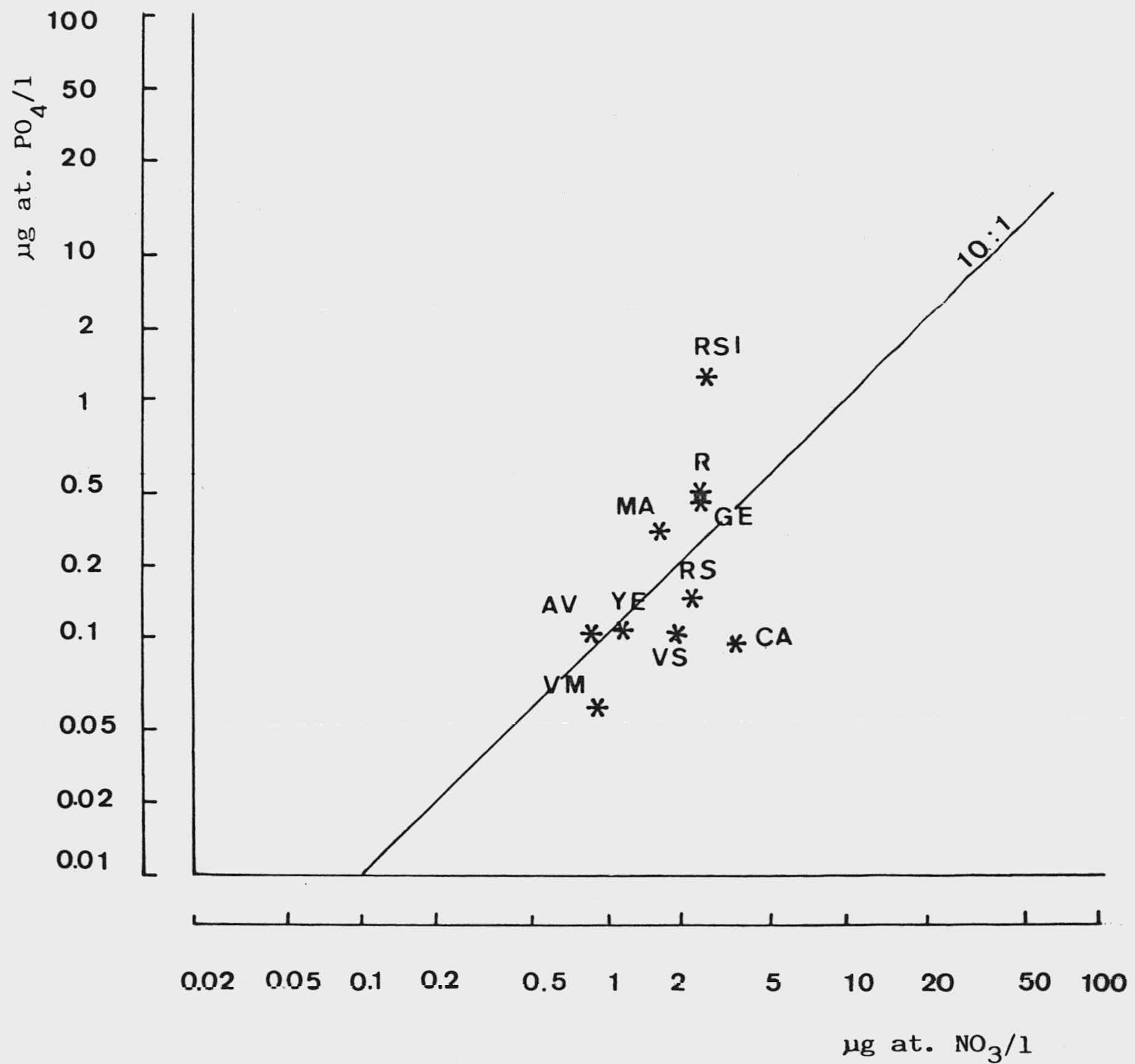


Figura 4.- Relación entre los valores medios de concentración de nitratos y fosfatos en las lagunas estudiadas.

tal en el caso de las diatomeas y en menor medida a las chrysofíceas, ya que en la formación de sus estatosporas interviene este elemento en gran cantidad.

En cubetas lacustres como las que estamos tratando, situadas sobre rocas de naturaleza silíceas, la sílice no debe ser, en principio, un factor limitante y sólo en ocasiones muy puntuales llega a estar en cantidades críticas para el desarrollo de la actividad biológica.

Los valores medios encontrados para las distintas lagunas oscilan entre los 0.31 mg Si/l y los 1.3 mg Si/l, -- valores, en general situados en el rango inferior de los que se citan como normales para este tipo de lagos, por lo que -- creemos que algún proceso, distinto del habitual de subsaturación de sílice debido a la absorción superficial del ácido silícico que reduce su solubilidad (STOBER 1967 in WETZEL, - 1981), pudiera actuar sobre estas aguas.

La evolución estacional observada, solo presenta marcadas fluctuaciones en aquellos lagos cuyo porcentaje de diatomeas planctónicas es importante, mientras que en aquellos otros en los que estos organismos no se desarrollan de forma importante, la evolución a lo largo del ciclo estacional presenta solo inflexiones muy poco marcadas. Esta última situación es la que se presenta en las lagunas de Virgen Superior, Rio Seco, Caldera, Virgen Media, Gemela y Aguas Verdes. De este grupo de lagunas, la que presenta menor cantidad de sílice es la laguna de La Caldera, con un valor medio de 0.31 mg Si/l; esta situación era de esperar si tenemos en cuenta que según WETZEL (1981) los procesos biológicos de reciclaje de la sílice, al parecer adquieren mayor significado

en las charcas someras productivas que en los lagos profundos y la laguna de La Caldera es la de mayor volumen y profundidad de todas las estudiadas.

El otro conjunto de lagunas está formado por Yeguas, Río Seco Superior, Río Seco Inferior y Majano que experimentan marcadas fluctuaciones a lo largo del ciclo estudiado. Las dos últimas aunque muestran estas fluctuaciones en su contenido de sílice, no presentan sin embargo poblaciones de diatomeas planctónicas importantes, son las lagunas de menor profundidad y posiblemente presenten un metabolismo de la sílice muy acelerado. Respecto a la laguna de las Yeguas hay que destacar que es la única que su fitoplancton está dominado por una diatomea: Synedra rumpens, la cual es claramente dominante más de la mitad del ciclo estudiado, siendo la inflexión más marcada en la concentración de sílice, la observada cuando se produce el máximo de esta especie. Río Seco Superior es una de las lagunas que presenta menor concentración de este nutriente, llegando a presentar tan solo 0.06 mg Si/l en el último muestreo, cuando se produce un claro incremento en su población de Cyclotella ocellata.

La relación N/P es un cociente muy conocido y relativamente usado en los estudios limnológicos, sin embargo no ocurre así con el cociente Si/P, el cual apenas es utilizado en este tipo de estudios. Los recientes trabajos de TILMAN (1982), KILHAM & KILHAM (1982) y TILMAN & al. (1984) demuestran mediante estudios experimentales, tanto de campo como de laboratorio, la importancia de la relación atómica Si/P en la regulación de las poblaciones algales, así para valores altos de la misma: 350-500 la comunidad es totalmente dominada por diatomeas; para valores intermedios: 50-100

resultan comunidades formadas por mezclas de especies pertenecientes tanto a algas verdes como a diatomeas; por último, y a valores muy bajos de esta relación: 1-10, las algas verdes son las que dominan la comunidad.

Calculando los valores de esta relación en las lagunas estudiadas obtenemos cuatro grupos:

- 1) 533 para la laguna de las Yeguas, que como ya hemos comentado presenta la mayor parte de su ciclo dominado por diatomeas.
- 2) 333-391 para las lagunas de Virgen Superior y Virgen Media respectivamente; en las cuales aunque no domina claramente ninguna especie, en la mayor parte de su ciclo las diatomeas constituyen mas del 50% de su población.
- 3) 120-192 presentan Aguas Verdes, Caldera, Majano y Río Seco Superior. En ellas las diatomeas son importantes en las poblaciones de principio y final de ciclo, aunque en Aguas Verdes (192) también presentan gran importancia hacia el centro del periodo.
- 4) 24-71 para Río Seco, Río Seco Inferior y Gemela; tres lagunas cuyas comunidades se encuentran dominadas por algas verdes y donde las diatomeas no juegan un papel relevante.

Tabla 4.- Valores obtenidos en los análisis físico-químicos realizados en las lagunas de Las Yeguas, Virgen Superior y Virgen Media.

Lagunas	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno (mg/l)	Oxígeno (% saturación)	Alcalinidad (meq/l)	Carbono inorg. (mg/l)	Fosfatos (ug P-PO <sub>4</sub> /l)	Nitratos (ug N-NO <sub>3</sub> /l)	Silicatos (mg Si/l)
<b>Yeguas</b>									
23-07-1984	9	7.7	7.63	95	0.21	2.83	18.6	ND	0.84
17-08-1984	17	7.2	7.47	112	0.37	5.08	ND	8.4	1.15
27-08-1984	14	6.9	6.65	95	0.41	7.51	ND	14.0	0.95
19-09-1984	13	6.7	9.30	128	0.65	13.33	ND	28.0	1.48
09-10-1984	8	6.8	7.02	85	0.74	15.15	ND	42.0	1.76
26-10-1984	6	7.1	8.45	98	0.96	16.32	ND	7.0	1.88
valores medios	11.17	7.06	7.75	102.17	0.56	10.00	3.1	15.4	1.34
<b>Virgen Superior</b>									
23-07-1984	8	7.0	8.62	105	0.61	11.02	18.6	ND	0.81
17-08-1984	12	6.7	8.37	110	0.35	7.25	ND	26.6	0.89
27-08-1984	7	6.7	7.63	90	0.35	7.60	ND	35.0	0.92
19-09-1984	6	6.2	11.09	125	0.38	16.46	ND	63.0	1.06
09-10-1984	5	6.3	7.73	87	0.42	14.28	ND	40.5	1.00
26-10-1984	4	7.0	8.88	95	0.47	8.95	ND	ND	0.89
valores medios	7.00	6.64	8.72	102.00	0.43	10.9	3.1	27.5	0.93
<b>Virgen Media</b>									
01-08-1984	13	6.0	8.05	105	0.14	6.31	ND	ND	0.53
17-08-1984	20	6.7	7.88	120	0.18	3.44	ND	7.0	0.56
27-08-1984	12	6.5	6.57	87	0.20	4.55	12.4	35.0	0.53
19-09-1984	7	5.9	9.59	115	0.26	12.40	ND	16.8	0.78
09-10-1984	7	6.2	7.45	88	0.24	9.16	ND	ND	0.81
26-10-1984	7	6.6	8.38	99	0.25	5.70	ND	16.8	0.73
valores medios	11	6.32	7.99	102.30	0.21	6.90	2.07	12.6	0.66

Tabla 4 (Continuación).-Valores obtenidos en los análisis físico-químicos realizados en las lagunas de Aguas Verdes y Río Seco Superior.

Lagunas	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno (mg/l)	Oxígeno (% saturación)	Alcalinidad (meq/l)	Carbono inorg. (mg/l)	Fosfatos (ug P-PO <sub>4</sub> /l)	Nitratos (ug N-NO <sub>3</sub> /l)	Silicatos (mg Si/l)
<b>Aguas Verdes</b>									
25-07-1984	9	8.2	7.60	95	0.13	1.67	12.4	70.0	0.53
10-08-1984	14	6.9	6.98	95	0.14	2.57	12.4	ND	0.59
21-08-1984	14	6.5	7.47	105	0.17	3.79	ND	7.0	0.53
03-09-1984	13	6.7	8.54	115	0.19	3.90	ND	ND	0.62
19-09-1984	6	6.0	8.74	100	0.19	8.98	ND	ND	0.73
11-10-1984	5	6.3	8.86	85	0.17	5.83	ND	ND	0.59
26-10-1984	7	6.5	9.09	105	0.21	5.01	ND	7.0	0.56
valores medios	9.71	6.72	8.18	100	0.17	4.50	3.54	12.0	0.59
<b>Río seco Superior</b>									
10-08-1984	14	6.4	7.22	100	0.17	4.55	12.4	126.0	0.92
24-08-1984	18	6.4	7.55	115	0.15	3.85	ND	23.8	0.81
03-09-1984	14	6.6	6.90	105	0.18	3.84	ND	16.8	0.84
21-09-1984	8	6.2	5.17	65	0.17	7.23	ND	16.8	0.48
11-10-1984	6	6.3	7.52	87	0.19	6.40	18.6	2.8	0.14
02-11-1984	2	6.4	8.53	87	0.17	5.09	ND	ND	0.06
valores medios	10.33	6.38	7.15	93.2	0.17	5.20	5.17	31.1	0.54

Tabla 4.- Valores obtenidos en los análisis físico-químicos realizados en las lagunas de Río Seco y Río Seco

Lagunas	temperatura (°C)	pH	Oxígeno (mg/l)	Oxígeno (% saturación)	Alcalinidad (meq/l)	Carbono inorg. (mg/l)	Fosfatos (ug P-PO <sub>4</sub> /l)	Nitratos (ug N-NO <sub>3</sub> /l)	Silicatos (mg Si/l)
<b>Río Seco</b>									
25-07-1984	15	8.4	7.14	105	0.09	1.08	14.26	28.0	0.59
10-08-1984	15	6.5	7.39	108	0.06	1.33	21.39	ND	0.62
24-08-1984	15	6.4	6.98	102	0.06	1.59	14.26	49.0	0.70
03-09-1984	16	6.1	6.98	105	0.10	3.93	7.13	91.0	0.73
21-09-1984	9	6.3	7.10	89	0.09	3.37	14.26	44.8	0.79
11-10-1984	5	6.5	7.97	92	0.10	2.43	14.26	42.0	0.64
02-11-1984	3	6.4	8.9	96	0.10	2.97	10.54	7.0	0.53
valores medios	11.14	6.66	7.49	99.57	0.09	2.40	13.73	37.4	0.66
<b>Río Seco Inferior</b>									
25-07-1984	18	7.9	6.67	82	0.47	5.68	10.54	29.4	1.34
10-08-1984	15	6.6	7.10	101	0.07	1.48	35.90	28.0	0.84
24-08-1984	20	6.8	7.63	120	0.06	1.09	35.90	93.8	0.81
03-09-1984	18	6.2	6.82	105	0.08	2.74	49.60	26.6	0.53
21-09-1984	11	6.7	7.14	94	0.13	5.97	43.40	2.8	0.31
valores medios	16.40	6.84	7.07	100.40	0.16	3.40	35.07	36.10	0.77

Tabla 4 (Continuación).- Valores obtenidos en los análisis físico-químicos realizados en las lagunas de La Caldera y Gemela

Lagunas	Temperatura (°C)	pH	Oxigeno (mg/l)	Oxigeno (% saturación)	Alcalinidad (meq/l)	Carbono inorg. (mg/l)	Fosfatos (ug P-PO <sub>4</sub> /l)	Nitratos (ug N-NO <sub>3</sub> /l)	Silicatos (mg Si/l)
<b>Caldera</b>									
15-07-1984	7	7.0	8.21	98	0.42	7.78	12.40	11.2	0.39
04-08-1984	14	7.1	8.95	125	0.29	4.57	6.20	42.0	0.34
21-08-1984	14	6.8	7.92	110	0.31	6.01	ND	91.0	0.34
05-09-1984	15	7.1	6.89	100	0.29	4.52	ND	109.2	0.34
21-09-1984	12	6.4	6.44	85	0.28	7.64	ND	58.8	0.34
11-10-1984	3	6.5	7.23	77	0.29	7.17	ND	8.4	0.22
02-11-1984	6	6.6	8.95	105	0.31	7.13	ND	35.0	0.22
valores medios	10.14	6.79	7.79	100	0.31	6.40	2.65	50.8	0.31
<b>Gemela</b>									
15-07-1984	16	7.2	7.55	112	0.24	3.34	8.37	21.0	0.81
04-08-1984	15	6.9	7.55	110	0.28	5.08	28.80	29.4	0.95
21-08-1984	14	6.5	6.90	98	0.22	4.91	10.54	47.6	0.98
05-09-1984	21	6.5	6.73	108	0.21	4.36	21.39	2.8	1.00
21-09-1984	13	6.1	7.50	107	0.22	8.92	8.37	7.0	0.95
11-10-1984	5	6.5	7.95	91	0.20	4.86	8.37	109.2	0.84
02-11-1984	1.5	6.3	9.24	97	0.19	6.69	7.13	47.6	0.48
valores medios	12.21	6.57	7.63	103.30	0.22	5.50	13.28	37.80	0.86



Tabla4 (Continuación).- Valores obtenidos en los análisis físico-químicos realizados en la laguna de Majano.

Lagunas	Temperatura (°C)	pH	Oxigeno (mg/l)	Oxigeno (% saturación)	Alcalinidad (meq/l)	Carbono inorg. (mg/l)	Fosfatos (ug P-PO <sub>4</sub> /l)	Nitratos (ug N-NO <sub>3</sub> /l)	Silicatos (mg Si/l)
<b>Majano</b>									
15-07-1984	14	7.8	7.55	105	0.65	8.27	18.60	ND	1.06
04-08-1984	15	7.9	8.45	122	0.29	3.61	43.40	ND	1.18
21-08-1984	15	7.6	6.73	96	0.32	4.11	ND	ND	0.98
05-09-1984	19	7.8	7.35	115	0.36	4.36	ND	7.0	1.76
21-09-1984	14	7.5	8.30	115	0.36	4.62	ND	2.8	1.65
11-10-1984	3	6.8	8.50	92	0.38	8.14	ND	36.4	1.23
02-11-1984	2	6.7	8.59	90	0.37	8.41	14.4	126.0	1.15
valores medios	11.71	7.44	7.92	105	0.39	5.93	10.91	24.6	1.29

### 5.5. Comparación con otros lagos

Con objeto de comparar nuestros datos con los de -- otros lagos situados a elevada altitud, en la tabla 5 se han -- reunido los parámetros físico-químicos de algunos lagos de alta montaña de Africa, América del Norte y Europa, mientras que en la tabla 6 se ofrecen los valores medios de nuestros datos para las lagunas de Sierra Nevada obtenidos en el periodo de -- estudio (Julio-Noviembre de 1984). Pretendemos con esta comparación establecer los rangos de variación de los parámetros observados en los lagos de Sierra Nevada con los que generalmente se dan para lagos, normalmente oligotróficos, situados en -- las altas montañas. La mayoría de los trabajos de los que han sido extractados los datos que ahora presentamos, se refie--

ren a estudios realizados en un lago en particular por sus -  
singulares características, así MALUEG & al. (1972) estudian  
el lago Waldo después de ser reseñado como ultraoligotrófico  
por un estudio previo de las autoridades sanitarias de Ore--  
gon; BALVAY & BLAVOUX (1981) después de hacer la cartografía  
de todos los lagos franceses estudian especialmente el lago  
Jovet por sus características netamente oligotróficas. Otros  
datos proceden de trabajos que tienen su origen en el recono-  
cimiento limnológico de una zona determinada, de esta natura-  
leza son los estudios de GAIRAL (1954), CAPBLANCQ (1969) y MAR-  
GALEF & al. (1975), obteniendo unos resultados muy heterogéneos.

Conviene puntualizar que por el carácter y fina-  
lidad de nuestro trabajo se han estudiado desde lagunas de -  
mediano volumen como La Caldera, de pequeño volumen como Río  
Seco y Yeguas, hasta pequeñas masas de agua localmente desig-  
nadas con el nombre de lagunillos, que aunque presenten una  
superficie relativamente importante, su volumen es muy redu-  
cido debido a su escasa profundidad y que ni siquiera en el  
segundo grupo de trabajos mencionados anteriormente vamos a  
encontrar cuerpos de agua de semejantes características.

Los datos que aparecen en la tabla 5 , siempre  
que ha sido posible son los de las muestras superficiales, -  
en los pocos casos en los que no se han podido conseguir --  
estos valores se ofrecen: las medias de la columna de agua o  
de las primeras capas.

El rango altitudinal en el que se sitúan estos -  
lagos varía desde los 1500 m. de los lagos Mowich en el mon-  
te Rainier (estado de Washington) y Santo Parmese en los Ape-  
ninos Septentrionales, hasta los 2300 de los lagos Negre y -

La Pera en los Pirineos españoles y los 2600 de los lagos de la región de Macum en los Alpes suizos.

No hemos considerado en este apartado los trabajos de LOFFLER (1964, 1969), HICKEL (1973), STOUT (1969), -- etc; en unos casos por considerar que los lagos de alta montaña de regiones tropicales están sometidos a unas condiciones que no son comparables a los de la zona templada y en -- otros casos como el referente al trabajo de LOFFLER (1969) -- en el que estudia los lagos del monte Everest situados entre 4500 y 5500 m. porque los datos físico-químicos son muy parciales.

Las lagunas objeto de nuestro estudio, como ya -- se indicó, se encuentran entre unos márgenes altitudinales -- muy estrechos: entre 2900 y 3100 m., lo que nos permite eliminar la variable altitudinal a la hora de establecer comparaciones entre ellos.

El pH de todos los lagos depende en buena medida de la naturaleza del sustrato sobre el que se encuentra situada la cubeta; estando la mayoría de ellos sobre sustrato silíceo, van a presentar aguas ácidas. Los lagos de la región de Macum presentan valores de pH entre 5.2-6. Según indica -- SCHANZ (1984), estos lagos se encuentran sometidos a un fuerte proceso de acidificación, ya que en los cuatro años de estudio ha encontrado disminuciones de 0.7 a 2 unidades en sus valores de pH.

Quizás el mayor nexo de unión en cuanto a la composición química de los lagos de alta montaña sea el de sus bajos valores de conductividad y alcalinidad. Los valores de conductividad de las lagunas de Sierra Nevada, tomados de --

MORALES (1985) oscilan en la mayoría de los casos entre 10-20  $\mu\text{S}/\text{cm}.$ , valores normales para lagos de alta montaña de naturaleza silíceo, siendo el valor más bajo recogido en la bibliografía de 3-4  $\mu\text{m}/\text{cm}.$  para el lago Waldo.

Los valores de alcalinidad de las lagunas incluidas en nuestro estudio también se encuentran en los márgenes habituales de los lagos silíceos de alta montaña, ya que aunque algunos valores como los de Virgen Superior, Majano y Yeguas sobresalen ligeramente, alcanzando los 0.53 meq/l en la laguna de las Yeguas, son inferiores a los 0.60 meq/l del lago Gourg Nere. Los lagos situados sobre sustrato de naturaleza caliza de los que tenemos datos de alcalinidad son los del Atlas y varían entre los 3.8-4.8 meq/l de Azigza y los 8-10.8 meq/l de Sidi-Ali.

Como norma general los valores de oxígeno varían entre 7.5-10 mg  $\text{O}_2/\text{l}$  en todos los lagos excepto en el de Sidi-Ali que alcanza valores más bajos: 5.14 mg  $\text{O}_2/\text{l}$  en periodo de estratificación. Respecto al porcentaje de saturación, todos los lagos alcanzan valores de sobresaturación, excepción hecha de nuevo de Sidi-Ali, donde el porcentaje de saturación varía entre 82-98% a lo largo del ciclo de estudio.

Quizás sean los nitratos los que más diferencian en cuanto a su composición química, a las lagunas de Sierra Nevada del resto de los lagos de alta montaña comparados, ya que en esta bibliografía son muy frecuentes los valores que sobrepasan los 100  $\mu\text{gr N-NO}_3/\text{l}$ , como ocurre en los lagos Santo Parmese, Finstertaler superior e inferior, Port Bielh, Gour Nere, Macum, Negre, Sidi-Ali y Azigza, mientras que en las lagunas de Sierra Nevada, a excepción de la laguna de La

Caldera que presenta un valor medio de 50.8  $\mu\text{gr N/l}$ , el resto de las lagunas se encuentran comprendidas entre valores de 12-37.8  $\mu\text{gr N/l}$ , semejantes a los medidos en los lagos -- Wuldo y Jovet, dos de los más oligotróficos, y La Pera; valores que van a afectar de forma muy marcada a la relación nitrógeno: fósforo de sus aguas. Nos resulta muy difícil explicar los bajos valores de nitrógeno encontrados en Sierra Nevada respecto a otros lagos de carácter alpino. Sobre la base de los trabajos de MARTINEZ (1981) y MORALES (1985), en los que no encuentran niveles detectables de nitritos y amonio -- en la mayoría de los lagos de Sierra Nevada, creemos que dos factores pueden contribuir a explicar esta situación. Uno de ellos sería la marcada importancia que tendrían las cianofíceas en la fijación de nitrógeno, dado que La Caldera es la única laguna que presenta una gran dominancia de una especie planctónica de este grupo y registra la mayor cantidad de nitrógeno; mientras que en el resto de las lagunas este grupo taxonómico aparece siempre muy restringido y nunca llega a ser una fracción importante de la biomasa algal. El otro se refiere a la no existencia de vegetación macrofítica sumergida, ya que en la mayoría de los lagos de alta montaña existen macrófitos que ocupan una parte más o menos importante del lecho de los lagos y en nuestro caso no se ha observado este tipo de vegetación, que pudiera tener una gran importancia -- en el ciclo del nitrógeno debido a los procesos de descomposición que se llevan a cabo tras la desaparición de este tipo de vegetación.

En general la concentración de fosfatos es muy -- baja en los lagos alpinos, y solamente en la tabla 5 sobresalen las concentraciones de los dos lagos del Atlas, clara-

mente superiores al resto, y que a tal latitud no se pueden considerar como alpinos, ya que, situados aproximadamente a 2000m., su superficie no llega a cubrirse de hielo. En las lagunas de Sierra Nevada es posible definir dos modelos de comportamiento, uno sería el de aquellas lagunas de cubetas someras o con claras influencias antrópicas como Gemela, Majano, Río Seco y Río Seco Inferior, que presentan un contenido en fosfatos por encima de los 10  $\mu\text{gr P/l}$ , sólo comparables con los lagos de escasa profundidad del Pirineo: Gourget, Gourg Ner y La Pera, con una profundidad media de 2-3 m.

Las otras lagunas de Sierra Nevada: Caldera, Yeguas, Aguas Verdes, Virgen Media, Virgen Superior y Río Seco Superior con un contenido medio en fosfatos que varía entre 2.07-5.7  $\mu\text{gr P/l}$  son perfectamente comparables, respecto a este carácter, con los otros lagos alpinos de la tabla 5.

Dentro del primer grupo de lagunas, en las muy someras, se podría explicar ésta alta concentración de fósforo por el continuo intercambio entre sustrato y agua, ya que no superan un metro de profundidad, a excepción de Río Seco. Otro hecho que puede contribuir a esta alta concentración de fósforo es que estas lagunas son visitadas por el ganado de forma asidua. El caso de Río Seco Inferior merece un comentario aparte, ya que al ser una laguna que se llega a desecar por completo, o bien queda reducida a una pequeña poza de agua en su zona central, la mineralización de la materia orgánica debe ser casi total, lo que podría explicar los 35  $\mu\text{gr P/l}$  de media en su contenido en fósforo.

Respecto a la laguna de Río Seco, la de mayor profundidad de este grupo, con una profundidad media que debe oscilar entre 1.5-2 m., se puede clasificar casi de uti

lidad pública, ya que debido a la existencia de un camino de vehículos, que posibilita el acceso hasta su zona litoral, - suele ser utilizada como zona de recreo: camping, baño, etc. Hay que unir a este comentario, que durante el verano se extrae agua de su cubeta para abastecer un refugio que se encuentra situado en su zona de drenaje, con todas las consecuencias que esto conlleva.

La concentración de sílice se puede considerar - que oscila entre un rango de variación muy amplio en los lagos alpinos, y que en nuestro caso, suelen situarse en la -- zona inferior de este rango de variación.



Tabla 5.-Composición química de las aguas de diferentes lagos de alta montaña.

	Santo Ar- mese (1)	Waldo (2)	Jovet (3)	Finstersta- ler Sup. (4)	Finstersta- ler Inf. (5)	Port-Vielh (6)	Gourget (7)	Gourg Nere Inf. (8)	Mowich (9)	Macum A (10)	La Pera (11)	Negre (12)	Cornu (13)	Sidi-Ali (14)	Azigza (15)
Altitud (m)	1507	1650	2173	2237	2256	2285	2219	2198	1502	2616	2360	2334	2275	2050	1800
Profundidad (m)	11.3	35.6	3.9	14.8	5.4	9	2.2	2.25	28.7	1.8	(6)	(70)	(20)	(40)	(35)
Temperatura (°C)	17.9	18	10.5	11	9.5	14	15	15	18	-	16	15	11	20.5	23.1
pH	6.1-7.6	5.3-5.7	7.7-8.1	5.7-6.8	5.7-6.5	7-8.5	7.7-8.4	8.1-9.1	6.2-7.3	5.4			6.9	8.5-9.1	8.1-8.5
Conductividad ( $\mu$ S/cm)	30.6-47.8	3-4	42.3-48.4			23	29.4-43.9	52.6-54.9	9.8-13.5	8			12		
Alcalinidad (meq/l)	0.20-0.28	0.02		0.03-0.05	0.03-0.05	0.22	0.2-0.3	0.35-0.60	0.04-0.2				0.03	8-10.8	3.8-4.8
Oxígeno (mg/l)		7.4-9.4	10-10.2	8-11	9-10	8-9			9-14		7.5	8		5.14-9.68	7.5-11.7
NO <sub>3</sub> ( $\mu$ g/l)	60-375	tr.-20	1.5	40-270	50-220	20-180	25-110	25-120		170	15.9	13.5	90	1300-200	110-116
PO <sub>4</sub> ( $\mu$ g/l)	0.5-5.6	1	2	tr.-0.3	tr.-0.3	1.9-5.2	0.3-6.5	0.6-5.5	0-2	N.D.	8.9	4.9	3	tr.-150	60-300
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	0.4-2.2		2.16	1.13-1.31	1.25-1.38	0.8-2.1	0.8-3.4	0.9-4.2					0.19	1-6	0-2
Cobertura de hielo	Nov-May			Oct-Jun	Oct-Jun	Oct-May	Oct-May	Oct-May	Dic-Jun		Dic-Jun	Dic-Jun			
Saturación (%)	13-131	105	116-127			102-114	93-106	74-109						82-98	96-136
Sustrato	Silíceo	Basalto	Crista- lino	Gneis- Biotita	Gneis- Biotita	Granítico	Granítico	Granítico		Crista- lino			Gneis y Anfibolitas	Lias calca- reo y Basalto	Lias calcareo
Tipo de muestreo	C	C y P	P	C	C	C	C	C	C	P	P	P	P	C	C

Procedencia de los datos: (1): FERRARI & al.(1975); (2): MALUEG & al.(1972); (3): BALVAY & BLAVOUX (1981); (4 y 5): PECHLANER (1966); (6-8): -- CAPBLANQ & LAVILLE (1968); (9): LARSON (1973); (10): SCHANZ (1984); (11-12): MARGALEF & al. (1975); (13): BALVAY(1978); (14-15): GAIRAL (1954).



#### 5.6. Análisis de Componentes Principales

Con objeto de llevar a cabo un análisis que nos relacione todos los parámetros físico-químicos estudiados en las diferentes lagunas, es de sumo interés el uso de métodos matemáticos que nos permitan sintetizar la información que posee-- y evaluar las relaciones existentes.

De entre las técnicas de análisis disponibles, hemos optado por la utilización del método de Análisis de Componentes Principales, por ser uno de los más empleados en los estudios limnológicos ya que satisface todas las necesidades requeridas para la ordenación de los datos suministrados. El análisis se lleva a cabo sobre una matriz de correlaciones, donde los parámetros físico-químicos son las variables y las observaciones las lagunas. Los datos suministrados han sido los valores medios de los parámetros medidos en cada laguna.

Todos los datos se transformaron logarítmicamente según la expresión  $x' = \lg(x+1)$ , a excepción de los de temperatura y pH.

Los resultados del análisis efectuado sobre las nueve variables físicas y químicas medidas en el conjunto de las lagunas ofrecen un porcentaje de varianza acumulada explicada del 69.7% en el segundo componente.

Para los datos estudiados, se consideran correlaciones significativas las que presentan  $p > 0.05$  en la matriz de correlaciones (Tabla 7a ).

Respecto al primer componente las variables que presentan mayor carga (Tabla 7b) son temperatura y fosfatos, ambas superiores a 0.9, mientras que oxígeno, alcalinidad y N/P están correlacionadas entre ellas y presentando cargas negativas. Se podría interpretar que tal eje tendería a ordenar las lagunas según su estado trófico, ya que agrupa aquellas, que en conjunto presentan las más cálidas temperaturas y la mayor concentración de fosfatos, dos requisitos imprescindibles para que se desarrollen los procesos biológicos -- que van a dar lugar a lagunas productivas.

Por otra parte, y en el extremo opuesto del eje se encuentran oxígeno, y relación N/P con cargas superiores a 0.8 y alcalinidad con una carga de 0.6. La presencia de -- oxígeno y N/P en sentido inverso a temperatura y  $PO_4$  es lógi-- ca si tenemos en cuenta, por una parte que en las lagunas -- más cálidas la solubilidad del oxígeno está más limitada que en aquellas otras en las que los valores de temperatura son mas bajos; y por otra, que a mayor concentración de fósforo, menores van a ser los índices de la relación N/P. En princi-

pio la alcalinidad debería estar asociada a aquellos otros parámetros que influyen directamente sobre la producción primaria, pero hemos observado que en aquellas lagunas donde existe una menor actividad biológica se encuentran altos valores de alcalinidad como es el caso de Virgen Superior.

Relacionadas con este extremo del eje se van a situar aquellas lagunas con mayores valores de oxígeno y con una relación N/P alta. A primera vista pudiera parecer contradictorio, ya que los procesos de producción primaria son fuentes de oxígeno, y como ya se ha comentado estos procesos se sitúan en el extremo opuesto del eje, pero en estos casos los procesos físicos de difusión de oxígeno pueden llegar a tener una gran importancia en las concentraciones de este parámetro.

Las variables que presentan mayor carga en el segundo componente son: Silicatos, Saturación, pH y alcalinidad, las dos primeras con valores superiores a 0.8 y las dos segundas con 0.7 y 0.6 respectivamente. En principio pudiera tratarse de un eje regido fundamentalmente por los silicatos, son los que presentan mayor carga, y la saturación; el cual se podría interpretar bajo dos ángulos distintos. Por una parte, al ser los silicatos un nutriente de gran importancia para el desarrollo de las diatomeas, y al ir acompañado de valores de pH y alcalinidad altos se podría pensar en un eje que estuviera relacionado con la actividad biológica de este grupo de algas. Por otra parte, cabría una segunda interpretación relacionada con los valores de mineralización, dado que son los silicatos el elemento encontrado en mayor proporción de todos los estudiados y por lo tanto influiría notablemente sobre los valores de conductividad. MORALES (1985)

establece una matriz de correlaciones en base a valores de temperatura, oxígeno, pH y conductividad, observando que el pH y la conductividad se encuentran claramente correlacionados; en el eje que estamos comentando, el pH presenta una carga de 0.7. Respecto a la correlación de los valores de saturación con el significado de la mineralización, que le damos a este componente, hemos de referirnos de nuevo a MORALES (1985), que al re-presentar las lagunas según sus valores de oxígeno y tempera-tura, observa que las que presentan mayores valores de sobresa-turación son las que ofrecen los más altos valores de conducti-vidad. En el segundo eje del análisis de componentes principa-les los valores de saturación presentan una carga de 0.8. Igual-mente, para este eje las cargas negativas no son significati--vas, estando por debajo de valores de 0.4.

Por último, se define un tercer componente sobre el cual los nitratos presentan una carga de 0.9, siendo el único compuesto que presenta carga significativa sobre él (tanto de carácter positivo como negativo). Pese a ser un componente re-gido, de forma clara, sólo por un elemento, la ordenación de -las lagunas sobre él es muy interesante, ya que La Caldera se sitúa en su zona positiva, mientras que Virgen Media y Aguas -Verdes lo hacen en la negativa, distribuyéndose el resto en la zona intermedia.

La representación de las lagunas respecto a los --tres ejes antes definidos se muestra en la figura 15. Cabe des-tacar la distribución de Río Seco Inferior y Río Seco en la zo-na positiva de los tres ejes, por lo que en principio deber --ser las lagunas más productivas, de hecho son las que presen--mayor concentración de ortofosfatos. Respecto al segudo eje -son las lagunas de Majano, Las Yeguas y Virgen Superior las -

que se sitúan en la zona más positiva, siendo las que presentan mayores valores de silicatos y alcalinidad. Como antes se ha comentado es la laguna de La Caldera la que se sitúa en la zona más positiva del tercer eje. Las lagunas de Virgen media y Aguas Verdes se sitúan en la zona negativa de los tres ejes definidos por el análisis de componentes principales.

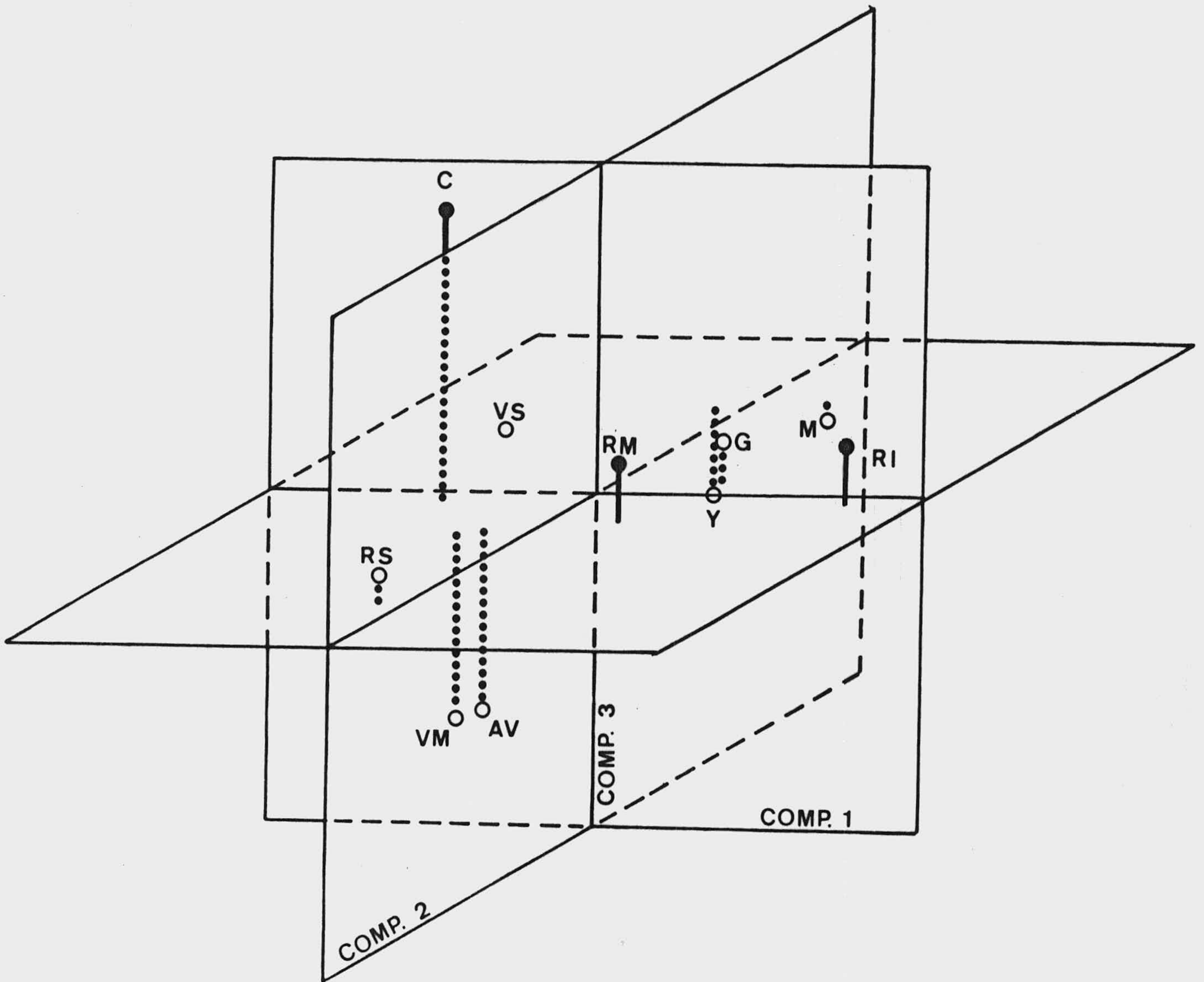


Figura 15.- Representación de las lagunas según los ejes definidos en el análisis de Componentes Principales.



6. C A T A L O G O F L O R I S T I C O

El catálogo de las algas de Sierra Nevada se ha confeccionado marcándonos los siguientes objetivos:

1.- Ofrecer una descripción en la que se ha intentado, por una parte evitar los caracteres genéricos que lógicamente no ofrecen variación a nivel de especie, y por otra marcar los rangos de variación específica, o aquellas peculiaridades propias de las poblaciones de Sierra Nevada en caso de haber sido observadas. De esta forma los datos ofrecidos pueden dar lugar a comparaciones con poblaciones procedentes de otras localidades, o a las correspondientes discrepancias con nuestras determinaciones. Para colaborar a ambos fines se ofrece un icón de cada uno de los táxones descritos.

2.- Intentar comparar la composición de la ficoflora de Sierra Nevada con la del resto de los macizos montañosos peninsulares de elevada altitud, en base a los trabajos citados en la introducción, añadiendo otros de algunas elevaciones de la Península no españolas, tales como la Sierra de Geres y la vertiente

norte de los Pirineos. Por último se ha establecido un apartado de distribución general en el que se recogen algunos trabajos de gran importancia, en cuanto a sistemática y distribución, llevados a cabo en montañas de elevada altitud, tales como los de los alpes de MESSIKOMMER (1942, 1957, 1958) y WUTRICH (1975), los del Himalaya de HIRANO (1969, 1983), etc.; así como otros realizados en zonas de latitud norte: Norte de Noruega (SAETHER, 1971), Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964), etc. En ningún caso hemos pretendido establecer una distribución general, sino que nuestro objetivo ha sido sólo tener un -- más amplio material de comparación.

Es fácil observar que grupos tales como diatomeas y desmidiaceas aparecen mucho más ampliamente distribuidos que el resto, esto es debido fundamentalmente a que han sido objeto de numerosos trabajos monográficos, mientras que otros, como por ejemplo el orden Volvocales y más concretamente la familia Chlamydomonadaceae, han sido muy poco estudiados.

La bibliografía utilizada para realizar las determinaciones, además de la de tipo general, como pudieran ser -- las obras de BOURRELLY (1968-1972) y SMITH (1950), ha sido -- fundamentalmente, para los distintos grupos taxonómicos, la -- que enumeramos a continuación.

-Cianofíceas.- GEITLER (1925, 1932) y STARMACH (1960)

-Dinofíceas.- LEFEVRE (1932); FOTT (1968) y STARMACH (1974)

-Euglenofíceas.- HUBER-PESTALOZZI (1955)

-Crisofíceas.- HUBER-PESTALOZZI (1942a); BOURRELLY (1954) y -- STARMACH (1968)

- Diatomoficeas.- HUSTEDT (1930a, 1930b, 1959, 1961-1966); HUBER-PESTALOZZI (1942a); SIEMINSKA (1964) y PATRICK (1966, 1975)
- Cloroficeas.- PASCHER (1915, 1927); UHERKOVICH (1966); PHILIPPOSSE (1967); LEGNEROVA (1969) y KOMAREK & FOTT (1983)
- Ulotricoficeas.- GEMEINHARDT (1939); GAUTHIER-LIEVRE (1963-1964) y RAMANATHA (1964)
- Zigoficeas.- WEST & WEST (1904-1912); WEST & al. (1923); -- KRIEGER (1937, 1962-1969); SAMPAIO (1944); HIRANO (1955, 1956, 1959a, 1959b, 1960); TEILING (1967); PRESCOTT & al. (1972-1982) RUZICKA --- (1977), 1981) y FOSTER (1982)

Para el establecimiento de nuevos táxones hemos seguido las recomendaciones del Código Internacional de Nomenclatura Botánica (VOSS & al. 1983), realizando una descripción en latín y un icón, del mismo modo se ha procedido a su tipificación. Todo el material sobre el que se ha realizado el presente catálogo se encuentra conservado en la ficoteca del herbario GDAC de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.

A este respecto debemos indicar que el trabajo de GONZALEZ GUERRERO (1981) nunca llegó a ser publicado, por lo que los táxones en él descritos carecen de validez.

Por último, para la ordenación de las unidades taxonómicas superiores se ha seguido fundamentalmente la establecida por BOURRELLY (1968-1972), aunque en algunos casos, como en el de las diatomeas, modificada por trabajos especializados (SIMONSEN, 1979).

División C Y A N O P H Y T A

Familia Chroococcaceae Nägeli

Aphanothece microscopica Näg.

Células de 3.5-4.5  $\mu$  de grosor y de 6-7  $\mu$  de longitud; formando agrupaciones más o menos irregulares sin envoltura gelatinosa, que sólo se observa en aquellas agrupaciones jóvenes de reducido número de células. Agrupaciones de 50-60  $\mu$  de diámetro mayor. (Fig. 16,A).

Distribución en Sierra Nevada. - Observada en pequeñas lagunas a principio de ciclo: Lagunas Gemela; San Juan y Virgen Media.

Distribución Peninsular. - Picos de Europa (BACHMAN, 1913).

Distribución General. - Himalaya (HIRANO, 1969); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Montes Tatra (SIEMINSKA, 1967) -- Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

Aphanothece pulverulenta Bachmann

Células cilíndricas, de 2-2.5x3-4(-5)  $\mu$ , dispuestas en el interior de una masa gelatinosa amorfa. La distribución de las células en la agrupación no es regular, sino que forman pequeños conjuntos de 2-16 células. En todos los casos se han observado vacuolas de gas en algunas células de la agrupación. Agrupación de hasta 60  $\mu$  de longitud. (Fig. 16,B).

Distribución en Sierra Nevada. - Observada al final del periodo de estudio en la laguna de Aguas Verdes.

Distribución General. - Groenlandia (GEITLER, 1932).

Comentario.- En la descripción dada por GEITLER (l.c) las dimensiones celulares son más pequeñas: 2.2  $\mu$  de longitud y 1.5  $\mu$  de grosor. La escasez de testimonios de este taxon no nos permite conocer si las dimensiones observadas en Sierra Nevada están dentro del rango de variación de la especie

Chroococcus minor (Kutz.)Nag.

Células sin vaina de 2.5-3.5  $\mu$  de grosor, con ella de 4-6  $\mu$ . Vaina no estratificada e hialina. Agrupaciones de dos células. (Fig. 16,C).

Distribución en Sierra Nevada.- Lagunas de: La Caldera, Gemela, Río Seco y Río Seco Superior.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (MARGALEF, 1952).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMER, 1957), Norte de Suecia (SKUJA, 1964)

Chroococcus tenax (Kirchn.)Hieron.

Células sin vaina de 29-36  $\mu$  de grosor, con ella de 45-52  $\mu$ ; en agrupaciones de 2 ó 4 individuos. Vaina pluriestratificada de color amarillo-verdoso (Fig.16,D)

Distribución en Sierra Nevada.- Lagunas poco profundas: Hondera y San Juan.

Distribución Peninsular.- Pirineos (CAPBLANCO, 1972).

Distribución General.- Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Chroococcus turgidus (Kütz.) Nag.

Células sin vaina de 12 a 14  $\mu$  de grosor, con --  
ella de 20-28  $\mu$ ; vaina muy poco estratificada. Cromatoplasma  
de color azul-verdoso intenso, con inclusiones. (Fig.16,E).

Distribución en Sierra Nevada. - Lagunas de Gemela, Majano y  
Virgen Superior.

Distribución Peninsular. - Picos de Europa (MARGALEF, 1950);  
Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1927; MARGALEF, 1948, 1952; --  
CAPBLANCO, 1972); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra  
de Guadarrama (GONZALEZ GUERRERO, 1929); Sierra de Gredos --  
(CABALLERO LOPEZ, 1950); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General. - Alpes (DEL'UOMO & al., 1980; MESSIKOM  
MER, 1942, 1957); Himalaya (HIRANO, 1969); Montañas de Córce  
ga (GUINOCHET, 1936); Sierra Nevada U.S.A. (THOMASSON, 1962);  
Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964); Spitbergen (1982).

Cyanarcus sp.

Células arqueadas en mayor o menor grado, desde  
semicirculares hasta ligeramente curvadas. Márgenes de las -  
células paralelos en la zona central y convergentes hacia el  
final dando lugar a extremos obtusos. En visión apical se ob  
serva que, en ocasiones, los dos extremos celulares están li  
geramente desplazados (en distintos planos) pero no llegan a  
mostrar grandes desviaciones.

Cromotoplasma homogéneo o ligeramente granular, -  
en la mayoría de los casos con dos gruesos gránulos en ambos  
extremos celulares, que con la tinción de Albert según FUHS  
(in CARR & WHITTON, 1973) parecen ser gránulos de polifosfato.



Dimensiones:  $1-1.5(-2) \times 5-6 \mu$ , la longitud desde el centro hasta los extremos de las células oscila entre --  $(2.5-)3-4.5 \mu$  (Fig. 16,F).

Distribución en Sierra Nevada. - En la laguna de La Caldera, comportandose como especie dominante hacia el periodo central del ciclo.

Comentario. - Desde que MARTINEZ (1975) inicia el estudio limnológico de la laguna de La Caldera, este taxon se incluyó - bajo la denominación específica de Cyanarcus hamiformis. Dos son los caracteres que, a nuestro juicio, separan el taxon de Sierra Nevada de Cyanarcus hamiformis Pascher:

- Morfológicamente C.hamiformis presenta sus células con los márgenes paralelos hasta los extremos, donde dan lugar a ápices obtusos, si bien en la obra de GEITLER (1932). La reproducción del dibujo de PASCHER (1914) no es muy nítida y da la sensación de estrecharse desde el centro de la célula. Las dimensiones dadas por PASCHER (loc. cit.) son más pequeñas - que las del taxon de Sierra Nevada:  $0.5-0.75 \times 3-4 \mu$ .

- Los ejemplares de Sierra Nevada los hemos observado siempre viviendo de forma aislada, mientras que C.hamiformis forma - pequeñas agrupaciones filamentosas.

Estos caracteres nos aconsejan separar ambos taxones, que en la actualidad seguimos estudiando, pendientes de obtener un cultivo puro que nos permita establecer con certeza la naturaleza del taxon de Sierra Nevada.

BOURRELLY (1970) sinonimiza el género Cyanarcus - con Gomontiella, debido a su naturaleza filamentosa. En base a las observaciones antes comentadas preferimos mantenerlo - dentro de la familia Chroococcaceae y como género independien

te, ya que en Sierra Nevada es una especie unicelular.

Eucapsis alpina Clements & Schanz

Células de 4 a 5  $\mu$  de diámetro, presentándose -- normalmente en agrupaciones de 8 células. Agrupaciones de 13 -20x25-27  $\mu$  (Fig.16,G).

Distribución en Sierra Nevada.- En pequeñas lagunas con fuerte influencia litoral. Lagunas: Cuarta, Hondera, Virgen Media y Virgen Superior.

Distribución Peninsular.- Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1950).

Distribución General.- Alpes (DELL'UOMO & al., 1980); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Alaska (PRESCOT & al.1965) Escandinavia (THOMASSON, 1952).

Comentario.- GONZALEZ GUERRERO (1981) describe para los prados inundados de la laguna Hondera la var.mulhacensis Gonzalez Guerrero, en cuya descripción señala: "3-5 micras en los individuos aislados. A typo differt dimensionis cellularibus, cetera ut in typo".

Hasta la actualidad se han descrito para esta especie los siguientes taxones a nivel varietal:

- var.minor Skuja. Células de 2-3  $\mu$ ; hasta 128 células.
- var. mulhacensis Gonzalez Guerrero. Células de 3-5  $\mu$ ; hasta 32 células.
- var.major Prescott. Células de 4.7-7.9  $\mu$ ; ce 64 hasta cientos de células.

La escasez de datos descriptivos en los catálogos de algas no nos permiten conocer su estas diferencias en

dimensiones corresponden con variaciones geográficas o ecológicas estables, o bien son sólo distintos rangos de variación específica; por lo que preferimos denominar el taxon de Sierra Nevada sólo a nivel específico.

Gloeothece sp.

Células de elipsoidales a cilíndricas, aunque -- con mayor predominio de formas cilíndricas. Vaina incolora o amarillenta con muy débil estratificación. Algunas células -- presentan vacuolas de gas de grandes dimensiones, que llegan a ocupar la mayor parte del grosor de la célula. Algunas células, posiblemente en proceso de degeneración, presentan -- sus paredes rugosas-angulosas, apareciendo en corte óptico -- estrelladas. Dimensiones: 3-5x5-8  $\mu$  sin vaina. Llegan a formar agrupaciones de gran número de células (Fig. 16,H).

Distribución en Sierra Nevada..- En lagunas de aguas frías a principio y final de ciclo. Lagunas Caldera y Virgen Superior.

Comentario..- Quizás se pueda tratar de una forma de G.coerulea Geitler, con la que tiene en común su amplia vaina y las gruesas vacuolas de gas; mientras que se diferencia en las -- dimensiones celulares y en el color de la vaina.

Gomphosphaeria lacustris Chodat

Células de 1-2  $\mu$  de grosor y de 2-4  $\mu$  de longitud, formando agrupaciones de hasta 30  $\mu$  de diámetro (Fig.16,I).

Distribución en Sierra Nevada..- En las lagunas de Aguas Verdes y Virgen Media.

Distribución Peninsular..- Picos de Europa (WILLEN, 1960); Pi

rineos (MARGALEF, 1952); Sierra de Guadarrama (GONZALEZ GUERRERO, 1929); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (BALVAY, 1972); Alaska (PRESCOTT & al., 1965); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

Merismopedia punctata Meyen

Células un poco más anchas que largas antes de dividirse, de 3-4  $\mu$  de grosor. Agrupaciones de 16 células: 25-30x18-20  $\mu$ . En ocasiones se han observado células que parecían contener vacuolas de gas, tal como se observa en la figura 16, J y K.

Distribución en Sierra Nevada.- Lagunas de Virgen Superior y Majano.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1929; VILASECA, 1978); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1950); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944) Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Atlas (SOMERS, 1972); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Montes Tatra (SIEMINSKA, 1967); Sierra Nevada U.S.A. (THOMASSON, -- 1962); Alaska (PRESCOTT & al., 1965); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Microcystis holsatica Lemm.

Células muy pequeñas, hasta 1  $\mu$  de diámetro. Agrupaciones de forma más o menos irregular y con perforaciones (Fig. 16, L).

Distribución en Sierra Nevada.- Observada al final del ciclo en las lagunas de Majano y Río Seco.

Microcystis marginata (Menegh.)Kütz.

Células relativamente grandes, de 4-5  $\mu$  de diámetro, presentando vacuolas de gas. Agrupación circular y rodeada por una fina capa mucilaginosa, oscilando entre 20 y 50  $\mu$  de diámetro (Fig. 16,M).

Distribución en Sierra Nevada.- En pequeñas lagunas hacia mediados de ciclo: Gemela y Río Seco Inferior.

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942).

Synechococcus maior Schroeter

Células elipsoidales, de gran tamaño: 24-29  $\mu$  de ancho y de 40-46  $\mu$  de longitud. Cromatoplasma presentando gran cantidad de inclusiones, de color verdoso hacia el centro y negro en la periferia. (Fig. 16,N)

Distribución en Sierra Nevada.- Taxon que presenta un comportamiento estenotérmico en las lagunas estudiadas, ya que se presenta, siempre, cuando las temperaturas del agua son frías, por lo que suele aparecer a finales de ciclo, registrándose sus máximas poblaciones a temperaturas de 2 y 1.5°C en las lagunas de Majano y Gemela respectivamente; también se ha observado en Aguas Verdes, Hondera, Río Seco y Virgen Media.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1952) y Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; DELL'UOMO & al., 1980); Himalaya (HIRANO, 1969); Norte de Suecia (SKUJA,

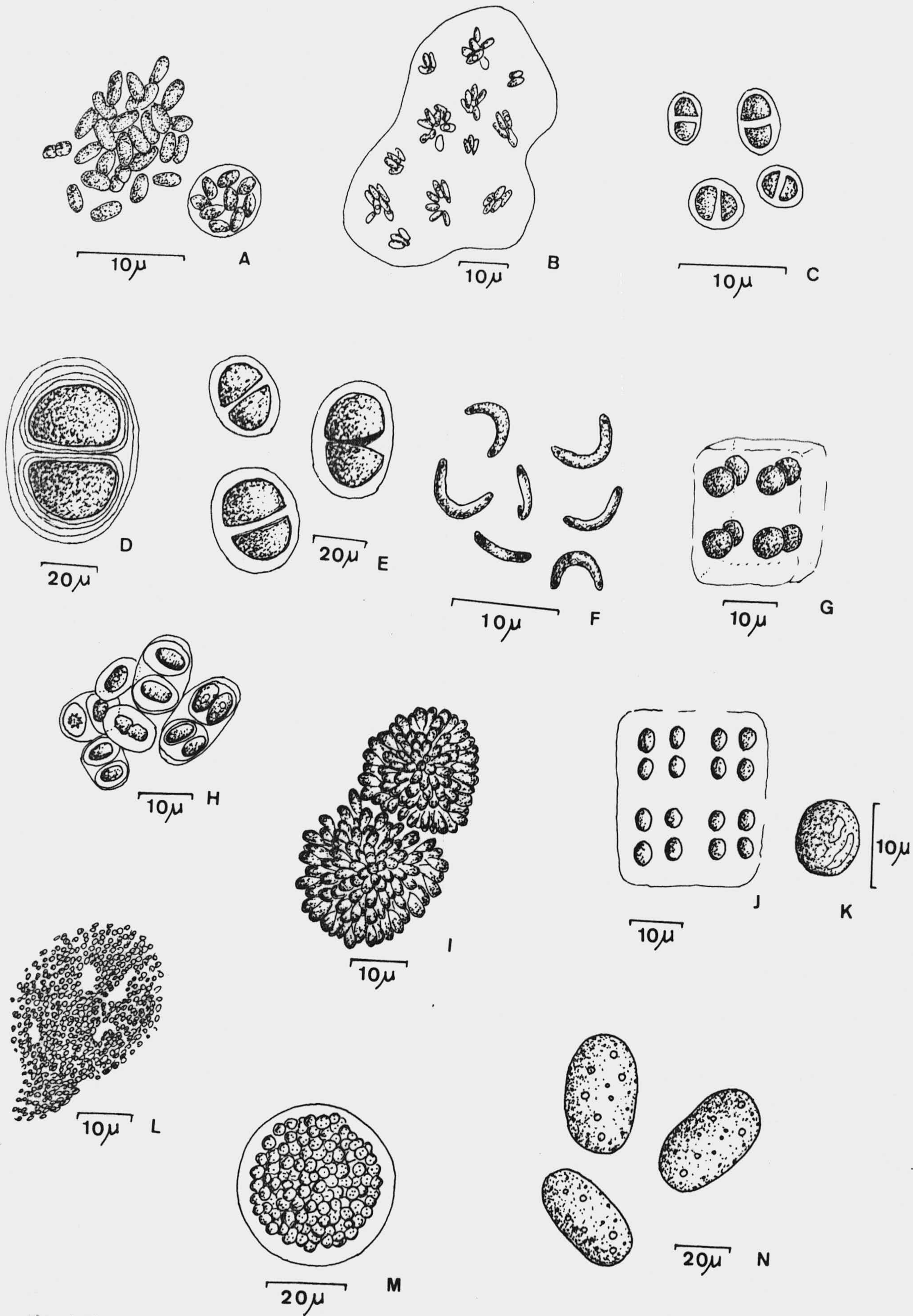


Figura 16.- A, Aphanothece microscopica; B, Aphanothece pulverulenta; C, Chroococcus minor; D, Chroococcus tenax, E, Chroococcus turgidus; F, Cyanarcus sp.; G, Eucapsis alpina; H, Gloeotheca distans; I, Gomphosphaeria lacustris; J-K, Merismopedia punctata; L, Microcystis holsatica, M, Microcystis marginata; N, Synechococcus maior

1948, 1964).

Antes de acabar de describir los taxones pertenecientes a esta familia queremos hacer alusión a una cianoficea simbiote encontrada con cierta frecuencia en algunas lagunas, concretamente aquella del rizópodo Paulinella chromatophora (Fig. 17A). Morfológicamente se podría encuadrar sus células en el género Synechococcus, las cuales presentan una longitud entre 14 y 19  $\mu$  y un grosor que varía entre 2.5 y 3.5  $\mu$ . Siguiendo la opinión de BOURRELLY (com. pers.) pretendemos llevar acabo el estudio en profundidad de este taxon, ya que se ha encontrado, en últimas investigaciones, que las cianelas presentan ciertos caracteres que las diferencian de las cianoficeas de vida libre.

Se ha encontrado Paulinella chromatophora con cianelas en las lagunas de: Aguas Verdes, Gemela, Río Seco y -- Virgen Media.

#### Familia Stigonemataceae Hassall

##### Stigonema ocellatum Thuret

Filamentos uni- o pluriseriados, vaina estratificada de color amarillo-marrón. Filamentos de 26-38  $\mu$ , tricomma de 12-24  $\mu$  (Fig.17,B).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie típicamente bentónica que aparece accidentalmente en el plancton de las lagunas -- que presentan prados inundados: Veleta y Quinta.

Familia Rivulariaceae Kützing

Calothrix clavata G.S.West

Tricoma adelgazado en pelo hialino acompañado -- casi hasta su extremo por la vaina. Base del filamento de 6-8  $\mu$ , la del tricoma de 4-5  $\mu$  (Fig.17,C).

Distribución en Sierra Nevada.- Al igual que la anterior, es una especie típicamente bentónica apareciendo ocasionalmente en el plancton: laguna de Majano.

Familia Nostocaceae Dumortier

Anabaena cylindrica Lemm.

Células vegetativas cuadradas, oscilando entre 2.5 -4.5  $\mu$  de ancho. Heterocistos redondeados o ligeramente cilíndricos presentando una fina vaina, de 4-5x7-8  $\mu$ . Acinetos lisos, cilíndricos de 20-30x5-8  $\mu$ . (Fig. 17,D).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes, Majano, Río Seco y Yeguas.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1952; CAPBLANCO, 1972).

Distribución General.- Norte de Suecia (SKUJA, 1964)

Anabaena lapponica Borge

Células vegetativas redondeadas, con inclusiones de color oscuro y de 7-7.5  $\mu$  de diámetro. Heterocistos muy semejantes, hasta 8  $\mu$  de diámetro. Acinetos cilíndricos, con una pared muy gruesa 10-15x35-40  $\mu$  (Fig. 17,E).



Distribución en Sierra Nevada.- En pequeñas lagunas muy someras: Monachil y Virgen Media.

Distribución General.- Himalaya (HIRANO, 1983); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Nostoc kihlmani Lemm.

Células vegetativas redondeadas de 3-5  $\mu$  de diámetro, con vacuolas de gas. Heterocistos de redondeados a elipsoidales, de 4-5x6-8  $\mu$ . Se han observado agrupaciones de hasta 200  $\mu$  de longitud, con la porción más perisférica de la vaina de color amarillo. (Fig. 17,F).

Distribución en Sierra Nevada.- Frecuente, pero nunca en gran número, en la mayoría de las lagunas: Aguas Verdes, Cuarta, - Gemela, Mosca, Río Seco Superior, Río Seco Inferior, San Juan, Virgen Superior, Virgen Media y Yeguas.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1948, 1952).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; THOMASSON, 1956); Norte de Suecia (SKUJA, 1964); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Spitbergen (THOMASSON, 1961; MATULA, 1982).

Familia Scytonemataceae Kützing

Plectonema nostocorum Bornet

Células cilíndricas, muy estrechas, de 1-2  $\mu$  de grosor presentando granulaciones; longitud variable, oscilando entre 4 y 8  $\mu$ . Falsas ramificaciones poco abundantes (Fig. 17,G).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie que vive en las masas

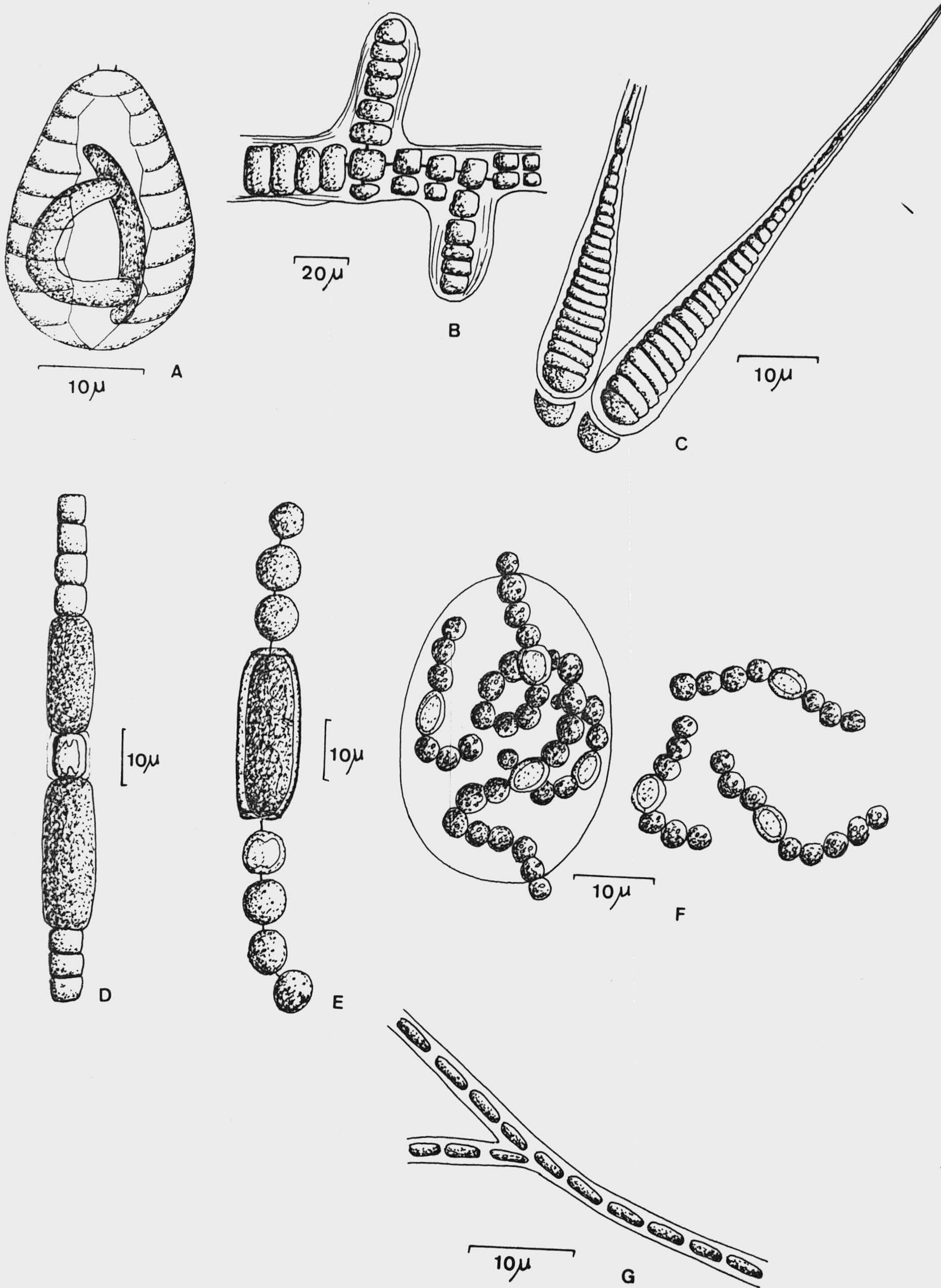


Figura 17.- A, Paulinella chromatophora (con dos cianelas); B, Stigonema ocellatum; C, Calothrix clavata; D, Anabaena cylindrica; E, Anabaena lapponica; F, Nostoc kihlmanni; G, Plectonema muscorum.

gelatinosas de otras algas y entre la vegetación litoral. --  
Ocasionalmente planctónica. Laguna de Río Seco.

Familia Oscillatoriaceae (Gray)Bory

Oscillatoria agardhii Gom.

Células cuadradas, en ocasiones un poco mas an--  
chas que largas, con un diámetro que oscila entre 3-4.5  $\mu$ . -  
Célula apical un poco adelgazada en su extremo, a veces se -  
observa una pequeña caliptra. Siempre se han observado vacuog  
las de gas, bien distribuidas homogéneamente o bien restringig  
das a las paredes transversales (Fig. 18,A,B).

Distribución en Sierra Nevada.- Su distribución en las lagu-  
nas estudiadas no corresponde con el comportamiento atribui-  
do a esta especie (LIERE & MUR, 1980), ya que la hemos observ  
vado en lagunas de agua fría y escasa concentración de nutrient  
tes: Aguas Verdes, Mosca y Virgen Superior.

Distribución General.- Himalaya (HIRANO, 1969); Alaska (PRESC  
COTT & al., 1965); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte -  
de Suecia (SKUJA, 1964).

Oscillatoria amoena Gom.

Células cuadradas o mas largas que anchas, de --  
4-5  $\mu$  de grosor y de 3.5-6  $\mu$  de longitud. Tricoma atenuado -  
acabando en una caliptra más o menos triangular. Presencia -  
de granulaciones en las cercanías de las paredes transversa-  
les (Fig. 18,D).

Distribución en Sierra Nevada.- Frecuente en la laguna de --  
Majano.

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Himalaya - HIRANO, 1969); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Oscillatoria curviceps Ag.

Tricomos gruesos, de 8-10  $\mu$  de grosor, células muy estrechas, de 1-3  $\mu$  de longitud. Célula apical convexa (Fig. 18,C).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie que se desarrolla entre la vegetación litoral, apareciendo en el plancton de las lagunas de Aguas Verdes y Cuarta.

Distribución General.- Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Oscillatoria planctonica Woloszynska

Células desde cuadradas a mas largas que anchas, oscilando sus dimensiones entre 1.5-2x2-3(-6)  $\mu$ . El centro del cromatoplasma aparece más hialino que el resto de las células, quizás debido a la presencia de vacuolas de gas (Fig. 18,F).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de La Caldera, Río Seco, Río Seco Superior, Río Seco Inferior y las Yeguas, especialmente abundante en las de mayor volumen.

Distribución General.- Norte de Noruega (SAETHER, 1971).

Oscillatoria splendida Grev.

Células de 2 a 3 (4) veces más largas que anchas, estrechas (2-2.5  $\mu$  de grosor). Filamento estrecho en su zona terminal, presentando la célula apical una zona más ensan-

chado en su ápice, característica de esta especie (Fig. 18,E)

Distribución en Sierra Nevada.- Se ha observado en las lagunas que presentan mayor concentración de nutrientes: Río Seco Inferior y Gemela.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1929; MARGALEF, 1948, 1952).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Himalaya - (HIRANO, 1966, 1969); Alaska (PRESCOTT & al., 1965).

Microcoleus vaginatus (Vauch.) Gom.

Tricomas de 3-4  $\mu$  de grosor, estrechados en su zona apical y presentando una caliptra de forma más o menos cónica. La vaina común en algunas ocasiones se diluye, no observándose (Fig. 18,G,H).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie típicamente bentónica, observada en las lagunas de Aguas Verdes y Majano.

Comentario.- La presencia, en la laguna de Majano de Oscillatoria amoena (Fig. 18,D) y Microcoleus vaginatus (Fig. 18,H) - pone de manifiesto la teoría de los ecofenos de DROUET (1968) y DROUET & DAILY (1956). Posiblemente en este caso, sea la formación de vacuolas de gas (raramente observadas en M. vaginatus), el hecho que determine su paso a la vida planctónica (O. amoena).

División P Y R R O P H Y T A

Clase DINOPHYCEAE

Familia Gymnodiniaceae (Berch)Schütt

Amphidinium sp.

Pequeñas células con epiteca muy reducida. Parece presentar un estigma debajo del surco transversal. Sus dimensiones oscilan entre 4 y 5  $\mu$  de anchura y 5-7  $\mu$  de longitud. (Fig. 18, I).

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo se ha localizado en la laguna de Virgen Media, siendo más abundante en el último muestreo.

Gymnodinium sp.

Epiteca convexa de mayor tamaño que la hipoteca. Surco transversal no prolongándose en la epiteca. Célula ligeramente más ancha que larga. Longitud 26-28  $\mu$ ; anchura de 28-30  $\mu$ ; grosor: 18-21  $\mu$  (Fig. 18, J).

Distribución en Sierra Nevada.- Lagunas Gemela y Yeguas, en muy escasa proporción.

Familia Peridiniaceae Ehrenberg

Peridinium umbonatum Stein

Célula oval, de 25-29  $\mu$  de longitud y de 20-24  $\mu$  de anchura (Fig. 18, K).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas Hondera y Yeguas.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1948); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942).

Peridinium willei Huitf.-Kaas

Especie de gran tamaño y característica ornamentación areolada en sus placas. Longitud: 50-61  $\mu$  y anchura - de 50-55  $\mu$  (Fig.18,L).

Distribución en Sierra Nevada.- Nunca ha aparecido en los -- muestreos cuantitativos, sólo en los cualitativos. Localizado en las lagunas de Río Seco Inferior, Veleta y Virgen Media.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (BACHMANN, 1913; - MARGALEF, 1950); Pirineos (VILASECA, 1978).

Distribución General.- Alpes (THOMASSON, 1956; MESIKOMMER, - 1958; BALVAY, 1972); Sierra Nevada U.S.A. (THOMASSON, 1962); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia (THOMASSON, 1956; SKUJA, 1964); Spitbergen (THOMASSON, 1961).



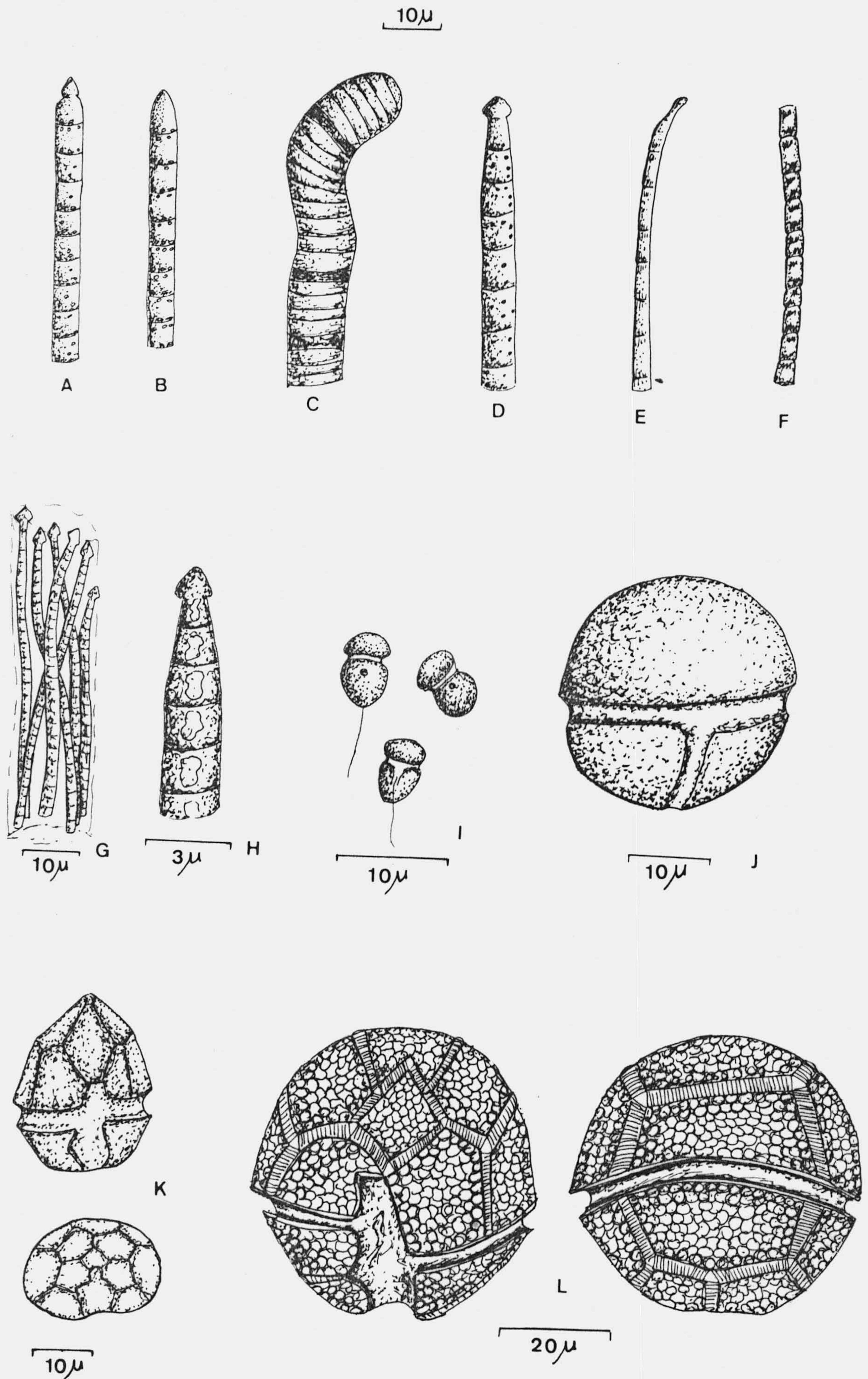


Figura 18.- A-B, *Oscillatoria agardhii*; C, *Oscillatoria curviceps*; D, *Oscillatoria amoena*; F, *Oscillatoria planctonica*; G-H, *Microcoleus vaginatus*; I, *Amphidinium* sp.; J, *Gymnodinium* sp. K, *Peridinium umbonatum*; L, *Peridinium* sp.

División E U G L E N O P H Y T A

Clase EUGLENOPHYCEAE

Familia Euglenaceae Stein

Euglena spirogyra Ehrb.

Células fuertemente estriadas, presentando aculeos sobre las estrias. Dos gruesos granos de paramylon a cada lado del núcleo. Dimensiones: 90-110  $\mu$  de longitud y 9-14  $\mu$  de anchura. Flagelo mucho más corto que la célula: 7-8  $\mu$  (Fig. 19, A).

Distribución en Sierra Nevada.- Lagunas Cuarta, Mosca, Río Seco Superior, Río Seco Inferior y Veleta; todas ellas con gran influencia litoral.

Distribución Peninsular.- Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1927; MARGALEF, 1948); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958); Alaska (PRESCOTT & al., 1965); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

Phacus acuminatus Stokes

Células presentando su máxima anchura en la zona central, más largas que anchas; con dos granos de paramylon, uno muy reducido. Longitud: 31-33  $\mu$ , anchura: 23-25  $\mu$  (Fig. 19, B).

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo ha sido observado en la laguna de Virgen Media.

Distribución Peninsular.- Sierra de Gredos (CABALLERO, 1950); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Phacus lemmermannii (Swir.) Skvortzow

Células fuertemente curvadas con dos gruesos granos de paramylon de disposición lateral. Dimensiones: longitud: 45-47  $\mu$ , anchura: 36-39  $\mu$  (Fig.19, C).

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo ha sido localizado en la laguna Gemela, en muestreos cualitativos.

Trachelomonas abrupta Swir. var. minor Delf.

Células ovoideas con lórica amarilla y finamente punteada. Dimensiones: longitud de 18-22  $\mu$ , anchura 10-14  $\mu$  (Fig.19, D).

Distribución en Sierra Nevada.- Lagunas de Gemela y Virgen Media.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1948)

Trachelomonas acanthostoma Stokes em. Defl. var. rugulata var. nov.

A typo minoribus dimensionibus loricae, ornamentum rugulatus ubique et ornamentum lineae inter spinis circum oram differt. Cellulae diametrum 17-19  $\mu$ .

Hab. in lacu Virgen Media, Sierra Nevada (Granada), libere natans.

Holotypus asservatus in Ficoteca Facultatis Scientiarum granatensis (reg. 1395). Iconotypus: Fig. 19, E.

Descripción.- Lórica esférica de color ocráceo, surcado por pequeñas arrugas (2-4  $\mu$  de longitud) en toda su superficie. Poro flagelar rodeado por una sola fila de pequeñas espinas (7 a 8), entre las cuales se observan líneas longitudinales de disposición radial. Flagelo de 1.5 veces la longitud de -

la lórica.

Se diferencia del resto de las variedades de T. -  
acanthostoma tanto en el tipo de ornamentación (punteada en  
el resto) como en el tamaño. (Fig. 19, E, F)

Distribución.- Sólo hemos localizado este taxon en la laguna  
de Virgen Media (27-VIII-1984).

Comentario.- Hasta la actualidad todos los táxones infraespe-  
cíficos de T. acanthostoma presentaban la ornamentación de --  
tipo punteado, siendo el taxon que se describe en esta memo-  
ria el único que la presenta rugulosa. Pensamos que el carác-  
ter específico más importante, y por lo que hemos incluido -  
la población de Sierra Nevada en esta especie, es la corona  
de pequeñas espinas que rodea a la abertura flagelar.

Trachelomonas hispida (Perty) Stein em. Defl.

Lórica elipsoidal de 23 a 35  $\mu$  de longitud y de  
15 a 20  $\mu$  de anchura. Flagelo de 1.5 a 2 veces la longitud -  
de la lórica. (Fig. 19, G)

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de Virgen Media.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950);  
Pirineos (MARGALEF, 1952); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944);  
Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1958; DELL'UOMO &  
al., 1980); Norte de Suecia (Skuja, 1964).

Trachelomonas lacustris Drez.

Lórica cilíndrica muy finamente punteada, longi-  
tud de 25 a 27  $\mu$  y anchura de 12-14  $\mu$ . (Fig. 19, H).

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de Majano.

Distribución Peninsular.- Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (DELL'UOMO & al., 1980); Himalaya (HIRANO, 1983); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Trachelomonas verrucosa Stokes var. macrotuberculata Grandori

Lórica ligeramente más larga que ancha. Ornamentación formada por gruesas verrugas de más de  $1 \mu$  de grosor y más o menos circulares. Poro flagelar rodeado por cuatro verrugas alargadas. Flagelo de doble longitud que la lórica. Dimensiones  $19-20 \times 17-18 \mu$  (Fig. 19, I).

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de Virgen Media.

Comentario.- Este taxon fue establecido para aquellos individuos de los Alpes italianos que presentaban una ornamentación mucho más patente y esparcida que el tipo; en cuya descripción no se ofrecían las dimensiones celulares, según HUBER-PESTALOZZI (1955), por lo que nuestra cita completa la descripción de este taxon.

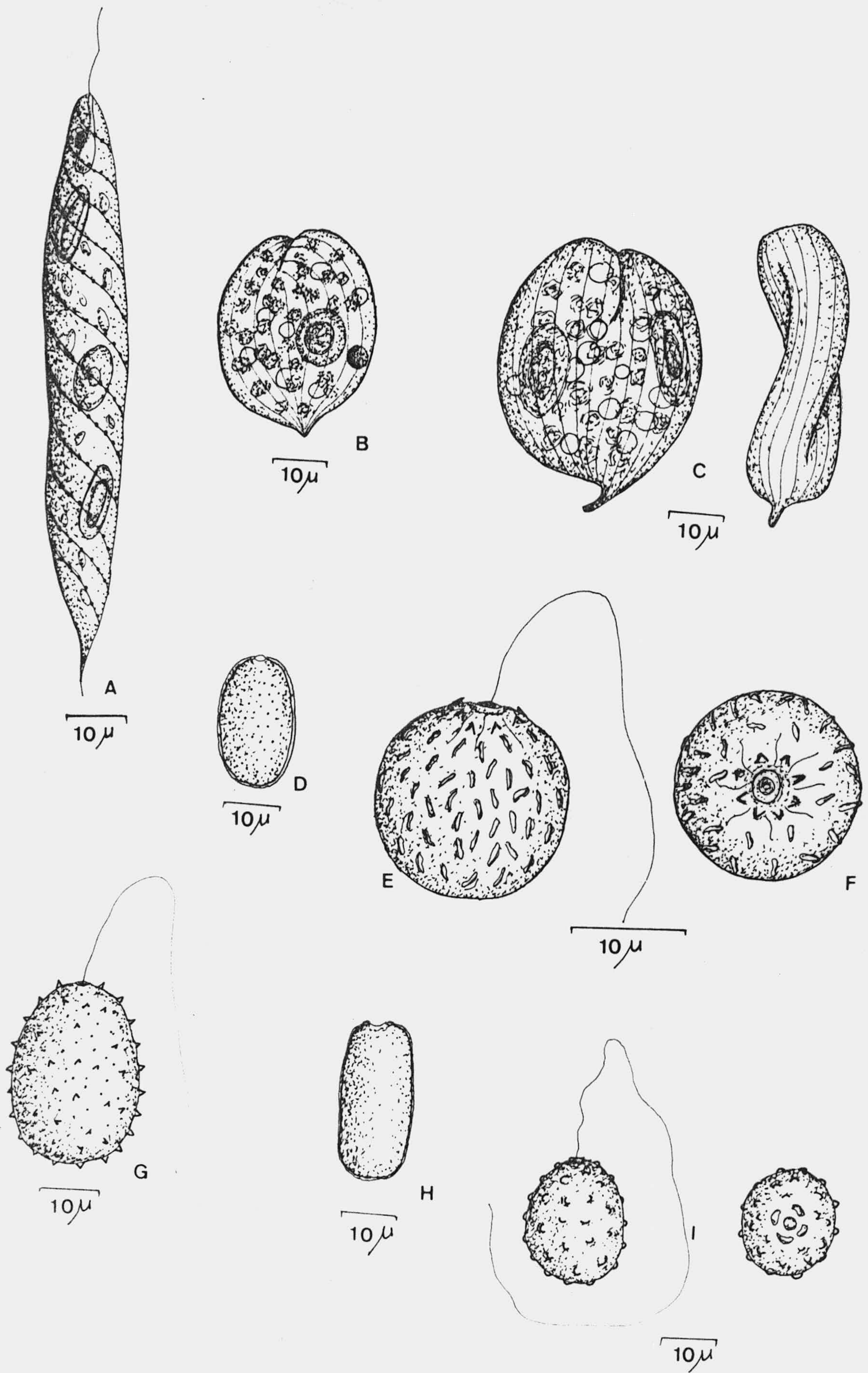


Figura 19.-A, Euglena spirogya; B, Phacus acuminatus; C, Phacus lemmermanni; D, Trachelomonas abrupta var. minor; E-F, Trachelomonas acanthostoma var. rugulata; G, Trachelomonas hispida; H, Trachelomonas lacustris; I, Trachelomonas verrucosa var. macrotuberculata.

División C H R O M O P H Y T A



Clase CHRYSOPHYCEAE

Familia Chromulinaceae Engler

Chromulina mikroplankton Pascher

Células muy pequeñas, con un sólo cloroplasto -- situado en la porción basal y central de la célula. Flagelo muy largo y grueso, aproximadamente cinco veces la longitud de la célula. Dimensiones: 2.5-4  $\mu$  de longitud y de 2-2.5  $\mu$  de anchura. (Fig. 20, A)

Distribución en Sierra Nevada. - Se ha localizado en las lagunas de Aguas Verdes, Caldera, Río Seco y Río Seco Superior, en las dos primeras, de temperaturas más frías, llega a formar poblaciones más o menos importantes, mientras que las -- dos últimas sólo la hemos observado a final y principio de ciclo.

Distribución General. - Alpes (MESSIKOMMER, 1942; PECHLANER, 1967)

Chromulina minima Doflein

Células muy pequeñas, con un cloroplasto parietal, y flagelo un poco mayor que la longitud de la célula. Dimensiones: 2-3.5  $\mu$  de longitud y de 2-2.5  $\mu$  de anchura. (Fig. 20, B)

Distribución en Sierra Nevada. - Observada en las lagunas de Virgen Media y Virgen Superior; en la primera llega a formar una población estable a lo largo del ciclo.

Distribución Peninsular. - Pirineos (CAPBLANCO, 1972; VILASECA, 1978).

Chromulina nevadensis sp.nov.

Cellulae paulum metabolica, ellipsoideus vel ovoideus; fronte truncata, depressione parva instructa. Flagellum (1.5-)2-3 plo cellulae longius. Periplastus laevis. Chromotophora bina lateralia, in lateribus opposita, fere totam cellulae perisferiam occupantia, cum pyrenoidibus. Vacuola contractile 2 aut 3 in apice. Cellulae (6-)7-8(-9)  $\mu$  longae, 4-5  $\mu$  latae.

Hab. in lacu Aguas Verdes, Sierra Nevada (Granada), libere natans.

Holotypus asservatus in Ficoteca Facultatis Scientiarum granatensis (reg. 1452). Iconotypus: Fig. 20, C.

Descripción.- Células poco metabólicas, de forma elipsoidea a ovoidea, con el margen en ocasiones un poco irregular. Apice truncado y un poco deprimido. Flagelo de (1.5-)2-3 veces más largo que la célula. Perisplasto muy tenue. Dos Cloroplastos parietales situados, cada uno, en un lado de la célula, observándose en cada uno un grueso pirenoide, de posición lateral produciendo en ocasiones abultamientos en la célula. - En la parte apical se observan 2 ó 3 vacuolas. Dimensiones: (6-)7-8(-9)  $\mu$  de longitud y de 4-5  $\mu$  de anchura (Fig. 20, C; D).

Distribución en Sierra Nevada.- Observada en las lagunas de Aguas Verdes, Virgen Media y Virgen Superior. En las dos primeras llega a desarrollar poblaciones relativamente importantes. Por su comportamiento en las lagunas citadas parece preferir aguas frías, al igual que Chromulina mikroplankton.

Comentario.- La especie más cercana a este taxon es Chromulina pyrenoidosa Ettl, de la que se puede separar fácilmente - en base a los caracteres que se exponen en la tabla 8.

Tabla 8.- Diferencias y semejanzas entre Chromulina nevadensis y C.pyrenoidea.

	<u>C.nevadensis</u>	<u>C.pyrenoidea</u>
Longitud	7-8 $\mu$	10-14 $\mu$
Anchura	4-5 $\mu$	4.5-7 $\mu$
Longitud del flagelo	2-3 veces la longitud de la célula.	1-1.5 veces la longitud de la célula.
Número de cloroplastos	2	2
Pirenoides	presentes	presentes
Vacuolas apicales	2 ó 3	1
Estigma	ausente	presente
Forma de la célula	cilíndrica	elíptico-ovoidea
Apice de la célula	estrecho y truncado	ancho y truncado

Los caracteres más destacables de Chromulina nevadensis son flagelo de gran longitud, hasta tres veces la - de la célula; pirenoides muy gruesos que llegan a provocar - abultamientos en la parte central de la célula y zona apical de aspecto truncado a ligeramente deprimido. Estos caracteres hacen que este taxon se diferencie claramente, como nos indicó BOURRELLY (com. pers.)

Chromulina ovaloides Dofl.

Células elíptica con un solo cloroplasto que ocupa una franja muy estrecha de la célula, flagelo de igual longitud que ésta. Dimensiones: 7-8  $\mu$  de longitud y de 5-7  $\mu$  de anchura. (Fig. 20, E)

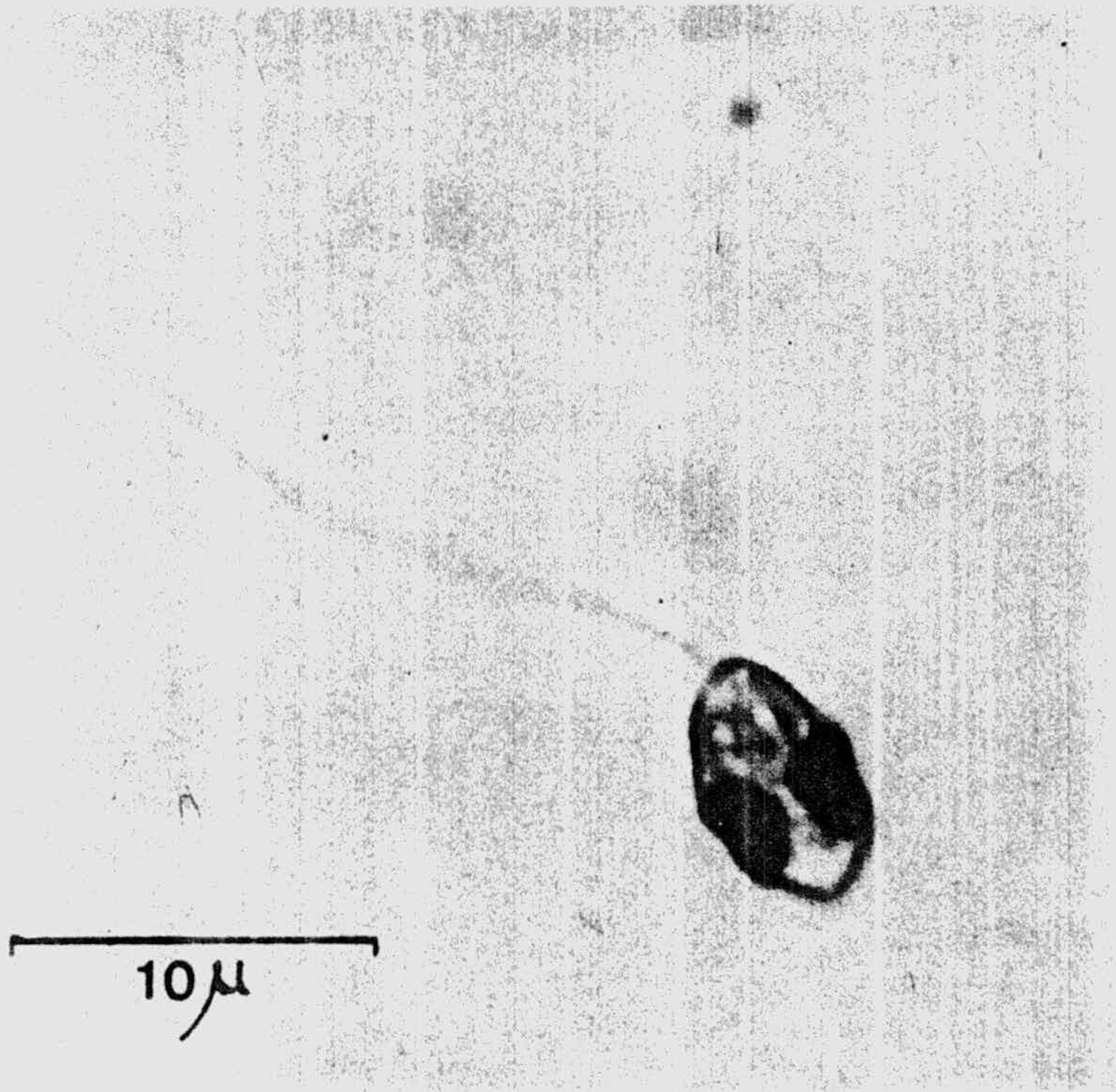
Distribución en Sierra Nevada.- Sólo localizada en la laguna de La Caldera.

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942).

Chromulina cf. rosanoffi (Woron.) Bütschli

Células bastante metabólicas, apareciendo de forma irregularmente elipsoidal, con un solo cloroplasto situado en la parte superior de la célula, presentando numerosas vacuolas. Flagelo aproximadamente de la longitud de la célula. Dimensiones: 8-10  $\mu$  de longitud y de 4-7 de anchura. (Fig. 20, F)

Distribución en Sierra Nevada.- Lagunas de La Caldera y Majano, formando una población más o menos estable en la primera, mientras que en la segunda aparece a final de ciclo.



Chromulina nevadensis

Familia Ochromonadaceae Senn

Ochromonas cf. allorgei Bourr.

Células más o menos globosas, con el periplasto cubierto de pequeñas granulaciones, nunca agudas en la parte posterior. Un solo cloroplasto parietal ocupando la zona central de la célula. Dimensiones: 6-7  $\mu$  de longitud y 5-6  $\mu$  de anchura. (Fig. 20,G)

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes y Virgen Media.

Comentario.- Según ALVAREZ COBELAS (1984) constituye la primera cita para nuestra ficoflora.

Quistes.- Hemos observado una serie de formas rodeadas por una pared rígida, con distintos elementos esculturales, que se pueden asimilar a quistes de Chrisoficeas, tanto pertenecientes a las familias Chromulinaceae como Ochromonadaceae. Las formas más frecuentes y de más amplia distribución en el conjunto de las lagunas son las de las figuras 20-H y 20-I, la primera presenta un diámetro entre 11 y 14  $\mu$ , y la segunda entre 11 y 12  $\mu$ . La figura 20-J representa una forma encontrada en la laguna Cuarta con un diámetro de 15-17  $\mu$  y la de la figura 20-K fue encontrada en la laguna Hondera, con un diámetro de 17-19  $\mu$ .

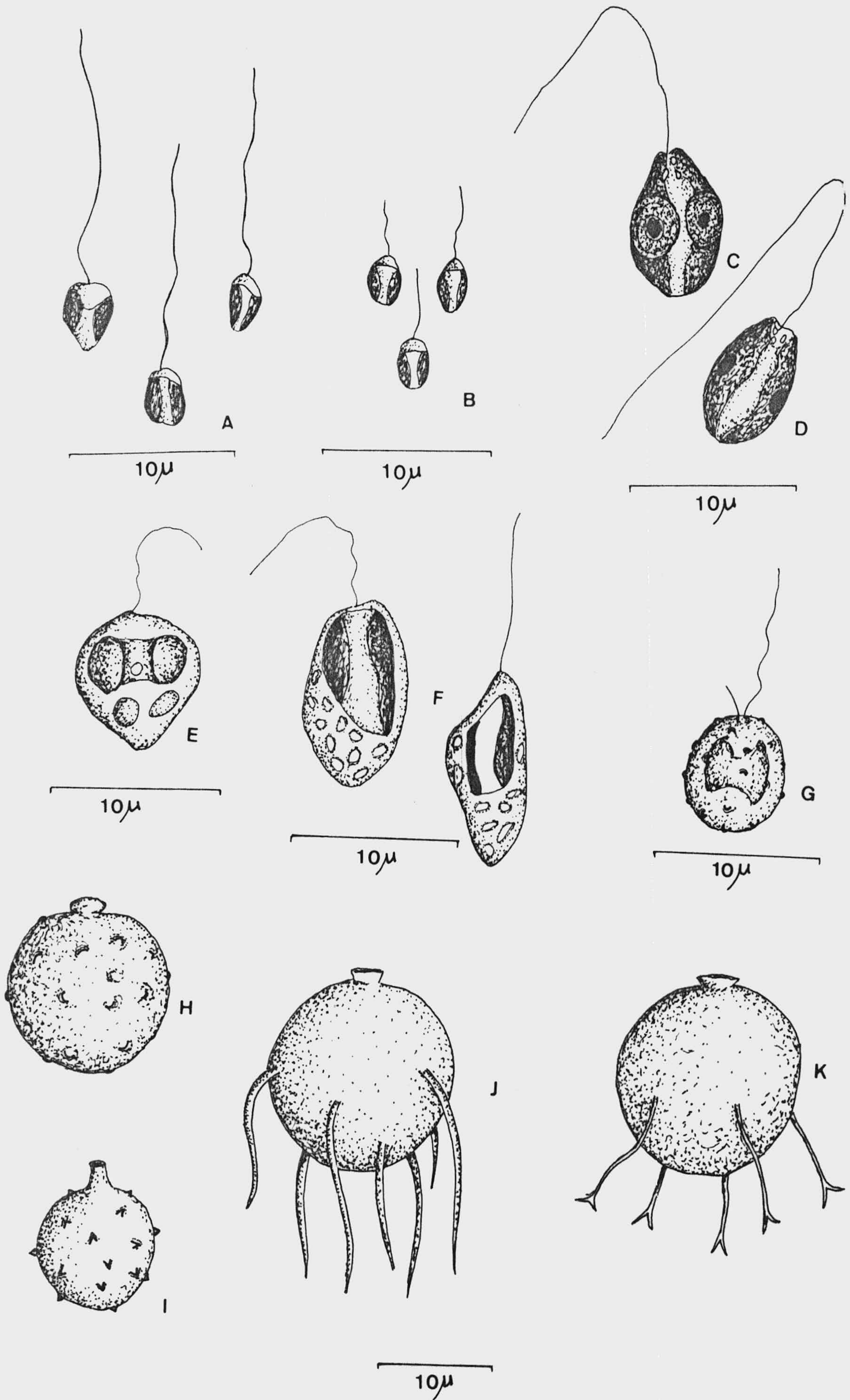


Figura 20.- A, *Chromulina mikroplankton*, B, *Chromulina minima*; C-D, *Chromulina nevadensis*; E, *Chromulina ovaloides*; F, *Chromulina cf. rossanoffi*, G, *Ochromonas cf. allorgei*; H-K, Quistes de ciliados.

Clase DIATOMOPHYCEAE

Familia Coscinodiscaceae Kützing

Cyclotella meneghiniana Kütz.

Estrias marginales de 8-9 en 10  $\mu$ . Parte central de la valva muy débilmente estriada. Diámetro: 15-21  $\mu$  (Fig. 22,A).

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en las lagunas de Aguas Verdes, La Caldera, Río Seco Inferior, Virgen Superior y las Yeguas, presentándose de forma puntual en todas ellas.

Distribución Peninsular.- Pirineos (HUSTEDT, 1939; CARTER, - 1970); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra Segundera - (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; BALVAY, -- 1972); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Cyclotella ocellata Pantocs.

Estrias marginales muy tenues (de 16 a 19 en 10  $\mu$ ) y acabando de forma muy irregular. En el centro de la valva se suelen observar 3 ó 4 gruesas protuberancias. Diámetro de la valva: (7-)8-9(-11)  $\mu$  (Fig.22,B).

Distribución en Sierra Nevada.- Aguas Verdes, Majano, Mosca, Río Seco Superior, Virgen Media y Virgen Superior.

Distribución General.- Alpes (WUTHRICH, 1975); Jura (WUTHRICH, & al., 1980)



Familia Diatomaceae Dumortier

Diatoma hiemale (Roth)Heib. var. mesodon(Ehr.)Grun.

Pequeñas valvas elipsoidales presentando de 2 a 3 costillas en  $10\ \mu$ , con finas estrías entre ellas. Dimensiones:  $14-22 \times 6-9\ \mu$  (Fig. 22,C).

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en las lagunas: - Aguas Verdes, Caldera, Gemela, Hondera, Majano, Virgen Superior y Yeguas.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (BELLOC, 1892; HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952; VILASECA, 1978); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925; MESSIKOMMER, 1942, 1958; WUTHRICH, 1975); Alpes japoneses (HIRANO, 1972); Himalaya (HIRANO, 1966, 1969, 1983), Jura (WUTHRICH & al., - 1980); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936).

Fragilaria pinnata Ehr. var. pinnata

Valvas linear-rectangulares, pequeñas, de  $3-10 \times 2-5\ \mu$ , presentando de 7-8 estrías en  $10\ \mu$  (Fig. 26,A,B).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes, La Caldera, Virgen Media y Virgen Superior.

Distribución Peninsular.- Pirineos (HUSTEDT, 1938; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948; CARTER, 1970; CAPBLANCO, 1972).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1948; WUTHRICH, 1975) Himalaya (HIRANO, 1983); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Norte de Noruega (SAETHER, 1970).

Fragilaria pinnata Ehr. var. trigona (Brun. & Herib.) Hust.

Variedad tripolar, con pseudorafe de posición lateral en el material observado, mientras que en las descripciones consultadas se observó posición central. (Fig. 22, D).

Distribución en Sierra Nevada. - Sólo la hemos observado en la laguna Quinta.

Comentario. - Según ALVAREZ COBELAS & ESTEVEZ GARCIA (1982) - esta variedad no había sido citada anteriormente en la flora española.

Fragilaria virescens Ralfs

Valvas lineares débilmente atenuadas en los extremos, con estrias muy finas, sin área central y pseudorafe -- muy estrecho. Dimensiones 65-89x6-7  $\mu$  (Fig. 22, E).

Distribución en Sierra Nevada. - Localizada en las lagunas de: Aguas Verdes, Caldera, Gemela, Río Seco, Veleta, Virgen Superior y Yeguas; siempre en poca cantidad y procedente de las comunidades litorales.

Distribución Peninsular. - Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General. - Alpes (MESSIKOMMER, 1942; BALVAY, 1972; WUTHRICH, 1975); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964); Spitzbergen (MATULA, 1982).

Hannaea arcus (Ehr.) Patr.

Syn.: Ceratoneis arcus Ehr.

Células arqueadas de 38-48  $\mu$  de longitud y de 6-7  $\mu$  de anchura. (Fig. 22, F)

Distribución en Sierra Nevada.- Lagunas de las Yeguas y Aguas Verdes. Especie de aguas frías que se localiza en los primeros y últimos muestreos de las lagunas citadas.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (BELLOC, 1892; HUSTEDT, 1938; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970; VILASECA, 1978).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925; MESSIKOMMER, 1942, 1958; BALVAY, 1972; WUTHRICH, 1975); Alpes japoneses - (HIRANO, 1969); Himalaya (HIRANO, 1966); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Norte de Suecia (SKUJA, 1964); Spitberger (MATULA, 1982).

Meridion circulare (Grev.) Ag.

Células de 30-32x5-7  $\mu$ , presentando de 3 a 4 ccs tillas en 10  $\mu$ . (Fig. 22, G)

Distribución en Sierra Nevada.- Aguas Verdes, Cuarta, Gemela, Hondera, Majano, Mosca, Monachil, Quinta, Río Seco, Río Seco Inferior, San Juan, Veleta, Virgen Media, Virgen Superior, - Yeguas. Excepto en Virgen Superior y Aguas Verdes, en el resto de las lagunas siempre se presenta a final o principio de ciclo.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineo (GONZALEZ GUERRERO, 1927; HUSTEDT, 1938; MARGALEF, - 1948, 1952; CARTER, 1970; CAPBLANCO, 1974; VILASECA, 1978);

Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra de Guadarrama (GONZALEZ GUERRERO, 1929); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; THOMASSON, 1956; BALVAY, 1972); Himalaya (HIRANO, 1983); Jura -- (WÜTHRICH & al., 1980); Norte de Suecia (SKUJA, 1964); Spitzbergen (THOMASSON, 1961; MATULA, 1982).

Synedra rumpens Kütz.

Células muy estrechas con los ápices capitados - estrias muy finas 18-20 en 10  $\mu$ ; área central sin estrias y levemente ensanchada. Dimensiones: 48-65x2-3.5  $\mu$ . (Fig.26,H).

Distribución en Sierra Nevada.- Lagunas de: Aguas Verdes, Gemela, Majano, Río Seco Superior, Río Seco, Río Seco Inferior, Virgen Media, Yeguas; en esta última laguna llega a dominar la comunidad fitoplanctónica durante más de la mitad del ciclo de estudio.

Distribución Peninsular.- Pirineos (CARTER, 1970); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; WÜTHRICH, 1975); Himalaya (HIRANO, 1969); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Norte de Suecia (SKUJA, 1948).

Tabellaria flocculosa (Roth)Kütz.

Valvas engrosadas en el centro y en los polos, - estrias finas: 14 a 18 en 10  $\mu$ . Dimensiones: 20-28x8-9  $\mu$ . (Fig.22-I; 26, I).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes, Cuarta, Hondera, Mosca, Virgen Media y Virgen Superior.

Distribución Peninsular.- Pirineos (HUSTEDT, 1939; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970; VILASECA, 1978); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (BACHMANN, 1913; MARGALEF, 1955).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1957, 1958; THOMASSON, 1956; PECHLANER, 1967; BALVAY, 1972; WUTHRICH, -- 1975; DELL'UOMO & al., 1980); Himalaya (HIRANO, 1969); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Montañas de Córcega (GUINDOCHET, 1936); Sierra Nevada U.S.A. (THOMASSON, 1962); Tatra (SIEMINSKA, -- 1967); Norte de Noruega (SAETHER & al., 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1948; THOMASSON, 1956); Spitzbergen (THOMASSON, 1961; MATULA, 1982).

#### Familia Eunotiaceae Kützing

##### Eunotia bigibba Kütz.

Células con el margen dorsal bi-ondulado, ápices apenas capitados; margen ventral débilmente concavo en el -- centro y convexo en los extremos. De 12-14 en 10  $\mu$  (en la -- parte central). Dimensiones 28-45x9.5-12  $\mu$ . (Fig.22,J).

Distribución en Sierra Nevada.- Encontrada en las lagunas de: La Caldera, Río Seco y Río Seco Inferior, siempre en muy poca densidad.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1948, 1952).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; WUTHRICH, - 1975).

Eunotia cf. lunaris (Ehr.) Grun.

Valvas arqueadas con los extremos atenuados en el margen dorsal, márgenes paralelos salvo en los extremos. De 14-16 estrias en 10  $\mu$ . Dimensiones: 40-60x4-5  $\mu$ . (Fig. 22, K)

Distribución en Sierra Nevada.- Lagunas de Aguas Verdes, Gemela y Río Seco.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970); Sierra de Azañar (MARGALEF, 1952); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Alpes japoneses (HIRANO, 1972); Himalaya (HIRANO, 1969); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Tatra (SIEMINSKA, 1967); Montañas de Córcega - (GUINOCHET, 1936); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

Comentario.- E. lunaris y E. valida Hust. son dos táxones próximos que se diferencian fundamentalmente en sus dimensiones. Los ejemplares de Sierra Nevada se encuentran en una posición intermedia, en cuanto a este carácter, pero debido a que los extremos de las valvas se atenúan progresivamente y no son capitados la incluimos bajo esta categoría específica.

Eunotia pectinalis (Müll.?) Rabh. var. minor (Kütz.) Rabenh.

Margen dorsal plano-convexo y ventral ligeramente concavo. De 10-11 estrias en 10  $\mu$ . Dimensiones: 30-35x7-10  $\mu$ . (Fig. 22, L)

Distribución en Sierra Nevada.- Lagunas de Aguas Verdes, Río Seco.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941; MAR

GALEF, 1948, 1952); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); - Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Alpes Japoneses (HIRANO, 1972); Himalaya (HIRANO, 1969, 1983); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1948).

Eunotia pseudopectinalis Hust.

Valvas lineares, rectas o indistintamente curvadas (en el centro o hacia los extremos), ofreciendo un aspecto sinuoso. Extremos levemente atenuados en el margen dorsal. El rafe se prolonga por un caudal que atraviesa las estrías hacia el centro de la valva. Estrías punteadas a M.E.B. de 11-14 en  $10 \mu$ , que son cruzadas por una línea hialina en el margen ventral. Dimensiones: 125-194x9-11  $\mu$  (Fig.22, M-P, 26, G).

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo se ha localizado en la laguna Cuarta, fundamentalmente bentónica (herpon).

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941).

Distribución General.- Laponia (HUSTEDT, 1959).

Comentario.- MANGUIN (in ALLORGE & MANGUIN, 1941) define un nuevo taxon a nivel varietal: E.flexuosa var. vasconiensis - Manguin para el pirineo, que describe como "Valve linéaire, faiblement arqueé, à bords parallèles, faiblement attésant - le bouton terminal et se repliant en arriere. Une ligne hialine paralléle au bord ventral de la valve. Lg. 84  $\mu$ , larg. 4  $\mu$ , 14 stries en 10  $\mu$ ".

Morfológicamente este taxon se debe incluir en Eunotia pseudopectinalis, ya que coincide con los caracteres

distintivos de esta especie, pero en cuanto a sus medidas es totalmente diferente, si la comparamos con las dadas por HUSTED (1959) y con las ofrecidas en esta Memoria, por lo que creemos correcto mantener la variedad establecida para este taxon pirenaico como: Eunotia pseudopectinalis var. vasconiensis (Manguin) comb. nov.

Según ALVAREZ COBELAS & ESTEVEZ GARCIA (1982) nuestro material constituye la primera cita de este taxon en España.

#### Eunotia sudetica Müller

Especie caracterizada por presentar los nódulos polares desplazados de los ápices celulares. Margen dorsal plano convexo y progresivamente reducido desde el tercio de la valva hacia el final. Margen ventral casi recto. Presenta de 13-15 estrías en 10  $\mu$ . Dimensiones: 20-25x5  $\mu$ . (Fig.22,Q)

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo la hemos localizado en la laguna Cuarta.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1957; WUTHRICH, 1975) Alpes Japoneses (HIRANO, 1972).

Comentario.- Las medidas para esta especie, en Sierra Nevada tanto en dimensiones como en número de estrías, coinciden con las dadas por MARGALEF (1948), HIRANO (1972) y WUTHRICH (1975), pero no así con las de HUSTEDT (1959). WUTHRICH (1975) examinó las preparaciones de HUSTEDT (loc. cit.) encontrando



las mismas dimensiones que en el material por ella estudiado, no. Lo que las medidas que ofrece HUSTEDT (loc. cit.) deben tomarse con cierto espíritu crítico. Teniendo en cuenta los trabajos aludidos puede considerarse que las dimensiones de este taxon oscilan entre 18 y 25  $\mu$  de longitud, entre 4-5  $\mu$  de anchura, y con un número de estrias en 10  $\mu$  comprendido entre 13 y 15.

Familia Achnanthaceae Kützing

Achnanthes affinis Grun.

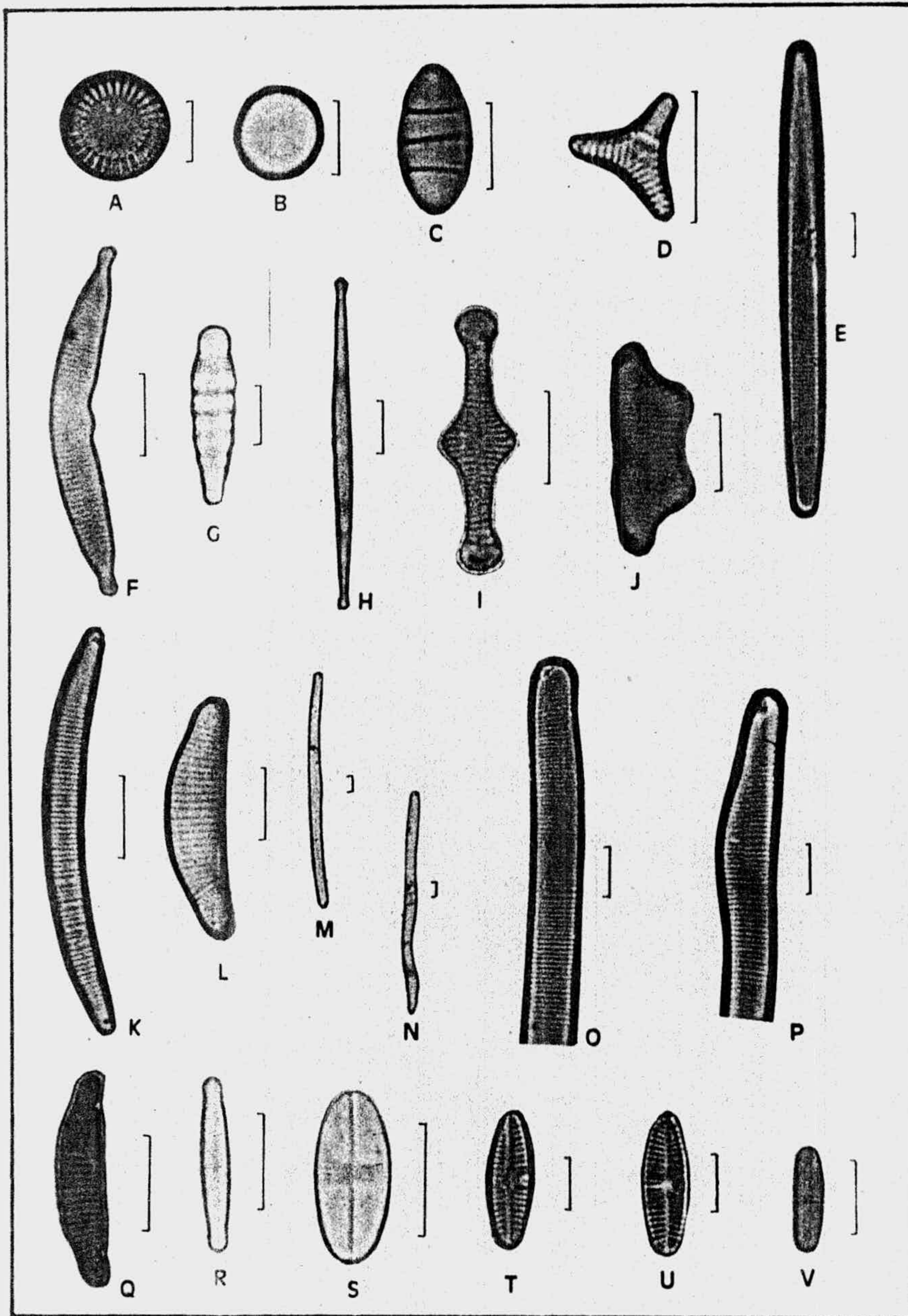
Células linear-lanceoladas, con los ápices claramente engrosados y redondeados, presentando un área central transversalmente ensanchada hasta los margenes en la valva - rafidiana. Valvas sin rafe con área central lanceolada. Estrias muy finas. Dimensiones: 13-19x3-3.5  $\mu$  (Fig. 22, R).

Distribución en Sierra Nevada.- Localizado en las lagunas de Aguas Verdes, La Caldera, Gemela, Majano, Mosca, Río Seco, - Virgen Superior. En la mayoría de ellas a principios o final de ciclo, salvo en las de temperaturas más frías: Virgen Superior y Aguas Verdes que están presentes durante todo el periodo de estudio. En el primer muestreo de la laguna de La Caldera forma una fracción importante de la comunidad fitoplanctónica.

Distribución Peninsular.- Pirineo (HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936).

Comentario.- Según ALVAREZ COBELAS & ESTEVEZ GARCIA (1982) -



22. - A, Cyclotella meneghiniana; B, Cyclotella ocellata; C, Diatoma hiemale v. mesodon  
 D, Fragilaria pinnata var. trigona; E, Fragilaria virescens; F, Hannaea arcus;  
 G, Meridion circulare; H, Synedra rumpens; I, Tabellaria flocculosa, J, Eunotia  
biggiba; K, Eunotia lunaris; L, Eunotia pectinalis var. minor; M-P, Eunotia  
pseudopectinalis; Q, Eunotia sudetica; R, Achnanthes affinis; S, Achnanthes aus-  
triaca; T-U, Achnanthes lanceolata; V, Achnanthes linearis; (escala: 10 u).

este taxon no habia sido citado, hasta el momento, para la ficoflora española.

Achnanthes austriaca Hust.

Valvas elípticas, la rafidiana presentando un -- área central que se extiende casi hasta el margen, y un área axial linear. Ambos extremos del rafe curvados en sentido -- opuesto en los ápices de las valvas. Estrías muy finas, de - 27-31 en 10  $\mu$ . Valva sin rafe con área central lanceolada-irre- gular. Dimensiones: 12-19x6-8  $\mu$  (Fig.22,S).

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en las lagunas de La Caldera y Río Seco Inferior, muy rara y en muestreos cua- litativos.

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; WUTHRICH, - 1975); Jura (WUTHRICH & al., 1980).

Comentario.- Según ALVAREZ COBELAS & ESTEVEZ GARCIA (1982) - no habia sido detectada en nuestra flora.

Achnanthes lanceolata (Breb.) Grun.

Valvas lanceoladas, presentando de 14-17 estrias en 10  $\mu$ . Dimensiones: 14-22x5-6  $\mu$  (Fig.22,T,L).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Ver- des, La Caldera, las Yeguas.

Distribución Peninsular.- Pirineos (HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952); Sierra Segundera (MARGELEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; WUT- HRICH, 1975); Alpes japoneses (HIRANO, 1972); Jura (WUTHRICH

& al., 1980); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Himalaya (HIRANO, 1969); Spitbergen (MATULA, 1982).

Achnanthes linearis (W.Sm.)Grun.

Valvas lineares con los extremos redondeados, -- presentando de 16 a 19 estrías en 10  $\mu$ . Dimensiones: 14-15x 3.5-4.5  $\mu$ . (Fig.22,V).

Distribución en Sierra Nevada.— Sólo localizado en la laguna Gemela.

Distribución Peninsular.— Pirineos (HUSTEDT, 1939; VILASECA, 1978); Picos de Europa (MARGALEF, 1950).

Distribución General.— Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; WUT-- HRICH, 1975); Himalaya (HIRANO, 1983); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Norte de Noruega (SAETHER, 1971).

Cocconeis plancentula Ehr. var. lineata (Ehr.)Cleve

Dimensiones: 17-27x9-19  $\mu$  (Fig. 23,A,B).

Distribución en Sierra Nevada.— Lagunas de La Caldera, Geme- la, Virgen Superior, Yeguas. Sólo en muestras cualitativas.

Distribución Peninsular.— Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (WUSTEDT, 1939; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.— Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; BALVAY, 1972; WUTHRICH, 1975); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936).

Familia Naviculaceae Kützing

Subfamilia Naviculoidea

Anomoeoneis seriens (Bréb.) Cleve var. brachysira (Bréb.) Cleve

Valvas perfectamente lanceoladas; estrías numerosas, de 25 a 30  $\mu$ , mostrando a M.O. (Fig. 23, C) unas bandas longitudinales que recorren toda la valva. A M.E.B. (Fig. 26, E, F) se observa que sobre las estrías se disponen una serie de -- puntuaciones, que son las que producen las bandas longitudinales que se observan a M.O. Dimensiones: 20-27x7-8  $\mu$ .

Distribución en Sierra Nevada. - En las lagunas Cuarta y Virgen Media, en ambas apareció en muestras cualitativas.

Distribución Peninsular. - Pirineos (ALLORGE & al., 1941).

Distribución General. - Alpes japoneses (HIRANO, 1972); Himalaya (HIRANO, 1983); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Tatra (SIE MINSKA, 1967).

Caloneis ventricosa (Ehr.) Meist.

Valvas con margen claramente triondulado, estrías poco radiales, de 20 a 25 en 10  $\mu$ , acortándose regularmente en el centro de la valva para dar lugar a un área transversalmente ensanchada, muy frecuentemente llega a alcanzar el margen valvar por desaparición de 1 a 3 estrías. Área axial muy estrecha. Dimensiones: 45-58x10-12  $\mu$ . (Fig. 23, D)

Distribución en Sierra Nevada. - Localizada en las lagunas de Aguas Verdes y Yeguas.

Distribución Peninsular. - Pirineos (MARGALEF, 1952).

Distribución General. - Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; DELL' UOMO & al., 1980); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte -

de Suecia (SKUJA, 1948).

Comentario.- Existen algunos caracteres que desvían levemente a las poblaciones de Sierra Nevada del resto de la especie, tales como: Area axial muy estrecha, area central transversalmente ensanchada y mayor número de estrías.

Frustulia rhomboides (Ehr.) De Tony

Valvas lanceoladas, con estrías imperceptibles a M.O. Dimensiones: 36-50x11-13  $\mu$ . (Fig.23,E)

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes, Río Seco, Virgen Media y Yeguas; solo en la primera de ellas en muestreos cuantitativos.

Distribución Peninsular.- Pirineos (HUSTEDT, 1939; MARGALEF, 1948, 1952); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1957; WUTHRICH, 1975); Alpes japoneses (HIRANO, 1972); Himalaya (HIRANO, 1966, 1983); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Montañas de Córcega (GUINDCHET, 1936); Tatra (SIEMINSKA, 1967); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1965); Spitbergen (MATULA, 1982).

Navicula cocconeiformis Greg.ex Grev.

Valvas elípticas, con los extremos muy ligeramente atenuados, estrías claramente radiales, alternando cortas y largas en el centro. Area central no definida, área axial lanceolada. De 25 a 30 estrías en 10  $\mu$ . Dimensiones: 16-18x 8-10  $\mu$  (Fig.23,F).

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo localizada en muestras cualitativas en la laguna Virgen Media.

Distribución Peninsular.- Pirineos (HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941; CARTER, 1970); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; WUTHRICH, 1975); Jura (WUTHRICH & al., 1980).

Navicula cryptocephala Kütz.

Valvas lanceoladas con los ápices atenuados. De 16-18 estrías en 10  $\mu$ . Dimensiones 32-35x6-8  $\mu$ . (Fig.23,G)

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en las lagunas de Río Seco, Río Seco Inferior, Río Seco Superior y Veleta.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (BELLOC, 1892; ALLORGE & al., 1941; HUSTEDT, 1939; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970; CAPBLANCO, 1972); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; BALVAY, 1972; WUTHRICH, 1975; DELL'UOMO & al., 1980); Atlas (SOMERS, 1972); Himalaya (HIRANO, 1966, 1969); Jura (WUTHRICH, & al., 1980); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Norte de Suecia (SKUJA, 1964); Spitbergen (MATULA, 1982).

Navicula laevissima Kütz.

Syn.: Navicula wittrockii (Lagst.)Cleve

Valvas de contorno linear-cilíndrico. Estrías radiales, área central transversal producida por un brusco acortamiento de las estrías; área axial estrecha linear. de 17 a 19 estrías en 10  $\mu$ . Dimensiones: 21-47x6-10  $\mu$ . (Fig.23,H)

Distribución en Sierra Nevada.- Observada sólomente en muestras cualitativas de las lagunas de Gemela y Majano.

Distribución Peninsular.- Pirineos (CARTER, 1970).

**Navicula pseudoscutiformis Hust.**

Valvas elíptico arculares, sin ápices diferenciados. estrías punteadas y radiales, alternando largas y cortas en la posición central, área central a penas diferenciada, área axial estrecha, débilmente lanceolada. De 20 a 25 estrías en 10  $\mu$ . Dimensiones: 11-13x9-10  $\mu$ . (Fig.23,I)

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en muestras cualitativas de la laguna de Aguas Verdes.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941; CARTER, 1970).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; WUTHRICH, 1975); Norte de Noruega (SAETHER, 1971).

Comentario.- Según ALVAREZ COBELAS & ESTEVEZ GARCIA (1982) - no habia sido citada para nuestra ficoflora.

**Navicula radiosa Kütz.**

Valvas lanceoladas romboideas, estrías radiales en el centro y convergentes en los extremos, formando una estrecha área central. De 10 a 13 estrías en 10  $\mu$ . Dimensiones: 41-60x10-14  $\mu$ . (Fig.23, J; K)

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de La Caldera, Majano, Virgen Media, Virgen Superior y Yeguas. En Virgen Superior llega a formar una porción importante de la comunidad fitoplanctónica.



Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (BELLOC, 1892; HUSTEDT, 1939; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970; CAPBLANCO, 1972; VILASECA, 1978); Sierra de -- Aralar, (MARGALEF, 1946); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925; MESSIKOMMER, 1942, 1958; WUTHRICH, 1975; DELL'UOMO & al., 1980); Jura -- (WUTHRICH & al., 1980); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Norte de Noruega (SAETHER, 1972); Norte de Suecia (SKUJA, -- 1948, 1964); Spitbergen (MATULA, 1982).

Navicula rhynchocephala Kütz.

Valvas lanceoladas con los extremos atenuados. - Area central redondeada, estrías radiales en el centro y con vergentes en los extremos. De 11 a 13 en 10  $\mu$ . Dimensiones: 50-55x11-12  $\mu$ . (Fig.23,L)

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes y Yeguas.

Distribución Peninsular.- Pirineos (BELLOC, 1892; HUSTEDT, - 1939; MARGALEF, 1948; CARTER, 1970); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; BALVAY, 1972; WUTHRICH, 1975); Jura (WUTHRICH, & al., 1980); Norte - de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

Navicula sp.

Valvas lanceoladas elipsoidales, con los ápices débilmente estrechados. Estrías radiales desde el centro y - hasta los 2/3 de la valva, donde se hacen paralelas; estando

interrumpidas en los ápices valvares por un sutura más o menos circular. A M.O. las estrías parecen estar formadas por zonas de distinto grosor, de aquí las franjas longitudinales que se pueden observar. Area central transversal, producida por el acortamiento de tres estrías; área axial ligeramente lanceolada. Entre 14 y 17 estrías en  $10 \mu$ . Dimensiones: (15-) 19-24(-27) x 6-7  $\mu$ . (Fig.23, M)

Distribución en Sierra Nevada.- En muestras cualitativas de la laguna de Majano.

Comentario.- Taxon perteneciente al grupo annulatae cuya descripción no hemos localizado en las obras consultadas.

Neidium affine (Ehr.)Pfitz. var. longiceps (Greg.)Cleve

Valvas con los margenes lineares en el centro y atenuadas en los extremos, llegando a ser ligeramente capitadas. Estrías muy finas, de 26-30 en  $10 \mu$  y paralelas a lo largo de toda la valva. Dimensiones: 25-35 x 6-7  $\mu$ . relación grosor centro: apice = 2:1. (Fig.23, N)

Distribución en Sierra Nevada.- En muestras cualitativas de las lagunas de las Yeguas y Majano.

Distribución Peninsular.- Pirineo (ALLORGE & al., 1941).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; WUTHRICH, 1975); Jura (WUTHRICH & al., 1980).

Comentario.- Taxon muy semejante a N. affine var. amphirhynchus (Ehr.) Cleve, del que se diferencia fundamentalmente en los siguientes caracteres:

	var. <u>longiceps</u>	var. <u>amphirhynchus</u>
Estrías en 10 $\mu$	26-30	20-24
Relación grosor centro:ápice	2:1	3:1
Dimensiones	25-38x6-9 $\mu$	30-45x9-12 $\mu$

Según ALVAREZ COBELAS & ESTEVEZ GARCIA (1982) -- esta variedad no habia sido citada para nuestra flora.

Neidium bisulcatum (Lagerst.) Cleve

Valvas lineares en el centro y progresivamente -- atenuadas hacia los extremos. De 25 a 27 estrias en 10  $\mu$ . Di mensiones: 45-73x11-15  $\mu$ . (Fig.23,0)

Distribución en Sierra Nevada. -- En las lagunas de Majano, -- Río Seco, Río Seco Inferior y Yeguas. Solo en Majano apareció en muestras cuantitativos.

Distribución Peninsular. -- Pirineo (ALLORGE & al., 1941; CAR- TER, 1970) Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General. -- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1957; WUT-- HRICH, 1975; DELL'UOMO & al., 1980); Alpes japoneses (HIRANO, 1972); Himalaya (HIRANO, 1983); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Spitbergen (MATULA, -- 1982).

Neidium iridis (Ehr.) Cleve var. ampliatum (Ehr.) Cleve

Valvas más o menos lineares con los extremos re- ducidos. Aproximadamente de 18-20 estrias en 10  $\mu$ . Area cen- tral transversalmente ensanchada, área axial de cada rama --

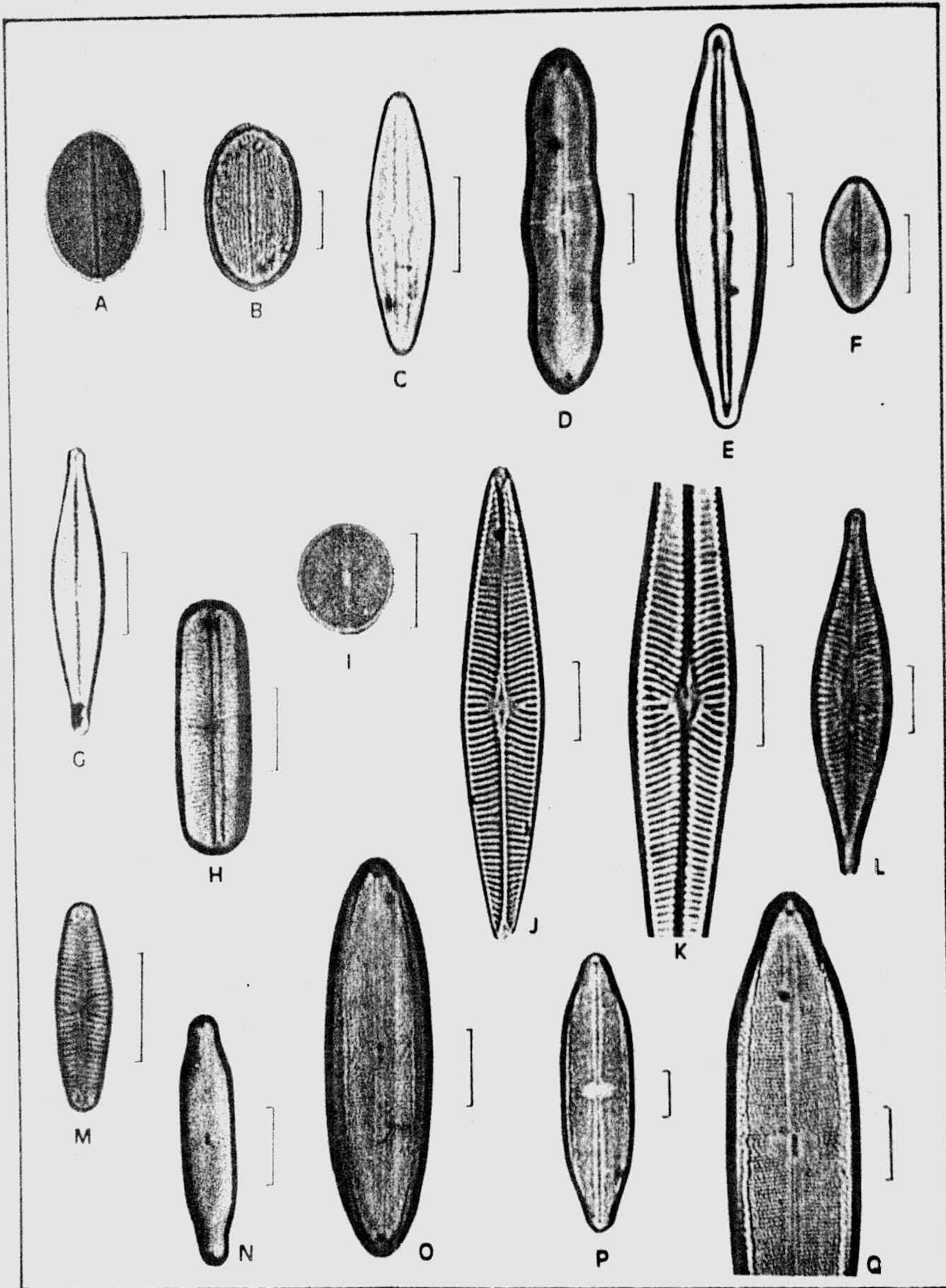


Figura 23.- A-B, Cocconeis placentula var. lineata; C, Anomoeoneis serians var. brachysira; D, Caloneis ventricosa; E, Frustulia rhomboides; F, Navicula cocconeiformis; G, Navicula cryptocephala; H, Navicula laevissima; I, Navicula pseudoscutiformis; J-K, Navicula radiosa; L, Navicula rhynchocephala; M, Navicula sp. N, Neidium affine var. longiceps; O, Neidium bisulcatum; P-Q, Neidium iridis var. ampliatum. (escala 10 u)

del rafe lanceolada. A veces se observan puntos aislados en el área central. Dimensiones: 60-70x17-20  $\mu$ . (Fig. 23, P, Q; 26, D)

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada solamente en la laguna Hondera.

Distribución Peninsular.- Pirineo (ALLORGE & al., 1941).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1958; WUTHRICH, 1975); Alpes japoneses (HIRANO, 1972).

Pinnularia borealis Ehr.

Valvas con gruesas costillas que no sobrepasan de 5-7 en 10  $\mu$ . Dimensiones: 29-60x9-17  $\mu$  (Fig. 24, A).

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de La Caldera, Río Seco Inferior y Yeguas.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (HUSTEDT, 1938; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925; MESSIKOMMER, 1942, 1957, 1958; WUTHRICH, 1975; DELL'UOMO & al., 1980); -- Alpes japoneses (HIRANO, 1972); Himalaya (HIRANO, 1983); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Sletbergen (MATULA, 1982).

Pinnularia episcopalis Cleve

Valvas linear-elípticas, presentando un claro estauo central y los nódulos polares muy marcados y perfecta-

mente delimitados. Estrías centrales radiales, y las apicales claramente convergentes, muy gruesas, de 6 a 8 en  $10 \mu$ . Dimensiones:  $110-120 \times 34-35 \mu$  (Fig.24, B).

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de Majano, en muestras cualitativas.

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; WUNTHRICH, 1957).

Comentario.- Según ALVAREZ COBELAS & ESTEVEZ GARCIA (1982) - hasta el momento no se había encontrado en nuestra flora.

#### Pinnularia hemiptera (Kütz.)Cleve

Valvas linear-lanceoladas, con un área axial lanceolada extremadamente amplia. De 8 a 10 estrías en  $10 \mu$ . Dimensiones:  $60-65 \times 13-14 \mu$  (Fig.24, C).

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de Majano.

Distribución Peninsular.- Pirineos (BELLOC, 1892; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; WUTHRICH, 1975).

#### Pinnularia microstauron (Ehr.)Cleve

Valva linear en el centro y atenuada en los extremos. Estauros formado por el progresivo acortamiento de las estrías, de 9 a 12 en  $10 \mu$ . Dimensiones:  $34-67 \times 7-12 \mu$ . (Fig.24, D)

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes, La Caldera, Majano, Río Seco y Río Seco Inferior.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950);

Pirineos (HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1957, 1958; WUTHRICH, 1975; DELL'UOMO & al., 1980); Himalaya (HIRANO, -- 1969); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Spitbergen (MATULA, 1982).

Pinnularia viridis (Nitzsch)Ehr.

Valvas con margenes paralelos casi hasta los extremos. Area axial ancha y central no diferenciable. De 12 a 14 estrías en 10  $\mu$ . Dimensiones: 46-53x10-12  $\mu$ . (Fig.24,E)

Distribución en Sierra Nevada.- Observada en aquellas lagunas con rica vegetación litoral: Aguas Verdes, Gemela, Majano, - Río Seco, Yeguas y San Juan.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (BELLOC, 1892; HUSTEDT, 1939; MARGALEF, 1948,1952; CARTER, 1970); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1949); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925; MESSIKOMMER, 1942, 1957, 1958; BALVAY, 1977; WUTHRICH, 1975; DELL'UOMO & al., 1980); Alpes japoneses (HIRANO, 1972); Himalaya (HIRANO 1969); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Norte de Suecia (SKUJA, 1948); Spitbergen (MATULA, 1982).

Stauroneis anceps Ehr.

Valvas con los extremos capitados de 19-22 estrías en 10 u. Dimensiones: 32-60x9-10 u. (Fig.24,F).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes, Río Seco Inferior y Yeguas; sólo en la primera en muestras cuantitativas.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (BELLLOC, 1892; HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970); Sierra de Guadarrama -- (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925; MESSIKOMMER, 1942, 1958; BALVAY, 1972; WUTHRICH, 1975; DELL'UOMO & al., - 1980); Himalaya (HIRANO, 1966, 1983); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Spitbergen --- (MATULA, 1982).

Stauroneis phoenicenteron (Nitzsch) Ehr.

Valvas insensiblemente capitadas, presentando de 13 a 18 estrías en 10  $\mu$ . Dimensiones: 98-140x19-22  $\mu$ . (Fig. 24, G, H)

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de Aguas Verdes.

Distribución Peninsular.- Pirineos (HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970); Sierra de -- Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Stauroneis smithii Grun.

Valvas poco capitadas, presentando de 26 a 30 estrías en 10  $\mu$ . Dimensiones: 15-30x4-6  $\mu$ . (Fig. 24, I)

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de La Caldera en muestras cualitativas.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950);



Pirineos (HUSTEDT, 1939; MARGALEF, 1948; CARTER, 1970).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; WUTHRICH, - 1975); Jura (WUTHRICH & al., 1980).

Subfamilia Gomphonematoidea (Kützing) Bourrelly

Gomphonema affine Kütz.

Syn.: Gomphonema lanceolatum Ehr.

Valva lanceolada, con la parte basal más débil-- mente estrechada que la apical. Estrías punteadas, de 10 a - 12 en 10  $\mu$ . Dimensiones: 24-41x5-8  $\mu$ . (Fig.24,J)

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes, Caldera, Gemela, Río Seco y Virgen Superior.

Distribución Peninsular.- Pirineos (CARTER, 1970).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; WUTHRICH, - 1975); Himalaya (HIRANO, 1966, 1983).

Gomphonema gracile Ehr.

Valvas naviculoideas, presentando entre 14-16 es trías en 10  $\mu$ . Dimensiones: 44-50x7-8  $\mu$ . (Fig.24,K)

Distribución en Sierra Nevada.- En muestras cualitativas de la laguna de la Mosca.

Distribución Peninsular.- Pirineos (HUSTEDT, 1939; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; WUT-- THRICH, 1975); Himalaya (HIRANO, 1983).

Gomphonema longiceps Ehr.

Valvas trionduladas, presentando la zona subapical del mismo grosor que la central. Estrías claramente punteadas, de 10 a 12 en 10  $\mu$ . Dimensiones: 55-60x8-9  $\mu$ . (Fig.24,L)

Distribución en Sierra Nevada.- En muestras cualitativas de la laguna de La Caldera.

Distribución Peninsular.- Pirineos (HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; WUTHRICH, 1975); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936).

**Subfamilia Cymbelloidea (Greville) Bourrelly**

Amphora ovalis Kütz.

Valvas ovales con los márgenes totalmente convexos, presentando de 15 a 20 estrías en 10  $\mu$ . Dimensiones: 38-60x20-25  $\mu$ . (Fig.25, A)

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en las lagunas de Aguas Verdes, Virgen Media, Virgen Superior y Yeguas.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (HUSTEDT, 1939; MARGALEF, 1948, 1952; VILASECA, 1978); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925; MESSIKOMMER, 1942, 1958; BALVAY, 1972; WUTHRICH, 1975; DELL'UOMO, 1980); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Norte de Suecia (SKUJA, 1948); Norte de Noruega (SAETHER, 1971).

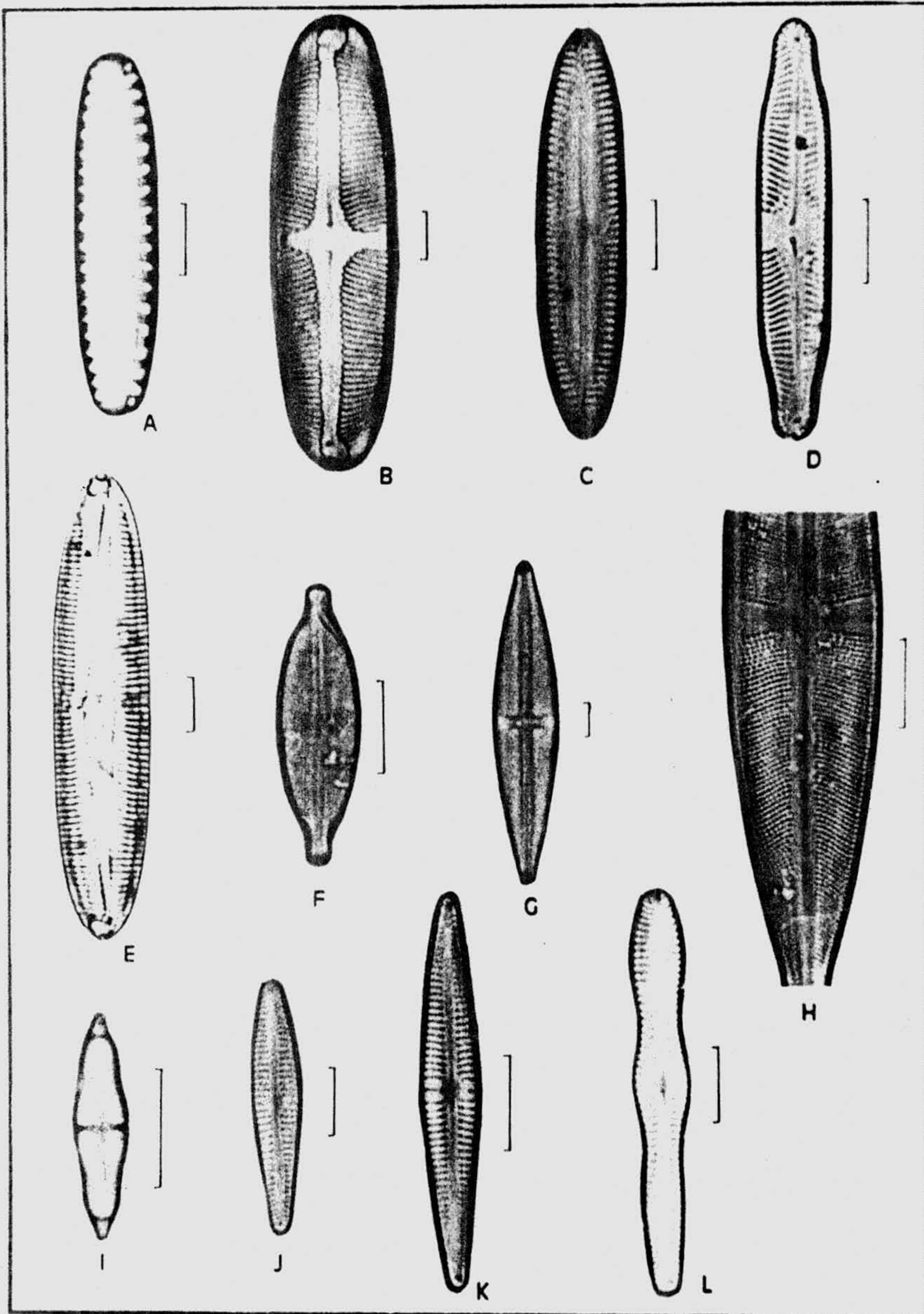


Figura 24.- A, Pinnularia borealis; B, Pinnularia episcopalis; C, Pinnularia hemiptera;  
 D, Pinnularia microstauron, E, Pinnularia viridis; F, Stauroneis anceps;  
 G-H, Stauroneis phoenicenteron; I, Stauroneis smithii; J, Gomphonema affine  
 K, Gomphonema gracile; L, Gomphonema longiceps. (escala 10 u)

Cymbella aspera (Ehr.)Perag.

Estrías punteadas de disposición radial en número de 8 a 9 en 10  $\mu$ . Dimensiones: 140-160x30-35  $\mu$ . (Fig.25, B)

Distribución en Sierra Nevada.- En muestras cualitativas de la laguna de Majano.

Distribución Peninsular.- Pirineos (HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; WUTHRICH, 1975); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Sjeica (SKUJA, 1948).

Cymbella gracilis (Rabenh.)Cleve

Valvas cimbeloideas con el margen ventral plano, presentando de 10 a 14 estrías en 10  $\mu$ , a excepción de los extremos, donde se hacen mucho más densas. Dimensiones: 21-34 x6-7  $\mu$ . (Fig.25, C)

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de las Yeguas y en muestras cualitativas de La Caldera.

Distribución Peninsular.- Pirineos (HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948; CARTER, 1970; CAPBLANCQ, 1972); Sierra Segundera (MARGALEF, 1950).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1957, 1958; WUTHRICH, 1975); Alpes japoneses (HIRANO, 1972); Himalaya (HIRANO, 1966, 1983); Tatra (SIEMINSKA, 1967).

Cymbella minuta Hilse ex Rabh.

Syn.: Cymbella ventricosa Kütz.

Valvas pequeñas con el rafe paralelo al margen ventral. Estrías poco radiales en el centro, de 12 a 16 en 10  $\mu$ . Dimensiones: 13-27x6-8.5  $\mu$ . (Fig. 25, D)

Distribución en Sierra Nevada.- Presente en todas las lagunas, aunque en algunas sólo en muestras cualitativas. En la laguna de Aguas Verdes llega a formar una fracción importante de la comunidad fitoplanctónica.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); - Pirineos (HUSTEDT, 1939; MARGALEF, 1948, 1952; CAPBLANCO, -- 1972; VILASECA, 1978); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); -- Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1957, 1958; WUTHRICH, 1975; DELL'UOMO & al., 1980); Himalaya (HIRANO, -- 1966, 1969); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Norte de Suecia (SKUJA, 1948); Spitzbergen (MATULA, 1982).

Cymbella naviculiformis Auersw. ex Heib.

Estrías radiales de 10 a 14 en 10  $\mu$ , delimitando un área central redondeada. Dimensiones: 25-34x8.5-10  $\mu$ . (Fig. E)

Distribución en Sierra Nevada.- Observada en la laguna de -- Aguas Verdes, así como en muestras cualitativas de Majano y Río Seco.

Distribución Peninsular.- Pirineos (HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941; CARTER, 1970); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1957; WUT--

HRICH, 1975; DELL'UOMO & al., 1980); Himalaya (HIRANO 1969, 1983); Montañas de Córcega (GUINOCHE, 1936),

Cymbella parva (W.Smith.)Cleve

Valvas externamente muy semejantes a C.minuta, - pero con el rafe arqueado y las estrías groseramente punteadas, de 8-10 en 10  $\mu$ . Dimensiones: 32-49x10-14 (Fig.25,F)

Distribución en Sierra Nevada.- Se encuentra presente a lo largo de todo el ciclo en la laguna de Virgen Superior, y en muestras cualitativas en las Yeguas.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1956); Pirineos (HUSTEDT, 1939; MARGALEF, 1948, 1952).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; WUTHRICH, - 1975); Jura (WUTHRICH & al., 1980); Montañas de Córcega (GUINOCHE, 1936).

Cymbella subaequalis Grun.

Valvas naviculoideas, con los extremos débilmente atenuados, estrías radiales en toda su longitud, de 9-11 en 10  $\mu$ . Area axial ancha, lanceolada. Extremos proximales - del rafe deprimidos a partir de los 2/3 de la longitud de la valva. Dimensiones: 31-37x9-10  $\mu$ . (Fig. 25,G)

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada sólo en muestras cualitativas de las lagunas de Majano y Virgen Superior.

Distribución General.- Himalaya (HIRANO, 1969).

Familia Nitzschiaceae Grunow

Hantzschia amphioxys (Ehr.)Grun.

Valva concava en el margen rafidiano y plano-convexa en el opuesto. Presentando de 25 a 30 estrías en  $10\ \mu$  - (en vez de 13 a 20 como indica HUSTEDT (1930) y de 8-9 puntos rafidianos en  $10\ \mu$ . Dimensiones:  $46-60 \times 8-9\ \mu$ . (Fig.25,H).

Distribución en Sierra Nevada.- En muestras cuantitativas en la laguna de Río Seco Superior y en las cualitativas de las lagunas de Río Seco y Yeguas.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; WUT--HRICH, 1975; DELL'UOMO, 1980); Atlas (SOMERS, 1972); Himalaya (HIRANO, 1966); Spitbergen (MATULA, 1982).

Nitzschia cf.hantzschiana Rabh.

Valvas lineares, atenuadas en los extremos. Es--trías punteadas muy finas, de 28-34 en  $10\ \mu$ . Dimensiones:  $22-35 \times 3-4.5\ \mu$ . (Fig.25,I;26,C).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes, Caldera, Gemela, Río Seco Inferior y Yeguas. A excepción de Aguas Verdes en el resto aparece preferentemente a principio y final de ciclo.

Distribución Peninsular.- Pirineos (HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; WUT--  
THRICH, 1975); Himalaya (HIRANO, 1969, 1983); Norte de Suecia  
(SKUJA, 1948, 1964).

Comentario.- Taxon muy semejante a N.alpina Hustedt y N.acido  
clinata Lang.-Bert. Las tres presentan un comportamiento eco  
lógico semejante, siendo frecuentes en aguas frías y oligo--  
tróficas.

### Familia Surirellaceae Kützing

#### Surirella angustata Kütz.

Valvas isopolares lineares, con los extremos gra  
dualmente estrechados. Presentan de 5 a 8 costillas en 10  $\mu$ ,  
dejando un fino canal central. Dimensiones 27-36x7-8  $\mu$ .(F.25,J)

Distribución en Sierra Nevada.- Observada en las lagunas de  
Río Seco, Río Seco Superior y Yeguas.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950);  
Pirineos (MARGALEF, 1948, 1952); Sierra de Guadarrama (MARCA  
LEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; WUTHRICH, -  
1975); Jura (WUTHRICH, 1980); Norte de Suecia (SKUJA, 1948,  
1964).

#### Surirella linearis W.Smith

Valvas isopolares, elípticas con margenes parale  
los en el centro de la valva. Presenta de 3(-4) costillas en  
10  $\mu$ . (Fig.25, K)

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo en muestras cualitativas  
de las lagunas Río Seco Inferior y Yeguas.



Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (HUSTEDT, 1939; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952; CARTER, 1970; CAPBLANCO, 1972; VILASECA, 1978); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra de Geres (GONZALES GUERRERO, 1949); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; WUTTHRICH, 1975); Alpes japoneses (HIRANO, 1972); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

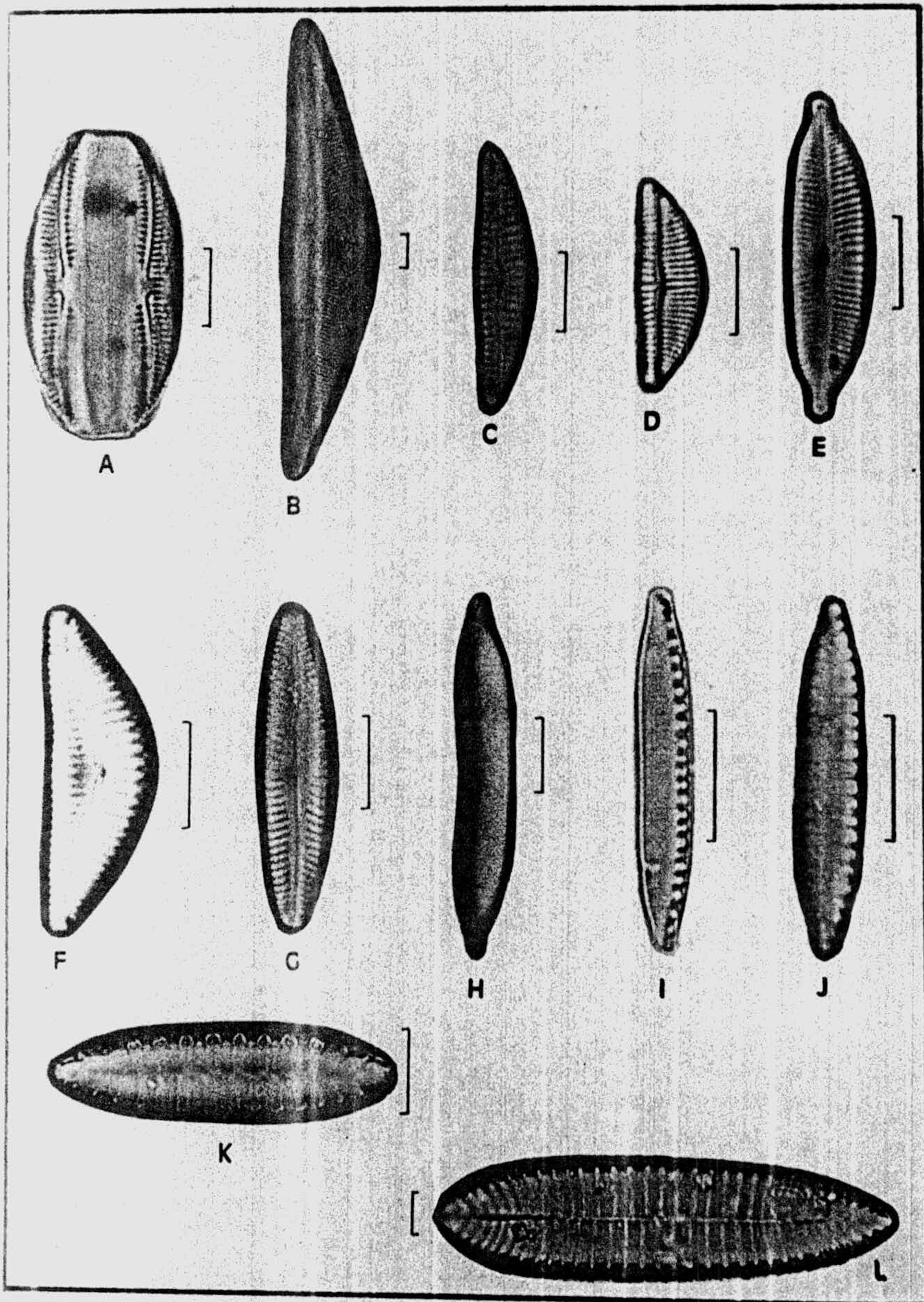
#### Surirella tenera Gregory

Valvas heteropolares, con costillas más estrechas que los espacios intercostales, presentando aproximadamente sobre 30 en 100  $\mu$ . Tanto en la parte superior como inferior de la valva se observan pequeños dientes. Dimensiones: 84-120 x 30-35  $\mu$ . (Fig.25,L)

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Río Seco, Río Seco Inferior y Yeguas.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1948); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949).

Distribución General.- Norte de Suecia (SKUJA, 1948).



Placa 25.— A, Amphora ovalis; B, Cymbella aspera; C, Cymbella gracilis; D, Cymbella minuta  
 E, Cymbella naviculiformis; F, Cymbella parva; G, Cymbella subaequalis; H, Hantzschia amphioxys; I, Nitzschia hantzschiana; J, Surirella angustata; K, Surirella linearis; L, Surirella tenera. (escala 10 u)

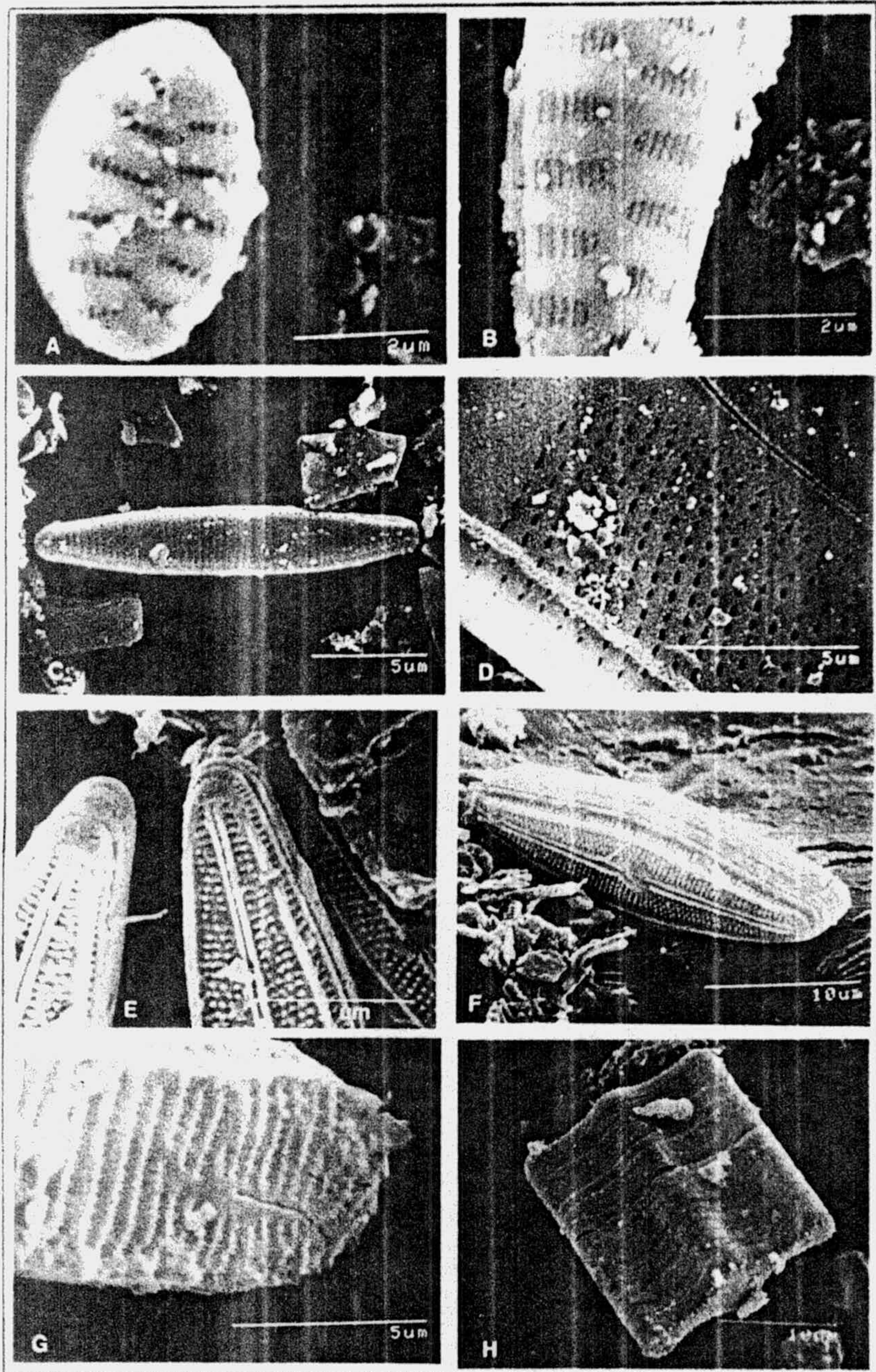


Fig. 26.-- A-B, Fragilaria pinnata var. pinnata; C, Nitzschia cf. hantzschiana; D, Neidium iridis var. ampliatum; E-F, Anomoeoneis serians var. brachysira; G, Eunotia pseudopectinalis; H, Tabellaria flocculosa (Obtenidas a M.E.B.)

División C H L O R O P H Y T A

Clase CHLOROPHYCEAE

Familia Chlamydomonadaceae F.Stein

Chlamydomonas cf. coniformis Pascher

Células de ovoideas a piriformes, presentando el máximo grosor en su tercio basal. Presenta una banda mucosa que rodea toda su periferia, pero ésta se hace especialmente patente en su parte basal y apical. Cloroplasto parietal en urna ocupando casi hasta la zona apical de la célula, con un pirenoide basal. No se ha observado estigma. Papila poco clara. Flagelos aproximadamente de la misma longitud que la célula. Dimensiones: 9-14x6-9  $\mu$  (Fig.27,A).

Distribución en Sierra Nevada.- Se ha observado sólomente en la laguna de Río Seco, en los primeros muestreos, llegando a constituir una fracción importante de la comunidad en este momento.

Comentario.- En la descripción de Chlamydomonas coniformis - Pascher aparecen algunos caracteres que no coinciden totalmente con los del material de Sierra Nevada, estos se refieren a sus mayores dimensiones: 14-16x8-13  $\mu$  y al tamaño del cloroplasto, que solo llega a ocupar la mitad de la célula.

Chlamydomonas dysosmos Moew.

Células de forma cilíndrica, con ambos extremos atenuados de igual forma; cloroplasto de naturaleza parietal con un grueso pirenoide en su parte media. Flagelos de igual longitud que la célula. Estigma de posición apical. Dimensiones: 9-10x5  $\mu$  (Fig.27,B).

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo la hemos localizado en la laguna Gemela y en muestras cualitativas.

Chlamydomonas microsphaerella Pascher & Jah.

Células esféricas, con papila roma solo perceptible en algunos individuos. Cloroplasto urceolado con un pirenoide basal. Flagelos de longitud doble que la célula. Diámetro: 6-7  $\mu$  (Fig. 27,C).

Distribución en Sierra Nevada.- Taxon frecuente pero poco abundante en las lagunas de: Aguas Verdes, Caldera, Gemela, Majano y Río Seco.

Chlamydomonas sp.

Células adultas sin papila o con ella muy reducida. Estigma patente, situado antes de la inserción de los flagelos. Cloroplasto parietal urceolado presentando un gran pirenoide basal, en ocasiones casi de posición central, que llega a tener un tamaño de 5  $\mu$ . Parte superior del cloroplasto reticulada (¿o con vacuolas?). Las células adultas presentan, en ocasiones, la parte basal muy oscurecida. Zoosporas (Fig. 27,E) de las mismas características citológicas que las células, sin vaina y con una papila muy patente que llega a alcanzar una longitud de 1  $\mu$ . Las zoosporas comienzan a segregarse la vaina por su zona basal (Fig. 27,D-F).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie encontrada en la laguna de las Yeguas durante los primeros muestreos, llegando a constituir casi la totalidad de la comunidad fitoplanctónica durante el primer muestreo.

Comentario.- Los géneros Chlamydomonas y Sphaerollopsis se -

diferencian fundamentalmente por la ausencia de vaina intracelular en el primero y su presencia en el segundo. Los individuos adultos que hemos descrito presentan siempre esta particular vaina, en mayor o menor proporción, pero las zoosporas, en sus estadios iniciales carecen de ella. En la descripción del género Sphaerollopsis no se alude a la presencia o ausencia de vaina en las zoosporas, aunque en la correspondiente a sus distintos táxones sí se indica la presencia de vaina en las formas de reproducción asexual; este hecho junto a la existencia de especies del género Chlamydomonas que presentan vaina nos ha hecho incluir nuestros individuos en este último género.

Polytoma angustum Pascher

Células carentes de plastos, gutiformes (con la parte basal ensanchada y la apical aguda). El citoplasma se encuentra ocupado por pequeñas vacuolas y un pirenoide en posición basal-central. Flagelos de igual longitud que la célula. Dimensiones: 24-26x11-13  $\mu$  (Fig. 27,H).

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de La Calcera.

Comentario.- Todos los táxones de esta familia que citamos en nuestra Memoria no están recogidos en el catálogo de ALVAREZ COBELAS & GALLARDO (1986). Pensamos que esto es debido a la poca atención que se le ha prestado a este grupo en nuestro país, ya que de las 500 especies reconocidas del género Chlamydomonas, solo 27 han sido citadas en España.

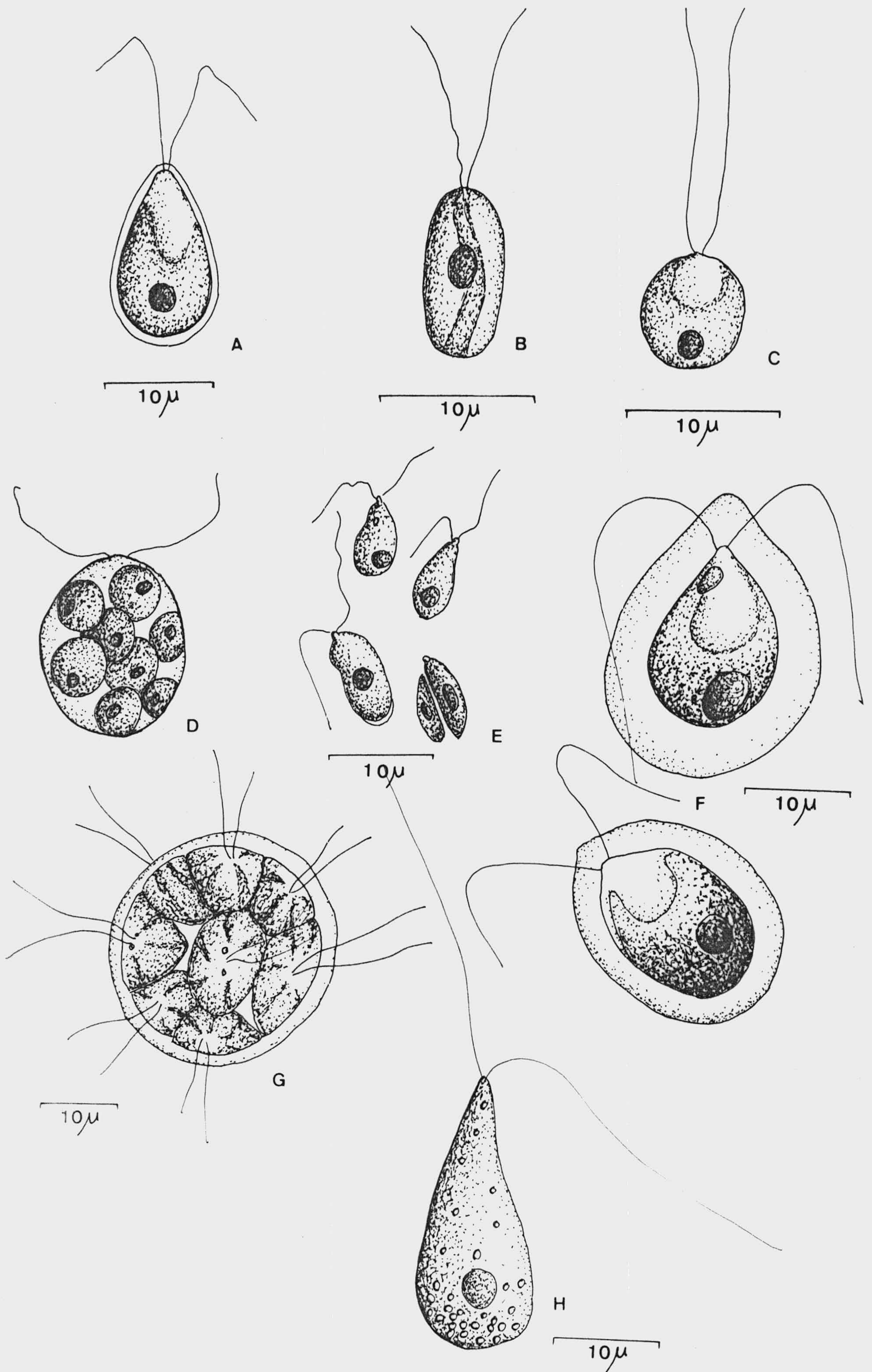


Figura 27.- A, Chlamydomonas cf. coniformis; B, Chlamydomonas dysosmos; C, Chlamydomonas microsphaerella; D-f, Chlamydomonas sp.; G, Pandorina morum; H, Polytoma angustum.



Familia Volvocaceae Ehrenberg

Pandorina morum (Müller) Bory

Colonias de 16 células. Células comprimidas con cloroplasto parietal lacerado y un pirenoide. Flagelos de -- mayor longitud que la célula. Longitud de las células de 7-17  $\mu$ , diámetro de la colonia de 27-41  $\mu$  (Fig. 27,G).

Distribución en Sierra Nevada.- En muestras cualitativas de la laguna de Río Seco Inferior.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1927; MARGALEZ, 1948); Sierra de Geres (GONZALES GUERRERO, 1950); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; BALVAY, 1972; DELL'UOMO & al., 1980); Himalaya (HIRANO, 1969); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Alaska (PRESCOTT & al., 1965); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Familia Tetrasporaceae (Nägeli) Wittrock

Tetraspora lemmermannii Fott

Las agrupaciones presentan de 3 a 4 grupos de células. Células pequeñas, de 7 a 10  $\mu$  de diámetro, con un cloroplasto parietal y 2 pseudoflagelos de 2 a 5 veces la longitud de la célula. El diámetro de las agrupaciones oscila -- entre 180-220  $\mu$  (Fig. 28,A).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie localizada en la laguna Gemela.

Distribución Peninsular.- Pirineos (VILASECA, 1978).

Distribución General.-(SKUJA, 1964).

Familia Gloeocystaceae Artari

Chlamydocapsa planctonica (W.West & G.S.West)Fott

Células esféricas presentando un cloroplasto parietal con un pirenoide, rodeadas por una capa gelatinosa -- hialina no estratificada en las proximidades de la célula, - pero sí en su periferia. Las células se reúnen formando agrupaciones de forma más o menos piramidal, en ocasiones aparecen aisladas. El conjunto de la agrupación está rodeado por una matriz más o menos gruesa, dependiendo de la edad de la misma. (Fig. 28-B-D)

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en las lagunas: - Gemela y San Juan.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (WILLEN, 1960).

Distribución General.- Himalaya (HIRANO, 1969); Sierra Nevada U.S.A. (THOMASSON, 1962); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, - 1964).

Familia Chlorangiellaceae Bourrelly ex Fott

Chlorangiella pygmaea (Ehr.)Silva

Células ovoideas, con el polo posterior grueso - redondeado y el apical más o menos bruscamente estrechado. - Cloroplasto parietal sin pirenoide. Presencia de dos vacuolas apicales. Se ha observado que en la reproducción asexual se

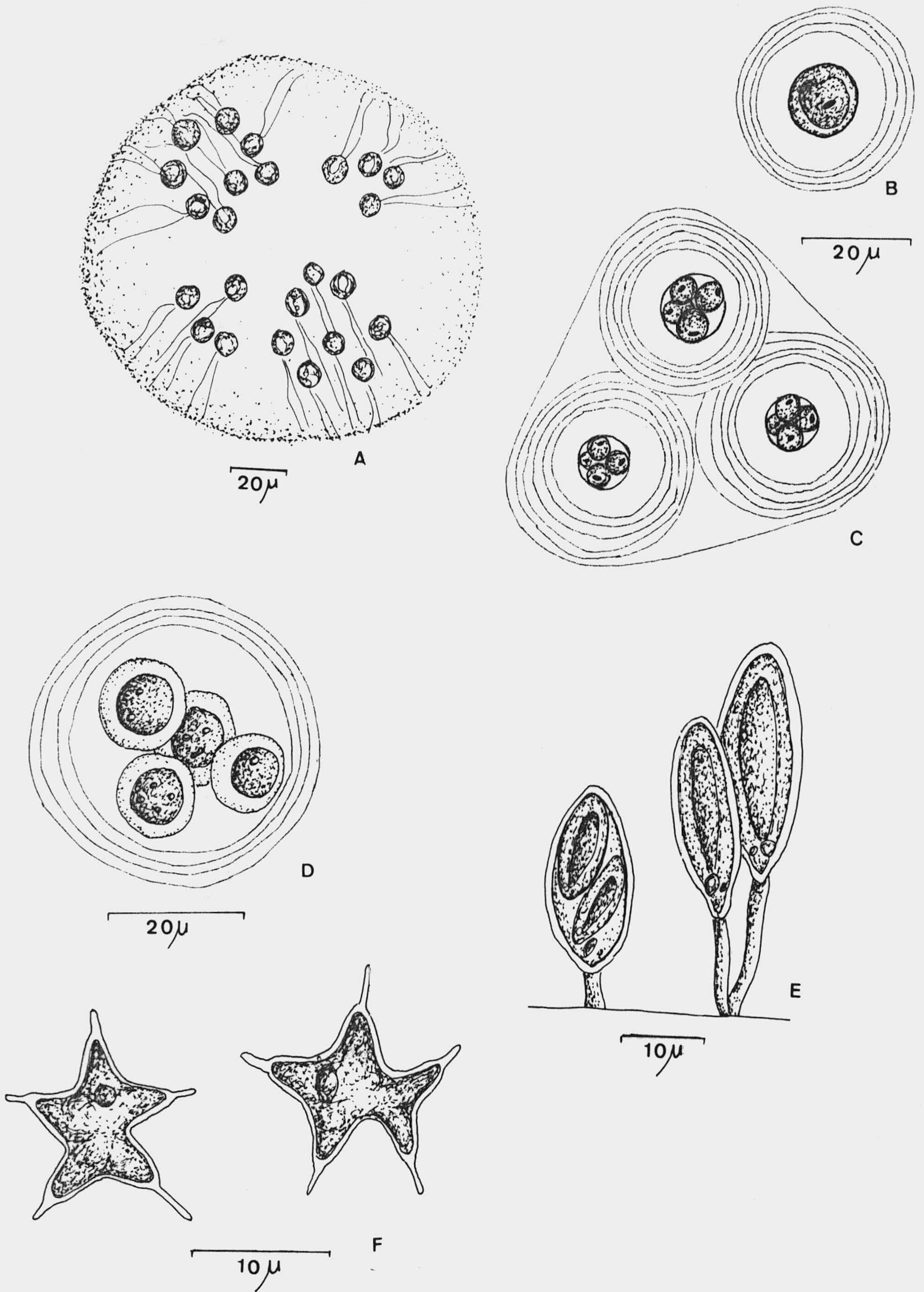


Figura 28.- A, Tetraspora lemmermannii; B-D, Chlamydocapsa planctonica; E, Chlorangiella pygmaea;  
 F, Tetraedron caudatum,

producen dos zoosporas iflageladas por cada célula adulta. Especie epizoica sobre Cladoceros, concretamente sobre Alcna, fijándose mediante un pedúnculo mucilaginoso de longitud inferior a la de la célula. Dimensiones: 12-20x5-12  $\mu$  (Fig.28,B).

Distribución en Sierra Nevada.- En la laguna Gemela, constituyendo una parte importante de la comunidad fitoplanctónica.

#### Familia Chlorococcaceae Blackman & Tansley

##### Korshikoviella gracilipes (Lambert)Silva

Este taxon epizoico presenta varias fases de desarrollo, de las cuales dos juegan un papel muy importante en la comunidad fitoplanctónica de ciertas lagunas de Sierra Nevada. A continuación vamos a describir el ciclo de desarrollo tanto asexual como sexual de esta especie. Hemos denominado, para una mayor comprensión, fase "clorangioides", a las zoosporas fijas que han perdido sus flagelos y fase "ankiroide" a los primeros estadios de los organismos adultos.

Ciclo de desarrollo asexual (Fig. 29).- El ciclo comienza con la aparición de zoosporas biflageladas (9.5-12x5-7  $\mu$ ) con un grueso pirenoide (Fig.29,A,B); las cuales tras un periodo más o menos prolongado de vida libre se fijan sobre organismos del zooplancton (las hemos observado tanto adheridas a los sacos ovígeros del copépodo Mixodiaptomus laciniatus, -- como al cuerpo del cladóceros Daphnia pulex). En este estado fijo, que hemos denominado clorangioides (Fig.29,C,D), persisten durante un periodo variable de tiempo, se han observado durante todo el ciclo de estudio, su duración quizás venga determinada por cambios en los parámetros ambientales. La fase --

"clorangioides" se va a resolver dando lugar a células de mayor tamaño que desarrollan, en ambos polos, estructuras filiformes (Fig.29,E,F) que serán las que den origen a la espina apical y al pie de fijación de las células adultas; éste debe ser un proceso muy rápido ya que hemos encontrado muy pocas células en esta situación. Una vez desarrolladas ambas estructuras (apical y terminal), las células presentan la morfología característica de la fase "ankiroide": células fusiformes con una prolongación apical y un pie de fijación en forma de espátula que presentan unas dimensiones comprendidas -- entre 25-40  $\mu$  de longitud y 2-3  $\mu$  de grosor (Fig.29,G). En ningún caso hemos encontrado elementos "ankiroides" bien formados con un solo pirenoide, siempre con 2, lo que indica -- que inmediatamente que se desarrollan los apéndices, las células sufren una mitosis y se convierten en organismos bicelulares. A partir de estos elementos "ankiroides" se van a desarrollar las células adultas que darán lugar a los procesos de reproducción asexual. Las figuras H, J muestran organismos adultos pluricelulares que mediante sucesivas mitosis van -- incrementando su número de células, dando lugar a "filamentos" uniseriados. En este estadio las dimensiones observadas han sido de 108 a 216  $\mu$  de longitud, incluyendo apéndices, y de 9.5 a 12  $\mu$  de grosor. En la figura k se observan algunas células rotas después de haberse liberado las zoosporas, cerrándose de esta forma el ciclo de reproducción asexual.

Ciclo de desarrollo sexual (Fig. 30 ).- Los gametos femeninos se van a producir en gametangios muy poco diferenciados de las células vegetativas "ankiroides" (Fig.30,A) aunque van a ser de mayor tamaño. Sin embargo los gametangios masculinos son formas parecidas a los organismos adultos pluricelulares,

semejantes a los que dan origen a las zoosporas; pero algún cambio sufrido en el medio debe inducir a las células a dividirse en varias direcciones dando lugar a "filamentos" pluri-seriados de células muy pequeñas: gametangios masculinos -- (Fig. 30,B). Una vez liberados los gametos masculinos, estos se fijan a los gametos femeninos (Fig. 30,C) que permanecen en el interior del gametangio femenino. Es notable el desarrollo del cigoto debido al gran aumento de tamaño que se produce en el interior del gametangio femenino (Fig. 30,D,E) -- hasta que se produce la liberación del cigoto, la cual debe tener lugar mediante una hendidura de la pared celular, ya -- que como se observa en las figuras G y H la célula no degenera después de la su liberación, sino que conserva su morfología. En la figura H se observa un gametangio femenino después de la liberación de dos cigotos. Tal y como hemos definido el ciclo de reproducción sexual, y si es correcta nuestra interpretación, la reproducción sexual de K.gracilipes se -- puede interpretar como una oogamia, ya que los gametos femeninos permanecen en el interior del gametangio, siendo de -- mayor tamaño e inmóviles mientras que los masculinos son móviles y de menor tamaño. SCHILLER (1924) describe parte del ciclo de Characium gracile, estableciendo una anisogamia como forma de reproducción sexual entre gametos masculinos uniflagelados y gametos femeninos que son liberados antes de su -- fusión con los masculinos.

Respecto a la localización de la división reduccional (meiosis), aunque no hemos realizado estudios citogenéticos, pensamos que debe ser postcigótica, debido al primitivismo del grupo de organismo al que pertenece este taxon, por -- lo que todas las fases observadas, a excepción del cigoto, --

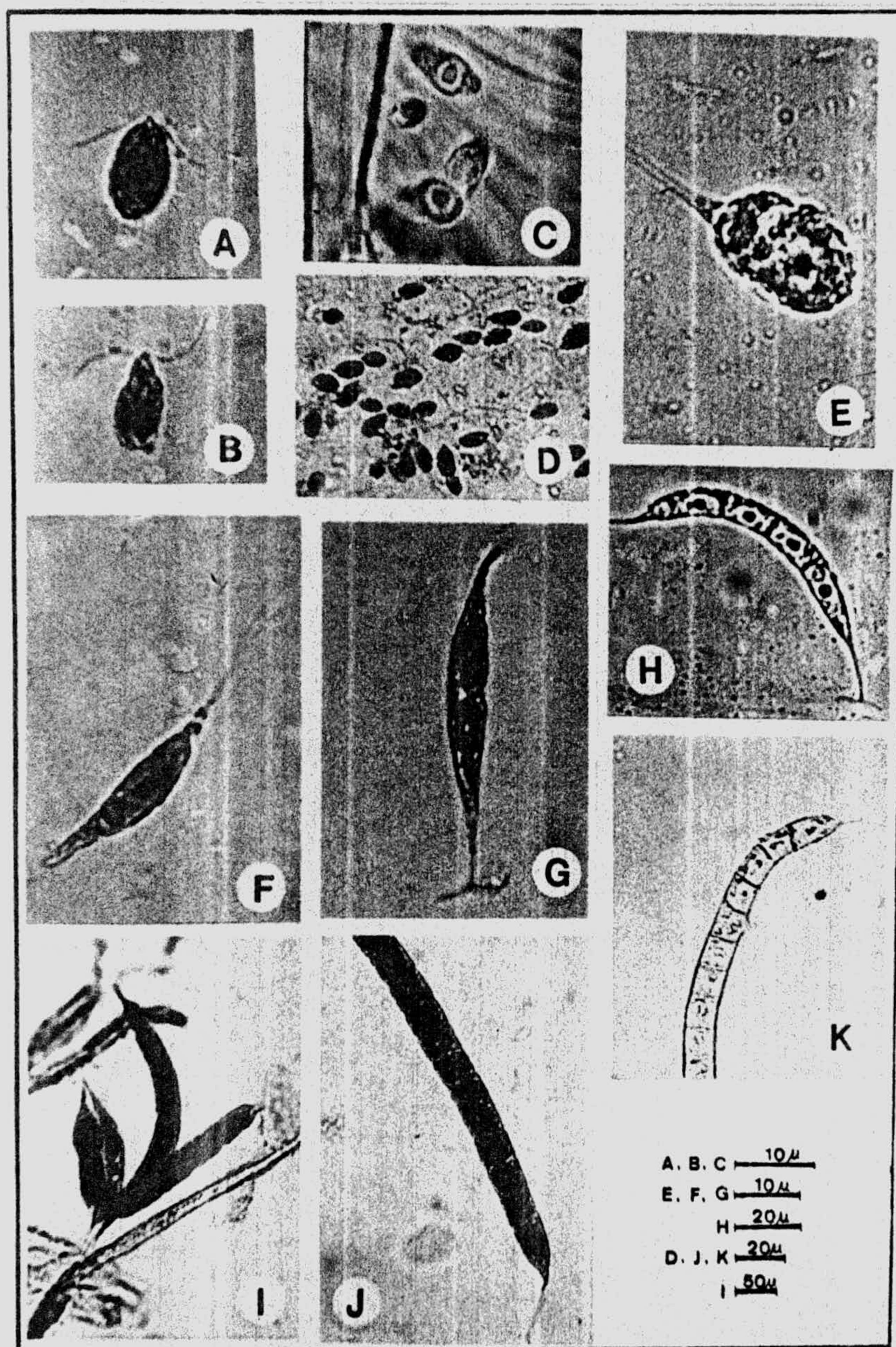


Figura 29.- Ciclo de reproducción asexual de *Korshikoviella gracilipes*. A-B, zoosporas; C-D, fase clorangiode (en D 4mm=10 u); E-F, células en fase inicial de desarrollo; G, fase ankiroide; H-J, organismos adultos; K, organismo adulto - presentando dos células después de la liberación de las zoosporas.

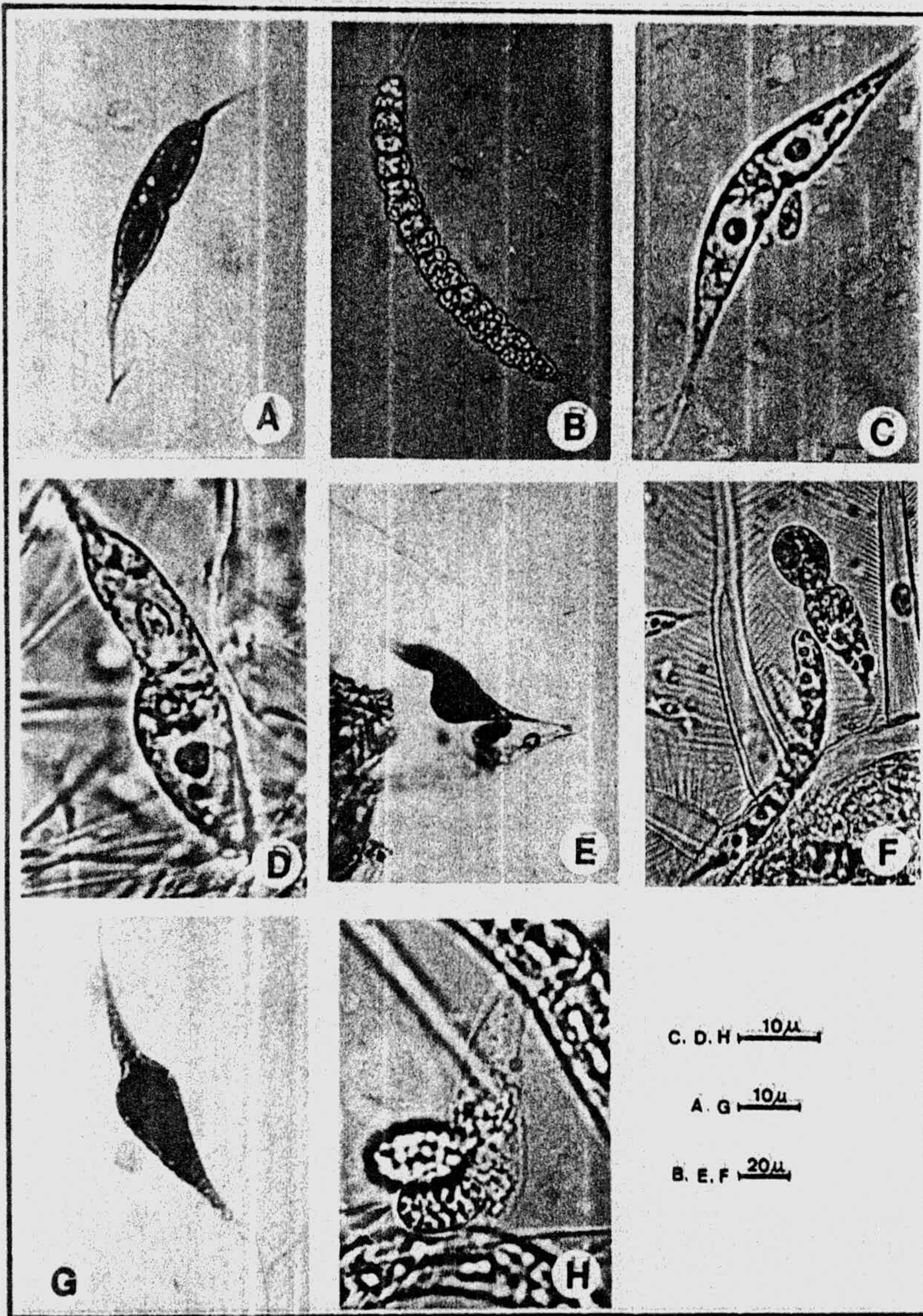


Figura 30.- Ciclo de reproducción sexual de *Korshikoviella gracilipes*. A, gametangio femenino; B, gametangio masculino; C, fecundación de un gameto femenino; D-F, desarrollo del cigoto; G, gametangio femenino con la célula apical vacía -- después de la liberación del cigoto, y la basal aún con el cigoto; H, gametangio femenino después de la liberación de los dos cigotos.



han de ser de naturaleza haploide. En la figura 31 hemos esquemático el ciclo de vida de K.gracilipes.

De todas las fases de desarrollo de este taxon, hemos encontrado, como constituyentes de las comunidades fitoplanctónicas: zoosporas, gametos masculinos, "clorangioides" y "ankiroides", siendo las formas "clorangioides" y "ankiroides" las que más importancia presentan en el fitoplancton.

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en distintas fases de desarrollo en las lagunas de Río Seco, Río Seco Inferior, Río Seco Superior y Veleta.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1948); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Himalaya (HIRANO, 1969); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

Tetraedron caudatum (Corda) Hansg.

Células pentagonales con un pequeño aguijón en cada ángulo. Cloroplasto parietal con un pirenoide. El aguijón de mayor longitud puede llegar a medir hasta 3  $\mu$ . Dimensiones: 10-12x7-12  $\mu$  (Fig.28,F).

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo localizada en la laguna Gemela.

Distribución Peninsular.- Pirineos (CAPBLANCQ, 1972); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1950); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Norte de Noruega (SAETHER, 1971).

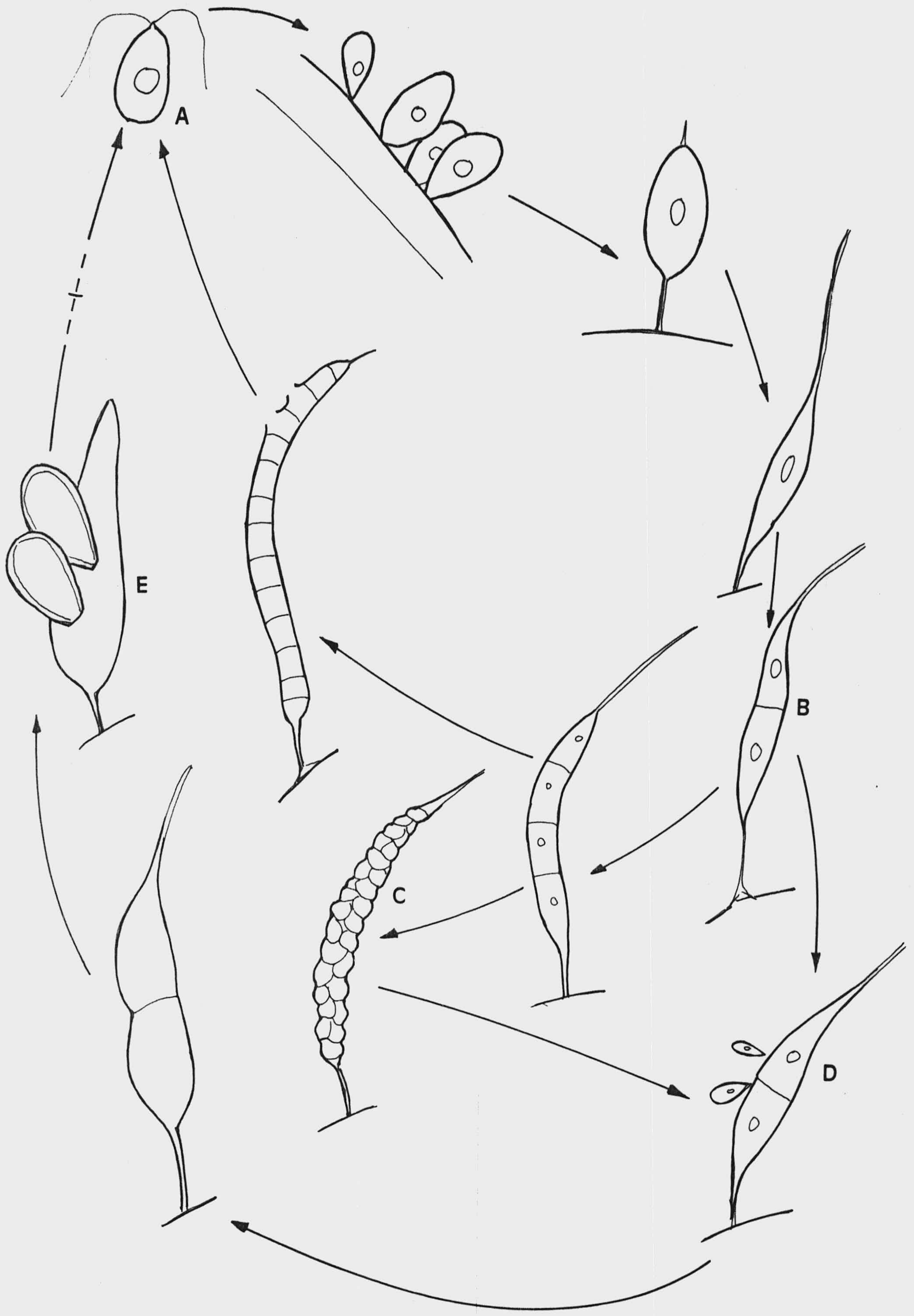


Figura 31. Esquematzación del ciclo de vida de Korshikoviella gracilipes. A: zoospora; B: fase ankiroide; C: gametangio - masculino; D: gametangia femenino; E: liberación de los cigotos.

Familia Oocystaceae Bohlin

Ankistrodesmus falcatus (Corda)Ralfs

Células fusiformes, con distinto grado de curvatura. Cloroplasto parietal. Forma agrupaciones laxas de forma estrellada. Dimensiones celulares: 20-60x2-3.5  $\mu$  (Fig.32,A).

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en las lagunas de Aguas Verdes, Gemela, Majano y Virgen Media.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950; WILLEN, 1960); Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1927; ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952; CAPBALNCQ, 1972; VILASECA, 1978); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra de Geres -- (GONZALEZ GUERRERO, 1950); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, -- 1949); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1950); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958; THOMASSON, 1956; BALVAY, 1972); Atlas (SOMERS, 1972); Himalaya -- (HIRANO, 1983); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936) Sierra Nevada U.S.A. (THOMASSON, 1962); Tatra (SIEMINSKA, 1967); -- Alaska (PRESCOTT & al., 1956); Norte de Noruega (SAETHER, -- 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

Oocystis lacustris Chod.

Células adultas normalmente con 4 cloroplastos. Dimensiones: 10-15x5-7  $\mu$  (Fig.32,B).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de: La Caldera, Gemela, Río Seco. Río Seco Superior y Virgen Media. En las lagunas de La Caldera y Majano llega a desarrollar pobla

ciones estables a lo largo de todo el ciclo.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1948, 1952; VILASECA, 1978).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; BALVAY, -- 1972); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Alaska (PRES-- COTT & al., 1965); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte - de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

Oocystis marssonii Lemm.

Células normalmente reunidas en grupos de 4, no observándose restos de la pared maternal. Un cloroplasto parietal. Dimensiones: 13-18x8-9  $\mu$  (Fig. 32,C).

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de San Juan.

Distribución Peninsular.- Pirineos (VILASECA, 1978).

Distribución General.- Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Oocystis solitaria Wittr.

Células aisladas, con más de 4 cloroplastos, cada una con un pirenoide. Engrosamientos polares sólo bien marcados en las células adultas. Dimensiones: 19-35x14-27  $\mu$  -- (Fig. 32,D).

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en las lagunas de Virgen Media y Majano.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950; - WILLEN, 1960); Pirineos (ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952; CAPBLANCO, 1974; VILASECA, 1978); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (BACHMANN, 1913; MARGALEF,

1956).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925; MESSIKOMMEF, 1942, 1957, 1958; BALVAY, 1972; DELL'UOMO & al., 1980); Himalaya (HIRANO, 1969); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); - Tatra (SIEMINSKA, 1967); Sierra Nevada U.S.A. (THOMASSON, -- 1962); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia -- (SKUJA, 1948, 1964).

Scotiella tuberculata Bourr.

Células más o menos ovales, con 7 a 9 costillas longitudinales, onduladas y sinuosas, las cuales al unirse - el los polos suelen producir un engrosamiento más o menor palante. Cloroplastos numerosos, de forma elipsoidal, no distinguiéndose claramente el pirenoide. Dimensiones: 10-15x7-12  $\mu$ , menores que en la descripción, quizás debido a que todas las células observadas eran autosporas recién liberadas (Fig.32, E-G).

Distribución en Sierra Nevada.- En la laguna de La Caldera, en muestras cualitativas.

Comentario.- Según ALVAREZ COBELAS & GALLARDO (1986) este - taxon no había sido citado para nuestra flora algal.

Familia Radiococcaceae Fott ex P.C.Silva

Eutetramorus fotti (Hind.)Kom.

Células esféricas, presentando un solo pirenoide y distribuyendose en la zona perisférica de la agrupación. - Agrupación normalmente esférica, a veces irregular, presen-- tando de 4-8-16 células. Diámetro de las células: 9-12  $\mu$ , --

diámetro de la agrupación: 60-110  $\mu$  (Fig.32,H)

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo encontrada en la laguna de Gemela, durante el periodo central de estudio.

Comentario.- Según ALVAREZ COBELAS & GALLARDO (1986) este -- taxon no habia sido observado hasta ahora en nuestra ficoflora.

#### Familia Scenedesmaceae Oltmanns

##### Actinastrum hantzschii Langer.

Cenobios formados por 4 células unidas solo por sus bases, que son de mayor grosor que el resto de la célula. Cloroplastos parietales con un pirenoide. Células: 12-15x2-3  $\mu$ . Relación longitud/grosor: 5-7 (Fig.32,I).

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna Hondera.

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

##### Coelastrum microporum Näg.

Células esféricas presentando un solo cloroplasto con un pirenoide. Los cenobios dan la sensación de presentar una ordenación cúbica, pero ésta queda bastante desdibujada en muchas ocasiones. Diámetro de las células: 9-11  $\mu$ ; - del cenobio 23-28  $\mu$  ( de 8 células), 50-55  $\mu$  (de 16 células) (Fig.33,A).

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en las lagunas de Gemela y San Juan.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1948; VILASECA,

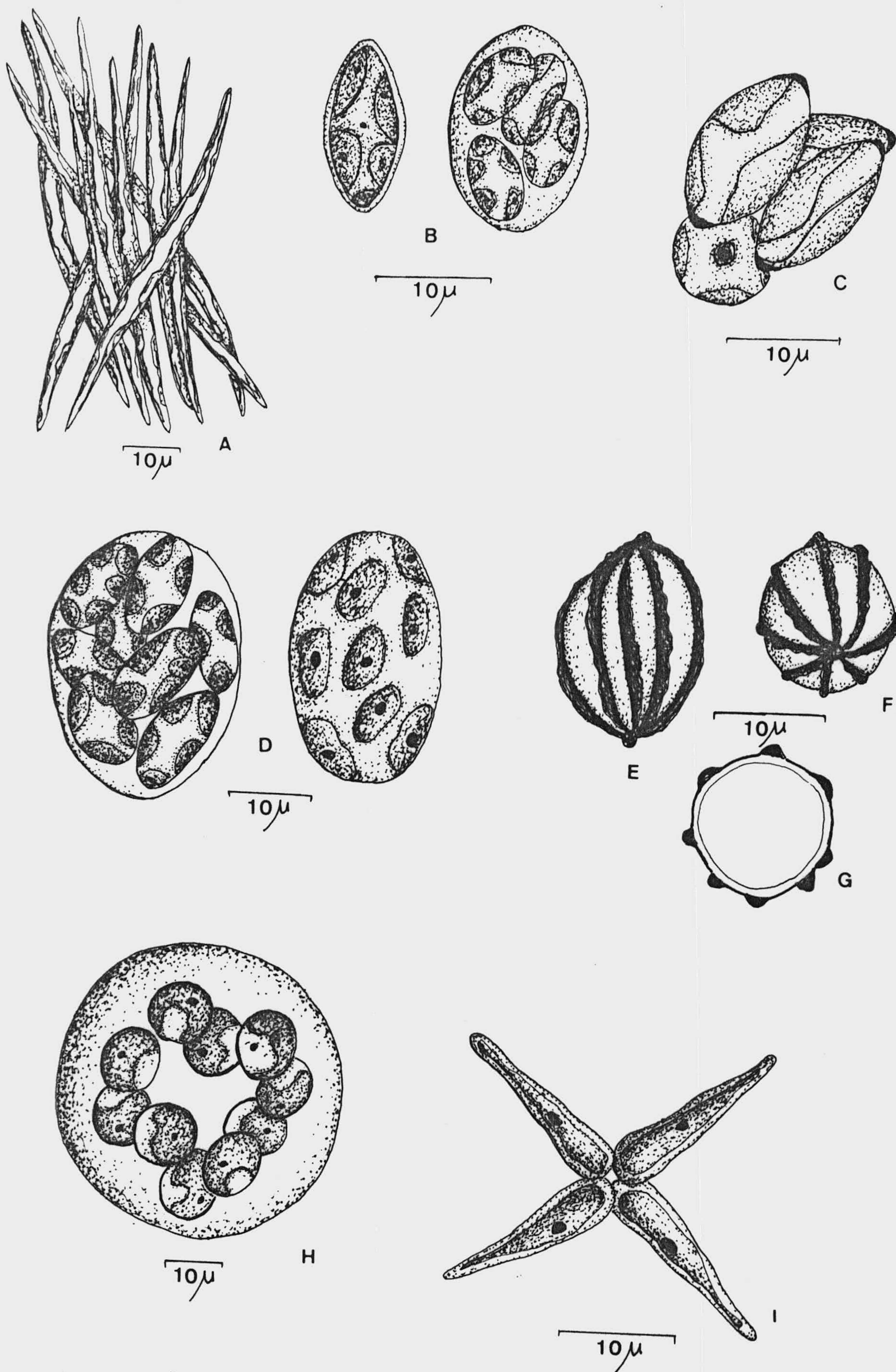


Figura 32.- A, *Ankistrodesmus falcatus*; B, *Oocystis lacustris* (células adultas v. autosporas)

1978); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Montañas de Córcega (GUINDCHET, 1936); Alaska (PRESCOTT & al., 1965); Norte de Noruega (SAETHER, 1975); Norte de Suecia (SKUJA, -- 1948, 1964).

Scenedesmus corallinus Chod.

Todas las células del cenobio con los ángulos - más o menos agudos tanto las internas como las externas. - Células externas presentando tres largas espinas, dos apicales y una lateral, de longitud igual al grosor de las células; espinas laterales naciendo de la parte más convexa. Las células internas presentan 1 ó 2 espinas cortas en sus ápices -- truncados. Dimensiones de las células 8-13x2-5  $\mu$ ; del cenobio: 8-13x16-20  $\mu$  (Fig. 33, B).

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de Virgen Superior.

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942).

Comentario.- Según ALVAREZ COBELAS & ESTEVEZ es la primera vez que se estudia este taxon en material procedente de nuestra ficoflora.

Scenedesmus pseudohystrix Masj.

Syn.: Scenedesmus denticulatus Langer.

Presencia de pequeñas espinas marginales poco patentes, en ocasiones restringidas a los ápices de las células. Apices de las células presentando tres dientes, por lo general más marcados que las espinas. Costillas finas recorriendo las 4 células. Dimensiones; células internas: 15-16x



5-6  $\mu$ ; células externas 13-14x5-6  $\mu$  (Fig.33,D).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie localizada en las -- lagunas de Aguas Verdes, Gemela y Virgen Media.

Distribución Peninsular.- Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1927); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946).

Distribución General.- Alaska (PRESCOTT & al., 1963); Norte de Noruega (SAETHER, 1971).

Scenedesmus quadrispina Chod.

Syn.: Scenedesmus quadricauda (Turpin)Bréb. var.quadrispina (Chod.)G.Smith

Células internas con los margenes paralelos, externas curvados-convexos. En los ápices de las células externas se situa una espina de longitud inferior a la mitad de la célula, mientras que en los de las células internas se -- disponen pequeñas verrugas. Dimensiones celulares: 22-27x6-7  $\mu$ ; longitud de los apéndices: 7-10  $\mu$  (Fig. 33,E).

Distribución en las lagunas de Sierra Nevada.- Especie relativamente frecuente en las lagunas de Gemela, Majano y Virgen Media.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1952); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Norte de -- Noruega (SAETHER, 1970).

Scenedesmus cf.soli Hortob.

Células elipsoidales con los extremos muy amplia<sub>mente</sub> redondeados, pudiendo presentar 1 ó 2 espinas. También se observa tanto en las células externas como internas, cos-

tillas generalmente incompletas, a veces enteras en las células externas. Dimensiones: 9-15x14-16  $\mu$  (Fig.33,F).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie localizada en las lagunas de Virgen Superior y Caldera.

Comentario.- Según ALVAREZ COBELAS & GALLARDO (1986) nuestra cita constituiría la primera para España.

Scenedesmus sp.

Células cilíndricas, con los polos redondeados y engrosados de forma regular; a parte de esto no presenta ningún otro tipo de ornamentación. Células muy intimamente unidas en número de 4. Dimensiones: 14-16x27-30  $\mu$  (Fig.33,C).

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en las lagunas de Virgen Media y Virgen Superior.

**Familia Hydrodictyaceae Dumortier**

Pediastrum boryanum (Turpin)Menegh.

Superficie externa de las células marginales claramente emarginada. Prolongaciones de las células externas - claras, de mayor o menor longitud según la variedad observada. Cenobios hasta 100  $\mu$  de diámetro. Células: 5-25x5-30  $\mu$ .

P.boryanum var.boryanum.- Cenobio no perforado, prolongaciones de menor o igual longitud que las células -- (Fig. 33,G).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes, Gemela, Majano, Virgen Media, Virgen Superior, Yeguas y San Juan.

P.boryanum var. cornutum (Racib.) Sulek.- Variedad --  
proxima a P.duplex por las perforaciones del cenobio, --  
pero que se diferencia de ésta por la morfología de los apén  
dices celulares. Presenta unas dimensiones ligeramente meno  
res que el resto de las variedades observadas (Fig.33,H).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Ver  
des, Cuarta, Gemela, Río Seco, Virgen Media, Virgen Superior  
y Yeguas.

P.boryanum var. longicorne Reinsch.- Variedad --  
que se suele caracterizar fundamentalmente por el gran tama  
ño de sus porlongaciones celulares, además de un tamaño rela  
tivamente mayor que las otras variedades (Fig.34,A).

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo observado en la laguna  
de Majano.

Distribución Peninsular (P.boryanum).- Picos de Europa (MARGA  
LEF, 1950); Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1927; ALLORGE & al.,  
1941; MARGALEF, 1948, 1952; CAPBLANCO, 1972; VILASECA, 1978);  
Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944); Sierra de Guadarrama --  
(GONZALES GUERRERO, 1929); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General (P.boryanum).- Alpes (MESSIKOMMER, 1942,  
1958; THOMASSON, 1956; BALVAY, 1972); Himalaya (HIRANO, 1969);  
Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Alaska (PRESCOTT & al.,  
1965); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia --  
(SKUJA, 1948, 1964).

Comentario.- La distribución peninsular y general la hemos --  
unido en un solo bloque, debido a que, si bien las variedades  
longicorne y boryanum suelen estar bien diferenciadas, la va  
riedad cornutum aparece confundida o incluida en P.duplex.

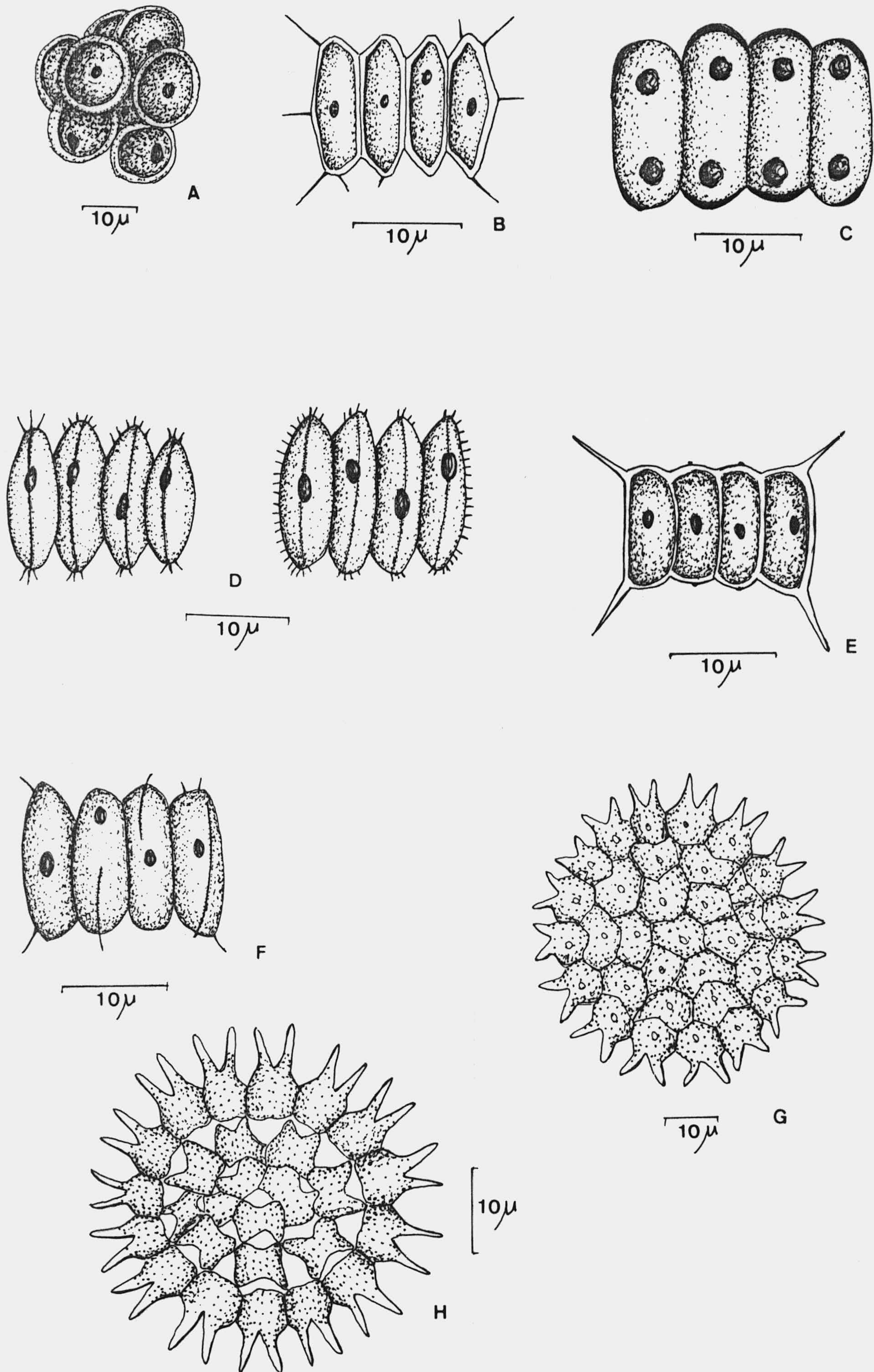


Figura 33.— A, *Coelastrum microporum*; B, *Scenedesmus corallinus*; C, *Scenedesmus* sp.; D, *Scenedesmus pseudohystrix*; E, *Scenedesmus quadrispina*; F, *Scenedesmus* cf. *solii*; G, *Pediastrum boryanum* var. *boryanum*; H, *Pediastrum boryanum* var. *cornutum*.

Pediastrum braunii Wart.

Cenobios pequeños, circulares. Célula central más o menos isodiamétrica, las perisféricas presentando 4 prolongaciones. Dimensiones de las células: 8-13x14-17  $\mu$ ; del cenobio 23-40  $\mu$  de diámetro (Fig. 34, B).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes, Gemela, virgen Media y Virgen Superior.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; DELL'UOMO, 1980); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Pediastrum tetras (Ehr.) Ralfs

Siempre hemos observado cenobios de 4 células, - con incisiones muy marcadas. Células de 7-8  $\mu$  y cenobios de 17-19  $\mu$  de diámetro. (Fig. 34, C).

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo hemos localizado esta especie en la laguna de Virgen Media.

Distribución Peninsular.- Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1927; MARGALEF, 1948, 1952; VILASECA, 1978); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944); Sierra de Guadarrama (GONZALEZ GUERRERO, 1929; MARGALEF, 1949).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Himalaya - (HIRANO, 1967); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Tatra (SIEMINSKA, 1967); Norte de Suecia (SKUJA, 1948).

Clase ULOTHRICHOPHYCEAE

Familia Ulotrichaceae Kützing

Geminella ordinata (W. West & G. West) Heering

Células cilíndrico-elipsoideas. Cloroplasto parietal que llega a ocupar casi la totalidad de la célula, presentando un pirenoide. El espacio que existe entre célula y célula es, al menos, igual a la longitud de las mismas. Dimensiones: 4-5x5-7  $\mu$ . Filamento de 10-11  $\mu$  de grosor. (Fig. 34-D)

Distribución en Sierra Nevada.- La hemos observado en las lagunas de: La Caldera, Gemela, Majano y Mosca. En Majano llega a ser un constituyente importante de la comunidad fitoplanctónica.

Distirbución Peninsular.- Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Comentario.- Las características de la laguna de Majano, muy poco profunda y disminución de su volumen hacia mitad del ciclo, condicionan que algunas algas bentónicas lleguen a invadir la zona planctónica, como es el caso de este taxon hacia mediados del ciclo de estudio.

Ulothrix cf. subconstricta G. West

Células cilíndricas con un cloroplasto parietal que ocupa casi toda la longitud de la célula, presenta un pirenoide de posición más o menos central. Dimensiones: 15-26x3-5  $\mu$ . No hemos observado restos de vaina mucosa. (Fig. 34, E)

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en las lagunas de Aguas Verdes y Gemela, ambas con amplias zonas de vegetación litoral, de donde posiblemente llega esta especie.

Ulothrix tenerrima (Kütz.)Kütz.

Células muy cortas con un cloroplasto parietal, - que en ocasiones presenta varios pequeños pirenoides. Dimensiones: 3-6x6-8  $\mu$ . (Fig. 34,F)

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de Mejano, Río Seco y Río Seco Superior.

Distribución Peninsular.- Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Familia Oedogoniaceae Hirn

Oedogonium rothii (Le Clerc) Prings.

Células cilíndricas, de 24-36x5-10  $\mu$ ; nanandro urceolado de 12-15x8-14  $\mu$ ; cigoto elipsoidal de 20-24x14-17  $\mu$ .

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo la hemos observado en la laguna de las Yeguas, donde forma parte de la vegetación béntónica, observándose en ocasiones filamentos en el plancton. (Fig. 35,A).

Distribución General.- Norte de Suecia (SKUJA, 1948).

Oedogonium cf.sphaerandrium Witt. & Lund.

Filamentos de pequeño número de células (de 10 a 15). Células claramente bicapitadas con un grosor en los polos de 6-7.5  $\mu$  y en el centro de 4-5  $\mu$ ; longitud: 15-20  $\mu$ .

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo la hemos localizado en la laguna Cuarta. (Fig. 35,B)

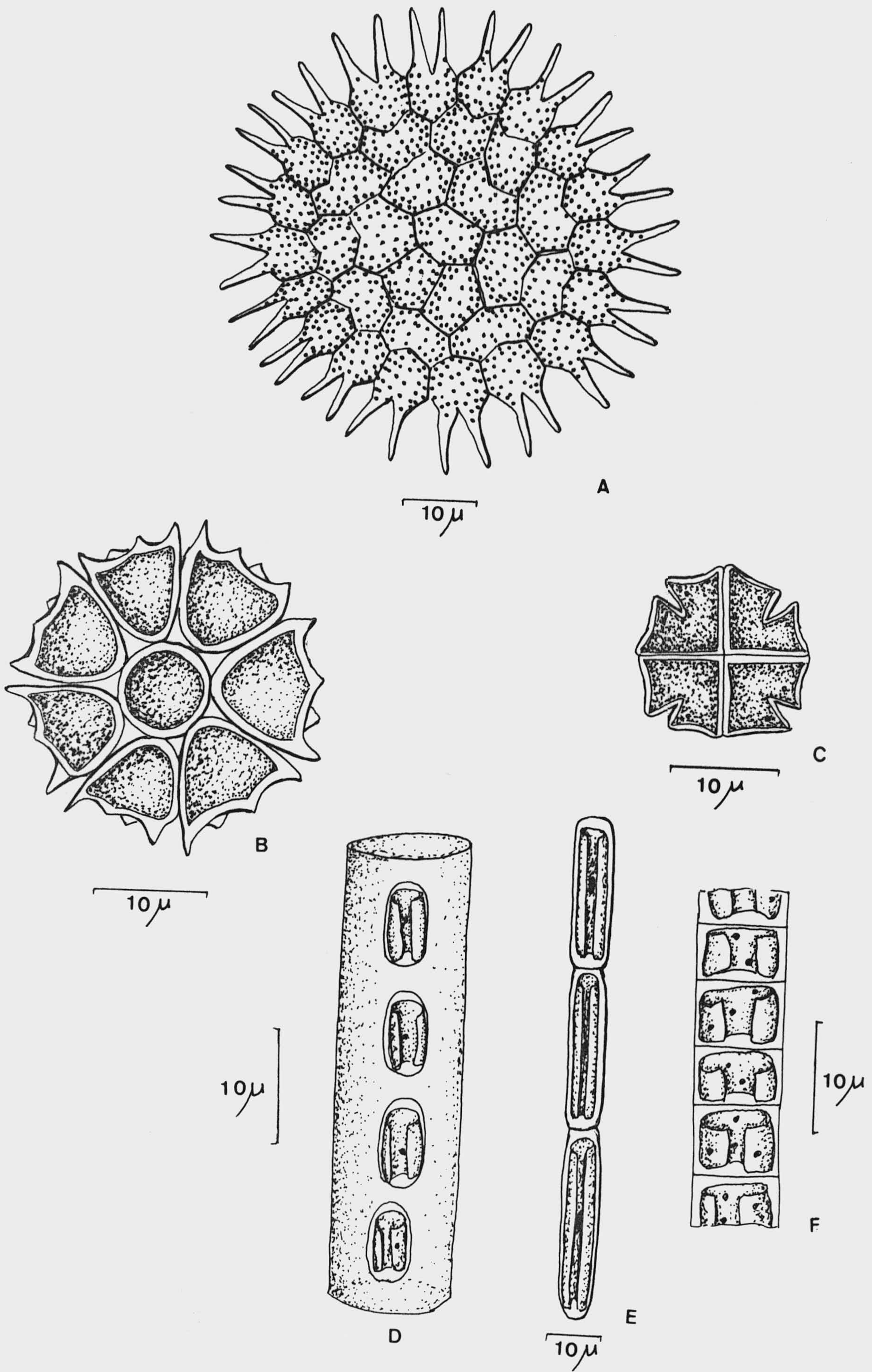


Figura 34.- A, *Pediastrum boryanum* var. *longicorne*; B, *Pediastrum braunii*; C, *Pediastrum tetras*; D, *Geminella ordinata*; E, *Ulothrix* cf. *subconstricta*; F, *Ulothrix tenerrima*



Distribución Peninsular.- Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Comentario.- Aunque no hemos encontrado individuos en estado de reproducción, MARGALEF, (com. pers.) nos indicó la posibilidad de incluirlo en este taxon (ú otro próximo) por sus -- características celulas vegetativas.

Clase ZYGOPHYCEAE

Familia Mesotaeniaceae Oltmans

Cylindrocystis brebissonii Meneg.

Células de aspecto cilíndrico, de 2 a 3 veces más largas que anchas. Pirenoide alargado. Dimensiones: 43-60x17-20  $\mu$  (Fig. 35,C).

Distribución en Sierra Nevada.- Observada en las lagunas: -- Cuarta, Hondera, Río Seco, Río Seco Inferior y San Juan. -- En Río Seco Inferior llega a formar una población de relativa importancia durante el primer muestreo (Fig. ).

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGLAEF, 1948, 1952); - Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1950); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1950); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949).

Distribucion General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1957); Alpes japoneses (HIRANO, 1953); Montañas de Córcega (GJINOCHE, 1936); Montañas de Naso (HIRANO, 1954); Norte de Noruega (SAETHER, - 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1964); Rusia (KOSSINSKAJA, -- 1936); Siptbergen (KRIEGER, 1938; MATULA, 1982).

Netrium digitus (Ehr.) Itz. & Rothe

Células ampliamente fusiformes presentando frecuentemente la máxima anchura en su zona central, aunque algunos individuos (Fig. 35,E) la presentan desplazada hacia los ápices, a veces células con los márgenes paralelos en el centro (Fig. 35,F). Siempre presentan amplios ápices planos. Dimensiones: 150-210x(38-)48-52  $\mu$  (Fig. 35,D-F).

Distribucion en Sierra Nevada.- Ha sido observada en las lagunas: Cuarta y San Juan.

Distribución Peninsular.- Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1942; MARGALEF, 1948, 1952); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1950); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944); Sierra de Guadarrama (GONZALEZ GUERRERO, 1929; MARGALEF, 1949); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1957; DELL'UOMO & al., 1980); Alpes japoneses (HIRANO, 1953); Apeninos (DELL'UOMO, 1981); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Montañas de Nasu (HIRANO, 1954); Sudetes (MATULA, 1979); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, -- 1964); Rusia (KOSSINSKAJA, 1936).

Comentario.- GONZALEZ GUERRERO (1950) encuentra ejemplares - asimétricos, como los observados por nosotros (Fig.35,D), en las turberas de la Sierra de Geres, atribuyendo éste carácter a jóvenes estadios de crecimiento de esta especie.

Netrium oblongum (Bary)Lütk. var.curvatum (Fritsch)Koss.

Células cilíndricas, con los extremos atenuados, y ápices redondeados. Cloroplastos presentando de 6 a 8 láminas. Pared muy finamente punteada. Dimensiones. 139-146x26-31. (Fig. 35,G).

Distribución en Sierra Nevada.- Solo hemos localizado este taxon en la laguna Hondera.

Comentario.- Las dimensiones observadas en los ejemplares de Sierra Nevada son mayores a las dadas en la descripción: 72-125x24-28  $\mu$ . Pensamos que esto es debido al poco conocimiento que se tiene de este taxon, ya que apenas aparece citado en

bibliografía. Según ALVAREZ COBELAS (1984 b) esta variedad no habia sido citada para la ficoflora española.

Spirotaenia cf. obscura Ralfs

Células de forma aproximadamente elipsoidales con extremos relativamente truncados. Dimensiones: 39-45x8-9  $\mu$ , de menor longitud que en las descripciones (Fig.35,H).

Distribución en Sierra Nevada.- Solo observada, y en pequeño numero, en la laguna de San Juan.

Distribucion Peninsular.- Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944).

Distribución General.- Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Familia Desmidiaceae Ralfs

Actinotaenium adelochondrum (Elfv.) Teiling var. kriegeri (Messik.) Ruz.

Hemisomas presentando el máximo diámetro en la zona central, istmo muy poco marcado. Pared con gruesos poros muy esparcidos, que le dan al margen un aspecto ondulado o sinuoso. Células de 1.7 a 2.2 veces tan largas como anchas. Dimensiones: 25-29x12-15  $\mu$  (Fig.35,I,J).

Distribucion en Sierra Nevada.- Taxon observado únicamente en la laguna Hondera.

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942).

Comentario.- Esta variedad se diferencia de la tipo en su menor tamaño y en la forma de los hemisomas, que son redondeados frente a los claramente truncados de la variedad tipo. - Según ALVAREZ COBELAS (1984 b) A. adelochondrum es la primera vez que se cita para la ficoflora española.

Actinotaenium globosum (Bulnh.) Förster

Hemisomas subglobosos, presentando los ápices levemente truncados. Pared celular lisa. Dimensiones: 15-20x9-11  $\mu$ , presentando un diámetro aún menor que el de la forma minus 11-18  $\mu$  frente a 9-11  $\mu$  de nuestros ejemplares (Fig.35,K).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie localizada en las lagunas de : Aguas Verdes, Gemela, Río Seco y Virgen Media, en ésta última llega a formar una población importante junto a Cosmarium regnesi.

Distribución General.- Alpes japoneses (HIRANO, 1953); Himalaya (HIRANO, 1969); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936).

Closterium calosporum Witt

Células curvadas en forma de media luna, cloroplastos presentando de 3 a 4 pirenoides en cada hemisoma. En la parte externa de ambos extremos celulares se presenta un poro secretor (Fig. 36,A).

Distribución en Sierra Nevada.- Esta especie ha sido localizada únicamente en la laguna Gemela.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941).

Distribución General.- Himalaya (HIRANO, 1969).

Closterium lunula (Müll.) Nitzsch ex Ralfs

Células solo arqueadas en un margen, el otro casi totalmente recto, progresivamente atenuados hacia los extremos. Dimensiones: 504-600x95-100  $\mu$  (Fig.36,B).

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en las lagunas de

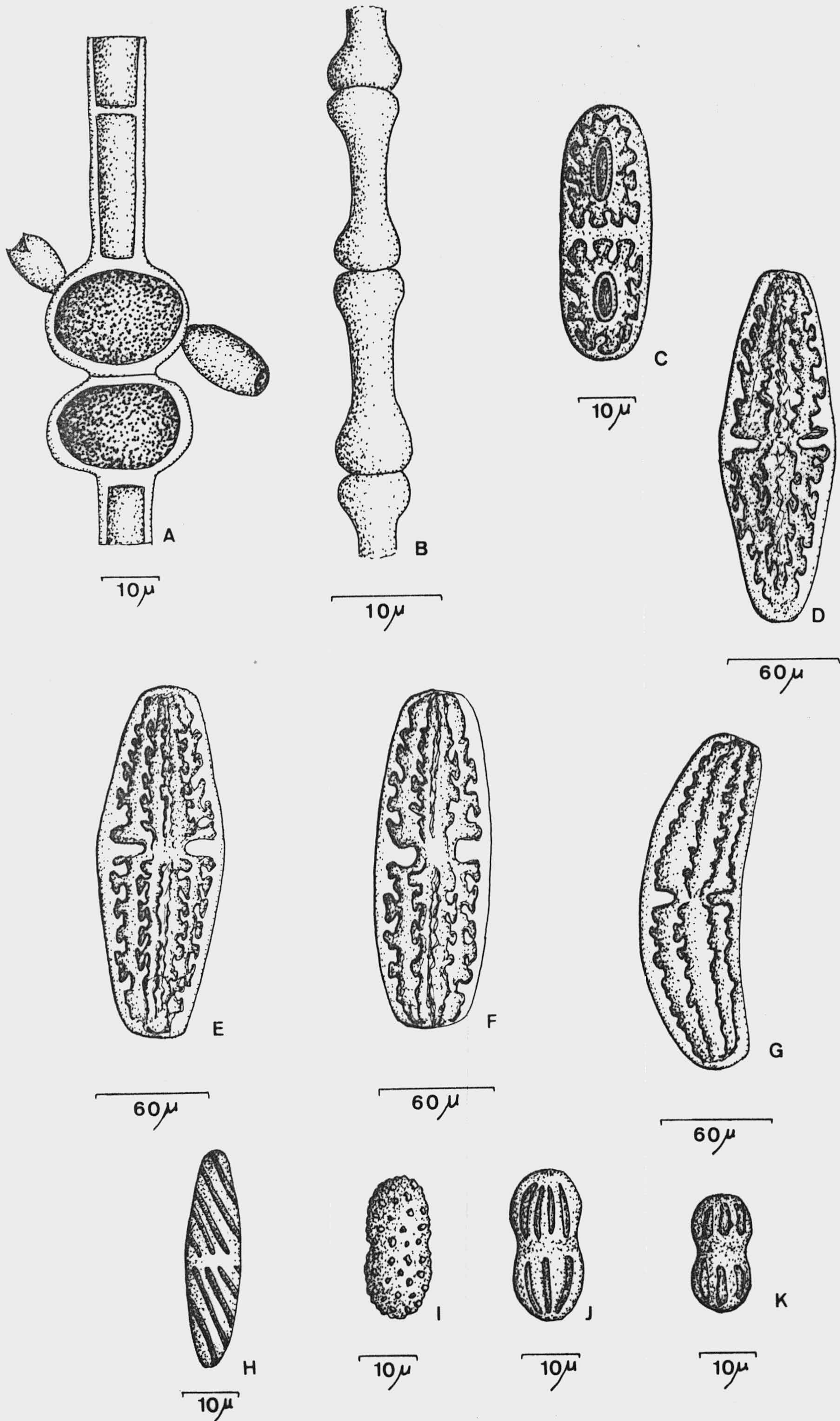


Figura 35.- A, *Oedogonium rothii*; B, *Oedogonium sphaerondrium*; C, *Cylandrocystis brebissonii*; D-F, *Netrium digitus*; G, *Netrium oblongum* var. *curvatum*; H, *Spirotaenia obscura*; I-J, *Actinotaenium adelochondrum*; K, *Actinotaenium globosum*.

Aguas Verdes, Cuarta y Hondera.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Alpes japoneses (HIRANO, 1953); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Montañas de Nasu (HIRANO, 1954); Tatra (SIEMINSKA, 1967); Finlandia (GROBLAND, 1921); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

Closterium strigosum Breb.

Células con un margen convexo y el otro plano en sus 2/3, haciéndose ligeramente concavo en los extremos. Dimensiones: 178-192(-250)x14-18(-22)  $\mu$  (Fig. 36,C).

Distribución en Sierra Nevada.- Laguna de Aguas Verdes.

Distribución Peninsular.- Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1927).

Distribución General.- Himalaya (HIRANO, 1966); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Cosmarium elegantissimum Lundell

Células casi cilíndricas, con el istmo muy poco marcado. En visión apical circulares. Ornamentación formada por verrugas alargadas longitudinalmente y levemente emarginadas en su parte central. Dimensiones: 48-55x21.5-26  $\mu$  (Fig. 36,D).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie que ha aparecido en lagunas con importante vegetación litoral: Cuarta y San Juan.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1957); Ape-

ninos (DELL'UOMO, 1978).

Cosmarium formosulum Hoff

Células ligeramente más largas que anchas. Hemisomas de aspecto trapezoidal, pero con los ángulos muy redondeados. Ornamentación de disposición radial, formado por gránulos redondeados, anastomosándose en el centro dando lugar a líneas longitudinales. En visión lateral hemicélulas más o menos globosas; en visión apical elípticas con un notable engrosamiento central. Dimensiones: 43-45x36-38  $\mu$ ; grosor: 26-29  $\mu$ ; istmo: 9.5-11  $\mu$  (Fig.36,E-G).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie restringida a la laguna Cuarta.

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958); Himalaya (HIRANO, 1969); Sierra Nevada U.S.A. (THOMASSON, 1962); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964); Rusia (KOSSINSKAJA, 1936).

Cosmarium garrolense Roy & Bissett

Hemisomas elíptico-trapezoidales, con los margenes claramente ondulados, presentando margen apical de plano a débilmente ondulado. En visión lateral su máximo grosor se sitúa entre la base y el centro, visión apical elíptica. Dimensiones: 26-30x24-28  $\mu$ ; grosor: 15-17  $\mu$ ; istmo: 8.5-10.5  $\mu$  (Fig. 36,H-J).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes, Gemela, Majano, Virgen Media y Yeguas.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1948); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1950).



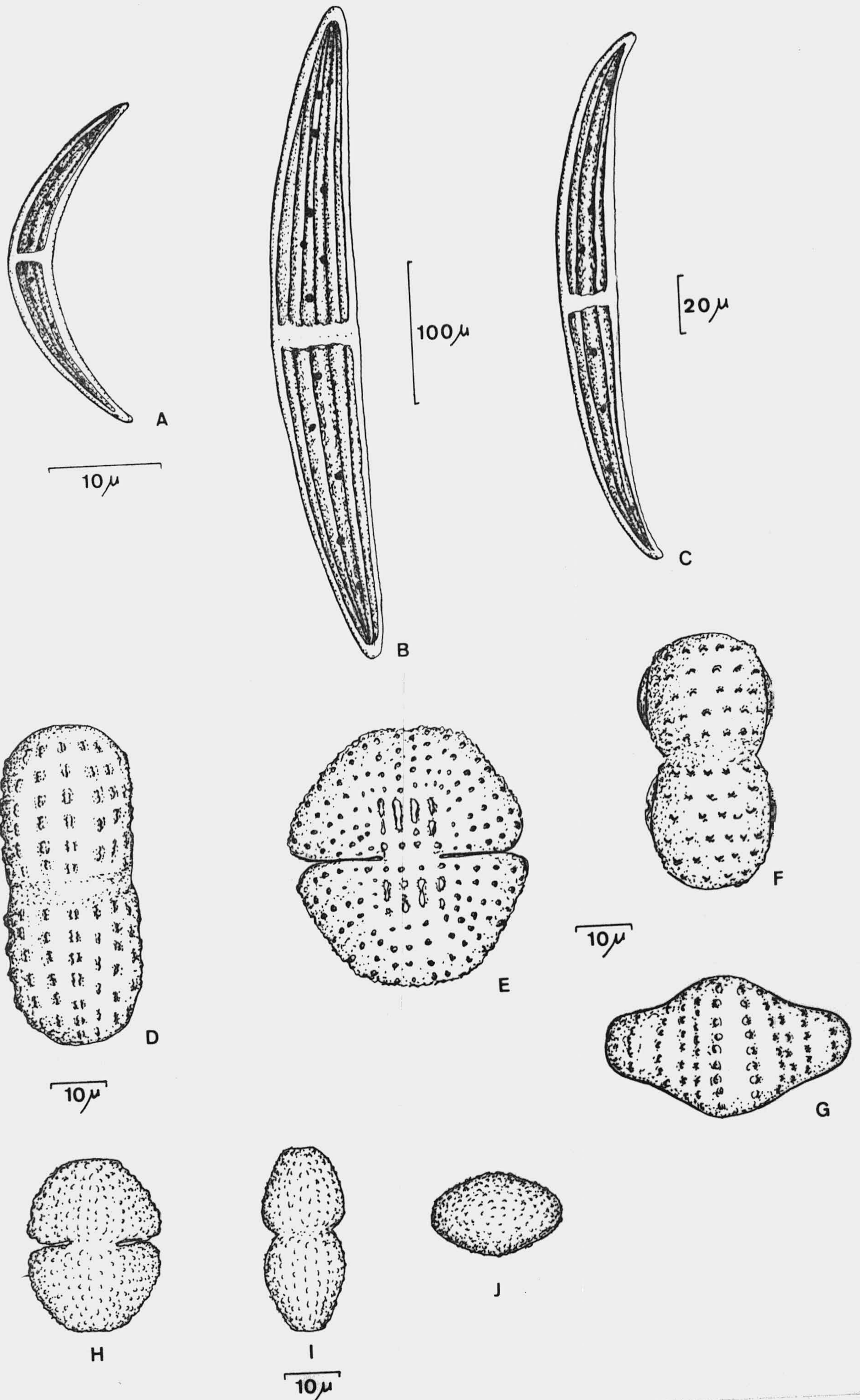


Figura 36.- A, *Closterium calosporum*; B, *Closterium lunula*; C, *Closterium strigosum*; D, *Cos-*  
*marium fenneculum*; E, *Cosmarium fenneculum*; F, *Cosmarium garrolense*; G, *Cosmarium garrolense*; H, *Cosmarium garrolense*; I, *Cosmarium garrolense*; J, *Cosmarium garrolense*.

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Himalaya - (HIRANO, 1969); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Cosmarium hammeri Reinsch var. homalodermum (Nordst.) West & West

Hemisomas trapezoidales, con los margenes laterales ligeramente concavos y los apicales a veces retusos, normalmente planos. Pared punteada. En visión lateral las hemisomas aparecen globosos. Visión apical elíptica. Dimensiones: 62-67  $\mu$ ; grosor: 31-33  $\mu$ ; istmo: 12-15  $\mu$  (Fig.37,A-C).

Distribución en Sierra Nevada.- En muestras cualitativas de las lagunas: Gemela, San Juan y Virgen Media.

Distribución peninsular.- Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1942); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Montañas de Nasu (HIRANO, 1954); Norte de Suecia (SKUJA, 1964); Rusia (KOSSINSKAJA, 1936); Spitbergen (MATULA, 1982).

Comentario.- GONZALEZ GUERRERO (1981) establece un nuevo taxon a nivel varietal para los ejemplares de Cosmarium hammeri procedentes de los pardos turbosos de la laguna Hondera: C.hammeri var. nevadensis Gonzalez Guerrero en cuya diagnosis indica "27-33 micras de largo por 16-33 de ancho. A typo differt dimensionibus majoribus, membrana homogenea leniter -- granulosa". En nuestras muestras no han aparecido ejemplares de estas dimensiones, por lo que no los hemos podido estudiar.

Cosmarium laeve Raben.

Hemisomas con los margenes basales divergentes y los ápices generalmente planos. Superficie esparcidamente punteada. En visión lateral hemisomas subglobosos. Visión --

apical elíptica. Dimensiones: 29-34x22-26  $\mu$ ; grosor: 14-17  $\mu$ ; itsmo: 6-8  $\mu$  (Fig.37,D-F).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de: Aguas Verdes, Cuarta, Monachil, Río Seco, Río Seco Inferior, Virgen - Media, Virgen Superior y Yeguas.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1942; MARGALEF, 1948, 1952); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946; Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1950); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1950); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

#### Cosmarium notabile De Bary

Márgenes claramente ondulados, incluyendo los apicales. Itsmo muy ancho. Pared lisa. Visiones lateral y apical no observadas. Dimensiones: 30-32x20-21  $\mu$ ; itsmo: 12-14  $\mu$  (Fig.37,G).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas de Aguas Verdes, Caldera, Hondera, Río Seco y Virgen Media.

Distribución Peninsular.- Pirineos (GONZALEZ GUERRERO, 1942; MARGALEF, 1948).

Distribución General.- Alpes japoneses (HIRANO, 1953); Norte de Suecia (SKUJA, 1964); Rusia (KOSSINSKAJA, 1936).

#### Cosmarium portianum Archer

Células caracterizadas por presentar un itsmo muy alargado. Ornamentación formada por gruesos granulos. En visión lateral células hemisomas circulares. Visión apical elíptica. Dimensiones: 36-41x25-27  $\mu$ ; grosor: 19-21  $\mu$ ; itsmo: 9-

10  $\mu$  (Fig.37,J-L).

Distribución en Sierra Nevada.- Observada solamente en la laguna de San Juan.

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1957); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Montañas de Nasu (HIRANO, 1954); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

Cosmarium pseudobengalense Prescott var. europaeum var. nov.

A typus dimensionibus minoribus, sinu apertoque differt.

Hab. in lacu San Juan, Sierra Nevada (Granada).

Holotypus asservatus in Ficoteca Facultatis Scientiarum granatensis (reg. 1151). Iconotypus: Fig.37,H.

Descripción.- Células de mediano tamaño. de 1-6 a 1-9 veces más largas que anchas. Hemisomas de contorno cuadrangular, con los ángulos basales redondeados, márgenes laterales concavos; ángulos apicales formando dos pequeños lados que se dirigen hacia el ápice que normalmente es cóncavo. Seno agudoabierto. En visión lateral hemisomas rectangulares. Visión apical no observada. Dimensiones: 31-34x(17-)19-20  $\mu$ ; grosor 14-15  $\mu$ ; istmo 3.5-5  $\mu$ . Se diferencia de la variedad tipo en dimensiones, relación longitud: anchura y por presentar el seno abierto (Fig.37,H-I).

Distribución en Sierra Nevada.- Taxon que ha sido observado en las lagunas Cuarta y San Juan.

Comentario.- C.pseudobengalense es un taxon recientemente descrito por Prescott, procedente de lagos subalpinos de las montañas de Idaho; con la presencia de esta variedad en Sie

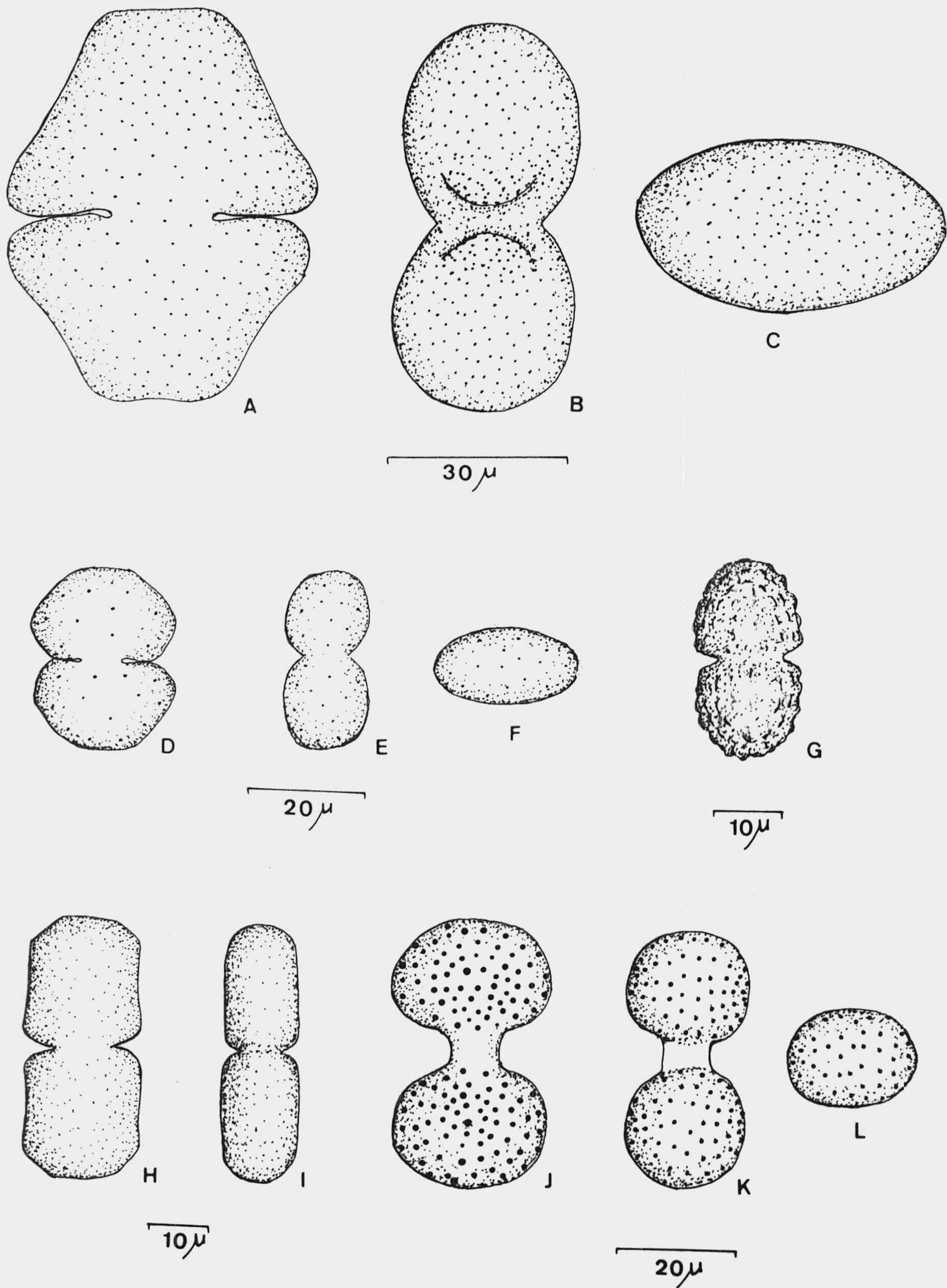


Figura 37.- A-C, Cosmarium homalodermum; D-F, Cosmarium laeve; G, Cosmarium notabile; H-I, Cosmarium pseudobengalense var. europaeum; J-L, Cosmarium portianum.

Sierra Nevada se perfila como una especie de comportamiento alpino-subalpino.

GONZALEZ GUERRERO (1981) describe, para Sierra Nevada, un taxon infraespecífico de C. quadratum (Goy) De Tony, concretamente la var. mulhacensis Gonzalez Guerrero que describe como: "Dimensiones celulares: 20-24 micras de largo por 10-14 de ancho. Observaciones: A typo difert dimensionibus majoribus membrana granulosa". Por las características de C. quadratum pensamos que esta variedad podría ser la misma que arriba hemos descrito; pero al no haber observado ningún ejemplar de las dimensiones indicadas por Gonzalez Guerrero no tenemos la certeza de que se trate de este taxon.

#### Cosmarium regnelli Wille

Células tan largas como anchas o un poco más anchas. Hemisomas trapezoidales, con los ángulos superiores claramente concavos. Márgenes laterales divergentes y un poco concavos. Apices planos. En visión lateral hemisomas redondeados. Visión apical elíptica-oblonga. Dimensiones: 15-17x14-15  $\mu$ ; grosor: 8-9  $\mu$ ; istmo: 4-5  $\mu$  (Fig. 38, A, B).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie localizada en las lagunas de Río Seco y Virgen Media, desde principios a mediados de ciclo en ambos casos.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1950).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Montañas de Nasu (HIRANO, 1954).

Cosmarium regnesi Reinsch.

Células pequeñas, con istmo ampliamente abierto y redondeado. Hemisomas rectangulares y débilmente angulosos, con el margen apical retuso, presentando de 6-7 pequeños dientes distribuidos fundamentalmente en los ángulos apicales. -- En visión lateral hemisomas globosos. Visión apical elíptica con engrosamientos centrales y denticulado en ambos márgenes. Dimensiones: 14-15x11-13  $\mu$ ; grosor: 8-9  $\mu$ ; istmo: 4.5-6.5  $\mu$  (Fig.38,C-E).

Distribución en Sierra Nevada. -- Taxon observado en las lagunas de: Aguas Verdes, Majano, Río Seco y Virgen Media, en -- esta última laguna llega a formar una importante población.

Distribución Peninsular. -- Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General. -- Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Comentario. -- Respecto al tamaño observado las poblaciones -- procedentes de Sierra Nevada se podrían incluir en la var. -- montanum Schmidle, pero ni el tipo de ornamentación ni la -- forma de los hemisomas son los característicos de esta variedad, ya que esta no presenta dientes claramente definidos, -- sino abultamientos, y sus hemisomas muestran el ápice claramente hundido, frente al débilmente retuso de nuestros ejemplares.

C. regnesi junto a C. novae-semlicae Wille y C. cymatophorum West, forman un grupo de pequeñas especies, que si bien sus diferencias específicas están bien definidas, no ocurre igual a nivel de sus rangos varietales, que requieren un detallado estudio.

Cosmarium speciosum Lundell

Hemisomas casi semicirculares, con el márgen crenulado. Pared ornamentada por ondulaciones de disposición radial. A cada lado del istmo se disponen ambas filas de granulos alargados. Visiones lateral y apical no observadas. Dimensiones: 40-48x23-27  $\mu$ ; istmo: 15-17  $\mu$  (Fig.38,F).

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo ha sido observada en la laguna de Aguas Verdes durante principio y mediados del periodo de estudio.

Distribución Peninsular.- Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925; MESSIKOMMER, 1942, 1958); Spitbergen (MATULA, 1982).

Cosmarium sp.

Hemisomas elipsoidales con superficie totalmente lisa. Seno abierto y poco profundo. Apice plano, en ocasiones levemente retuso. Visiones lateral y apical no observada. Dimensiones: 12-13x10-12  $\mu$ ; istmo: 4.5-6  $\mu$  (Fig.38,G).

Distribución en Sierra Nevada.- Observado en la laguna de Majano.

Euastrum ansatum Ehr.ex Ralfs

Hemisomas con los ángulos basales redondeados; presentando los márgenes concavos en su zona media, haciéndose paralelos en la parte apical para dar lugar a un ápice truncado. Cada hemisoma presenta 5 protuberancias, 3 basales y 2 en la zona media. Pared punteada. En visión lateral el máximo



grosor se presenta en la zona basal, observándose una pequeña ondulación, producto de las protuberancias basales. Dimensiones: 72-89x38-45; grosor: 25-29  $\mu$ ; istmo: 12-15  $\mu$ ; anchura del ápice: 15-17  $\mu$  (Fig.38,H-I).

Distribución en Sierra Nevada.- Taxon localizado en las lagunas Gemela y Hondera, en muestras cualitativas.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941); Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1950); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925; MESSIKOMMER, 1942, 1957); Alpes japoneses (HIRANO, 1953); Apeninos (DELL'UOMO, 1978); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Montañas de Nasu (HIRANO, 1954); Tatra (SIEMINSKA, 1967); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

Euastrum denticulatum (Kirch.)Gay var.caballeroi var.nov.

Syn.: E.denticulatum (Kirch.)Gay forma ? Caballero

Varietas longior et latior quam varietas typica, margine apicale incisionem profunda et laeve apertay incisuris inter lobis polaribus et lateralibus profundis et apertis (90°); in medio semicellularum granulato tumoren supra istmum, annulo granulorum 5 vel 6; in latere semicellularum granulato tumoren laeviter, anulo granulorum 3.

Hab. in lacu San Juan, Sierra Nevada (Granada)

Holotypus asservatus in Ficoteca Facultatis Scientiarum granatensis (reg. 1087). Iconotypus. Fig.38,J.

Descripción.- Hemisomas con incisión apical profunda (4-5  $\mu$  de profundidad), llegando casi hasta la base de los lóbulos

apicales. Lóbulos apicales presentando un diente en su margen externo. Entre los lóbulos apicales y laterales se forma un ángulo recto. Tanto en los lóbulos apicales como laterales se presentan pequeñas denticulaciones. Tumor central supraitsmal patente, presentando de 5 a 6 denticulaciones, a ambos lados se sitúan sendos tumores laterales más pequeños que presentan 3 denticulaciones. En visión lateral (Fig.38,K) los hemisomas se encuentran estrechados a nivel de la inserción de los lóbulos apicales, observándose un diente apical. Visión apical elíptica (Fig.38,L) presentando el tumor central ligeramente hendido en el centro; en ambos lados se observan denticulaciones. Dimensiones: 25-31x21-22  $\mu$ ; grosor: 15-17  $\mu$ ; istmo: 5-6  $\mu$ ; grosor de los lóbulos apicales: 9-10  $\mu$  (Fig. 38, J-L).

Distribución en Sierra Nevada.- Este taxon ha sido observado en las lagunas: Cuarta, Gemela y San Juan.

Distribución Peninsular.- Sierra de Gredos: laguno de Gredos y las Pozas (CABALLERO, 1950).

Comentario.- CABALLERO (1950) describe una forma de E.denticulatum para la laguna de Gredos y los prados de Pozas, la cual coincide, en los caracteres fundamentales con las poblaciones procedentes de Sierra Nevada aquí descritas y dedicadas a esta autora, quien la encuentra junto a la var.denticulatum. En Sierra Nevada, hasta ahora, solo hemos observado la var.caballeroi, que se diferencia de la var.denticulatum fundamentalmente en la profundidad de la incisión apical, formas de los ángulos constituidos por los lóbulos apicales y laterales, así como por su visión lateral estrangulada a nivel de la inserción de los lóbulos apicales y la existencia de los dos tumores laterales.

Euastrum elegans (Breb.) Ralfs

Hemisomas de contorno trapezoidal, con los lóbulos polares redondeados. Seno cerrado linear. Visión lateral presentando su máximo grosor en la parte basal. Dimensiones: 33-36x21-24  $\mu$ ; grosor: 11-13  $\mu$ ; istmo: 7-6  $\mu$  (Fig. 38, M, N).

Distribución en Sierra Nevada.- Taxon localizado en las lagunas: Cuarta, Río Seco y Virgen Media.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948, 1952); Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1949, 1950); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925; MESSIKOMMER, 1942); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Tatra (SIEMINSKA, 1967); Finlandia (GROBLAND, 1921); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1948; THOMASSON, 1956); Rusia (KOSSINSKAJA, 1936).

Euastrum oblongum (Grev.) Ralfs

Grandes células con el margen lobulado y una incisión apical linear y profunda. Pared celular con pequeñas -- granulaciones. Dimensiones: 119-156x71-89  $\mu$ ; istmo: 17-24  $\mu$  (Fig. 39, A).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie observada, en muy escaso número, en las lagunas de Aguas Verdes, Río Seco, San Juan, Virgen Media y Virgen Superior.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941; GONZALEZ GUERRERO, 1942; MARGALEF, 1948, 1952); Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1950); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944); Sierra Segundera (MARGALEF, 1950).

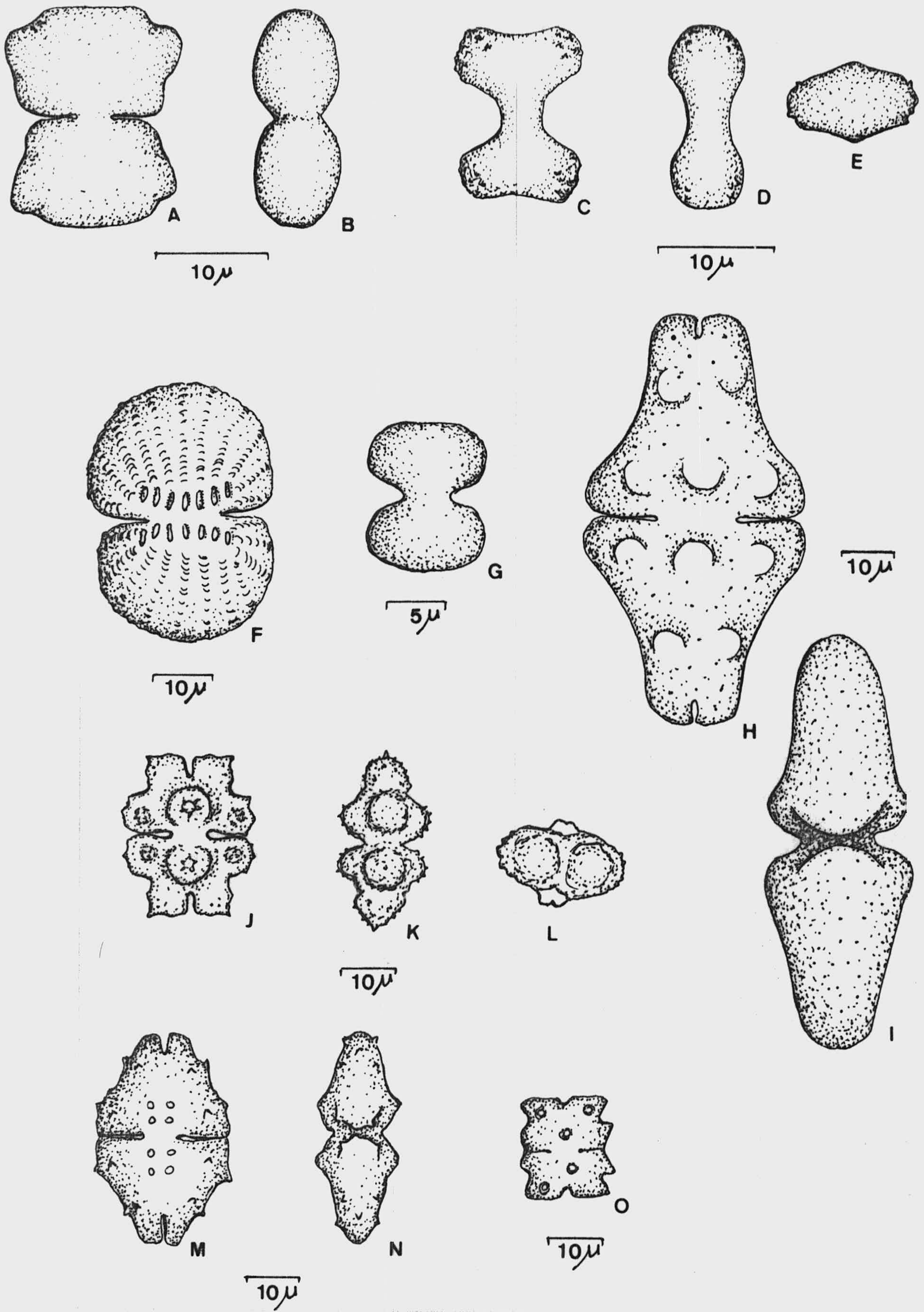


Figura 38.- A-B, *Cosmarium regnelli*; C-E, *Cosmarium regnesi*; F, *Cosmarium speciosum*; G, *Cosmarium* sp.; H-I, *Euastrum ansatum*; J-L, *Euastrum denticulatum* var. *caballeroi*; M-N, *Euastrum elegans*.

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; THOMASSON, 1956); Himalaya (HIRANO, 1969); Montañas de Córcega (GUINOCHE, 1936); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

Euastrum subalpinum Messik.

Células de contorno casi cuadrangular sin presentar ningún tipo de ornamentación, a excepción de una protuberancia central y dos apicales. Incisión apical muy poco profunda, en forma de V abierta. Entre los lóbulos apicales y laterales se forma un ángulo agudo que le da al margen un aspecto emarginado. Lóbulos apicales extendidos horizontalmente. Dimensiones: 17-20x14-15.5  $\mu$ ; istmo: 4-5  $\mu$  (Fig.38,0).

Distribución en Sierra Nevada.- Localizado en las lagunas de Rio Seco y San Juan solo en muestras cualitativas.

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942; DELL'UOMO & al., 1980).

Comentario.- Según ALVAREZ COBELAS (1984 b) este taxon no habia sido citado, hasta el momento, para la ficoflora española.

Euastrum verrucosum Ehr.ex Ralfs

Grandes células que presentan la pared celular fuertemente verrucosa. En la parte basal de cada hemisoma se localizan tres tumores redondeados. Apices truncados-emarginados. Visión apical triondulada, con una zona central de aspecto cuadrangular que corresponde al ápice. Dimensiones: 90-94x78-84  $\mu$ ; grosor: 53-57  $\mu$ ; longitud de los lóbulos subapicales: 7-9  $\mu$  (Fig.39,B,C).

Distribución en Sierra Nevada.- En las lagunas Cuarta, Gemela, Monachil, Veleta y Virgen Media.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1948, 1952; CABLANCQ, 1972; VILASECA, 1978); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1950); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925; MESSIKOMMER, 1942, 1957); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Sierra Nevada U.S.A. (THOMASSON, 1962); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1948, 1964).

Hyalotheca dissiliens (Smith)Breb.ex Ralfs

Desmidiacea filamentosa, cuyas células suelen ser tan largas como anchas, presentando, de 4-6 filas de pequeños gránulos en cada hemisoma. Istmo apenas marcado, ápices convexos. Dimensiones: 22-24x19-23  $\mu$  (Fig. 39,D).

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo ha sido localizada en la laguna Hondera.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948; VILASECA, 1978); Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1950); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944); Sierra Segundera (BACHMANN, 1913; MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes japoneses (HIRANO, 1953); Apenninos (DELL'UOMO, 1981); Montañas de Nasu (HIRANO, 1954); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Rusia (KOSSINSKAJA, 1936); -- Spitbergen (KRIEGER, 1938).

Pleurotaenium trabecula Ehr.ex Nag.

Células de gran longitud. Hemisomas con ápice trunc

cado y máxima anchura en la parte central, aunque en la base se vuelve a ensanchar, estrechándose de nuevo en un leve istmo. Pared celular punteada. Dimensiones: 400-475x41-43  $\mu$ ; istmo 35-37  $\mu$  (Fig. 39,E).

Distribución en Sierra Nevada.- Localizada en las lagunas de Monachil, Virgen Media, Yeguas.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (MARGALEF, 1948, 1952).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942); Himalaya - (HIRANO, 1983); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Montañas de Nasu (HIRANO, 1954); Sierra Nevada U.S.A. (THOMASSON, 1962); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia --- (SKUJA, 1948, 1964).

Spondilosium planum (Wolle)W.West & G.S.West

Desmidiacea filamentosa, con células muy parecidas a las de Cosmarium, con hemisomas elipsoidales, presentando, en ocasiones pequeños gránulos en los márgenes. Istmo estrecho, seno abierto linear. En visión lateral hemisomas subglobosos. Dimensiones celulares: 13-17x11-13  $\mu$ ; grosor: 7-9  $\mu$ ; istmo: 5-6  $\mu$  (Fig. 39,F,G).

Distribución en Sierra Nevada.- Solo hemos encontrado este taxon en la laguna Cuarta.

Distribución Peninsular.- Pirineos (VILASECA, 1978).

Distribución General.- Alpes japoneses (HIRANO, 1953); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1935); Norte de Suecia (SAETHER, 1971).

Comentario.- GONZALEZ GUERRERO (1981) describe la variedad -

mulhacensis para los prados turbosos de la laguna Hondera; - caracterizada por sus mayores dimensiones. "Diagnosis: 26-30 micras crassis et 12-21 longis. A typo differt dimensiones - cellularis differentis). En esta laguna no hemos localizado - ningún ejemplar de S.planum por lo que no hemos podido estudiarla.

Staurastrum capitulum Breb.

Hemisomas trilobulados, alcanzando su máxima anchura en el ápice, con ornamentación de disposición radial - alrededor de los lóbulos, y en 2 líneas transversales en la proximidad del istmo. Dimensiones: 36-40x21-26.5  $\mu$ ; istmo: - 12-17  $\mu$  (Fig. 39,H,I).

Distribución en Sierra Nevada.- Sólo hemos localizado esta especie en la laguna Hondera.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948); Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1950); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925; MESSIKOMMER, 1942, 1957); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936).

Staurastrum dilatatum (Ehr.)Ralfs

Células tan largas como anchas o más anchas. Hemisomas elípticos tetralobulados, con ornamentación granulosa dispuesta de forma concéntrica alrededor de los lóbulos. Seno agudo abierto. Dimensiones: 26-29x29-31  $\mu$ ; istmo: 10-12  $\mu$  (Fig. 39,J,K).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie localizada en la laguna de Aguas Verdes, donde forma una población estable a lo



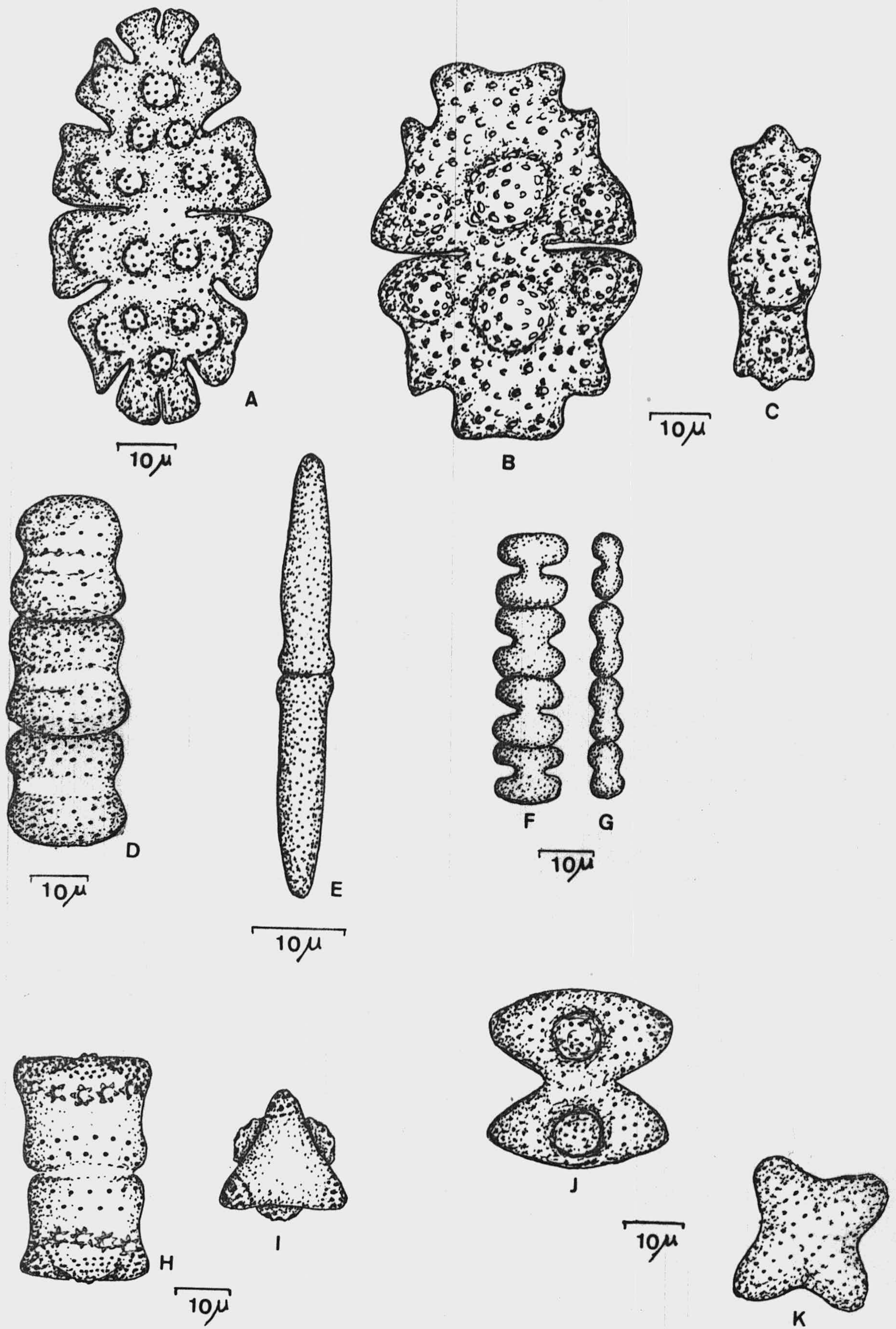


Figura 39.— A, Euastrum oblongum; B-C, Euastrum verrucosum; D, Hyalotheca dissiliens; E, Pleurotaenium trabecula; F-G, Spondilosium planum; H-I, Staurastrum capitulum.

largo del ciclo.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1952); Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1950); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1950).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1958); Himalaya (HIRANO, 1936, 1969); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Staurostrum hirsutum (Ehr.) Ralfs

Hemisomas trilobuladas, con los lóbulos muy poco marcados. Ornamentación constituida por fuertes espinas de disposición concéntrica sobre los lóbulos, que ocupan toda la superficie de la célula. Máxima anchura en el tercio basal del hemisoma, ápices planos y seno abierto agudo. Dimensiones: 43-55x40-46  $\mu$ ; istmo 15-18  $\mu$  (Fig. 40,C,D).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie localizada en las lagunas de Aguas Verdes, Gemela, Hondera, Majano, Monachil, Virgen Media, Yeguas.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941); Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1949, 1950); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1957; DELL'UOMO & al., 1980); Alpes japoneses (HIRANO, 1953); Himalaya (HIRANO, 1969); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); Montañas de Nasu (HIRANO, 1954); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Staurostrum margaritaceum (Ehr.) Ralfs

Células un poco más largas que anchas. Hemisomas

con los ápices planos, presentando de 4 a 5 lóbulos cortos y truncados en cada uno. Istmo muy poco marcado, seno abierto. Ornamentación formada por gránulos que se disponen solo en los lóbulos, de forma concéntrica y en el extremo de la zona apical de los hemisomas; el resto de la célula es lisa. Dimensiones: 28-30x25-27  $\mu$ ; istmo: 11-12  $\mu$  (Fig. 40,E).

Distribución en Sierra Nevada.- Taxon que sólo ha sido observado en la laguna de Monachil.

Distribución Peninsular.- Pirineos (ALLORGE & al., 1941; MARGALEF, 1948); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1957); Alpes japoneses (HIRANO, 1953); Montañas de Córcega (GUINOCHET, -- 1936); Montañas de Nasu (HIRANO, 1954); Tatra (SIEMINSKA, -- 1967); Norte de Suecia (SKUJA, 1964); Rusia (KOSSINSKAJA, -- 1936); Spitbergen (KRIEGER, 1938).

#### Staurastrum punctulatum (Breb.) Ralfs

Hemisomas elípticos, trilobuladas con el ápice -- truncado. Ornamentación formada por pequeñas espinas romas -- que se disponen de forma concéntrica alrededor de los lóbulos aunque en el centro del hemisoma, en visión apical (Fig. 40,G) se disponen formando pequeños grupos. Margen central ligeramente convexo, seno abierto, agudo. Dimensiones: 29-34x26-29  $\mu$ ; istmo: 9-11  $\mu$  (Fig. 40,F-G).

Distribución en Sierra Nevada.- Taxon localizado en las lagunas de La Caldera, Cuarta, Gemela, Hondera, Majano; en esta última llega a constituir una importante población a principios de ciclo.

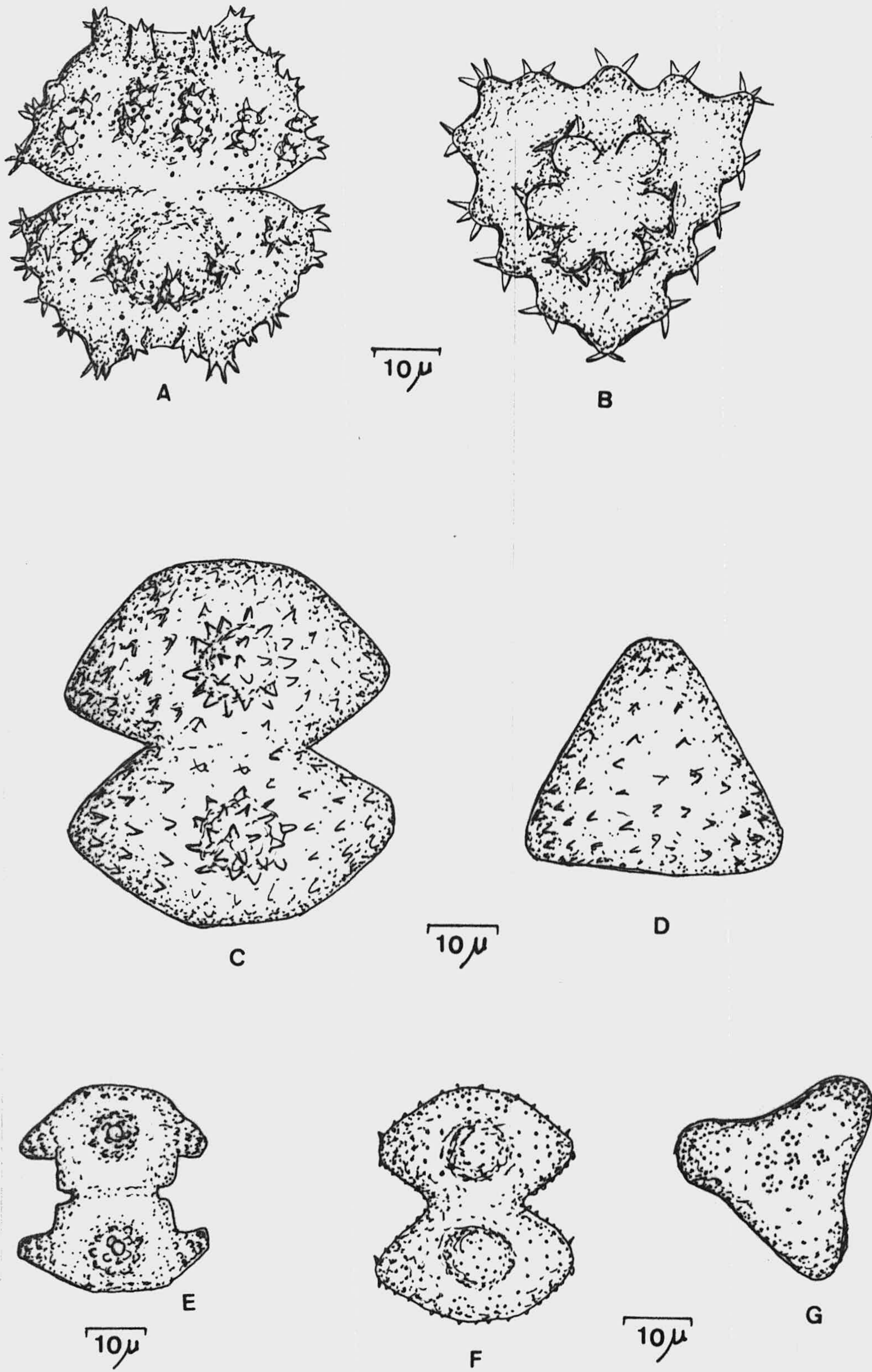


Figura 40.- A-B, *Staurastrum spongiosum* var. *mulhacensis*; C-D, *Staurastrum hirsutum*; E, *Staurastrum margaritaceum*; F-G, *Staurastrum punctulatum*.

Distribución Peninsular.- Picos de Europa (MARGALEF, 1950); Pirineos (ALLORGE & al., 1941; GONZALEZ GUERRERO, 1942; MARGALEF, 1948, 1952); Sierra de Aralar (MARGALEF, 1946); Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1950); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1944, 1950); Sierra de Guadarrama (MARGALEF, 1949).

Distribución General.- Alpes (DEFLANDRE, 1925, MESSIKOMMER, 1942, 1958); Alpes japoneses (HIRANO, 1953); Atlas (SOMERS, 1972); Himalaya (HIRANO, 1969, 1983); Montañas de Córcega -- (GUINOCHET, 1936); Montañas de Nasu (HIRANO, 1954); Norte de Suecia (THOMASSON, 1956; SKUJA, 1964); Rusia (KOSSINSKAJA; - 1936).

Staurostrum sexcostatum (Breb.) Ralfs

Células tan largas como anchas. Hemisomas 6-lobulados, con espinas dispuestas de forma concéntrica alrededor de los lóbulos que están bien desarrollados y con los ápices truncados, donde se presentan de 6 a 7 espinas. Senos al principio agudos pero después ampliamente abiertos, a cada lado del istmo se dispone una línea de espinas. Dimensiones: 43-47.5x43-47.5  $\mu$ ; istmo: 15-19  $\mu$  (Fig.41,A,B).

Distribución en Sierra Nevada.- Taxon localizado en las lagunas: Cuarta, Hondra y San Juan.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1948); Sierra Segundera (MARGALEF, 1956).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1942, 1957); Alpes japoneses (HIRANO, 1953); Norte de Suecia (SKUJA, 1964); Spitzbergen (MATULA, 1982).

Comentario.- Este taxon es muy parecido a la var. productum --

West, en distribución de espinas, y longitud de procesos, -- pero respecto a las dimensiones celulares se aproxima más a la variedad tipo.

Staurastrum spongiosum Breb. ex Ralfs var. mulhacensis Gonz. Guer. ex P. Sánchez

Cellulae mediocres, circiter tam longae quam latae vel leviter longiores, profunde constrictae, sinu aperto-angusto. Semicellulae subsemicirculares vel subpyramidatae; a vertice visae triangulares, lateribus cum 6 processibus, et etiam 6-7 processibus horizontaliter trans semicellulas; processibus 3-4 denticulatus. Semicellulas cum granulis sparsis.

Hab. in lacu Hondera, Sierra Nevada (Granada).

Holotypus asservatus in Ficoteca Facultatis Scientiarum granatensis (reg. 1183). Iconotypus. Fig. 40, A.

Descripción.— Hemisomas trapezoidales trilobulados, con los márgenes apicales rectos o débilmente concavos. Seno cerrado al principio de su recorrido, después agudo y abierto. Margen de los hemisomas presentando de 6-9 verrugas que acaban en 3-4 dientes más o menos desarrollados, siendo claramente mayores las dos que se sitúan en los márgenes del ápice y -- con los dientes más desarrollados. En la parte basal de los hemisomas se dispone una fila (en ocasiones dos) de verrugas espinosas (de recorrido más o menos paralelo al margen) en número de 5 a 6, presentando de 2 a 4 espinas por verruga. Toda la superficie se encuentra esparcidamente granulosa, -- más densa en la base de las verrugas. Dimensiones: (con espinas): 55-60x43-50  $\mu$ ; grosor: 36-40  $\mu$ ; itsmo: 15-19  $\mu$  (Fig. 40 A, B).

Distribución en Sierra Nevada.— Taxon escaso, localizado en

las lagunas de: Aguas Verdes, Cuarta, Gemela, Hondera, Ríc - Seco, Virgen Media.

Comentario.- Este taxon fue descrito inicialmente por GONZALEZ GUERRERO (1981) para los prados turbosos de la laguna -- Hondera, donde nosotros lo hemos vuelto a encontrar, y en -- cuya descripción incluye los siguientes caracteres: " A typo differt dimensiones cellularibus. Hab. In allis Algis intermissa aquis, turfosis prope " 7ª laguna". La descripción que nosotros hemos realizado de este taxon incluye otros caracteres, que lo diferencian no solo de la variedad tipo, sino -- también de la var. perbifidum West, más semejante a la aquí descrita. Se diferencia de la var. spongiorum por su distinta ornamentación, senos más ampliamente abiertos, su pared es -- parcidamente punteada y sus mayores dimensiones, mientras que con la var. perbifidum sus diferencias más notables son dis -- tinto número de dientes por verruga, senos más abiertos, pared esparcidamente punteada y dimensiones ligeramente mayores.

Staurodesmus dejectus (Breb.) Teiling

Hemisomas elípticos a subelípticos, en ocasiones débilmente ciatiformes. Espinas divergentes de tamaño variable (2-)2.5-4(-5)  $\mu$ . Toda la pared se encuentra provista de numerosos y gruesos poros. Cloroplasto trirradiado. Dimensiones: 36-41x36-42(-43)  $\mu$ , sin incluir espinas, istmo: 9-10  $\mu$  (Fig.41, E -F).

Distribución en Sierra Nevada.- Taxon que sólo ha aparecido en la laguna de San Juan.

Distribución Peninsular.- Pirineos (MARGALEF, 1948); Sierra de Gredos (CABALLERO, 1950); Sierra Segundera (MARGALEF, 1950).

Distribución General.- Alpes (MESSIKOMMER, 1958); Montañas - de Córcega (GUINOCHET, 1936); Norte de Noruega (SAETHER, 1971); Norte de Suecia (SKUJA, 1964).

Comentario.- En algunas ocasiones se han observado formas -- "Janus" con hemisomas tri y tetralobulados, alcanzando el hemisoma tetralobulado hasta 48  $\mu$  de diámetro, siendo las espinas mucho más patentes en éste; a veces el cuarto lóbulo se encuentra atrofiado.

Staurodesmus aristiferus (Ralfs) Thom.

Células más anchas que largas (sin considerar las espinas). Hemisomas tetralobulares; cada lóbulo prolongado - en una espina que suele medir entre 4-6  $\mu$ , aunque en ocasiones pueden llegar a alcanzar 10  $\mu$ . Apice del hemisoma plano o ligeramente convexo, márgenes totalmente rectos, dándole - aspecto triangular, seno abierto, agudo. Dimensiones: 24-25x 24-25  $\mu$ ; istmo: 9-10  $\mu$ ; espinas: 4-6(-10)  $\mu$  (Fig.41,C;D).

Distribución en Sierra Nevada.- Especie localizada solamente en la laguna Cuarta.

Comentario.- GONZALEZ GUERRERO (1981) describe para la laguna Hondera una nueva especie de Stauroastrum: St. mulhacensis que define con la siguiente diagnosis: " 20-30 micras latis, cum aculeis, semicellulas triangularibus, dorsus planus, a - vertice visum pentagonales, aculeis divergentibus, angulis - externis acutis. Hab: Planctonica in allis Algis intermissa, aquilis nyalinis, turfosis, prope "7ª laguna" circa cacuminen " COLLIS MULHACEN ". No hemos observado este taxon en el fitoplancton de la laguna Hondera, por lo que no podemos compararlo con St. aristiferus encontrado en la laguna Cuarta.



Según ALVAREZ COBELAS (1984 b) St. aristiferus no se habia citado para la ficoflora española.

Tetmemorus laevis (Kütz.) Ralfs

Células cilíndricas con incisiones lineares en -- los ápices, istmo muy poco marcado. Toda la superficie se encuentra ornamentada por pequeñas espinas. Dimensiones: 62-79 x 20-23  $\mu$  (Fig. 41, H, I).

Distribución en Sierra Nevada. - En las lagunas: Aguas Verdes, Cuarta, Hondera, Veleta.

Distribución Peninsular. - Pirineos (MARGALEF, 1948, 1952); - Sierra de Geres (GONZALEZ GUERRERO, 1944, 1950); Sierra de - Gredos (CABALLERO, 1944); Sierra de Guadarrama (GONZALEZ GUERRERO, 1929; MARGALEF, 1949).

Distribución General. - Alpes (MESSIKOMMER, 1942; DELL'UOMO & al., 1980); Alpes japoneses (HIRANO, 1953); Apeninos (DELL'UOMO, 1978, 1981); Montañas de Córcega (GUINOCHET, 1936); -- Montañas de Nasu (HIRANO, 1954); Norte de Suecia (SKUJA, 1964); Rusia (KOSSINSKAJA, 1936).

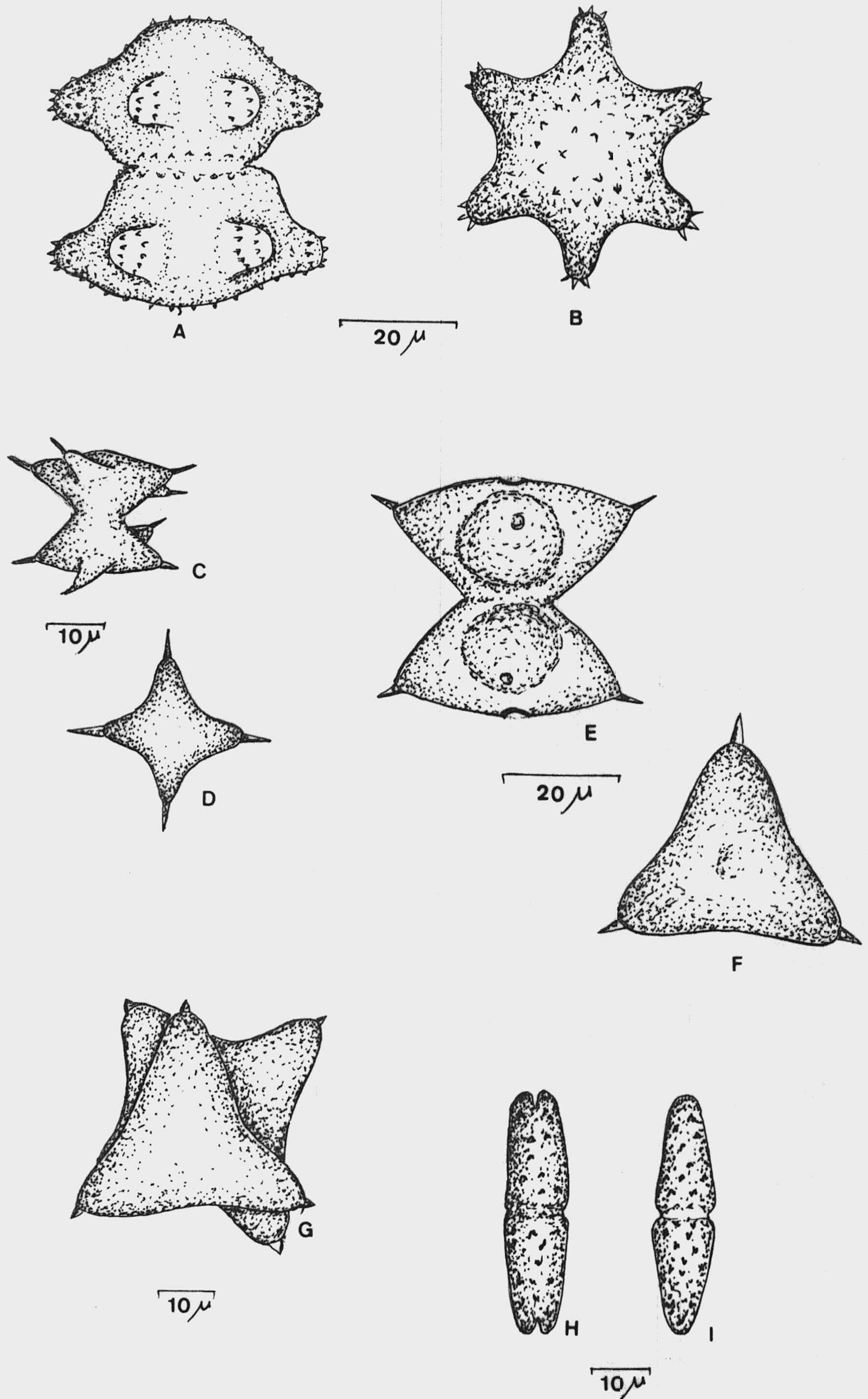


Figura 41.- A-B, Staurostrum sexcostatum; C-D, Staurodesmus aristiferum; E-G, Staurodesmus dejectus (G, forma janus); H-I, Tetmemorus laevis.

7. ESTUDIO DE LAS COMUNIDADES

FITOPLANCTONICAS

### 7.1.1. Distribución de las especies en las lagunas.

Han sido muchos los intentos de sistematizar las comunidades algales, si bien aquellas de carácter bentónico, debido a su mayor periodo vegetativo y a no estar sometidas a las fuertes fluctuaciones de las planctónicas, se prestan más a este tipo de tratamiento, habiéndose obtenido resultados muy interesantes por distintos autores, entre los que podemos citar a ALLORGE (1922), MESSIKOMER (1942), MARGALEF (1949, 1953, 1947, etc.), SYMOENS (1951), BOHR (1973), DELL'UOMO (1975) y DELL'UOMO & CICCOTTI (1977) entre otros.

Pero debido a la naturaleza fluctuante de las comunidades planctónicas, solo se pueden dar unas pautas de posibles tipos de comportamiento frente a las diferentes naturalezas de las cuencas y por lo tanto de la composición química del agua. En este sentido NAUMANN (1919 in HUTCHINSON, 1967) establece el término oligotrófico para designar las formaciones del plancton de los lagos de montaña y eutrófico para los de las tierras bajas, este autor no sólo usa ambos términos para indicar meramente los distintos tipos de organismos, sino también para expresar las diferentes concentraciones de nutrientes en las que se desarrollan los mismos; estableciendo posteriormente 9 tipos de comunidades fitoplanctónicas de los lagos de Suecia, establecidas a nivel de grandes grupos

taxonómicos.

Posteriormente HUTCHINSON (1967) establece 12 tipos de comunidades planctónicas para la zona eufótica de los lagos, igualmente consideradas a rango taxonómico superior, normalmente a nivel de familias y en ocasiones desciende a nivel genérico. De forma muy resumida podemos definir los 12 tipos como sigue:

- Plancton oligotrófico de desmidiáceas; constituido fundamentalmente por especies de los géneros Staurastrum y Stauridium. En aguas de poca alcalinidad y ligeramente ácidas.
- Plancton oligotrófico de Diatomeas; dominado fundamentalmente por especies del género Cyclotella, apareciendo también representantes de los géneros Rhizosolenia, Fragilaria y Synedra. En lagos pobres en nutrientes con agua neutra o débilmente alcalina.
- Plancton de Botryococcus; género dominante en muchos lagos oligotróficos del Norte de Europa.
- Plancton de Chrysofíceas; siendo especies de Dinobryon las más frecuentes, en muchas ocasiones asociado con Tabellaria. En algunas ocasiones aparece Mallomonas. Se desarrolla en lagos productivos durante la época de disminución de nutrientes.
- Plancton de Oocystis o de Chlorococcales oligotróficas. Aunque Oocystis se distribuye de forma indiferente tanto en lagos oligotróficos como eutróficos se ha observado que en muchos lagos improductivos del Norte de Europa se suele comportar como especie dominante o subdominante.
- Plancton oligotrófico de dinoflagelados; Peridinium willei

y Ceratium hirundinella en algunos casos se comportan como dominantes en lagos oligotróficos.

- Plancton mesotrófico o eutrófico de dinoflagelados; distintas especies de Peridinium acompañadas de Ceratium y Glenodinium son consideradas como propias de lagos mesotróficos.

- Plancton eutrófico de diatomeas; especies de Asterionella, Fragilaria, Synedra, Sttephanodiscus y Melosira son comunes en los lagos de la región templada, presentando unas especies en aguas oligotróficas y otras en eutróficas. Suele aparecer durante todo el año a excepción de la época más cálida.

- Plancton mesotrófico o eutrófico de desmidiáceas; compuesto por determinadas especies de Staurastrum y Cosmarium, -- entre ellas C.regnesi, puede ser dominante en lagos con fuertes concentraciones de calcio.

- Plancton eutrófico de Chroococcales; Pediastrum y Scenedesmus fundamentalmente suelen ser los géneros que más contribuyen a este tipo de plancton, acompañadas de especies de Actinastrum, Ankistrodesmus, Crucigenia, Dictyosphaerium y Tetraedron. Por lo general ocurre en lagos bastante pequeños.

- Plancton de cianofíceas; Microcystis, Aphanizomenon y Anabaena forman grandes poblaciones en los lagos de la región -- templada durante el verano. Aparece generalmente en la época más cálida del año.

- Plancton de euglenofitas; sobre todo distintas especies de Euglena suelen aparecer en pequeñas masas de agua con contenido en materia orgánica.

Otros muchos autores han tratado de relacionar -- las poblaciones fitoplanctónicas con los factores ambientales, bien de forma teórica y general como lo hacen, ROUND --

(1958) y MARGALEF (1964) o bien en alguna zona geográfica de terminada, como es el caso, entre otros, de JARNEFELT (1956 in HUTCHINSON, 1967) en Finlandia; MOORE (1979) en los lagos árticos y subárticos del Canadá; ERGASHEV (1979) para los lagos de Asia; y ROTT (1984) en la región del Tyrol.

Respecto a las especies fitoplanctónicas observadas en las lagunas de Sierra Nevada, y cuyos datos de abundancia se muestran en la tabla 9, podemos establecer algunos -- criterios de separación entre distintos grupos de lagunas en base a su ficoflora. Sólo hemos observado dos especies: Cymbella minuta y Nostoc kihlmani que se presentan de forma general en la mayoría de las lagunas, en casi todas las ocasiones, la aparición de N. kihlmani suele coincidir con situaciones críticas en la concentración de nitratos.

Existe un grupo de lagunas: Virgen Superior, Virgen Media y Aguas Verdes que muestran en común, en cuanto a su composición florística, algunos taxones de desmidiáceas y diatomeas, al igual que de crisofíceas, pero éstas últimas - en menor proporción. Especies presentes en las tres lagunas son: Fragilaria pinnata, Tabellaria flocculosa, Chromulina nevadensis y Cosmarium laeve, pero las afinidades entre dos de estas lagunas: Virgen Media y Aguas Verdes son mucho mayores, presentando en común las siguientes especies: Cosmarium notabile, Cosmarium regnesi, Staurastrum hirsutum y Scenedesmus pseudohystrix fundamentalmente. Otra serie de taxones, - entre los que podemos destacar a Achnanthes affinis, muestran una relativa afinidad florística entre estas lagunas y las de Río Seco Superior y La Caldera. La laguna de Las Yeguas

también muestra cierta similitud con este grupo, debido a la presencia de especies como Navicula radiosa y Synedra rumpens.

A nuestro juicio, el grupo más homogéneo de lagunas lo constituyen las 3 del Valle de Río Seco, ya que presentan un fitoplancton constituido fundamentalmente por distintas fases de Korshikoviella gracilipes, aunque Río Seco Superior presenta ciertas afinidades con el grupo anterior, como antes hemos comentado. Oscillatoria planctónica se presenta además de en estas tres lagunas en la de La Caldera.

Por último, las lagunas de Gemela y Majano presentan una gran proporción de clorofíceas en la constitución de su fitoplancton, siendo las especies de los géneros Pediastrum, Scenedesmus y Oocystis las más frecuentes; ambas lagunas presentan algunos táxones en común con la laguna de la Caldera, tales como Staurastrum punctulatum y Geminella ordinata, aunque en muy escaso número en esta última.

A pesar de haber comentado anteriormente la afinidad que presentan las lagunas de La Caldera y Las Yeguas con el resto, éstas muestran un comportamiento diferenciado y no se las puede asimilar de forma clara a ningún grupo.

Respecto a la relación entre el fitoplancton y la composición química de las lagunas, podemos considerar que el grupo formado por las de: Virgen Superior, Virgen Media y Aguas Verdes, presentan una clara tendencia oligotrófica, pudiéndose asimilar sus poblaciones fitoplanctónicas a aquellas descritas por HUTCHINSON (1967) como oligotróficas de desmidiáceas y diatomeas. Respecto al grupo de lagunas del valle de Río Seco, no son asimilables, en cuanto a su fitoplancton, a ninguno de estos grupos, podemos considerar que estas lagunas presentan un fitoplancton de tipo oligotrófico-mesotrófico formado fundamentalmente por clorofíceas.



Por último el grupo formado por las lagunas de Gemela y Majano se podría asimilar a dos de los tipos descritos por HUTCHINSON (1967), ya que aunque es semejante a lo que él describe como fitoplancton eutrófico de clorococales, también muestra algunas similitudes con el fitoplancton oligotrófico de Oocystis, pudiéndose considerar la laguna de Gemela como más cercana al primero, mientras que la de Majano se asemeja al segundo, tanto por su flora como por su composición química.

En la figura 15, donde se representan las lagunas en los tres ejes definidos en el análisis de componentes principales, realizado en base a los datos físico-químicos, se observa como las lagunas de Aguas Verdes y Virgen Media se encuentran muy próximas, al igual que las de Gemela y Majano. Río Seco Inferior y Río Seco también se muestran relacionadas, mientras que Río Seco Superior se desplaza considerablemente, desplazamiento que debe estar en consecuencia con las afinidades florísticas que muestra con otras lagunas.

### 7.1.2. Diversidad

La diversidad, como medida de la proporción en la que los distintos individuos presentes en la comunidad se agrupan bajo diferentes categorías específicas, nos ofrece una información de gran interés sobre la estructura y dinámica de las comunidades; ya que las variaciones observadas entre los distintos periodos van a ser el resultado de las interacciones tanto bióticas como abióticas que se producen en el conjunto del ecosistema.

Para la medida de esta proporción, también llamada "riqueza efectiva de especies", se han propuesto numerosos índices de diversidad, cuya aplicabilidad se basa en que los números de individuos de las distintas especies, en las comunidades naturales, suelen seguir unas determinadas pautas. MARGALEF (1956) apunta la necesidad de encontrar una expresión de dicho índice que sea independiente del ajuste, de la comunidad en estudio, a un tipo de distribución prefijada. En este sentido los índices de mejor aplicación son los que proceden de la teoría de la información, considerando al ecosis-

tema como un canal que proyecta información hacia el futuro, por lo que los cambios observados entre dos etapas sucesivas son los resultados de los procesos interactivos producidos en el momento anterior.

En este sentido uno de los índices que mejor se aplica a los requisitos establecidos es el de Shannon, formulado en el apartado 4.2.

La presencia de las diferentes especies que constituyen la comunidad en un momento dado está regulada por una serie de factores, cuya importancia ya fue reconocida por THIENEMANN (in MARGALEF, 1974), cuando afirma: "Las fluctuaciones periódicas intervienen en el sentido que cualquier muestra obtenida en un momento dado comprende unas especies favorecidas en aquel instante y, por ello representadas por muchos individuos, más una serie de especies escasas, restos de poblaciones procedentes e inicio de otras futuras". De hecho esta aseveración se cumple en cualquier situación de un determinado ecosistema, pero de forma mucho más estricta en la zona claramente pelágica de los lagos. En nuestro caso, que nos centramos en el estudio de las comunidades fitoplanctónicas litorales de pequeños lagos, se ha de tener en cuenta que ésta es una situación de ecotonía, donde se van a desarrollar especies procedentes tanto de las comunidades claramente pelágicas como de las estrictamente litorales. En este mismo sentido, el autor antes mencionado señala que la escasa participación de un gran número de especies se explica por la presencia de individuos de las mismas que alcanzan su mayor desarrollo en otros sistemas próximos.

En los resultados obtenidos, como regla general,

se puede decir que los índices de diversidad ( $H'$ ) en el conjunto de las lagunas varían entre  $H'=2$  y  $H'=4$  bits/individuo - siendo por lo general bastante homogéneos en cada laguna, con las disminuciones explicables por el desarrollo de los máximos poblacionales de las especies dominantes. Como caso bastante excepcional se puede mencionar la laguna de Río Seco, (Fig. 42), en la cual durante el primer muestreo se detectaron un total de 26 especies, con un  $H'=3.7$ , en la que Chlamydomonas coniformis representaba el 29.6% de la comunidad, de esta situación se pasa progresivamente a la detectada durante el cuarto muestreo, en el que el número de especies se reduce a 8, de las que sólo una: Korshikoviella gracilipes constituye el 97% de la población, midiéndose en esta situación un  $H'=0.24$ . En las otras dos lagunas de este valle: Río Seco Inferior y Río Seco Superior, se presentan situaciones mucho menos drásticas, así en la primera se obtienen valores de diversidad al principio del ciclo entre  $H'=1.75$  y  $H'=2.1$  disminuyendo hasta  $H'=0.67$  en el cuarto muestreo donde K.gracilipes constituye el 89% de la población. A partir de aquí y en el último muestreo se obtiene un  $H'=2.69$ , como consecuencia de la desaparición del máximo del taxon antes comentado. En Río Seco Superior durante el primer muestreo se midió un  $H'=1.15$  como consecuencia de la gran abundancia de Achnanthes affinis después del deshielo hecho que se volverá a repetir en otras lagunas. De aquí hasta el último muestreo  $H'$  queda comprendido entre valores de 1.7 y 2.5, debido a que los máximos poblacionales de K.gracilipes van a estar acompañadas de otras especies. En el último muestreo  $H'$  disminuye hasta 0.28 como consecuencia de los cambios producidos en el medio, especialmente aparición de fosfatos y disminución de temperatura, --

que desencadenan la aparición de Cyclotella ocellata que representa el 95.2% de la comunidad de este muestreo.

Otras dos lagunas de las estudiadas presentan -- máximos poblacionales donde predomina fundamentalmente una especie, y por lo tanto, donde las fluctuaciones del índice de diversidad han de ser elevadas; estas son La Caldera y Yeguas. La Caldera es un excelente ejemplo para apoyar la aseveración de THIENEMANN (l.c.), ya que MARTINEZ (1975) considera Cyanarcus sp. y Chromulina mikroplankton como dos especies dominantes, presentando tanto segregación espacial como temporal, pero en nuestro estudio del fitoplancton litoral - hemos observado que solo Cyanarcus sp. se comporta como especie dominante, con lo que la diversidad de la comunidad varía notablemente de la zona pelágica a la litoral. En los tres primeros muestreos  $H'$  fluctúa entre valores de 2 y 2.77 cuando con densidades poblacionales más o menos semejantes, la comunidad está formada por numerosas especies entre las que ninguna sobresale de forma neta. En el cuarto muestreo Cyanarcus sp. alcanza un gran desarrollo, frente a una serie de especies muy poco representadas, en este momento  $H'$  es mínimo con un valor de 0.83. En el siguiente muestreo, aunque Cyanarcus sp. sigue incrementando su tamaño poblacional, le acompañan en este incremento otra serie de especies con lo que los valores de  $H'$  se incrementan hasta 1.3 y 2.6 en sucesivos muestreos. (Fig. 43).

La laguna de las Yeguas muestra dos máximos poblacionales claramente separados en el tiempo y producidos por distintas poblaciones casi monoespecíficas. En el primer muestreo, donde Chlamydomonas sp. constituye el 98% de la comuni

dad, se registra el más bajo índice de diversidad de todos -- los observados con un valor de 0.15; en el siguiente, esta -- especie reduce considerablemente su representación, constituyéndose solo el 6.2%, apareciendo a la vez nuevas especies en distintas proporciones, que determinan un valor de  $H'=2.3$ . En el siguiente muestreo una diatomea: Synedra rumpens es la -- que forma el 95% de la comunidad, bajando lógicamente el índice de diversidad a un valor de 0.43. En sucesivas etapas -- esta especie sigue dominando, observándose índices que oscilan entre 0.7 y 1.3.(Fig. 43).

El resto de las lagunas estudiadas van a presentar unos valores de diversidad bastante homogéneos en comparación con las comentadas hasta ahora, ya que en ninguna de ellas va a aparecer una especie que domine la estructura de la comunidad a lo largo del tiempo, y en muy pocos casos de forma puntual. La laguna de Majano presenta valores del índice de diversidad comprendidos entre 2 y 3, a excepción de dos ocasiones, la primera de ellas se registra en el segundo muestreo cuando Staurastrum punctulatum contribuye con el 47.5% del total de la comunidad y Ulothrix tenerrima con el 26.2%, midiéndose en esta ocasión un índice de diversidad de 1.61. La otra situación comentada corresponde con el último muestreo, donde en condiciones muy particulares de temperatura y concentración de fosfatos Synechococcus maior, aporta el 70% de los individuos de la comunidad, detectándose en este caso un  $H'=1.41$ .(Fig.43).

En la laguna de Gemela, donde en ningún caso la -- contribución parcial de una especie a la comunidad sobrepasa el 45% del total se han observado valores comprendidos entre 2.65 y 3.95.(Fig.44).

Excepcionalmente altos, como en el caso anterior, resultan los valores de diversidad para las lagunas de Aguas Verdes, Virgen Media y Virgen Superior, tres pequeñas lagunas con una vegetación de ribera bastante rica, que hace patente su influencia sobre el fitoplancton litoral. En Virgen Superior y Virgen Media, los valores del índice de diversidad oscilan entre 3.5 y 2.6 para la primera y 3.6-2.6 para la segunda. En ambos casos los valores mínimos se observan en el último muestreo y son debidos a la disminución del conjunto de la comunidad, tanto en especies como en individuos. Aguas Verdes presenta los más altos valores del índice de diversidad, oscilando entre 4.05 y 3.19. El más bajo se midió en el quinto muestreo, cuando por una parte Chromulina nevadensis constituía el 37.5% de la población total, y por otra el número de especies presentes disminuyó considerablemente respecto al muestreo anterior. (Fig.44).

En general se puede considerar que los índices de diversidad son máximos en aquellas lagunas, que por una parte presentan unas comunidades litorales (briofíticas y de pastizales) bien desarrolladas y por otra no muestran su ciclo dominado por una especie en particular. Las lagunas que presentan su ciclo dominado por una determinada especie van a mostrar grandes oscilaciones en sus índices de diversidad, entre los periodos inicial y final con el central, donde se suelen desarrollar los máximos poblacionales.

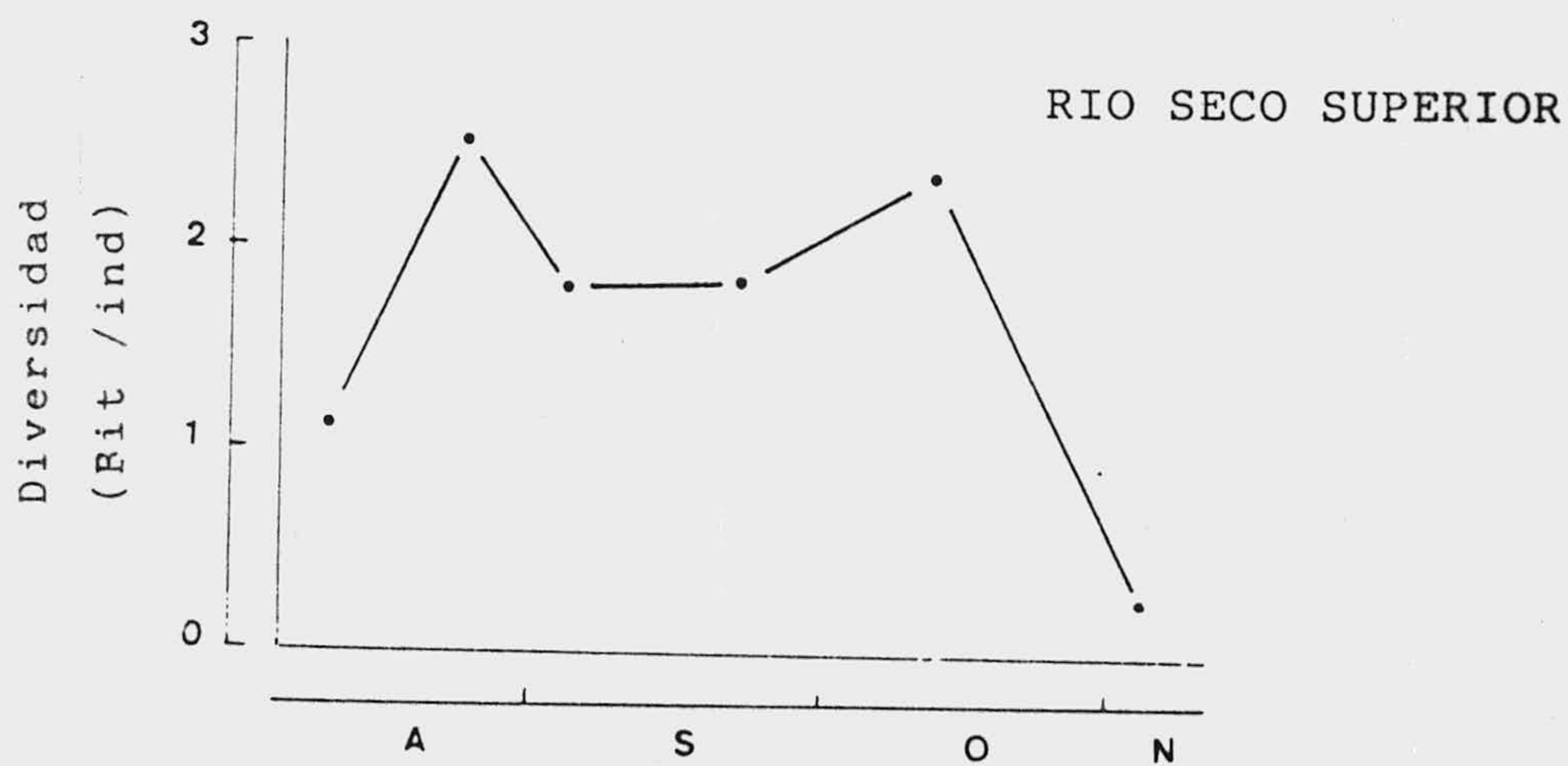
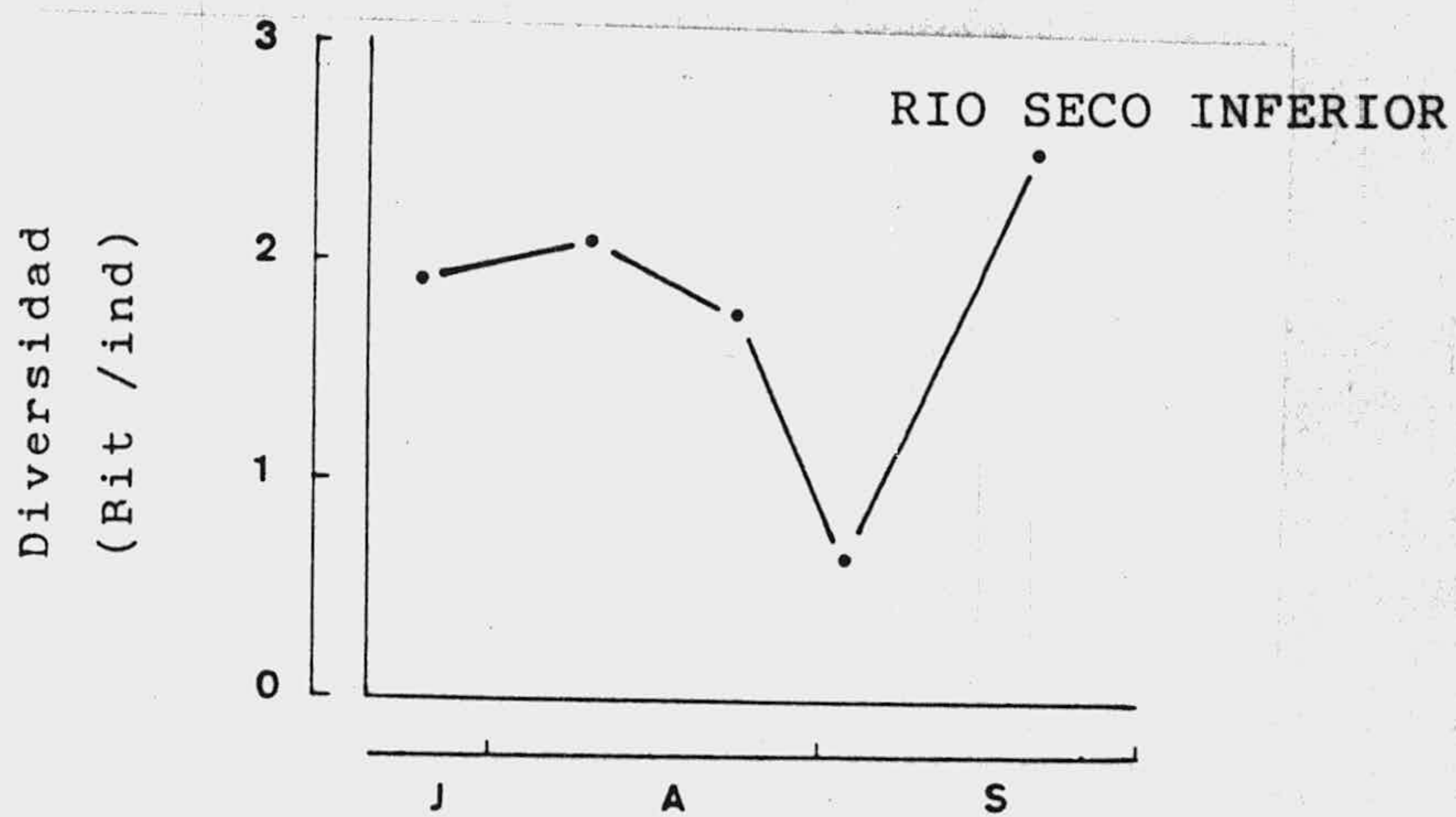
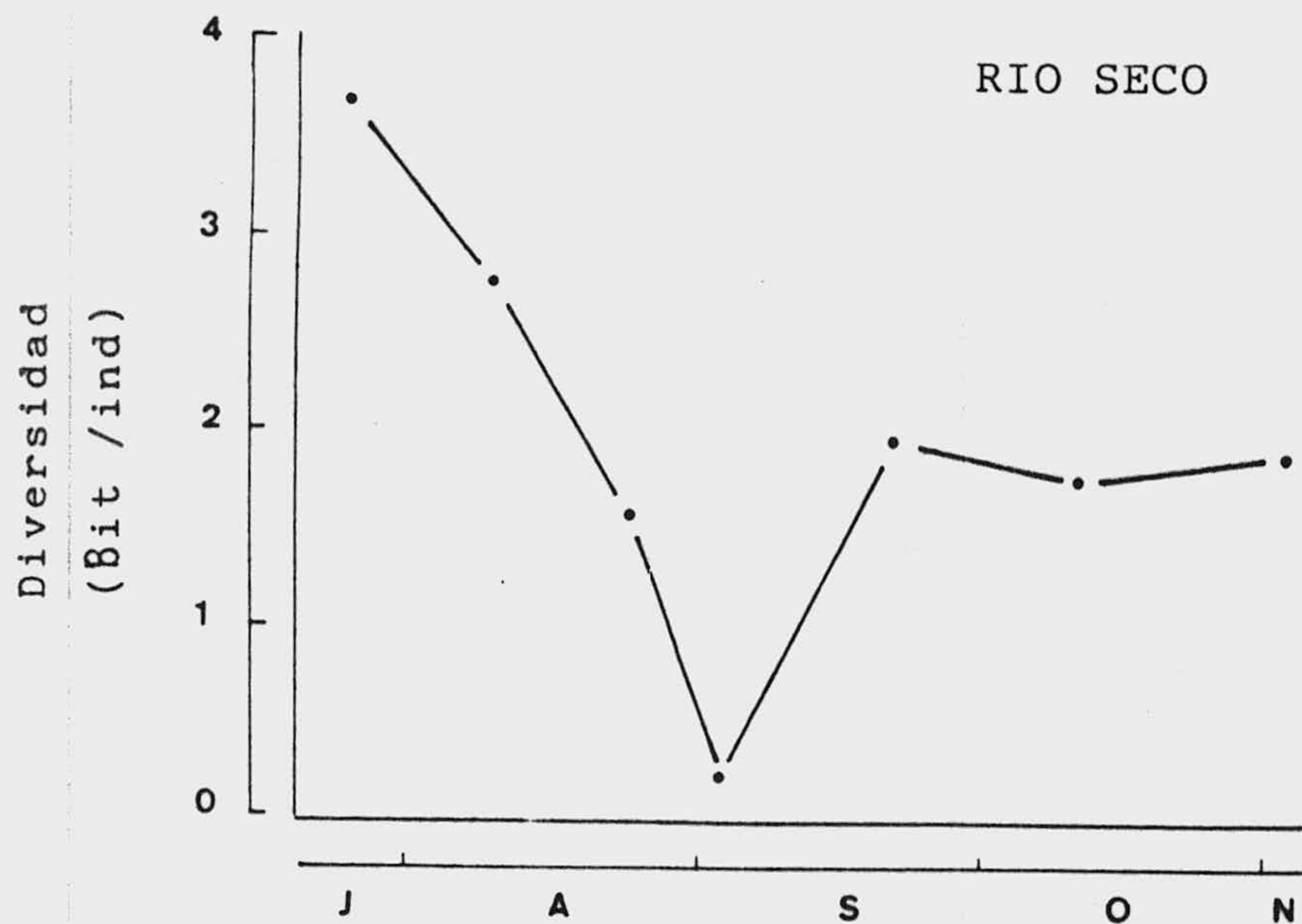


Figura 42.- Evolución de los Indices de Diversidad ( $H'$ ) a lo largo del periodo de estudio en las lagunas de Río Seco, Río Seco In y Río Seco Superior.



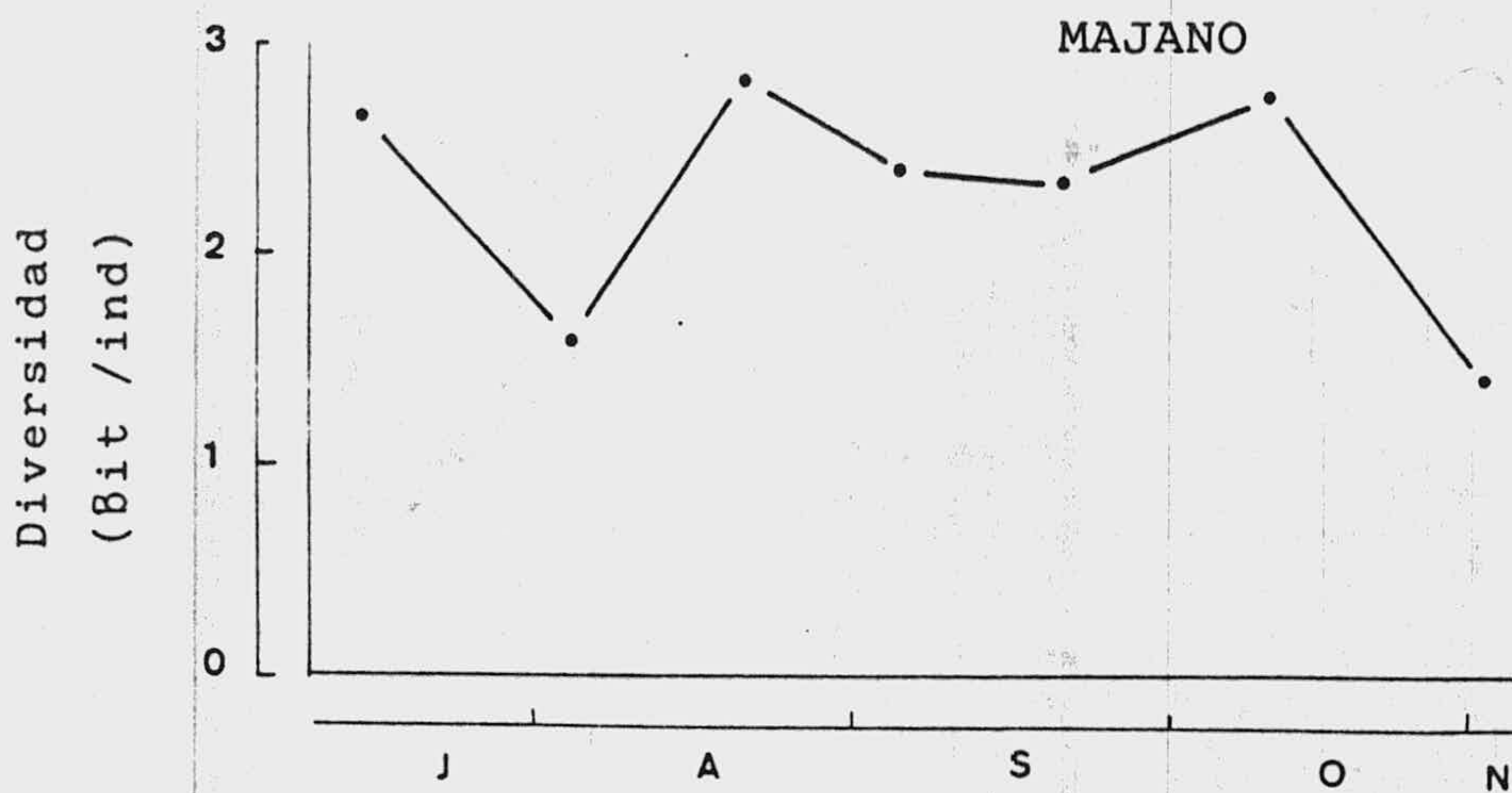
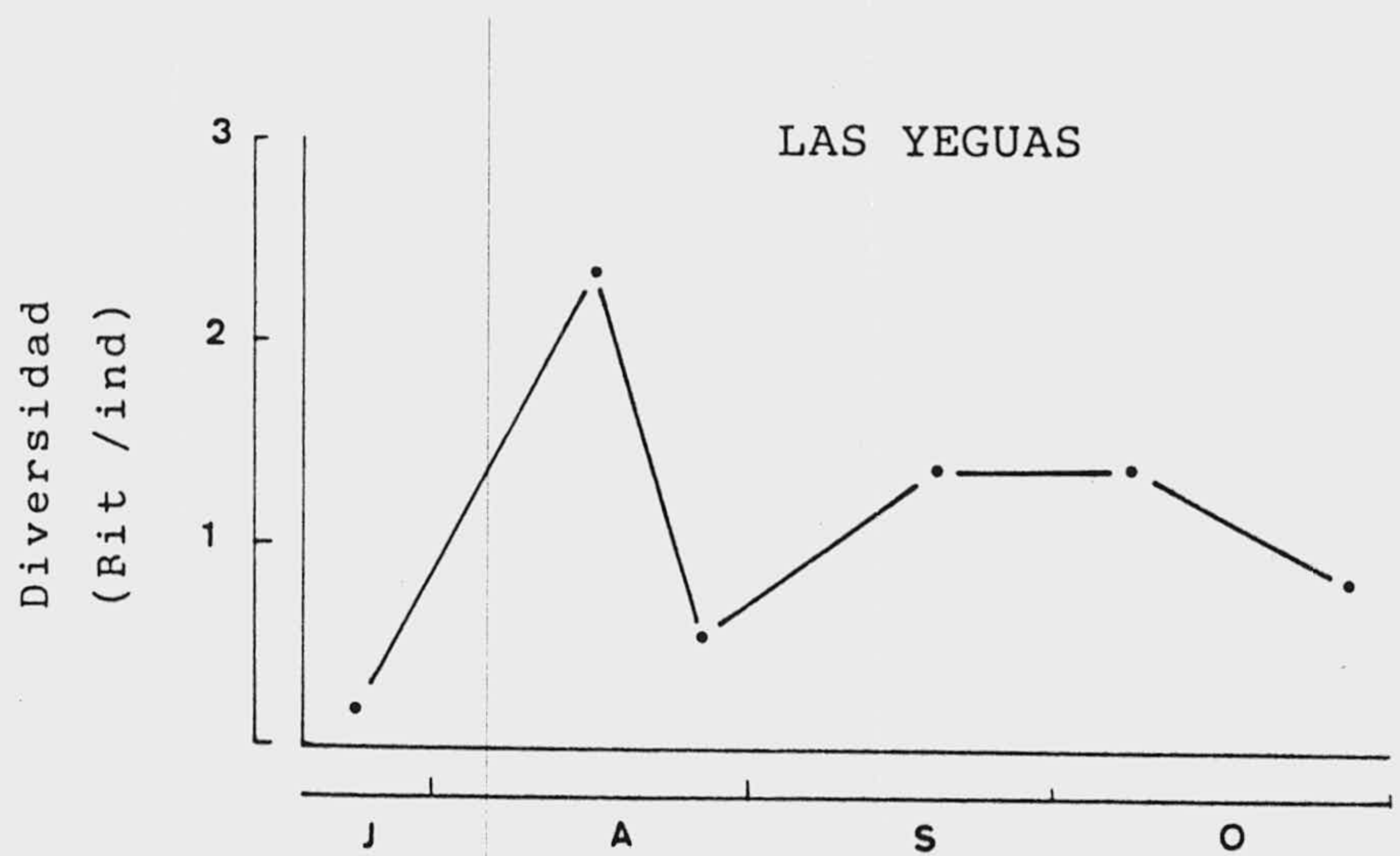
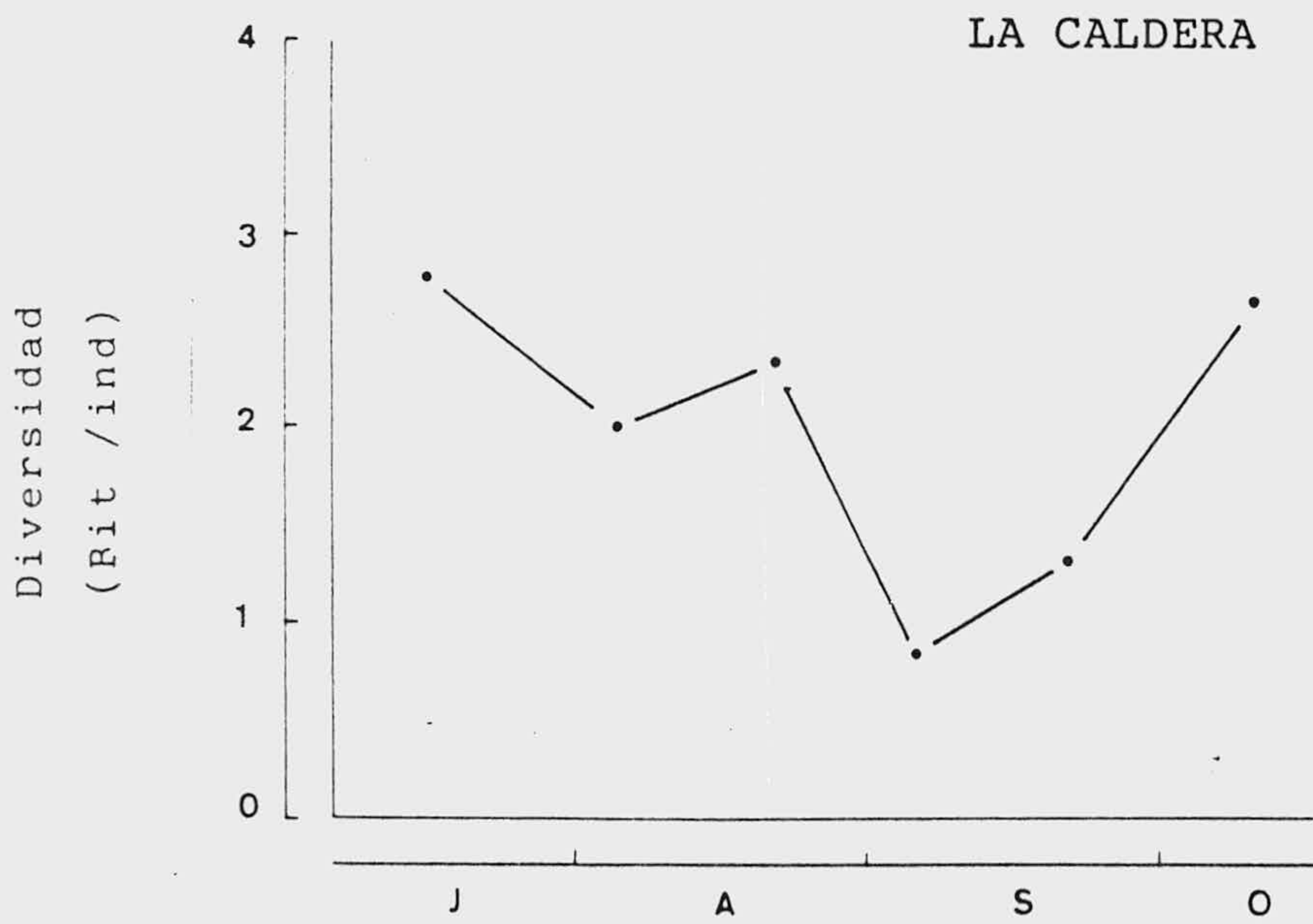


Figura 43.- Evolución de los Indices de Diversidad ( $H'$ ) a lo largo del periodo de estudio en las lagunas de La Caldera, Yeguas y Majano.

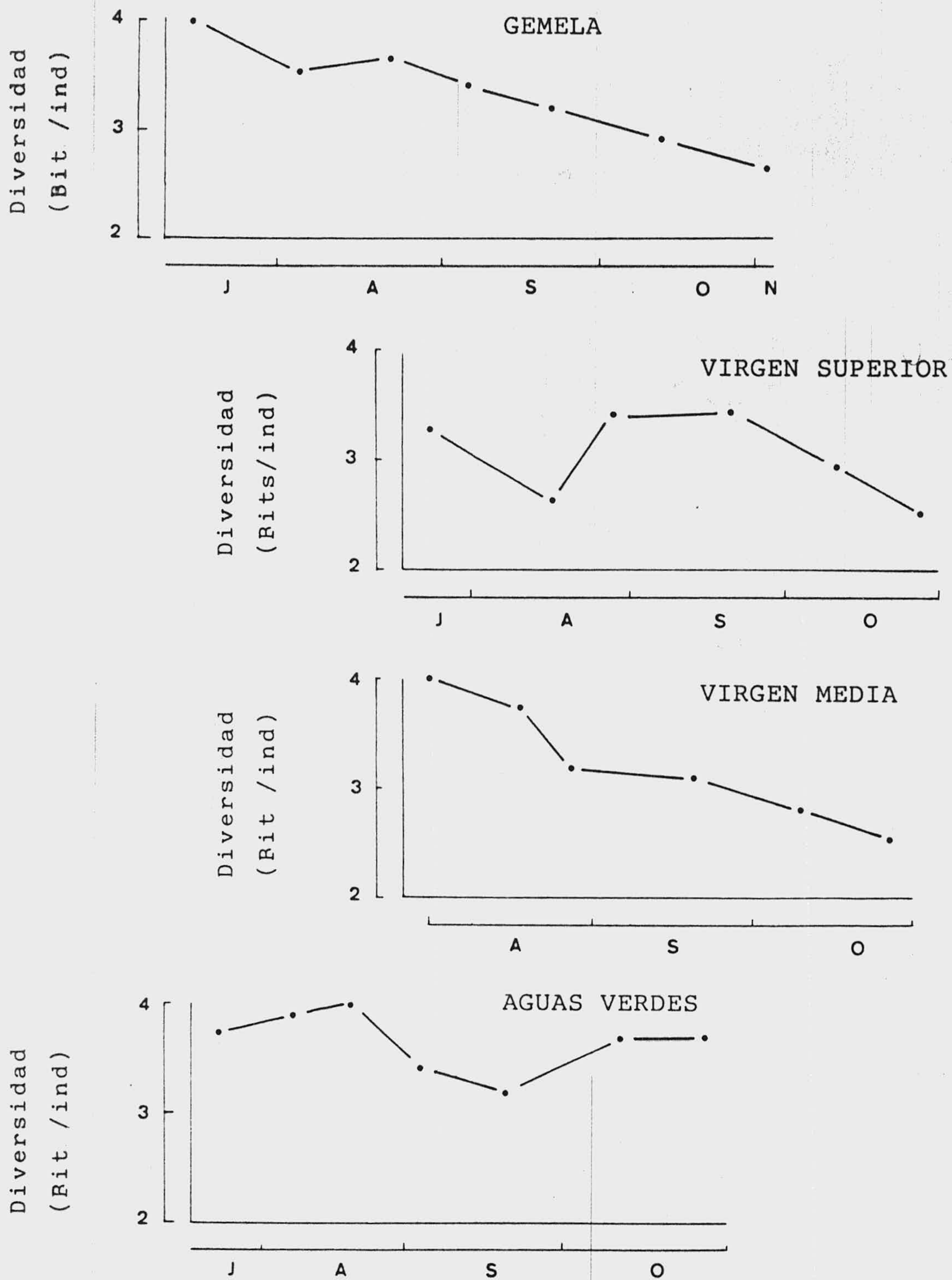


Figura 44.- Evolución de los Indices de Diversidad ( $H'$ ) a lo largo del periodo de estudio en las lagunas de Gemela, Virgen Superior, Virgen Media y Aguas Verdes.

### 7.1.3. Sucesión y estructura de la comunidad.

El concepto de sucesión es uno de los más usados, tanto en limnología como en cualquier otro campo de la ecología, y de los más difíciles de definir en forma concreta sin provocar discrepancias de opinión, como indica LEWIS (1978). Quizás una de las definiciones más generales, y por lo tanto aceptadas es la de MARGALEF (1968): "La sucesión se considera como la ocupación de un área por unos organismos implicados en un proceso incesante de acción y reacción que, con el tiempo, conduce a cambios tanto del ambiente como de la comunidad, sufriendo ambos una influencia y un ajuste recíprocos y continuos".

Los cambios en la sucesión en los lagos de la región templada presentan ciertas oscilaciones más o menos bruscas, pero en líneas generales siguen unas tendencias de comportamiento; sin embargo cuando se trata de explicar la sucesión en lagos de alta montaña, en los que la mayor parte de los procesos que provocan la cambios sucesionales se van a restringir a la época libre de hielo (4-6 meses), la interpre

tación de los numerosos procesos que influyen en la constitu  
ción de la comunidad, va a ser mucho más conflictiva, ya que  
todos estos procesos interactivos se aproximan mucho en el -  
tiempo y no proporcionan el suficiente periodo de relativa -  
estabilidad para intentar conocer sus causas.

La limnología como disciplina con un elevado de-  
sarrollo práctico ha dado lugar a gran cantidad de formulacio  
nes que nos permiten cuantificar de alguna manera los cambios  
que se producen en las comunidades planctónicas. Como ejemplo  
podemos mencionar los índices de diversidad, equitabilidad,  
dominancia, pigmentos etc. Pero la cuantificación de la suce  
sión en un índice más o menos sencillo no ha tenido un gran  
desarrollo; en este sentido podemos mencionar los trabajos -  
de WILLIAM & GOLDMAN (1975) y LEWIS (1978). Basándose ambos  
en relaciones de las proporciones numérica de las especies -  
que componen la comunidad, formulan diferentes índices de su  
cesión. Así WILLIAM & GOLDMAN (1975) cuantifican la tasa de  
sucesión mediante el cálculo del cambio de la contribución -  
relativa de cada una de las especies a la diversidad total,  
de esta forma y como indica LEWIS (1978), en la expresión re  
sultante se van a sobrestimar las tasas calculadas para aque-  
llos individuos que presentan mayor proporción en cada momen  
to, por lo que este índice lleva implícita una valoración de  
la importancia relativa de cada especie. Teniendo en cuenta  
este carácter LEWIS (1978) formula otro índice en el cual se  
considera a todas las especies con el mismo "peso específico"  
en el conjunto de la comunidad, en el cual se utiliza la bi  
masa medida en términos de individuos, de cada especie en re  
lación con el conjunto de la comunidad en un momento dado, -  
no considerando la contribución específica a la diversidad -

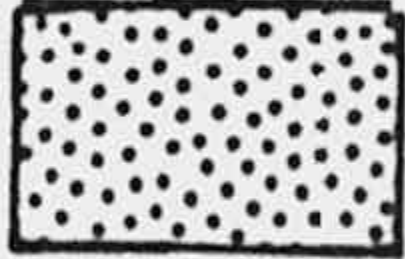
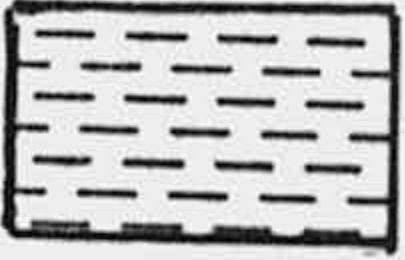

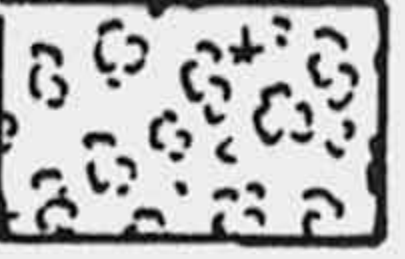
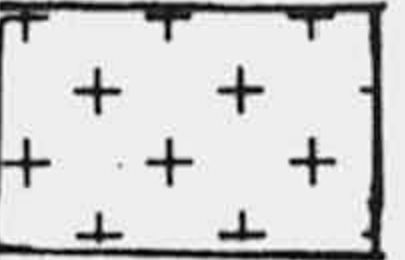
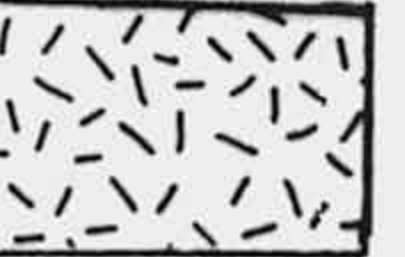


total, con lo que atribuye la misma categoría a cada componente de la comunidad. Este índice tiende a valores de cero cuando todas las especies cambian en la misma proporción.

Como norma general, en nuestro estudio, se puede considerar que el índice de sucesión, denominado de diferencia de las sumas (DS) por su autor, oscila entre valores de 0.01 y 0.19/día aunque en la mayoría de los casos las variaciones se establecen entre 0.02 y 0.07/día.

A continuación describimos la evolución de las poblaciones y de DS en las lagunas de Sierra Nevada.

#### Laguna de las Yeguas (Fig. 45)

Presenta un enorme cambio en su composición taxonómica durante los primeros muestreos, ya que en el primero la especie dominante es Chlamydomonas sp., se produce una situación intermedia y en el tercero esta especie desaparece y es Synedra rumpens la especie más abundante de la comunidad. El índice de sucesión entre los dos primeros muestreos es de 0.07 debido fundamentalmente a la brusca disminución de Chlamydomonas, así como a la aparición de una serie de especies durante el segundo muestreo, con un comportamiento que podemos calificar de transicionales, dado que en el tercer muestreo vuelven a desaparecer cuando Synedra rumpens domina la comunidad, originando esta serie de cambios entre los muestreos segundo y tercero, una tasa de sucesión de 0.19. En este momento S.rumpens contribuye con el 95% de los individuos de la comunidad y a la vez aparecen otra serie de táxones que se van a desarrollar en las mismas condiciones que S.rumpens como en el caso de Navicula radiosa. A partir de -

	C1. CYANOPHYCEAE
	C1. DINOPHYCEAE
	C1. EUGLENOPHYCEAE
	C1. CHRYSOPHYCEAE
	C1. DIATOMOPHYCEAE
	C1. CHLOROPHYCEAE + ULOTHRIXOPHYCEAE (excepto VOLVOCALES)
	O. VOLVOCALES
	C1. ZYGOPHYCEAE

Leyenda de la simbología utilizada en la representación de la estructura de la comunidad.

LAS YEGUAS

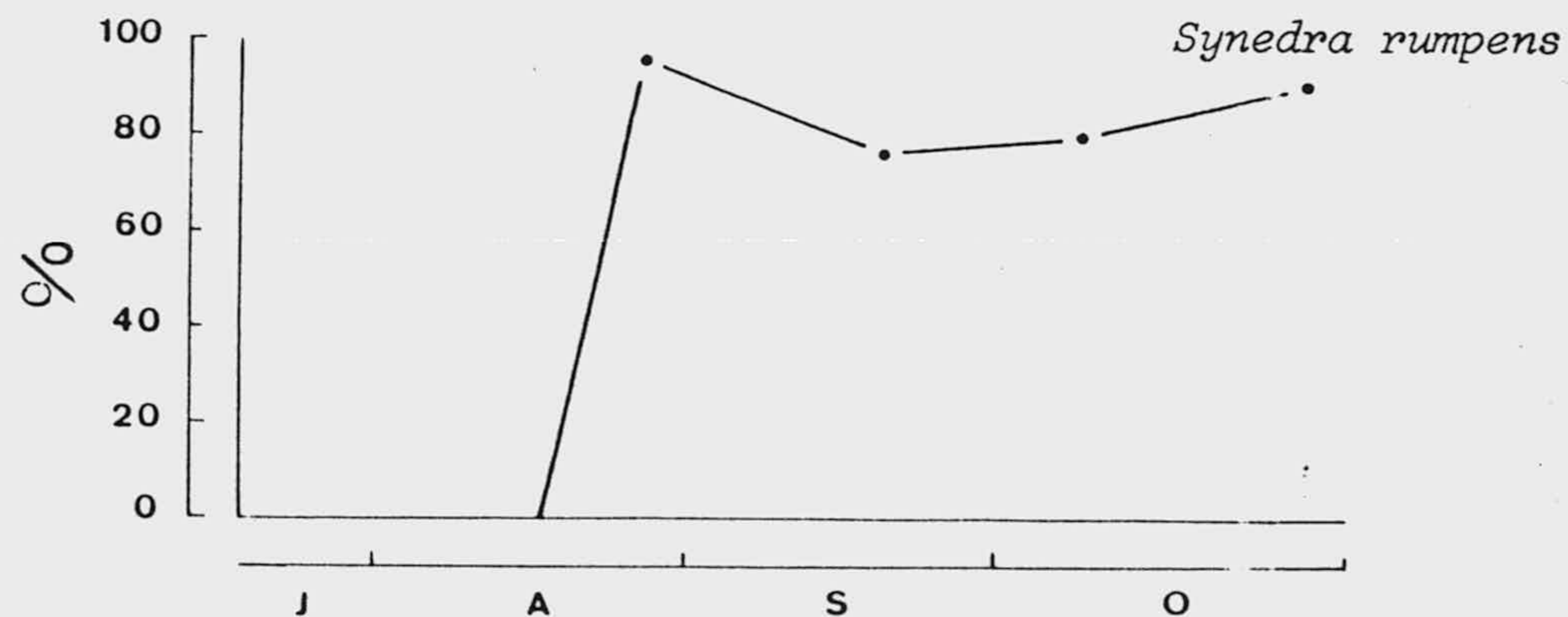
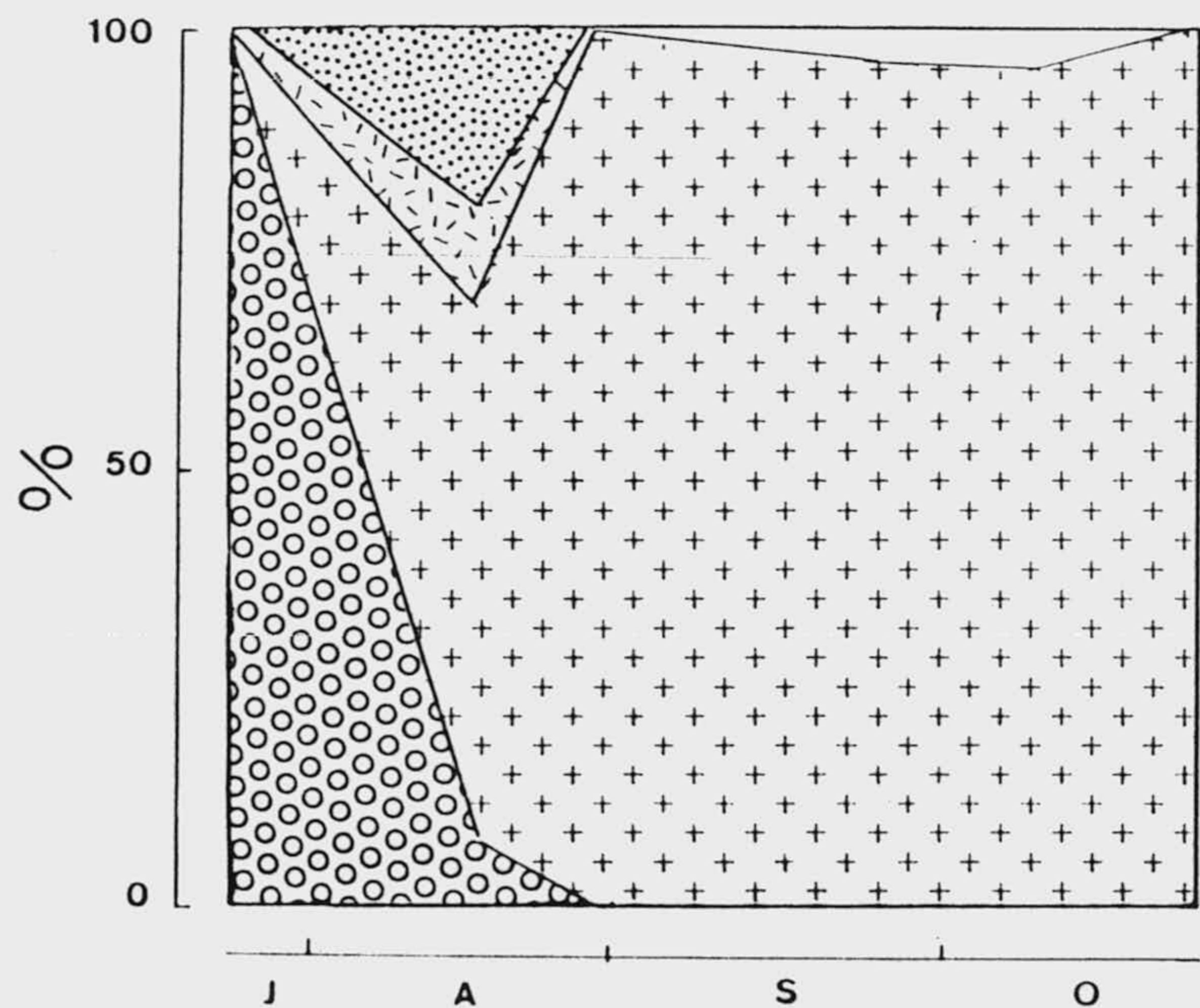
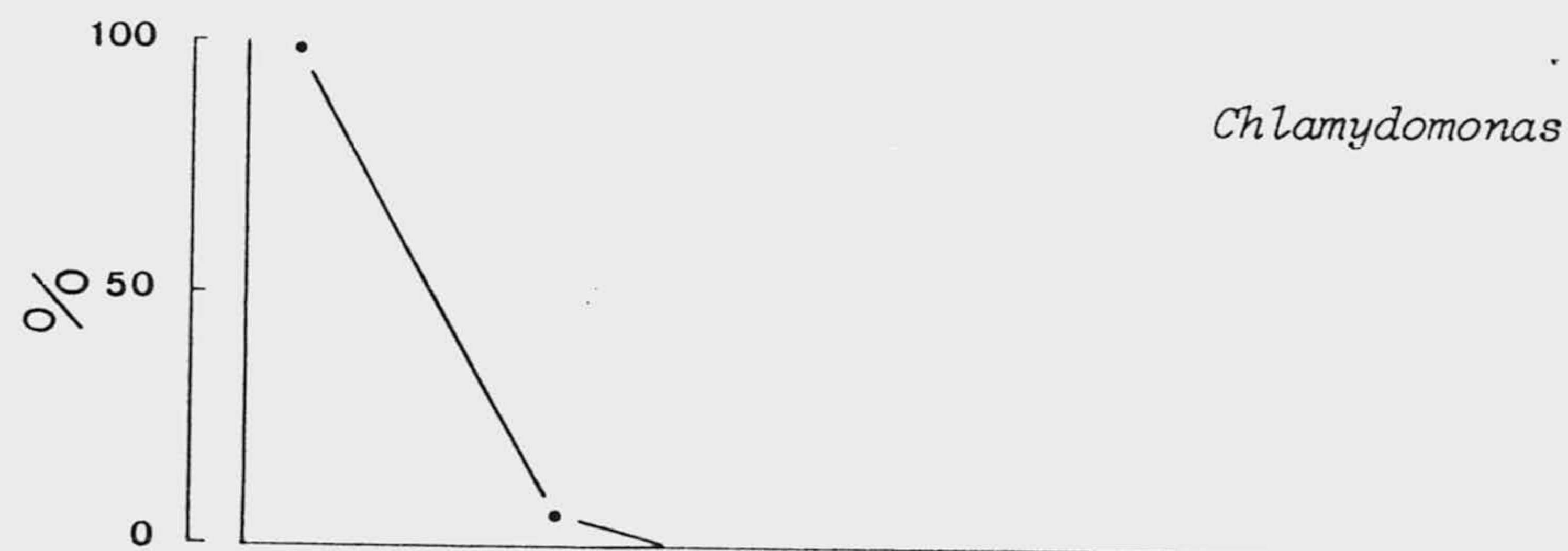
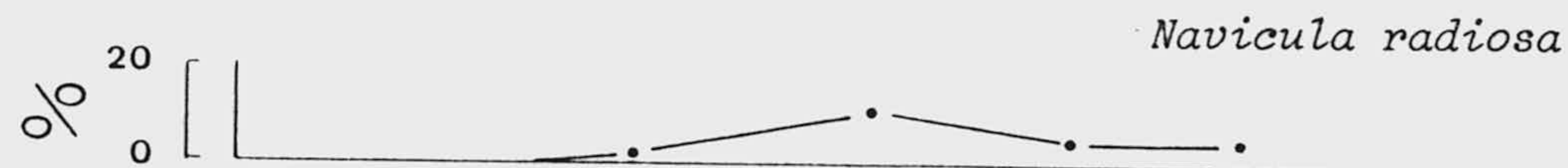
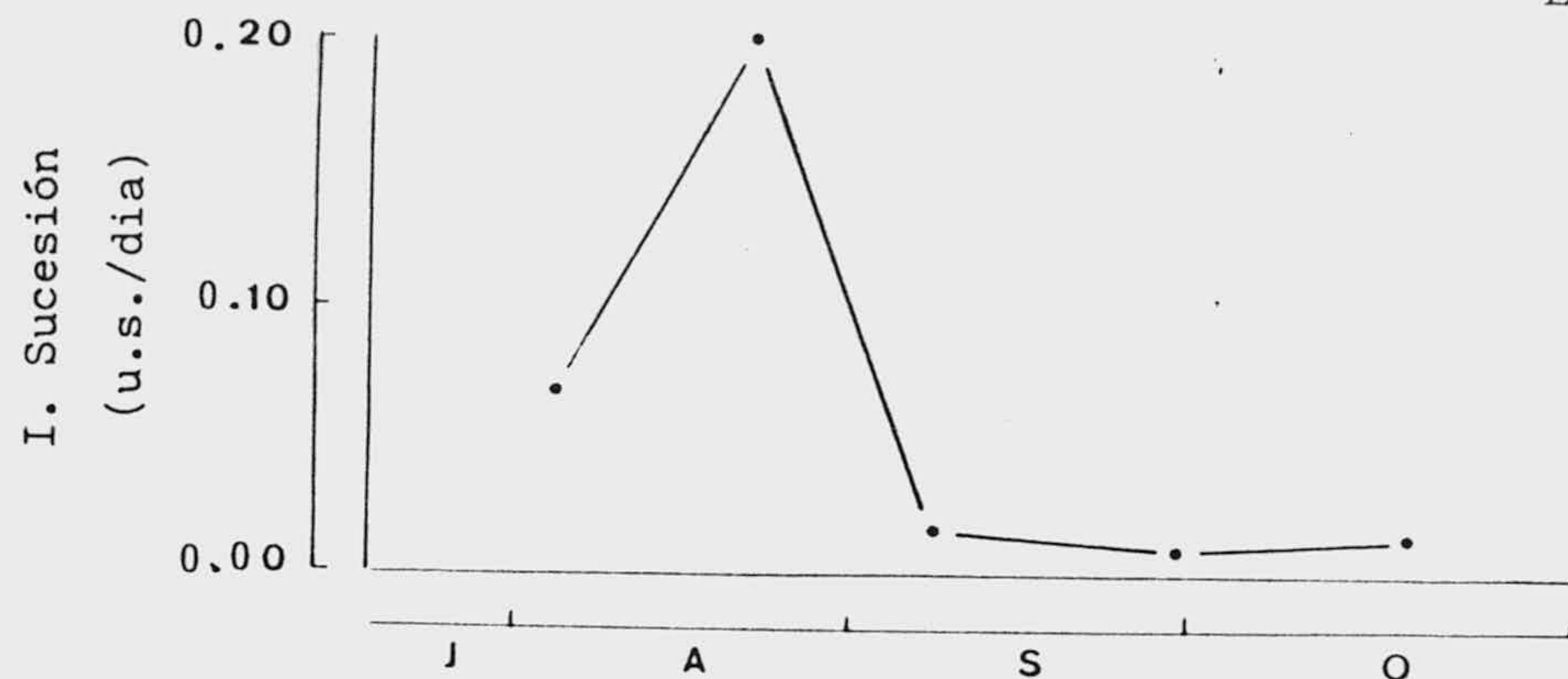


Figura 45.- Evolución del Índice de sucesión, estructura de la comunidad y de algunas especies en la laguna de Las Yeguas.

esta situación, que se va a mantener en líneas generales hasta final del ciclo, la tasa de sucesión baja drásticamente, situándose entre valores de 0.017 y 0.015, lo que nos indica una gran estabilidad de la comunidad durante este periodo.

Existen dos especies: Cymbella gracilis y Nostoc kihlmani que se presentan con cierta frecuencia a lo largo del ciclo, es de destacar que N.kihlmani aparece por primera vez cuando es crítica la concentración de nitratos, después de haberse desarrollado la población de Chlamydomonas, contribuyendo quizás a la reaparición de este compuesto en el medio. La primera etapa de la comunidad estaría marcada por la presencia, además de Chlamydomonas, de Oscillatoria planctónica y Fragilancia virescens. En la segunda es Navicula radiosa quien acompaña a Synedra rumpens, como ya se ha apuntado.

#### Laguna de Río Seco (Fig. 46 )

Muestra una evolución inicial muy semejante a la laguna de las Yeguas, presentando una tasa de sucesión entre los dos primeros muestreos de 0.08 y entre el segundo y el tercero de 0.13, por lo que es evidente que esta primera fase de la comunidad muestra una gran inestabilidad. El primer muestreo es el de más alto índice de diversidad, pensamos -- que esto es debido fundamentalmente al aporte hídrico superficial que recibe esta laguna y que da lugar a, que a especies típicamente planctónicas como Chlamydomonas cf. coniformis y Chromulina microplankton, se les unan otras litorales como Pinnularia viridis, Cylindrocystis brebissoni, Surirella tenera, etc. En el segundo muestreo ha cesado este aporte hídrico, por lo que se reduce considerablemente el número



de táxones procedentes del primero, de aquí el elevado índice de sucesión entre ambos: 0.08, siendo Oscillatoria planctónica la especie más abundante. Del segundo al tercer muestreo el nº de especies es muy semejante pero solo permanecen dos procedentes del anterior, este hecho junto a la aparición en elevado número de Korshikoviella gracilipes produce una elevada tasa de sucesión: 0.13. Podemos considerar que con la aparición de Korshikoviella gracilipes en su estadio clorangioides se inicia la fase más estable de la comunidad, de hecho del tercer al cuarto muestreo el índice de sucesión -- desciende a valores de 0.04, predominando las clorofíceas -- como constituyente mayoritario de la comunidad, entre los muestreos 3 y 6 su importancia relativa oscila entre valores de 77-97%. Es sumamente interesante seguir la evolución de K. gracilipes durante este periodo (Fig. 46 ), en el cual predomina la fase clorangioides, observándose los valores máximos -- para la fase ankiroides en el cuarto muestreo y detectándose durante el quinto elementos flagelados pertenecientes a este taxon; pensamos que dado el periodo del ciclo donde aparecen, deben corresponder a gametos masculinos, ya que a partir de este momento, la fase clorangioides desciende notablemente. -- Entre los muestreos 3-4, 4-5 y 5-6, las tasas de sucesión -- son bastante bajas y estables, estando comprendidas entre valores de 0.044 y 0.048. Tras este periodo de estabilidad en las poblaciones, entre los muestreos 6 y 7 la tasa de sucesión sube de nuevo hasta valores de 0.08, como consecuencia por una parte de la desaparición de la mayoría de las especies, presentes en anteriores periodos y por otra al notable cambio de la composición taxonómica de la comunidad, incrementándose notablemente la proporción de diatomeas del 12% -- en el anterior muestreo al 60% en este último.

RIO SECO

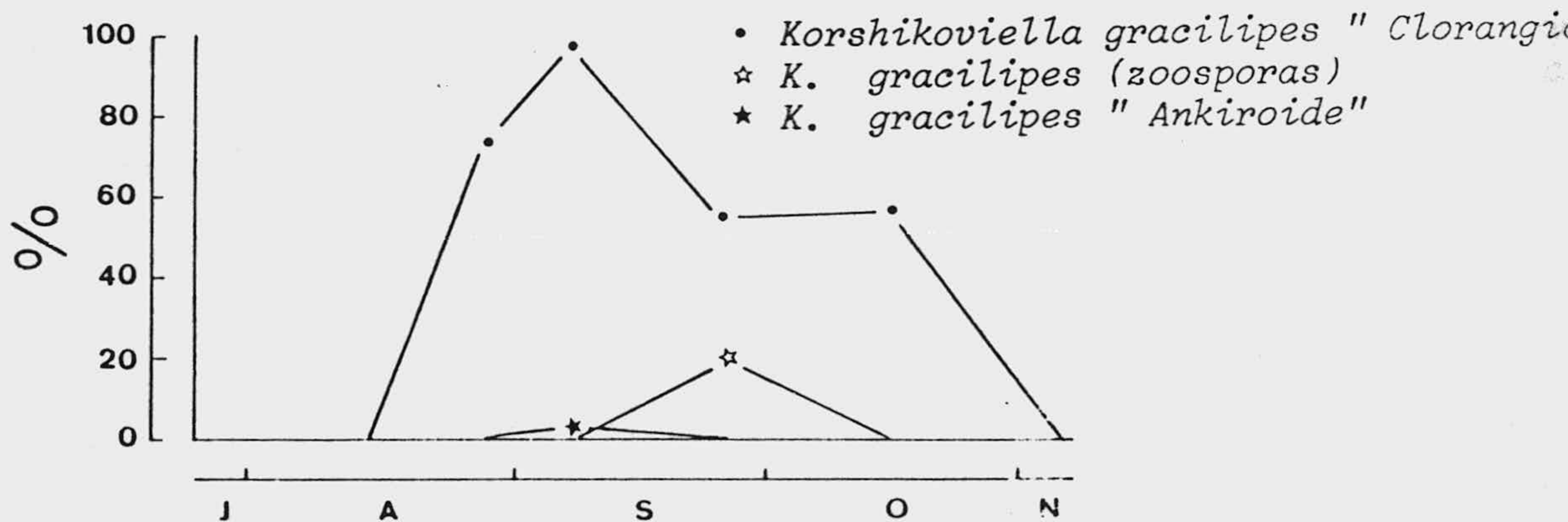
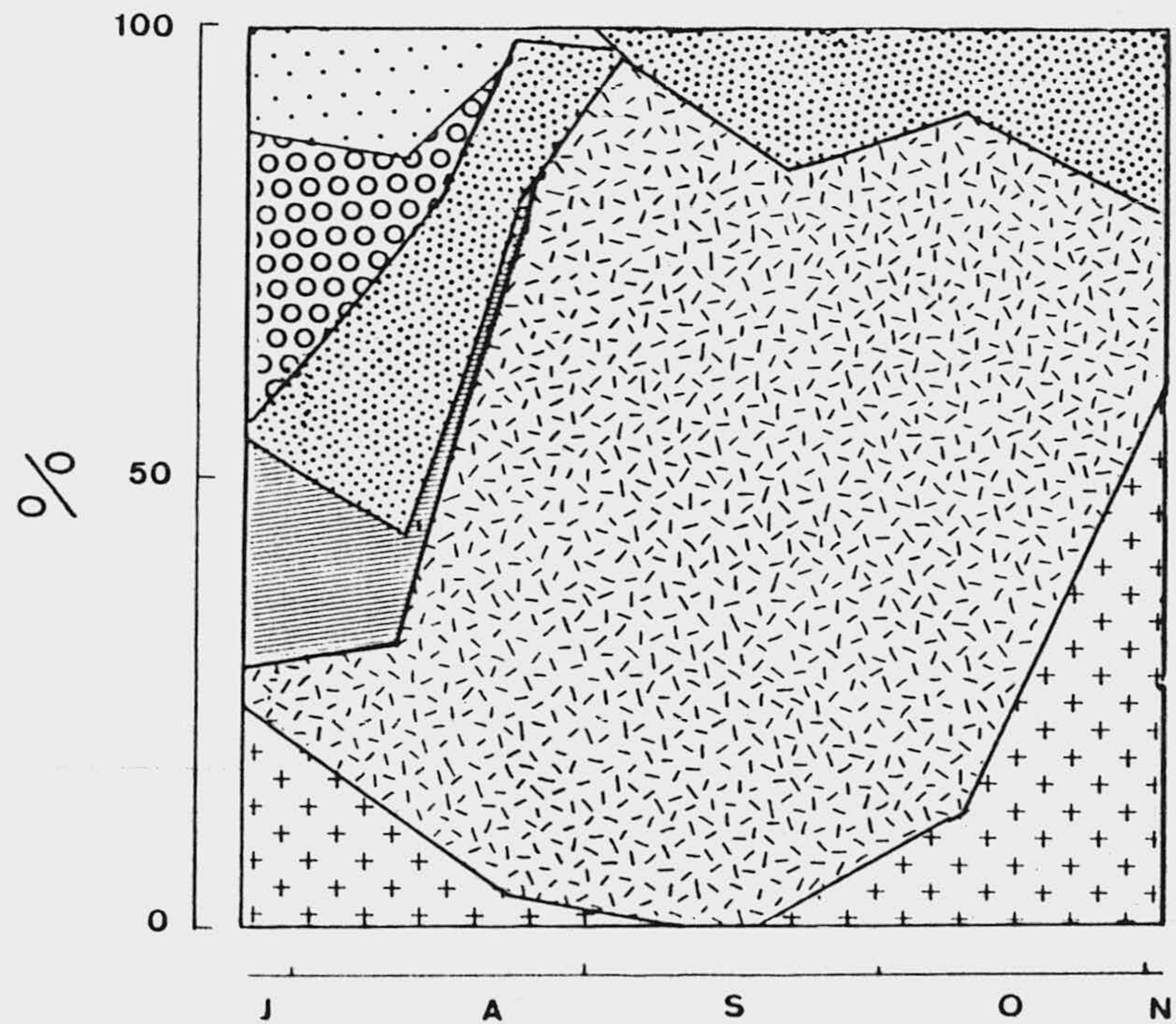
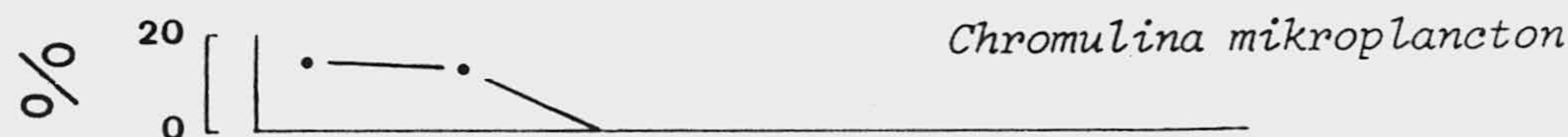
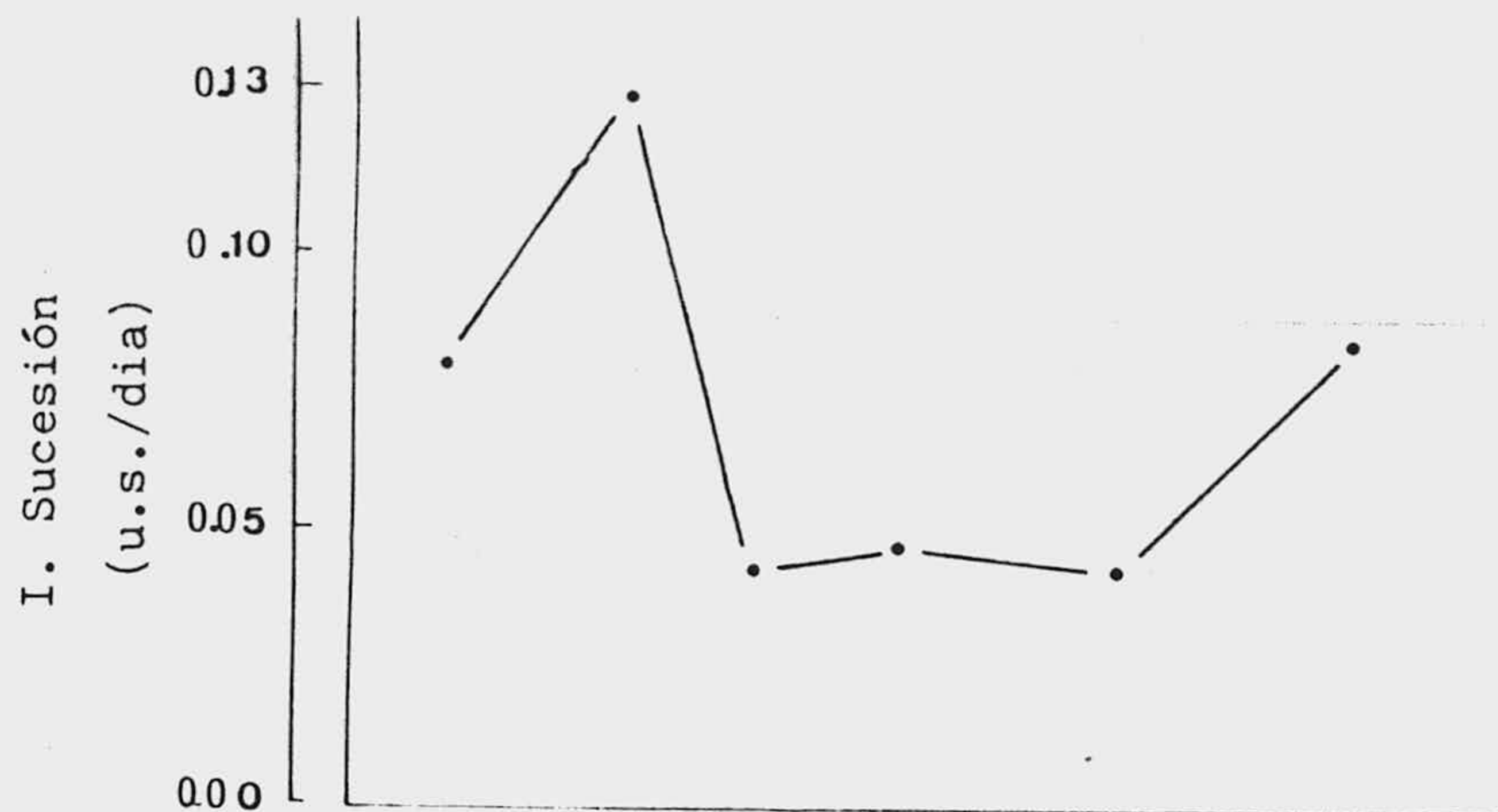


Figura 46.- Evolución del Índice de Sucesión, estructura de la comunidad y de algunas especies en la laguna de Río Seco.

En esta laguna se pueden considerar dos situaciones claramente diferenciadas en el tiempo, una inicial formada por Chromulina mikroplankton, Chlamydomonas cf. coniformis y Oscillatoria planctonica, que será sustituida por la más estable de Korshikoviella gracilipes casi hasta el final del ciclo observado.

#### Laguna de La Caldera (Fig. 47 )

Al igual que las dos anteriores, muestra una tasa de sucesión muy marcada al principio del periodo de estudio, pero a diferencia de estas, los fuertes cambios sucesionales se prolongan hasta mitad del ciclo.

Entre los dos primeros muestreos, el índice de sucesión es de 0.05 debido fundamentalmente a la desaparición o brusca disminución de una serie de pequeñas especies características de las primeras etapas de colonización tales como Achnanthes affinis, Diatoma hiemale, Nitzschia hantzschiana, etc. Entre el segundo y tercer muestreo el índice de sucesión alcanza un valor de 0.08. Pensamos que esto es debido fundamentalmente a que en el segundo muestreo aún no han aparecido, o lo han hecho en muy poca densidad, aquellas especies que van a dominar en el siguiente muestreo, tal es el caso de Oocystis lacustris y Oscillatoria planctonica. Es interesante señalar, que si bien la población en este momento está constituida por un 75% de Crisoficeas, de ellas el 62% son formas enquistadas, mientras que en el tercero se incrementan las formas vegetativas de Chromulina, la población de Oocystis lacustris va a alcanzar su máximo desarrollo, Oscillatoria planctonica va a desarrollar un pequeño pico, y apa

recen por primera vez en la laguna algunos individuos de Cyanarcus sp. Del tercer al cuarto muestreo la situación cambia por completo, la tasa de sucesión es la más elevada de las observadas en la laguna, con un valor de 0.11, este fuerte incremento se debe fundamentalmente a la gran disminución de Oocystis lacustris, desaparición de Oscillatoria planctonica así como de otra serie de especies, y fundamentalmente a la gran explosión de Cyanarcus sp. (Fig. 47 ). Es de destacar que además de Cyanarcus sp. aparece en este muestreo, en cantidad relativamente importante Chromulina cf. rossanofi. Las cianofíceas constituyen en este momento el 87% de la población total. En las dos lagunas comentadas con anterioridad, los periodos de dominancia tanto por parte de Synedra rum-pens en las Yeguas, como por Korshikoviella gracilipes en Río Seco, llegaban al menos a ocupar la mitad del ciclo de estudio; el caso de Cyanarcus sp. en La Caldera es diferente, ya que sólo se mantiene durante un corto periodo de tiempo. Hemos de señalar que en los estudios llevados a cabo en la zona pelágica de esta laguna por MARTINEZ (1975), como antes hemos apuntado, se observa una clara segregación tanto espacial como temporal entre las poblaciones de Chromulina mikroplankton, desarrollándose al principio del ciclo, con su máxima densidad a partir de cinco metros, y de Cyanarcus sp. que desarrolla su máximo poblacional en Septiembre y en las capas más superficiales. En nuestro estudio, si bien se aprecia esta segregación temporal (Fig. 47 ), Chromulina mikroplankton nunca llega a dominar la comunidad.

La comunidad fitoplanctónica litoral de La Caldera se puede considerar, en principio, dominada claramente por una sola población que se desarrolla a final del ciclo, cons

tituida fundamentalmente por Cyanarcus sp., aunque el máximo de Oocystis lacustris que se produce en el tercer muestreo, acompañado por incrementos en las poblaciones de Oscillatoria planctonica, Chromulina mikroplankton y Chromulina cf. rossanofi (Fig. 47) podría constituir un pequeño máximo poblacional que es sustituido rápidamente por Cyanarcus sp., como indica la alta tasa de sucesión entre los muestreos 3 y 4.

#### Laguna de Aguas Verdes (Fig. 48)

Mantiene, a lo largo de todo el periodo de estudio unas altas tasas de sucesión. Entre el primer y el segundo muestreo esta se sitúa en un valor de 0.079, debido fundamentalmente a que en éste último muestreo se incrementa notablemente el número de especies. Entre los siguientes muestreos (2º y 3º), la tasa de sucesión alcanza valores de 0.11, pero sin llegar a ser dominada la comunidad por ningún taxon en particular, aunque en el tercer muestreo las desmidiaceas llegan a constituir el 31.6% del total de los individuos, representadas fundamentalmente por especies de los géneros Cosmarium y Staurastrum. Del tercer al cuarto muestreo la tasa de sucesión disminuye ligeramente, hasta un valor de 0.086. En el cuarto la comunidad está constituida fundamentalmente por diatomeas, que representan el 62% de los individuos, -- siendo Cymbella venticosa y Achnanthes affinis las dos especies mas abundantes. Entre los muestreos cuatro y cinco se mantiene una tasa de cambio bastante semejante a la anterior: 0.084, la cual se puede explicar en base a dos hechos, por una parte debido a la desaparición de táxones que en otras lagunas sólo se encuentran presentes en las primeras fases de la suceisión, tales como Achnanthes affinis, Diatoma hie-

AGUAS VERDES

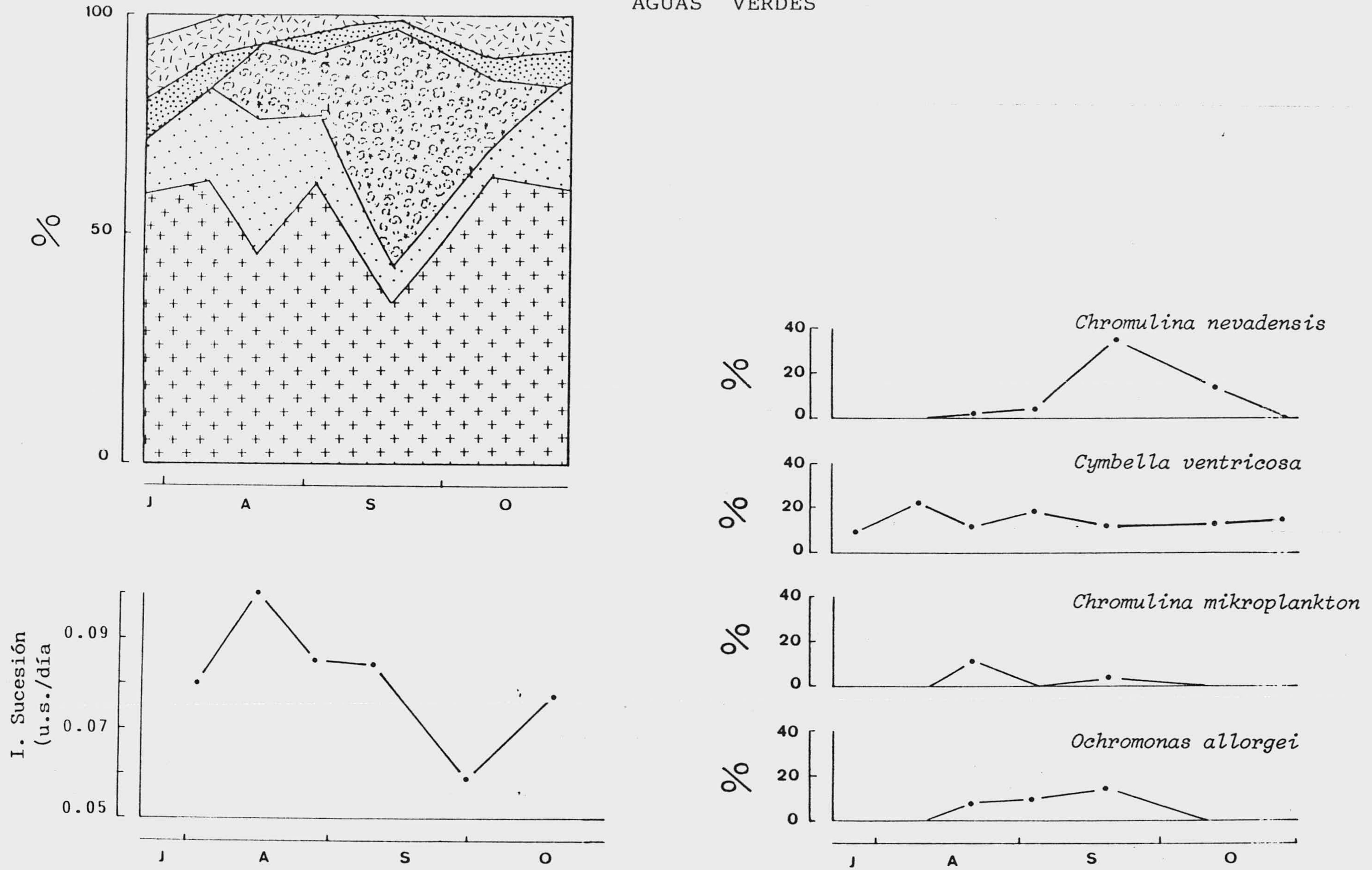


Figura 48.- Evolución del Índice de Sucesión, estructura de la comunidad y de algunas especies en la laguna de Aguas Verdes.

male, Fragilaria pinnata, Gomphonema lanceolatum, etc. y por otra por el incremento de Chromulina nevadensis (Fig. 48 ). Entre los muestreos quinto y sexto se registra la tasa de sucesión más baja de todo el periodo: 0.059, aunque en líneas generales la comunidad no varía mucho, tal vez se deba a la reaparición de parte de los taxones que habían desaparecido entre los muestreos cuatro y cinco, como consecuencia probablemente de la reanudación de las precipitaciones en Septiembre y por lo tanto del nuevo aporte hídrico superficial, ya que la mayoría de estas especies son ticoplanctónicas, procedentes de las comunidades briofíticas litorales. Del mismo modo en este periodo disminuye considerablemente la población Chromulina nevadensis. Entre los dos últimos muestreos (6 y 7), la situación se hace muy semejante al principio del ciclo observándose un incremento en la tasa de sucesión: 0.077, desapareciendo la mayor parte de las especies planctónicas y subiendo el porcentaje de desmidiáceas.

Podemos considerar que esta laguna presenta una composición taxonómica en la cual las diatomeas dominan todos los muestreos (Fig. 48 ) y sólo en uno, cuando se produce el máximo poblacional de Chromulina nevadensis, dejan de ser mayoritarias (36%).

#### Laguna de Río Seco Superior (Fig. 49 )

Esta laguna presenta una composición florística bastante reducida, presentando unas tasas de sucesión altas entre los tres primeros muestreos. Concretamente, entre el primero y el segundo, su valor se sitúa en 0.1 al pasarse de una situación en la que la comunidad está dominada por Achanthes affinis a otra en la cual todas las especies presentar

una densidad muy semejante. Hemos de destacar que desde el principio del periodo de estudio se encuentra presente el -- taxon Korshikoviella gracilipes en su fase clorangioides. -- Entre los muestreos dos y tres se define claramente la especie "directriz" de la comunidad: K.gracilipes apareciendo -- también en su fase ankiroide, la tasa de sucesión se eleva a 0.13, representando las dos fases el 84% del total de los individuos de la comunidad en esta situación. Entre los muestreos tercero y cuarto el índice de sucesión baja drásticamente hasta situarse en un valor de 0.02. En este momento, (4º muestreo) la comunidad sigue dominada por las fases clorangioides y ankiroide de K.gracilipes que constituyen el 79% -- del total y el resto de especies presentes son las mismas que en el muestreo precedente, diferenciándose solo en tres taxones que aparecen con muy poca densidad. Entre los muestreos cuatro y cinco de nuevo el índice de sucesión se eleva considerablemente: 0.07, debido fundamentalmente a la desaparición de algunas especies y a la fuerte disminución que sufre la población de K.gracilipes en sus dos fases. Solo es de comentar en el quinto muestreo la aparición de Cyclotella ocellata y de quistes de crisofíceas. Entre los dos últimos muestreos también es alta la tasa de sucesión: 0.074, donde se pasa de una situación en la cual las distintas especies están representadas de forma equitativa a otra en la que solo una: Cyclotella ocellata constituye el 95% de la comunidad.

Esta laguna presenta a principio y final de ciclo unas poblaciones dominadas fundamentalmente por diatomeas, -- en las que a excepción del último muestreo no predomina ninguna especie. En la parte central del periodo de estudio es Korshikoviella gracilipes quien domina la comunidad, pero --



RIO SECO SUPERIOR

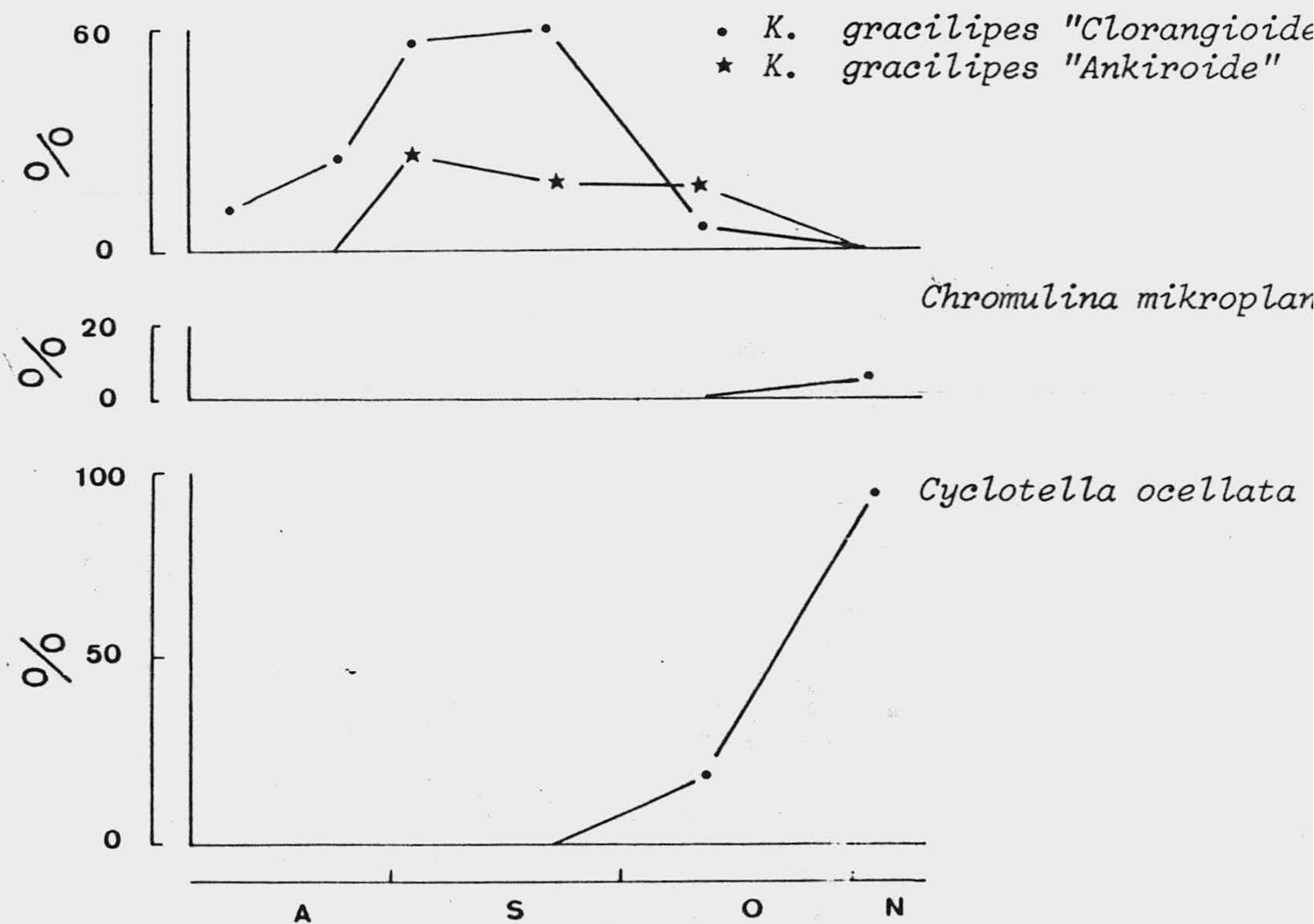
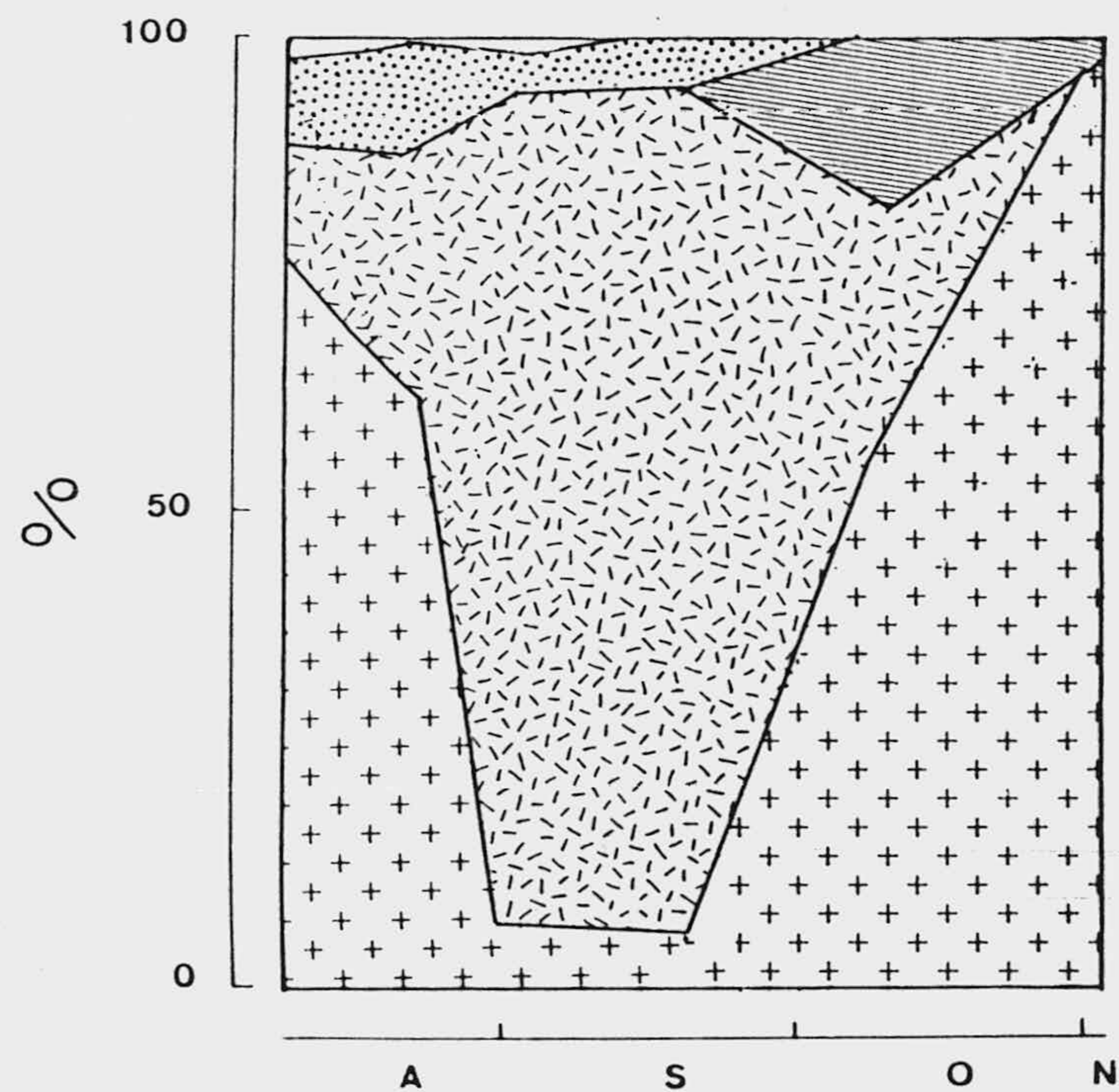
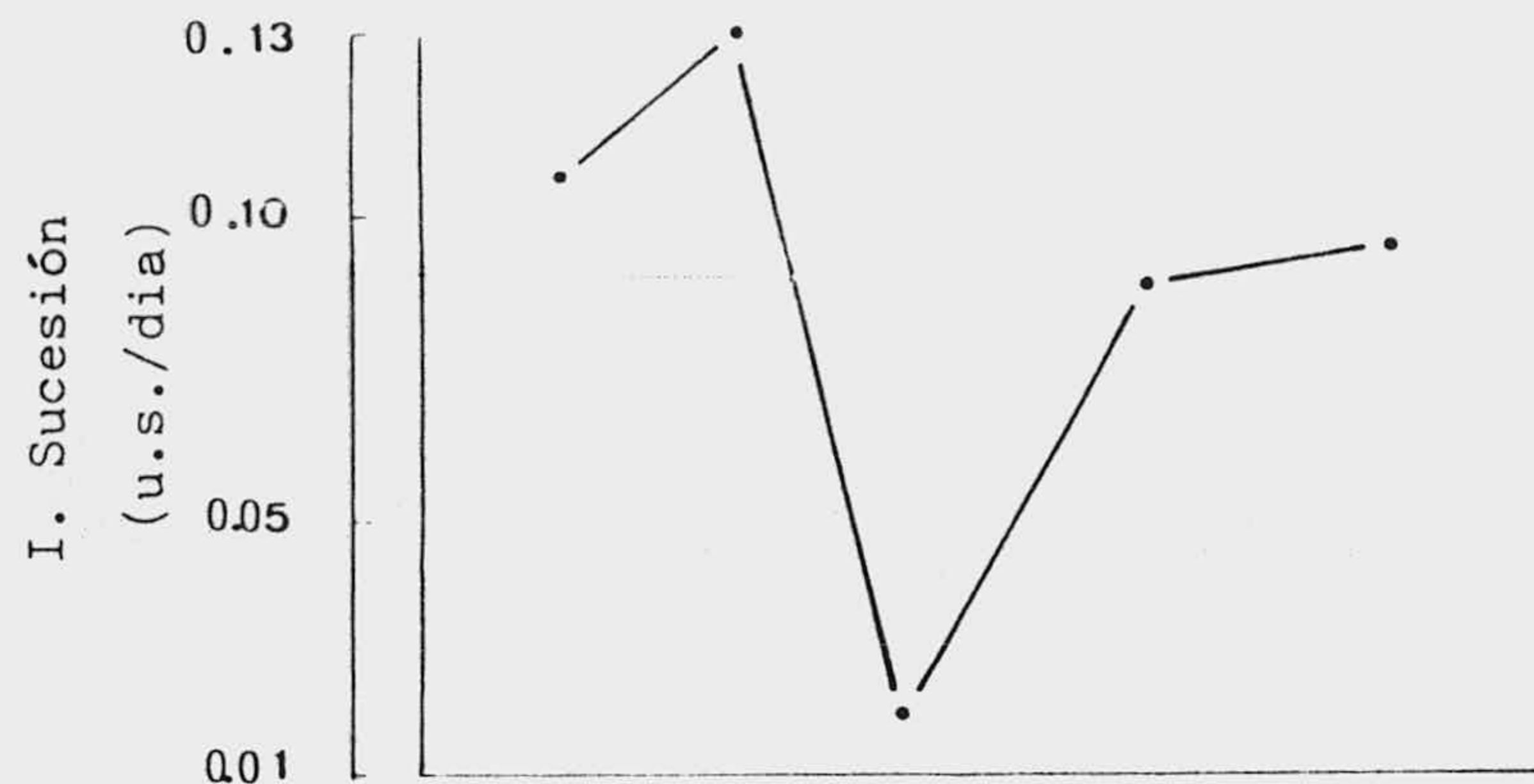


Figura 49.- Evolución del Índice de Sucesión, estructura de la comunidad y de algunas especies de la laguna de Rio Seco Superior.

permaneciendo estable muy poco tiempo, como lo demuestra el hecho de que solo entre dos etapas de la comunidad el índice de sucesión presenta un valor bajo: 0.02.

#### Laguna de Río Seco Inferior (Fig. 50 )

Esta pequeña laguna presenta unos índices de sucesión muy elevados a lo largo del ciclo de estudio, iniciándose con un valor de 0.09 entre los dos primeros muestreos. En el primero la comunidad está formada por un escaso número de especies, aunque con un número de individuos más o menos semejante, mientras que en el segundo, la diversidad aumenta, si bien una especie: Korshikoviella gracilipes empieza a dominar la comunidad, fundamentalmente en su fase ankiroide. Del segundo al tercer muestreo el índice de sucesión se eleva hasta valores de 0.12, debido por una parte a la disminución del número de especies y por otra a que K.gracilipes en su fase clorangioides sustituye a la fase ankiroide como componente mayoritario. A partir de aquí y entre el tercer y cuarto muestreo el índice de sucesión registra su valor más bajo: 0.08, pero elevado en valores absolutos, debido a que aunque la fase clorangioides sigue siendo predominante, aumenta más del doble su número de individuos y a la desaparición de buena parte de las especies anteriores, quizás como anticipo del cambio que sufrirá la comunidad en la siguiente etapa. Entre los dos últimos muestreos la tasa de sucesión se eleva a 0.1 ya que se produce un cambio total en la estructura de la comunidad. K.gracilipes disminuye drásticamente y es una especie de Euglena: E.spirogyra la más abundante en esta etapa, contribuyendo con el 49.2% del total de los individuos de la comunidad.

RIO SECO INFERIOR

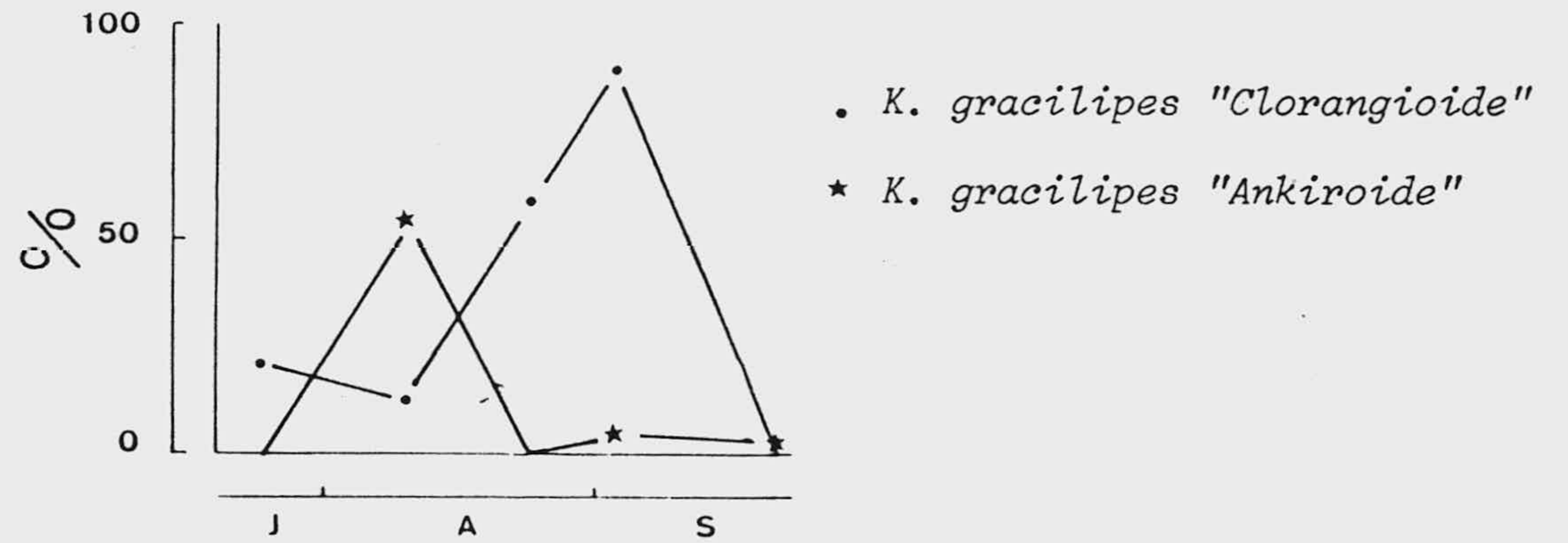
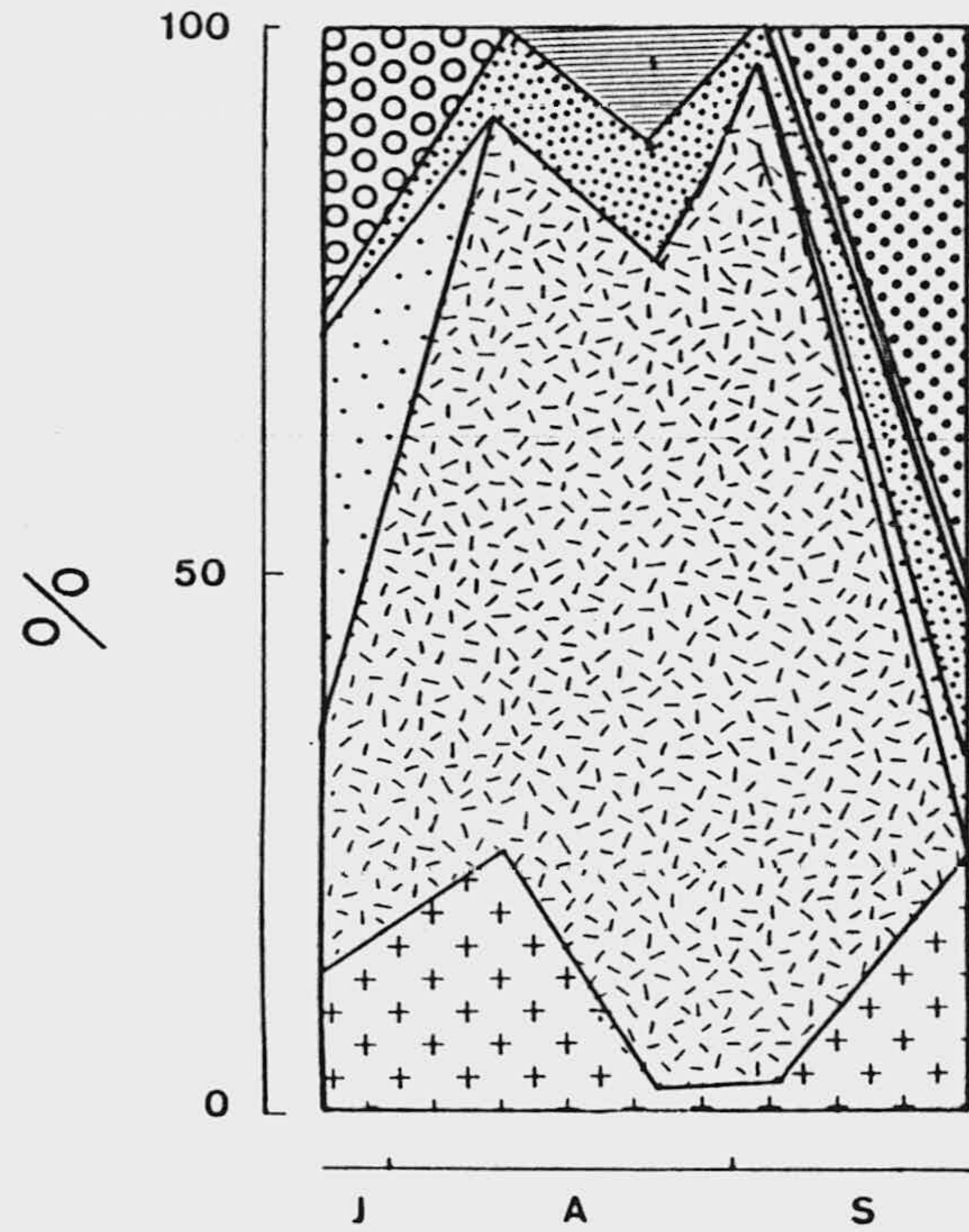
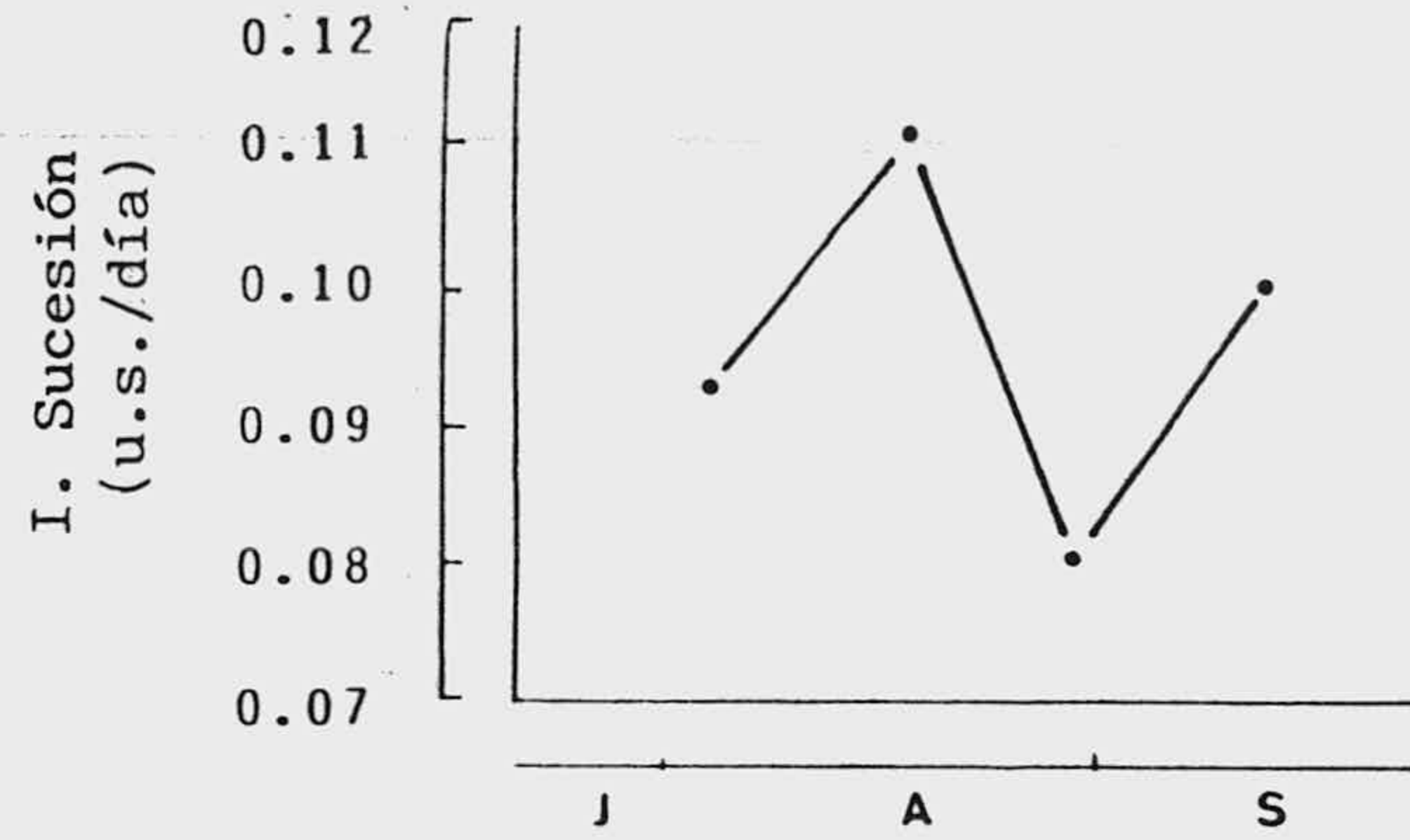


Figura 50.- Evolución del Índice de Sucesión, estructura de la comunidad y de algunas especies en la laguna de Rio Seco Inferior.

Esta laguna presenta una composición taxonómica muy variada (Fig. 50 ) en sus primeras etapas, estando formada casi a partes iguales por Volvocales, Desmidiaceas, Clorofíceas y Diatomeas, siendo más uniforme hacia el centro del periodo cuando las clorofíceas constituyen entre el 68 y 93% del total y sólo en el último periodo las euglenofíceas constituyen un porcentaje importante: 49%.

#### Laguna Gemela (Fig. 51 )

Presenta una comunidad que cambia progresivamente a lo largo del tiempo pero sin presentar bruscas oscilaciones en su estructura poblacional, que va a estar dominada preferentemente por clorofíceas (Fig. 51 ). La tasa más alta de sucesión se presenta entre los dos primeros muestreos, con un valor cercano a 0.09. Es una situación que se nos repite en la mayoría de las lagunas y está causada, en aquellas que presentan amplias zonas de borreguiles, como es éste caso, por el aporte hídrico superficial que reciben en el periodo de deshielo el cual arrastra especies procedentes de los prados inundados tales como Chroococcus turgidus. En el segundo muestreo, las principales variaciones son debidas por una parte a la desaparición de las especies ticoplanctónicas antes comentada y por otra a la aparición de Chlorangiella pygmea que en sus dos fases representan el 40% de la comunidad y el gran incremento que se observa en la población de Ankistrodesmus falcatus. Del segundo al tercer muestreo el índice de sucesión se sitúa en un valor de 0.07, debido fundamentalmente a los siguientes hechos: disminución de las poblaciones de Chlorangiella pygmea, y de Ankistrodesmus falcatus, e incrementos de las de Oocystis lacustris, Scenedesmus pseudohys

GEMELA

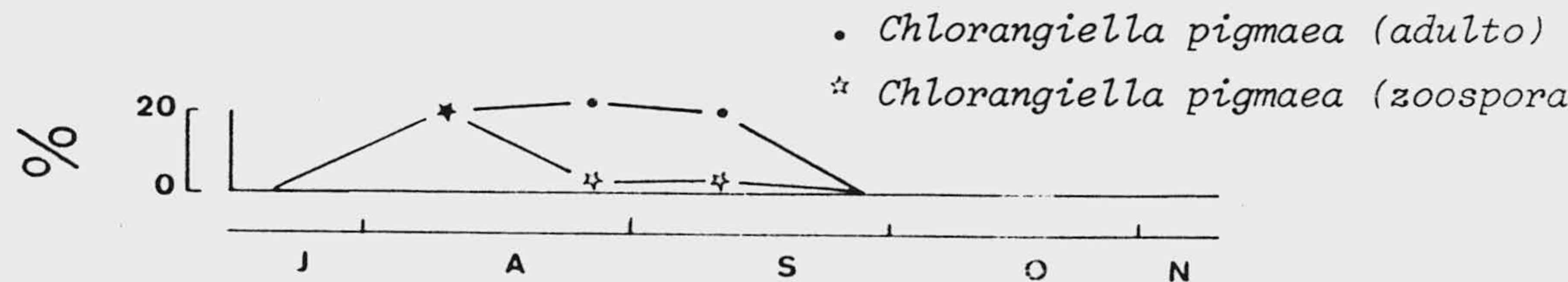
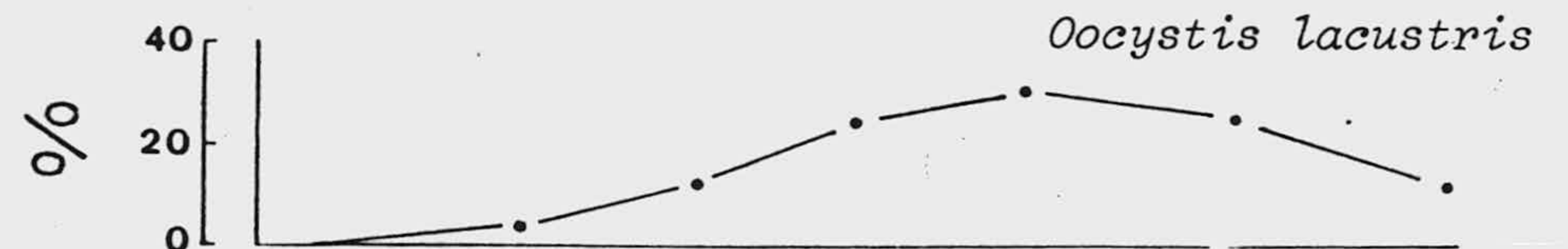
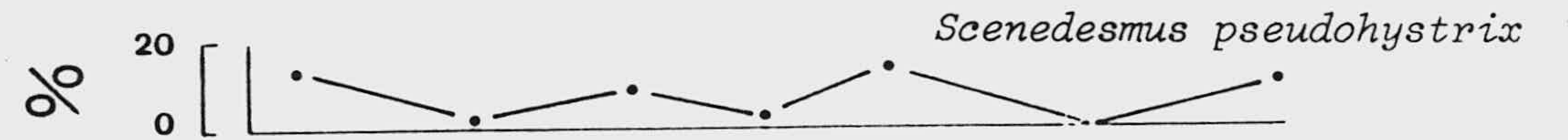
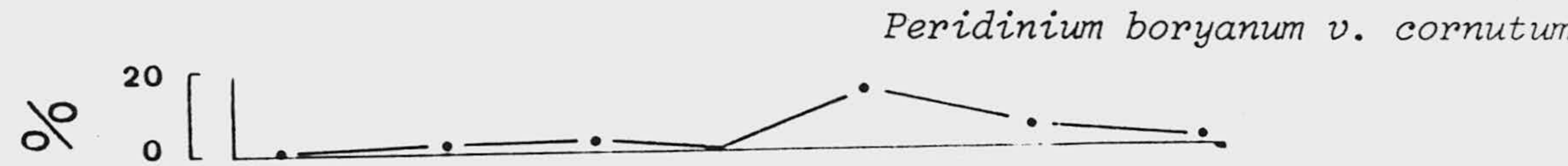
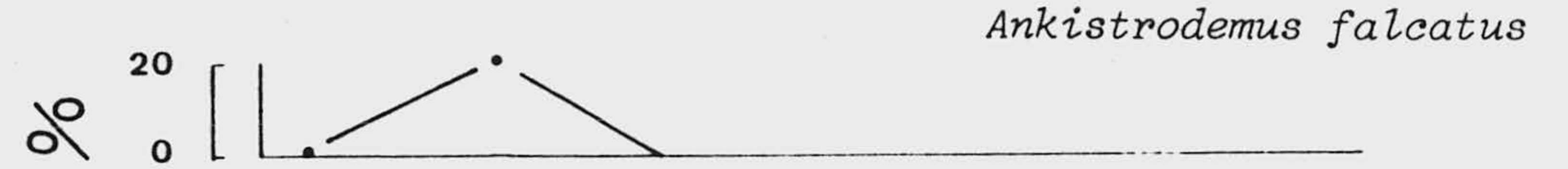
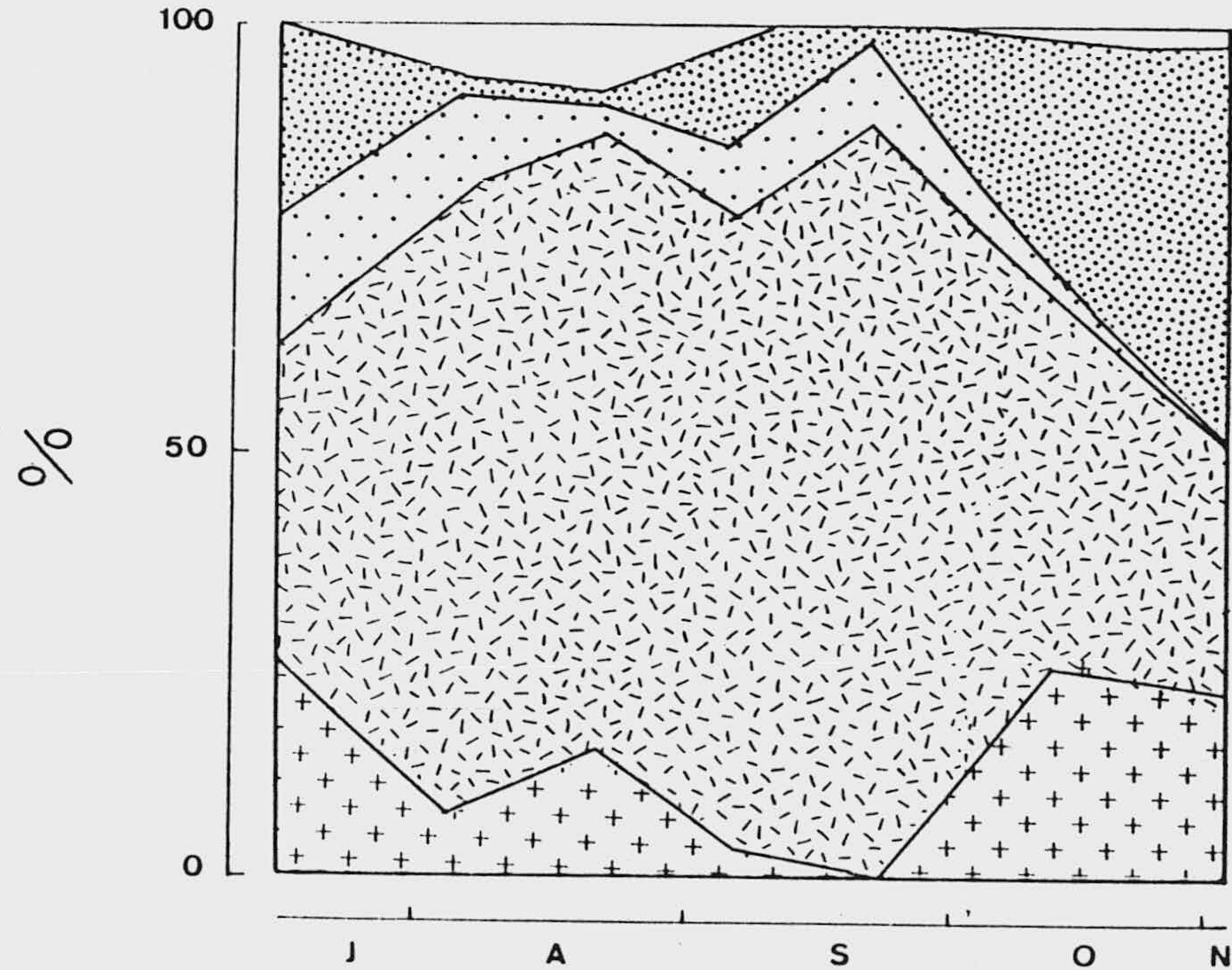
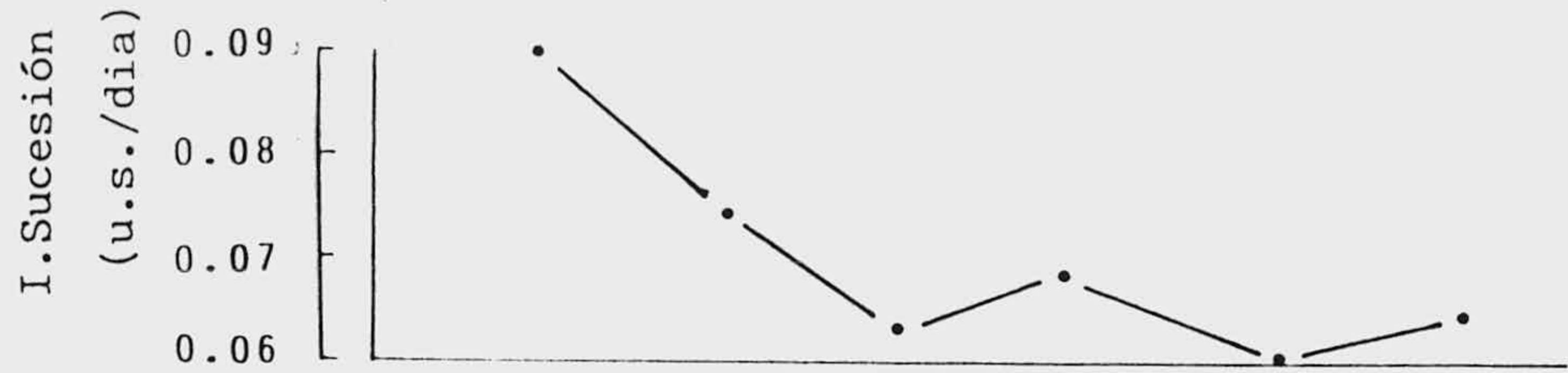


Figura 51.- Evolución del Índice de Sucesión, estructura de la comunidad y de algunas especies de la laguna de Gemela.

trix y Pediastrum boryanum. Entre los muestreos 3 y 4 el índice de sucesión toma un valor de 0.06, debido fundamentalmente a la sustitución de algunas especies poco importantes y al incremento de otras que ya estaban presentes en anteriores muestreos, finalmente Tetraspora lemmermanni. Desde esta situación hasta el final del periodo las tasas de sucesión van a variar en todos los casos entre 0.06 y 0.07, lo que nos indica que la comunidad va a permanecer relativamente estable hasta el final, siendo Oocystis lacustris (Fig.51) la especie más abundante en todos los muestreos a excepción del último donde Synechococcus maior obtiene su máximo poblacional, constituyendo el 45% de la comunidad.

Se puede considerar la comunidad fitoplanctónica de la laguna Gemela dominada a lo largo de todo su ciclo por algas verdes, entre las que se pueden destacar Scenedesmus pseudohistrix, Oocystis lacustris y Pediastrum boryanum y, en sus primeros estadios, por Chlorangiella pygmaea, siendo la cianoficea Synechococcus maior la que alcanza mayor proporción en el último muestreo.

#### Laguna de Majano (Fig. 52 )

Constituye el único caso, entre nuestras lagunas en el que las algas filamentosas pasan a ser un elemento dominante de la zona planctónica. Presenta un índice de sucesión de 0.09 entre los dos primeros muestreos, debido fundamentalmente a la desaparición de una serie de determinadas especies presentes en el primero, a los bruscos cambios en las poblaciones de Oocystis solitaria y Oscillatoria amoena y a la aparición, en el segundo muestreo, de la población de Staurastrum punctulatum que constituye el 48% de la comunidad. Del

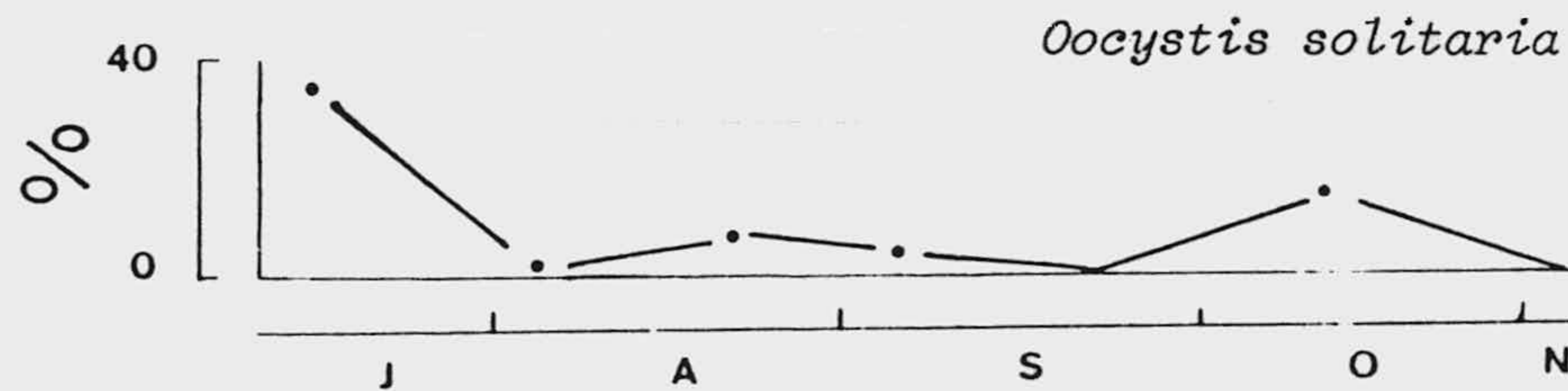
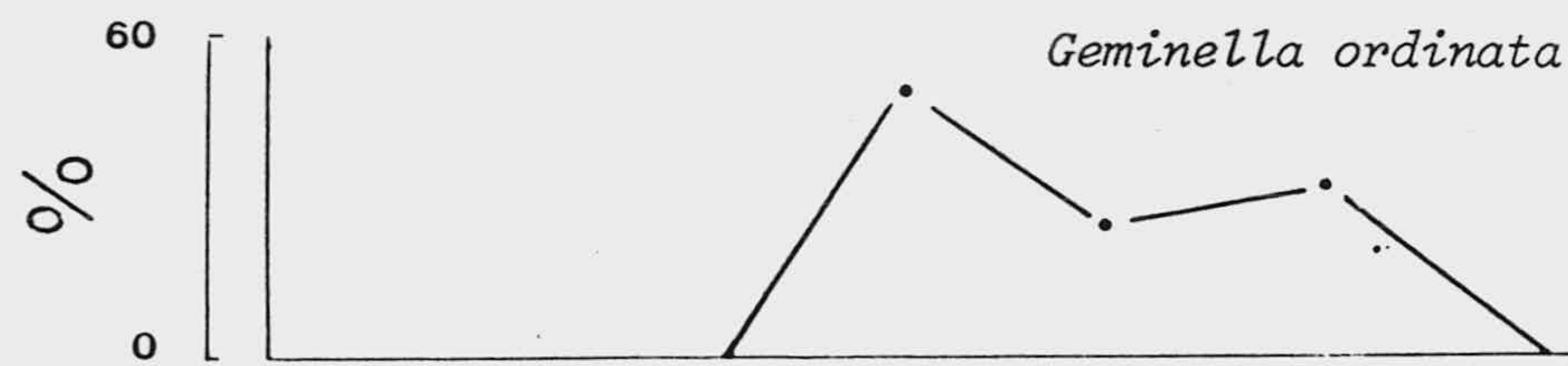
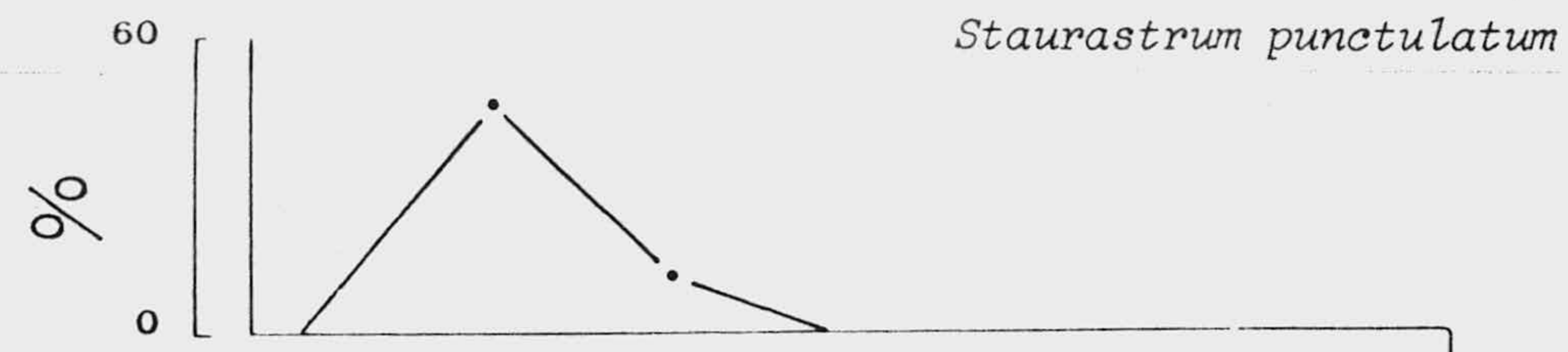
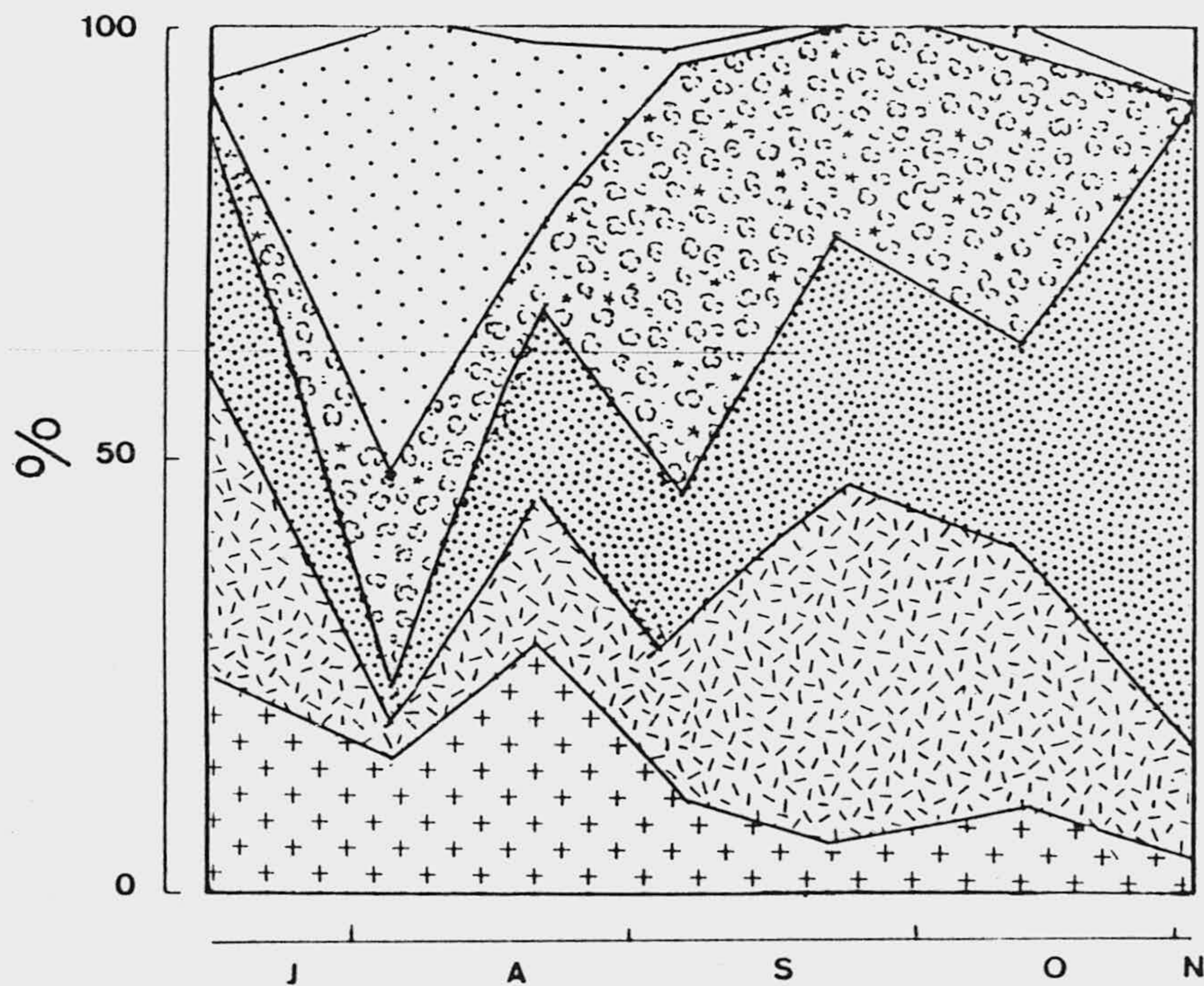
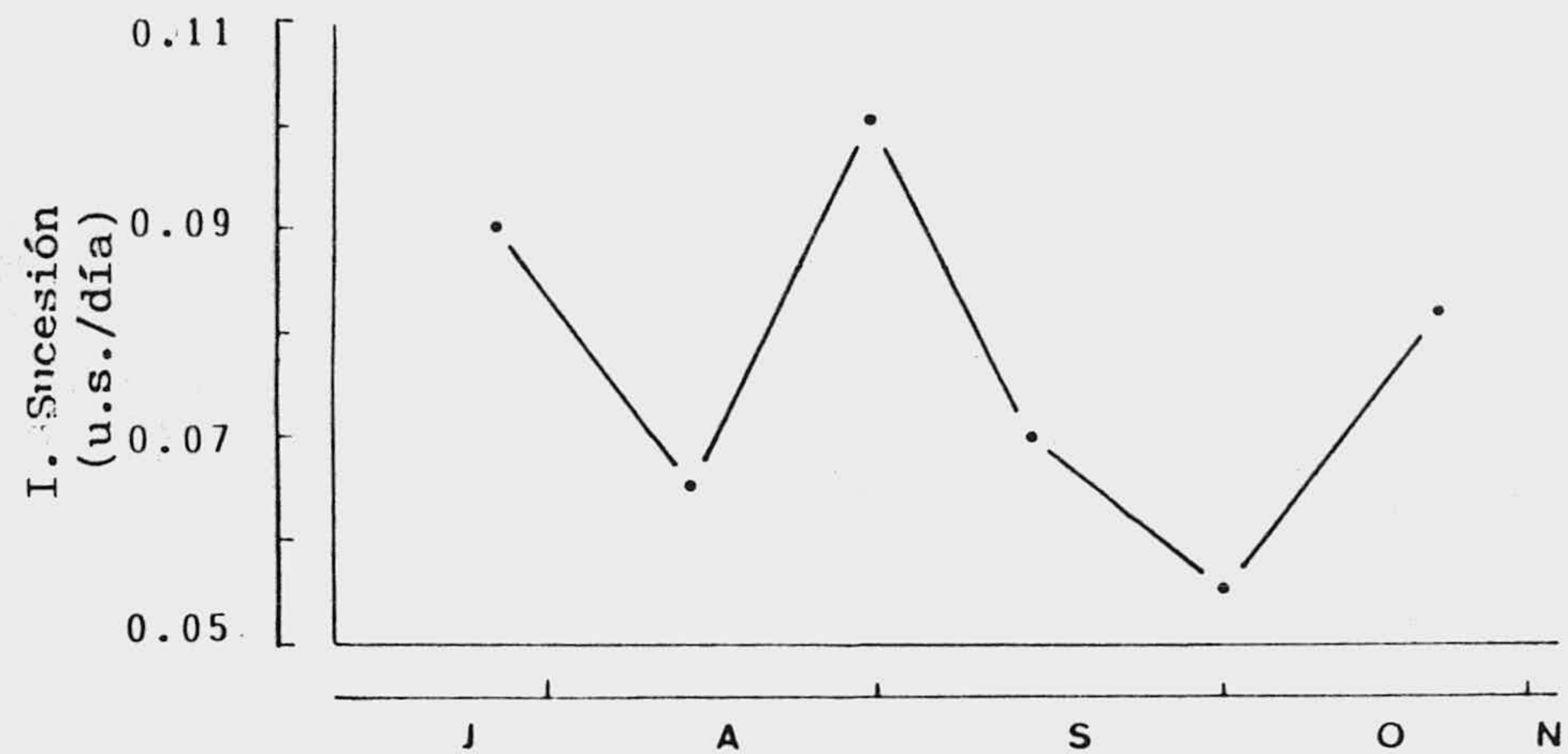


Figura 52.- Evolución del Índice de Sucesión, estructura de la comunidad y de algunas especies en la laguna de Majano.

segundo al tercer muestreo el índice de sucesión se sitúa en 0.06, siendo el único cambio notable la disminución de la población de St.punctulatum (Fig. 52 ). Entre el tercer y cuarto muestreo se registra un cambio poblacional bastante drástico presentando Geminella ordinata el máximo de todo el ciclo, constituyendo con el 50% de los componentes de la comunidad. El resultado de estos cambios es un elevado índice de sucesión entre ambos muestreos, situándose en un valor de 0.1. Del muestreo cuarto al quinto disminuye considerablemente la tasa de sucesión, siendo de 0.07 y entre quinto y sexto de 0.06, en ambos G.ordinata sigue jugando un papel predominante en la comunidad, aunque en menor proporción que cuando alcanza su máximo. Del sexto al séptimo muestreo el índice de sucesión se eleva a 0.08 como consecuencia, por una parte de la desaparición de gran parte de las especies y por otra de la aparición de Synechococcus maior que constituye el 70% de la comunidad, en condiciones muy semejantes a la producida en la laguna Gemela.

En su conjunto la comunidad, fitoplanctónica de esta laguna presenta grandes discontinuidades en su eje temporal, ya que se suceden pequeños máximos: Oocystis solitaria y Oscillatoria amoena en el primer muestreo, Staurastrum punctulatum en el segundo, Geminella ordinata en el cuarto y Synechococcus maior en el séptimo, de ahí el aspecto zigzagueante que ofrece su estructura (Fig. 52 ).

#### Laguna de Virgen Superior (Fig. 53 )

Presenta una población fitoplanctónica constituida fundamentalmente por Diatomeas. El índice de sucesión entre los dos primeros muestreos es de 0.041, lo que nos in-



dica una cierta estabilidad poblacional entre ambos periodos, presentándose un número reducido de especies con poca representación. Entre los muestreos segundo y tercero el índice de sucesión es de 0.045, en el tercer muestreo se incrementa el número de especies y la representación de algunas de ellas, aunque sin constituir una fracción importante de la comunidad; solo Cymbella parva y Oscillatoria agardhii, representan -- cada una el 20% del total. Del tercer al cuarto muestreo, el índice de sucesión se situa en 0.049; esta variación es debi do fundamentalmente a que en esta situación las poblaciones de C.parva y O.agardhii disminuyen considerablemente, mien-- tras que las de Scenedesmus, Navicula radiosa y Pediastrum boryanum alcanzan un máximo desarrollo, y en menor medida -- Chromulina nevadensis. Entre los muestreos cuarto y quinto - la tasa de sucesión aumenta ligeramente hasta aproximadamen-- te 0.06 debido sobre todo a la desaparición de una serie de especies, disminución en la representación de S.soli, N.ra-- diosa y P.boryanum, mientras que por otra parte vuelven a -- aumentar O.agardhii y C.parva. Entre los dos últimos muestreos el índice de sucesión se incrementa hasta un valor de 0.07, como suele ocurrir en la mayoría de las lagunas al final del ciclo y debido tanto a la disminución del número de especies como del número de individuos.

Como se observa en la figura 53 la comunidad fito planctónica de esta laguna esta formada preferentemente por distintas especies de diatomeas y solo en un muestreo, hacia mitad del ciclo, las clorifíceas llegan a constituir una fra cción relativamente importante formando el 33% de la comuni-- dad, siendo Scenedesmus soli y Pediastrum boryanum las espe-- cies mas importantes.

VIRGEN SUPERIOR

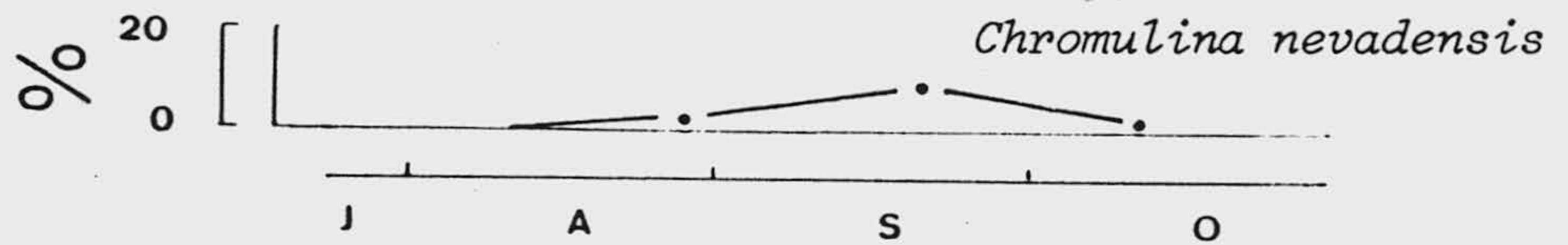
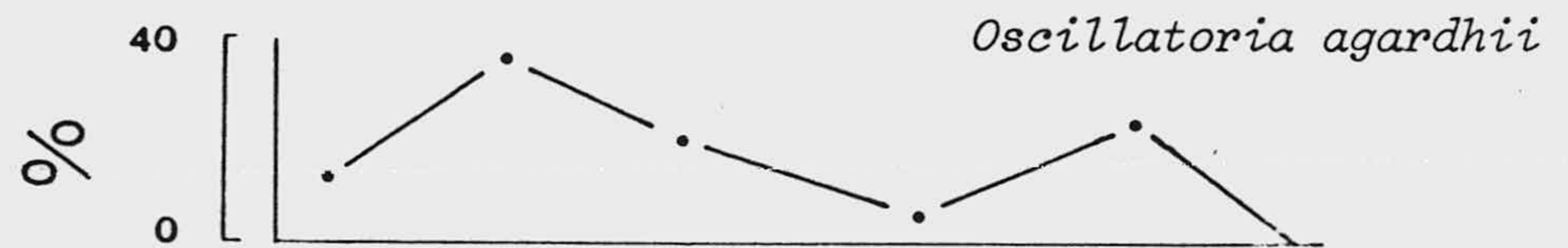
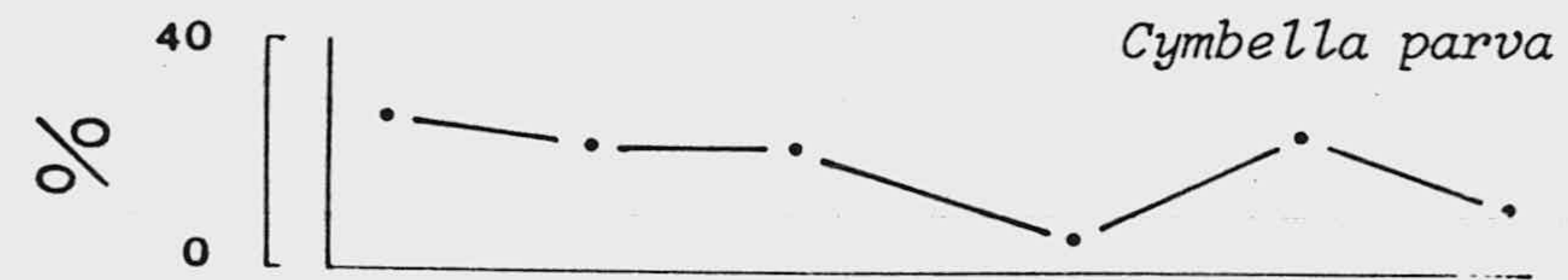
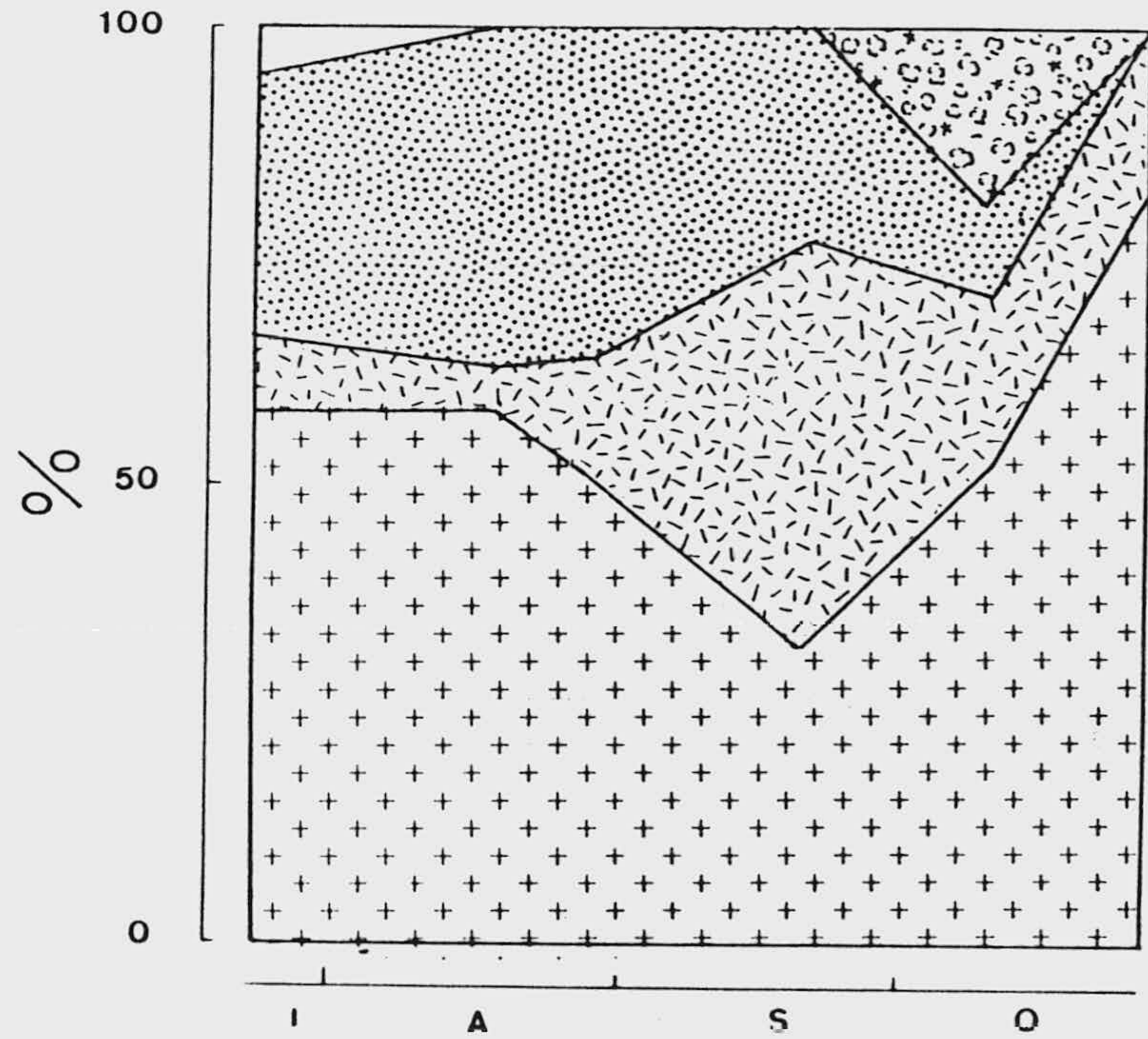
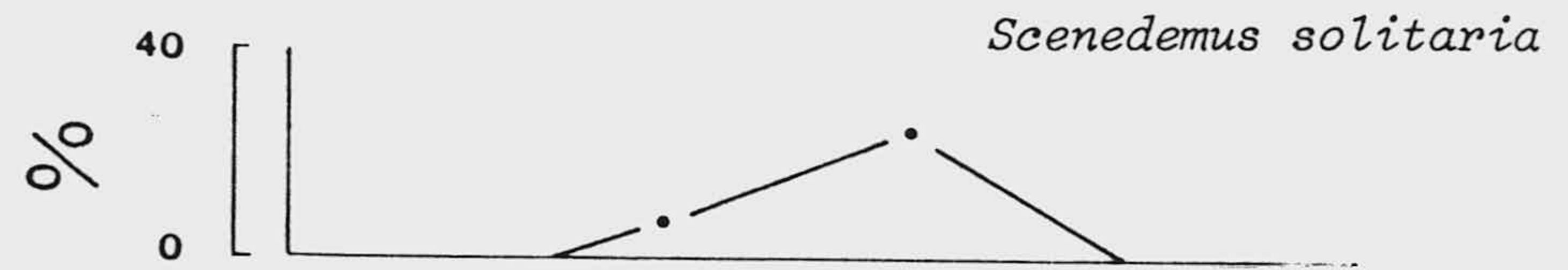
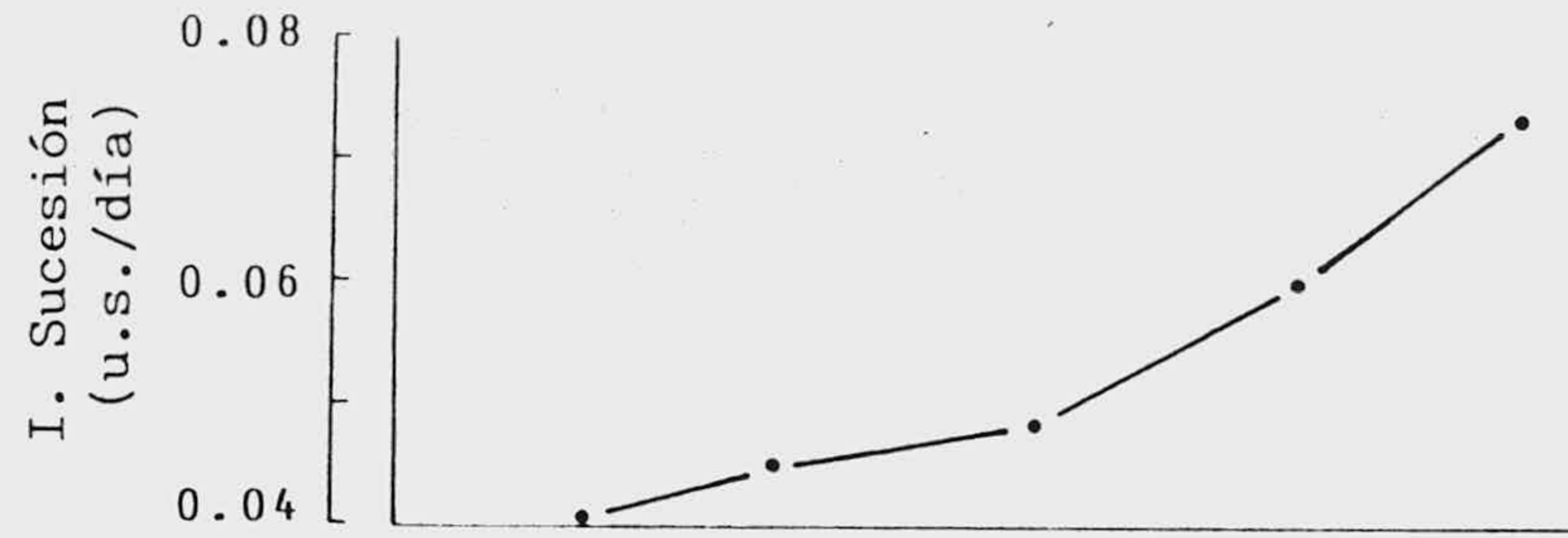


Figura 53.- Evolución del Índice de Sucesión, estructura de la comunidad y de algunas especies en la laguna de Virgen Superior.

Laguna de Virgen Media (Fig. 54 )

Laguna que presenta unos índices de sucesión bastante elevados en la mayor parte de su ciclo, siendo el más bajo el observado entre los dos primeros muestreos: 0.05. Los cambios entre ambas etapas se deben fundamentalmente a la -- aparición de especies en el segundo muestreo, tales como -- Chromulina minima, Actinotaenium globosum, Gomphosphaeria lacustris, etc., ya que los cambios en las densidades poblacionales de las especies comunes no son excesivamente grandes. Entre los muestreos segundo y tercero el índice de sucesión alcanza un valor de 0.08, y creemos que dos factores contribuyen de forma especial a este cambio, por una parte la desaparición de las especies características de las primeras etapas de la sucesión tales como Meridion circulare, Fragilaria pinnata y Tabellaria flocculosa y, por otra, el incremento en las poblaciones de las desmidiáceas Actinotaenium globosum, Cosmarium regnesi y Cosmarium laeve. Entre los dos siguientes muestreos (tercero y cuarto), la tasa de sucesión -- aunque disminuye, sigue siendo alta, presentando un valor de 0.07, ya que han desaparecido o disminuyen enormemente las -- especies que dominaban la comunidad en el anterior estadio, -- siendo en este muestreo los flagelados quienes predominan, -- fundamentalmente Chromulina nevadensis, Chromulina minima y Ochromonas allorgei. En los sucesivos periodos el índice de sucesión aumenta progresivamente (0.08 y 0.09), ya que por una parte el número de especies disminuye, así como su representación y por otra en el quinto muestreo Cyclotella ocellata presenta un pequeño máximo poblacional.

El fitoplancton de esta pequeña laguna presenta unos índices de sucesión bastante elevados con unos picos po

VIRGEN MEDIA

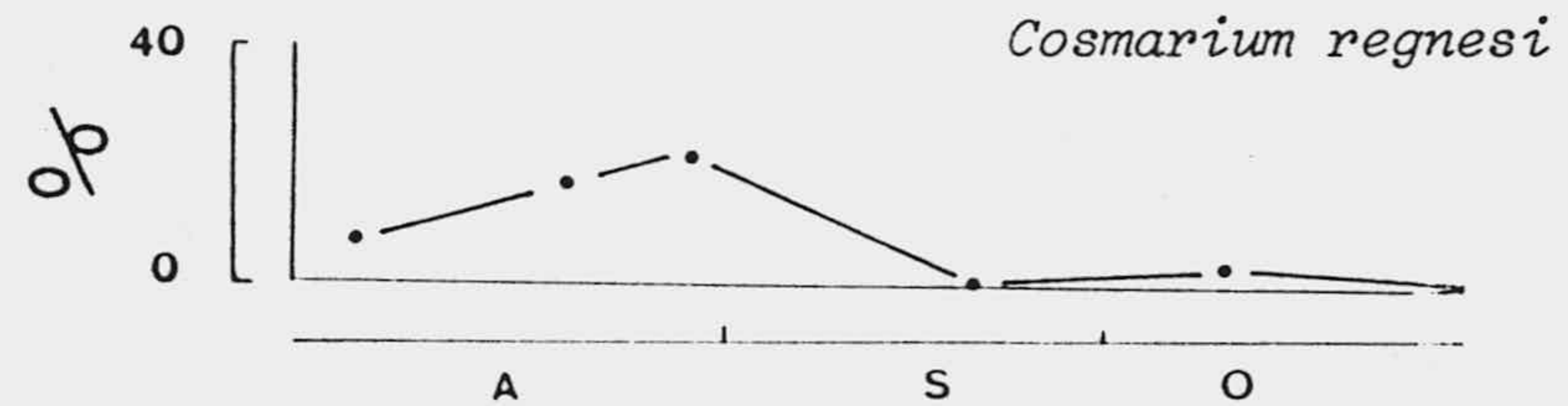
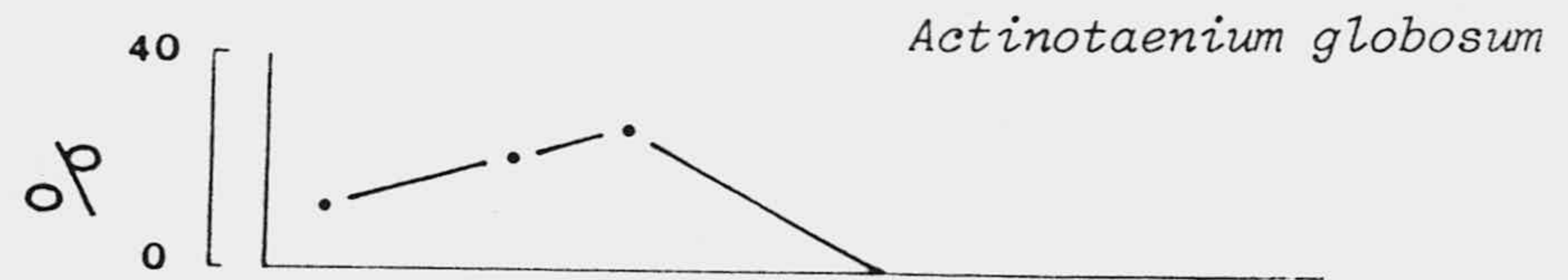
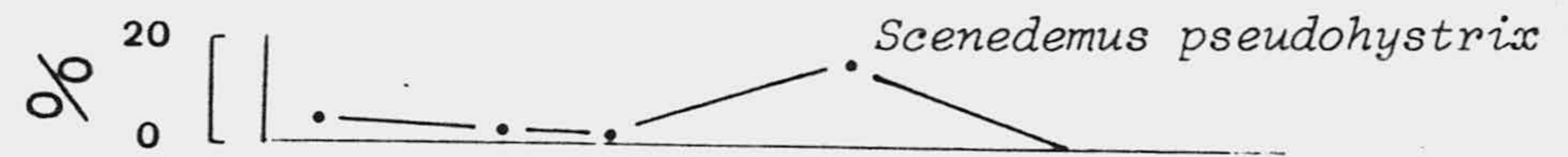
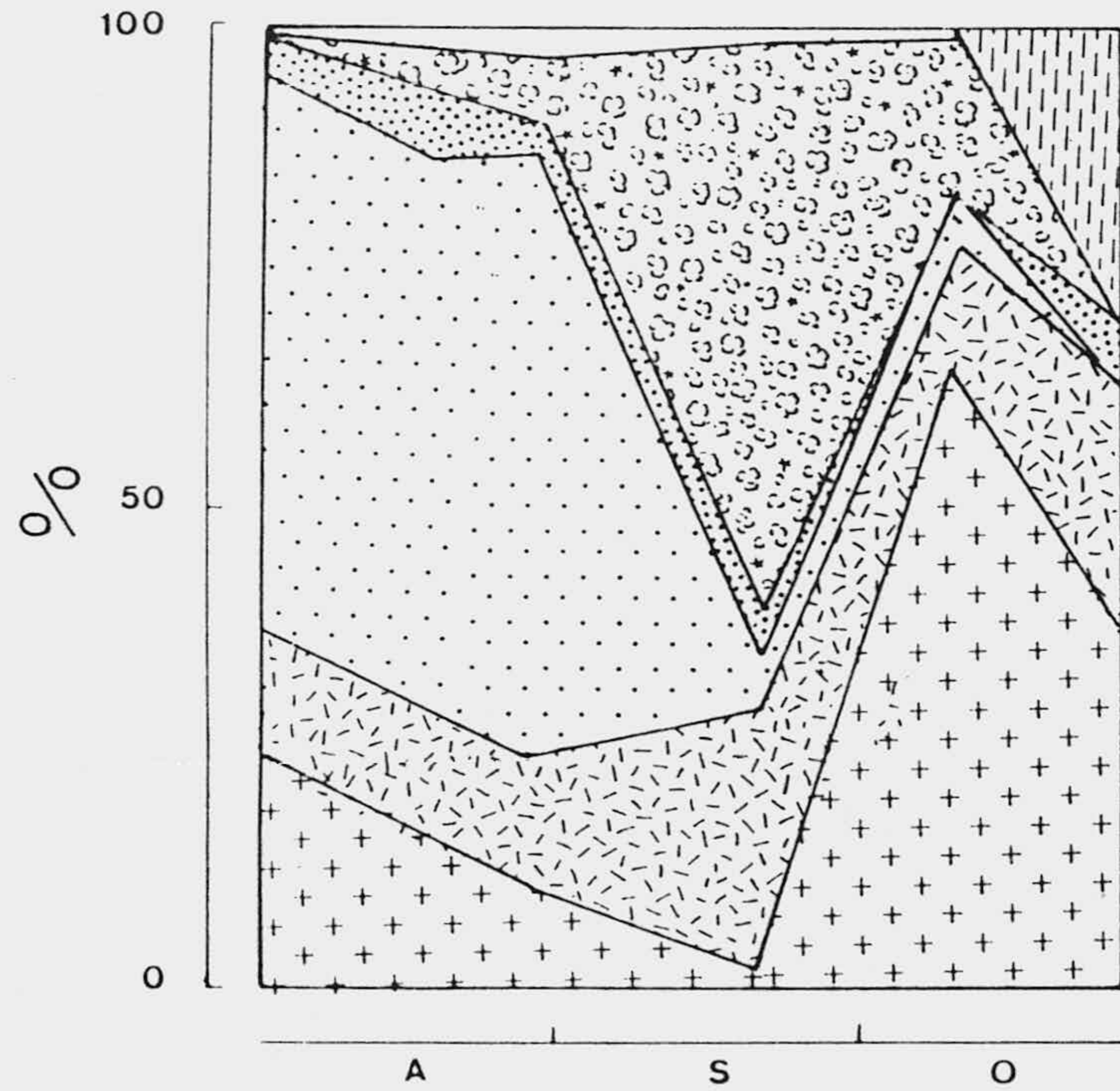
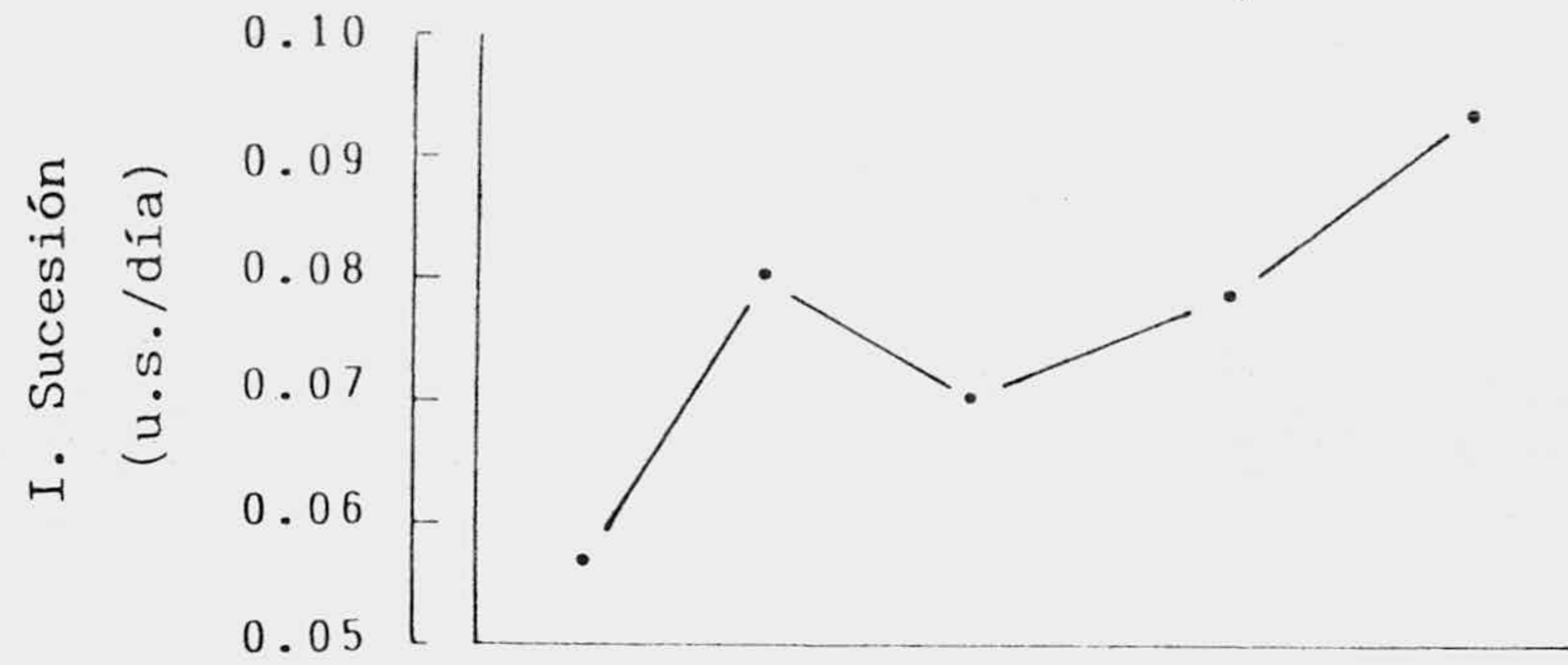


Figura 54.- Evolución del Índice de Sucesión, estructura de la comunidad y de algunas especies en la laguna de Virgen Media.

poblacionales poco estables y muy cercanos en el tiempo, constituido el primero por desmidiáceas: Actinotaenium globosum, Cosmarium regnesi y Cosmarium laeve, mientras que el segundo está dominado por crisofíceas: Chromulina nevadensis, Chromulina minima y Ochromonas allorgei.

Del estudio comparativo del fitoplancton de las lagunas de Sierra Nevada, podemos obtener las siguientes pautas de comportamiento:

- De forma general, en la mayoría de las lagunas las poblaciones de principio de ciclo están dominadas por distintas especies de diatomeas, que a lo largo de la sucesión serán sustituidas por las diferentes especies características de cada laguna. Este hecho no se observa en aquellos casos en los que, durante el primer muestreo, se producen máximos poblacionales, como ocurre en la laguna de las Yeguas.
- Las máximas poblaciones en las que una sola especie llega a dominar claramente la estructura de la comunidad, sólo las hemos observado en las grandes lagunas: Caldera, Yeguas y Río Seco; así como en las dos restantes del Valle de Río Seco. En las tres lagunas de este valle: Río Seco Superior, Río Seco Inferior es Korshikoviella gracilipes la especie dominante, tanto en su fase clorangioides como ankiroides. No hemos observado en la bibliografía ningún caso en el que especies de naturaleza epizoica lleguen a dominar una población fitoplanctónica, aunque sí suelen aparecer como especies acompañantes poco representadas. Futuros trabajos nos permitirán conocer si estas poblaciones se restringen a la zona litoral o llegan a ocupar la zona pelágica de estas lagunas.

En la laguna de La Caldera es Cyanarcus sp. quien domina la comunidad de forma neta. No hemos encontrado ningún

caso, en la bibliografía, acerca de poblaciones de cianofíceas que dominan en las aguas de lagos cligotróficos. La ausencia de información acerca de esta especie no nos permite establecer ningún tipo de comparación con otros lagos. La presencia del pequeño máximo de Oocystis lacustris, nos podría relacionar a esta laguna con aquellos lagos improductivos de Finlandia donde especies de este género son dominantes (JARNEFELT, 1956).

La laguna de las Yeguas que presenta un máximo poblacional de Diatomeas: (Synedra rumpens), sí es un caso mucho más frecuente, ya que las poblaciones de diatomeas pennadas del orden Diatomales se suelen dar tanto en lagos oligotróficos como eutróficos.

El resto de las lagunas estudiadas no presentan máximos poblacionales monoespecíficos, sino que son varias especies las que dominan la estructura de la comunidad en un momento dado.

Las lagunas de Majano y Gemela presentan sus comunidades dominadas fundamentalmente por clorofíceas, del orden Chlorococcales en Gemela, siendo especies de Scenedesmus y Pediastrum las más frecuentes, apareciendo aunque en menor cantidad Tetraedron caudatum y Ankistrodesmus falcatus, HUTCHINSON (1967) define el plancton eutrófico de Chlorococcales dominado por estos géneros (Scenedesmus y Pediastrum), dando también cierta importancia a los géneros Tetraedron y Ankistrodesmus, considerando además que es característico de lagos pequeños, como es este caso. La laguna de Majano presenta dos máximos poblacionales: Staurastrum punctulatum al inicio del ciclo y Geminella ordinata hacia la mitad de su periodo.

Aguas Verdes y Virgen Media presentan un comportamiento semejante. Al principio de su ciclo muestran un plancton donde las desmidiáceas adquieren cierta importancia, -- siendo de los géneros Staurastrum y Cosmarium en la primera y Actinotaenium y Cosmarium en la segunda, mientras que hacia el periodo medio del ciclo las Chrisofíceas de los géneros - Chromulina y Ochromonas representan una fracción relativamente importante del mismo.

Son de destacar, en el conjunto de las lagunas, algunos máximos puntuales que se producen fundamentalmente - al final del periodo de estudio, como los de Euglena spyrogira en Río Seco Inferior, Cyclotella ocellata en Río Seco Superior y Synechococcus maior en Majano.

Tabla 10.- Valores de los índices de Diversidad y Sucesión.

LAGUNAS	DIVERSIDAD bits/ind.	SUCESION u.s./día
<b>Virgen Media</b>		
01-08-1984	4.034	
17-08-1984	3.731	0.056
27-08-1984	3.245	0.079
19-09-1984	3.121	0.071
09-10-1984	2.803	0.079
26-10-1984	2.555	0.094
<b>Virgen Superior</b>		
23-07-1984	3.293	
17-08-1984	2.582	0.041
27-08-1984	3.421	0.045
19-09-1984	3.467	0.049
09-10-1984	2.950	0.059
26-10-1984	2.550	0.073
<b>Yeguas</b>		
23-07-1984	0.154	
17-08-1984	2.305	0.074
27-08-1984	0.584	0.196
19-09-1984	1.316	0.018
09-10-1984	1.247	0.015
26-10-1984	0.732	0.018
<b>Aguas Verdes</b>		
27-07-1984	3.698	
10-08-1984	3.849	0.079
21-08-1984	3.996	0.109
03-09-1984	3.422	0.086
19-09-1984	3.123	0.084
11-10-1984	3.622	0.059
26-10-1984	3.722	0.077
<b>Río Seco</b>		
25-07-1984	3.560	
10-08-1984	2.743	0.080
24-08-1984	1.408	0.133
03-09-1984	0.219	0.045
21-09-1984	1.986	0.048
11-10-1984	1.745	0.044
02-11-1984	1.922	0.085



Tabla 10.- (Continuación) Valores de los índices de Diversidad y Sucesión.

LAGUNAS	DIVERSIDAD bits/ind.	SUCESION u.s./día
<b>Río Seco Superior</b>		
10-08-1984	1.153	
24-08-1984	2.524	0.105
03-09-1984	1.795	0.133
21-09-1984	1.826	0.023
11-10-1984	2.383	0.070
01-11-1984	0.276	0.074
<b>Río Seco Inferior</b>		
25-07-1984	1.913	
10-08-1984	2.105	0.093
24-08-1984	1.757	0.122
03-09-1984	0.672	0.084
21-09-1984	2.331	0.105
<b>Caldera</b>		
15-07-1984	2.770	
04-08-1984	1.991	0.055
21-08-1984	2.328	0.081
05-09-1984	0.835	0.108
21-09-1984	1.327	0.017
11-10-1984	2.627	0.047
<b>Gemela</b>		
15-07-1984	4.025	
04-08-1984	3.474	0.089
21-08-1984	3.667	0.075
05-09-1984	3.384	0.064
21-09-1984	3.136	0.069
11-10-1984	2.865	0.060
02-11-1984	2.650	0.066
<b>Majano</b>		
15-07-1984	2.675	
04-08-1984	1.847	0.091
21-08-1984	2.936	0.065
05-09-1984	2.468	0.106
21-09-1984	2.350	0.070
11-10-1984	2.754	0.057
02-11-1984	1.407	0.084

### 7.2.1. Clorofila

El interés en el conocimiento de la concentración de clorofila-a, se debe a su participación en el aparato fotosintetizador de los organismos vegetales, por lo que su concentración en el medio nos va a proporcionar una estimación indirecta de la producción primaria de la comunidad fitoplanctónica.

Inicialmente las primeras estimas de pigmentos fotosintéticos en algas planctónicas se realizaron en medios marinos, utilizando acetona 80-90% como disolvente orgánico para extraer los pigmentos. A medida que este tipo de estudios se han ido haciendo rutinarios en los trabajos de limnología, se han experimentado una gran gama de disolventes -- (SARTORIUS, 1982), observando la mayoría de los autores que es el metanol quien ofrece mejores resultados en las aguas dulces. Dos son las principales ventajas de éste respecto al resto de los disolventes, por una parte se le considera más eficaz frente a la extracción de pigmentos de las clorofíceas y por otra parece discriminar de forma mucho más fina las di

ferencias de absorbancias entre clorofila-a y sus productos de degradación.

Son muchos los factores que influyen sobre el desarrollo de las poblaciones fitoplanctónicas, pero cuando tratamos de explicar la concentración de clorofila de las comunidades planctónicas se ha de considerar, además, su estado fisiológico así como la acción que sobre ellas ejercen las comunidades zooplanctónicas.

YENTSCH & RYHER (1957) inciden fundamentalmente en el efecto del estado fisiológico de las células sobre su contenido en clorofila, indicando que incluso en el mismo día se pueden producir procesos de destrucción de clorofila debido a la foto-oxidación que sufren sus moléculas cuando se inhibe la fotosíntesis por cualquier causa adversa, y por otra parte al ser la formación de pigmentos un proceso muy rápido, al cesar estas causas se vuelve a incrementar rápidamente su concentración. En este mismo sentido TILZER & SCHWARZ (1976) señalan la capacidad de las algas para ajustar su mecanismo fotosintético a una determinada intensidad lumínica, bien mediante cambios fisiológicos o bien mediante procesos de migración diaria como pone de manifiesto MARTINEZ (1980) para la población de Rhodomonas lacustris en la laguna de La Caldera.

Otro carácter importante a tener en cuenta en los datos de clorofila es el tamaño de las distintas especies, así como la importancia del nanoplancton en la producción primaria como indica MUNAWAR & FAHNENSTIEL (1982). En el mismo sentido hay que considerar las observaciones de MUNAWAR & BURNS (1976) quienes no encuentran relación entre clorofila-a

y biomasa total en primavera cuando son diatomeas y criptomogadas las especies más abundantes, mientras que en verano la clorofila-a está directamente correlacionada con las poblaciones de clorofíceas y cianofíceas.

Como última consideración, LAMPERT (1964) sugiere la necesidad de tener en cuenta el efecto de pérdida de células debido fundamentalmente a la actividad del zooplankton, cuando una disminución en la concentración de ortofosfatos en el medio no se correlaciona con un incremento en las densidades poblacionales fitoplanctónicas ni en la concentración de clorofila.

Los valores de clorofila en lagos árticos y alpinos suelen ser extremadamente bajos, en este sentido podemos citar los trabajos de DUTHIE (1979) en la zona subártica de Canadá que da valores de 1-3  $\mu\text{grCl}/\text{l}$ ; de KALFF & al. (1972) quien da valores comprendidos entre 0.13 y 0.69  $\text{mg Cl}/\text{m}^3$  para el lago Char, de tipo ártico; GOLDMAN & CARTER (1955) y SCHINDLER & HOLMGREN (1971) registran valores semejantes para lagos de la zona templada. En términos de distinción entre lagos oligotróficos y eutróficos, en base a su concentración de clorofila, MARGALEF (1983) establece un posible límite sobre un valor de 5  $\text{mgCl}/\text{m}^3$  para diferenciar entre ambos tipos de lagos.

La cantidad de clorofila-a medida en las lagunas de Sierra Nevada, se encuentra para la mayoría de ellas comprendida entre valores muy bajos: 0.5-2  $\mu\text{gr Cl}/\text{l}$ , solo algunas de estas lagunas superan tales concentraciones en escasos muestreos y únicamente Río Seco Inferior y Gemela los superan como norma general, llegando a alcanzar valores de 6.3 -

$\mu\text{gr Cl/l}$  en la primera y  $6.4 \mu\text{gr Cl/l}$  en la segunda.

Su evolución estacional se puede observar en las figuras 55-57 y podemos establecer las siguientes diferencias entre lagunas. Por una parte las ya comentadas de Río Seco Inferior y Gemela; ésta última presenta en sus tres primeros muestreos valores comprendidos entre  $1.5$  y  $2.5 \mu\text{gr Cl/l}$ . Las poblaciones que se suceden a lo largo del periodo de estudio están formadas fundamentalmente por Chloranciella pygmaea, Oocystis lacustris, Scenedesmus pseudohystrix y Pediastrum boryanum. Podemos considerar que estas mantienen un nivel básico más o menos estable de clorofila-a entre  $0.75$  y  $1.75 \mu\text{gr Cl/l}$ , siendo las poblaciones que se desarrollan de forma rápida en el tiempo las que van a ocasionar los dos máximos -- observados, por una parte en el muestreo del 5-IX-1984 se detectó un claro incremento de Tetraspora lemmermanni y Eutetramorus fotti, ambos táxones forman agrupaciones celulares, -- presentando, por norma general, entre 32 y 64 células por agrupación; por otra parte, el incremento observado en el último muestreo (2-XI-1984) de  $6.4 \mu\text{gr Cl/l}$ , cuando existía una capa de hielo que cubría toda la superficie de la laguna, ha de ser debido fundamentalmente al gran número de Synechococcus maior observado, especie que suele aparecer en la mayoría de las lagunas cuando las temperaturas sufren la disminución -- propia del periodo invernal; junto a esta pero en menor proporción también se observó un incremento en la población de Scenedesmus pseudohystrix. (Fig. 55).

En la laguna de Río Seco Inferior los dos máximos de clorofila ( $6.3 \mu\text{gr Cl/l}$  en 10-VIII-84 y  $5 \mu\text{gr Cl/l}$  en 3-IX-1984) están íntimamente relacionados con la presencia de la fase ankiroide de Korshikoviella gracilipes, aunque he

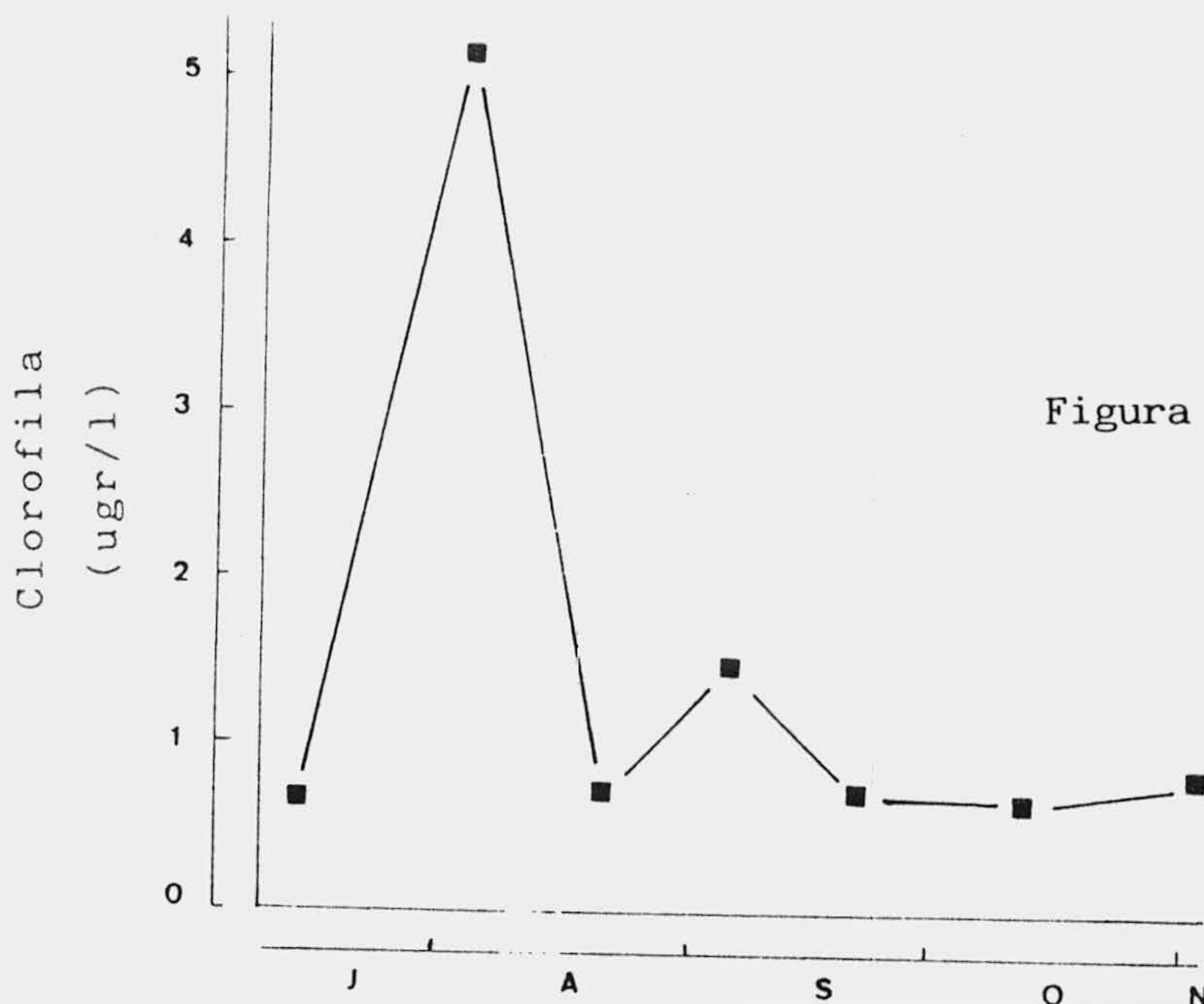
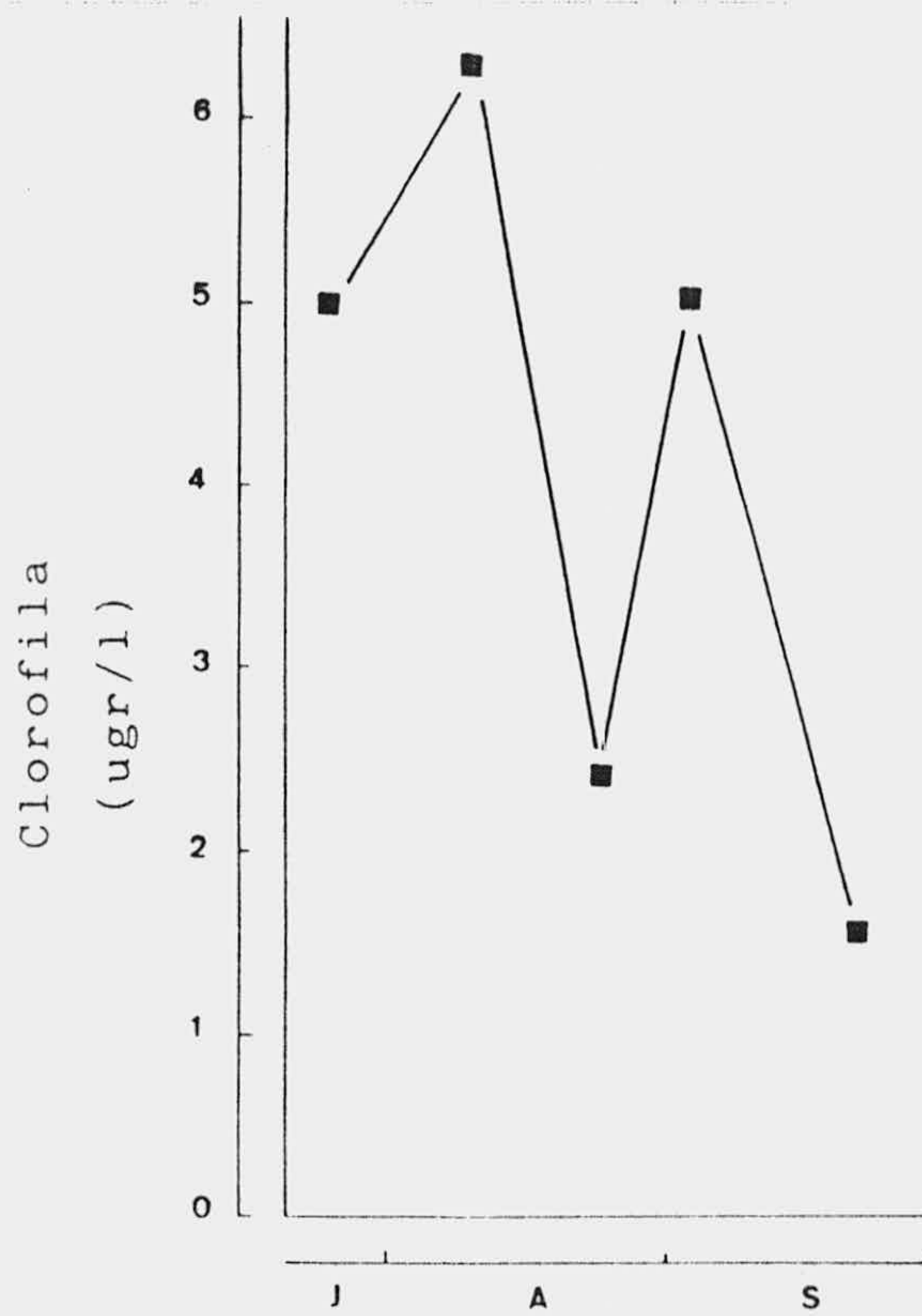
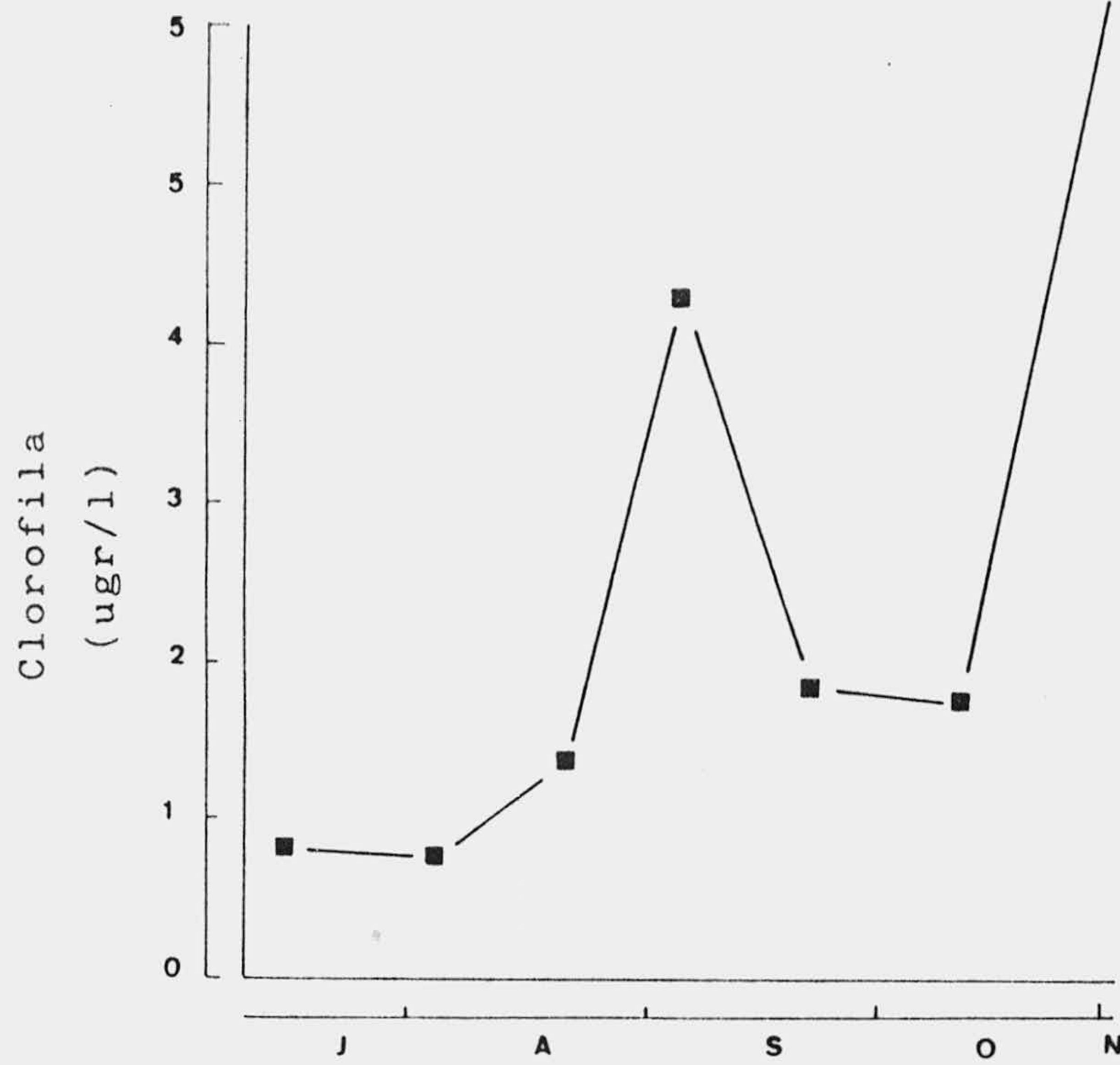


Figura 55.- Evolución estacional de la concentración de clorofila en las lagunas de Gemela, Río Seco Inferior y Majano.

mos de indicar que dada la naturaleza fundamentalmente epizoica de esta especie, estos máximos de clorofila pudieran estar muy influenciados por la probabilidad de capturar, en el volumen de agua destinada a este análisis, mayor o menor número de ejemplares de Daphnia; semejante comentario cabría hacer para Chlorangiella pygmaea especie igualmente epizoica (Fig. 55)

Las lagunas de Majano, Río Seco y Yeguas presentan una evolución estacional muy semejante, observándose los máximos de clorofila-a a principios del periodo de estudio, concretamente en el primer muestreo en Río Seco y Yeguas y en el segundo en Majano. En esta última laguna, durante el máximo de clorofila:  $5.1 \mu\text{gr Cl/l}$  se observa un gran incremento en la población de Staurastrum punctulatum y en menor medida de Ulothrix tenerrima y Synedra rumpens, de nuevo, en el 5-IX-84, se vuelve a producir un pequeño máximo coincidiendo con la proliferación observada de Geminella ordinata, a partir de aquí disminuye la concentración de clorofila hasta el último muestreo en el que se observa un incremento mínimo, debido posiblemente a la aparición de Synechococcus maior, en las mismas condiciones que en Gemela, pero en mucho menor densidad. (Fig. 55).

En la laguna de las Yeguas el máximo de clorofila-a:  $5.2 \mu\text{gr Cl/l}$  se encuentra en relación directa con la gran proliferación observada de una especie de Chlamydomonas, en fase activa de crecimiento, ya que estaba formada fundamentalmente por zoosporas. Hasta final del ciclo no se detectó ningún otro máximo de clorofila-a importante y los niveles se mantienen en torno a  $1 \mu\text{gr Cl/l}$ , a pesar de que la población de Synedra rumpens alcanza un número muy elevado de células. (Fig. 56).

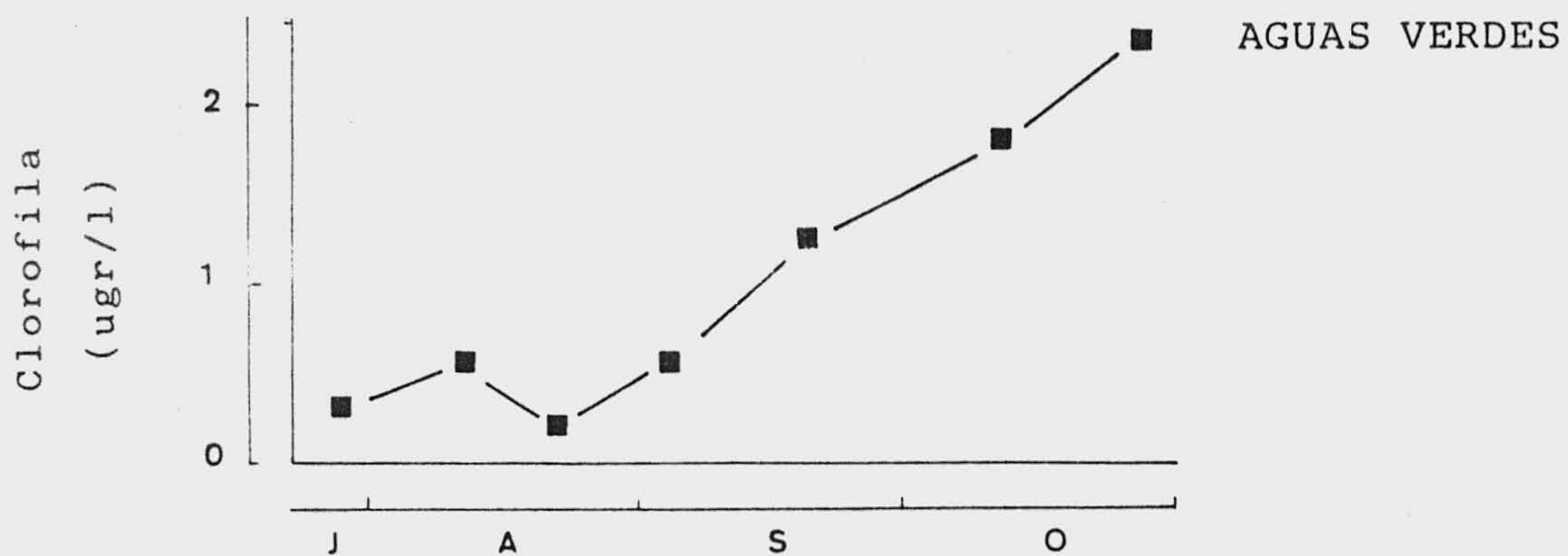
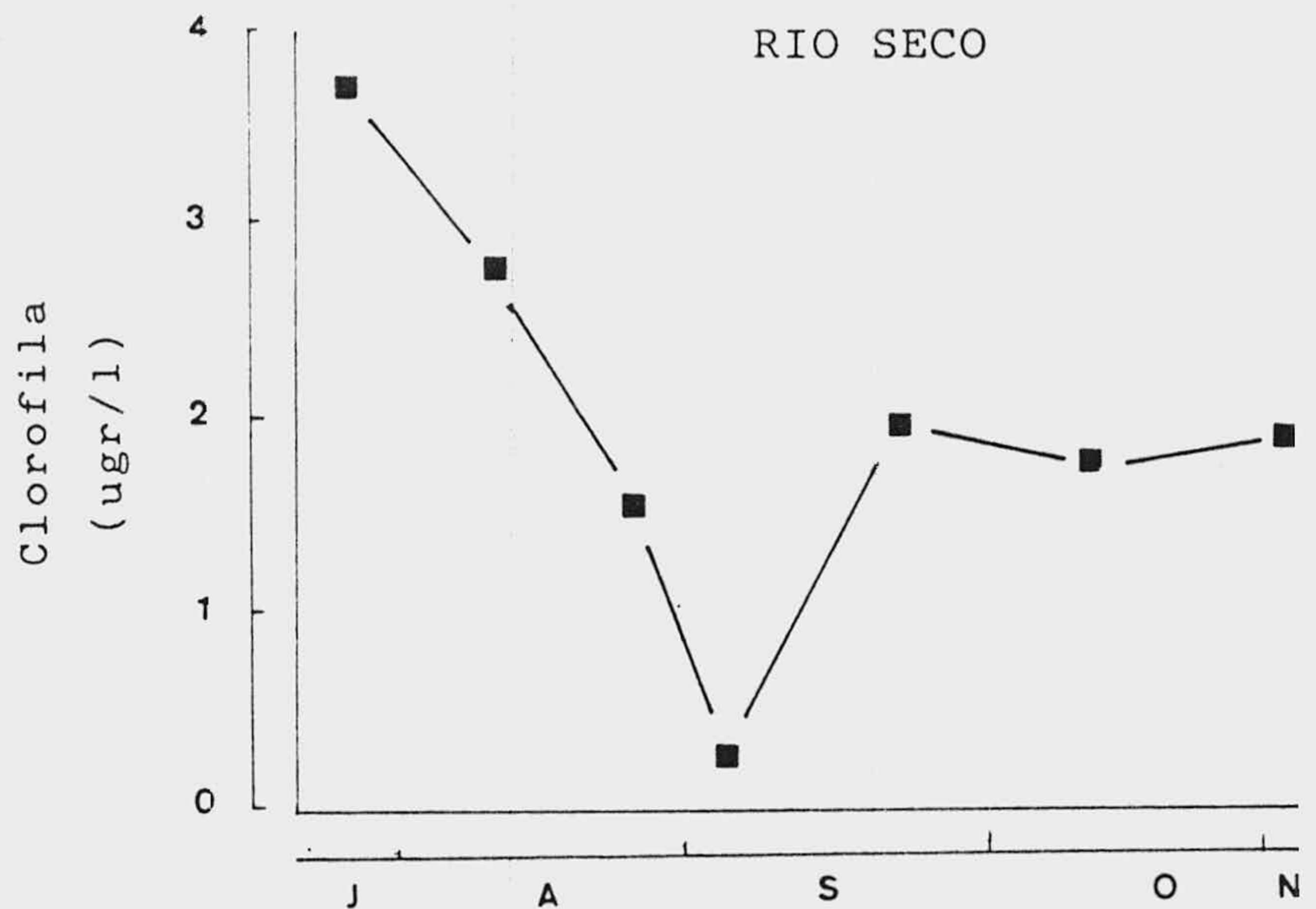
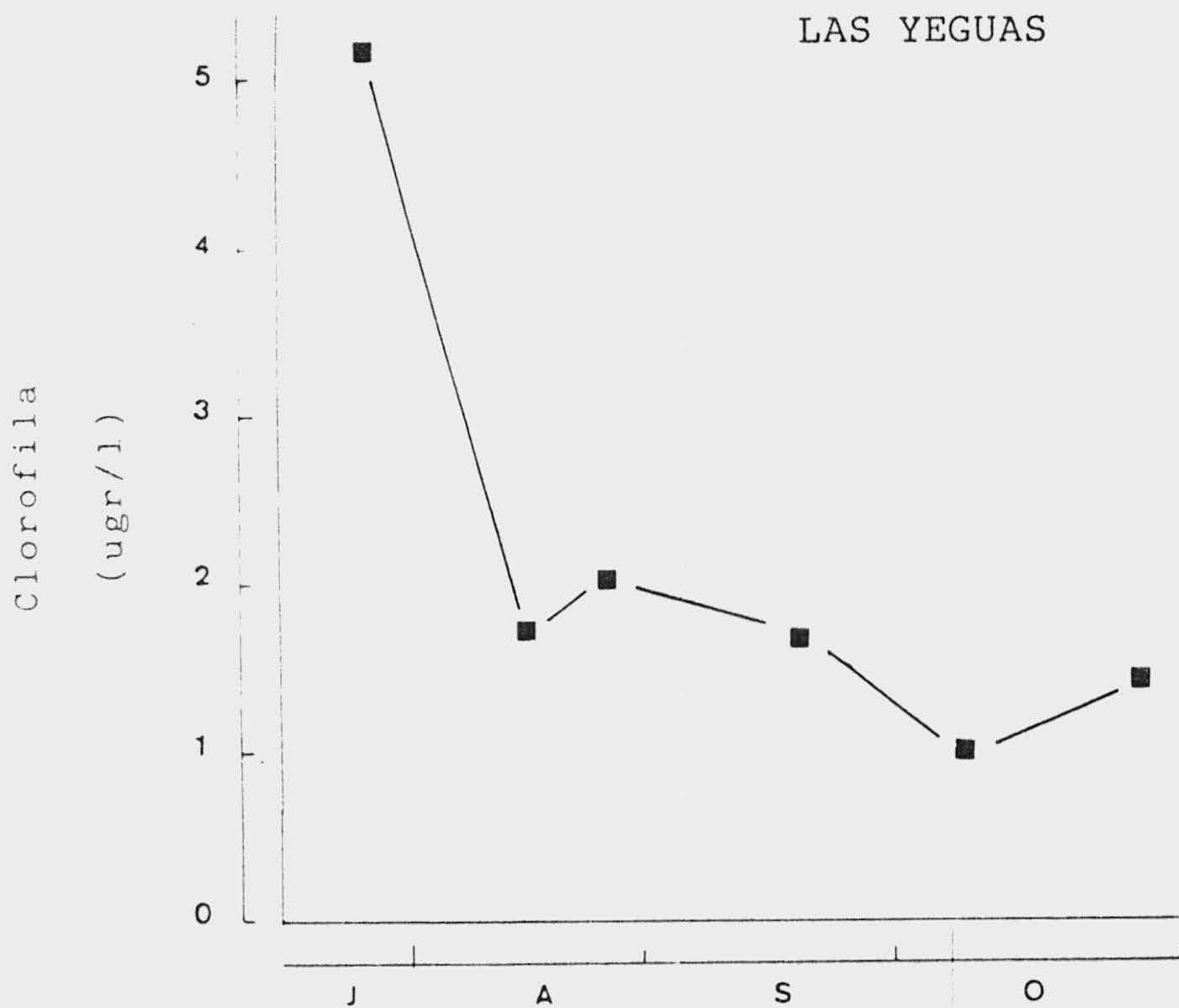


Figura 56.- Evolución estacional de la concentración de clorofila en las lagunas de Las Yeguas, Rio Seco y Aguas Verdes.



En la laguna de Río Seco durante el primer muestreo se observó una gran diversidad, si bien Chlamydomonas coniformis presentó el mayor número de células, el máximo de clorofila alcanzó un valor de 4.5  $\mu\text{gr Cl/l}$ . A partir del segundo muestreo comienza a incrementarse la población planctónica de K.gracilipes en su estado ankiroide, alcanzando su máximo en 3-IX-84 que corresponde con otro de clorofila y con la menor diversidad observada en la laguna. Finalmente se observa una disminución en la concentración de clorofila hasta el final de ciclo. (Fig. 56).

El resto de las lagunas estudiadas presentan una evolución estacional de su clorofila-a muy semejante, y tan sólo se desvia un poco la laguna de Aguas Verdes, que a partir del segundo muestreo incrementa de forma progresiva su concentración hasta el último donde se mide un valor de 2.36  $\mu\text{gr Cl/l}$ , no correspondiéndose de forma clara con el incremento de sus poblaciones, ya que estas presentan su máximo tamaño en 3 y 21-IX-1984, donde predominan fundamentalmente Chromulina microplancton, Chromulina nevadensis, Ochromonas allorgei y Cymbella venticosa. Consideramos que este incremento sucesivo se debe fundamentalmente a la gran cantidad de vegetación litoral que rodea esta laguna: briofitos y zygnemataceas fundamentalmente, incrementándose notablemente la población de Zygnema a partir de Septiembre. (Fig. 56).

El resto de las lagunas presentan pequeñas oscilaciones a lo largo del periodo de estudio, incrementándose sólo hacia final del ciclo. Las lagunas de Virgen Superior y Virgen Media, con un amplio cinturón de vegetación litoral y muy pequeño volumen de agua, presentan también sus máximos al final del periodo (1.1 y 1.45  $\mu\text{gr Cl/l}$  respectiva

mente), no encontrándose claramente relacionados con sus poblaciones planctónicas. Consideramos, al igual que en Aguas Verdes, la posible influencia de la vegetación litoral como factor predominante en estos máximos y no sus picos poblacionales de Actinotaenium globosum y Cosmarium regnesi en Virgen Meida y Cymbella parva y Oscillatoria agardhii en Virgen Superior. (Fig. 57).

Rio: Seco Superior presenta a lo largo de todos -- los muestreos una correlación bastante clara entre las densidades de las poblaciones planctónicas de K. cracilipes y las concentraciones de clorofila, obteniéndose un valor máximo -- de 1.59  $\mu\text{gr Cl/l}$  en 21-IX-84, cuando predominan las poblaciones de las fases ankiroides y clorangioices de esta especie. Al final del periodo de estudio se observa un segundo -- máximo de 0.97  $\mu\text{gr Cl/l}$ , que corresponde con la aparición de Cyclotella ocellata. (Fig. 57).

Por último, la laguna de La Caldera que presenta una población fitoplanctónica dominada fundamentalmente por especies nanoplanctónicas, presenta unos niveles de clorofila -- a muy bajos, cuyo máximo se observó en 21-IX-1984, con -- unos niveles de 0.97  $\mu\text{gr Cl/l}$ , cuando la población de Cynarcus sp. presenta su nivel máximo. En los primeros muestreos los niveles de clorofila -- a deben corresponder fundamentalmente a los pequeños pero numerosos individuos de las distintas especie de Chromulina, Oocystis lacustris y Oscillatoria -- planctonica. (Fig. 57).

Hemos de destacar que las comunidades que observamos en los distintos muestreos, corresponden a situaciones puntuales a lo largo de su eje temporal, queremos expresar -- con esto, que cuando hacemos referencia tanto a lo máximos --

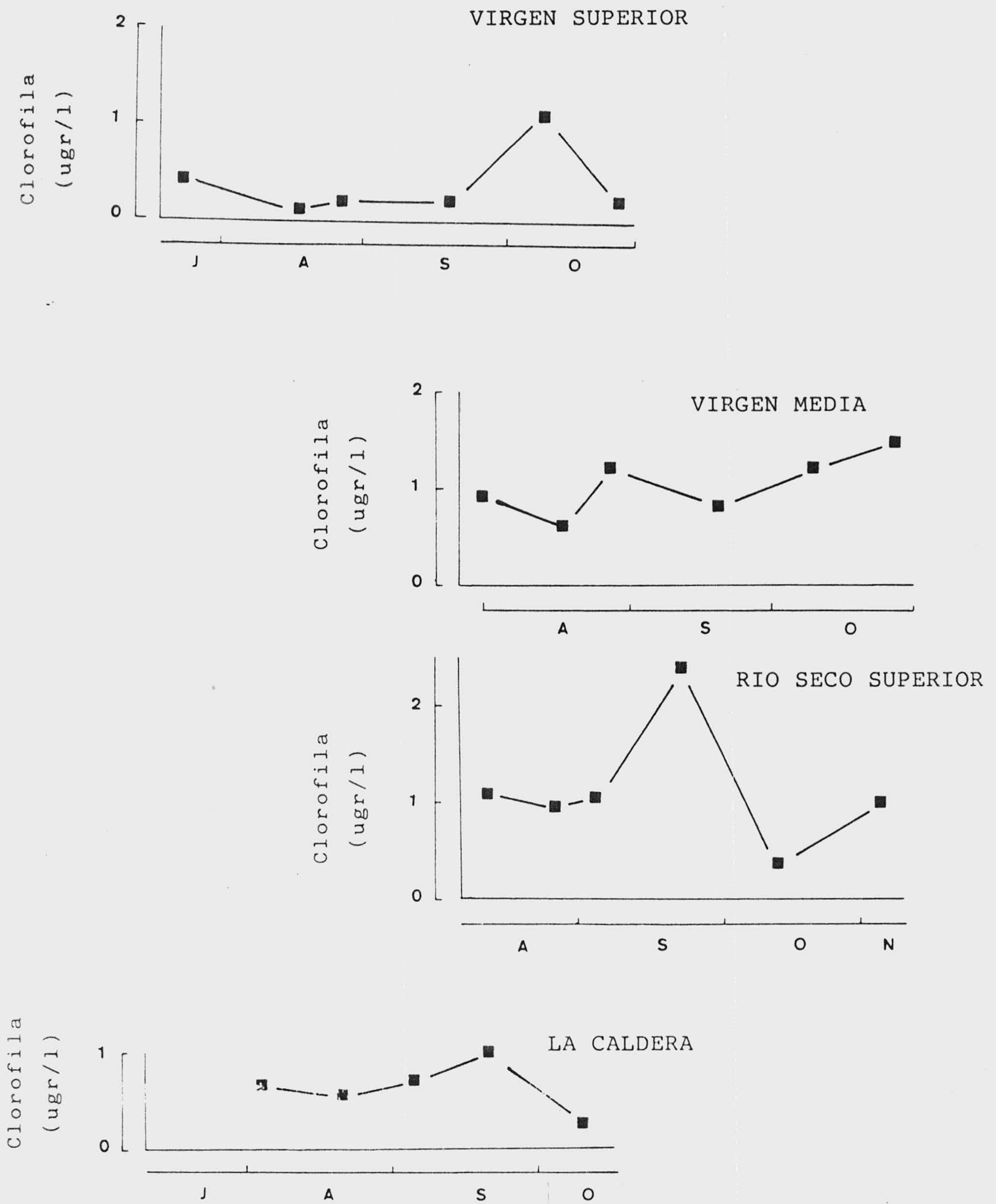


Figura 57.- Evolución estacional de la concentración de clorofila en las lagunas de Virgen Superior, Virgen Media Y La Caldera.

de clorofila como a los poblacionales, nos estamos refiriendo a situaciones cercanas al punto máximo de desarrollo, bien antes o después de su situación óptima, por lo que las observaciones en una u otra situación han de ser forzosamente distintas; sobre todo en cuanto a la presencia de nutrientes, - en niveles detectables, en el medio.

En ocasiones los máximos, tanto poblacionales, - como de concentración de clorofila se producen en situaciones donde aparentemente no existen cambios en los niveles de nutrientes. Se ha de tener en cuenta que en los lagos oligotróficos los factores limitantes no necesariamente han de ser - los nutrientes estudiados, sino que puede ser cualquier microelemento que se encuentre en concentraciones mínimas en el - medio.

Teniendo en cuenta tres de los parámetros estu--diados (temperatura, nitratos y fosfatos), que en principio parecen ser los que más afecten a la aparición de los máximos de clorofila, hemos representado en el diagrama tridimensional de la figura 58, una ordenación de las lagunas que se - podría considerara que las agrupa en base a sus características tróficas, según los ejes de temperatura, N/P y concentración de clorofila, observandose que son las lagunas de Río - Seco Inferior, Gemela, Majano y Río Seco las que presentan - mayor temperatura, menor relación N/P y mayor concentración de clorofila, mientras que Virgen Superior y Caldera son las que poseen mayor N/P, menor temperatura y concentración de - clorofila.

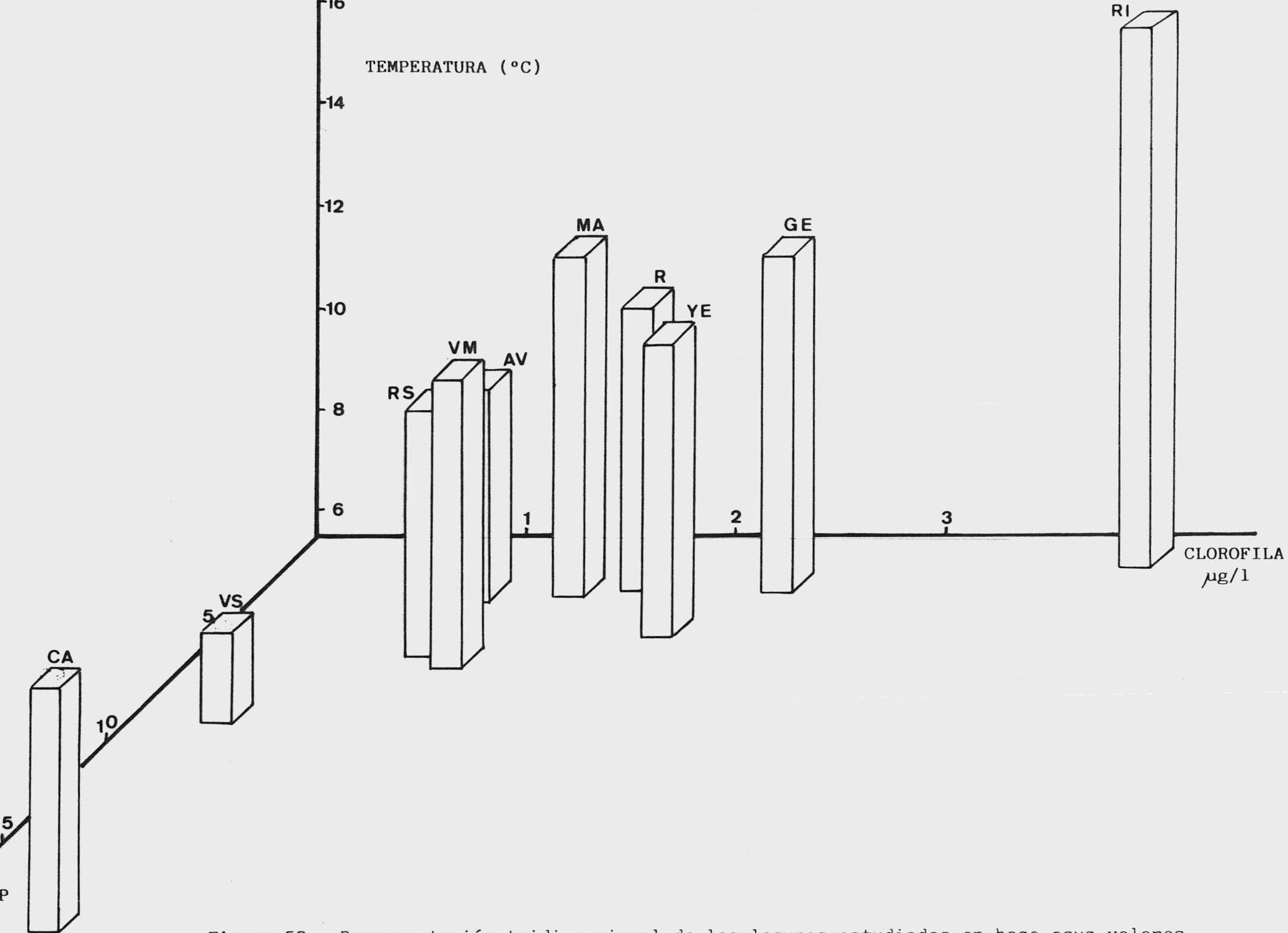


Figura 58.- Representación tridimensional de las lagunas estudiadas en base a sus valores de clorofila, temperatura y relación nitrógeno-fosforo (N/P).

### 7.2.2. Índice de Pigmentos

El índice de Margalef ( $D_{430}/D_{665}$ ) nos ofrece la relación existente en el medio entre pigmentos activos medidos (clorofila-a) y el resto de los pigmentos que absorben a una longitud de onda de 430 nm.; tal indicador observado en un cultivo puro nos proporcionaría una visión directa del estado fisiológico de la comunidad en cada momento. Pero cuando éste se aplica a situaciones naturales, como es lo más frecuente, donde interaccionan de forma activa una gran cantidad de procesos, cuya individualización es extremadamente difícil, la interpretación de los resultados es muy conflictiva, de aquí la gran controversia a la que se encuentra sometida la aplicación de tal índice.

De forma teórica se pueden aceptar dos condiciones extremas de variación del índice de Margalef. Por una parte el índice alcanzará los valores más bajos cuanto más activa sea la comunidad, debido a que en esta situación el pigmento en mayor proporción será la clorofila-a. Por otra parte, y en la situación opuesta los valores más altos se obtendrán cuando la comunidad se encuentre en una fase estacionaria donde predominen pigmentos accesorios tales como los carotenoides, y la clorofila-a se encuentra en cantidad mínima.

En las lagunas estudiadas, este índice presenta marcadas fluctuaciones (Tabla 11) y sólo, en las lagunas más profundas, se pueden establecer ciertas relaciones con la actividad de las comunidades fitoplanctónicas.

Comparando el índice de Margalef con el de sucesión, en estas lagunas, hemos observado que existe una corre

lación directa, en parte de sus ciclos. Estas lagunas presentan 2 características comunes, son las de mayor volumen y -- Presentan su ciclo dominado fundamentalmente por una especie durante un periodo más o menos largo de tiempo. En la figura 59 se representan ambos índices para la laguna de las Yeguas, donde se observa que el índice  $D_{430}/D_{665}$  aumenta paulatinamente desde el primer al tercer muestreo, al igual que el de sucesión, del tercer al cuarto, cuando la dominancia de Synedra rumpens es total bajan drásticamente ambos índices, el de -- Margalef de 3-1 y el de sucesión de 0.19-0.017/día, de aquí al final del periodo este último se mantiene casi constante, mientras que el de Margalef aumenta hasta 2.2.

En la laguna de Río Seco (Fig. 59 ) se repite el modelo observado en la de las Yeguas, en una primera fase se incrementan ambos índices hasta que del tercer al cuarto muestreo cae el de sucesión 0.1-0.04 que es acompañado por una -- disminución del de Margalef: 4.2-2.2, comportándose de forma oscilante de aquí al final.

Por otra parte, en la laguna de La Caldera (Fig. 59 ), la de mayor volumen, no se presenta la correlación -- observada en las dos anteriores, ya que cuando se produce la dominancia de Cyanarcus sp. y el índice de sucesión disminuye hasta valores de 0.01, el índice de Margalef alcanza su -- máximo valor: 4.6. Quizás en esta situación, se puede aplicar una de las dos causas que, según MARGALEF (1983) pueden hacer variar la correlación entre crecimiento activo de la -- comunidad e índice de pigmentos; se refiere concretamente a las transformaciones que sufre la clorofila cuando pasa por el tubo digestivo de los animales; dado que en este muestreo la población zooplanctónica es muy abundante.

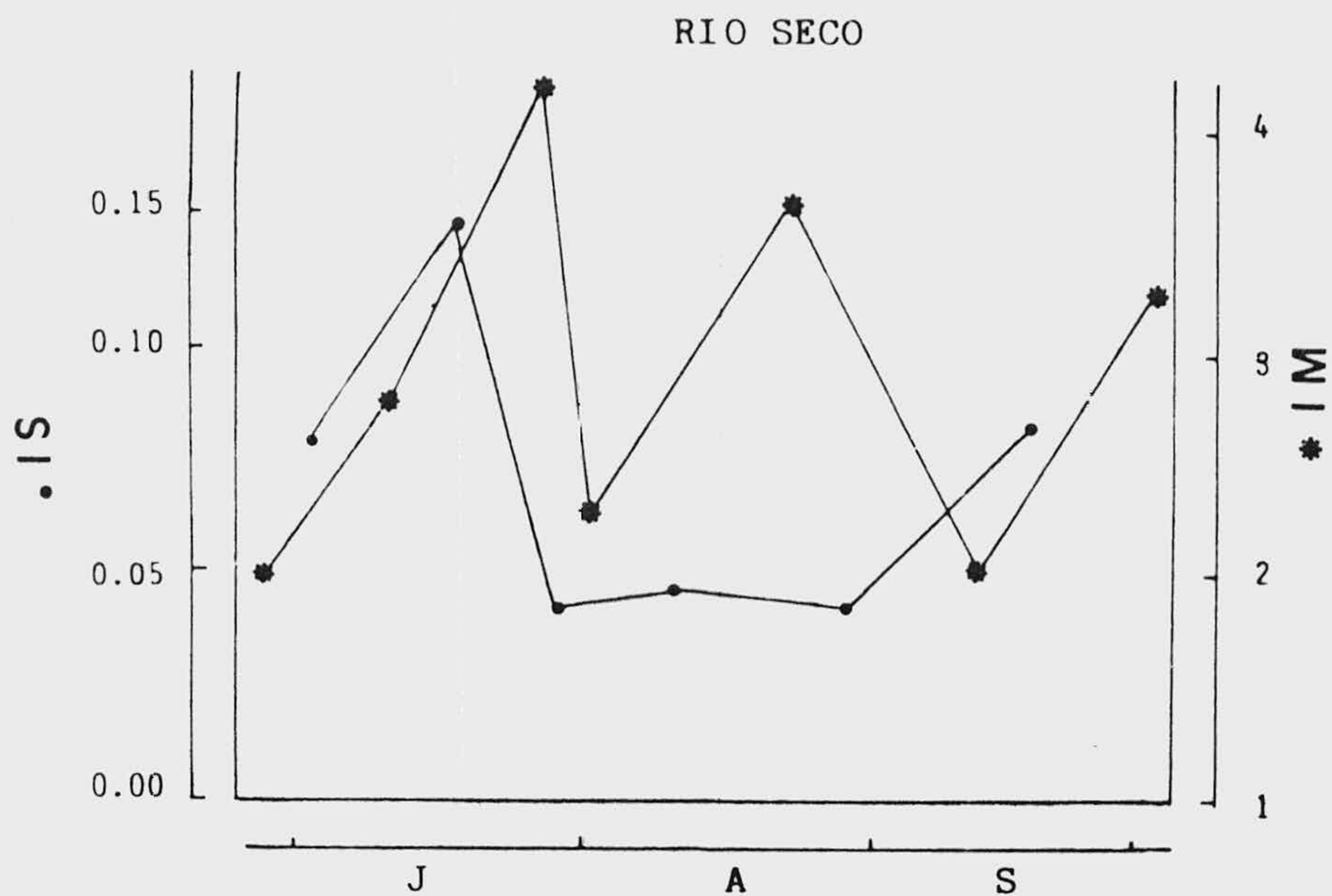
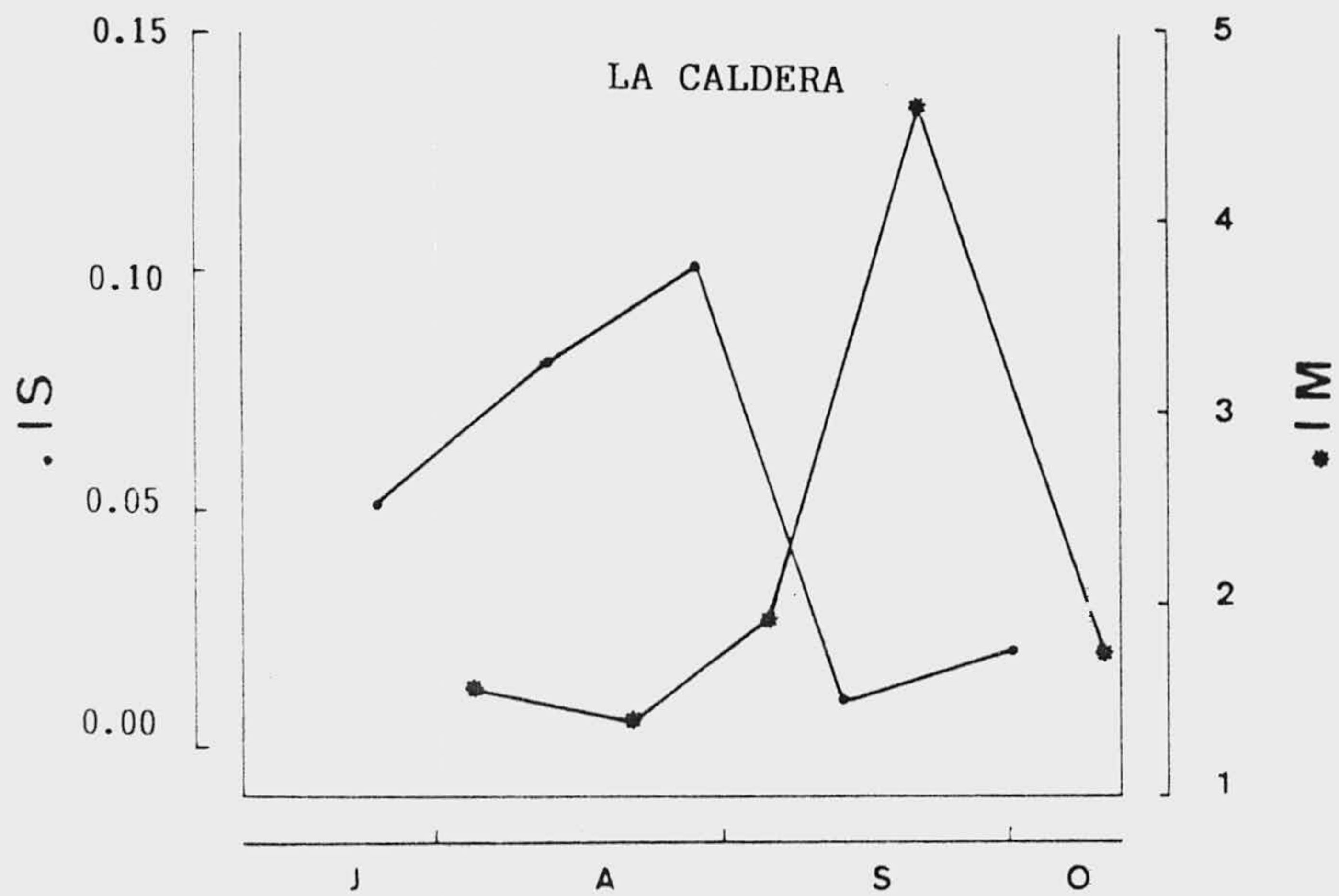
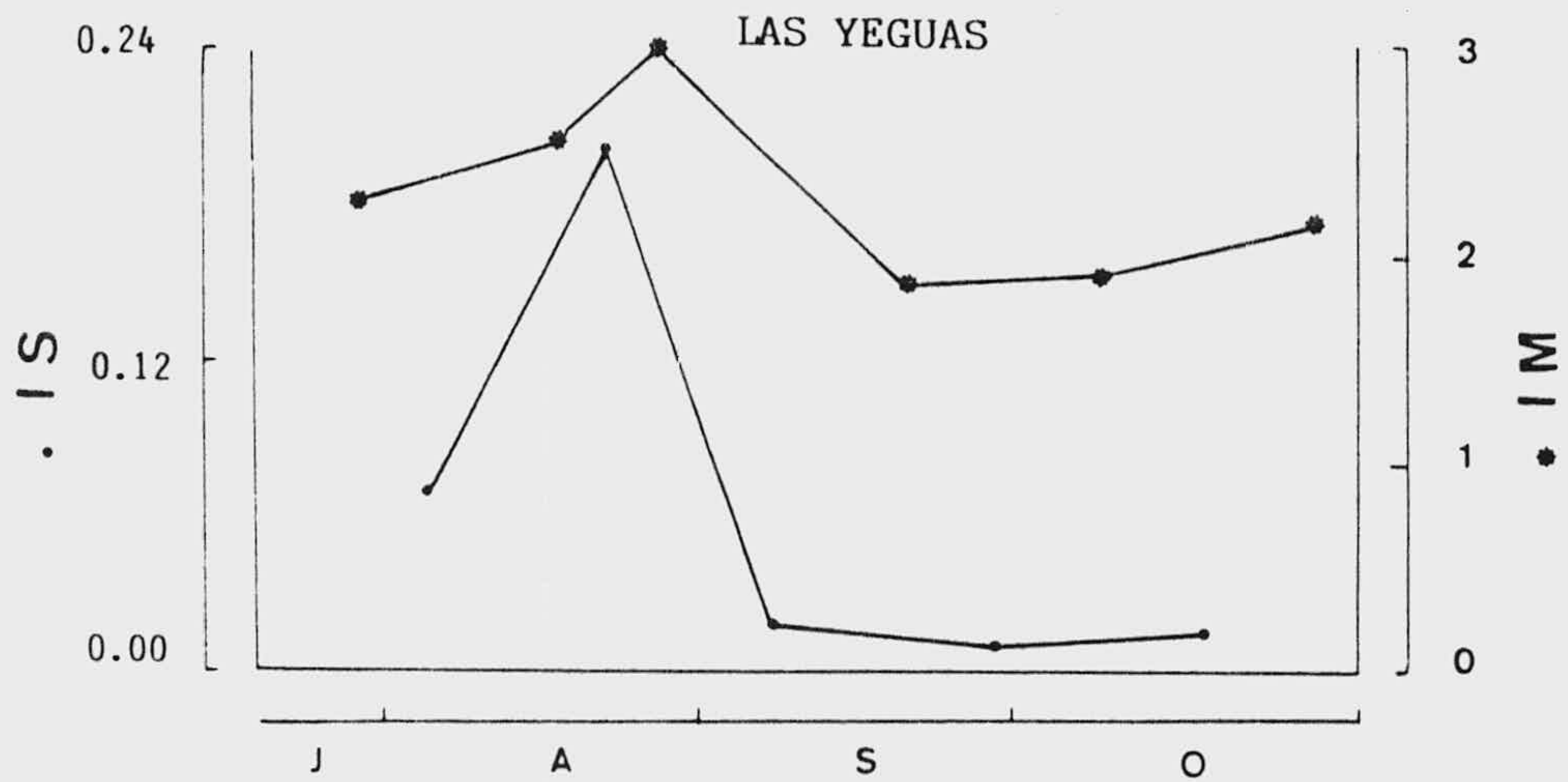


Figura 59.- Comparación de los Indices de Sucesión y de Margalef en las lagunas de Las Yeguas, La Caldera y Río Seco.



Tabla 11.- Valores de clorofila-a e índice de Margalef.

LAGUNAS	CLOROFILA μg Cl/l	INDICE DE MARGALEF
<b>Virgen Media</b>		
01-08-1984	0.90	2.45
17-08-1984	0.56	1.13
77-08-1984	1.18	2.57
19-09-1984	0.83	2.20
09-10-1984	1.18	2.29
26-10-1984	1.45	1.93
<b>Virgen Superior</b>		
23-07-1984	0.42	2.70
17-08-1984	0.32	2.60
27-08-1984	0.21	2.60
19-09-1984	0.21	2.40
09-10-1984	1.10	2.40
26-10-1984	0.20	2.50
<b>Yeguas</b>		
23-07-1984	5.20	2.27
17-08-1984	1.67	2.53
27-08-1984	2.02	3.05
19-09-1984	1.67	1.80
09-10-1984	0.97	1.83
26-10-1984	1.39	2.22
<b>Aguas Verdes</b>		
27-07-1984	0.28	3.80
10-08-1984	0.56	2.00
21-08-1984	0.21	1.83
03-09-1984	0.56	2.84
19-09-1984	1.25	2.87
11-10-1984	1.80	2.41
26-10-1984	2.36	2.41
<b>Río Seco</b>		
25-07-1984	4.45	1.97
10-08-1984	0.59	2.80
24-08-1984	1.88	4.20
03-09-1984	2.30	2.27
21-09-1984	1.25	3.70
11-10-1984	0.83	2.08
02-11-1984	1.00	3.30

Tabla 11.- (Continuación) Valores de los valores de clorofila-a e índice e de Margalef

LAGUNAS	CLOROFILA µg Cl/l	INDICE DE MARGALEF
<b>Río Seco Superior</b>		
10-08-1984	1.10	2.19
24-08-1984	0.97	2.86
03-09-1984	1.09	2.40
21-09-1984	1.59	3.70
11-10-1984	0.35	2.00
02-11-1984	0.97	2.71
<b>Río Seco Inferior</b>		
25-07-1984	4.93	2.20
10-08-1984	6.30	2.30
24-08-1984	2.40	3.00
03-09-1984	5.00	2.26
21-09-1984	1.53	1.73
<b>Caldera</b>		
04-08-1984	0.63	1.56
21-08-1984	0.56	1.38
05-09-1984	0.70	1.90
21-09-1984	0.97	4.60
11-10-1984	0.28	1.75
<b>Gemela</b>		
15-07-1984	0.83	3.00
04-08-1984	0.77	2.36
21-08-1984	1.39	1.70
05-09-1984	4.31	1.90
21-09-1984	1.85	2.85
11-10-1984	1.74	2.30
02-11-1984	6.40	2.35
<b>Majano</b>		
15-07-1984	0.69	3.00
04-08-1984	5.14	3.08
11-08-1984	0.69	2.60
05-09-1984	1.47	2.86
21-09-1984	0.69	2.04
11-10-1984	0.67	2.60
02-11-1984	0.83	2.60

8. CONSIDERACIONES FINALES

En este apartado se pretende realizar una síntesis en la cual se puedan establecer ciertas relaciones generales entre las poblaciones algales del conjunto de las lagunas y sus características físico-químicas.

En la tabla 12 se han ordenado las lagunas en -- cuanto a su concentración de clorofila-a, ofreciendo igualmente las concentraciones de fosfatos, nitratos y silicatos de sus aguas. Del mismo modo se indican los grupos algales mejor representados, así como las especies que participan en mayor grado en sus comunidades fitoplanctónicas.

De acuerdo con MARGALEF (1983) que considera la concentración de  $5 \mu\text{gr Cl/l}$  como límite entre aguas oligotróficas y eutróficas, solo cabría duda para la catalogación de la laguna de Río Seco Inferior, que presenta  $4 \mu\text{gr Cl/l}$  y -- una elevada concentración de fosfatos ( $35 \mu\text{gr P/l}$ ), por lo -- que se podrían clasificar como oligotróficas, aunque algunas tales como Majano, Río Seco y Gemela, presentan una relativa mente alta concentración de fosfatos.

Tabla 12.- Comparación de algunos parámetros abióticos y bióticos estudiados en las lagunas de Sierra Nevada.

Lagunas	Clorofila	PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	SiO <sub>3</sub>	Especies dominantes
Virgen Superior	0.41	3.10	27.5	0.93	Diatomeas: <u>Navicula radiosa</u> , <u>Cymbella parva</u> Cianofíceas: <u>Oscillatoria agardhii</u>
Caldera	0.63	2.60	50.1	0.31	Cianofíceas: <u>Cyanarcus sp.</u> Clorofíceas: <u>Oocystis lacustris</u>
Aguas Verdes	1.00	3.54	12.0	0.59	Diatomeas: <u>Cymbella ventricosa</u> Desmidiaceas: <u>Staurastrum</u> , <u>Cosmarium</u> Chrisofíceas: <u>Chromulina nevadensis</u>
Río Seco Superior	1.00	5.17	31.1	0.54	Clorofíceas: <u>Korshikoviella gracilipes</u> Diatomeas: <u>Cyclotella ocellata</u>
Virgen Media	1.02	2.10	12.6	0.65	Desmidiaceas: <u>Actinotaenium</u> , <u>Cosmarium</u> Chrisofíceas: <u>Chromulina nevadensis</u>
Majano	1.45	10.90	24.6	1.28	Ulotricaceas: <u>Geminella ordinata</u> Clorofíceas: <u>Oocystis solitaria</u> Desmidiaceas: <u>Staurastrum punctulatum</u>
Río Seco	1.70	13.70	37.4	0.66	Clorofíceas: <u>Korshikoviella gracilipes</u> Volvocales: <u>Chlamydomonas coniformis</u>
Yeguas	2.15	3.10	15.4	1.34	Diatomeas: <u>Synedra rumpens</u> Volvocales: <u>Chlamydomonas sp.</u>
Gemela	2.47	13.30	37.8	0.86	Clorofíceas: <u>Chlorangiella pygmaea</u> , <u>Oocystis lacustris</u> , <u>Ankistrodesmus falcatus</u> , <u>Scenedesmus pseudohytrix</u> Cianofíceas: <u>Synechococcus major</u>
Río Seco Inferior	4.00	35.00	36.1	0.77	Clorofíceas: <u>Korshikoviella gracilipes</u> Euglenofíceas: <u>Euglena spirogyra</u>

Se puede observar que las concentraciones medias de clorofila están bien relacionadas con los fosfatos, salvo en el caso de la laguna de las Yeguas, donde con solo 3.1  $\mu\text{gr P/l}$  se consigue un valor medio de concentración de clorofila de 2.15  $\mu\text{gr Cl/l}$ . Observando la población fitoplanctónica de esta laguna, se comprueba que una diatomea: Synedra rumpens domina la comunidad casi en la totalidad de su ciclo, siendo esta laguna, como era de esperar, la que ofrece mayor concentración de silicatos reactivos. Las diatomeas necesitan para su desarrollo un alto valor de la relación Si/P como indica KILHAM, (1984), de aquí que la concentración de fosfatos observada sea suficiente para el desarrollo de su población.

En aquellas lagunas donde se conjugan altos valores de fósforo y nitrógeno, se desarrollan amplias poblaciones de algas verdes, como ocurre en Majano, donde máximos poblacionales más o menos puntuales de Staurastrum punctulatum, Geminella ordinata y Oocystis solitaria dominan la comunidad fitoplanctónica. En la laguna Gemela son las poblaciones de Chloranqiella pygmea y Oocystis lacustris las más abundantes. Las tres lagunas del valle de Río Seco: Río Seco Superior, Río Seco y Río Seco Inferior presentan un fitoplancton extremadamente curioso ya que está constituido por fases libres de un taxon epizoico: Korshikoviella gracilipes. Estas tres lagunas, muy próximas geográficamente y sin comunicación visible entre ellas, deben haber sufrido en el pasado la presión de algún factor externo de enorme fuerza que condicionara la actual semejanza de sus poblaciones fitoplanctónicas. Hemos de señalar que en otra pequeña laguna (laguna del velata), próxima a estas, también hemos observado la presencia de este taxon.

La laguna que presenta una mayor concentración de nitratos es La Caldera, con un valor medio de 50.8  $\mu\text{gr N/l}$ , quizás la presencia de Cyanarcus sp. pueda contribuir, en cierto modo, a explicar esta alta concentración.

Las cianofíceas sólo presentan un desarrollo importante en la laguna de La Caldera, como acabamos de comentar. Ahora bien, hay que señalar la presencia de Oscillatoria planctonica con relativa importancia en la laguna de Río Seco cuando la concentración de nitratos es mínima y en Virgen Superior de O. agardhi. La presencia de Synechococcus maior suele producirse cuando las temperaturas son mínimas, apareciendo en mayor proporción en las lagunas de Gerrela y Majano.

Las crisofíceas nunca las hemos observado formando grandes poblaciones (quizás como resultado del método de muestreo utilizado), sino que constituyen máximos más o menos puntuales a principios de ciclo en las lagunas de La Caldera y Río Seco, mientras que en las lagunas de Aguas Verdes, Virgen Media y Virgen Superior desarrollan poblaciones más estables que suelen alcanzar su máximo desarrollo hacia mediados de ciclo. Las especies de crisofíceas observadas pertenecen a los géneros Chromulina y Ochromonas. En estas situaciones cuando las crisofíceas desarrollan sus máximos poblacionales suelen darse temperaturas frías entre 6 y 7°C (a excepción de Río Seco, 15°C) y a la vez los fosfatos suelen estar presentes en el medio (Caldera, Río Seco, y Virgen Media).

Respecto a las poblaciones de diatomeas, excepto la ya comentada de la laguna de las Yeguas, se suelen desarrollar preferentemente a final y principio de ciclo cuando las temperaturas son bajas. Su relación con los silicatos --

reactivos es evidente ya que en la mayoría de las lagunas -- estos disminuyen, cuando las diatomeas son más abundantes, -- mientras que aumentan en el periodo central cuando las diatomeas o bien desaparecen o sus poblaciones son mínimas.

Como última consideración, en la figura 60 se -- han representado, para las lagunas de las Yeguas, La Caldera, Río Seco y Río Seco Superior la relación de los índices de -- sucesión entre un muestreo y todos los restantes de forma -- que en estas gráficas visualizamos como varía la comunidad en todas las situaciones observadas respecto a una inicial -- de comparación. En los casos de Yeguas y Río Seco (Fig. 60 ) se observa que el muestreo 1 es una situación claramente diferenciada de la que se da en 2 y en 3, al igual que en el -- muestreo 2 la situación es distinta a la observada en 3 y 4, ya que entre todos ellos se producen índices de sucesión superiores a 0.06. En la laguna de La Caldera (Fig. 60 ) esta situación se prolonga hasta el muestreo 4. A partir del muestreo tercero en las dos primeras lagunas los índices de sucesión entre 3-4, 3-5, 3-6 y 3-7 (éste último sólo en Río Seco) son mucho menores, variando entre 0.045 y 0.016 en Río Seco y entre 0.017 y 0.002 en Yeguas; lo que nos indica que en -- ambas lagunas se estructura una comunidad bastante estable, -- fundamentalmente en Yeguas. A partir de aquí todos los muestreos presentan unos índices muy semejantes. En La Caldera -- ocurre una situación semejante, pero a partir del muestreo 4.

En Río Seco Superior (Fig. 60 ) la presencia durante el 5º muestreo de la población de Cyclotella ocellata hace subir el índice de sucesión.

En el resto de las lagunas, donde no domina nin-



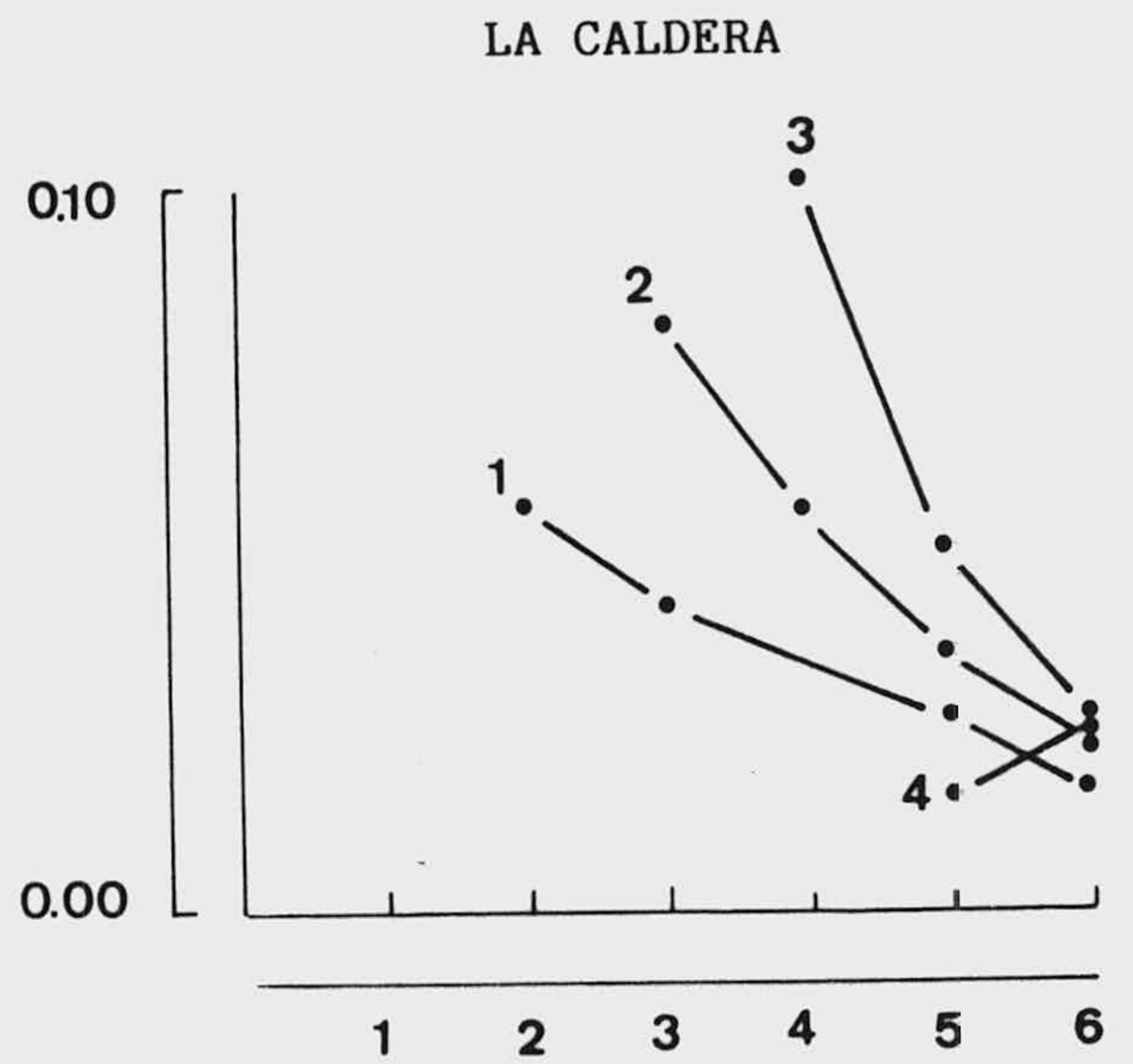
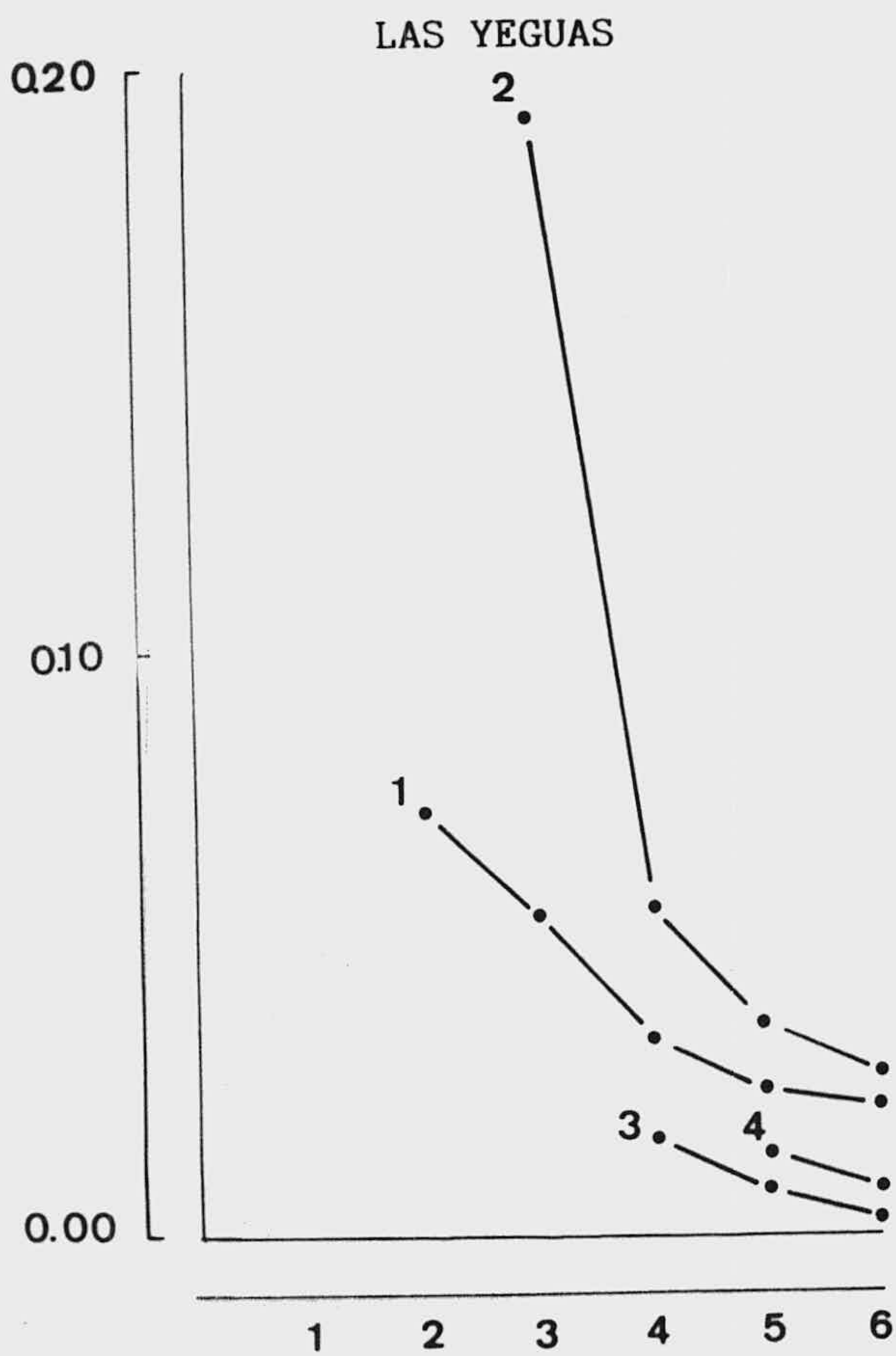
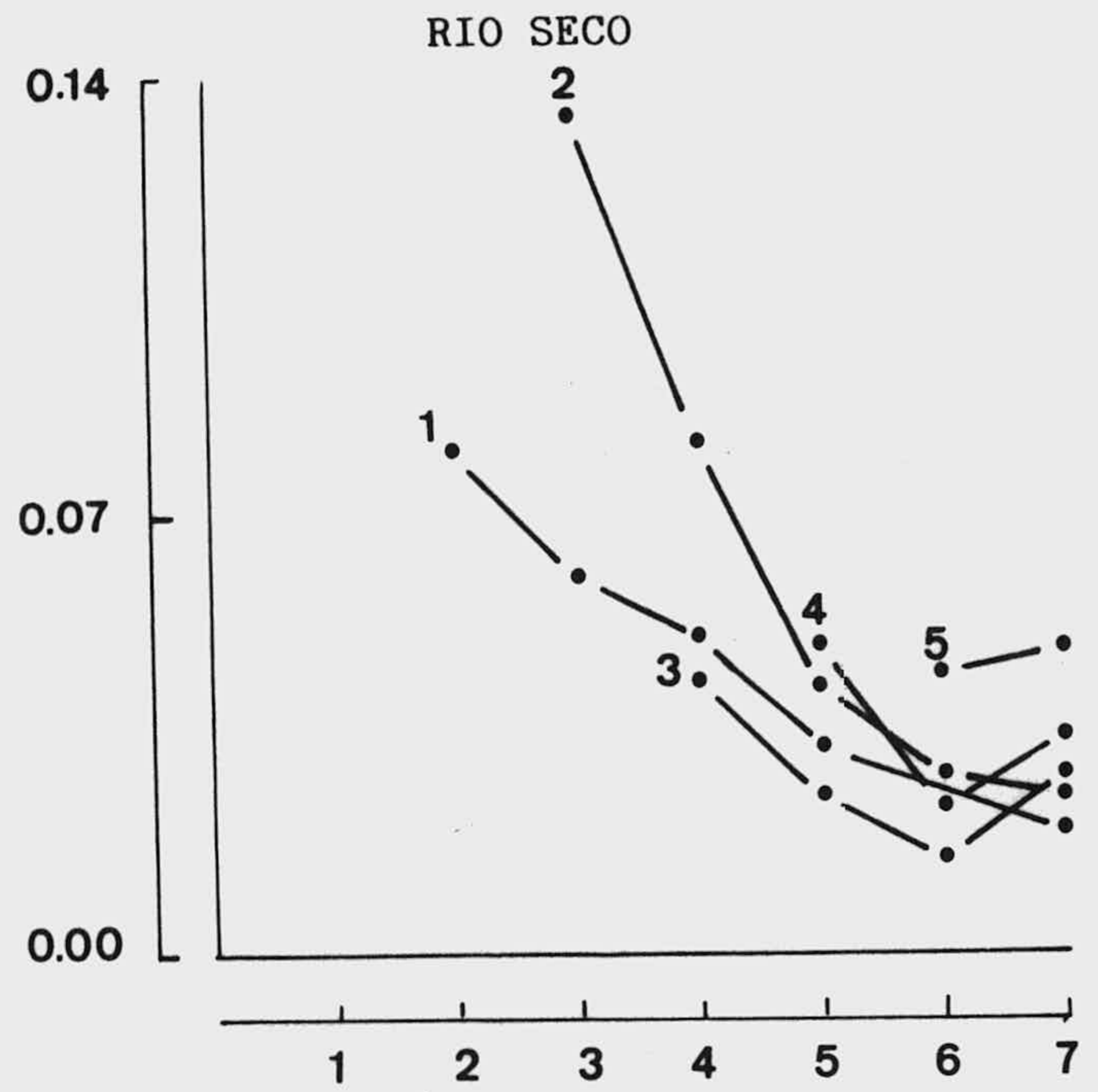
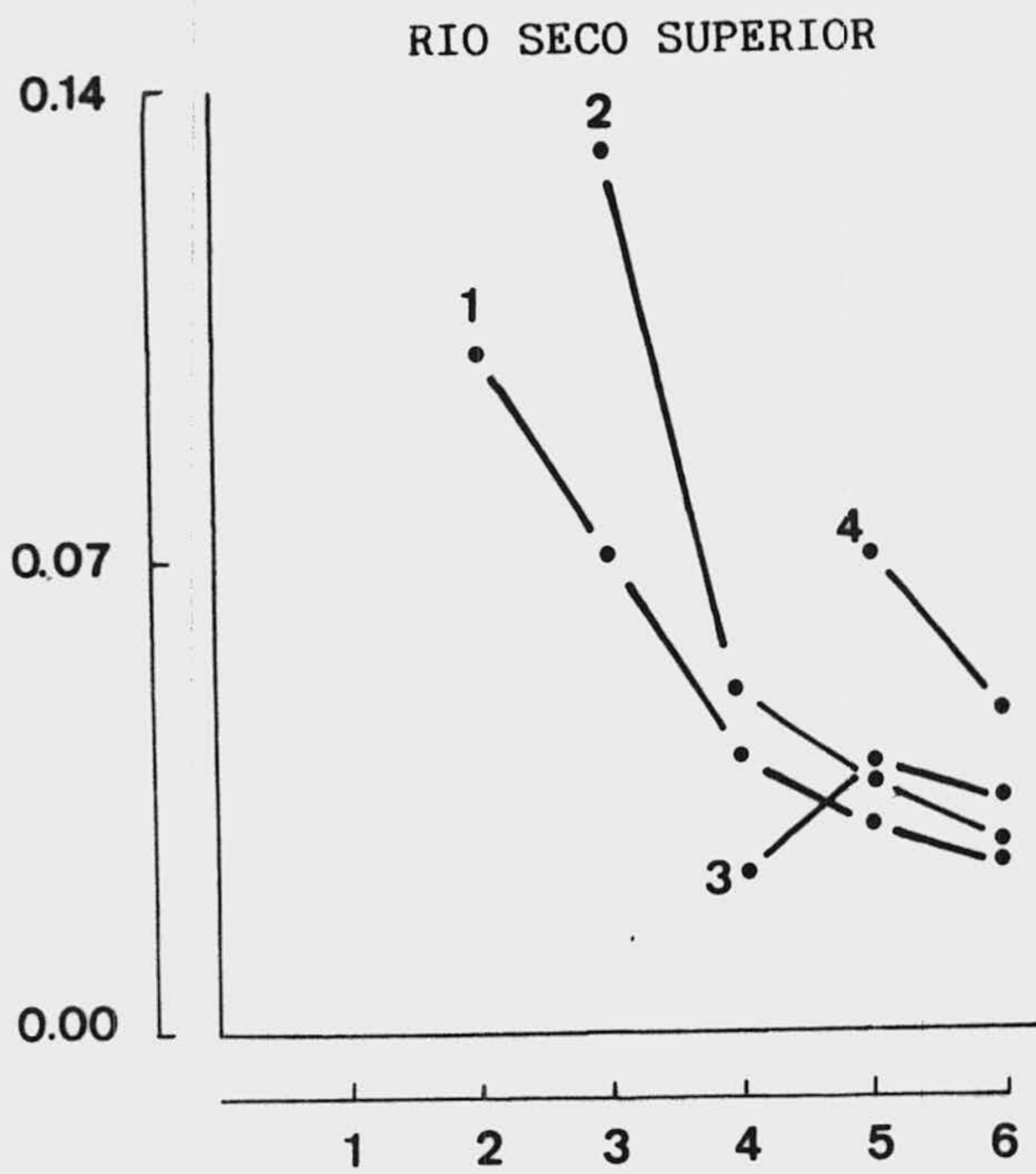


Figura 60.- Comparación de los índices de Sucesión en el conjunto de los muestreos realizados en cada laguna.

guna población a lo largo de la mayor parte del periodo, se observa (Fig. 61 ) como la evolución de los índices presenta un modelo diferente con fuertes pendientes en todos los casos, lo que nos indica una alta tasa de sucesión en todos los momentos.

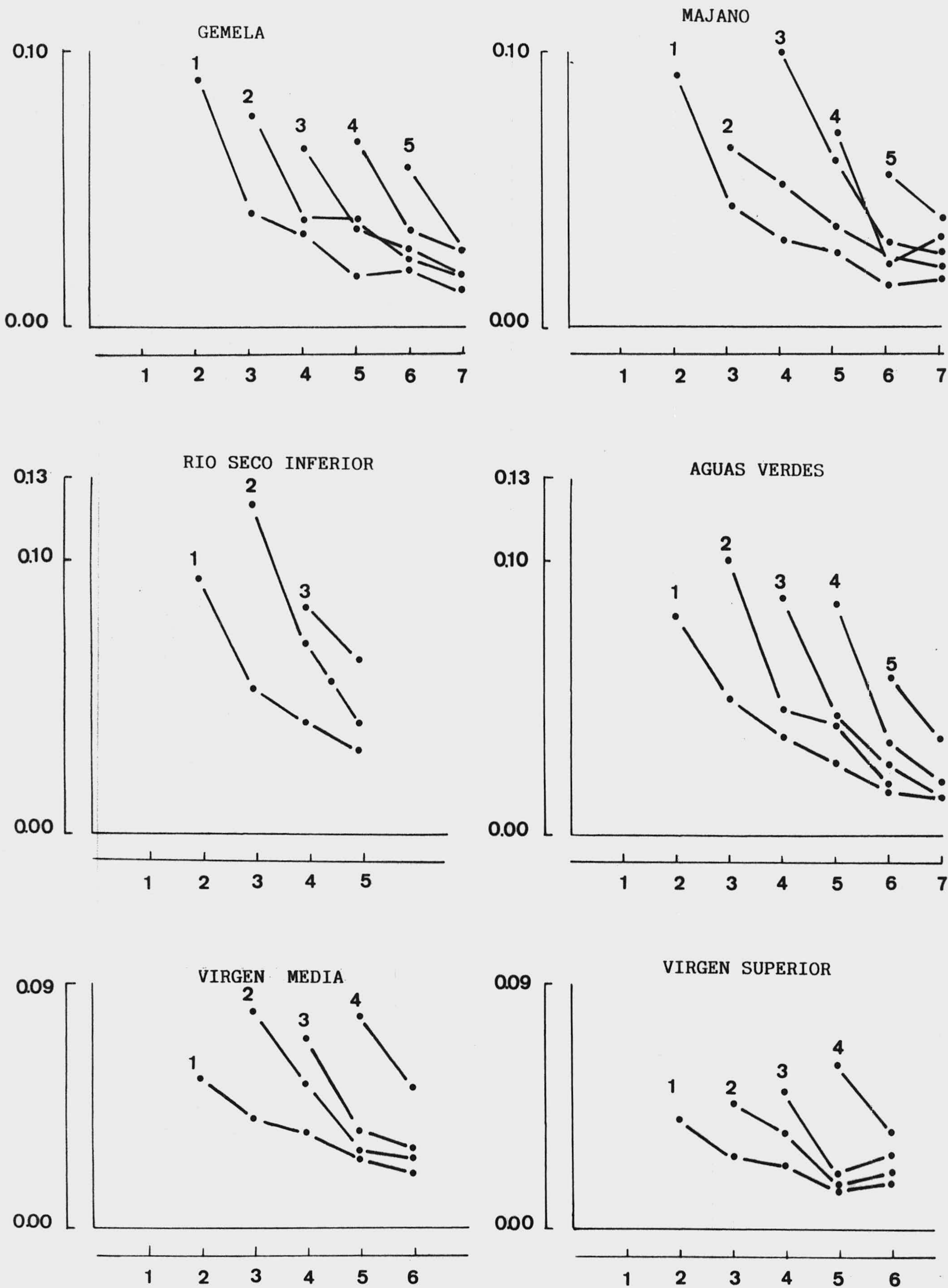


Figura 61.- Comparación de los índices de Sucesión en el conjunto de los muestreos realizados en cada laguna.

Río Seco Superior

	1	2	3	4	5	6
1	.000	.105	.073	.040	.030	.024
2		.000	.134	.051	.037	.029
3			.000	.023	.039	.033
4				.000	.070	.048
5					.000	.074
6						.000

Río Seco

	1	2	3	4	5	6	7
1	.000	.080	.062	.049	.032	.026	.018
2		.000	.133	.083	.042	.027	.024
3			.000	.045	.025	.016	.027
4				.000	.048	.023	.033
5					.000	.044	.047
6						.000	.085
7							.000

Las Yeguas

	1	2	3	4	5	6
1	.000	.074	.057	.035	.026	.021
2		.000	.196	.058	.038	.028
3			.000	.018	.009	.003
4				.000	.015	.009
5					.000	.018
6						.000

La Caldera

	1	2	3	4	5	6
1	.000	.055	.043	.036	.027	.018
2		.000	.081	.056	.036	.021
3			.000	.109	.048	.027
4				.000	.017	.025
5					.000	.041
6						.000

Gemela

	1	2	3	4	5	6	7
1	.000	.089	.040	.034	.020	.021	.014
2		.000	.075	.036	.036	.024	.020
3			.000	.064	.035	.029	.019
4				.000	.069	.035	.027
5					.000	.060	.030
6						.000	.066
7							.000

Majano

	1	2	3	4	5	6	7
1	.000	.091	.046	.032	.029	.014	.018
2		.000	.065	.052	.039	.026	.022
3			.000	.106	.060	.029	.027
4				.000	.070	.026	.033
5					.000	.057	.041
6						.000	.084
7							.000

Río Seco Inferior

	1	2	3	4	5
1	.000	.093	.053	.040	.031
2		.000	.122	.069	.040
3			.000	.084	.065
4				.000	.105
5					.000

Aguas Verdes

	1	2	3	4	5	6	7
1	.000	.080	.050	.038	.030	.017	.015
2		.000	.109	.047	.041	.018	.015
3			.000	.086	.043	.027	.017
4				.000	.084	.034	.021
5					.000	.059	.039
6						.000	.077
7							.000

Virgen Media

	1	2	3	4	5	6
1	.000	.056	.040	.035	.025	.021
2		.000	.080	.053	.029	.027
3			.000	.071	.036	.030
4				.000	.080	.052
5					.000	.094
6						.000

Virgen Superior

	1	2	3	4	5	6
1	.000	.041	.027	.024	.013	.015
2		.000	.045	.035	.014	.020
3			.000	.049	.021	.027
4				.000	.060	.036
5					.000	.073
6						.000

Tabla 13.- Matrices de los valores del índice de sucesión entre todos los muestreos de cada una de las lagunas estudiadas. (Representación gráfica en las figuras 60 y 61).

## 9 . C O N C L U S I O N E S

## A. ESTUDIO FISICO Y QUIMICO

1.- Las características morfométricas así como el aporte hídrico, condicionan un régimen térmico que diferencia dos grupos de lagunas: Aguas Verdes, La Caldera, Virgen Superior y Las Yeguas, que no suelen superar los 15°C de temperatura, y las de Gemela, Majano, Río Seco, Río Seco Inferior, Río Seco Superior y Virgen Media que alcanzan valores entre 15 y 21°C.

2.- La concentración de oxígeno es alta, como es general en los lagos de alta montaña, estando comprendida entre valores de 7 y 8.18 mg O<sub>2</sub>/l, del mismo modo el porcentaje de saturación alcanza valores entre 93-103%.

3.- En todas las lagunas el agua presenta un pH neutro o débilmente ácido, así como una baja reserva alcali-

na, cuyos valores medios oscilan entre 0.09 y 0.56 meq/l.

4.- La concentración de nitratos es baja en todos los casos, alcanzándose el valor medio más alto en la laguna de La Caldera :  $50.8 \mu\text{g}.\text{NO}_3/\text{l}$ . Los valores de ortofosfatos son menores en aquellas lagunas de temperaturas más bajas, oscilando entre 2.6 y  $3.5 \mu\text{g}.\text{PO}_4/\text{l}$ ., mientras que en Río Seco Inferior se obtiene un valor medio de  $35 \mu\text{g}.\text{PO}_4/\text{l}$ . Sólo en la laguna de Las Yeguas se han medido altos valores de silicatos:  $1.34 \text{ mg}.\text{Si}/\text{l}$ .

5.- El análisis de componentes principales pone de manifiesto la relativa homogeneidad de todas las lagunas, destacándose fundamentalmente Río Seco Inferior, y en menor grado Río Seco y Gemela por su alta concentración de ortofosfatos y elevados valores de temperatura; así como la laguna de La Caldera por su relativamente alta concentración de nitratos.

## B. ESTUDIO DE LA FLORA

6.- Se han registrado un total de 172 táxones, 26 pertenecientes a la división Cyanophyta, 4 a la división Pyrrrophyta, 7 a la división Euglenophyta, 62 a la división Chromophyta y 73 a la división Chlorophyta.

7.- Se citan por primera vez para la ficoflora española 20 táxones, de entre los que destacamos Trachelomonas verrucosa var. macrotuberculata y Achnanthes austriaca como elementos de distribución alpina, mientras que Eunotia pseudopectinalis y Actinotaenium adelochondrum var. kriegeri muestran un comportamiento ártico-alpino.

8.- Se describen por primera vez 5 táxones, uno a nivel específico: Chromulina nevadensis y 4 a nivel varietal: Trachelomonas acanthostoma var. rugulata, Cosmarium pseudo--bengalense var. europaeum, Euastrum denticulatum var. caba--lleroi y Staurastrum spongiosum var. mulhacensis, éste último descrito pero no publicado por Gonzalez Gurrero. Del mismo modo se establece una combinación nueva: Eunotia pseudo--pectinalis var. vasconiensis.

9.- Se pone de manifiesto el ciclo de vida del -- taxon epizóico Korshikoviella gracilipes, siendo oogámica -- su reproducción sexual.

#### C. ESTUDIO DE LAS COMUNIDADES

10.- Los índices de diversidad se encuentran comprendidos, en la mayoría de los casos, entre valores de 2 y 3 bit/individuo, registrándose los más altos durante los primeros muestreos, cuando aún no se ha estructurado la comunidad y , en las lagunas someras de gran influencia litoral -- por el aporte continuo de táxones ticoplanctónicos.

11.- La estructura de la comunidad fitoplanctónica es específica para cada laguna, aunque en determinadas -- ocasiones se observan significativas similitudes florísticas, tales como las observadas entre las lagunas de Aguas Verdes y Virgen Media, entre las del valle de Río Seco y entre las de Gemela y Majano. Son de destacar las comunidades fitoplanctónicas de las lagunas de La Caldera, Las Yeguas y las del valle de Río Seco, que están dominadas por una sola especie durante una parte de su ciclo: Cyanarcus sp. en la primera, -- Korshikoviella gracilipes en las de Río Seco y Synedra rum--pens en Las Yeguas.



12.- Los índices de sucesión son altos en todas las lagunas, lo que pone de manifiesto el gran dinamismo de las poblaciones fitoplanctónicas, sólo se producen valores bajos de éste índice en las lagunas de La Caldera, Río Seco y Las Yeguas, cuando se registran los máximos de dominancia.

13.- Los valores de clorofila-a, se sitúan dentro del rango general de los observados para lagos oligotróficos, si bien la laguna de Río Seco Inferior, con un valor medio de 4  $\mu\text{g.Cl}/\text{l}$ . se puede considerar en el límite de estos valores.

14.- Se puede establecer una relación directa entre factores abióticos, bióticos y de producción primaria -- expresados en concentración de clorofila, observándose que en las lagunas donde se detectan mayores valores de clorofila, las poblaciones predominantes son de cloroficeas y los valores de concentración de ortofosfatos son elevados.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUILAR RUIZ, J.; VARO ALCALA, J. & M.C. MORALES TORRES (1972). Estudio de las turberas del Barranco de San Juan (Sierra Nevada). Trab. Dep. Univ. Granada 1: 7-20.
- ALLORGE, P.(1922). Les associations vegetales du vexin français. Revue generale de Botanique, 34: 31-701
- ALLORGE, P. & E. MANGUIN (1941). Algues d'eau douce des Pyrenées basques. Bull. Soc. Bot. France, 88: 159-191
- ALVAREZ COBELAS, M. (1984 a). Catálogo de las algas continentales españolas, II. Craspedophyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae, Pinophyceae, Euglenophyceae, Haptophyceae, Phaeophycidae, Rhodophyceae, Xanthophyceae. Acta Bot. - Malacitana, 9: 2740.
- ALVAREZ COBELAS, M.(1984 b). Catálogo de las algas continentales españolas, III Zygothryceae Widder 1960. Collet. Bot., 15: 17-37.
- ALVAREZ COBELAS, M. & A. ESTEVEZ GARCIA (1982). Catálogo de las algas continentales españolas, I. Diatomophyceae - Rabenhorst 1984. Lazaroa, 4: 269-285.

- ALVAREZ COBELAS, M. & T. GALLARDO (1986). Catálogo de las algas continentales españolas. IV. Chlorophyceae Wille - in Warming 1884. Prasinophyceae T. Christensen ex Silva 1980. Acta Bot. Malacitana, 11: 17-38.
- ANDERSON, R.S. (1970). Physical and Chemical limnology of -- two mountain lakes in Banff National Park, Alberta. -- Journ. Fish. Res. Bd. Canada 27: 233-249.
- ASCHMANN, H. (1984). A restrictive Definition of Mediterranean climates. Bull. Soc. bot. Fr. 131. Actual. bot., (2/3/4): 21-30.
- A.S.T.M. (1978). Standard Test Method for Nitrate ion in water. American National Standard: 502-503.
- AXLER, R.P.; G.W. REDFIELD & C.R. GOLDMAN (1981). The importance of regenerated Nitrogen to phytoplankton productivity in a subalpine Lake. Ecology 62(2): 345-354.
- BACHMAN, A. (1913). Planktonproben aus Spanien, gesammelt -- von Prof. Dr. Halbfab. Ber. Deut. Bot. Ges. 31: 183-188.
- BALVAY, G. (1972). L'évolution de la biocénose planctonique du lac d'Annecy. Ann. Hydrobiol., 3(2): 93-116.
- BALVAY, G. & B. BLAVOUX (1981). Le grand lac Jovet (Haute-Savoie), milieu oligotrophe de haute montagne. Revue de Géographie Alpine, 69(3): 421-442.
- BARICA, J. & F.A.J. ARMSTRONG (1971). Contribution by snow to the nutrient of Ontario Lakes. Limn. & Ocean. 16: 891-899.
- BARICA, J.; GIBSON, J. & W. HOWARD (1983). Feasibility of -- snow clearing to improve dissolved oxygen conditions. Can. Journ. Fish. Aquat. Scienc. 40(9): 1526-1531.

- BELLOC, E. (1892). Aperçu général de la Végétation Lacustre dans les Pyrénées. Assoc. Française pour le Avancement des Ciencias. Congrès de Pau: 88-92.
- BOHR, R. (1973). Phytosociology of periphyton. Pols. Arch. - Hydrobiol., 20(1): 185-188.
- BOURRELLY, P. (1954). Recherches sur les Chrysophycées. Thèses. Paris.
- BOURRELLY, P. (1968-1972). Les algues d'eau douce 3 vol. Ed. N. Boubée & Cie. Paris.
- CABALLERO, F. (1944). Algas del macizo de Gredos. Anales Jard. Bot. Madrid 5(2): 345-364.
- CABALLERO, F. (1950). Algas del Macizo de Gredos (2ª parte). Anales Inst. Bot. Cavanilles 10(1): 231-260.
- CAPBLANCO, J. (1972). Phytoplankton et productivite primaire de quelques lacs d'altitude dans les Pyrenées. Annales de Limnologie 8(3): 231-321.
- CAPBLANCO, J. & H. LAVILLE (1968). Etude morphometrique et physico-chimique de neuf lacs du massif de néouville - (Hantes-Pyrenées). Annales de Limnologie 4(3): 275-324.
- CARPENTER, J.H. (1965). The accuracy of the Winkler method - for dissolved oxygen analysis. Limnol. Oceanogr., 10(1): 135-140.
- CARR, N.G. & B.A. WHITTON (1973). The biology of Blue-Green algal. Ed. Blackwell. Oxford.
- CARTER, J.R. (1970). Diatoms from Andorra. Beihefte zur N. - Hedwigia, 31: 605-632.
- CRUZ PIZARRO, L. (1981). Estudio de la comunidad zooplanctó-

- nica de un lago de alta montaña (La Caldera, Sierra Nevada, Granada). Tesis Doctoral. Univ. Granada.
- DEFLANDRE, G. (1925). Note sur la flore algologique de deux localites alpines. Bull. Soc. Bot. France. 72: 373-393.
- DELL'UOMO, A. (1975). La Flora e le associazioni algalu della Sorgente di Salomone (Anterselva, Bolzano). Facies estiva. Giornale Botanico Italiano, 109(4-5): 257-271.
- DELL'UOMO, A. (1978). Alcune Desmidiaceae raccolte nella torbiera del Tonale. Studi Trentini di Scienze Naturali, 55: 11-15.
- DELL'UOMO, A. (1981). Desmidiaceae della Torbiera del Vedes (Trento). Giornale Botanico Italiano, 115(4-5): 175-188.
- DELL'UOMO, A. & A. CICCOTTI (1977). Le alghe e le associazioni algali reofile del Torrente Ussita. Rivista di Ictobiologia, 16(1/2): 55-73.
- DELL'UOMO, A.; TATICCHI, M.I. & O. TIBERI (1980). Studio idrobiologico del Lago Bianco (Parco Nazionale dello Stelvio). Quaderni del Parco Nazionale dello Stelvio, 2: 59-95.
- DROUET, F. (1968). Revision of the classification of the Oscillatoriaceae. Monogr. Acad. nat. Sci., Philadelphia, 16: 1-341.
- DROUET, F. & W.A. DAILY (1956). Revision of the cocoid Myxophyceae. Butler Univ. Bot. Stud., 10: 1-218.
- DUTHIE, H.C. (1979). Limnology of subarctic canadian lakes -- and some effects of impoundment. Arctic and Alpine Research 11(2): 145-158.

- EJSMONT-KARABIN, J. (1983). Ecologicals characteristics of -- lakes un North-Eastern Poland versus their trophic-gra dient. Ekologia Polska, 31(2): 411-427.
- ERGASHEV, A.E. (1979). The origin and typology of the central Asian Lakes and their algal Flora. Int. Rev. ges. Hy-- drobiol 64(5): 629-642.
- FALLOT, P. (1948). Les Cordellères Bétiques. Est. Geol. 4: 83 -172.
- FERRARI, I.; BELLAVERE, C.; CAMURRI, L. & M. CASTELLANI. (1975). Limnologie fisica e chimica e contenuti di clorofilla-a nel fitoplancton di un lago di montagna, el lago Sarto Parmese. Rivista di Idrobiologia, 14(1/2): 13-49.
- FORSTER, K. (1982). Conjugatophyceae. In: Das Phytoplankton des Sübwassers. vol. 8(1). Stuttgart.
- FOTT, B. (1968). Cryptophyceae, Chloromonadophyceae, Dinophy ceae. In: Das Phytoplankton des Süswasser, vol 3(2). Stuttgart.
- FOTT, B. (1972). Tetrasporales In: Das Phytoplankton des Süss wassers. vol. 6 Stuttgart.
- GAIRAL, P. (1954). Recherches phytolimnologiques au Maroc. - These. Faculte des Sciences. Univ. Paris.
- GAUTHIER-LIEVRE, L. (1963-1964). Oedogoniacées Africaines. Ed. Cramer. Stuttgart.
- GEITLER, L. (1925). Cyanophyceae. In: Die Süswassero-Flora, vol. 12. Jena.
- GEITLER, L. (1932). Cyanophyceae. In: Dr. L. Rabenhorst's -- Kryptogamen-Flora. Leipzig.

- GEMEINHARDT, K. (1939). Oedogoniales In: Dr. L. Rabenhort's Kryptogamen-Flora. Leipzig.
- GIL GARCIA, J.A. (1978). Estudio briosociológico de la comunidad higro-hidrofilas de Sierra Nevada. Tesis Doctoral. Granada.
- GOLTERMAN, H.L. & R.S. CLYMO (1969). Methods for chemicals analysis of fresh-water I.B.P. Hand book nº8. Ed. Blackwell Oxford.
- GONZALEZ GUERRERO, P. (1927). Contribución al conocimiento - ficologico del Pirineo español. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., 27: 343-346.
- GONZALEZ GUERRERO, P. (1929). Nuevos datos sobre el plancton hispanomarroquí I, II. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. 29 :251-254, 361-364.
- GONZALEZ GUERRERO, P. (1942). Algas del Norte y Centro de España. Anales Jard. Bot. Madrid 3: 265-278.
- GONZALEZ GUERRERO, P. (1949). Algas del rio Tinto. Anales - Jard. Bot. Madrid 9: 111-128.
- GONZALEZ GUERRERO, P. (1950). Algas y cianofíceas de la sierra de Gerês, I. Agronomia lusitánica, 12: 15-79.
- GONZALEZ GUERRERO, P. (1965). Algas de la Silice (Guadarrama). Anales Inst. Bot. Cavanilles 23: 93-103.
- GONZALEZ GUERRERO, P. (1975). Los ficotopos de la Alta Alpujarra (Granada). Trab. Dep. Bot. Univ. Granada 3(1): 61-85.
- GONZALEZ GUERRERO, P. (1976). Los ficotopos de la Alta Alpujarra (Granada). Trab. Dep. Bot. Univ. Granada 3(2):



163-201.

- GONZALEZ GUERRERO, P. (1981). Algas de la orotopia elevada - española (Cerro del Mulhacén). Sierra Nevada en Granada (España). Inédito.
- GOLDMAN, C.R. & CARTER, R.C. (1955). Investigations by rapid carbon-14 bioassay of factors affecting the cultural eutrophication of Lake Tahoe, California-Nevada. J. Water Pollut. Contr. Fed. 37: 1044-1059.
- GROBLAND, R. (1921). New Desmids from Finland and Northern - Russia with critical remarks on some known species. Acta Societas pro Fauna et Flora Fennica 49(7): 1-78.
- GROTERUD, O. (1972). Nutrients in ice. Some data from a high Verein. Limnol., 18: 327-333.
- GUINOCHET, M. (1936). Algues d'eau douce récoltées au cours de la session de la Société botanique de France en Corse (août 1930). Bull. Soc. Bot. Fr. 83: 508-524.
- HICKEL, B. (1973). Phytoplankton in two Ponds in Kathmandu - Valley (Nepal). Int. Revue ges. Hydrobiol., 58(6): 835-842.
- HIRANO, M. (1953). The Alpine Desmids from the Japanese Alps. 1 y 2. Botanical magazine 66: 125-134.
- HIRANO, M. (1954). The Desmid-flora of the Nasu Volcanic Range. Japanese Journal of Botany, 14(2): 215-234.
- HIRANO, M. (1955). Flora Desmidiarum Japonicarum. I. Contr. Biol. Labor. Kyoto Univ., 1: 1-56.
- HIRANO, M. (1956). Flora Desmidiarum Japonicarum. II. Contr. Biol. Labor., Kyoto Univ., 2: 57-106.

- HIRANO, M. (1959 a). Flora Desmidiarum Japonicarum V. Contr. Biol. Labor, Kyoto Univ. 7: 226-301.
- HIRANO, M. (1959 b). Flora Desmidiarum Japonicarum. VI. Contr. Biol. Labor, Kyoto Univ., 9: 302-386.
- HIRANO, M. (1960). Flora Desmidiarum Japonicarum VII. Contr. Biol. Labor, Kyoto Univ. 11: 387-474.
- HIRANO, M. (1966). Fresh-water algae of Karakoram and Swat-Himalaya. Scientific Expedition to the Karakoram and Hindu Kush vol. VIII.
- HIRANO, M. (1969). Freshwater algae from Langtang Himal, Nepal Himalaya. Contribution from the biological Laboratory Kyoto University , 22: 1-42.
- HIRANO, M. (1972). Diatoms from the Hida Mountain Range in the Japan Alps. Contributions from the Biological Laboratory Kyoto University, 24(1): 9-30.
- HIRANO, M. (1983). Fresh-water algae from Bhutan. Study Reports of Baika Junior College , 31: 171-183.
- HUBER-PESTALOZZI, G. (1942 a). Chrysophyceen, Farblose Flagellaten. Heterokontem. In: Das Phytoplankton des Süßwassers, vol. 2(1). Stuttgart.
- HUBER-PESTALOZZI, G. (1942 b). Diatomeen. In: Das Phytoplankton des Süßwassers. vol. 2. Stuttgart.
- HUBER-PESTALOZZI, G. (1961). Volvocales. In: Das Phytoplankton des Süßwassers. vol. 5. Stuttgart.
- HUSTEDT, F. (1930a). Bacillariophyta (Diatomeae) In: Die Süßwasser-Flora. Mitteleuropas vol. 10. Jena.
- HUSTEDT, F. (1930b). Die Kieselalgen (1) In: Dr. L. Rabenhorst's

Kryptogamen-Flora. Bremen.

- HUSTEDT, F. (1939). Diatomeen aus den Pyrenäen. Ber. dez. --  
Deutsche Bot. Gesellschaft. 56: 543-571.
- HUSTEDT, F. (1959). Die Kieselalgen (2). In: Dr. L. Raben--  
horst's Kryptogamen-Flora. Bremen.
- HUSTEDT, F. (1961-1966). Die Kieselalgen (3). In: Dr. L. Ra-  
benhorst's Kryptogamen-Flora. Bremen.
- HUTCHINSON, E. (1957). A treatise on limnology I. Geography,  
physics and chemistry. J. Wiley and Sons. New York.
- HUTCHINSON, E. (1967). A treatise on limnology II. Introduc-  
tion to lake biology and the limnoplankton. J. Wiley -  
and Sons, New York.
- I.G.M.E. (1980). Mapa geológico de España. Güejar-Sierra. Ma-  
drid.
- KALFF, J.; H.E. WELCH & S.K. HOLMGREN (1972). Pigment cycles  
in two high-artic canadian lakes. Verh. Internat. Lim-  
nol, 18: 250-256.
- KAWECKA, B. (1980). The ecological Characteristics of Diatom  
Comunities in the Mountains Stream of Europe. Gth. Dia-  
tom-Symposium 425-434.
- KILHAM, S.S. (1984). Silicon and phosphorous growths kinetics  
and competitive interactions between *Stephanodiscus mi-  
nutus* and *Synedra* sp. Verh. Internat. Verein. Limnol,  
22: 435-439.
- KILHAM, S.S. & P. KILHAMAN (1982). The importance of resource  
supplyrates in determining phytoplankton community struc-  
ture. In: Trophic interations within Aquatic ecosystems.

- Ed. D-G. MEYERS & J. R. STRICKLER. AAAS Selected Symposium 85.
- KOMAREK, J. & B. FOTT (1983). Chlorococcales. In: Das Phytoplankton des Süßwassers. vol. 7(1). Stuttgart.
- KOSSINSKAJA, C. (1936). Desmidien der arktis. Acta Instituti Botanici Academiae Scientiarum URSS 2(3): 401-440.
- KRIEGER, W. (1937). Die Desmidiaceen. In: Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora. Leipzig.
- KRIEGER, W. (1938). Süßwasseralgen aus Spitzbergen (Conjugatae und Chlorophyceae). Ber. Dt. bot. Ges. Berlin 56: 55-72.
- KRIEGER, W & J. GERLOFF (1962-1969). Die Gattung Cosmarium - 3 vol. Ed. Cramer weinheim und Lehre.
- LAMPERT, W. (1964). Climatic conditions and planktonic interactions as factors controlling the regular succession of spring algal bloom and extremely clear lake Constance. Verh. Internat. Verein. Limnol. 20: 969-974.
- LARSON, G.L. (1973). A limnology study of a High Mountain lake in Mount Rainier Park, Washington State, USA. Arch. Hydrobiol. 72(1): 10-48.
- LEFEURE, M. (1932). Monographie des especes d'eau douce du genre Peridinium Ehrb. Archives de Botanique, 2.
- LEGNEROVA, J. (1969). The systematic and ontogenesis of the genera Ankistrodesmus and Monoraphidium gen. nov. Studies in Phycology: 75-144.
- LEWIS, W.M. (1978). Analysis of succession in a tropical phytoplankton community and a new measure of succession -

- rate. The American Naturalist 112: 401-414.
- LIERE, L. & L.R. MUR (1980). Occurrence of *Oscillatoria agar dhii* and some related species, a survey. Developments in Hydrobiology, 2: 67-77.
- LINGEMAN, R.; FLIK, B. & J. RINGELBERG (1975). Diel and annual oxygen regimens in a Small lake. Hydrobiological Bulletin, 9(1): 35-44.
- LOFFLER, H. (1964). The limnology of tropical high-mountain lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol, 15: 176-193.
- LOFFLER, H. (1969). High altitude lakes in Mt. Everest region. Verh. Internat. Verein. Limnol. 17: 373-385.
- LOWE, R.L. & J.P. KOCIOLEK (1984). New and Rare Diatoms from Great Smoky Hountains National Park. Nova Hedwigia 39: 465-476.
- MAEDA, O. & S.E. ICHIMURA (1973). On the High density of a phytoplankton population found in a lake under Ice. -- Int. Revue ges. Hydrobiol, 58: 673-685.
- MALUEG, K. & al. (1972). Limnological observation on an ultra-oligotrophic lake in Oregon, USA. Verh. Internat. Verein Limnol. 20: 292-302.
- MARGALEF, F. (1946). Contribución al conocimiento hidrobiológico del pais vasco-navarro (Sierra de Aralar). In: "Aportacion al estudio de la flora y fauna vasco-navarras (Sierra de Aralar)": 7-44. Estacion de Estudios Pirenaicos. Zaragoza.
- MARGALEF, R. (1947). Estudios sobre la vida en las aguas continentales de la región endorreica manchega. P. Inst.

- Biol. Apl. 4: 5-51.
- MARGALEF, R. (1948). Flora, fauna y comunidades bióticas de las aguas dulces del Pirineo de la Cerdeña. Estación de estudios pirenaicos, 11.
- MARGALEF, R. (1949). Las asociaciones de algas en las aguas dulces de pequeño volumen del noreste de España. Vegetatio 1(4-5) : 258-285.
- MARGALEF, R. (1949). Datos para la hidrobiología de la Sierra de Guadarrama. P. Inst. Biol. Apl. 6: 5-21.
- MARGALEF, R. (1950). Datos para la hidrobiología de la cordillera cantábrica, especialmente del macizo de los Picos de Europa. P. Inst. Biol. Apl. 7: 37-76.
- MARGALEF, R. (1952). La vida en las aguas dulces de Andorra Primer congreso internacional del Pirineo. Instituto de Estudios pirenaicos. Zaragoza.
- MARGALEF, R. (1953a). Materiales para la hidrobiología de la isla de Mallorca. P. Inst. Biol. Apl. XV 5-111.
- MARGALEF, R. (1953b). La vida en los lagos de alta montaña de los Pirineos. Pirineos 14: 5-31.
- MARGALEF, R. (1956). Algas de agua dulce del NW de España. - Publ. Inst. Biol. Apl. 22: 43-152.
- MARGALEF, R. (1964). Correspondence between the classic types of lakes and the structural and dynamic properties of their populations. Verh. int. Ver. Limnol. 15: 169-175.
- MARGALEF, R. (1968). Perspectivas de la teoría ecológica. Ed. Blume ecología. Barcelona.
- MARGALEF, R. (1974). Ecología. Ed. Omega. Barcelona.

- MARGALEF, R. (1983). Limnología. Ed. Omega. Barcelona.
- MARGALEF, R.; VILASECA, J.M.; CAMPAS, L. & M.R. MIRACLE (1975) Introducción al estudio de los lagos pirenaicos. Naturalia hispanica 4.
- MARGALEF, R.; PLANAS, M.D.; ARMENGOL, J.; VIDAL, A.; PRAT, N.; GUISSSET, A.; TOJA, J. & M. ESTRADA (1977). Limnología de los embalses españoles. M.O.P.U. Madrid.
- MARTINEZ, R. (1975). First report on the limnology of the alpine lake La Caldera in the Penibetic mountains (S.Nevada, Granada, Spain). Verh. Internat. Verein. Limnol. 19: 1133-1139.
- MARTINEZ, R. (1977). Phytoplankton species, biomass, and diversity in lake La Caldera (S.Nevada). Acta Hydrobiol. 19(2): 95-107.
- MARTINEZ, R. (1980). Seasonal variation of phytoplankton biomass and photosynthesis in the high-mountain lake La Caldera. Development in Hydrobiology 3: 111-148.
- MARTINEZ, R. (1981). Nota sobre la migración vertical diaria de *Rhodomonas minuta* v. *namoplanktonica* Skuja en la laguna de La Caldera. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. 78: 217-221.
- MATULA, J. (1982). Investigations on the algal flora of West Spitsbergen. Acta Universitatis Wratislaviensis 525: -173-187.
- MESSERLI, B. (1962). Sierra Nevada. Estudios geográficos 86: 25-28.

- MESSIKOMMER, E. (1942). Beiträge zur Kenntnis der Algenflora und Algenvegetation des Hochgebirges un Davos. Beiträge zur geobotanischen Lande-saufnahme der Schweiz 24: 1-451.
- MESSIKOMMER, E. (1957). Algen aus den Otztaler Alpen. Arch. f. Hydrobiol. 53(4): 552-561.
- MESSIKOMMER, E. (1958). Beitrag zur Kenntis der Algenflora - der nordlichen Alpesteingewässer. Mitteilugen 1985: 287-303.
- MILLER, A.A. (1982). Climatología. Ed. Omega.Barcelona.
- MONTIEL FREDES, J.C. (1947). Contribución al conocimiento de las algas de agua dulce del Pirineo Aragonés. Anales - Jard. Bot. Madrid 8: 259-263.
- MOORE, J.W. (1979). Factors influencing the diversity, species composition and abundance of Phytoplankton in twenty one arctic and subarctic lakes. Int.Revue ges. Hydrobiol. 64(4): 485-499.
- MORALES, R. (1985). Estudio de las comunidades de Rotíferos Monogonontes de las lagunas de alta montaña de Sierra Nevada. Tesis Doctoral. Univ. Granada.
- MUNAWAR, M. & N.M. BURNS (1976). Relationships of phytoplankton Biomass with soluble nutrients, Primary production, and chlorophyll a in lake Erie, 1970. J.Fish. Res. Board Can. 33: 601-611.
- MUNAWAR, M. & G.L. FAHNENSTIEL (1982). The abundance and significance of ultraplankton and micro-algae at an offshore station in Central lake Superior. Can. Tec. Rep. Fish, aq. Scien. 1153.



- MURPHY, J. & J.B. RILEY (1962). An modified single solution methods for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta 27: 31.
- OBERMAIER, H. & J. CARANDELL (1916). Los glaciares cuaternarios de Sierra Nevada. Junta Ampl. Est. e Inv. Cient. Trab. Mus. Nat. Sec. geol. 17.
- OZENDA, P. (1975). Sur les étages de végétation dans les montagnes du bassin méditerranéen. Doc. Cart. Ecol. 16: 1-32.
- PASCHER, A. (1914). Uber Symbiosen von Spaltpilzen und Flagellaten mit Blanalgen. Berich. der Deutsch. Bot. Gesellschaft 26: 300-370.
- PASCHER, A. (1915). Tetrasporales, Protococcales. In Die Süßwasser-Flora vol.5. Jena.
- PASCHER, A. (1927). Volvocales. In: Die Süßwassers-Flora, vol 4. Jena.
- PATRICK, R. & O.W. REIMER (1966). The diatom of the United States vol 1. Monograph of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Philadelphia.
- PATRICK, R. & C.W. REIMER (1975). The datoms of the United States vol 2. Part. 1. Monograph of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Philadelphia.
- PECHLANER, R. (1966). Die Finstertaler seen (Kühtai, Österreich) I. Morphometrie, Hydrographie, Limnophysik und Limnochemie. Arch. Hydrobiol. 62(2): 165-230.

- PECHLANER, R. (1967). Die Finstertaler See (Kühtai, Österreich) II. Das Phytoplankton. Arch. Hydrobiol. 63(2): 145-193.
- PECHLANER, R. (1968). Phytoplankton as biological parameter for the trophic characterization of lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 1078-1085.
- PENNAK, R.W. (1958). Regional lake typology in Northern Colorado, U.S.A. Verh. Internat. Ver. Limnol. 13: 264-283.
- PEREIRA, I.; CASARES, M. & X. LLIMONA (1985). Aportación al conocimiento de los líquenes hidrófilos de Sierra Nevada. Actas del VI Simposio Nacional de Botánica Criptogámica. En prensa.
- PEZZI, H. & L. GARCIA ROSELL (1978). Análisis del medio físico de Sierra Nevada: Ordenación de sus recursos y clasificación de unidades paisajísticas. Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada 8: 211-231.
- PHILIPPOSE, M.T. (1967). Chlorococcales. ICAR New Dehli.
- PLANAS, D. (1973). Composición, ciclo y productividad del fitoplancton del lago Bañolas. Oecología Aquatica 1: 3-106.
- PRESCOTT, G.W. (1936). Notes on alpine and subalpine desmids from Western United States. Pap. Michigan Acad. Sci. Arts Lett., Ann. Arbor 21: 135-146.
- PRESCOTT, G.W.; CROADSLE, H.T.; VINYARD, W.C. & C.E. BICUDO (1972-1982). A synopsis of North American Desmids 4 - vol. Univ. Nebraska Press.
- PRESCOTT, G.W. & W.C. VINYARD (1965). Ecology of Alaskan --

- freshwater algae V. Limnology and flora of Malikpuk lake. Transactions of American Microscopical Society 84: 427-479.
- PUGA, E. (1971). Investigaciones petrológicas en Sierra Nevada occidental. Tesis Doctoral Univ. Granada. 133.
- PUGA, E.; DIAZ DE FEDERICO, A. & J.M. FONTBOTE (1974). Sobre la individualización y sistematización de las unidades profundas de la zona Bética. E. Est. Geol. 30: 543-548.
- QUEZEL, P. (1979). La región Mediterránea francesa et ses essences forestières. Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéenne. Forêt Méditerranéenne 1(1): 7-18.
- RALFS, J. (1844). On the British Desmidiaceae. Ann. Mag. Nat. Hist. 14: 187-194.
- RAMANATHA, K.R. (1964). Ulotrichales. I.C.A.R. New Dehli.
- REHAKOVA, H. (1969). Die variabilität der arten der gattung *Oocystis* A.Braun. Studies in Phycology: 145-186.
- RIVAS MARTINEZ, S. (1981). Les étages bioclimatiques de la végétation de la Péninsule Ibérique. Actas III Congr. OPTIMA. Anales Jard. Bot. Madrid 37(2): 251-256.
- RIVAS MARTINEZ, S. & C. ARNAIZ (1984). Bioclimatología y Vegetación en la Península Ibérica. Bull. Soc. bot. Fr. 131 Actual.bot. (2/3/4): 111-120.
- ROS, J. (1979). Prácticas de ecología. Ed. Omega. Barcelona
- ROTT, E. (1984). Phytoplankton as biological parameter for the trophic characterization of lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol., 22: 1078-1085.

- ROUND, F.E. (1958). Algal aspects of lake typology. Verh. Internat. Ver. Limnol., 13: 306-310.
- RUZOCKA, J. (1977). Die Desmidiaceen Mitteleuropas, vol. 1(1). Stuttgart.
- RUZICKA, J. (1981). Die Desmidiaceen Mitteleuropas, vol. 1(2). Stuttgart.
- SAETHER, O.H. (1971). Phytoplakton and zooplankton of some lakes in Northern Norway. Schw. Zeit. fur Hydrobiologie 33(1): 200-220.
- SAMPAIO, J. (1944). Desmidias portuguesas. Boletim da Sociedade Broteriana 18.
- SANCHEZ CASTILLO, P.M. (1981). Estudio ficológico de las comunidades reófilas de Sierra Nevada. Actas del II Congreso español de Limnología. En prensa.
- SARTORY, D.P. (1982). Spectrophotometric analysis of chlorophyll a in freshwater phytoplankton. University of Pretoria.
- SCHANZ, F. (1984). Chemical and algological characteristics of five high mountain lakes near the Swiss National Park. Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 1066-1070.
- SCHILLER, J. (1924). Beiträge zur Kenntnis des Pflanzenlebens mitteleuropäischer Gewässer. I-II. Osterreichische Botanische Zeitschrift 73(1-3): 1-23.
- SCHINDLER, D.W. & HOLMGREN, S.K. (1971). Primary production and phytoplankton in the Fisheries Research Board Experimental Lakes area, northwestern Ontario, and other low-carbonate waters, and liquid scintillation method

- for determining  $^{14}\text{C}$  activity in photosynthesis. J. Fish. Res. Bd. Canada 28: 189-201.
- SCHINDLER, D.W. & D. LEAN (1974). Biological and chemical mechanism in eutrophication of freshwater lakes. Ann. of the New York Academy of Sciences 250: 129-135.
- SCHINDLER, D.W.; WELCH, H.E.; KALFF, J.; BRUNSKILL, G. & N. KRITSCH (1974). Physical and Chemical Limnology of Char lake, Cornwallis Island (75°N lat.). J. Fish. Res. Board Can. 31: 585-607.
- SHANNON, C.E. & W. WEAVER (1963). The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press. Urbana.
- SIEMINSKA, J. (1964). Bacillariophyceae. In: Flora Slodkowska na Ploski vol 6. Warszawa.
- SIEMINSKA, J. (1967). Algae from the Toporowy Staw Wyzni lake in the Tatra Mts. Acta Hydrobiol. 9(1-2): 169-185.
- SKUJA, H. (1948). Taxonomie des phytoplanktons einiger seen in Uppland, Schweden. Symbolae Botanicae Upsalienses 9(3).
- SKUJA, H. (1964). Grundzüge der algenflora und algenvegetation der Fjeldgegenden um Abisko in schwedisch-Lappland. Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum upsaliensis 18
- SIMONSEN, R. (1979). The diatom System: Ideas on Phylogeny. Bacillaria 2: 9-71.
- SMITH, G. (1950). The fresh-water algae of United States. New York.
- SOMERS, D. (1972). Contribution a la flore des algues de Dayer Iffer et de L'aguelmane Sidi Ali, deux lacs du Mo-

- yen-Atlas au Maroc. Soc. Scic. Nat. et Phys du Maroc.  
52: 31-46.
- STARMACH, K. (1966). Cyanophyta In: Flora Slodkowodna Polski  
vol 2. Warszawa.
- STARMACH, K. (1968). Chrysophyceae. In: Flora Slodkowodna Pol  
ski vol.5. Warszawa.
- STARMACH, K. (1974). Cryptophyceae, Dinophyceae, Raphidiophy  
ceae. In Flora Slodkowodna Polski vol 4.. Warszawa.
- STEWART, W. (1973). Nitrogen Fixation. In Carr, N.G. & B.A.  
Whitton (1973). The biology of Blue-Green Algae. Black  
well Scientific Publications. Oxford.
- STOUT, U.M. (1969). Lakes in the mountain region of Canter--  
burg, New Zeland. Verh. Internct. Verein. Limno. 17: --  
404-413.
- STRICKLAN, D.J.D.H. & T.R. PARSON (1968). A practical hand -  
book of Seawatwe Analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Canada  
167: 1-311.
- STROM, K. (1938). Norwegian mountain lakes. Arch. Hydrobiol.  
33.
- SYMOENS, J.J. (1951). Esquisse d'un systeme des associations  
algales d'eau douce. Verh. Int. Vereins. Theor. Angew.  
Limnol. 11: 395-408.
- TALLING, J.F. & D. DRIVER (1963). Some problems in the esti-  
mation of chlorophyll a in phytoplanktcn. Proceedings of  
the Conference on Primary production meassurement mari-  
ne and freshwater. U.S.A.E.C.
- TEILING, E. (1967). The desmids genus Staurodesmus. Ark. Bot.

6: 467-629.

- THOMANSSON, K. (1952). Contribuciones to the Knowledge of the plankton in Scandinavian mountain lakes.3. Svensk. Botanisk Tidskrift 46(2): 228-241.
- THOMASSON, K. (1956). Reflections on Arctic and Alpine lakes. Oikos 7(1): 117-143.
- THOMASSON, K. (1961). Zur Planktonk unde Spitzbergens.2.Acta Hydrobiol. Hydrogr. Protistologica 18(3): 192-198.
- THOMASSON, K. (1962). Planktological notes from western North America. Arkiv for Botanik 14(4): 437-463.
- TILMAN, D. (1982). Phytoplankton community ecology.: The role of limiting nutrients. Ann. Rev. Ecol. Syst. 13: 349-372.
- TILMAN, G.D. & al. (1984). A reply to sell, carney and fahnenstiel. Ecology 65(1): 328-332.
- TILZER, M.M. & K. SCHWARZ (1976). Seasonal and vertical patterns of phytoplankton, light adaptation in a high - mountain lake.Arch. Hydrobiol. 67.
- TOJA, J. (1980). Limnologia del embalse de la Minilla durante 1976. I. Ciclo del fitoplancton en relación con los factores del medio. Oecología aquatica 4: 71-88.
- UHERKOVICH, G. (1966). Die Scenedesmus-arten Ungars. Akademiai kiadó. Budapest.
- UTERMOHL, H. (1958). Zur Vervollkommung der quantitative phytoplankton-Methodik. Mitt.Int.Verein. Limnol. 9: 1-38.
- VALLE, F. (1985). Mapas de las series de vegetación de Sierra Nevada (España). Ecología Mediterranea 11(2-3): 183-199.

- VILASECA, J.M. (1978). Fitoplancton de los lagos pirenaicos.  
Memòria de Licenciatura. Univ. Barcelona.
- VOSS, E.G. & al. (1983). International Code of Botanical Nomenclature. Utrecht.
- WALTER, Z. (1977). Zonas de vegetación y climas. Ed. Omega.  
Barcelona.
- WEST, W. & G.S. WEST (1904-1912). A monograph of British Desmidiaceae 4 vol. Ray Society. London.
- WEST, W.; WEST, G.S. & N. CARTER (1923). A monograph of the British Desmidiaceae vol. 5 Ray Society. London.
- WETZEL, G. (1981). Limnología. Ed. Omega. Barcelona.
- WILLIAMS, J. & R. GOLMAN (1975). Succession rates in lakes - phytoplankton communities. Verh. Internat. Verein. Limnol. 19: 808-811.
- WILLEN, T. (1960). Phytoplankton algae from three Spanish lakes. Suehsk Bot. Tidsk. 54(4): 533-549.
- WUTHRICH, M. (1975). Contribution à la connaissance de la flore algologique du Parc National Suisse. Les Diatomées. Commission de la Société Helvétique des Sciences Naturelles pour les études scientifiques au Parc National 14(72): 273-369.
- WUTHRICH, M. & W. MATTHEY (1980). Les Diatomées de la Tourbière du Cachot (Jura) III. Etude de l'appert eolien - et du transport par les oiseaux et insectes aquatiques. Schweiz Z. Hydrol. 42(2): 269-284.
- YENTSCH, C.S. & J.H. RYTHER (1957). Short-term variations in Phytoplankton Chlorophyll and their significance. Limnol & Oceanogr. 2: 140-142.