

Res. Exp. Cient. B/O Cornide	2	Págs. 109-124	Abril 1973
---------------------------------	---	---------------	------------

Distribución de los ciliados planctónicos en la región de afloramiento del noroeste de África

(Campana «Sahara II» del «Cornide de Saavedra»)

por

RAMÓN MARGALEF *

INTRODUCCIÓN

Los ciliados constituyen la parte menos conocida del zooplancton. Hace más de medio siglo que LOHMANN (1908) dejó constancia de su importancia y de lo poco apropiada que resulta la red de plancton para su recolección; pero sus recomendaciones han caído en el vacío y el estudio de los ciliados planctónicos marinos ha progresado muy poco. No es que no se hayan realizado observaciones y descripciones de especies; pero se ha utilizado sistemáticamente material pescado con red y apenas se han estudiado más que las formas lorizadas, con la consiguiente descripción de muchas variedades, que ha conducido a una especie de conculiología protistológica. Aun en los tintínidos, el estudio del proceso de construcción, significado y naturaleza de las lorizas ha merecido muy poca atención.

El zooplancton recogido con una red de malla fina puede ser apropiado al estudio de los copépodos y de animales de otros grupos, pero es totalmente inadecuado para dar una idea de la distribución de las poblaciones de ciliados. El estudio de éstos se halla en un estado comparable al del fitoplancton cuando solamente se hacían pescas con red. El pequeño tamaño de los ciliados, aparte de impedir pescas cuantitativas

* Instituto de Investigaciones Pesqueras, Paseo Nacional, s/n. Barcelona (3).

con red, es origen de problemas secundarios. Por ejemplo, es imposible pretender separar mecánicamente los ciliados del fitoplancton cuando se preparan experimentos de fijación de ^{14}C para medir la producción primaria; puesto que los ciliados pueden ser más importantes que el resto del zooplancton, carece prácticamente de objeto empeñarse en segregar el zooplancton de las muestras que se ponen a incubar. Indudablemente, sus pequeñas dimensiones hacen difíciles los estudios sobre metabolismo y alimentación. Pero es indudable que tienen gran importancia en la transferencia de energía de los productores primarios a niveles tróficos superiores. Pero, de momento, no hay más que especulaciones. Es significativo que en el índice de un volumen reciente (de 1970) dedicado a las «cadenas alimentarias marinas» no figuren *ciliados* ni *tintínidos*—aunque hay varias entradas en *computador y modelo*.

MATERIAL

Los datos que se presentan en este artículo constituyen un subproducto del estudio del fitoplancton recogido en la campaña «Sahara II», en agosto y septiembre de 1971, en una región marina bastante extensa del NW de África, dentro de la que queda comprendida la extremidad meridional del área de afloramiento que caracteriza y da interés especial a aquella región (MARGALEF, 1972).

Durante la campaña se obtuvieron muestras de algo más de 100 ml, que se fijaban inmediatamente con unas gotas de una solución concentrada de iodo en yoduro potásico, más un 20% de acetato sódico. Estas muestras se estudiaron según el método de Utermöhl, dejándolas sedimentar en cubetas de fondo móvil y 20 cm de altura, cuya cámara basal se examinaba luego al microscopio invertido. Al mismo tiempo que se contaba el plancton, pareció bueno aprovechar la oportunidad para censar los ciliados; no se pudo pretender identificar todas las especies, pero se anotaron los nombres de algunas que ya eran bien conocidas. Los tintínidos se pueden reconocer bien por sus loricas duras; pero los pequeños ciliados desnudos se deforman y son muy difíciles de identificar con seguridad. Solamente se contaron las células enteras y reconocibles como tales (no las loricas vacías), lo cual puede haber producido resultados incorrectos en algunas muestras de fijación deficiente. En conclusión, las cifras que aquí se dan deben considerarse como estimas mínimas de la densidad de las poblaciones, que en la realidad y en muchos casos serían ampliamente superados. La distribución considerablemente heterogénea, en algunos casos puede ser aparente y resultar de recuentos demasiado bajos en algunas muestras; pero tengo la impresión que, en realidad, los ciliados se distribuyen de una manera muy heterogénea o a manchas.

En cada muestra se examinaba a gran aumento el equivalente de 3 ml

y luego, a menor aumento, los 100 ml totales sedimentados, combinando los valores encontrados. Se tomaron muestras a las profundidades normales (0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 metros), sin aplicar correcciones por la profundidad real determinada con termómetros basculantes, que apenas tienen importancia en el estudio de la distribución del plancton. El presente estudio tiene un carácter provisional y poco completo, y su principal objetivo es llamar la atención sobre el enorme interés de los ciliados en la biología planctónica. Por esta razón no se presentan todos los datos obtenidos *in extenso*. Los recuentos se han combinado para dar las densidades medias por capas, de 0 a 25 m, de 25 a 50 m, de 50 a 100 m y de 100 a 500 m. En todos los casos se han usado medias aritméticas. En la tabla I se dan las concentraciones medias por litro, y en las figs. 1 y 2 las concentraciones por cm². Los valores de la tabla I (en células por litro), se han calculado de la siguiente manera, a partir de las densidades de células (D_z) en volúmenes de 100 ml a las profundidades que se especifican :

$$D_{0-25} = \frac{1}{2,5} [(2,5 \times D_0) + (5 \times D_5) + (7,5 \times D_{10}) + (10 \times D_{20})]$$

$$D_{25-50} = \frac{1}{2,5} [(15 \times D_{30}) + (10 \times D_{50})]$$

$$D_{50-100} = \frac{1}{5} [(12,5 \times D_{50}) + (25 \times D_{75}) + (12,5 \times D_{100})]$$

$$D_{100-500} = \frac{1}{40} [(25 \times D_{100}) + (50 \times D_{150}) + (75 \times D_{200}) + (100 \times D_{300}) + (100 \times D_{400}) + (50 \times D_{500})]$$

La suma de los dos valores correspondientes a cada estación, en las figuras 1 y 2, da el total de células por columna de 1 cm² de sección, extendida entre la superficie y los 500 metros de profundidad.

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Las cifras de la tabla I y de las figuras 1 y 2 son suficientemente explícitas y la naturaleza de la información obtenida no autoriza descender a muchos más detalles.

Casi todos los ciliados contados eran oligotricos ; pero, en pequeño número, se reconocieron por lo menos dos especies de otros grupos. El holotrico *Tiarina fusus* se encontró, escaso, en un gran número de mues-

T A B L A I

Densidad de las poblaciones de ciliados oligotricos en la región de afloramiento del NW de África, según observaciones realizadas durante la campaña «Sahara II» en agosto y septiembre de 1971. Los ciliados se contaron en muestras de 100 ml tomadas a 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400 y 500 metros en cada estación y los resultados se han combinado, expresándolos en número medio de células por litro en cada una de las cuatro zonas de profundidad. Se cuentan separadamente los tintinidos y el resto de los oligotricos. Para comparación se indican las correspondientes concentraciones de fitoplancton.

Fecha (1971)	Estación (fig. 1)	Fitoplancton, céls/ml				Oligotricos no tint. céls/l				Tintinidos, céls/l			
		0-25 metros	25-50 metros	50-100 metros	100-500 metros	0-25 metros	25-50 metros	50-100 metros	100-500 metros	0-25 metros	25-50 metros	50-100 metros	100-500 metros
18-VIII	1	13,5	12,7	13,0	5,4	0	660	250	66	0	0	0	1
19-VIII	2	12,6	8,8	6,8	4,7	66	0	33	0	0	0	166	1
20-VIII	3	13,6	12,4	6,1	4,6	431	0	164	123	3	14	10	41
21-VIII	4	15,5	12,4	12,7	6,3	1254	254	333	—	4	0	0	—
22-VIII	5	15,3	20,6	14,4	3,8	397	200	10	0	0	4	2	0
23-VIII	6	19,0	33,0	20,7	3,8	298	660	577	2	4	0	0	0
23-VIII	7	15,0	17,4	12,9	3,1	430	200	82	21	0	0	5	1
24-VIII	8	15,0	8,9*	14,3	5,4	564	332	907	0	0	0	0	0
24-VIII	9	42,5	36,0	12,7	4,0	1332	200	5	0	133	200	3	1
25-VIII	10	61,1	34,6	16,9	4,7	1196	1686	496	28	232	200	37	1
25-VIII	11	114,7	86,5	14,8	5,7	2230	1415	123	103	226	514	37	1
26-VIII	12	106,1	128,0	76,3	6,6	3030	3498	522	20	52	440	49	5
14-IX	12B	292,6	55,2	12,9	6,0	800	792	331	21	1000	0	0	0
28-VIII	13	77,6	170,2	20,8	5,9	2310	528	8	25	150	10	334	55
28-VIII	14	38,0	168,2	34,8	3,9	176	966	288	5	1	354	172	0
29-VIII	15	113,5	42,7	12,1	5,7	933	554	415	0	38	0	5	1
29-VIII	17	77,6	55,0	9,9	4,6	498	80	0	0	0	416	3	2
30-VIII	18	81,9	100,8	19,3	9,9	332	1650	495	206	68	1326	5	0
31-VIII	19	56,6	642,1	12,6	4,5	1360	2796	337	62	240	4	2	0
31-VIII	20	82,9	153,8	14,2	5,5	2472	1914	82	0	59	132	13	0
1-IX	21	72,0	93,0	11,4	5,4	728	800	165	0	108	0	0	0
1-IX	22	38,6	128,4	13,5	6,2	604	7200	0	5	4	198	0	0
8-IX	27	57,9	46,4	13,1	5,5	894	924	82	104	46	4	7	41
9-IX	28	18,6	20,9	13,4	5,1	497	792	1072	62	135	138	0	41
7-IX	29	63,7	47,7	20,5	6,9	726	924	?	103	104	0	0	62
6-IX	30	49,4	49,7	21,4	7,0	995	972	284	23	157	182	51	3
7-IX	31	26,2	50,5	24,6	5,7	1718	832	414	—	110	10	0	—
8-IX	32	28,2	30,4	15,3	6,4	576	528	328	—	6	12	173	—
13-IX	33	193,2	197,8	11,1	5,3	3038	1332	84	—	66	184	0	—
13-IX	34	121,3	110,4	29,8	6,2	1003	792	330	—	1032	396	2	—
17-IX	35	37,5	19,9	10,3	7,1	3208	600	250	—	151	8	5	—

— significa que falta la muestra.

* más un gran número de cocolitofóridos de vitalidad imprecisada.

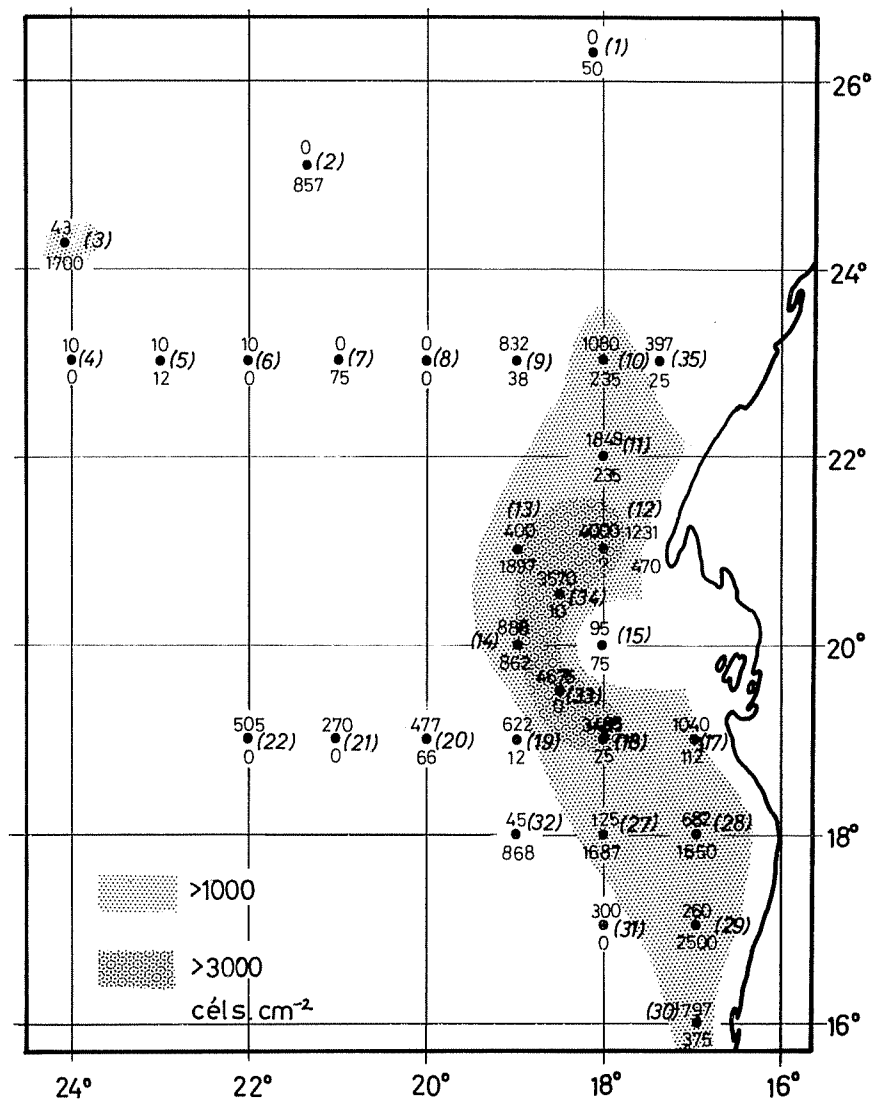


FIG. 1. — Distribución de tintínidos en el área de estudio. Los puntos indican la posición de las estaciones de estudio, cuyo número figura al lado, en cursiva y entre paréntesis. Las dos cifras que corresponden a cada estación indican el número de tintínidos en una columna de agua de 1 cm² de sección horizontal; la cifra superior, entre la superficie y 50 m de profundidad; la cifra inferior, entre 50 y 500 m de profundidad. Recuérdese que una columna de agua de 1 cm² de sección y 10 m de altura tiene el volumen de un litro. El agrisado simple cubre las estaciones con más de 1000 tintínidos por cm³ (entre 0 y 500 m de profundidad) y el agrisado doble las estaciones con más de 3000 tintínidos por cm³. La estación 12 fue censada en dos ocasiones durante la campaña.

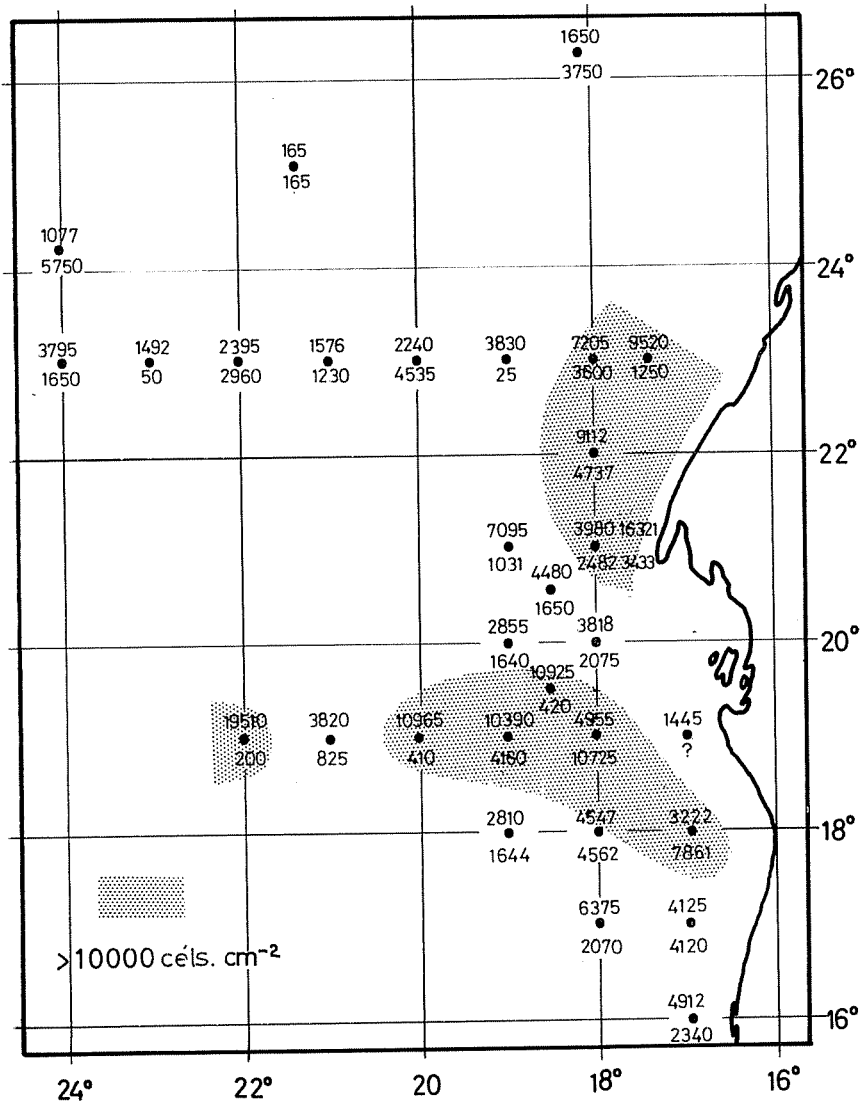


FIG. 2. — Distribución en el área de estudio de los oligotricos no tintinnidos (ciliados totales menos *Tiarina*, *Zoothamnium* y tintinnidos). Se ha adoptado la misma forma de representación que en la figura 1. El agrisado cubre las estaciones con más de 10.000 individuos por cm² (entre 0 y 500 m de profundidad). La estación 12 fue censada en dos ocasiones durante la campaña.

tras dispersas, y las colonias del peritrico *Zoothamnium pelagicum* aparecieron principalmente entre los 20 y los 50 metros de profundidad en las estaciones 12 y 14, es decir, en el área de afloramiento o junto a ella.

Dentro de los oligotricos se hizo una distinción entre tintínidos y otros oligotricos. Los «otros oligotricos» comprenden especies en su mayoría desnudas o, a lo más, con un pequeño cono membranoso (especies de *Laboea*). Por término medio, los tintínidos comprenden especies de mayor tamaño y con las membranelas más robustas que los restantes.

En el conjunto de los oligotricos se anotó la presencia de las siguientes especies, pero no se realizó esfuerzo alguno para presentar una lista completa :

Climacocylis sp., *Codonella aspera*, *Codonellopsis orthoceras*, *Dadayella ganymedes*, *Dictyocysta elegans*, *Eutintinnus tubulosus*, *Epiplocylis acuminata*, *Helicostomella subulata*, *Laboea conica*, *Laboea strobila*, *Lohmanniella spiralis*, *Mesodinium rubrum*, *Metastrombidium* sp., *Parundella aculeata*, *Parundella inflata*, *Petalotricha* sp., *Proplectella acuta*, *Protorhabdonella simplex*, *Rhabdonella amor*, *Rhabdonella spiralis*, *Salpingella acuminata*, *Salpingella gracilis*, *Salpingella minutissima*, *Tintinnopsis nana*, *Tontonia* sp., *Xystonella* sp. DURÁN (1965) ha citado más especies de tintínidos de esta área, identificadas en muestras de plancton de red recogidas por pesqueros operando en la misma zona investigada durante la campaña del «Sahara II».

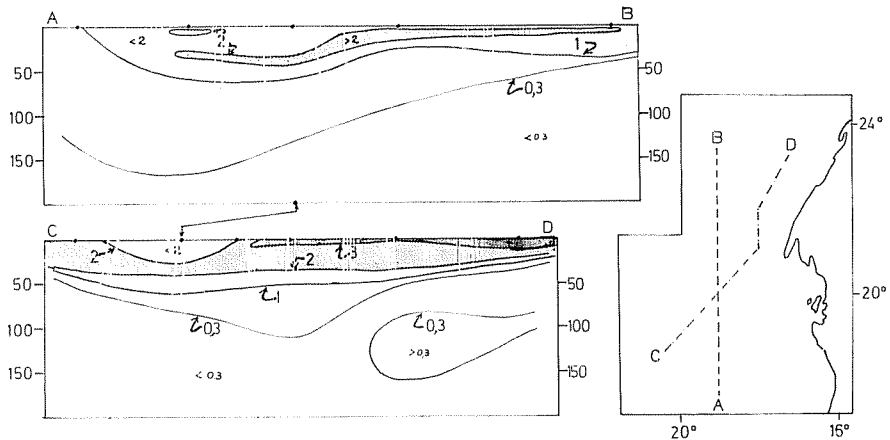


FIG. 3. — Distribución vertical del número total de oligotricos (loricados e iloricados) a lo largo de las dos secciones que se indican y en base al estudio de los perfiles verticales de las estaciones muestreadas (fig. 1). Profundidades en metros, a los dos extremos de los perfiles. Concentraciones en células por mililitro; la parte entramada corresponde a más de un oligotrico por mililitro. Los puntos de las secciones unidos por la línea terminada en flechas corresponden a la estación 14, común a las dos secciones.

Es sorprendente que la distribución de las poblaciones de tintínicos sea mucho más uniforme que la distribución del plancton. La distribución vertical ofrece unos rasgos comunes (fig. 3). La concentración total, de oligotricos, en número de células por cm^2 , entre la superficie y los 500 metros de profundidad (lo que equivale a su concentración en 50 litros) oscila entre un mínimo de 1187 individuos (estación 2, típicamente oceánica) y un máximo de 19 190 (estación 18), con el promedio alrededor de los 10 000 cm^{-2} , comparable a las densidades observadas en el Mediterráneo occidental y en otras regiones. En la tabla II se dan algunas cifras resumidas que pueden servir de base a comparaciones interesantes.

En nuestra zona de estudio, las concentraciones máximas pocas veces rebasan las 6000 células por litro (estación 33, 0 m; estación 12, 0, 5 y 30 m) y el máximo absoluto, de 6350 células por litro, se observó en la estación 12, a 30 m. Estos máximos son considerablemente inferiores a los observados en otras áreas: 12 000 células por litro en Castellón y 13 400 en Barcelona (MARGALEF, 1963, 1968). En el puerto de Barcelona se observaron grandes concentraciones de un *Tintinnopsis* en mayo de 1967. En el Báltico, cerca de Kiel, LOHMANN (1908) da cifras de 710 a 12 000 células por litro, en promedios mensuales; entre la cuarta parte y la totalidad de estas poblaciones eran de tintínicos. En el área de afloramiento del Perú (BEERS, 1970) se dan concentraciones máximas de 18 000 células por litro, como promedio del estrato superficial de 25 m de espesor, en cuyas poblaciones la proporción de tintínicos no llega al

T A B L A I I

Distribución vertical de ciliados oligotricos, en número medio de células por litro, en el área del NW de África, y en otras áreas, para comparación.

Niveles de profun. (m)	Campaña «Sahara II»			Mediterráneo ocetal. (MARGALEF, 1963, 1968)		Pacífico tropical* (BEERS & STEWART, 1969)
	Todas las estaciones	Región de afloramiento**	Resto del área	Castellón	Barcelona	
0-25	1230	2227	827	912	840	272
25-50	1250	1700	1068	734	698	561
50-100	304	297	312	844	481	240
100-500	49	49	49	(fondo)	106	(50 a 200 m) —

* Valores calculados suponiendo que la densidad de ciliados es prácticamente igual a la de elementos del microzooplancton que pasan por una red de 35 μm de malla.

** Para el cálculo del promedio en las regiones de afloramiento se han usado los datos de las estaciones 11, 12, 12B, 13, 15, 19, 20, 33 y 34; para el resto del área, las cifras de las demás estaciones estudiadas (tabla I).

10 %. Entre otros datos recopilados por ZEITSCHHEL (1967), se mencionan densidades de 22 000 a 30 000 células por litro en el puerto de Argel y sus proximidades.

Éstos parecen ser límites superiores en lo que se refiere a las poblaciones de oligotricos zoófagos, es decir, sin simbioses. Porque los *Mesodinium*, que alcanzan una autotrofia parcial o total por llevar a productores primarios como simbioses, pueden alcanzar concentraciones mucho más altas, de más de 2000 y hasta 16 000 células por mililitro (no por litro), dando origen a «purgas de mar» (BAKKER, 1967; TAYLOR & al., 1971).

Dentro de la población total de ciliados (prácticamente, de ciliados oligotricos), los tintínidos lorizados representan entre el 10 y el 12 %, proporción comparable a la observada en la región de afloramiento del Perú (BEERS, 1970) y quizá superior a la que existe en el Mediterráneo, donde se había estimado dicha relación, de manera poco precisa, como más próxima al 5 % que al 10 %.

La relación promediada entre número de células del fitoplancton y número de oligotricos no es exageradamente diversa en distintas áreas (tabla III).

T A B L A I I I

Relación entre número de células de fitoplancton y número de oligotricos, para diversas áreas. Valores promediados.

Área y referencia	Relación
Castellón (MARGALEF, 1963)	37 : 1
Barcelona (MARGALEF, 1968)	58 : 1
«Sahara II» (el presente estudio)	60 : 1
Kiel (LOHMANN, 1908)	68 : 1

La relación de volumen entre fitoplancton y oligotricos, se estimó en 10 : 1 en Kiel por LOHMANN (1908). Yo había aceptado una relación 7 : 1 para el Mediterráneo (MARGALEF, 1963).

Estas relaciones sugieren que los ciliados tienen una importancia uniforme en la vida marina. Ha podido existir cierta subestimación en los recuentos de pequeños flagelados (fitoplancton) en el área de Castellón, lo que explicaría la relación un poco más baja, o bien ser reales las diferencias, en cuyo caso serían explicables por distintas características del fitoplancton.

No se tiene información apropiada para evaluar de manera ponderal la biomasa que estas poblaciones representan. De manera que hay que recurrir a estimaciones indirectas. Un ciliado de forma globosa, de 25 μm de diámetro, tiene un volumen aproximado de 8000 μm^3 , y un millón de dichos ciliados tendrían un volumen de 8 mm^3 . LOHMANN (1908) atribuye a los tintínidos un volumen de 353 mm^3 por millón de individuos (indudablemente con la cáscara) y de 92 mm^3 por millón para otros cilia-

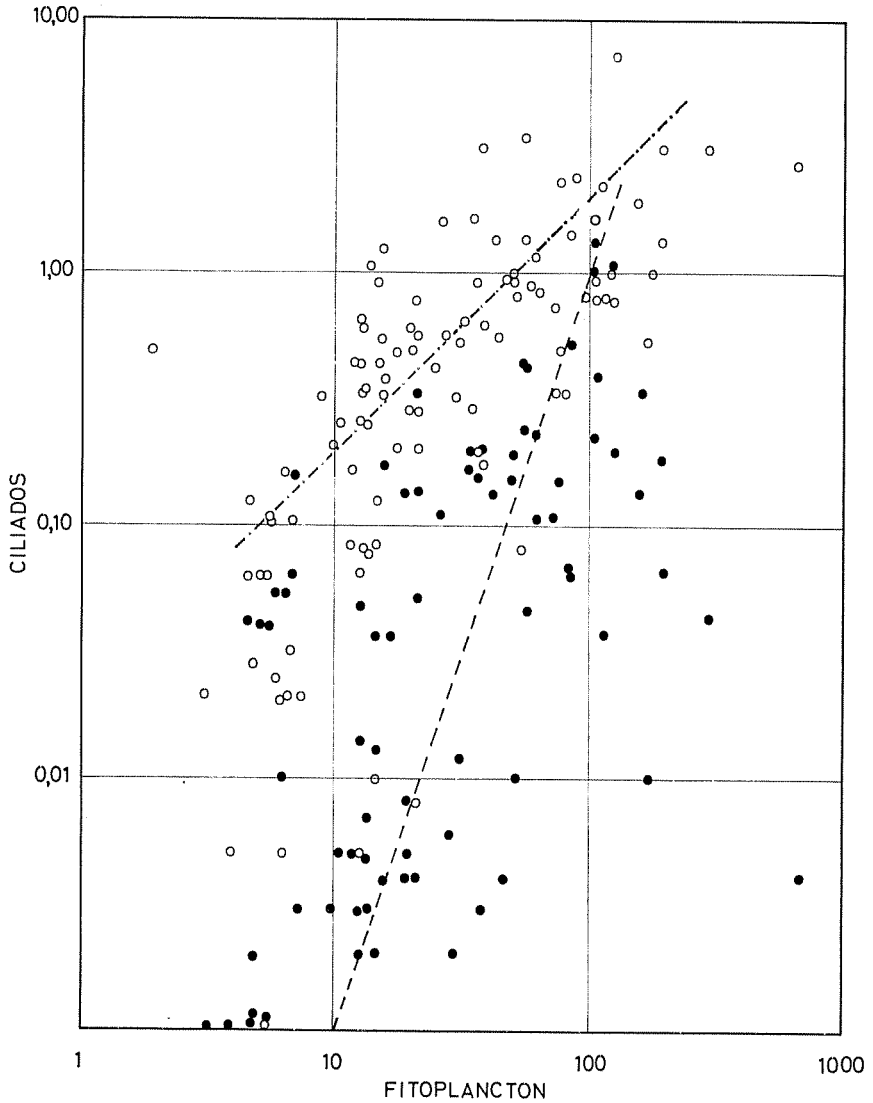


FIG. 4. — Relación entre la concentración total de fitoplancton, en abscisas, y la concentración de ciliados oligotricos no tintínidos, generalmente desnudos (círculos blancos) y de ciliados oligotricos loricaados o tintínidos (círculos negros). Escalas logarítmicas. Las concentraciones se expresan siempre en células por mililitro. Las rectas que sugieren el tipo de relación en cada caso han sido trazadas a ojo. Cada punto se refiere a concentraciones medias para cada uno de los cuatro estratos en que se ha dividido el perfil vertical en cada estación (tabla I).

dos, como *Laboea*, aunque otras estimas del mismo autor dan valores más bajos: 1-24 mm³ por millón. BEERS (1970) y BEERS & STEWART (1969) dan cifras mucho más bajas, de 2 a 12 mm³ por millón de individuos. Teniendo en cuenta el tamaño de los individuos más frecuentes en la región estudiada, el volumen se puede estimar entre 5 y 20 mm³ por millón de células. Aceptando un promedio de 10 000 células por cm², el volumen de los tintínidos bajo un metro cuadrado de la superficie marina se puede estimar entre 800 y 2000 mm³, y su biomasa, expresada en mg C m⁻² en la décima parte de dichas cifras, es decir, entre 80 y 200 mg C m⁻², lo cual es considerable. Debe tenerse en cuenta, además, que la mayor densidad de esta población se encuentra en las capas superficiales, asociada con el fitoplancton, en condiciones definidas en relación con el posible establecimiento de cadenas tróficas.

ECOLOGÍA COMPARADA DE CILIADOS LORICADOS Y DESNUDOS

Los ciliados parecen de biología uniforme por su lejanía, por el poco conocimiento que de ellos se posee. En realidad existen grandes diferencias ecológicas entre unos y otros. Es completamente diferente el mantenimiento de las poblaciones de *Mesodinium*, con sus simbiontes incompletos, que son prácticamente autótrofos, y los demás ciliados que se nutren de pequeños organismos y de materia orgánica detrítica o coagulada. Dentro de éstos, el género de vida es muy diferente en las pequeñas *Lohmanniella*, en los tintínidos loricados, en las grandes colonias pelágicas de *Zoothamnium*, y en las formas, como *Vorticella* y *Eutintinnus*, que habitualmente se encuentran asociadas con diatomeas, en una relación de gran especificidad y obviamente útil para la diatomea; pero cuyas consecuencias para el protozoo son difíciles de evaluar.

En lo que concierne a las relaciones cuantitativas entre los tintínidos loricados y los demás oligotricos, generalmente desnudos, la información preexistente, combinada con generalizaciones de la ecología, podía conducir a formular la hipótesis siguiente:

Todos los ciliados comen bacterias, pequeños flagelados y dinoflagelados, coccolitoforales y diatomeas de pequeñas dimensiones (*Thlassiosira*); pero dentro de este tipo de alimentación, se podría especular que los tintínidos loricados están adaptados, en líneas generales, a consumir un alimento de mayor tamaño medio. Por otra parte, los loricados parecen ser menos consumidos por depredadores variados y se puede pensar que la tasa de renovación de los ciliados desnudos sea mayor que la de las especies loricadas. En otros términos, desde el punto de vista de la estrategia de la evolución y siguiendo una designación que se ha aceptado y generalizado rápidamente (MCARTHUR & WILSON, 1967), se puede

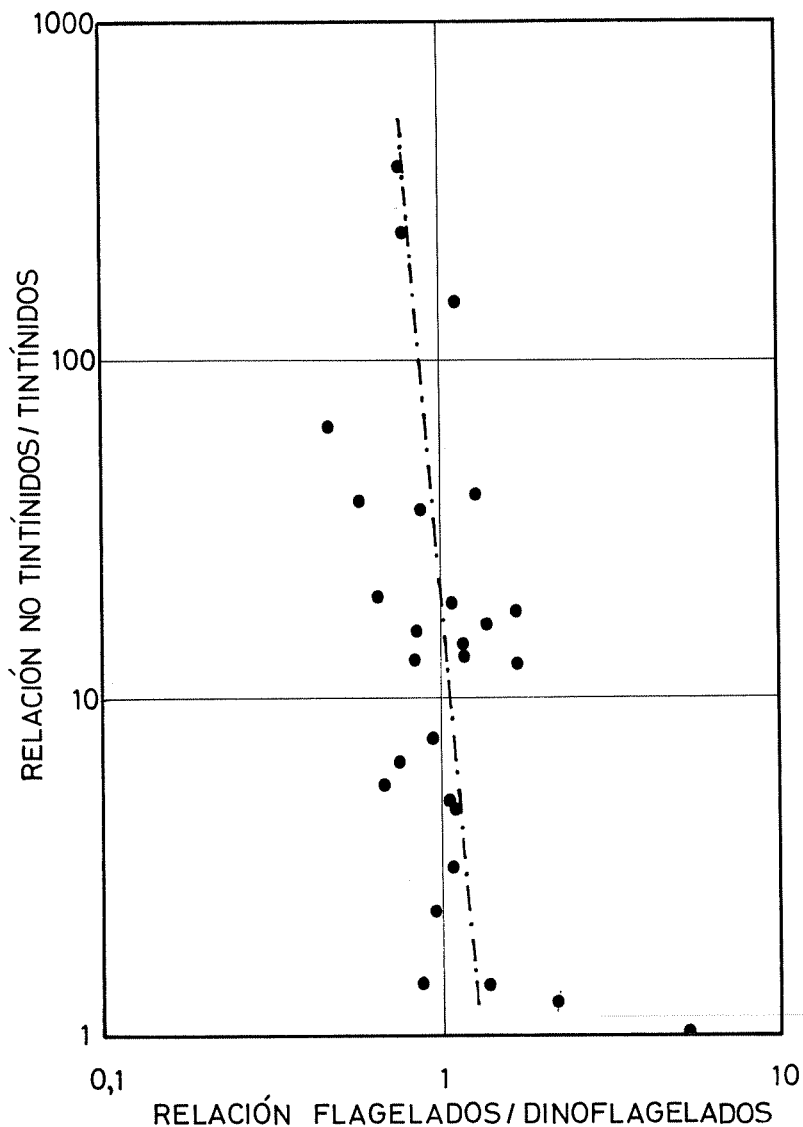


FIG. 5. — Relación entre el cociente pequeños flagelados no identificados/dinoflagelados no identificados, en abscisas, y el cociente oligotricos no tintínidos/tintínidos, en ordenadas. Las dos relaciones se considera que son inversamente proporcionales al tamaño medio de los organismos en los dos grupos que se comparan (fitoplancton y ciliados). Escalas logarítmicas. La línea de guía que sugiere la relación ha sido trazada a ojo. Cada punto se refiere a una estación, representada por los promedios entre 0 y 50 m de profundidad.

calificar a los oligotricos desnudos de estrategias de la *r*, que compiten por rapidez de multiplicación, y a los tintínidos loricados de estrategias de la *K*, que compiten reduciendo las pérdidas por consumo por parte de depredadores y por otros factores (sedimentación ?). Por tener los loricados una menor tasa de renovación, se podría anticipar su predominio relativo en ecosistemas más maduros, es decir, en aguas oceánicas, en relación con las aguas costeras y fértiles donde podrían predominar especies desnudas que se multiplican rápidamente.

Los datos de la campaña «Sahara II» no apoyan esta hipótesis, sino todo lo contrario. En lo que se refiere al primer aspecto (alimentación), se poseen recuentos de pequeños flagelados no identificados, así como de pequeños dinoflagelados a los que tampoco se pudo dar un nombre. Puesto que el tamaño medio de estos últimos es mayor que el de los flagelados (en su mayor parte crisomonadales), se pensó que el índice o cociente flagelados/dinoflagelados se podía comparar con el cociente oligotricos no tintínidos/tintínidos; de ser cierta la hipótesis de una dependencia del tamaño del alimento, la correlación entre ambos cocientes debería ser positiva. En realidad no es significativa y más bien negativa, es decir, depone contra la hipótesis que se deseaba probar (fig. 5).

El examen de las relaciones entre las abundancias de los dos grupos de ciliados que comentamos y del total de fitoplancton (fig. 4) pone de manifiesto una regularidad interesante. De la distribución de los valores se deduce que, por lo menos a las concentraciones más altas, el número de ciliados oligotricos no tintínidos (*D*) es simplemente proporcional a la concentración de fitoplancton (*F*), lo que se podría representar aproximadamente con una expresión de la forma

$$D = 0,02 F$$

Los ciliados loricados (*T*) siguen una regularidad diferente, pues su densidad aumenta según una potencia de la concentración del plancton que, para simplificar podemos escribir

$$T = 0,000001 F^3 \quad \text{y}$$

$$D + T = F (0,02 + 0,000001 F^2)$$

La explicación más plausible es que los ciliados mayores no requieren un alimento de mayor tamaño, sino una mayor concentración de alimento, porque su área de exploración y captura no es mucho mayor que en los no loricados, a lo que quizá contribuye la presencia de lorica. Si estas relaciones son extrapolables, el cociente oligotricos no tintínidos/tintínidos $D/T = 20\,000 F^{-2}$ aumentaría al disminuir la concentración de fitoplancton, es decir, hacia situaciones oceánicas, contrariamente a lo que se anticipaba, explicándose así la relación de fig. 5, pues la relación flagelados/dinoflagelados decrece hacia las aguas oligotróficas.

La lorica de los tintínidos consiste en una matriz orgánica, con o sin materiales extraños aglomerados; éstos pueden consistir en partes duras de material digerido (cocolitos) o simplemente aglomerado, a modo de pseudoheces, más partículas de arcilla y precipitados de carbonato cálcico. Según TAPPAN y LOEBLICH (1968) los datos antiguos sobre el carácter silíceo de las loricas son erróneos y debidos probablemente a confusiones con otros organismos. Sin embargo, las loricas de un *Tintinnopsis* de una población muy densa observada en Barcelona, contenían una proporción considerable de sílice, aunque ésta podía proceder de partículas pegadas a la matriz fundamental. La posibilidad de un contenido mayor o menor de sílice es interesante y, en parte, podría explicar la persistencia de loricas fósiles (COLOM, 1948).

Las loricas pueden tener función defensiva, pero es cierto que lastran considerablemente al ciliado, lo cual puede ser una característica menos positiva. La siguiente observación se refiere a un tintínido de lorica especialmente pesada; es instructiva, aunque no se la pueda considerar típica. En una población mediterránea de *Stenosemella*, cuyas loricas medían 68-70 μm de diámetro por 79-88 μm de longitud, el peso de 12 075 loricas limpias y desecadas era de 3 mg. La lorica vacía de una *Stenosemella* pesa, pues, $2,5 \times 10^{-7}$ g, es decir, varias veces el peso de una célula desnuda. A partir del volumen de las células de los tintínidos, se puede estimar que el peso de la mayoría de los individuos está comprendido entre 1 y 2×10^{-8} g; aun aceptando que las células de *Stenosemella* son de tamaño bastante superior al medio, su peso no rebasará $0,8 \times 10^{-7}$ g, es decir, la tercera parte del peso de su lorica y hay que tener en cuenta, además, que la densidad de la lorica es muy superior a la de las células. Las loricas de *Stenosemella* a las que se refiere esta observación vistas en masa no eran blancas, sino de color amarillento.

El cultivo de los ciliados marinos ha sido intentado pocas veces (BEERS & al., 1970; GOLD, 1968), pero es necesario para aclarar numerosos aspectos de su biología, especialmente de su nutrición, respiración y reproducción. *Stenosemella* en cultivo se divide cada 2-5 días (BEERS & al., 1970). En definitiva, junto con las bacterias y el nanoplancton, los ciliados constituyen uno de los componentes menos estudiados del plancton marino.

SUMMARY

DISTRIBUTION OF PLANKTONIC CILIATA IN THE UPWELLING AREA OF NW AFRICA (Cruise «Sáhara II» of the research vessel «Cornide de Saavedra»). — Ciliata were counted with the inverted microscope in sedimented samples of 100 ml. Most of the specimens are oligotricha and no effort was made to arrive at specific determinations; the only classificatory criterium was to distribute them in tintinnida and non tintinnida (these usually naked). Densities were estimated at standard depths, and the original data have been combined and expressed in average (arithmetical) densities in the different layers: 0-25 m, 25-50 m, 50-100 m, 100-500 m (table I). The same results are plotted in figs. 1 and 2, in cells per square centimeter and two depth ranges: 0-50 m (figures placed over the position of the station) and 50-500 m (figures below).

On the average, about 10 000 ciliates are found in a water column 1 cm² of section and extending from surface down to 500 m depth, but the major density of populations lies close to the surface (fig. 3). The loricate cells made between 10 and 12 % of the total number of ciliata. On the average, there is one ciliate for every 60 phytoplankton cells and this relation falls in the same range of values found elsewhere. Tintinnoinea are less evenly distributed than other oligotricha and they number seem to be proportional to a power of phytoplankton density (fig. 4). This is at odds with what was expected from different considerations.

Ciliates make an important link in marine food chains. It can be estimated that their biomass, in the area under study, may amount to between 80 and 200 mg C m⁻². It is urgently necessary to intensify the study of this neglected link.

BIBLIOGRAFÍA

- BAKKER, C. — 1967. Massele ontwikkeling van ciliaten met symbiotische algen in het Veerse Meer. *Levende Natuur*, 70: 166-173.
- BÉ, A. W. H., J. M. FORNS & O. A. ROELS. — 1971. Plankton abundance in the North Atlantic Ocean. En *Fertility of the Sea*, edit. J. D. Costlow, 1: 17-50. Gordon & Breach, New York, London & Paris.
- BEERS, J. R. — 1970. Ciliate populations off Peru. Inst. Marine Resources. Research on the marine food chains. Progress Report July 1969 - June 1970, 1: 56-57. (Unpublished manuscript.)
- BEERS, J. R., & G. L. STEWART. — 1967. Micro-zooplankton in the euphotic zone at five locations across the California current. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 24: 2053-2068.
- BEERS, J. R., & G. L. STEWART. — 1969. Micro-zooplankton and its abundance relative to the larger zooplankton and other seston components. *Marine Biol.*, 4: 182-189.
- BEERS, J. R., & G. L. STEWART. — 1970. Micro-zooplankton in the plankton communities of the upper waters of the Eastern Tropical Pacific. Inst. Mar. Resources. Research on the marine food chain. Progress Report July 1969 - June 1970, 2 (1): 178-228. (Unpublished manuscript.)
- BEERS, J. R., & G. L. STEWART. — 1970. Numerical abundance and estimated biomass of microzooplankton. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.*, 17: 67-88.
- BEERS, J. R., G. L. STEWART & G. P. OWEN. — 1970. Laboratory cultures of pelagic marine ciliates. Institute of Marine Resources. Research on the marine food chain. Progress Report July 1969 - June 1970, 1: 58-61. University of California. (Unpublished manuscript.)
- COLOM, G. — 1948. Fossil Tintinnida: Loricate infusoria of the order of the Oligotricha. *J. Paleont.*, 22: 233-263.
- DURÁN, M. — 1965. Tintinnoideos de las costas de Mauritania y Senegal. *Trab. Inst. Esp. Oceanogr.*, 32: 1-32.
- GOLD, K. — 1968. Some observations on the biology of *Tintinnopsis* sp. *J. Protozool.*, 15: 193-194.

- LOHMANN, H. — 1908. Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. *Wissensch. Meeresuntersuch.*, Abt. Kiel, N. F., 10: 131-366.
- MCARTHUR, R. H., & E. O. WILSON. — 1967. *The theory of Island Biogeography*. Princeton Univ. Press, Princeton, N. J., 203 pp.
- MARGALEF, R. — 1963. Rôle des ciliés dans le cycle de la vie pélagique en Méditerranée. *Rapp. Proc.-Verb. C.I.E.S.M.M.*, 17 (2): 511-512.
- 1968. Nouvelles observations sur la distribution des ciliés oligotriches dans le plancton de la Méditerranée occidentale. *Rapp. Proc.-Verb. C.I.E.S.M.M.*, 19 (3): 565-566.
- 1972. Fitoplancton de la región de afloramiento del noroeste de África. Pigmentos y producción primaria (Campaña «Sahara II» del «Cornide de Saavedra»). *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, 1: 23-51.
- TAPPAN, H., & A. R. LOEBLICH. — 1968. Lorica composition of modern and fossil Tintinnida (Ciliate protozoa), systematics, geologic distribution, and some new Tertiary taxa. *J. Paleont.*, 42: 1378-1394.
- TAYLOR, F. J. R., D. J. BLACKBOURN & J. BLACKBOURN. — 1971. The Red-Water Ciliate, *Mesodinium rubrum* and its «incomplete symbionts»: A review including new ultrastructural observations. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 28: 391-407.
- ZEITSCHSEL, B. — 1967. Die Bedeutung der Tintinnen als Glied der Nahrungsketten. *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, 15: 589-601.
- 1969. Tintinnen des westlichen Arabischen Meeres, ihre Bedeutung als Indikatoren für Wasserkörper und Glied der Nahrungskette. *«Meteor» Forschungsergebnisse*, D, 4: 47-101.