

# Aproximación a la composición y organización del Neuston

JORDI CATALAN

Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona. Diagonal, 645. Barcelona 08028.

Recibido: Junio 1985.

## INTRODUCCIÓN

Con el término neuston nos referimos al conjunto de organismos microscópicos asociados a la película superficial del agua (NAUMANN, 1917), equivalente en significado a micropleuston (GAMS, 1918), tal vez etimológicamente más correcto, pero histórica y actualmente menos empleado.

La superficie de las aguas naturales tiende a una composición molecular que haga mínima la tensión superficial. Esto resulta en una acumulación de materiales tensioactivos: esteroides, ésteres, glicéridos, fosfolípidos, glúcidos, glucoproteínas, etcétera; a los que se asocian fosfatos y otros iones, así como metales. Este enriquecimiento de la película superficial está actualmente bien documentado (JARVIS *et. al.*, 1967; DANOS *et. al.*, 1983). En cambio, pese a que los microorganismos de la superficie del agua ya fueron objeto de algunos trabajos durante el siglo XIX y comienzos del presente, todavía hoy es muy parcial el conocimiento de la composición y biología de la comunidad neustónica (BABENZIEN & SCHARTZ, 1970; FOISSNER, 1979; ESTEP & REMSEN, 1984).

Estas notas pretenden contribuir a una visión amplia del neuston como biocenosis, por medio de una aproximación primaria, basada en la observación *in vivo*, resaltando la diversidad de composición y la variabilidad en la organización de comunidades neustónicas de distintos volúmenes de agua.

## METODOLOGÍA

Durante 1981-1982 se realizó un muestreo indiscriminado de todo tipo de aguas en distintos puntos de Catalunya (tabla I), sin otro criterio que la posibilidad de acceso y una rápida observación.

Para la recogida de muestras se emplearon distintos métodos. El más usado consistía en situar cubreobjetos sobre la superficie, a los que se adhiere la película por tensión superficial (NAUMANN, 1915). Con este método se recoge un grosor aproximado de 250  $\mu\text{m}$ . Los cubreobjetos se trasladaban al laboratorio, dispuestos sobre sus correspondientes portaobjetos, en una cámara húmeda que impedía la desecación de la preparación.

Otro sistema se basaba en la retención de un fragmento de película por el aro de

un asa de bacteriología, la cual se disponía directamente bajo el objetivo de un microscopio. Este método permite observaciones más precisas de la disposición de los organismos en la película, aunque tiene una evidente limitación para el trabajo de campo.

Volúmenes mayores de agua de la película se recogían mediante una red de plástico rígido, en cuyos poros queda atrapada la película al disponerla horizontalmente sobre el agua.

Las espumas y películas gruesas, debidas a acúmulos de organismos, se muestran introduciendo un cubreobjetos por debajo de ellas con unas pinzas.

La observación se realizó fundamentalmente *in vivo*. En algunas ocasiones se emplearon colorantes para resaltar detalles estructurales (rojo neutro, azul de metileno, violeta de gentiana, tinta china). Las muestras que contenían diatomeas, eran tratadas con ácido y montadas en un medio de índice de refracción elevado (DPX, Naphrax).

En algunos casos se recogieron paralelamente muestras de plancton, cinco centímetros por debajo de la superficie, se fijaron con lugol y se observaron y cuantificaron con un microscopio invertido, mediante la técnica de Utermöhl (SOURNIA, 1978).

## RESULTADOS

### COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES NEUSTÓNICAS

En la tabla I presentamos la composición de las comunidades neustónicas observadas. A ellas habría que añadir otras tantas observaciones en las que únicamente se encontraron algunas bacterias y unos pocos flagelados.

#### Organismos que utilizan la película como sustrato

Puede considerarse a los organismos que utilizan la película como sustrato como los más propiamente neustónicos, es-

pecialmente aquellos que presentan adaptaciones especiales para fijarse. Estos últimos son poco frecuentes en nuestros inventarios a pesar de existir numerosas especies descritas (BOURRELLY, 1966, 1968, 1970). Hemos encontrado la crisofícea *Kremastochrysis* sp. y la bacteria *Leptothrix* sp.; ambos secretan un disco de sujeción (fig. 1, A, B).

Mucho más comunes son organismos sésiles que habitualmente utilizan otros sustratos, como son distintos ciliados peritricos y flagelados lorizados (fig. 1 C, D, E, F).

Los ciliados hipotricos cuelgan de la película y «andan» por ella merced a sus cirros (fig. 1 G). Otros organismos aprovechan la superficie para deslizarse: amebas; filamentos de *Oscillatoria* y hormogonios de otras cianofíceas; y diatomeas. Las diatomeas pennadas con rafe son tal vez los organismos más ubicuos del neuston. Son especialmente abundantes en pequeños volúmenes donde existe un herpon rico, en ellos la comunidad neustónica es un reflejo empobrecido de aquél.

También hemos encontrado *Philodina*, un rotífero bdeloideo, que utiliza la película como punto de fijación para su movimiento reptante, pegando a ella la probóscide y el pie alternativamente.

#### Organismos nadadores

Los organismos nadadores constituyen un elemento estructural importante de la comunidad neustónica. Suelen ser comunes los flagelados incoloros pequeños, especialmente después de días de lluvia. *Cyathomonas truncata* (fig. 1 H) presenta la parte anterior llana, lo cual se interpreta como una adaptación para explotar mejor el alimento dispuesto en una superficie.

Las mayores biomásas del neuston se deben a fitoflagelados. Algunas son resultado de una preferencia de los organismos por la película superficial frente a capas inferiores, es el caso de algunas volvocales. En otras ocasiones, la abundancia en el neuston simplemente corresponde a la parte equitativa de un im-

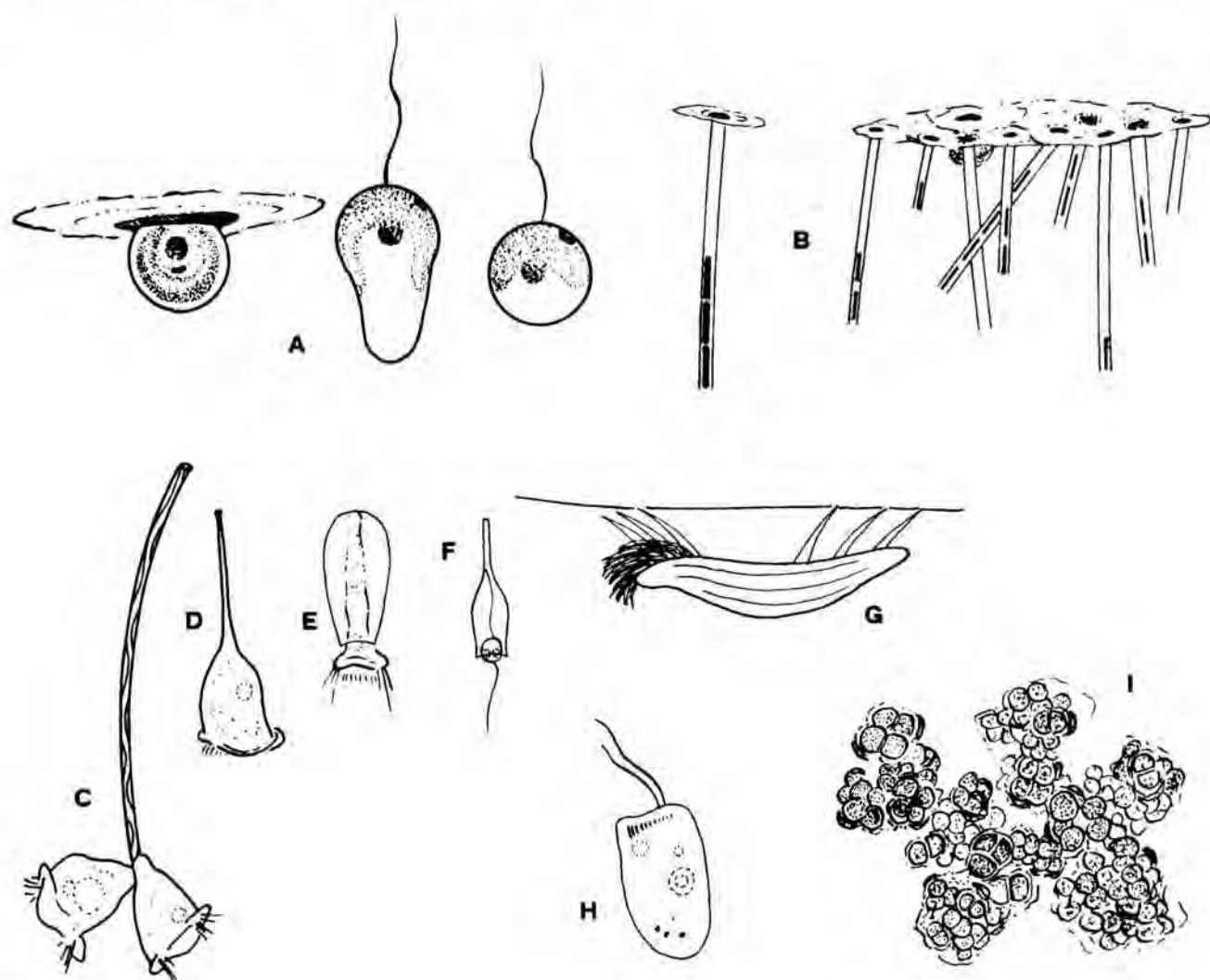


FIG. 1. Algunos organismos neustónicos. A) *Kremastochrysis* sp., B) *Leptothrix* sp., C) *Zootamnion* sp., D) *Vorticella* sp., E) *Vaginicola* sp., F) *Bicosoeca* sp., G) *Euplotes* sp., H) *Cyathomonas truncata*, I) *Phacotus lenticularis*, fase palmeloide. Some neustonic species.

portante desarrollo planctónico de determinada especie (ej. *Chrysococcus*).

Unos pocos fitoflagelados quedan prácticamente limitados a la interfase. De nuestras observaciones podemos citar a un organismo afín a *Lagynion* en su forma inmóvil y con una fase flagelada cromulinal.

En determinadas ocasiones algunos flagelados pasan a estados palmeloides en la película. *Phacotus* forma acúmulos (figura 1 I), en los que las células se dividen sin alejarse, quedando atrapadas en una gelatina junto a sus medias lóricas. En esta especie nunca hemos observado acúmulos que resulten en una formación macroscópica. Sin embargo, otros géneros, como *Chlamydomonas* o *Euglena*,

dan formaciones espectaculares, su paso a la película y al estado palmeloide puede llegar a formar una gruesa espuma sobre la superficie del agua. Existen numerosas descripciones de este tipo de fenómenos (GESSNER, 1949; VALKANOV, 1968; ROBERT, 1974; CATALAN, 1984).

### Diásporas

La superficie del agua actúa como una trampa para diásporas, tanto aéreas como acuáticas. Encontramos polen, conidios de hifomicetes, hormogonios de cianofíceas, zoósporas germinando de *Oedogonium*, etc. Algunos organismos incluso han desarrollado propágulos especialmen-

TABLE I. Composición de las comunidades neustónicas de diversos volúmenes de agua. (X) indica especies particularmente abundante. - *Composition of neustonic communities from several water bodies.* (X) quite abundant species.

BIOTOPO	LOCALIDAD Y FECHA	COMPOSICION	OBSERVACIONES
1. Charcos	a) Montseny Mayo 1982	<i>Cylindrocystis brebissonii</i> var. <i>minor</i> ** <i>Pimularia subcapitata</i> , <i>Achnanthes microcephala</i> , <i>Nitzschia</i> sp., <i>Clorhormidium</i> sp*, <i>Mougeotia</i> sp., pequeñas amebas, polen y tricomas.	Sustrato granítico. pH 5,4. Superficie clara. Poca profundidad.
	b) Martorell Abril 1981	<i>Navicula cincta</i> *, <i>Gomphonema intricatum</i> , <i>Nitzschia hungarica</i> , <i>Stauroneis smithii</i> , <i>Amphora ovalis</i> , <i>Surirella angustata</i> , <i>Pinnularia brebissonii</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Euglena oxyuris</i> var. <i>charkoviensis</i> , amebas.	Sustrato esquistos y areniscas. Aguas neutras. Mucha movilidad en las diatomeas.
	c) Castellví de Rosanes Marzo 1982	<i>Gomphonema acuminatum</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Diploneis ovalis</i> , <i>Stauroneis anceps</i> , <i>Achnanthes conspicua</i> var. <i>brevistriata</i> , <i>Bodo</i> sp., <i>Euplotes</i> sp., <i>Keronopsis</i> sp., <i>Vorticella</i> sp..	Como el anterior.
	d) Castellví de Rosanes Junio 1982	<i>Navicula cincta</i> , <i>Stauroneis smithii</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>N. gracilis</i> , <i>Diploneis puella</i> , <i>Caloneis bacillum</i> .	Como el anterior.
	e) Tossa Diciembre 1981	<i>Navicula cryptocephala</i> , <i>Cymbella amphicephala</i> , <i>Fragilaria capucina</i> , <i>Navicula</i> gr. <i>minusculeae</i> , <i>Nitzschia</i> gr. <i>lanceolatae</i> , <i>Gomphonema angustatum</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Cymbella ventricosa</i> , <i>Synedra acus</i> , <i>S. capitata</i> , <i>Meridion circulare</i> , <i>Achnanthes affinis</i> , <i>Nitzschia linearis</i> , <i>N. sigmoidea</i> , <i>N. communis</i> , <i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>micropus</i> , <i>Synedra ulna</i> , <i>Chilodonella</i> sp., clorofíceas en estado palmeloide, conidios de hifomicetes*.	Charcos marginales de un riachuelo. Muchos materiales detriticos.
	f) Els Brucs Noviembre 1981	<i>Surirella ovata</i> , <i>Synedra ulna</i> , <i>Navicula</i> spp. <i>Nitzschia</i> spp., <i>Diffflugia</i> sp., algunos ciliados.	Charco marginal de riachuelo.
2. Estanques	a) Diversos puntos de Martorell, Barcelona i Sant Sadurní d'Anoia.	<i>Navicula halophila</i> ** <i>, Chlamydomonas</i> sp**, <i>Chilodonella</i> sp.* <i>, Cyclidium</i> sp., <i>Bodo putrinus</i> , <i>Otomonas</i> sp., <i>Cyathomonas truncata</i> , <i>Peranema trichophorum</i> , <i>Cephalodella</i> sp., <i>Philodina</i> sp., <i>Clorhormidium subtile</i> , amebas.	Neuston poco abundante, se citan las especies más representativas. Agua alcalina, rica cloruros.
3. Charcas	a) Vic Verano 1982	<i>Chlamydomonas</i> sp., <i>Navicula</i> sp., <i>Lepadella</i> sp.** <i>, bacterias*</i>	Agrícola. Muy eutrófica. Cubierta de <i>Lemna</i> .

BIOTOPO	LOCALIDAD Y FECHA	COMPOSICION	OBSERVACIONES
	b) Blanes Julio 1980	Clorofíceas en estado palmeloide, bacterias*, <i>Scapholeberis</i> sp	Artificial. Para riego.
	c) Castellví de Rosanes 1981-1982	Comunidad neustónica especialmente rica, ver tabla 4 y fig.2.	Sobre areniscas. Eutrófica. Rica en hierro.
4. Canales con agua estancada	a) Prat del Llobregat Abril 1982	<i>Chlamydomonas</i> sp*, <i>Oscillatoria brevis</i> , <i>Closterium acerorum</i> , <i>Navicula halophila</i> , <i>N. lanceolata</i> , <i>N. pygmaea</i> , <i>Nitzschia apiculata</i> , <i>N. hungarica</i> , <i>N. palea</i> , <i>Nitzschia</i> spp., <i>Achnanthes</i> sp., <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Euglena proxima</i> , <i>Euglena</i> gr. <i>deses</i> .	Agua alcalina. Rica en cloruros. pH 8-8,5. Muy eutrófica.
	b) Gavá Mayo 1982	<i>Euglena proxima</i> ** , <i>Chlamydomonas sordida</i> , <i>Nitzschia thermalis</i> , <i>Amphora coffeaeformis</i> , <i>Navicula</i> sp., <i>Euplotes</i> sp., bacterias*, hipotricos fam. Oxitrichidae , <i>Cephalodella catellina</i> , <i>Brachionus calyciflorus</i> , <i>Heterocypris salina</i> , <i>Vorticella</i> sp., <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Paramecium</i> sp., larvas de dolicipódidos.	Como la anterior. Espuma superficial. Para una descripción detallada ver Catalan, en prensa.
	c) Gavá	<i>Chlamydomonas lewinii</i> **.	Como las anteriores. Bloom.
5. Lagunas litorales	a) La Murtra Delta del Llobregat Abril 1982	<i>Euglena viridis</i> ** , <i>Chlamydonephris pomiformis</i> , <i>Oscillatoria brevis</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Amphora coffeaeformis</i> , <i>Euplotes</i> sp., <i>Brachionus angularis</i> , <i>Heterocypris salina</i> , amebas.	Agua salobre. Muy eutrófica y cargada de materia orgánica. Bloom. Ver Catalan, en prensa.
	b) La Murtra Mayo 1982	<i>Oscillatoria brevis</i> * , <i>O. chalybea</i> var. <i>insularis</i> *; <i>O. pseudogeminata</i> *; <i>O. subbrevis</i> *; <i>Thiospirillum</i> * hipotricos*.	Fuerte olor a H <sub>2</sub> S. Sus titución de la anterior.
	c) El Remolar Mayo 1982	<i>Chlamydomonas</i> sp., <i>Chloromonas</i> sp., <i>Provasoliella ovata</i> , <i>P. caudata</i> var. <i>guanophila</i> .	Película superficial. Aguas salobres. Zona de pasto de caballos.
6. Juncuales inundados	a) Delta del Llobregat Junio 1982	<i>Amphora coffeaeformis</i> , <i>Surirella ovata</i> , <i>Navicula cryptocephala</i> , <i>Nitzschia</i> spp., <i>Synedra</i> sp., <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Chilodonea</i> sp., <i>Euplotes</i> sp., <i>Cyclidium</i> sp., <i>Trachelophyllum</i> sp., <i>Oxytrichidae</i> .	Agua dulce. Poca profundidad. Zona temporalmente inundada.
7. Cubetas supralitorales	a) Tossa Diciembre 1980	<i>Brachiononas submarina</i> , <i>Chlamydomonas ovalis</i> , <i>Chlamydomonas</i> sp., <i>Sphaerellopsis</i> sp., <i>Ulothrix</i> sp., <i>Amphora veneta</i> , <i>Achnanthes delicatula</i> , <i>Navicula</i> spp., <i>Nitzschia</i> spp., <i>N. communis</i> , <i>Surirella ovata</i> , <i>Tetraselmis fontiana</i> , <i>Bodo</i> sp., <i>Tetrahymena</i> sp., <i>Rhopalophrya</i> , <i>Trachelophyllum</i> sp., <i>Uronema</i> sp., <i>Cyclidium</i> sp., <i>Chilodonea</i> sp., <i>Euplotes</i> sp., <i>Keronopsis</i> sp., <i>Holosticha</i> sp., <i>Ochthebius quadricollis</i> .	Aguas de salobres a hiperhalinas. Eutrófica. Diversas cubetas muestradas. En Catalan y Ballesteros, en prensa. Se describen con msyor detalle.

te destinados a la película, como son los floatoblastos de briozoos y determinados conidios de *Erynia conica*, un hifomicete (CATALAN & DESCALS, 1984).

### Organismos ocasionales

Tal vez de carácter accidental deba considerarse la presencia de formas filamentosas pequeñas (*Ulothrix*, *Chlorohormidium*, *Mougeotia*), que no llegan a constituir un plocon macroscópico; así como la de diatomeas de colonias acintadas, o la de otras formas de algas no flageladas, unicelulares o coloniales (ej. clorococales). Podría especularse sobre si determinadas morfologías favorecen un eventual apresamiento en la película superficial.

### Bacterias

Las bacterias parecen tener un papel muy importante en la biología del neuston (SIEBURTH *et. al.*, 1976; LEPILOVA & GAVRILOVA, 1981; SEKI, 1982). En aguas claras es muy frecuente encontrar una lámina de bacterias más o menos densa ( $10^3$ - $10^8$  cel.  $\text{cm}^{-2}$ ), en las que predominan formas bacilares. Tampoco es extraño ver bacterias epifitas sobre las diatomeas naviculiformes que se deslizan por la superficie, se trata de bacilos largos, sujetos por un apéndice, probablemente caulobacterias.

Un tipo de flora bacteriana particular ha de estar asociado a restos de organismos, polen o material detrítico en descomposición. En ambientes polisaprobios, como algunas cubetas supralitorales, hemos observado muchas formas espiraladas y pseudomonadales.

Un caso extremo sería aquel en que la interfase aeróbico-anaeróbica asciende a superficie, situación que encontramos en la laguna de la Murtra (tabla I, 5-b). Un entramado de *Oscillatoria* aparecía plagado de espiroquetas, mientras que junto a las masas de cianofíceas y debajo de ellas abundaban bacterias púrpuras del azúfre

(*Thiospirillum*); la superficie libre quedó cubierta por una fina tela orgánica plagada de otras bacterias menos conspicuas.

### Organismos explotadores

En un rango de tamaño mayor que el de las especies propiamente neustónicas encontramos una serie de organismos que podríamos calificar de explotadores.

El cladócer *Scapholeberis* presenta una modificación en el borde de sus valvas que le permite adherirse a la película sin ser retenido, de forma que puede recorrerla y alimentarse en ella.

Las espumas de *Euglena* y *Chlamydomonas* son vorazmente explotadas desde abajo por rotíferos planctónicos y ostrácodos, y por larvas de dolicopódicos en su mismo seno.

Las larvas de *Anopheles* o el coleóptero *Ochthebius* constituirían otro nivel de explotación de la película.

### ASPECTOS DE LA ORGANIZACIÓN HORIZONTAL DEL NEUSTON

La disposición de los organismos en la superficie, dejando a un lado las espumas formadas a consecuencia de proliferaciones fitoplanctónicas, se organiza fundamentalmente en dos sentidos: alrededor de «microislas» y en la superficie libre.

En el término microislas incluimos todo tipo de sustratos de tamaño microscópico, suficientemente grandes como para sustentar a un conjunto de microorganismos (descomponedores, epibiontes, etcétera) que como conjunto se diferencian de los de la superficie libre. Actuarían como microislas los acúmulos de diatomeas acintadas (*Fragilaria*, *Eunotia*), especialmente en charcos marginales de cursos de agua; fragmentos de insectos o crustáceos; tricomas de plantas, etc. En cualquier caso el fenómeno no es anecdótico y en algunos de los medios observados tiene notable importancia. Un buen ejemplo es el caso del polen en primavera, del que hemos llegado a contar 780

TABLA II. Valores de agregación según un índice de varianza/media. n: número de áreas observadas. s: indica si el valor es significativo en cuanto a distribución contagiosa según una tabla de la F con n-1 grados de libertad. Las muestras son de pequeños estanques; A, B, C se refieren a la misma masa de agua en intervalos de 10 días. - Values of aggregation as a variance/mean index. n: number of counted areas. s: testing result from a F table with n-1 degrees of freedom. Samples are from small pools A, B, C are samples from the same water body at ten days intervals.

	A			B			C			D		
	S <sup>2</sup> /X	n	s	S <sup>2</sup> /X	n	s	S <sup>2</sup> /X	n	s	S <sup>2</sup> /X	n	s
Polen	3,7	26	+	19,5	15	+	47,5	12	+	5,3	20	+
<i>Chlamydomonas</i>	1,6	14	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hipotricos	0,9	52	-	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Glaucoma</i>	.	.	.	1,3	15	-	.	.	.	.	.	.
<i>Cephalodella</i>	0,9	26	-	1,5	15	-	.	.	.	.	.	.
<i>Vorticella</i>	.	.	.	1,6	15	-	6,5	19	+	.	.	.
<i>Achnanthes</i>	.	.	.	.	.	.	10,1	21	+	.	.	.
<i>Chilodonella</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14,2	20	+
<i>Navicula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7,6	20	+
Cloroficeas en estado palmeloide	.	.	.	.	.	.	.	.	.	21,1	20	+

granos/cm<sup>2</sup>. En la superficie del agua el polen presenta una distribución contagiosa (tabla II), la agregación aumenta con el paso de los días y en los acúmulos van apareciendo otros organismos. Bacterias y hongos inician la descomposición de los granos. Distintos zooflagelados y ciliados se distribuyen alrededor de los agregados. Diatomeas y ciliados peritricos fijan sus pedúnculos en ellos. Otros organismos como *Achnanthes* y *Vorticella*, que también aparecen en la película libre, alcanzan su mayor número en la superficie coincidiendo con la presencia de polen (tabla II A, B, C; fig. 2).

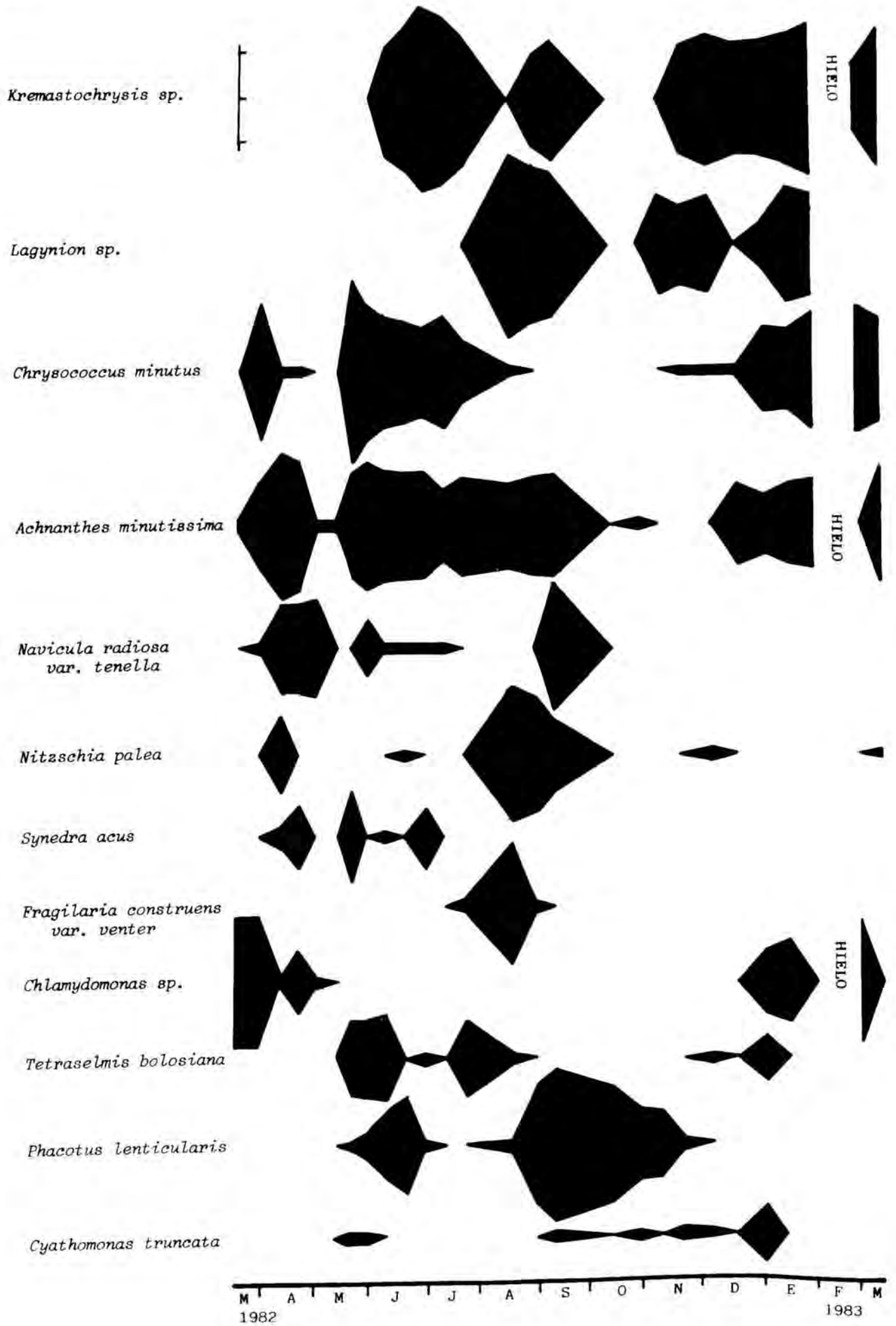
Las especies independientes de las microislas también presentan frecuente-

mente una distribución contagiosa (tabla II D). En algunos casos, un factor importante en la configuración del motivo de distribución lo constituye el material extracelular segregado, el cual propicia la unión de distintos individuos de una especie (*Leptothrix*, *Kremastochrysis*), y puede atrapar a otros de otras especies o cuando menos condiciona su distribución.

Cerca de las paredes que limitan la masa de agua hay un empobrecimiento del número de individuos de aquellos organismos más numerosos (tabla III). La causa debe ser fundamentalmente de tipo físico, ya que se da tanto en diatomeas, granos de polen, algunos flagelados, como con burbujas de aire resultado de la

TABLA III. Organismos por cm<sup>2</sup> en la superficie de un estanque a diversas distancias de la orilla. - Organisms/cm<sup>2</sup> in the microlayer of a pond at different distances from the edge.

DISTANCIA (cm)	2	2	10	10	30
<i>Chlamydomonas</i>	45700	44000	133000	184700	138700
<i>Navicula</i>	2300	4300	10100	15700	12300
Polen	70	20	350	250	140
<i>Vorticella</i>	50	4	160	20	60
<i>Cyathomonas</i>	70	-	-	-	130
<i>Oicomonas</i>	110	-	-	-	-
<i>Bodo</i>	50	4	10	8	8
<i>Chilodonella</i>	50	100	130	260	50
<i>Cyclidium</i>	270	190	130	-	-
<i>Philodina</i>	13	-	8	4	4
<i>Cephalodella</i>	10	-	-	-	4





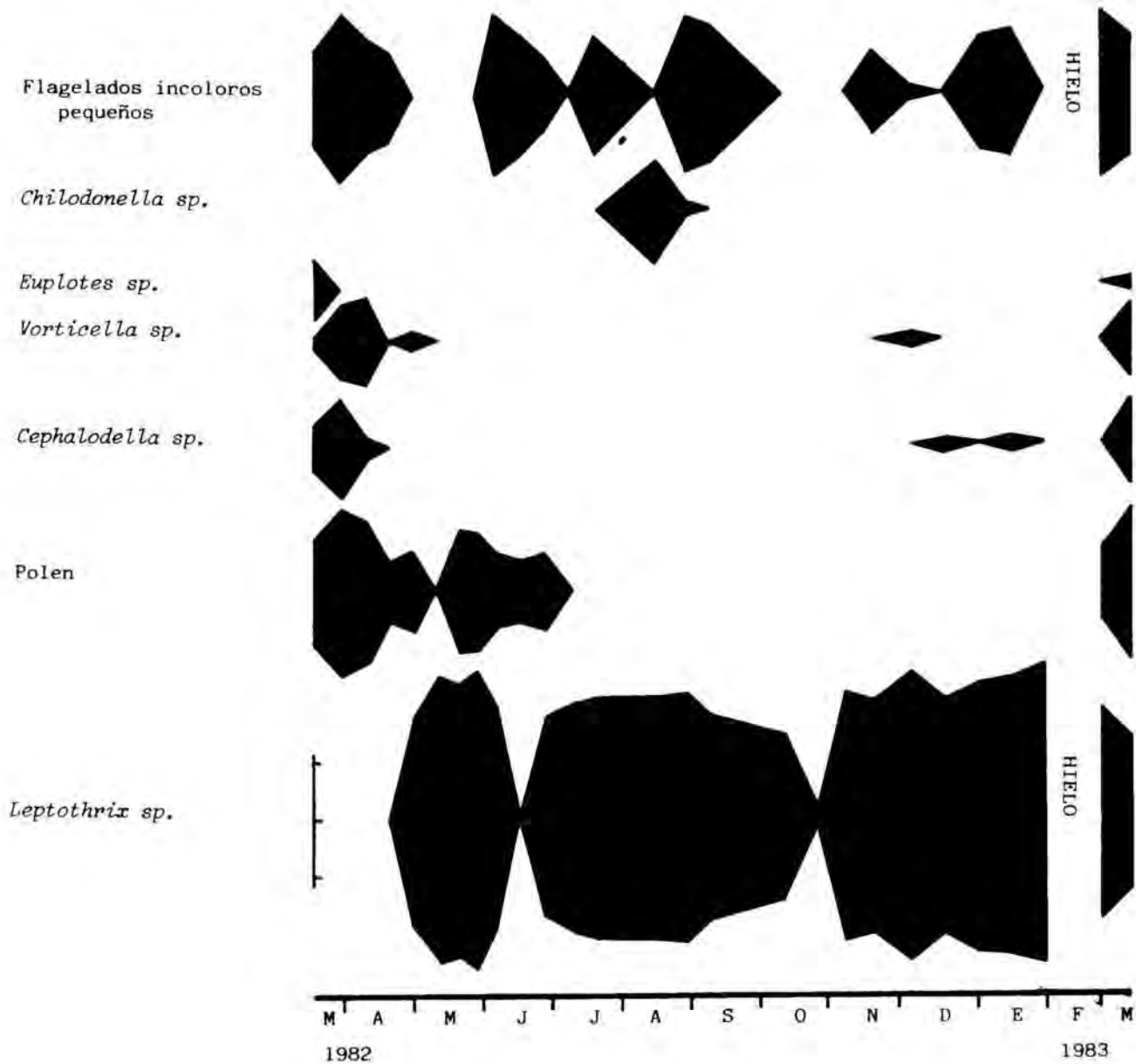


FIG. 2. Dinámica anual de los principales organismos neustónicos de una charca (la 3c de tabla I). Escala: logaritmo de ind./cm<sup>2</sup>. - Annual dynamics of the main neustonic species in a pond (the 3c in table I). Scale: log. numb. ind./cm<sup>2</sup>.



lluvia. Probablemente se unen distintos factores: las pequeñas oscilaciones del agua; el hecho de que las fuerzas de adhesión líquido-sólido sean mayores que las de líquido-aire; el carácter hidrófugo de las paredes de algunos organismos; entre otros. Las franjas amarillas, debidas a polen de pino, que en primavera quedan alrededor de los estanques, son una manifestación macroscópica y llamativa de este fenómeno.

#### ASPECTOS DE LA ORGANIZACIÓN VERTICAL DEL NEUSTON

Tradicionalmente se ha distinguido entre epi- e hiponeuston (GEITLER, 1942), para referirse a los organismos que viven sobre la película o justo debajo de ella, respectivamente. Sin embargo, los organismos epineustónicos son muy pocos; hay que considerar a la comunidad asociada a la película fundamentalmente hiponeustónica.

TABLA IV. Composición de la comunidad neustónica en relación al plancton a lo largo de un año en una charca (tabla I, 3c). N: especies con notable mayor afinidad por el neuston que por el plancton. N/P: organismos preferentemente planctónicos con presencia en el neuston. P: especies exclusivamente halladas en el pancton. - *Composition of neuston compared with subsurface plankton composition during a period of one year (table I, 3c). N: neustonic species. N/P: planktonic organisms also present in neuston. P: planktonic species not found in neuston.*

N	N P	P
<b>Crisofíceas</b>		
<i>Kremastochrysis</i> sp. <i>Lagynion</i> sp.	<i>Chrysococcus minutus</i> (3) <i>Kephyrion rubri-claustri</i> (3) <i>K. spirale</i>	<i>Chromulina</i> sp. <i>Dinobryon elegantissimum</i> <i>Ochromonas</i> sp. <i>Pseudokephyrion poculum</i>
<b>Diatomeas</b>		
<i>Achnanthes minutissima</i> <i>Cymbella microcephala</i> <i>Gomphonema constrictum</i> <i>Navicula radiosa</i> <i>Nitzschia palea</i>	<i>Fragilaria</i> sp. (2) <i>Gomphonema acuminatum</i> (2) <i>Navicula cincta</i> (2) <i>Rhopalodia gibba</i> (2) <i>Synedra acus</i> (3)	<i>Cyclotella</i> sp.
<b>Clorofíceas flageladas</b>		
<i>Phacotus lenticularis</i> <i>Tetraselmis bolosiana</i>	<i>Chlamydomonas</i> sp. (2,3) <i>Spermatozopsis exultans</i>	<i>Scourfieldia cordiformis</i>
<b>Clorofíceas no flageladas</b>		
Estados palmeloides (1) Zoósporas germinando de <i>Oedogonium</i>	<i>Chlorella vulgaris</i> <i>Coelastrum microporum</i> <i>Kirchneriella obesa</i> <i>Monoraphidium contortum</i> <i>M. griffithii</i> <i>Oocystis borgei</i> <i>Granulocystis verrucosa</i> <i>Pediastrum boryanum</i> <i>Scenedesmus acuminatus</i> <i>S. ovaltermus</i> <i>var. graevenitzii</i> <i>S. quadricauda</i> <i>Mougeotia</i> sp.	<i>Ankistrodesmus gracilis</i> <i>Monoraphidium circinale</i> <i>Crucigenia tetrapedia</i> <i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> <i>D. pulchellum</i> <i>Kirchneriella contorta</i> <i>Scenedesmus armatus</i> <i>S. ecornis</i> <i>S. spinosus</i> <i>Tetraedron minimum</i> <i>Trebauria setigera</i> <i>Elakathorix viridis</i>
<b>Euglenales</b>		
	<i>Euglena oxyuris</i> <i>var. charkowiensis</i> (2,3) <i>Lepocinclis ovum</i> <i>Trachelomonas oblonga</i> <i>T. rotunda</i> <i>T. volvocina</i>	<i>Phacus acuminatus</i>
<b>Criptofíceas</b>		
		<i>Chroomonas acuta</i> <i>Ch. norstedtii</i> <i>Cryptomonas reflexa</i> <i>C. erosa</i>

TABLA IV. Continuación. *Continuation.*

## Flagelados incoloros (4)

*Bicosoeca* sp. (1)  
*Peranema trichophorum* (1)  
*Salpingoeca amphora* (1)  
*Cyathomonas truncata*  
*Oicomonas* spp.  
*Bodo* spp.

*Gymmodinium* sp.  
*Aulacomonas hyalina*  
*Collodyction triciliatum*  
*Hyaliella polytomopides*  
*Anisonema acinus*  
*Astasia torta*  
*Rhabdomonas incurva*

## Ciliados

*Euplotes* sp. (1)  
*Cothurnia* sp. (1)  
*Vaginicola* sp. (1)  
*Vorticella* sp. (1)  
*Zoothamnion* sp. (1)  
*Chilodonella* sp.

*Coleps hirtus*

*Halteria* sp.  
*Strombidium* sp.  
*Cyclidium* sp.

Otros ciliados no determinados, especialmente hipotricos.

## Rotíferos

*Cephalodella ventripes*  
*Lecane luna*  
*Lepadella patella*

*Brachionus calyciflorus*  
*Keratella procurva*

*Anureopsis fissa*  
*Brachionus angularis*  
*Polyarthra vulgaris*  
*Trichocerca pusilla*

## Otros

*Leptothrix* sp. (1)  
 Hormogonios de cianofíceas  
 Amebas  
 Conidios de hongos  
 Floatoblastos de *Plumatella emarginata*

*Gymmodinium* sp.  
*Centritractus belenophorus*  
*Vischeria regularis*  
*Tropocyclops prasinus*

- (1) Únicamente presentes en el neuston.
- (2) Sin diferencias significativas entre neuston y plancton.
- (3) Organismos ocasionalmente muy numerosos en el neuston.
- (4) Se incluyen las especies incoloras de grupos citados aparte.

Al considerar el eje vertical, el neuston debe compararse inevitablemente con el plancton. A partir de la composición a lo largo de un año de ambas comunidades, en una localidad donde las dos eran especialmente ricas (tabla IV), se pueden sugerir algunas características diferenciadoras. El neuston presenta frente al plancton una componente importante de organismos de afinidad bentónica o litoral; aparte de la presencia de organismos sésiles, en el neuston están presentes diatomeas pennadas con rafe, frente a centrales o pennadas sin rafe en el plancton; ciliados de simetría bilateral frente a ciliados de simetría radial; rotíferos litorales (*Cephalodella*, *Lepadella*,

*Lecane*) frente a rotíferos más pelágicos (*Keratella*, *Polyarthra*). Otro aspecto diferenciador es la riqueza del neuston en crisófitos y volvocales, en detrimento de clorococales, criptofíceas, dinofíceas y euglenales. A nivel trófico, el neuston tiene generalmente una proporción mayor de elementos heterótrofos. Todo ello se refleja en la tabla IV.

Las películas formadas a consecuencia de alguna proliferación súbita de algas presentan una mayor diferenciación vertical de la comunidad. En ellas distinguimos un conjunto superficial de cistes o de estados palmeloides, con abundante material extracelular, parcialmente epineustónico. Una zona sub-superficial donde

se entremezclan formas libres, encistadas y estados de transición, con multitud de ciliados y rotíferos. Y, por último, una zona inferior de transición al plancton, con menor concentración de organismos.

## EVOLUCIÓN DEL NEUSTON EN EL TIEMPO

La dinámica temporal del neuston se caracteriza en buena medida por situaciones efímeras. Frecuentemente los máximos de biomasa corresponden a organismos propios del plancton, como mera parte equitativa de su concentración en aquél o por acumulación en un momento determinado en la película superficial, por motivos todavía poco esclarecidos.

Es difícil que puedan llegar a darse procesos de sucesión en la película superficial como los que se reconocen en el plancton. Fenómenos como el viento, la lluvia o el hielo marcan grandes discontinuidades en períodos breves de tiempo; lo cual debe favorecer a especies de crecimiento rápido, oportunistas, o a especies que se refugian en otros biotopos y desde allí colonizan la superficie.

A pesar de todo ello, pueden señalarse algunos aspectos en los que se refleja una cierta estacionalidad. En invierno predominan en la comunidad organismos heterótrofos (flagelados incoloros, ciliados y rotíferos) frente a una mayor abundancia de autótrofos en los meses cálidos. Evidentemente, los acúmulos superficiales a partir de organismos del plancton se dan en estos meses de mayor producción. En primavera tiene gran incidencia en la biología de la película la ya comentada presencia del polen.

Dentro de algún grupo se llega a observar una sustitución de especies a lo largo del año. Así, en el ejemplo de la figura 2, considerando los clorófitos flagelados, se observa que *Chlamydomonas* sp. aparece en los meses fríos, *Tetraselmis bolosiana* la sustituye en el período cálido temprano, mientras que *Phacotus lenticularis* predomina al final del verano y en otoño. Las tres especies, aunque muestran una preferencia por la película, son

también planctónicas, de modo que no están sometidas a la historia accidentada de aquélla. Formas más estrictamente neustónicas, como *Kremastochrysis* sp. o *Lagynion* sp., no muestran una estacionalidad marcada y presentan grandes oscilaciones a lo largo del año.

Otros organismos tienen una aparición estacional en el neuston supeditada a su abundancia en el plancton (clorococales, *Trachelomonas*). Mayores concentraciones en éste facilitan la aparición accidental en la película de aquéllos.

## Aproximación a los factores determinantes de la biología del neuston

La película aparece como un medio enriquecido en materia orgánica en comparación con las capas sub-superficiales, lo cual ha de favorecer el desarrollo bacteriano, tal como se ha constatado repetidamente (BABENZIEN & SCHWARTZ, 1970). Por otro lado, una serie de factores como: el enriquecimiento también en nutrientes; la no limitación de luz y la minimización de la sedimentación, sugieren que podría darse un crecimiento exuberante del fitoneuston. Es más, el fitoplancton debería tender a acumularse en la superficie, limitando el crecimiento en capas inferiores al impedir el paso de la luz. Sin embargo, no sucede así, ya que cada uno de los factores, en principio beneficiosos, tiene sus limitaciones.

En primer lugar, la concentración de nutrientes en una capa delgada se agotaría rápidamente (MARGALEF, 1974), por lo que su reposición dependería exclusivamente de la difusión desde abajo. En el supuesto de existir una capa superficial de organismos relativamente importante, la entrada de energía cinética debida a la acción del viento se vería limitada, lo cual disminuiría la difusión turbulenta. Aparece pues una relación de tipo «feed-back» negativo entre el desarrollo del fitoneuston y el aporte de nutrientes a la película superficial. Por tanto, es de esperar que solamente en aguas muy eutróficas, donde los nutrientes no sean un factor limi-

tante primario, pueda darse una biomasa algal en superficie mayor que en el resto de la columna.

Procesos de acumulación, más que la producción *in situ*, pueden ser la explicación para enriquecimientos en fitoplancton de la superficie respecto de capas inferiores (HARDY, 1973; CATALAN, 1984). La acumulación superficial no tiene por qué tener el mismo sentido en cada especie que la practica. Podríamos encontrar desde organismos en los que representa un comportamiento habitual y frecuente, con posibles ritmos diarios o estacionales; hasta especies en las que no es más que un recurso excepcional como salida a condiciones desfavorables del medio planctónico. La interpretación se puede complicar buscando sentido al paso a otras fases o estadios vitales que en superficie algunos de ellos presentan.

Por otro lado, valores de irradiación entre 200 y 800  $\mu\text{E}/\text{m}^2$  seg producen fotoinhibición en las algas, que puede llegar a ser total por encima de 1.400  $\mu\text{E}/\text{m}^2$  seg (REYNOLDS, 1984). Este rango de valores se alcanza frecuentemente en superficie a lo largo del día. Especialmente dañina resulta la radiación ultra-

en concentraciones altas de oxígeno acelera procesos de fotooxidación, pudiéndose violeta, que inhibe el sistema fotoquímico, daña los tilacoides y las clorofilas, y se alcanza la lisis de las células (ABELIOVICH & SHILO, 1972). La respuesta de las algas a una radiación excesiva se manifiesta en un aumento de la fotorrespiración y en la excreción de productos, especialmente glutamato. Los materiales que se acumulan alrededor de las células y se extienden por la superficie modifican el intercambio de gases en la interfase aire/agua, con lo que se corre el peligro de alcanzar, si hay una fotosíntesis intensa, cocientes de  $\text{O}_2/\text{CO}_2$  elevados que favorecen la fotooxidación. Cualquier alga con especial afinidad por el neuston debe resolver el problema de la excesiva radiación.

Finalmente, la ventaja que supone el descenso en la sedimentación vertical puede que sea compensada por la expulsión hacia los márgenes, potenciada por la acción del viento a medida que aumenta el tamaño de la superficie. Al mismo tiempo la disposición del fitoneuston en una superficie es posible que aumente el rendimiento de la explotación por parte de los herbívoros.

## SUMMARY

AN APPROACH TO THE COMPOSITION AND ORGANIZATION OF THE NEUSTON. — An approach to the composition of the neustonic community was attempted using different sampling devices (glass slides, microbiology loops and plastic screen). A broad range of water bodies (ponds, coastal lagoons, rock pools, river bank pools) were sampled; some of them every week over a period of several months. Observation was made mainly *in vivo*. Some samples were preserved for counting. Plankton samples from 5 cm depth were taken as reference.

Results show that many organisms use the surface film as substrate, for attachment or as sliding surface. Peritriche ciliates, loricate flagellates and some organisms with special morphological adaptations to the surface attachment (ex. *Kremastochrysis* and *Leptothrix*) are sessile organisms present in the microlayer. Motile species are represented by pennate diatoms —the most ubiquitous organisms in neustonic communities—, filaments of cyano-

bacteria, amaebs, hypotrichid ciliates and bdelloid rotifers.

The highest biomass in the microlayer is usually due to free-swimming phytoflagellates: chrysophyceae, volvocales and *Euglena*. These species are also present in plankton and when they pass to the microlayer a palmella state is adopted. As a result a macroscopic surface scum can be originated during planktonic blooms in very eutrophic waters.

The surface of water acts as a trap for diaspores. In spring, pollen has a great structural effect in the microlayer community, aggregates of grains constitute «microislands» around which an assemblage of organisms develops.

Near solid boundaries (at about 2 cm distance) neuston shows a decrease in numbers individuals of the most abundant species, because particles are trapped by the shore as a result of small oscillations of water surface, hydrophobic surface of particles, solid-water surface

forces, etc. This fact diminishes the prospective advantage of easing suspension afforded by divelling in the microlayer.

Biota composition differs from surface to subsurface. Phytoneuston has an enrichment in chrysophyta and volvocales and is poor in chlorococcales, dynophyceae, cryptophyceae and euglenales (except *Euglena*). Pennate diatoms with raphe predominate in neuston and central or pennate diatoms without raphe in plankton. Ciliates and rotifers of neuston have a bilateral symmetry while radial symmetry is common in planktonic species.

The composition of neuston and relative abundance of species undergo continuous changes, but pattern conformation is not apparent.

Much of the periodicity of neustonic community seems to be linked with plankton and benthos dynamics and with external events, like pollen dispersion in spring. Some events as ice formation, heavy rain and strong winds may result in deep changes in species abundance and composition. Often, after rainy days, small colourless flagellates increase.

Observation suggest that biological dynamics of neuston is more governed by accumulation of both materials and organisms than by internal primary production. Studies on the productivity of neuston must consider photoinhibition problems and must balance rates of nutrient enrichment and depletion in such a thin layer.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABELOVICH, A. & SHILO, M., 1972. Photooxidative death in bluegreen algae. *J. Bacteriol.*, 111: 682-689.
- BABENZIEN, H. D. & SCHWARTZ, W., 1970. Studien zur Mikrobiologie des Neuston. *Limnologica*, 7: 247-272.
- BOURRELLY, P., 1966. *Les algues d'eau douce I. Les algues vertes*. Douvée, Paris.
- , 1968. *Les algues d'eau douce II. Les algues jaunes et brunes*. Douvée, Paris.
- , 1970. *Les algues d'eau douce III. Les algues bleues et rouges*. Douvée, Paris.
- CATALAN, J. 1984. Agregados de algas en la superficie del agua. *Anales de Biología de la Universidad de Murcia*, 2: 75-83.
- CATALAN, J. & BALLESTEROS, E. (en prensa). Contribución al estudio de las cubetas supralitorales (Tossa, Costa Brava). *Limnetica*.
- CATALAN, J. & DESCALS, E., 1984. *Erynia conica* (Entomophthoraceae, Zygomycotina): un fong amb conidis neustònics. *Fol. Bot. Misc.*, 4: 107-111.
- DANOS, S. C.; MAKI, J. C. & REMSEN, C. C., 1983. Stratification of microorganisms and nutrients in the surface microlayer of small freshwater ponds. *Hydrobiologia*, 98: 193-202.
- ESTEP, K. W. & REMSEN, C. C., 1984. The relationship of individual algal species to the surface microlayer of a small freshwater pond. *J. Plank. Res.*, 6: 123-135.
- FOISSNER, W., 1979. Ökologische und systematische Studien über das Neuston alpiner Kleingewässer, mit besonderer Berücksichtigung der Ciliaten. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 64: 99-140.
- GAMS, H., 1918. Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. *Vjschr. Natur. Ges.*, 63: 293-493.
- GEITLER, L., 1942. Zur Kenntnis der Bewohner des Oberflächenhäutchen einheimischer Gewässer. *Biol. Gen.*, 16 (4): 450-475.
- GESSNER, F., 1949. *Euglena neustonica* n.sp. *Mikrokosmos*, 39 (1).
- HARDY, J. T., 1973. Phytoneuston ecology of a temperature marine lagoon. *Limnol. Oceanogr.*, 18 (4): 525-533.
- JARVIS, N. L.; GARRETT, W. D.; SCHEIMAN, M. A. & TIMMONS, C. O., 1967. Surface chemical characterization of surface-active material in seawater. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 88-97.
- LEPILOVA, Y. A. & GAVRILOVA, V. A., 1981. An electron microscopic study of the forms of bacteria in the surface film of the water. *Hydrobiol. J.*, 17 (1): 27-29.
- MARGALEF, R., 1974. *Ecología*. Omega. Barcelona, 951 págs.
- NAUMANN, E., 1915. Quantitative Untersuchungen über die Organismenformation der Wasseroberfläche. I. *Euglena sanguinea* Ehrems. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 7: 214-221.
- , 1917. Beiträge zur Kenntnis der Teichnanoplanktons. II. Über das Neuston des Süßwassers. *Biol. Zentralbl.*, 37 (2): 98-106.
- REYNOLDS, C. S., 1984. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press. Cambridge, 384 págs.
- ROBERT, A., 1974. Notes sur le neuston observé à Tîrgu Mures entre les années, 1965-1973. *Contributi Botanice*, 18-20.
- SEKI, H., 1982. *Organic materials in aquatic ecosystems*. C.R.C. Press. Boca Raton, Florida.
- SIEBURTH, J. M.; WILLIS, P.; JOHNSON, K. M.; BURNEY, C. M.; LAVOIE, D. M.; HINGA, K. R.; CARSON, D. A.; FRENCH, F. W.; JOHNSON, P. V. & DAVIS, P. G., 1976. Dissolved Organic Matter and Heterotrophic Microneuston in the Surface Microlayers of the North Atlantic. *Science*, 194 (12): 1415-1418.
- SOURNIA, A. (Ed.), 1978. *Phytoplankton Manual*. Unesco, Paris, 337 págs.
- VALKANOV, A., 1968. Das Neuston. *Limnologica*, 6: 381-403.