

# Hidrografía y fitoplancton de las costas de Castellón, de julio de 1957 a junio de 1958

por

R. MARGALEF,\* J. HERRERA\*\* y E. ARIAS\*

## INTRODUCCIÓN

Continuando el programa establecido (HERRERA & MARGALEF, 1957, y locs. cit.), ha proseguido la obtención de muestras de agua y plancton en el área de pesca que se extiende principalmente frente a Castellón, Almazora y Burriana, sobre fondos de 35-55 (—140) metros, de 5 a 25 millas de la costa. En las mismas barcas de pesca se han tomado temperaturas del agua superficial, usualmente varias veces cada día.

El presente trabajo no aporta nuevos hechos al conocimiento del ciclo del plancton en esta área; pero confirma la bien conocida relación entre producción de fitoplancton y afloramiento. Ofrece la novedad de introducir el estudio espectrofotométrico de los pigmentos de los extractos de plancton, capaz de una mayor exactitud y —por lo menos así lo esperamos— de proporcionar directamente datos sobre la composición cualitativa del fitoplancton y las características dinámicas de sus poblaciones.

Debemos agradecer a los patronos y tripulaciones de la flota pesquera de Castellón la valiosa colaboración gracias a la cual ha sido posible disponer de las muestras y datos cuyo análisis se presenta en este trabajo. Los marineros José Canales y Francisco Vinuesa han intervenido en la obtención de la mayor parte de las muestras. El señor J. Sanjuán, encargado del Observatorio Meteorológico de la Junta de Obras del Puerto de Castellón, ha puesto a nuestra disposición todos sus archivos de datos. La señorita Rosario Martín se ha encargado de numerosas determina-

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

\*\* Monturiol, 2. Grao (Castellón).

ciones y cálculos. Es un grato deber reconocer estas colaboraciones, así como la prestada por el doctor R. Crespo en la obtención de los espectros en el laboratorio de la sección textil del Patronato Juan de la Cierva, en Barcelona.

## METEOROLOGÍA E HIDROGRAFÍA

Las medias mensuales y semanales en la intensidad de los vientos en Castellón en relación con el afloramiento, computadas como en trabajos anteriores de esta serie, figuran en las tablas I y III, habiéndose incluido también en las figuras 3, 4 y 5.

La temperatura del agua superficial se basa ordinariamente en varias lecturas diarias obtenidas a bordo de las barcas de pesca. Estas cifras se han combinado en medias mensuales (tabla II) y semanales (tabla III).

En los trabajos de la serie «Datos climáticos del puerto de Castellón y térmicos de las aguas costeras superficiales en relación con la pesca» correspondientes a 1957 y 1958 (HERRERA, en prensa), se pueden encontrar datos complementarios sobre pluviosidad, presión atmosférica, nivel del mar y estado del cielo.

Las muestras para la determinación de la salinidad (77 determinaciones) y fósforo inorgánico (69 determinaciones) han sido obtenidas a bordo de las embarcaciones pesqueras, utilizando botellas Nansen. Las valoraciones se han hecho por el método del azul de molibdeno, siguiendo a HARVEY, y por el método de MOHR-KNUDSEN, respectivamente. Los resultados figuran en los gráficos 1 y 2, sobre los que se han trazado isopletas aproximadas para orientar al lector sobre la tendencia general que informa el ciclo anual.

El examen de las figuras 1 y 2, especialmente cuando se toma en consideración el efecto de los vientos, pone de manifiesto el consabido afloramiento invernal, que esta temporada, por distintas causas, no alcanzó la efectividad de otros años en relación con la producción de fitoplancton. Las intensas lluvias de octubre de 1957 determinaron una considerable estratificación y aumento de la estabilidad del agua, que, posiblemente, retardó el afloramiento, sin que las aguas dulces aportaran una cantidad apreciable de fosfato. A mediados de diciembre de 1957, se produce una primera fase de afloramiento, que pronto se interrumpe por dejar de soplar vientos apropiados, observándose en enero, en superficie, concentraciones de fosfato inferiores a 1 mg P/m<sup>3</sup>. Hasta marzo no vuelven a soplar vientos de intensidad y dirección conveniente, y sólo en una ocasión, a fines de este mes, se alcanzan 2 miligramos de P por metro cúbico. La mayor salinidad del agua en superficie se centra también en la segunda quincena de marzo.

TABLA I

Régimen de vientos de julio de 1957 a junio de 1958

MESES	RESULTANTE EN RELACIÓN CON EL AFLORAMIENTO	COMPONENTES FAVORABLES AL AFLORAMIENTO
	VALORES MEDIOS EN kg/m <sup>2</sup>	VALORES MEDIOS EN kg/m <sup>2</sup>
1957		
Julio .....	— 0,461	0,016
Agosto .....	— 0,358	0,094
Septiembre .....	+ 0,131	0,413
Octubre .....	— 0,081	0,206
Noviembre .....	— 0,676	0,049
Diciembre .....	+ 0,201	0,285
1958		
Enero .....	— 0,144	0,060
Febrero .....	+ 0,180	0,225
Marzo .....	+ 0,414	0,511
Abril .....	— 0,212	0,356
Mayo .....	— 0,253	0,085
Junio .....	— 0,731	0,103

TABLA II

Temperaturas de las aguas superficiales de julio de 1957 a junio de 1958

MESES	MEDIA MENSUAL GENERAL	MEDIA MENSUAL	DIFERENCIAS
	(1950-1958)		
1957			
Julio .....	24,9	23,8	— 1,1
Agosto .....	25,5	24,8	— 0,7
Septiembre .....	24,3	23,3	— 1
Octubre .....	21,7	21	— 0,7
Noviembre .....	18,7	18,1	— 0,6
Diciembre .....	15,9	15	— 0,9
1958			
Enero .....	13,9	14,2	+ 0,3
Febrero .....	13,1	14,1	+ 1
Marzo .....	13,8	13,9	+ 0,1
Abril .....	15,1	14,6	— 0,5
Mayo .....	18	17,9	— 0,1
Junio .....	21,2	20,4	— 0,8

TABLA III

Estudio comparativo semanal de la influencia del régimen de vientos y de la temperatura sobre la producción de fitoplancton

SEMANA	VIENTOS RESULTANTE TOTAL	COMPONENTE FAVORABLE (kg/m <sup>2</sup> )	TEMP. MEDIA SEMANAL (°c)	FITO- PLANCTON U P H/m <sup>3</sup>
1957				
1-7 julio .....	— 0,759	0	23,4	560
8-14 » .....	— 0,853	0,043	—	660
15-21 » .....	— 0,261	0	24,2	1 500
22-28 » .....	— 0,177	0,029	23,8	590
29 julio - 4 agosto .....	— 0,237	0,003	24,7	990
5-11 agosto .....	— 0,085	0,217	—	1 998
12-18 » .....	— 0,209	0,039	—	880
19-25 » .....	— 0,225	0,068	24,7	610
26 agosto - 1 septiembre ...	— 0,482	0,078	24,8	730
2-8 septiembre .....	— 0,166	0,054	—	490
9-15 » .....	— 0,525	0,092	22,3	—
16-22 » .....	+ 1,556	1,578	23,6	490
23-29 » .....	— 0,281	0,187	24	670
30 septiembre - 6 octubre ...	— 0,605	0,029	—	1 530
7-13 octubre .....	— 1,297	0,014	—	840
14-20 » .....	— 0,720	0,054	—	600
21-27 » .....	— 0,058	0,058	20	740
28 octubre - 3 noviembre ...	— 0,233	0,046	20,4	890
4-10 noviembre .....	+ 0,759	0,759	—	850
11-17 » .....	— 0,851	0,096	19	910
18-24 » .....	— 0,286	0,014	18,2	890
25 noviembre - 1 diciembre .	— 0,007	0,012	16,5	850
2-8 diciembre .....	+ 0,017	0,017	16,3	570
9-15 » .....	+ 0,773	0,775	14,8	830
16-22 » .....	+ 0,048	0,127	15	1 560
23-29 » .....	+ 0,094	0,233	14,7	1 440
1958				
30 diciembre - 5 enero .....	+ 0,251	0,253	14,5	1 570
6-12 enero .....	+ 0,062	0,083	14,7	2 580
13-19 » .....	— 0,156	0,091	14,4	1 750
20-26 » .....	+ 0,012	0,076	13,9	1 900
27 enero - 2 febrero .....	— 0,643	0	13,9	1 980
3-9 febrero .....	+ 0,069	0,115	14,1	1 920
10-16 » .....	+ 0,239	0,329	14,2	1 920
17-23 » .....	+ 0,200	0,210	14	1 960
24 febrero - 2 marzo .....	+ 0,242	0,248	13,9	5 570
3-9 marzo .....	+ 0,059	0,073	13,5	5 070
10-16 » .....	+ 0,526	0,821	13,6	4 980
17-23 » .....	+ 0,055	0,138	14,2	3 000
24-30 » .....	+ 0,549	0,552	14,2	4 440
31 marzo - 6 abril .....	+ 0,438	0,607	14,5	2 020
7-13 abril .....	— 0,903	0,001	14,7	1 470
14-20 » .....	+ 0,561	0,836	14	1 170
21-27 » .....	— 1,016	0,088	14,5	650
28 abril - 4 mayo .....	— 0,081	0,039	16,5	950
5-11 mayo .....	— 0,608	0,035	18,3	1 110
12-18 » .....	— 0,039	0,223	17,8	1 010
19-25 » .....	— 0,291	0,068	17,2	1 240
26 mayo - 1 junio .....	— 0,145	0,036	18	1 060
2-8 junio .....	— 0,574	0,049	20	1 350
9-15 » .....	+ 0,239	0,240	19,5	800
16-22 » .....	— 2,658	0	20,9	910
23-29 » .....	— 0,054	0,163	21,2	1 290

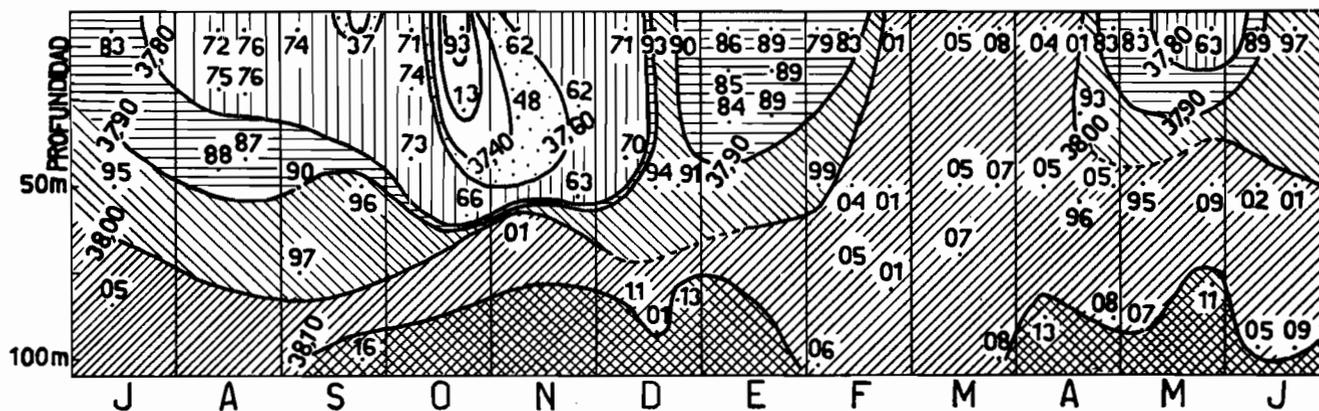


FIG. 1. — Distribución vertical y variaciones de la salinidad de julio de 1957 a junio de 1958. Escala de profundidades a la izquierda. Los valores determinados, en S‰, figuran sobre los puntos correspondientes y se han trazado isoplefas cada 0,1 de dichos valores.

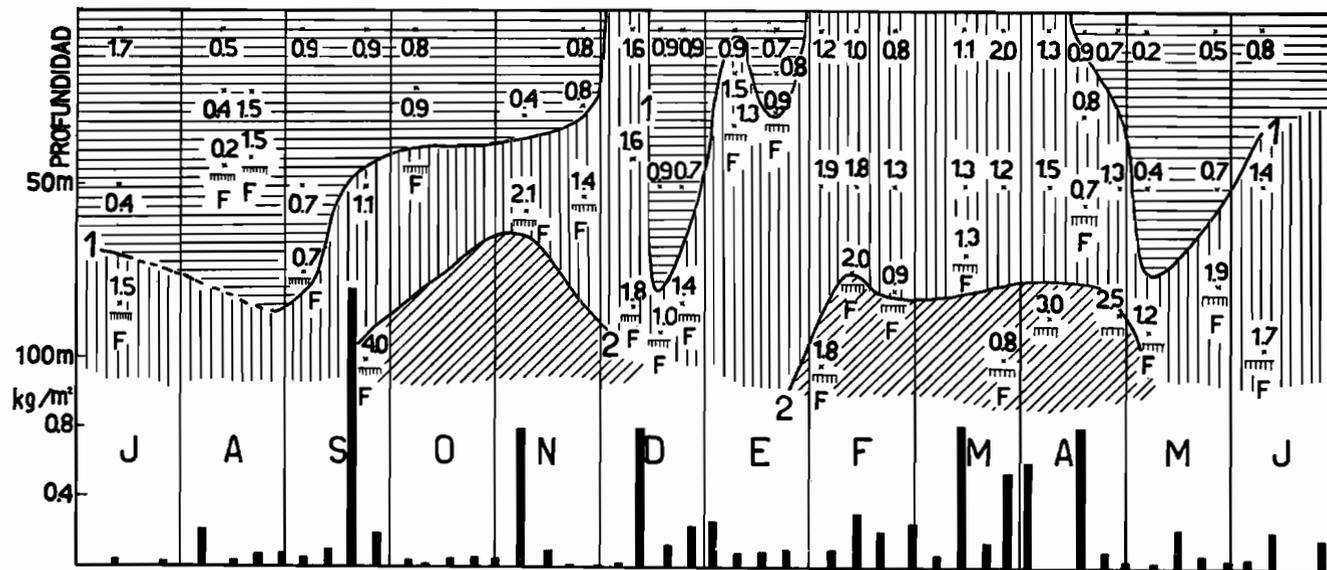


FIG. 2.— Distribución vertical y variaciones de los fosfatos de julio de 1957 a junio de 1958. Escala de profundidades a la izquierda. F indica fondo, distinto de unas a otras observaciones porque no todas se hicieron en el mismo punto. En la parte baja se representa la intensidad media semanal de los vientos favorables al afloramiento (SW+0,7 S+0,7 W) en kg/m<sup>2</sup> (escala de la izquierda, parte inferior). Los valores observados, en mg de P inorgánico por m<sup>3</sup>, figuran en los puntos correspondientes, y se han trazado isopletas para los valores de 1 y 2 mg P/m<sup>3</sup>.

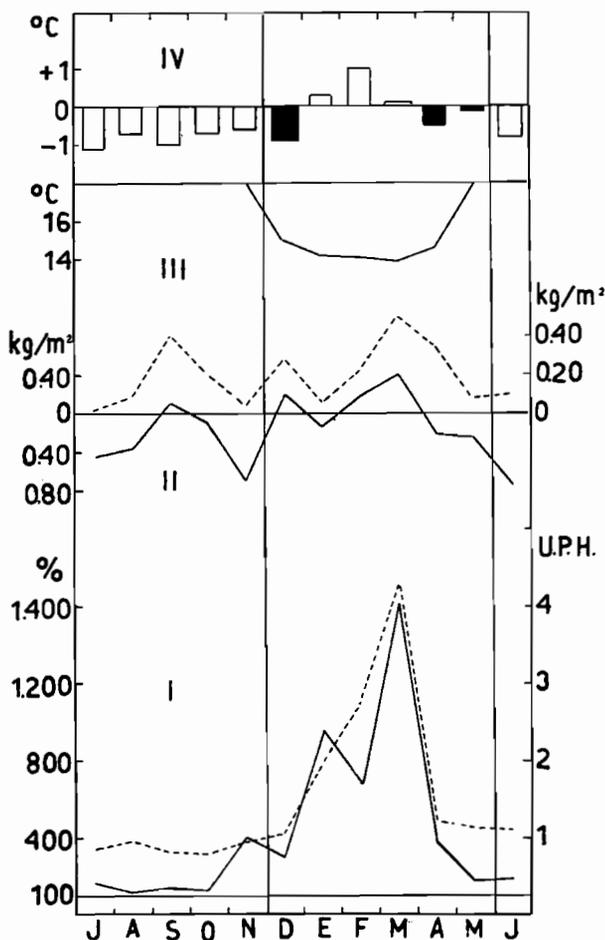


FIG. 3.—Fitoplancton de Castellón, de julio de 1957 a junio de 1958, y algunos factores que influyen en la producción, en medias mensuales.—I. La línea continua es proporcional a la cantidad total de células en el plancton de red, suponiendo constante e igual a 100 el número de células de dinoflageladas (escala a la izquierda); la línea de trazos da la biomasa en unidades Harvey de pigmento (UPH) por litro (escala a la derecha).—II. Régimen de vientos en relación con el afloramiento; la línea continua une medias mensuales que incluyen los vientos de direcciones N, NE y E, de efecto negativo sobre el afloramiento (escala de la izquierda); la línea de trazos une medias en las que se prescinde del efecto de tales vientos (escala de la derecha).—III. Temperaturas medias mensuales del agua superficial, cuando son inferiores a 18°C.—IV. Diferencias entre las temperaturas medias de cada mes y las correspondientes medias generales para dicho mes en el período 1950-1958. En negro, las diferencias negativas cuando las temperaturas son inferiores a 18°C.

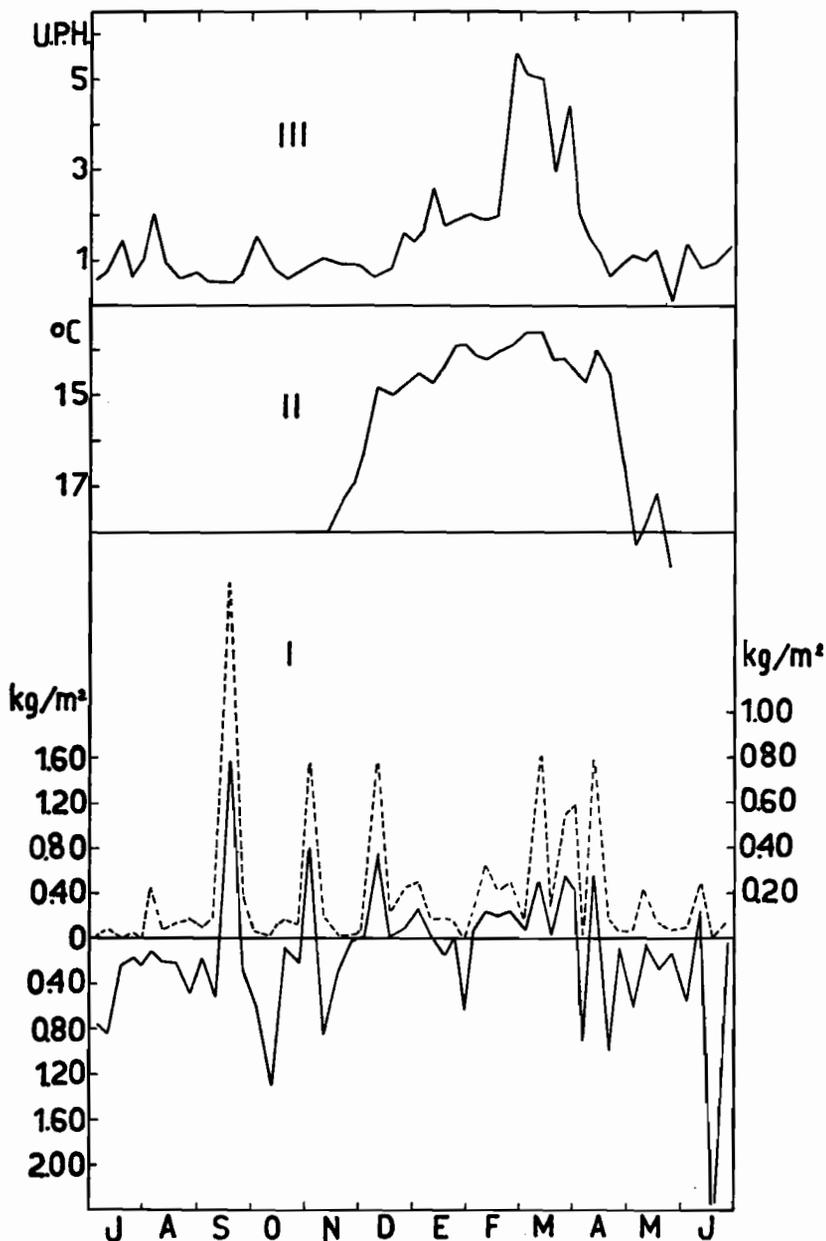


FIG. 4.— Algunas de las variables a que se refiere la fig. 3, expresadas por sus medias semanales en lugar de mensuales.—I. Régimen de vientos en relación con el afloramiento. La línea continua une medias de la resultante de vientos favorables y desfavorables (escala a la izquierda); la línea de trazos se refiere a medias de sólo los vientos favorables al afloramiento (escala de la derecha).—II. Temperaturas medias del agua superficial cuando son inferiores a 18°C.—III. Biomasa media semanal del fitoplancton, en UPH/litro.

Recientemente se han publicado contribuciones muy valiosas al conocimiento de las corrientes en el área que nos ocupa (SUAU & VIVES, 1958; BOUGIS, 1958). Lo más notable es que la corriente, que normalmente fluye de norte a sur, experimenta una inversión de su sentido a fines de primavera y principios de verano, fenómeno que podría estar relacionado con ciertas características del desarrollo del plancton, especialmente con el llamado «segundo máximo». El estudio de las variaciones del nivel del mar, corregidas de los efectos de la presión atmosférica y deducida la onda anual de oscilación que corresponde al oeste del Mediterráneo (PATTULO & al., 1955), podrá ilustrar seguramente sobre las variaciones que de un año a otro experimenta la circulación cerca de la costa; pero son necesarias observaciones hidrográficas más detalladas de las que poseemos para poder utilizar aquellos datos.

### COMPOSICIÓN DEL PLANCTON DE RED

El microplancton analizado corresponde a 45 muestras obtenidas con red biconica de 1 dm<sup>2</sup> de boca, de malla de 70 hilos por cm lineal, remolcada durante 30 minutos a la velocidad de (1-) 1,5 (-2) nudos y, por lo general, con la boca de la red de 2 a 3 m bajo la superficie.

En la tabla IV figura la composición de las muestras, en las que se identificaron 185 formas de algas y 29 de tintínidos, aproximadamente las mismas cifras que en años anteriores. Debe reconocerse que cada año las muestras se examinan de manera más rápida y sumaria, ofre-

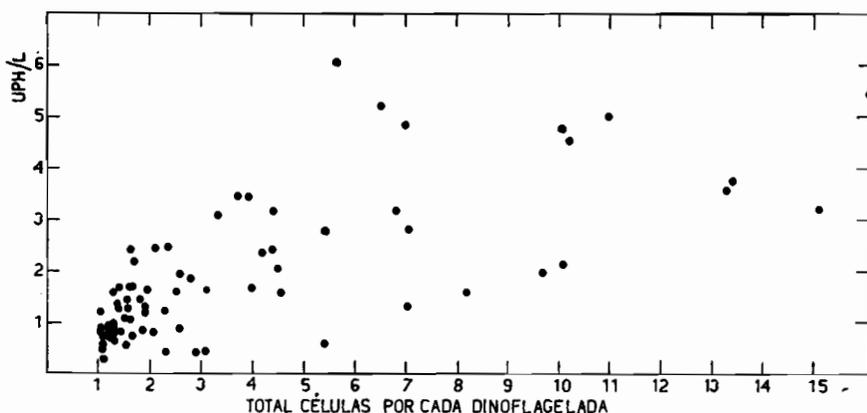


FIG. 5.—Relación entre los valores «número total de células por cada célula de dinoflagelada en el plancton de red» ( $x$ ) y unidades Harvey de pigmento por litro ( $y$ ), según las medias mensuales obtenidas en aguas de Castellón desde 1951 hasta junio de 1957. Fuera del gráfico queda el punto correspondiente a febrero de 1951, con  $x=27$ ,  $y=7$ .











Pelagocystus sp. ..... + ..... 1 + . 2 2 + 1 2 1 2 2 1  
 Halosphaera viridis ..... . . . . + . . . . 1 . + . 2 2 + 1 2 1 2 2 1

*Incerta sedis*

Células aciculares, como Ankistrodesmus ... . . . . + . . . . .

↳

TINTINNOINEA

Eutintinnus apertus (=Tintinnus inquilinus)	+ + . + . + . .	+ + . .	+ . 1 +	1 1 1 1	1 1 . 1 .
Eutintinnus fraknoi	. . . . .	1 2 . 1	1 1 1 .	. + 1 .	. . . . .
Eutintinnus lususundae	+ . . + . . . .	+ . . . .	. . . . .	1 1 . .	. . . . .
Salpingella acuminata	. . . . .	. . . . .	. 1 . . . .	. . . . .	. . . + .
Salpingella attenuata	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . + . .
Salpingella decurtata	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . + .
Amphorella ganymedes	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Amphorella quadrilineata	. . . . .	. + . . . .	+ . . . .	. + 1 +	+ 2 1 . .
Steenstrupiella steenstrupi	. . . . .	. . . . .	. + . . . .	. 1 . .	1 1 + 1 .
Favella azorica	+ + . . + . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Undella claparedei	1 + . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . + + +
Undella clevei	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . + .
Undella hyalina	. . . . .	. . . . .	. . . . .	+ . . +	. + . + +
Proplectella acuta	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . + .
Proplectella angustior	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . + .
Epiplocylis acuminata	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . + .	. . . + +
Rhabdonella spiralis	1 1 . 1 . . + .	1 . . . .	. 1 . 1 .	. . 1 +	1 2 1 2 .
Tintinnopsis campanula	. + . . . . .	. . . . .	2 . . 1 .	. . . . .	. 1 1 . +
Tintinnopsis cylindrica	. + . . . . .	. . . . .	+ . . . .	. . . . .	. . . . .
Tintinnopsis radix	. . . . .	. . . . .	1 . . . .	. . . . .	. . . . .
Dictyocysta elegans	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. + . + .
Dictyocysta lepida	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Dictyocysta mitra	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. + + +	+ . 1 + .
Dictyocysta reticulata	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. + + . .
Petalotricha ampulla	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . +
Codonella galea	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . +	. + . 1 .
Stenosemella nucula	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. + . . .	. . . . .
Stenosemella ventricosa	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Codonellopsis morchella	. . . . .	. . . . .	2 . . . .	. . . . .	. 1 . + .



Peridinium crassipes	.	.	1	+	+	.	.	.	.	+	1	.	.	.	+	1	.	1					
Peridinium depressum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.	+	+	1					
Peridinium diabolus	1	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.					
Peridinium divergens	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.					
Peridinium globulus	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.					
Peridinium inflatum	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+					
Peridinium leonis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Peridinium mite	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Peridinium murrayi	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Peridinium oceanicum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	+	1	1	2	.	.	.					
Peridinium oviforme	.	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+					
Peridinium pallidum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.					
Peridinium pellucidum	1	+	1	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.					
Peridinium quarnerense	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.					
Peridinium solidicorne	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Peridinium sphaericum	.	.	.	+	+	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Peridinium steinii (generalmente pequeño)	1	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1					
Peridinium subinermis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.					
Peridinium subinermis punctulatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Peridinium trochoideum	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Peridinium sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Peridiniopsis asymmetrica	1	1	+	.	2	1	1	1	1	1	1	.	+	.	.	+	+	.					
Goniaulax digitale	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+					
Goniaulax fragilis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.					
Goniaulax pacifica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Goniaulax polyedra	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Goniaulax polygramma	.	.	+	.	+	1	.	.	+	.	.	.	1	+	.	1	1	1					
Goniaulax polygramma pulchra	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Goniaulax spinifera	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Pachydinium mediterraneum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Ceratium arietinum	+	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Ceratium azoricum	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Ceratium buceros	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Ceratium buceros tenue	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.					
Ceratium candelabrum	1	.	+	.	1	.	1	.	.	+	1	.	+	.	.	.	+	+					
Ceratium carriense	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Ceratium carriense volans	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2				
Ceratium concilians	+	+	+	.	+	.	.	+	.	+	+	.	.	.	.	+	+	.	+	1			
Ceratium contrarium	+	.	+	.	.	+	+	.	.	.	+	1	.	2	1	1	.	.	.	.			
Ceratium declinatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Ceratium extensum	1	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	1	1			
Ceratium euarcatum	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Ceratium falcatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Ceratium furca berghi (y transiciones*)	1	.	.	.	1	1*	.	.	+	+	.	.	+	1	2*	1	.	3*	3*	2*	1	1	2





Número operación (Registro laboratorio) ...	1071	1073	1075	1077	1079	1081	1083	1085	1086	1089	1091	1093	1095	1097	1099	1101	1103	1104	1106	1109
	1958																			
Mes .....	I			II			III				IV				V			VI		
Día .....	3	13	20	3	12	18	4	13	20	31	8	15	23	28	8	20	26	5	12	20
<i>Chaetoceros diversus</i> .....	.	1	+	.	+	1	.	1	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros fragilis</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros lauderi</i> .....	.	.	.	.	.	1	.	+	+	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> .....	1	1	2	1	1	.	1	1	2	.	1	.	1	.	+	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros messanensis</i> .....	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros peruvianus</i> .....	.	.	1	.	.	1	1	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros rostratus</i> .....	.	.	.	.	1	1	1	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros tortissimus</i> .....	.	.	1	1	2	2	2	2	.	+	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros wighami</i> .....	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Biddulphia mobiliensis</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cerataulina bergoni</i> .....	.	.	1	2	3	3	1	1	+	.	1	.	1	+	.	.	.	.	.	.
<i>Hemiaulus hauckii</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1	1	2	2	1	1	1	1
<i>Hemiaulus sinensis</i> .....	.	.	+	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Euampia zoodiacus</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hemidiscus cuneiformis</i> .....	.	+	+	1	.	.	+	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Synedra</i> sp. ....	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thalassionema nitzschioides</i> .....	1	.	1	.	1	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> .....	1	1	2	.	2	2	2	2	2	1	2	2	.	+	1	1	.	.	.	+
<i>Thalassiothrix longissima</i> .....	2	.	1	.	.	1	+	+	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Asterionella japonica</i> .....	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Asterionella mediterranea</i> .....	1	1	3	3	4	3	4	2	1	1	1	2	1	1	.	.	.	.	.	.
<i>Navicula pennata</i> .....	1	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Pleurosigma</i> sp. ....	+	1	.	.	1	.	1	.	.	.	.	+	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Amphiprora</i> sp. ....	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bacillaria paradoxa</i> .....	.	1	2	.	.	.	.	.	1	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nitzschia closterium</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nitzschia delicatissima</i> .....	.	.	.	.	1	.	1	2	2	2	2	2	2	2	3	1	.	2	2	.
<i>Nitzschia longissima</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nitzschia seriata</i> .....	2	2	1	2	1	.	3	1	1	1	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nitzschia sigma</i> .....	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

**HETEROCONTAE**

<i>Pelagocystis</i> sp. ....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Halosphaera viridis</i> .....	2	.	1	1	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	



ciendo poca oportunidad para reconocer la presencia de novedades raras.

En dos diatomeas se ha observado regularidad en la presencia temporal de las distintas formas. La forma delgada de *Rhizosolenia imbricata shrubsolei* se observa hasta mediados de octubre, siendo entonces sustituida por células más gruesas. *Chaetoceros peruvianus* mostró constantemente mayor tamaño de diciembre a julio. La mayor parte de las células de *Nitzschia seriata* en las muestras 1 089, 1 091 y 1 093 muestran el contenido deteriorado y cuerpos fructíferos de hongos u otros epibiontes alrededor de la porción central.

Como de costumbre, a base de los datos de abundancia de la tabla IV se han calculado cifras relativas aproximadas de la composición del plancton de red, expresando el número total de células por 100 células de dinoflageladas —o por 100 células de diatomeas—, en medias mensuales. Estos datos figuran en la tabla VI. Véase en la figura 5 su relación con la concentración de pigmento.

#### CANTIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PIGMENTOS EXTRAÍDOS DEL PLANCTON

Los pigmentos se han determinado en 77 muestras de 20 a 21 litros de agua superficial obtenidas en la misma zona de pesca. A partir de este año, la apreciación de los pigmentos en términos de unidades Harvey ha sido complementada con el análisis espectrofotométrico de los extractos. Los extractos se obtenían en caliente, se envasaban en ampollas cerradas a la lámpara y se conservaban a la oscuridad en un refrigerador. Algunas experiencias mostraron que de esta forma se conservan casi indefinidamente. Se utilizaron espectrofotómetros de prisma de cuarzo (Unicam y Beckman DU) y cubetas de 1 cm de espesor de la solución. Se midieron las densidades óptimas o absorbancias en los puntos necesarios para determinar las concentraciones de los diferentes pigmentos mediante las expresiones de RICHARDS & THOMPSON (1952), así como a 430  $m\mu$  y a 750  $m\mu$ , este último punto para vigilar la turbidez, que a veces obligó a introducir correcciones.

Los resultados se exponen en la tabla V, redondeando las cifras después de los cálculos. Para interpretar estos datos debe tenerse presente la notable heterogeneidad espacial en la distribución del plancton, como resultado de la cual se pueden obtener concentraciones muy diferentes de los distintos pigmentos en muestras obtenidas simultáneamente en puntos distintos, aunque no estén muy alejados. Es más, existen fluctuaciones diarias en la concentración de clorofila que puede variar casi como 1 :2 (SHIMADA, 1958) y, puesto que el efecto de la luz solar sobre la síntesis y descomposición de pigmentos difiere según la naturaleza

TABLA V

Fitoplancton nerítico superficial de aguas de Castellón, de julio 1957 a junio 1958. Pigmentos extraídos en caliente con acetona del 90 %. Las unidades Harvey han sido determinadas por comparación visual con patrones inorgánicos. Todos los restantes datos han sido obtenidos con espectrofotómetro de prisma de cuarzo (Unicam o Beckman DU). Las absorbancias o densidades ópticas a 430 y 665  $m\mu$  se refieren a soluciones acetónicas que en 1 ml contienen los pigmentos de 1 l de agua de mar. Las cantidades de clorofilas y carotinoides han sido calculadas haciendo uso de las expresiones de RICHARDS & THOMPSON (1952).

FECHA	UPH/m <sup>3</sup>	D <sub>430</sub>	D <sub>665</sub>	$\frac{D_{430}}{D_{665}}$	CLORO- FILA a mg/m <sup>3</sup>	CLORO- FILA b mg/m <sup>3</sup>	CLORO- FILA c MSPU/m <sup>3</sup>	CAROTIN. (NO AST.) MSPU/m <sup>3</sup>	CAROTIN. (ASTAC.) MSPU/m <sup>3</sup>
(1957)									
2-VII	560								
9-V.I	660								
16-VII	1 500								
24-VII	590								
30-VII	990								
5-VIII	1 980								
13-VIII	880								
20-VIII	670								
23-VIII	550								
30-VIII	730								
3-IX	490								
17-IX	490								
23-IX	670								
30-IX	1 530								
7-X	800								
11-X	880								
17-X	600								
22-X	740								
29-X	890								
5-XI	1 170								
8-XI	860								
13-XI	910								
19-XI	890								
25-XI	850								
2-XII	570								
9-XII	600								
13-XII	1 050	0,034	0,007	5,07	0,10	0,01	0,12	0,07	0,01
13-XII	1 060	0,035	0,006	5,60	0,09	0,00	0,10	0,01	0,03
18-XII	1 620	0,030	0,005	5,62	0,12	0,01	0,29	0,22	0,01
18-XII	1 500	0,027	0,003	9,50	0,04	0,02	0,25	0,06	0,01
23-XII	1 440	0,034	0,006	5,53	0,09	0,01	0,04	0,08	0,01
(1958)									
2-I	1 570								
8-I	2 580								
14-I	1 700								
17-I	1 800								
22-I	1 900								
28-I	2 160								
31-I	1 810								
4-II	1 560								
7-II	1 280								
12-II	2 310								
14-II	1 540	0,043	0,009	4,67	0,13	0,04	0,03	0,17	0,01

FECHA	UPH/m <sup>3</sup>	D <sub>430</sub>	D <sub>665</sub>	$\frac{D_{430}}{D_{665}}$	CLORO- FILA a mg/m <sup>3</sup>	CLORO- FILA b mg/m <sup>3</sup>	CLORO- FILA c MSPU/m <sup>3</sup>	CAROTIN. (NO AST.) MSPU/m <sup>3</sup>	CAROTIN. (ASTAC.) MSPU/m <sup>3</sup>
18-II	1 910	0,052	0,011	4,95	0,16	0,01	0,10	0,10	0,02
21-II	2 010	0,077	0,017	4,48	0,26	0,00	0,16	0,15	0,03
24-II	3 510	0,096	0,025	3,85	0,36	0,04	0,42	0,18	0,02
28-II	7 630	0,223	0,068	3,28	1,07	0,14	1,57	0,35	0,15
4-III	4 580	0,112	0,021	5,34	0,32	0,00	0,08	0,26	0,00
4-III	4 090	0,110	0,029	3,79	0,49	0,00	0,48	0,21	0,03
7-III	5 540	0,146	0,035	4,17	0,59	0,05	0,70	0,28	0,06
7-III	6 060	0,163	0,037	4,40	0,54	0,04	0,77	0,27	0,06
11-III	5 000	0,180	0,036	5	0,50	0,07	1,47	0,32	0,11
11-III	4 950	0,141	0,032	4,41	0,46	0,06	0,52	0,21	0,07
17-I-I	3 910	0,119	0,030	3,97	0,46	0,04	0,54	0,20	0,07
21-III	2 090	0,033	0,015	2,15	0,20	0,06	0,31	0,06	0,01
25-III	1 560	0,051	0,015	3,43	0,21	0,08	0,21	0,06	0,06
28-III	7 320	0,222	0,074	3	1,06	0,05	1,06	0,31	0,14
2-IV	2 020								
7-IV	2 240	0,058	0,017	3,42	0,23	0,09	0,50	0,00	0,05
11-IV	700	0,021	0,005	4,01	0,07	0,01	0,20	0,03	0,01
15-IV	1 680								
18-IV	670	0,022	0,005	4,40	0,07	0,02	0,42	0,02	0,02
22-IV	690	0,022	0,005	4,23	0,07	0,03	0,28	0,02	0,01
25-IV	620	0,020	0,005	3,73	0,07	0,03	0,30	0,02	0,02
29-IV	960	0,032	0,005	6,60	0,06	0,05	0,23	0,04	0,03
5-V	1 210								
9-V	1 010	0,023	0,006	4,01	0,08	0,04	0,37	0,02	0,02
16-V	1 010								
20-V	970	0,020	0,006	3,15	0,09	0,02	0,24	0,02	0,01
23-V	1 510	0,041	0,011	3,77	0,16	0,02	0,30	0,05	0,02
27-V	1 060	0,009	0,004	2,38	0,05	0,05	0,25	0,00	0,07
3-VI	1 270	0,028	0,008	3,30	0,12	0,05	0,10	0,05	0,01
6-VI	1 430	0,039	0,009	4,22	0,12	0,03	0,69	0,01	0,05
10-VI	890	0,020	0,005	3,81	0,07	0,00	0,38	0,01	0,03
13-VI	720	0,013	0,003	4,61	0,04	0,00	0,07	0,04	0,00
17-VI	910	0,016	0,004	4,12	0,05	0,00	0,43	0,02	0,00
24-VI	1 610	0,039	0,008	5,01	0,11	0,03	0,35	0,03	0,04
28-VI	980	0,012	0,002	6,25	0,03	0,00	0,25	0,02	0,00

de los mismos, en el curso del día y en una misma población varía la relación clorofila *a*/carotinoides (RYTHER & al., 1958). De manera que el momento de la recolección de la muestra (ordinariamente de 13 a 16 h en nuestro caso) es otro factor de variabilidad. Por otra parte, para las concentraciones observadas en nuestras determinaciones, el error instrumental puede llegar al 20 % (RICHARDS & THOMPSON, 1952), haciéndose aún mayor en los valores relativos o cocientes, especialmente cuando es muy baja una de las dos cifras que se comparan. No deben perderse de vista estas consideraciones para no dar a los datos más valor del que realmente tienen. En la preparación de algunas de las figuras se han utilizado también determinaciones que llegan hasta noviembre de 1958, es decir, fuera del período específicamente estudiado en este trabajo.

Confirmando observaciones anteriores (MARGALEF, en prensa), se en-

cuentra una buena correlación entre unidades Harvey y densidad óptica a  $430\text{ m}\mu$  (fig. 6), con el factor de conversión  $\text{UPH} = 35,7 D_{430}$ . La clorofila *c* se calcula en unidades arbitrarias que no son sumables a los mg en que se expresan las clorofilas *a* y *b*, de forma que no estamos en condiciones de buscar la correlación entre clorofila total y unidades Harvey, como han determinado diversos autores (RILEY, 1941,  $1\ \mu\text{g}$  clorofila =  $3,9\ \text{UPH}$ ; ATKINS & PARKE, 1951,  $1\ \mu\text{g}$  clor. =  $3,3\ \text{UPH}$ ; RILEY & CONOVER, 1956,  $1\ \mu\text{g}$  clor. =  $4,4\ \text{UPH}$ ). De la figura 7 resulta que los pigmentos de la cantidad de plancton que contiene  $1\ \mu\text{g}$  de clorofila *a* equivalen, aproximadamente, a  $7,2\ \text{UPH}$ , lo cual estaría de acuerdo con los datos transcritos de los autores mencionados, si se acepta que la clorofila *a* constituye aproximadamente la mitad de la clorofila total. Pero es de esperar que la correlación entre UPH y clorofila no sea tan buena como la que existe entre UHP y  $D_{430}$  (figs. 6 y 7).

*Clorofila a.* — Se suele aceptar que la clorofila *a* ocupa una posición especial entre los pigmentos, siendo el catalizador fotoquímico esencial, al que otros pigmentos transfieren energía. Por diversas razones, la productividad muestra una buena correspondencia con la concentración de clorofila *a*, pudiéndose aceptar como una estimación provisional que la productividad en g de C orgánico por año y  $\text{m}^2$  es del orden cinco veces el número de mg de clorofila *a* por  $\text{m}^2$ . Aceptando un contenido medio de clorofila *a* del orden de  $0,2\ \text{mg}/\text{m}^3$  y que el fitoplancton puede desarrollarse hasta la profundidad de 50 m, obtenemos una cifra de producción de  $50\ \text{g C/año}/\text{m}^2$ , en buena concordancia con estimas anteriores.

*Clorofila b.* — La clorofila *b* se considera característica de las plantas superiores y de las clorofíceas, de manera que sería un indicador de condiciones neríticas; pero su presencia en el plancton tiene probablemente otro significado. Es más resistente a los agentes de destrucción que la clorofila *a*, de forma que su proporción aumenta en el plancton muerto o de poca vitalidad. Datos en curso de publicación (de Puerto Rico) indican una elevada proporción de clorofila *b* en poblaciones envejecidas o que se están sedimentando. A fines de marzo, aparece en las muestras de Castellón una notable proporción de fitoplancton muerto, y en abril y mayo se encuentra una gran cantidad de zooplancton de pequeño tamaño que produce abundantes excrementos. Las proporciones relativas más elevadas de clorofila *b* se observan en abril y mayo (tabla VI).

*Clorofila c.* — Es típica de dinoflageladas y de diatomeas, es decir, de los grupos de algas que predominan en el plancton, pero su cantidad relativa está sometida a grandes fluctuaciones y guarda cierta relación con la composición del fitoplancton, como si las dinoflageladas contuvieran una mayor proporción de clorofila *c* que las diatomeas (fig. 10). CURRIE (1958), en aguas atlánticas, encuentra una relación media, unidades clo-

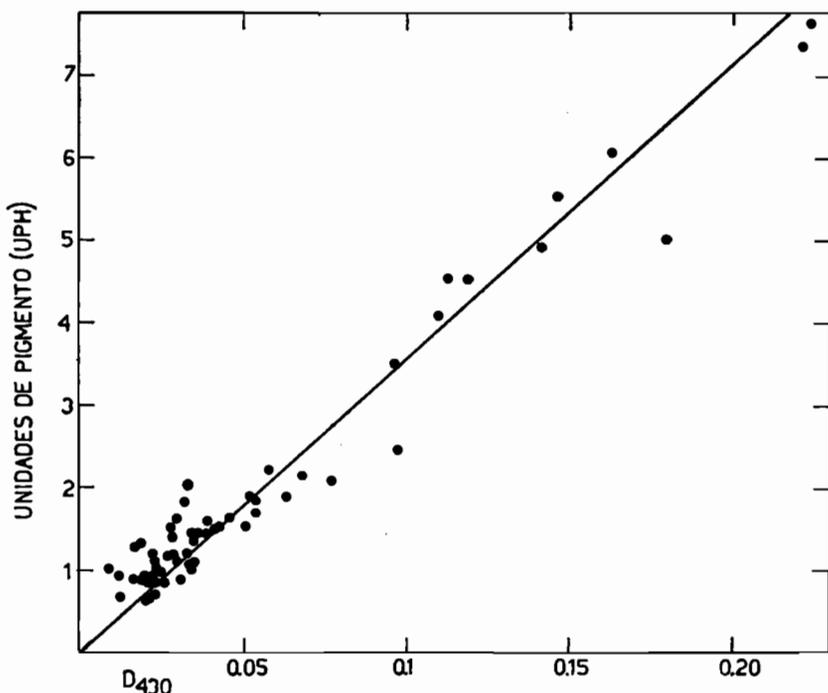


FIG. 6.—Relación entre la densidad óptica a la longitud de onda de 430 milimicras ( $x$ ) y el número de unidades Harvey obtenidas por comparación visual con patrones inorgánicos ( $y$ ) en una serie de extractos de plancton de Castellón obtenidos entre diciembre de 1957 y noviembre de 1958. Los valores inscritos en el gráfico corresponden a UPH por litro y a la densidad óptica o absorbancia de una solución que contiene en 1 ml los pigmentos de 1 litro de agua de mar. La recta corresponde a la relación  $y$  (UPH) =  $35.7 x$  ( $D_{430}$ ).

rofila  $c$ /mg clorofila  $a$ , igual a 0,765 para 31 estaciones cercanas a la costa, y de 1,267 para 59 estaciones de alta mar. Estos datos están de acuerdo con lo dicho antes si se recuerda que las dinoflageladas dominan en el plancton oceánico y que las diatomeas son más neríticas. Pero las relaciones son, sin duda, complejas y la manera de distribuirse los puntos en la figura 10 sugiere más bien que la relación es indirecta, es decir, que la composición taxonómica del plancton y la concentración de clorofila  $c$  pueden ser independientes, aunque parecen afectadas por factores comunes, como la luz, concentración de elementos nutritivos, o etapa de la sucesión.

*Carotinoides.*— La relación total carotinoides/clorofila  $a$  suele quedar entre 0,5 y 0,7. Numerosas observaciones de YENTSCH (YENTSCH & VAC-

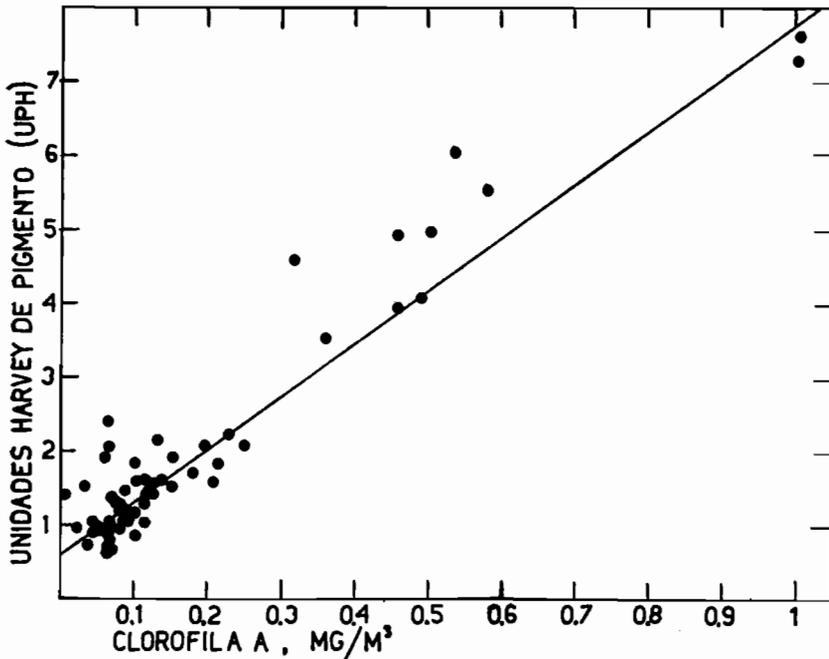


FIG. 7.—Relación entre la cantidad de clorofila *a* en  $\text{mg}/\text{m}^3$  ( $x$ ) y el número de unidades Harvey, en miles por  $\text{m}^3$  ( $y$ ), en una serie de extractos de plancton de Castellón obtenidos entre diciembre de 1957 y noviembre de 1958. La clorofila ha sido calculada aplicando la expresión de RICHARDS & THOMPSON a los espectros obtenidos. La recta corresponde a la relación  $y \text{ (UPH)} = 500 + 7.250 x$  (mg clorofila *a*), de donde resulta  $1 \mu\text{g clor. } a = 7,25 \text{ UPH}$ .

CARO, 1958) en aguas costeras del Atlántico dan cifras entre 0,15 y 0,55. Nótese que las determinaciones de Castellón dan concentraciones de los distintos pigmentos relativas a clorofila *a* consistentemente superiores a las que se encuentran mencionadas en la bibliografía. Esto podría hacer pensar en una representación defectiva de la clorofila *a*, como consecuencia de la extracción en caliente o de la conservación de los extractos durante cierto tiempo antes del análisis; pero puesto que se manifiesta también en numerosas determinaciones de fitoplancton de aguas de Puerto Rico, en que los espectros se obtuvieron inmediatamente después de la extracción y ésta siguió a la obtención de la muestra de agua, es más lógico suponer que refleja una condición general de mares cálidos y muy iluminados, en los que los pigmentos accesorios de la fotosíntesis alcanzarían concentraciones relativamente mayores, como regla general.

El empleo de las expresiones de RICHARDS & THOMPSON permite dis-

TABLA VI

Algunas características medias mensuales del plancton nerítico superficial de Castellón

MES	UPH/m <sup>3</sup>	NÚMERO TOTAL DE CÉLULAS POR 100 DIAT. 100 DINOF.		$\frac{D_{430}}{D_{665}}$	PROPORCIONES DE DIVERSOS PIGM. RELATIVAS AL CONTENIDO DE CLOR. a			
					CLOR. b	CLOR. c	NO AST.	ASTAC.
(1957)								
Julio	860	211	168					
Agosto	960	695	118					
Sepbre.	790	336	144					
Octubre	780	505	127					
Novbre.	940	142	405					
Dicbre.	1 050	165	309	6,26	0,18	2,47	1,03	0,18
(1958)								
Enero	1 930	118	955					
Febrero	2 730	118	666	4,25	0,13	0,82	0,66	0,10
Marzo	4 280	108	1 413	3,96	0,12	1,26	0,46	0,13
Abril	1 200	137	382	4,60	0,37	3,62	0,28	0,22
Mayo	1 130	222	180	3,33	0,49	3,65	0,21	0,48
Junio	1 120	225	190	4,47	0,15	5,06	0,46	0,18

tribuir a los carotinoides en dos grupos, «no astacianos» y «astacianos», estos últimos de carácter más «animal». La proporción de astacianos aumenta con el envejecimiento de las poblaciones. En el plancton de Castellón su cantidad se asemeja a la de clorofila *b*, y la media de ambas se ha usado como índice de «envejecimiento» (fig. 11). Pero a este respecto deben existir diferencias locales de acuerdo con las características de las poblaciones planctónicas. En aguas costeras del mar Caribe, la cantidad de astacianos es unas tres veces mayor que la de clorofila *b*.

La noción de «alometría química» es fundamental en la utilización de los pigmentos para determinación de otras características del fitoplancton (p. ej., peso seco). Se basa en que los diferentes componentes químicos de un organismo aumentan con distinta tasa, sea en el curso del crecimiento individual, sea en las sucesivas etapas de una población. Así, por ejemplo, podríamos escribir, usando incrementos exponenciales como primera aproximación,

$$\begin{aligned} \frac{(\text{clorof. } b)}{(\text{clorof. } a)} &= 0,08 \left[ \frac{(\text{clorof. } c)}{(\text{clorof. } a)} \right]^{1,21} = 0,04 \left[ \frac{(\text{carot. no ast.})}{(\text{clorof. } a)} \right]^{-1,66} \\ &= 1 \left[ \frac{(\text{carot. ast.})}{(\text{clorof. } a)} \right]^1 \end{aligned}$$

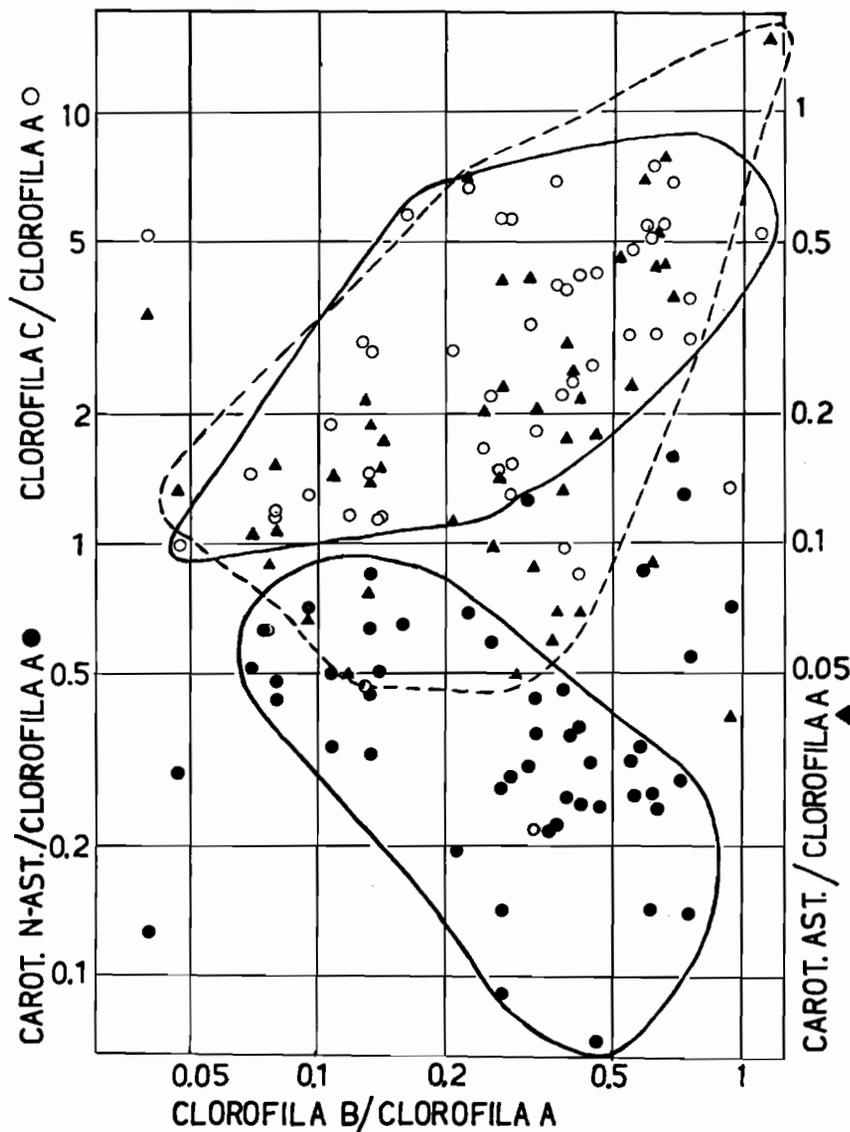


FIG. 8.— Alometría química en la composición de los pigmentos. Cocientes clorofila *c*/clorofila *a* (círculos blancos, escala de la izquierda), carotinoides no astacianos/clorofila *a* (círculos negros, escala de la izquierda) y carotinoides astacianos/clorofila *a* (triángulos, escala de la derecha) en ordenadas, comparados con los cocientes clorofila *b*/clorofila *a*, en abscisas, correspondientes a una serie de extractos de plancton de Castellón obtenidos entre diciembre de 1957 y noviembre de 1958. Coordenadas logarítmicas. Las concentraciones de pigmentos han sido obtenidas a partir de los espectros de absorción aplicando las expresiones de RICHARDS & THOMPSON. La mayor parte de los puntos que corresponden a cada una de las tres relaciones expresadas en el gráfico se han encerrado en una línea, para mejor orientación.

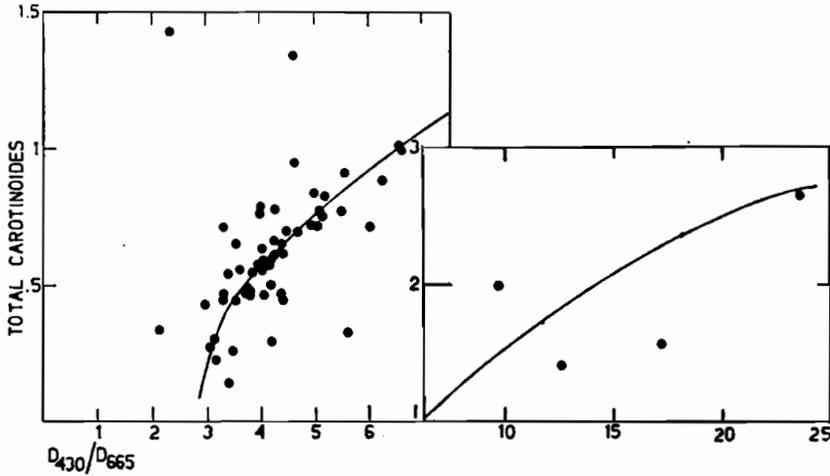


FIG. 9.—Relación entre el cociente  $D_{430}/D_{665}$  ( $x$ ) y el cociente total unidades carotinoides/mg clorofila  $a$  ( $y$ ), en una serie de extractos de plancton de Castellón obtenidos entre diciembre de 1957 y noviembre de 1958. Las concentraciones de los pigmentos han sido calculadas por medio de las expresiones de RICHARDS & THOMPSON. La línea de guía ha sido trazada a ojo.

Los coeficientes y exponentes anotados son una simple aproximación grosera basada en los datos de la figura 8 y se dan simplemente a título de orientación. En lugar de concentraciones de pigmento se pueden usar densidades ópticas y hacer intervenir el peso seco total de la materia orgánica ( $B$ ) de la siguiente forma :

$$\frac{(B)}{(D_{430})} = C \left[ \frac{(D_{430})}{(D_{665})} \right]^{1,8}$$

El exponente 1,8 se basa en cifras obtenidas en el estudio del fitoplancton de la ría de Vigo.

Si  $B$  se expresa en  $g/m^3$  y las densidades ópticas se refieren a soluciones que contienen en 1 ml los pigmentos de 1 litro, se llega a escribir, aproximadamente,

$$B = 0,08 \frac{(D_{430})^{2,8}}{(D_{665})^{1,8}}$$

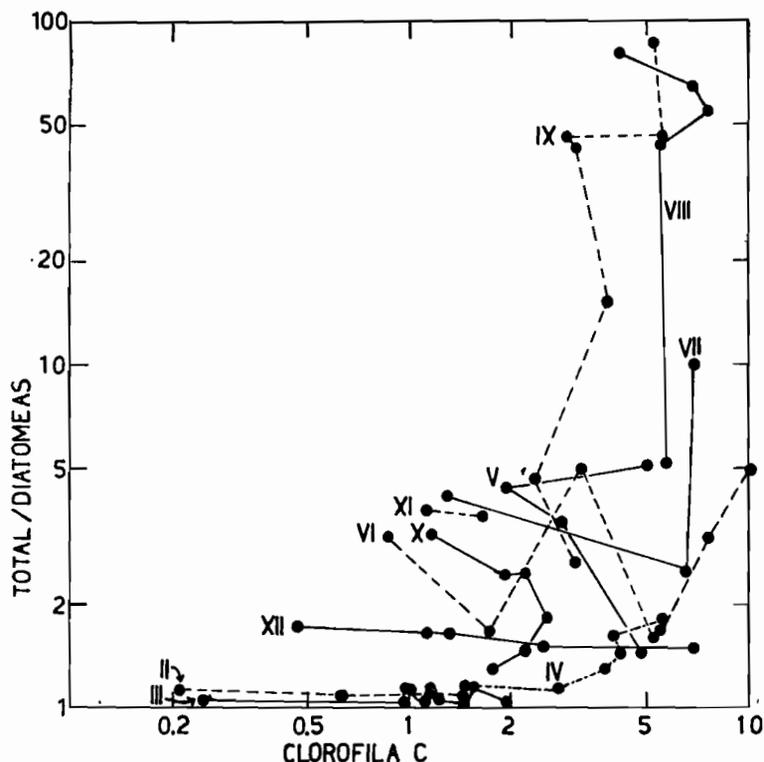


FIG. 10.—Relación entre el cociente unidades de clorofila *c*/mg de clorofila *a* ( $x$ ) y el número total de células por cada diatomea en el plancton de red, en grosera aproximación ( $y$ ) en diversas fechas, entre diciembre de 1957 y noviembre de 1958, en aguas de Castellón. Los valores de  $x$  e  $y$  para un mismo punto no han sido obtenidos simultáneamente y casi siempre el valor de  $y$  es la media geométrica de dos recolecciones hechas en dos fechas que abarcan entre ellas la fecha en que fue obtenida la muestra sobre la que se calculó  $x$ . Los puntos que corresponden a un mismo mes van unidos con una línea continua o de trazos y señalados con una cifra romana que indica el mes.

De esta manera se pueden utilizar los valores  $D_{430}$  y  $D_{665}$  para una determinación aproximada de la biomasa del fitoplancton; similar expresión se ha utilizado para preparar un nomograma presentado en otra publicación (MARGALEF, en prensa).

Que la relación entre peso seco total o cantidad de algún elemento y pigmentos depende de la composición cualitativa de los pigmentos, es cosa que ya se sabía. YENTSCH & VACCARO (1958), por ejemplo, encuentran en sus cultivos que la razón carotinoides/clorofila *a* muestra una

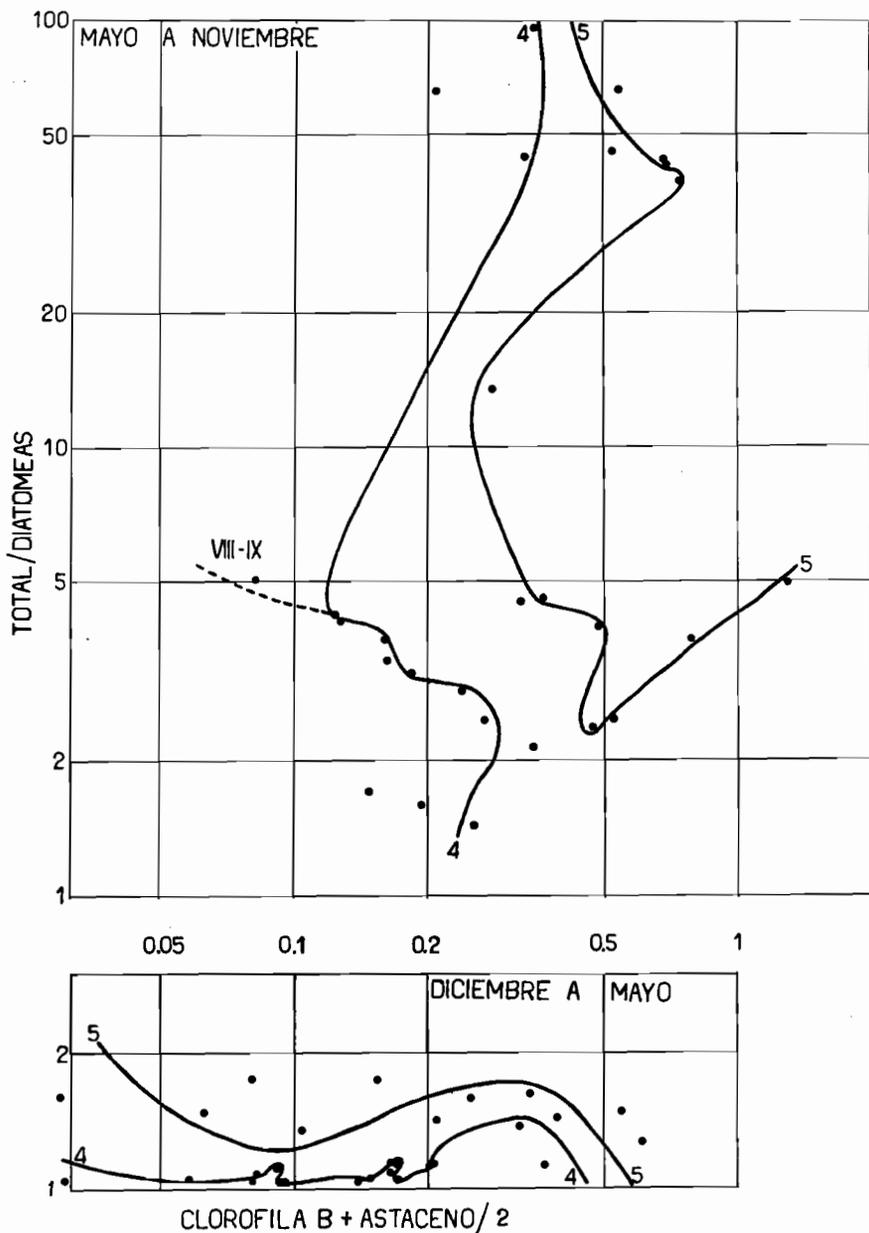


FIG. 11.— Valores del cociente  $D_{430}/D_{665}$  en relación con la composición cualitativa de las poblaciones de fitoplancton y con su envejecimiento. Datos de aguas de Castellón, de diciembre de 1957 a noviembre de 1958. Como índice de envejecimiento ( $x$ ) se utiliza la media de los cocientes clorofila  $b$ /clorofila  $a$  y unidades de carotinoides astacianos/mg de clorofila  $a$ ; la composición taxonómica de las poblaciones ( $y$ ) se indica por el número total de células por cada diatomea en el plancton de red. Sobre la falta de simultaneidad en la obtención de ambas características ( $x$ ,  $y$ ) de cada aspecto de la población, vale lo dicho en la explicación de la figura 10. Los valores de  $D_{430}/D_{665}$  corresponden a las muestras en las que se determinó  $x$  y no se han señalado individualmente en el gráfico, sino que sólo se han dibujado las isolíneas para los valores 4 y 5 del expresado cociente. Para que estas isolíneas no resultaran confusas o imposibles de trazar, ha sido preciso desglosar los datos en dos gráficos parciales: uno que abarca las muestras de diciembre de 1957 a mayo de 1958 (inferior) y otro que se refiere al periodo mayo a noviembre de 1958 (superior); en este último, los valores de  $D_{430}/D_{665}$  inferiores a 4 de agosto y septiembre quedan por encima de la línea de trazos de la izquierda.

relación inversa con la razón nitrógeno :clorofila *a*, y la expresan por medio de la fórmula

$$\frac{[N]}{[\text{clorof. } a]} = 11,4 - \frac{[\text{carot.}]}{[\text{clorof. } a]}$$

que con igual aproximación podría escribirse en la forma

$$\frac{[N]}{[\text{clorof. } a]} = C \left[ \frac{(\text{carot.})}{(\text{clorof. } a)} \right]^{-x}$$

más de acuerdo con nuestra formulación general.

El cociente  $D_{430}/D_{665}$  que resulta directamente del empleo de estas dos densidades ópticas en las determinaciones de rutina y su uso en el nomograma citado, se suponía representaba, por una parte, la proporción de dinoflageladas y, por otro lado, el grado de vitalidad o tasa de multiplicación de la población (MARGALEF, en prensa). Ambas características suelen ir unidas y no se había intentado separarlas. Los datos de Castellón permiten intentar un análisis que sirva, por lo menos, de orientación. La clorofila *b* y los carotinoides astacianos se tomaron como medida del «envejecimiento» de la población. La proporción de dinoflageladas (total células :diatomeas) se apreció de manera aproximada en muestras obtenidas con red en días próximos. De esta manera pudieron situarse una serie de puntos (fig. 11) cuya posición representaba, en abscisas, el grado de «madurez», y en ordenadas, el predominio de dinoflageladas. En cada punto se señaló el correspondiente valor del cociente  $D_{430}/D_{665}$  y se trazaron isolíneas. En invierno, el cociente  $D_{430}/D_{665}$  está muy ligado a la proporción de dinoflageladas y depende poco o nada del envejecimiento de la población; durante el verano, en que la proporción de dinoflageladas es siempre más elevada, aquel cociente parece depender mayormente del grado de «madurez» de las poblaciones. Si se prepara un gráfico semejante utilizando la cantidad relativa de clorofila *c* en vez de la proporción de dinoflageladas, se tienen resultados parecidos, aunque no tan claros para los meses más fríos.

La composición del plancton se relaciona con su concentración total. El número total de células por cada cien células de dinoflageladas se ha venido utilizando como una estimación de la cantidad de fitoplancton, independiente de la proporcionada por los pigmentos (fig. 5). La relación no es lineal, por supuesto, sino que se aproxima a la forma (Céls. total/100 dinofl.) = 1,5(UPH)<sup>1,5</sup>.

El estudio del significado «histórico» de las variaciones de los pigmentos, es decir, en relación con la sucesión, se deja para el próximo trabajo de esta serie, en espera de poseer mayor número de datos.

## CICLO ANUAL Y VARIACIONES INTERANUALES

El período estudiado resulta bastante diferente del año anterior y se caracteriza por una producción algo retardada. A fines de 1957 se produce un incremento del fitoplancton, pero pronto se anula y en el mes de febrero, en que otros años suele darse el máximo, la cantidad de fitoplancton presente en el agua es excepcionalmente baja. Esto queda parcialmente compensado por una tardía proliferación en marzo, de importancia no muy grande. Las peculiaridades de este ciclo biológico se explican exactamente por las observaciones hidrográficas transcritas en el segundo apartado de este trabajo. Por lo que afecta a los diversos pigmentos, las concentraciones de clorofila *a* y carotinoides no astacianos son mayores en las épocas de mayor concentración de elementos nutritivos y, verosímelmente, de mayor productividad.

La producción de este año ha sido baja. Desde 1953, la biomasa media en el semestre productivo (diciembre a mayo) va decreciendo paulatinamente desde 3,06 UPH/l en 1952-53 hasta el valor mínimo de 2,05 en la última temporada de 1957-58. Aplicando la expresión empírica para relacionar al fitoplancton con los vientos y temperaturas superficiales locales en el semestre productivo, tenemos :

Temperatura media del agua superficial, $t$ . . . . .	14,95
Intensidad media de vientos favorables, $v$ . . . . .	0,254
Fitoplancton calculado, $100 \times \sqrt{v/t}$ . . . . .	3,36
Fitoplancton observado, UPH/l . . . . .	2,05
Diferencia entre fitoplancton calculado y observado . . . . .	1,31

La diferencia, excepcionalmente grande, entre el cálculo y la observación indica que no se puede basar la predicción exclusivamente en los vientos y temperaturas locales. Queda un elemento residual que depende de características hidrográficas generales de la región, características que este año se habrían hecho sentir de manera excepcional.

La relativa discontinuidad en la secuencia de las poblaciones planctónicas que conocemos con el nombre de «máximo secundario de primavera», florísticamente se ha manifestado con poca intensidad (tabla IV), pero quizás ello es aparente por las características retardadas del ciclo de este año. Se han presentado *Asterionella japonica*, *Goniaulax polyedra*, escasos los *Peridinium* y rarísimo *Ceratocorys horrida*. La subsp. *eugrammum* de *Ceratium furca* ha estado muy pobremente representada. Los índices utilizados como indicadores de este «segundo máximo» tienen los valores siguientes, que se comparan con los del año anterior :

	1956-57	1957-58
Biomasa relativa de <i>Rhizosolenia alata</i> y <i>R. calcareavis</i> respecto a las mismas más <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> y <i>Asterionella japonica</i> , diciembre a mayo . . . . .	77 %	75 %
Fecha en que la desviación negativa de la cantidad de pigmentos, en relación con la media 1951-58, pasa a positiva . . . . .	5-II	3-III
Biomasa calculada menos biomasa observada, en UPH/l, diciembre a mayo . . . . .	0,07	1,31

Puede deducirse que esta última temporada se han incrementado, en relación con la anterior, los efectos del fenómeno que determina el «segundo máximo». Los datos reunidos desde 1950 no permiten reconocer ninguna periodicidad en la fertilidad de los distintos años y sólo se puede decir que la disminución de la biomasa media suele acompañar a un aumento de la influencia de las aguas más «oceánicas», tal vez más meridionales, a las que se atribuye el segundo máximo.

## S U M M A R Y

Hydrography and phytoplankton of the Castellón coast (Mediterranean, Eastern Spain) from July 1957 to June 1958. Changes in the distribution of salinity and inorganic phosphorus are plotted in figs. 1 and 2. Enrichment of superficial waters with nutrients is due to upwelling dependent on local winds; this year, the intensity of the appropriate winds has been low at the moment of minimal thermic gradient (February) and the consequence has been a somewhat irregular and in general low supply of phosphate. Phytoplankton, in accordance, has shown the minimal biomass since 1953; 2.05 Harvey units/l as average from December to May. Table IV summarizes the analysis of 45 samples of superficial net microplankton. Special attention has been given to a more careful study of the acetonic extracts of plankton. Harvey units show a good correlation with optical density at 430  $m\mu$  [ $UPH=35.7 D_{430}$ ]; lesser with chlorophyll content. It is accepted that chlorophyll b amounts more in decaying and sinking plankton and that chlorophyll c is found in higher proportion in dinoflagellate cells; but perhaps relations are indirect. Astacian carotenes are about in the same proportion as chlorophyll b and both are used as indicators of ageing populations. Chemical allometry (fig. 8) gives a way to obtain the dry weight of phytoplankton knowing the concentration of different pigments; yet the method has to be perfected. In routine determinations, instead of Harvey units, optical densities at 430 and 665  $m\mu$  can give acceptable information. Quotient  $D_{430}/D_{665}$  is higher in populations with a higher proportion of dinoflagellates (Winter) or in more senescent populations (Summer) (fig. 11).

## BIBLIOGRAFÍA

- ATKINS, W. R. G., and PARKE, M.—1951. Seasonal changes in the phytoplankton as indicated by chlorophyll estimations. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 29:609-618.
- BOUGIS, P.—1958. Contribution à la connaissance des courants superficiels dans le NW de la Méditerranée. *Rap. Proc. Verb. XV Ass. Pl. Comm. Int. Expl. Médit.*, 67-84.
- CURRIE, R. I.—1958. Some observations on organic production in the North-East Atlantic. *Cons. Perm. Intern. Expl. Mer. Rapp. Proc. Verb.*, 144:96-102.
- HERRERA, J.—(En prensa) Datos climáticos del puerto de Castellón y térmicos de las aguas costeras superficiales en relación con la pesca en 1957 (y 1958). *Inv. Pesq.*
- HERRERA, J., y MARGALEF, R.—1957. Hidrografía y fitoplancton de las costas de Castellón, de julio de 1956 a junio de 1957. *Inv. Pesq.*, 10:17-44.
- MARGALEF, R.—(En prensa). Valeur indicatrice de la composition des pigments du phytoplankton sur la productivité, composition taxonomique et propriétés dynamiques des populations. *XVI Ass. Pl. Comm. Int. Expl. Méditerranée.*
- PATTULLO, J.; MUNK, W.; REVELLE, R., and STRONG.—1955. The seasonal oscillation in sea level. *J. Mar. Res.*, 14:88-156.
- RICHARDS, F. A., and THOMPSON, T.—1952. The estimation and characterization of plankton populations by pigments analysis. II. A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. *J. Mar. Res.*, 11:156-172.
- RILEY, G. A.—1941. Plankton studies. IV. Georges Bank. *Bull. Bingham. oceanogr. Coll.*, 7:1-73.
- RILEY, G. A., and CONOVER, S. A. M. M.—1956. Oceanography of Long Island Sound, 1952-1954. III. Chemical oceanography. *Bull. Bingham. oceanogr. Coll.*, 15:47-61.
- RYTHER, J. H.; YENTSCH, C. S.; HULBURT, E. M., and VACCARO, R. F.—1958. The dynamics of a diatom bloom. *Biol. Bull.*, 115:257-262.
- SHIMADA, B. M.—1958. Diurnal fluctuations in photosynthetic rate and Chlorophyll a content of phytoplankton from Eastern Pacific waters. *Limnol. and Oceanogr.*, 3:336-339.
- SUAU, P., and VIVES, F.—1958. Estudio de las corrientes superficiales del Mediterráneo occidental. *XV Ass. Pl. Comm. Int. Expl. Méditerranée, Rapp. Pr. Verb.*, 53-65.
- YENTSCH, CH. S., and VACCARO, R. F.—1958. Phytoplankton nitrogen in the oceans. *Limnol. and Oceanogr.*, 3:443-448.