

# Nitrógeno particulado en la región del NW. de África. Distribución y relación con otros parámetros\*

por

FERNANDO VALLESPINÓS Y MARTA ESTRADA \*\*

## INTRODUCCIÓN

La campaña oceanográfica ATLOR II, a bordo del B/O Cornide de Saavedra, se desarrolló en la región de afloramiento del NW de África, entre los paralelos 17 y 23° N, durante el mes de marzo de 1973 (fig. 1). La programó y dirigió el Dr. Margalef. Los datos básicos de la expedición han sido publicados en un volumen anterior (FRAGA y MANRÍQUEZ, 1974). Otros estudios sobre diversos aspectos de la campaña pueden encontrarse en BLASCO, 1974; ESTRADA, 1974; JULIÁ, 1974; MARGALEF, 1974; VALLESPINÓS, 1974 y FRAGA y MANRÍQUEZ (en prensa).

El presente trabajo trata de la distribución de la concentración de nitrógeno particulado en la zona estudiada y las relaciones de este parámetro con la clorofila *a*, con una estima de la presencia de ciertos tipos de materia orgánica disuelta y con un índice de heterotrofismo, considerando como tal la capacidad de un volumen determinado de agua para asimilar la glucosa marcada.

## MÉTODOS

*Nitrógeno particulado (NP)*: Para la toma de muestras se utilizaron botellas Hydro Bios (tipo Nansen), y se recogió agua de superficie, 10, 20 y 50 metros. Estas profundidades son las mismas que en el caso de la determinación de los pigmentos (ESTRADA, 1974). Rutinariamente

\* Recibido el 11 de octubre de 1974.

\*\* Instituto de Investigaciones Pesqueras. Paseo Nacional, s/n. Barcelona.

se filtraron tres litros de muestra sobre un filtro de fibra de vidrio «Reeve-Angel», no tomándose ninguna precaución para impedir la presencia del zooplancton. Posteriormente los filtros se desecaron mediante unas lámparas de infrarrojos y se guardaron para su ulterior determinación en el laboratorio. Para ello se empleó un aparato analizador de nitrógeno marca COLEMAN modelo 29, perteneciente al departamento

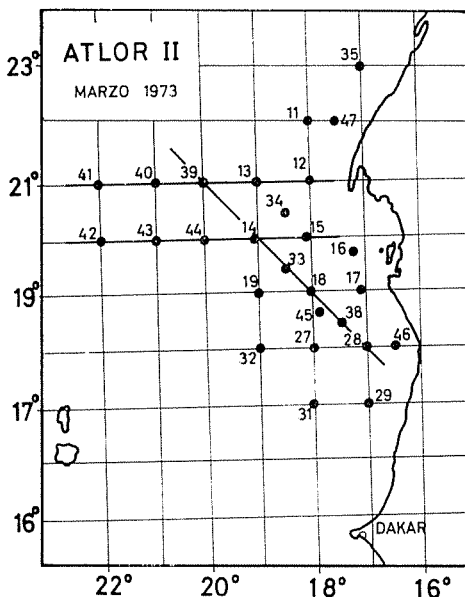


FIG. 1. — Mapa de las estaciones durante la campaña oceanográfica ATLOR II. En trazos gruesos se indican las secciones representadas en la figura 4.

de Ecología de la Universidad de Barcelona. Las condiciones de trabajo de dicho aparato son las indicadas por la casa constructora. La temperatura de combustión fue de unos  $800^{\circ}$  y el tiempo de combustión de 3 minutos, dos más que el del ciclo normal. Antes de la introducción del filtro en la columna de combustión, se trituraba en un mortero con una cantidad suficiente de CUPROX (óxido de cobre) para cubrir el filtro y facilitar la disgregación. Generalmente se quemó dos veces la misma columna, considerando como ensayo en blanco el volumen de gas no absorbido en la segunda combustión. Los ensayos en blanco se mantuvieron siempre bajos con respecto al volumen de la muestra. El contenido en nitrógeno orgánico de los filtros de fibra de vidrio es prácticamente indetectable. El inconveniente de estos filtros es que se funden a temperaturas altas de trabajo. Los filtros se guardaron siempre en un desecador.

Se ha comprobado en los análisis que la concentración de nitrógeno particulado recogido en el filtro está en función del tamaño del poro (filtros de fibra de vidrio y pertenecientes a diferentes marcas tienen una retención sensiblemente distinta) y también del volumen de muestra, ya que la capacidad de retención aumenta exponencialmente con la cantidad de agua filtrada. Ambas circunstancias deben tenerse en cuenta en el momento de comparar los resultados obtenidos por autores distintos.

Se creyó conveniente analizar el contenido en nitrógeno en un grupo de compuestos orgánicos. El cuadro 1 recoge en % el promedio de una serie de experiencias. Como puede observarse, la precisión del análisis es suficiente; las diferencias existentes pueden explicarse por razones ajenas al aparato analizador (error de pesada, imprecisiones en la valoración de la temperatura y presión, etc.).

CUADRO 1

	% N <i>esperado</i>	% N <i>recuperado</i>
Urea	46,62	45,70
D-L-aspártico	10,51	10,68
Glicina	18,65	18,25

*Pigmentos:* La rutina empleada para la extracción y determinación de los pigmentos fue la descrita por MARGALEF (1972). En ESTRADA (1974) se recoge toda la información referente a pigmentos de la campaña ATLOR II.

*Materia orgánica ( $D_{260}$ ):* En muestras de superficie, 10, 20, 50, 100, 200, 300, 500, 700 y 1000 metros se midió la extinción a 260 nm ( $D_{260}$ ) de agua filtrada a través de un filtro Millipore de 0,45  $\mu$  de poro, como una estima de la cantidad de materia orgánica. Se utilizó un espectrofotómetro Beckman DU y una cubeta de cuarzo de 5 cm de recorrido óptico. Este procedimiento es el recomendado por CINECA a falta de otro mejor (CINECA, 1973). Los valores obtenidos no fueron corregidos, cosa que en buena lógica debiera hacerse, puesto que algunos de los iones disueltos en el agua de mar presentan absorción en esta zona del espectro.

La extinción a 260 nm puede tomarse como índice de la presencia de algunos grupos determinados: aminoácidos con dobles enlaces conjugados, grupos pirrólicos, fosfatasas, ácidos nucleicos... No así de los azúcares que carecen de absorción en el ultravioleta (ARMSTRONG & BOALCH, 1961; KHAILOV & BURLAKOVA, 1969).

*Índice de asimilación heterotrófica de carbono orgánico:* VALLESPINÓS (1974) describe la técnica empleada para la determinación de este parámetro. Dado que en nuestro caso se desconoce la concentración de materia orgánica presente, los valores hallados deben ser interpretados como un índice de la capacidad de una masa de agua para asimilar el carbono marcado añadido en forma de glucosa (CASTELLVÍ & BALLESTER, 1974).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

*Nitrógeno particulado:* En el cuadro 2 se recogen los valores de los parámetros estudiados para cada profundidad. En la distribución de las concentraciones de nitrógeno particulado (figs. 2, 3 y 4) pueden reconocerse una serie de características que se comentarán brevemente. Tanto en superficie como en las distintas profundidades, las mayores concentraciones se distribuyen en una banda paralela a la costa con mínimos situados frente a Cabo Timiris. Aparte aparecen dos núcleos bien diferenciados y relativamente ricos; uno entre 20 y 21° N y 20 y 21° W (estaciones 39, 40, 43 y 44). Otro, más débil, es sobre todo aparente en superficie y se sitúa alrededor de las estaciones 18 y 33. El máximo valor encontrado fue de 8,45  $\mu\text{g-at NP}$  por litro en la estación 16 y a 20 metros de profundidad.

Los valores de NP son bastante uniformes en las capas superiores; los valores más bajos suelen presentarse a 50 metros aunque a esta profundidad es todavía posible reconocer la existencia de las áreas más ricas citadas anteriormente.

La distribución de NP refleja la existencia de las áreas de afloramiento más ricas descritas mediante otros parámetros (MARGALEF, 1971; FRAGA & MANRÍQUEZ, 1975). Y estos motivos de distribución presentan gran coincidencia con los de clorofila *a* (ESTRADA, 1974) aunque la relación NP/clorofila *a* fluctúa ampliamente debido a motivos que se discutirán más adelante.

*Relación NP/clorofila a:* Si se consideran los datos de un modo global, existe una alta correlación positiva entre la concentración de nitrógeno particulado y la de clorofila *a* ( $r = 0,75$ , para 136 observaciones); la ecuación de regresión lineal obtenida es:  $\text{NP} = 0,38 \times \text{clor } a + 1,67$ .

No obstante, la relación entre la concentración de nitrógeno particulado y la de clorofila *a* presenta variaciones espaciales interesantes. En la figura 6 se muestra la distribución del cociente (NP/Clor. *a*) entre el valor medio de NP ( $\mu\text{g-at/l}$ ) entre 0 y 50 m, y el valor medio de la clorofila *a* ( $\mu\text{g/l}$ ) entre las mismas profundidades. Aparece una zona paralela a la costa con valores inferiores a 1, correspondiente a la zona más rica de afloramiento costero, y dos regiones con valores altos ( $> 2$ ): una

CUADRO 2

Valores de nitrógeno particulado ( $\mu\text{g-at/l}$ ), relación NP/clor. *a* ( $\mu\text{g-at N}/\mu\text{g clor. a}$ ), índice de heterotrofia ( $\mu\text{g C m}^{-3}\text{hr}^{-1}$ ) y materia orgánica (extinción óptica a 260 nm) en las distintas estaciones durante la campaña oceanográfica ATLOR II

F.	0 metros				10 metros				20 metros				50 metros			
	N.P.	NP/Clor.	Hct.	M.O.	N.P.	NP/Clor.	Hct.	M.O.	N.P.	NP/Clor.	Hct.	M.O.	N.P.	NP/Clor.	Hct.	M.O.
2203	3,63	0,73	9,28	0,176	4,03	0,75	9,97	0,161	2,89	0,85	3,23	0,150	1,63	1,83	2,27	0,147
2203	3,47	0,81	—	0,151	3,04	0,58	—	0,225	3,34	0,87	—	0,155	1,84	0,84	—	0,142
2203	—	—	—	—	5,43	1,03	—	0,176	4,45	2,90	—	0,163	1,73	—	—	0,156
2203	3,81	0,78	—	0,166	5,46	1,26	—	0,157	3,65	0,57	—	0,159	2,36	0,87	—	0,151
2303	4,27	0,75	—	0,151	4,70	1,12	—	0,170	4,84	0,89	—	0,160	1,61	1,28	—	0,163
2303	3,30	0,74	—	0,167	3,31	0,62	—	0,160	3,34	0,86	—	0,166	1,21	1,37	—	0,151
2303	2,82	0,83	—	—	3,04	1,01	—	—	3,04	1,06	—	—	2,58	1,30	—	—
0303	1,43	0,93	—	0,081	1,39	0,70	—	0,102	1,65	0,78	—	0,102	2,01	1,84	—	0,082
0703	2,70	4,05	1,51	0,088	2,37	3,58	15,31	0,097	2,55	2,34	1,59	0,104	1,14	3,60	—	0,097
2103	2,23	1,32	53,91	0,172	3,15	1,26	76,41	0,162	3,35	1,37	25,20	0,142	1,14	0,40	3,24	0,150
2003	5,20	0,47	6,13	0,150	6,68	0,51	12,04	0,147	8,45	0,45	7,32	0,174	2,17	0,59	1,11	0,155
2003	1,79	0,88	4,70	0,135	1,31	0,54	6,31	0,131	1,59	0,60	2,32	0,131	3,16	0,43	0,88	0,143
0803	3,50	2,04	9,06	0,115	3,97	3,23	1,79	0,103	3,01	1,63	2,75	0,098	1,52	4,19	1,83	0,100
1103	2,32	0,88	—	0,116	3,79	0,87	—	0,150	2,97	6,19	—	0,125	0,48	1,97	—	0,150
0803	2,54	2,52	2,45	0,165	2,78	2,07	3,19	0,139	2,88	3,37	1,87	0,135	0,70	2,38	1,60	0,125
1803	5,12	1,18	9,94	0,135	4,95	1,37	10,93	0,140	5,15	1,17	5,90	0,146	1,18	0,71	1,61	0,175
1703	1,37	1,15	5,05	0,142	2,94	1,78	1,63	0,155	2,73	0,68	—	0,131	0,80	2,94	1,08	0,120
1203	2,33	2,35	—	0,127	1,32	1,22	—	0,140	2,15	3,31	—	0,136	0,62	1,02	—	0,130
1103	2,30	1,21	—	0,420	3,08	1,21	—	0,131	2,52	1,59	—	0,176	1,79	3,21	—	0,245
0703	3,49	2,33	0,07	0,023	2,96	3,67	0,06	0,032	2,71	2,20	0,20	0,027	1,51	1,68	—	0,065
2103	2,51	1,62	39,67	0,148	2,76	2,09	64,27	0,157	2,31	1,22	22,25	0,175	1,54	1,13	5,89	0,159
0103	—	—	—	0,100	0,54	0,31	—	0,133	2,14	1,52	—	0,222	0,69	1,05	—	0,124
0803	2,07	4,91	7,48	—	2,15	5,78	8,37	—	1,73	5,01	2,94	—	1,12	1,26	1,29	—
0303	3,02	1,32	—	0,043	1,48	0,65	—	0,027	2,47	1,31	—	0,033	3,42	3,19	—	0,044
0403	2,17	1,60	—	—	2,08	1,45	—	—	2,00	1,21	—	—	0,92	0,62	—	—
0403	2,04	2,40	—	0,073	1,74	2,39	—	0,136	1,60	2,79	—	0,079	1,58	1,77	—	0,092
0503	1,84	2,93	2,62	0,083	1,61	2,18	0,56	0,082	1,39	2,51	0,98	0,081	1,24	3,13	0,78	0,080
0603	4,55	1,53	5,52	0,085	3,86	0,62	2,88	0,086	4,63	2,23	1,47	0,082	1,80	3,17	1,15	0,085
0703	3,39	1,55	1,52	0,083	3,33	1,28	0,56	0,107	2,80	1,13	0,94	0,085	0,90	1,27	0,69	0,086
0803	1,95	—	12,58	—	2,40	0,56	—	—	2,90	1,89	—	—	0,36	0,65	3,26	—
0803	1,27	1,73	—	—	1,90	4,07	—	—	3,43	5,04	—	—	1,20	1,09	—	—
0803	1,72	5,41	—	—	2,51	13,57	—	—	2,59	9,35	—	—	0,92	2,70	—	—
0903	1,32	—	—	—	2,18	15,91	—	—	—	—	—	—	1,48	15,41	—	—
0903	1,35	9,44	—	—	2,81	9,09	—	—	3,20	8,84	—	—	3,46	27,24	—	—
0903	1,80	2,38	—	—	2,54	8,25	—	—	0,89	1,79	—	—	1,07	—	—	—
0903	1,82	5,69	—	—	—	—	—	—	1,68	3,50	—	—	1,10	4,53	—	—
2303	3,17	0,54	5,64	0,168	3,82	0,57	16,70	0,161	3,27	0,48	15,86	0,160	4,59	0,76	6,28	0,157

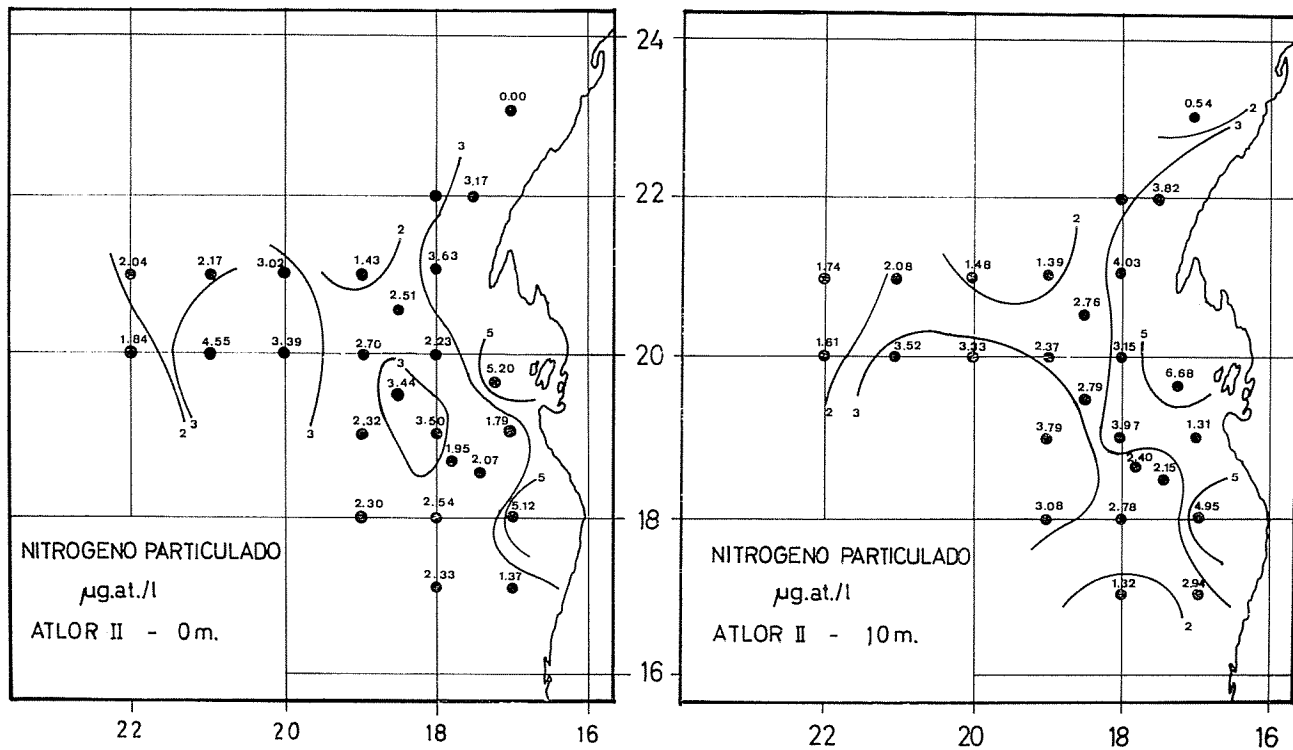


Fig. 2. — Distribución del nitrógeno particulado ( $\mu\text{g-at N/l}$ ) en superficie y a 10 metros de profundidad. Los puntos indican estaciones.

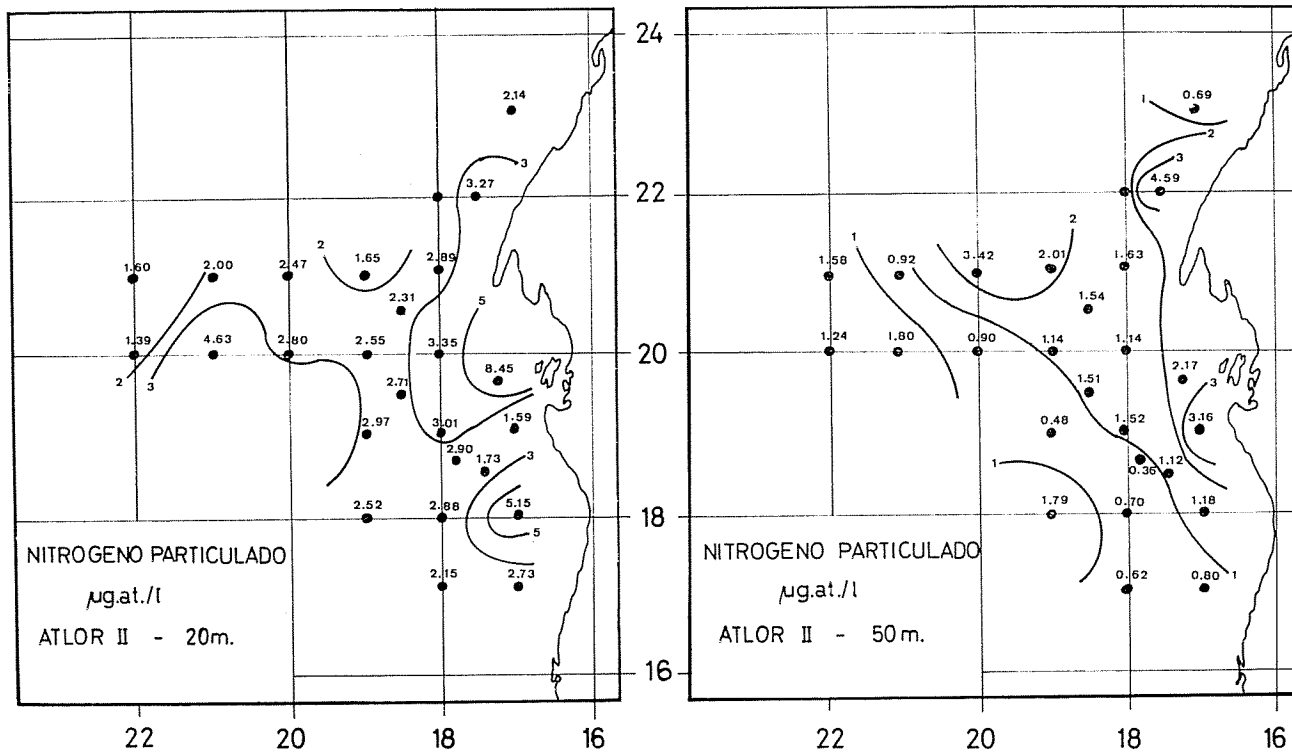


FIG. 3. — Distribución del nitrógeno particulado (µg-at N/l) a 20 y 50 metros.

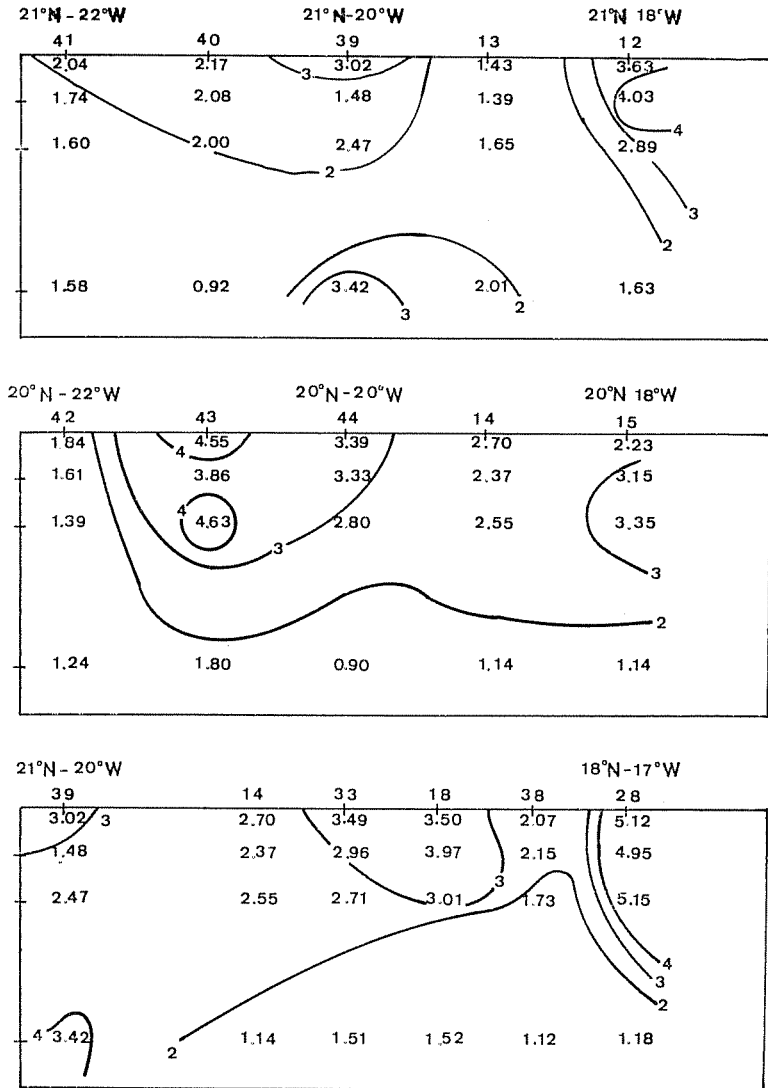


FIG. 4. — Distribución vertical del nitrógeno particulado. Gráfico superior: sección vertical oeste-este a nivel del paralelo 21°N. Gráfico central: sección a 20°N. Gráfico inferior: sección de 21°N-20°W a 18°N-17°W.



se sitúa en las estaciones 40 y 41, pertenecientes a una masa de agua distinta a la de las estaciones vecinas (FRAGA, 1974). La otra, con valores aún mayores, aparece alrededor de las estaciones 45 y 38. Como las estaciones de ATLOR II fueron realizadas a diversas horas del día, no puede descartarse la influencia de una posible variación diurna en el cociente NP/Clor. *a* debido a las migraciones del zooplacton (FRAGA, 1966); no obstante, el mapa de la figura 6 parece indicar que, en todo caso, estas variaciones son relativamente poco importantes frente a las diferencias espaciales. En los siete muestreos realizados durante la estación 12, a lo largo de veinticuatro horas, no hay ninguna variación diurna aparente (cuadro 3). En la estación 45, también de veinticuatro

CUADRO 3

Valores promedio entre 0 y 50 m de la concentración de nitrógeno particulado (NP) y de la relación NP/Clorofila *a*, para las diferentes muestras de las estaciones 12 y 45

	<i>Hora muestreo</i> <i>hr, min</i>	<i>Promedio 0-50 m</i> <i>NP µg-at/l</i>	<i>Promedio 0-50 m</i> <i>NP/Clor a µg-at/µg</i>
Estación 12	10,30	2,81	0,87
	14,30	2,84	0,78
	18,15	3,93	—
	22,15	3,64	0,77
	02,00	3,79	0,96
	06,25	2,69	0,81
	10,10	2,88	1,07
Estación 45	20,30	1,94	1,19
	22,50	2,24	2,91
	03,10	1,99	7,09
	06,45	1,74	13,41
	11,45	3,01	11,60
	15,20	1,36	2,84
	18,40	1,53	4,04

horas, la relación NP/Clor. *a* osciló entre 1,19 y 13,41  $\mu\text{g-at NP}/\mu\text{g clor } a$ ; la gran variación entre estas muestras se debe fundamentalmente a la deriva del barco, como indican también las elevadas diferencias en la concentración media de clorofila (0,13-1,63  $\mu\text{g/l}$ ).

Las dos zonas de valores altos del cociente NP/Clor. *a* corresponden a regiones con alta biomasa zooplanctónica (VIVES, comunicación personal) y con altos valores de la relación  $D_{430}/D_{665}$  (ESTRADA, 1974), lo que indica la presencia de un fitoplancton que se halla en una fase de baja productividad, y la posible existencia de pigmentos degradados en partículas detriticas (heces del zooplancton, por ejemplo). Una alta proporción de detritus puede contribuir a una elevada relación NP/Clor. *a*. Cabe indicar que los valores citados en la literatura para cultivos y po-

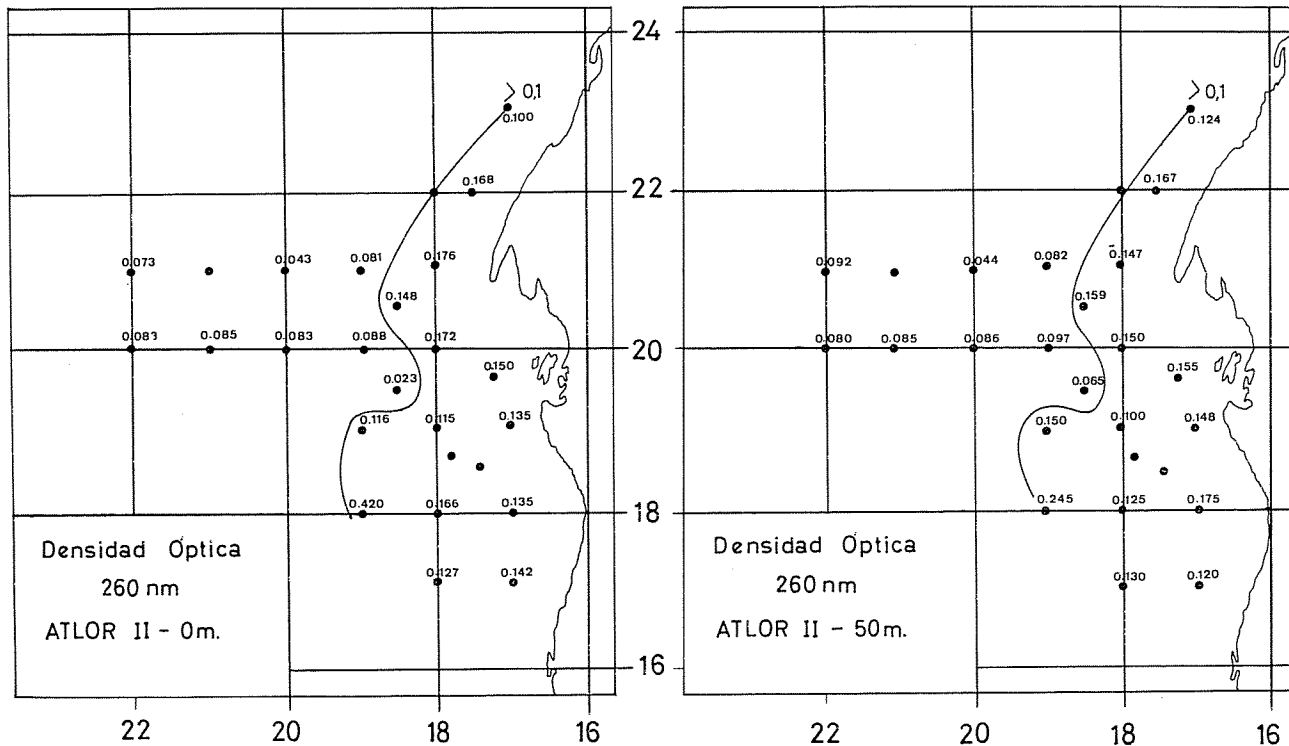


Fig. 5. — Distribución de la densidad óptica a 260 nm en superficie (izquierda) y a 50 metros (derecha).

blaciones naturales de fitoplancton oscilan, en general, entre 0,2 y 1  $\mu\text{g-at NP}/\mu\text{g clor } a$  (YENTSCH & VACCARO, 1958; EPPLEY *et al.*, 1971; EPPLEY & RENGER, 1974).

*Relación con la materia orgánica e índice de heterotrofismo:* En la figura 5 se distribuyen los valores de densidad óptica a 260 nm para superficie y 50 metros. Los valores superiores a 0,1 aparecen en una banda paralela a la línea de la costa; la estación 32 es particularmente rica (0,420 en superficie). Existe una fuerte correlación positiva entre el logaritmo de la densidad óptica a 260 nm («materia orgánica») y el logaritmo del índice de fijación heterotrófica de carbono orgánico ( $r = 0,74$  para 65 observaciones). En cambio, las correlaciones de ambos parámetros con la clorofila  $a$  (0,29 para el logaritmo de  $D_{260}$  y 0,28 para

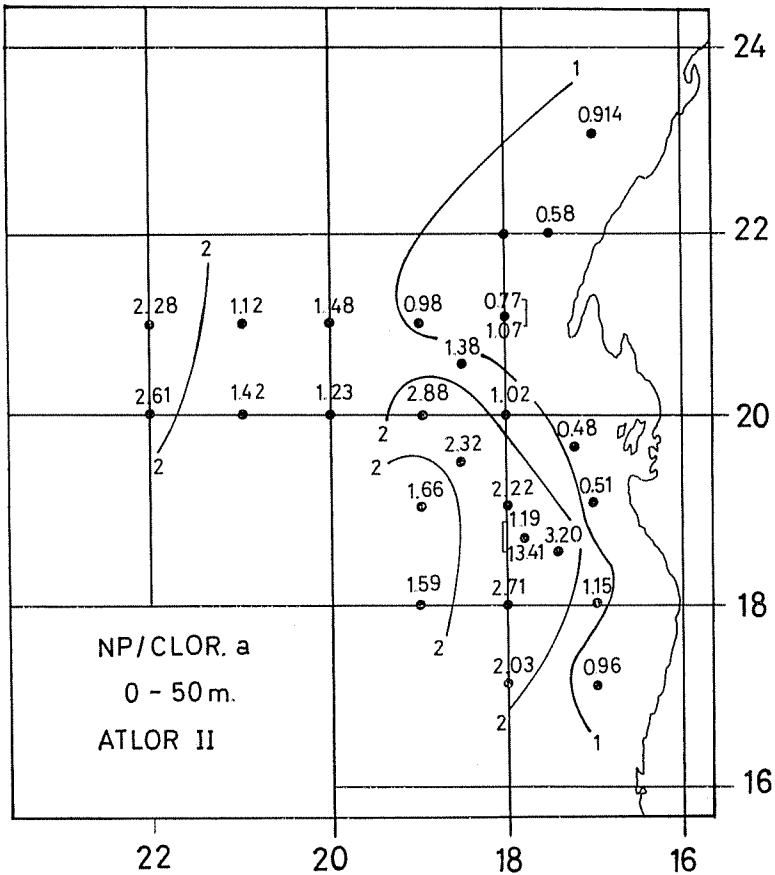


FIG. 6. — Distribución del cociente NP/clor  $a$  entre el valor medio de NP ( $\mu\text{g-at N/l}$ ) entre 0 y 50 m, y el valor medio de la clorofila  $a$  ( $\mu\text{g/l}$ ) entre las mismas profundidades.

el logaritmo del índice de heterotrofia) y con el nitrógeno particulado (0,14 y 0,26 respectivamente) son mucho más bajas (fig. 7). Estos datos sugieren la existencia de una asociación entre la presencia de ciertos tipos de materia orgánica disuelta y una utilización del carbono orgánico independiente de la energía luminosa.

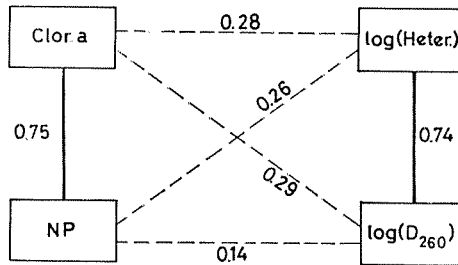


FIG. 7. — Coeficientes de correlación entre distintos parámetros que se estudian en el texto.

No son muy abundantes las determinaciones de nitrógeno particulado en la zona estudiada durante la campaña ATLOR II. Los valores hallados por el grupo MEDIPROD (1973) y los de HERBLAND *et al.*, citados por WALSH (1974) oscilan entre 1 y 8  $\mu\text{g-at/l}$  y quedan dentro del rango de resultados obtenidos por nosotros. Estos valores se corresponden a los hallados en zonas ricas del océano como el Índico (FRAGA, 1966; FRAGA, 1969) y la costa de Oregón (SMALL & RAMBER, 1971).

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los Dres. D. Blasco y R. Margalef su colaboración en la filtración de las muestras y elaboración de los espectros de pigmentos y al Dr. F. Fraga sus continuas sugerencias.

### SUMMARY

PARTICULATE NITROGEN IN THE UPWELLING ZONE OF NW AFRICA. DISTRIBUTION AND RELATIONSHIPS WITH OTHER PARAMETERS. — During the cruise Atlor II (March 1973) to the upwelling zone off NW Africa, samples for analysis of particulate nitrogen were taken at surface, 10, 20 and 50 m depth. Optical density at 260 nm ( $D_{260}$ ) of filtered water was determined for all standard oceanographic depth, as an estimate of the concentration of certain kinds of dissolved organic matter. Maps of the distribution of these parameters are given. Both show maxima in a band parallel to the coast, interrupted by a minimum off Cape Timiris; particulate nitrogen presents also two other rich zones offshore. The relationship between particulate nitrogen and chlorophyll *a* values is discussed. The ratio between average particulate nitrogen and average chlorophyll *a* between 0 and 50 m presents a minimum along the coast; high

values of this ratio correspond to areas with high concentration of detritic material. The dissolved organic matter estimate given by  $D_{260}$  shows a good correlation with the heterotrophic activity, as measured by  $^{14}\text{C}$ -labelled glucose assimilation.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARMSTRONG, F. A. J. & BOALCH, G. T. — 1961. The ultra-violet absorption of sea water. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 41: 591-597.
- BLASCO, D. & PACKARD, T. T. — 1974. Nitrate reductase measurements on upwelling regions: Baja California and Northwest Africa. *Téthys*, 6: 239-246.
- CASTELLVI, J. & BALLESTER, A. — 1974. Activité hétérotrophique bactérienne en rapport avec les conditions hydrologiques des systèmes marins. *Ibid.*, 6: 189-202.
- CINECA. — 1973. *Guidebook for the CINECA multi-ship surveys*.
- EPPLEY, R. W. & RENGER, E. H. — 1974. Nitrogen assimilation of an oceanic diatom in nitrogen-limited continuous culture. *J. Phycol.*, 10: 15-23.
- EPPLEY, R. W.; ROGERS, J. N. & MCCARTHY, J. J. — 1971. Light/dark periodicity in nitrogen assimilation of the marine phytoplankters *Skeletonema costatum* and *Coccolithus huxleyi* in N-limited chemostat culture. *Ibid.*, 2: 150-154.
- ESTRADA, M. — 1974. Photosynthetic pigments and productivity in the upwelling region of NW Africa. *Téthys*, 6: 247-260.
- FRAGA, F. — 1966. Distribution of particulate and dissolved nitrogen in the Western Indian Ocean. *Deep-Sea Res.*, 13: 413-425.
- 1969. Distribución del nitrógeno orgánico en el océano Índico occidental. II. *Inv. Pesq.*, 33: 163-177.
- 1973. Oceanografía química de la región de afloramiento del noroeste de África. I. *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, 2: 13-52.
- 1974. Distribution des masses d'eau dans l'upwelling de Mauritanie. *Téthys*, 6: 5-10.
- FRAGA, F. & MANRÍQUEZ, M. — 1974. Hidrografía de la región de afloramiento del noroeste de África, datos básicos de la campaña «Atlor II» del «Cornide de Saavedra». *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, 3: 67-88.
- 1975. Oceanografía química de la región de afloramiento del noroeste de África. II. Campaña «Atlor II», marzo 1973. *Ibid.*, 4: 185-218.
- HÉRBLAND, A.; LE BORGNE, R. & VOITURIEZ, B. — 1973. Production primaire, secondaire et regeneration de sels nutritifs dans l'upwelling de Mauritanie. *Doc. Scient. Centre Rech. Oceanogr. Abidjan IV*, 1-75.
- JULIÁ, A. — 1974. Dynamic topography of the upwelling region of NW Africa. *Téthys*, 6: 405-408.
- KHAILOV, K. M. & BURLAKOVA, Z. P. — 1969. Release of dissolved organic matter by marine seaweeds and distribution of their total organic production to inshore communities. *Limnol. Oceanogr.*, 14: 521-527.
- MARGALEF, R. — 1971. Una campaña oceanográfica del «Cornide de Saavedra» en la región de afloramiento del noroeste africano. *Inv. Pesq.*, 35 supl., 1-39.
- 1972. Fitoplancton de la región de afloramiento del noroeste de África. I. Pigmentos y producción campaña «Sahara II» del «Cornide de Saavedra». *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, 1: 23-51.
- 1974. Distribution du seston dans la région d'affleurement du NW de l'Afrique en Mars 1973. *Téthys*, 6: 77-88.
- MEDIPIROD. — 1973. *Campagne «Cineca-Charcot II» du N.O. «Jean Charcot» 15 Mars au 29 Avril 1971. Données physiques, chimiques et biologiques*.
- SMALL, L. F. & RAMBERG, D. A. — 1971. Chlorophyll *a*, carbon and nitrogen in particles from a unique coastal environment: En *Fertility of the Sea*. Gordon and Breach Science Publishers. Vol. 2: 537-564. Nueva York.
- VALLESPINÓS, F. — 1974. Quelques aspects de la fixation de l'azote dans les eaux atlantiques proches du littoral nord-ouest africain. *Téthys*, 6: 231-238.
- WALSH, J. J. — 1974. Status report of the CUEA systems model as of 4-1-74. *CUEA Newsletter*, 3: 7-17.
- YENTSCH, CH. S. & VACCARO, R. F. — 1958. Phytoplankton nitrogen in the oceans. *Limnol. Oceanogr.*, 3: 443-448.