

Distribución de biomasa fitoplanctónica y asimilación de carbono en el NO de África*

por

ZOILA R. VELÁSQUEZ** y ANTONIO CRUZADO**

INTRODUCCIÓN

En esta nota se presenta un estudio de la distribución de la biomasa fitoplanctónica estimada por la concentración de pigmentos fotosintéticos y de su capacidad de crecimiento, medida por medio de la tasa de asimilación de carbono, en relación con las condiciones ambientales encontradas en el área comprendida entre los paralelos 23° 30' y 28° N en julio de 1971 durante la campaña oceanográfica *Sahara-I*.

Las medidas de asimilación de carbono fueron efectuadas en condiciones fijas de iluminación y temperatura, por lo que no pueden ser consideradas como una estimación de la producción primaria de la zona, ya que se carece de los datos de iluminación *in situ* y, lo que es aún peor, de la relación entre la tasa de asimilación y la intensidad luminosa (STEELE, 1962). Sin embargo, dichas medidas, junto con las de clorofila, ofrecen la posibilidad de determinar la tasa de crecimiento potencial de la población de fitoplancton en condiciones de iluminación próximas a la óptima, aunque manteniendo las demás características del medio en su estado natural.

Si se define la tasa de asimilación de carbono como la variación de la biomasa por unidad de tiempo $P = dB/dt$, el cociente P/B constituye la tasa de crecimiento $1/B \cdot dB/dt$ en las condiciones de incubación establecidas. STRICKLAND (1960) define como *índice de productividad* dicho cociente bajo una intensidad luminosa de 1 langley/minuto (1 cal/cm² min). En condiciones naturales de iluminación, dicho cociente recibe el nombre de *tasa de renovación*, y en el presente estudio se ha dado en llamarle

* Recibido el 1 de febrero de 1971. Parte de este trabajo fue realizado en el Departamento de Oceanografía, Universidad de Washington.

** Instituto Invest. Pesq., Paseo Nacional, s/n., Barcelona.

simplemente tasa de crecimiento de la población, y por haber sido determinado en condiciones fijas de iluminación próximas a la óptima, se le ha dado el adjetivo de potencial para expresar que se trata de la capacidad de crecimiento y no de la tasa real, que dependerá, no sólo de la hora del día, sino también de la profundidad a que se encuentra la muestra de agua incubada y de otros parámetros menos importantes.

Dado que la tasa de asimilación se ha expresado en mg C/m³ hora y la biomasa en mg Cl-a/m³, la tasa de crecimiento potencial deberá ser expresada en mg C/mg Cl-a hora. Es preciso hacer notar que, a pesar de lo dicho anteriormente, en algunas de las figuras figura el título de *producción primaria* en lugar del más correcto *tasa de asimilación de carbono*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Toma de muestras. El presente estudio fue realizado enteramente mientras el barco se desplazaba en un recorrido en forma de zigzag (Fig. 1) a lo largo de la costa con el objeto de cubrir una zona lo más extensa posible. Por dicha razón únicamente pudieron ser tomadas muestras a dos niveles mediante dos sistemas de bombeo, uno de ellos con toma de agua directamente a un costado del casco del barco y el otro mediante un tubo de 50 metros de longitud y 1,2 cm de diámetro mantenido a una profundidad de 20 metros por medio de un depresor especialmente diseñado y descrito en otra parte (BALLESTER *et al.*, 1972), que además albergaba sensores de profundidad, temperatura y salinidad. Lo mismo las bombas que las tuberías en toda su longitud eran de material plástico (PPN, PVC) y por lo tanto no deberían ejercer efecto tóxico alguno sobre los organismos.

Un sistema de análisis continuo, junto con las señales eléctricas procedentes de los sensores antes citados, proveía información casi en tiempo real de las propiedades más importantes del medio ambiente y de las biomasa fitoplanctónica y de animales pelágicos y bentónicos por medio respectivamente de un fluorómetro Turner de flujo continuo según especificaciones dadas por Lorenzen (1966) y una ecosonda Simrad EK-38 provista de integrador de ecos selectivo a dos niveles distintos.

Las muestras para la determinación de pigmentos y asimilación de carbono fueron tomadas a intervalos que oscilaron entre 30 minutos y cuatro horas, en parte de acuerdo con la información suministrada por las medidas en continuo y en parte por causas totalmente ajenas al sistema estudiado. En otra parte del presente informe se ha estudiado la relación existente entre los valores discretos de clorofilas y las señales eléctricas producidas por el fluorómetro de forma continua. Según ello, se puede considerar que dichas muestras son puntuales aunque en ocasiones, por deficiencias en el sistema de bombeo de 20 metros, el tiempo

durante el cual se tomaron las muestras para pigmentos osciló entre 1 y 5 minutos.

Pigmentos. Se tomaron normalmente muestras de 5,5 litros de ambos niveles que se filtraron a través de filtros de fibra de vidrio Whatman GF/C de 5,5 cm de diámetro. En los casos en que por la elevada concentración de materia suspendida no se pudo filtrar toda la muestra, se tomó únicamente parte de ella, midiéndose el volumen de agua filtrada para poder aplicar la corrección oportuna al realizar los cálculos.

La extracción de pigmentos fue realizada con metanol (6 ml) en la oscuridad, a temperatura ambiente (20-25°C), por tiempo no inferior a las 24 horas. Los extractos se centrifugaron a 3000 rpm y posteriormente se obtuvieron los espectros de absorción entre 360 y 750 milimicras en un espectrofotómetro Perkin-Elmer mod. 124 utilizando cubetas de vidrio Corex de 1 cm de paso óptico. Cuando las densidades ópticas sobrepasaron el valor de 1,0 se diluyeron los extractos con metanol (1 : 1).

El cálculo de la concentración de clorofila *a* se realizó aplicando la ecuación dada por RICHARDS y THOMPSON (1952)

$$Cl a \text{ (mg/m}^3\text{)} = (15,6 D_{665} - 2,0 D_{645} - 0,8 D_{630}) \frac{v}{V}$$

siendo v = volumen de extracto metanólico (ml)

V = volumen de agua filtrada (litros)

D_L = densidad óptica a la longitud de onda L

Asimilación de carbono. Se tomaron muestras de 275 ml de ambos niveles que fueron inoculadas con 1 ml de una solución tamponada de bicarbonato sódico conteniendo 4 μ C de C-14 e incubadas en una cámara construida expresamente con plexiglás transparente, iluminada por cuatro lámparas fluorescentes de 40 W cada una. La temperatura fue regulada mediante una circulación de agua de superficie. Los tiempos de incubación fueron normalmente de 2 horas aunque algunas muestras fueron incubadas por períodos más largos. Al término de la incubación fueron filtradas a través de membranas Millipore de 0,45 micras de diámetro de poro. Estos filtros fueron lavados con agua de mar acidulada (0,001 N HCl), secados y medida su actividad en un contador de centelleo Beckman perteneciente a la Cátedra de Ecología de la Universidad de Barcelona.

El cálculo del carbono asimilado fue realizado mediante la expresión

$$P \text{ (mg C/m}^3 \text{ hora)} = \frac{CPM \text{ filtro} \times C \text{ total aceptado}}{CPM \text{ inóculo} \times \text{tiempo incubación}}$$

tomando como C total aceptado la concentración de 20 000 mg C/m³.

TABLA I

Día	Hora	Long.*	Lat.*	superficie			20 metros		
				Clorofila <i>a</i>	Tasa Asimilación Carbono	Tasa Crecimiento Potencial	Clorofila <i>a</i>	Tasa Asimilación Carbono	Tasa Crecimiento Potencial
6	0200	14.29	27.91	0.27	.	.	0.33	.	.
6	0400	14.15	27.84	0.33	.	.	0.33	.	.
6	0600	14.01	27.79	0.47	.	.	.	.	.
6	1000	13.69	27.73	0.24	.	.	0.61	.	.
6	1400	13.44	27.69	5.88	.	.	1.97	.	.
6	1500	13.33	27.65	3.18	.	.	3.11	.	.
6	1600	13.31	27.59	3.32	.	.	2.12	.	.
6	1700	13.38	27.56	2.04	.	.	2.87	.	.
6	1800	13.44	27.51	2.88	.	.	0.30	.	.
6	2015	13.63	27.43	0.29	.	.	.	.	.
6	2130	13.69	27.38	0.36	.	.	0.59	.	.
6	2200	13.71	27.36	0.15	.	.	1.35	.	.
6	2300	13.71	27.29	0.18	.	.	0.38	.	.
6	2400	13.71	27.18	0.15	.	.	1.21	.	.
7	0100	13.71	27.13	0.36	.	.	1.15	.	.
7	0200	13.68	27.05	0.15	.	.	.	.	.
7	0300	13.66	26.99	2.12	.	.	2.15	.	.
7	0400	13.61	26.93	4.70	.	.	3.03	.	.
7	0500	13.63	26.86	5.61	.	.	4.40	.	.
7	0600	13.66	26.79	4.70	.	.	2.43	.	.
8	0200	14.46	26.43	0.26	.	.	0.15	.	.
8	0300	14.50	26.38	0.08	0.205	2.56	0.11	0.763	6.94
8	0400	14.56	26.29	0.06	.	.	0.15	.	.
8	0500	14.61	26.23	.	0.055	0.92	.	0.089	0.59
8	0600	14.66	26.16	0.09	.	.	0.15	.	.
8	0900	14.76	26.09	0.27	0.616	2.28	0.08	0.058	0.73
8	1100	14.97	25.91	0.11	0.161	1.46	0.05	0.021	0.42
8	1300	15.22	25.93	0.15	0.037	0.25	0.17	0.036	0.21
8	1500	15.31	25.94	0.03	.	.	0.11	.	.
8	1715	15.40	25.80	0.03	.	.	0.03	.	.
8	1900	15.31	25.71	0.15	.	.	0.26	.	.
8	2100	15.21	25.56	0.06	.	.	0.08	.	.
8	2300	15.13	25.43	1.96	0.264	0.13	.	0.535	0.30
8	2330	15.12	25.39	.	.	.	1.80	.	.
8	2400	15.11	25.36	1.82	.	.	1.21	.	.
9	0100	15.03	25.35	2.49	1.071	0.43	3.03	0.245	0.08
9	0200	15.00	25.31	4.61	.	.	2.99	.	.
9	0300	15.07	25.23	3.91	0.415	0.11	4.70	0.867	0.18
9	0400	15.07	25.21	4.06	.	.	.	.	.
9	0500	15.16	25.21	1.90	0.347	0.18	2.09	0.401	0.19
9	0600	15.23	25.21	0.38	.	.	0.29	.	.
9	0700	15.29	25.21	0.41	.	.	0.35	.	.

* grados y centésimas.

TABLA I
(Continuación)

Día	Hora	Long.*	Lat.*	superficie			20 metros		
				Clorofila <i>a</i>	Tasa Asimilación Carbono	Tasa Crecimiento Potencial	Clorofila <i>a</i>	Tasa Asimilación Carbono	Tasa Crecimiento Potencial
9	0800	15.88	25.19	0.23	.	.	0.88	.	.
9	0900	15.46	25.19	0.30	.	.	0.17	.	.
9	1100	15.63	25.18	0.26	.	.	0.18	.	.
9	1200	15.71	25.18	0.21	0.020	0.10	0.14	.	.
9	1400	15.86	25.13	0.18	.	.	0.18	.	.
9	1500	15.92	25.13	0.29	.	.	.	.	.
9	1600	15.96	25.14	0.11	.	.	.	.	.
9	1700	16.00	25.14	0.11	0.136	1.24	0.09	0.074	0.82
9	1800	16.08	25.14	0.12	.	.	.	.	.
9	2000	16.21	25.16	0.15	.	.	0.15	.	.
9	2200	16.21	24.98	0.15	.	.	0.26	.	.
9	2300	16.21	24.91	.	0.086	0.57	.	0.032	0.12
10	0200	16.18	24.72	0.08	.	.	0.08	.	.
10	0400	16.03	24.64	.	0.046	0.58	.	0.236	2.95
10	1000	15.86	24.36	0.67	.	.	1.52	.	.
10	1100	15.89	24.28	.	0.132	0.20	.	0.334	0.22
10	1400	16.23	24.03	0.29	.	.	1.20	.	.
10	1500	16.33	24.04	.	0.065	0.22	.	0.157	0.13
10	1800	16.56	24.06	0.32	0.058	0.18	0.21	0.185	0.88
10	2200	16.79	24.01	0.05	.	.	0.06	.	.
10	2230	16.78	23.99	.	0.027	0.54	.	0.013	0.22
11	0200	16.56	23.84	3.26	0.131	0.04	0.61	.	.
11	0500	16.36	23.69	5.06	0.250	0.05	3.18	0.310	0.10
11	0600	16.31	23.66	6.06	1.100	0.18	5.23	0.419	0.08

Gráficos. Algunos de los gráficos conteniendo información básica procedente del sistema de análisis continuo se sacaron de la contribución a este mismo informe hecha por CRUZADO (1974). Otros fueron especialmente elaborados para esta contribución, aunque siguiendo el mismo criterio. Los mapas de superficie y de 20 metros fueron trazados manualmente, todos los demás mediante una computadora IBM 1130 perteneciente al Departamento de Oceanografía de la Universidad de Washington.

* grados y centésimas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de los análisis de clorofilas y tasas de asimilación de carbono pertenecientes a la sección comprendida entre los paralelos antes citados están presentados en la tabla I, que asimismo muestra los valores calculados de tasa de crecimiento potencial. Es preciso hacer notar a este respecto que dicha tasa se calculó utilizando los valores de clorofila y asimilación de carbono más próximos y que en algunos casos las discrepancias en el tiempo pueden ser considerables.

La figura 1 muestra el recorrido efectuado por el B/O «Cornide de Saavedra» mediante posiciones interpoladas cada 30 minutos. Los trazos

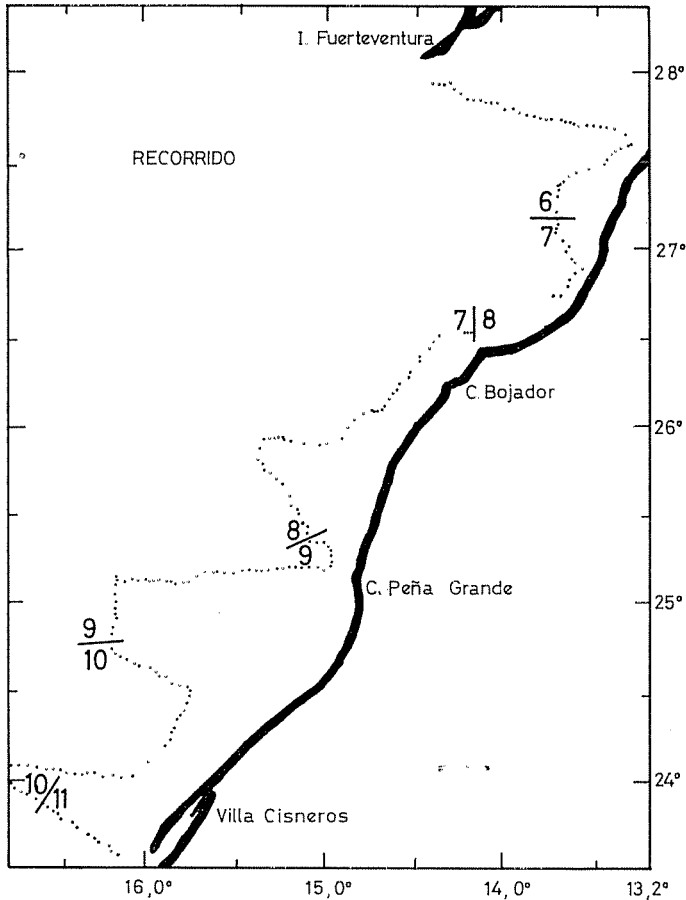


FIG. 1. — Recorrido del barco en la zona estudiada con indicación de los cambios de día. Cada punto corresponde a una muestra tomada en superficie y a 20 metros de profundidad.

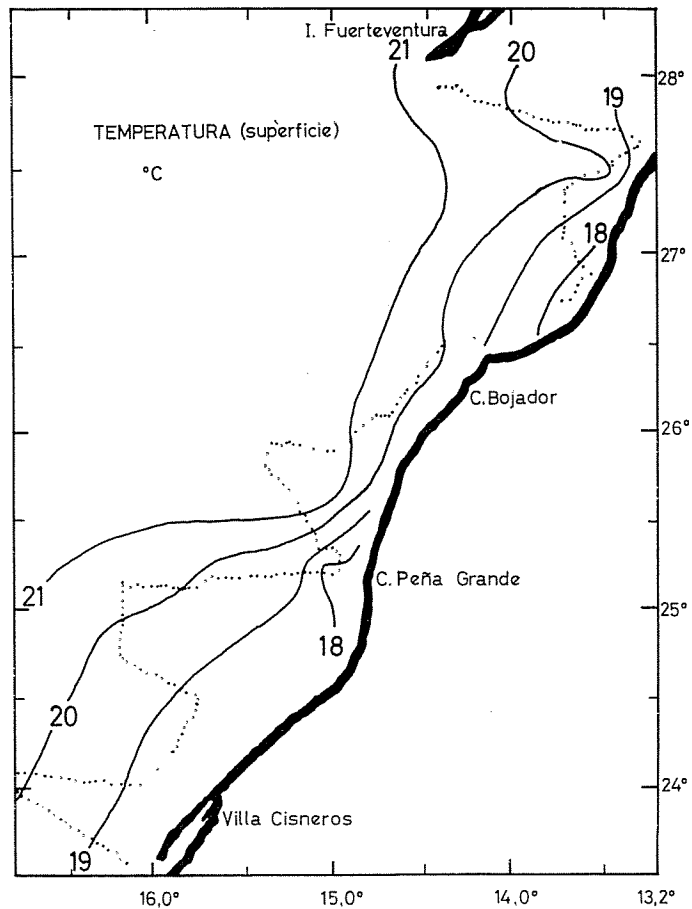


FIG. 2. — Mapa de distribución de temperatura en superficie.

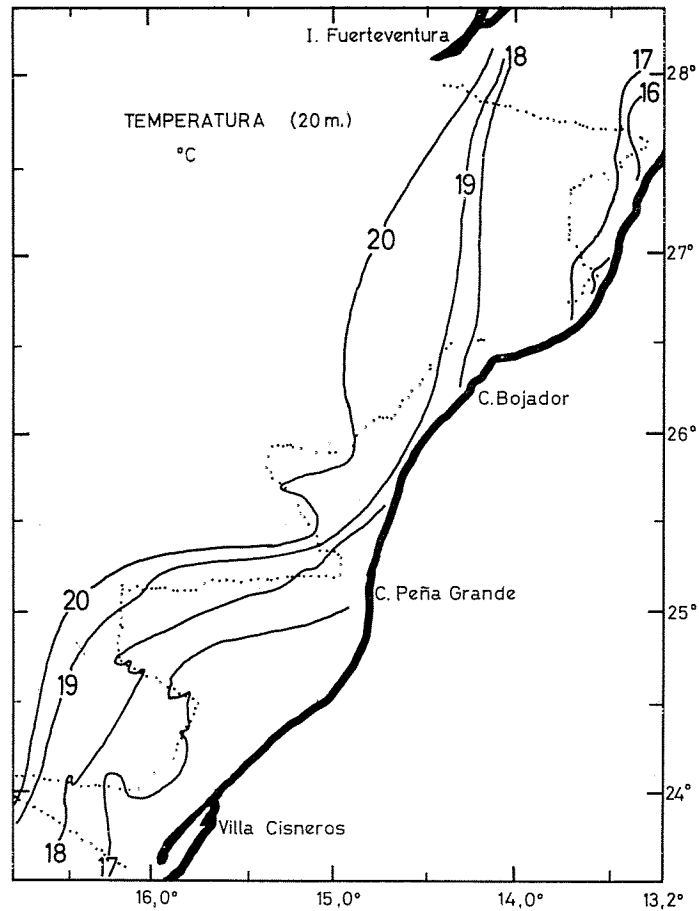


FIG. 3. — Mapa de distribución de temperatura a 20 m.

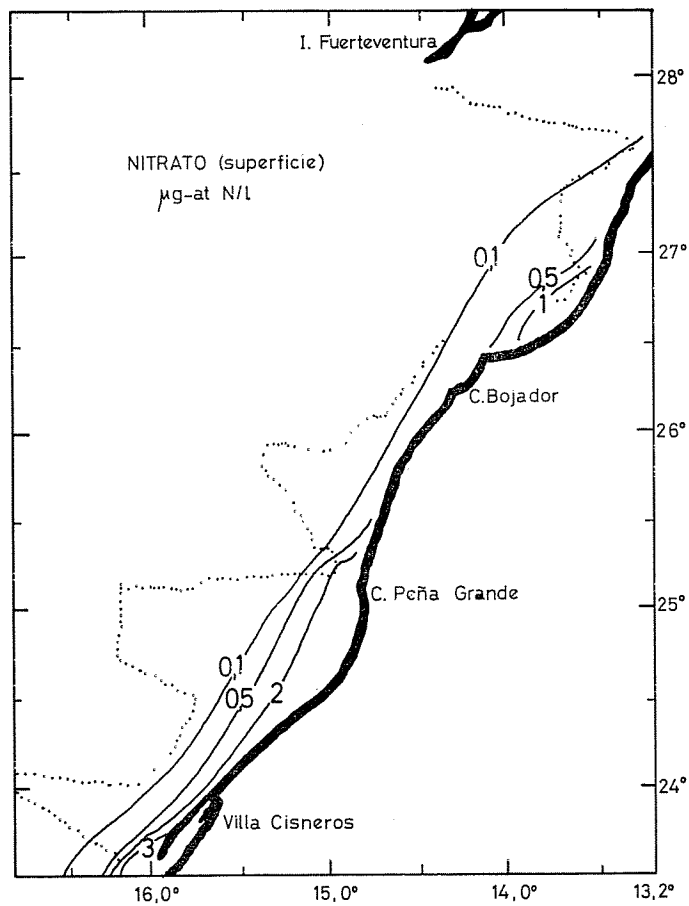


FIG. 4. — Mapa de distribución de nitrato en superficie.

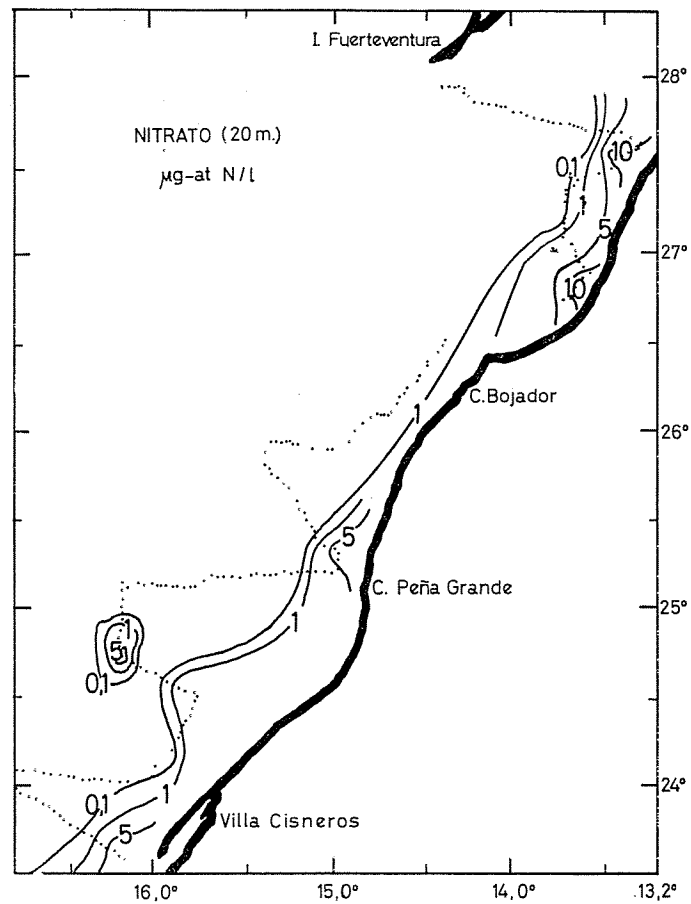


FIG. 5. — Mapa de distribución de nitrato a 20 m.

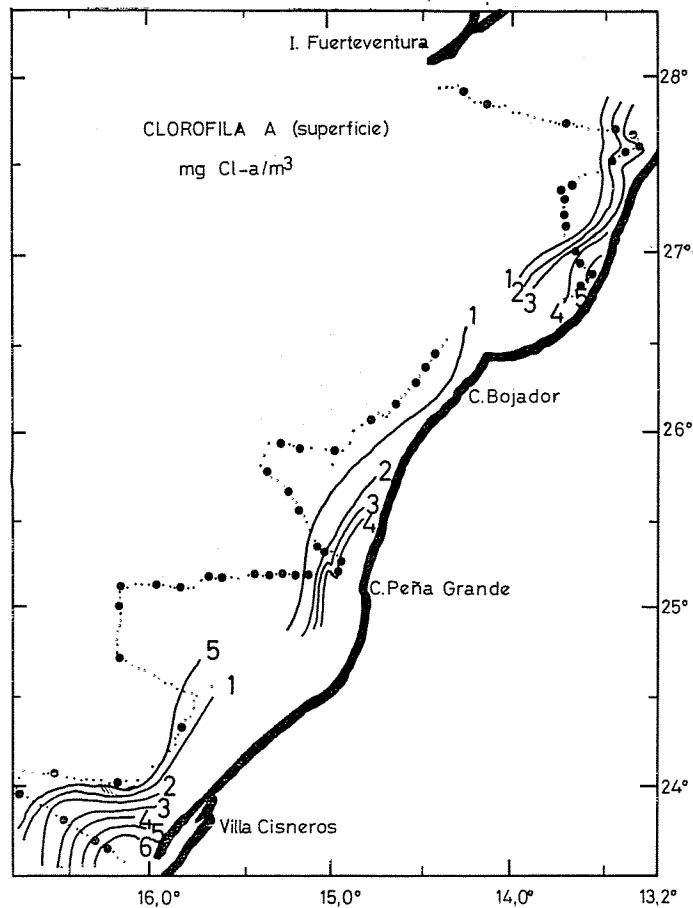


FIG. 6. — Mapa de distribución de clorofila *a* en superficie. Los puntos gruesos indican lugares de toma de muestra.

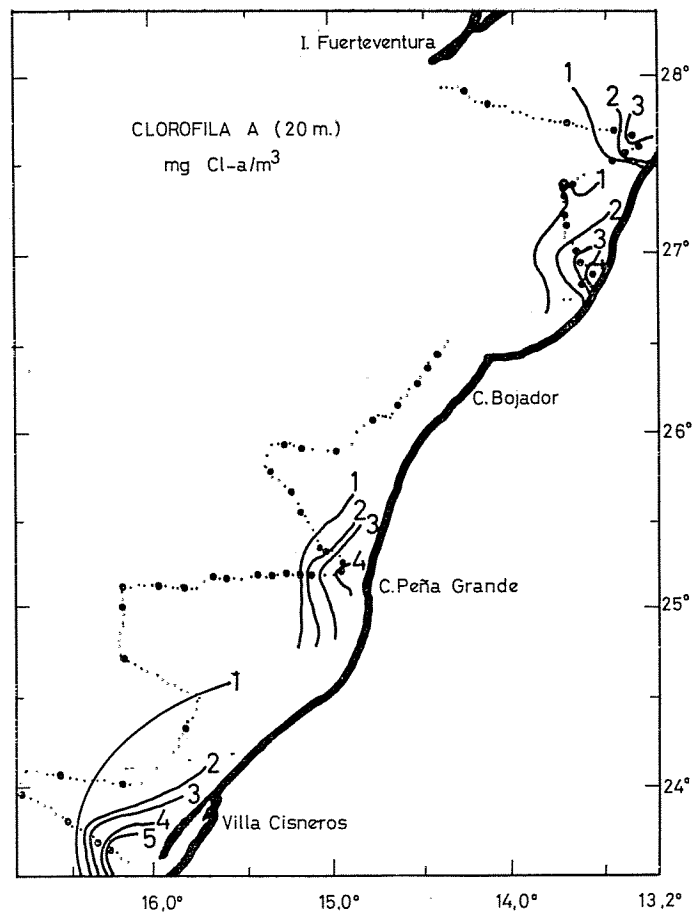


FIG. 7. — Mapa de distribución de clorofila *a* a 20 m. Los puntos gruesos indican lugares de toma de muestra.

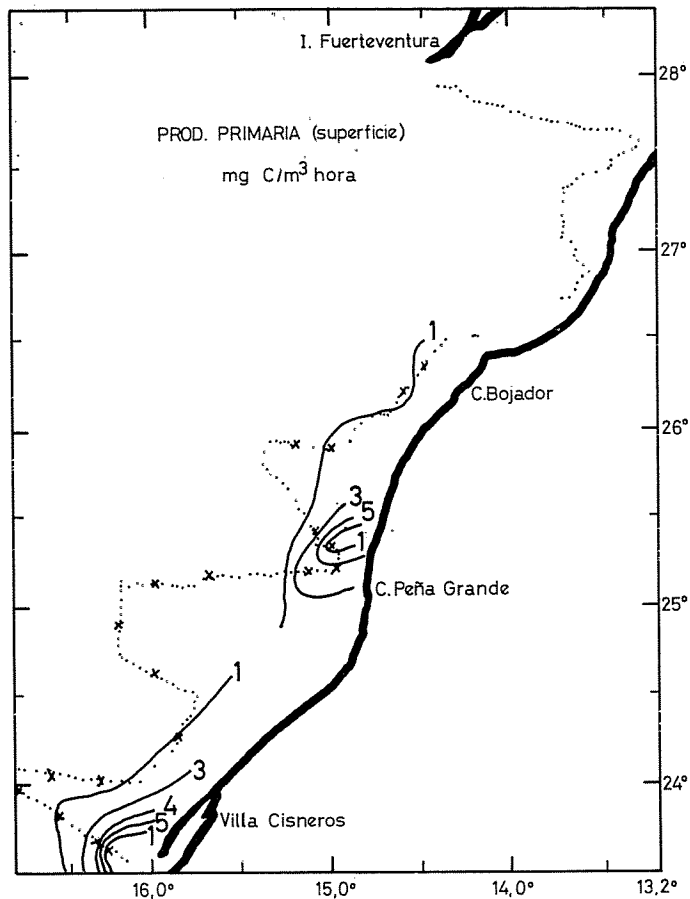


FIG. 8.— Mapa de distribución de la tasa de asimilación de carbono en superficie. Las cruces indican lugares de toma de muestra.

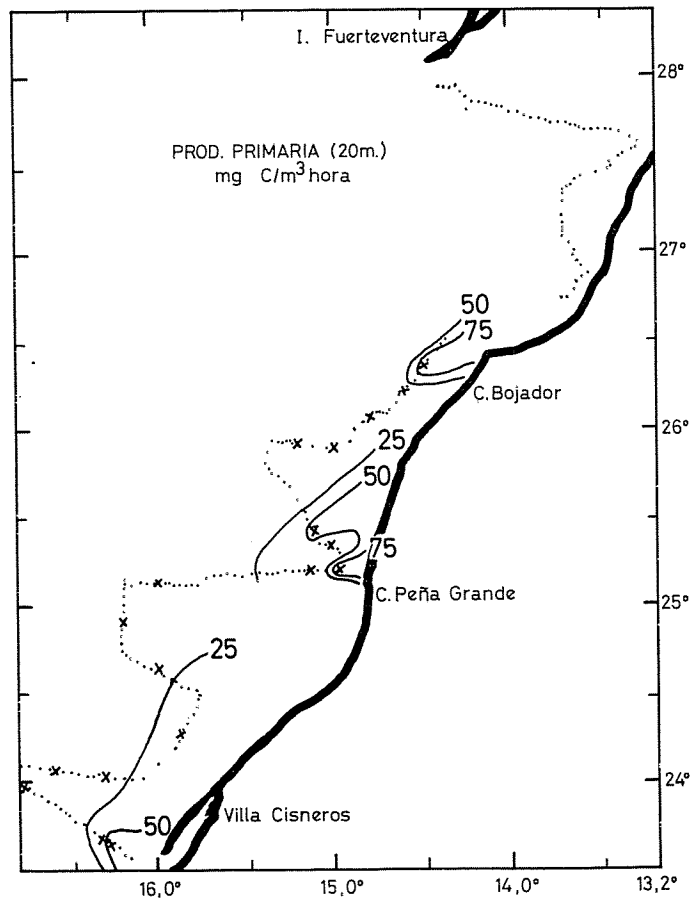


FIG. 9.— Mapa de distribución de la tasa de asimilación de carbono a 20 m. Las cruces indican lugares de toma de muestra.

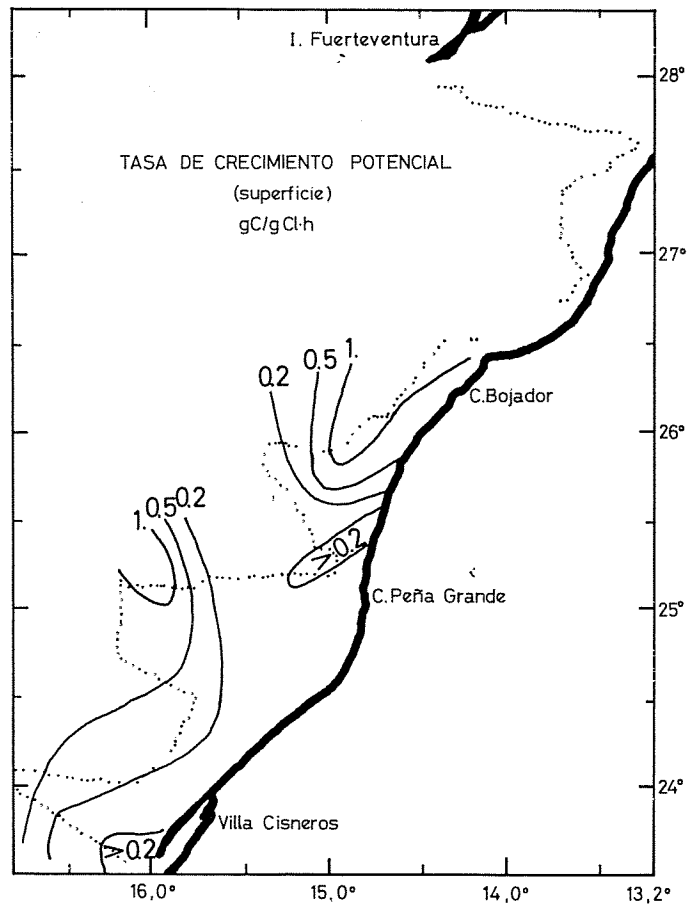


FIG. 10. — Mapa de distribución de la tasa de crecimiento potencial en superficie.

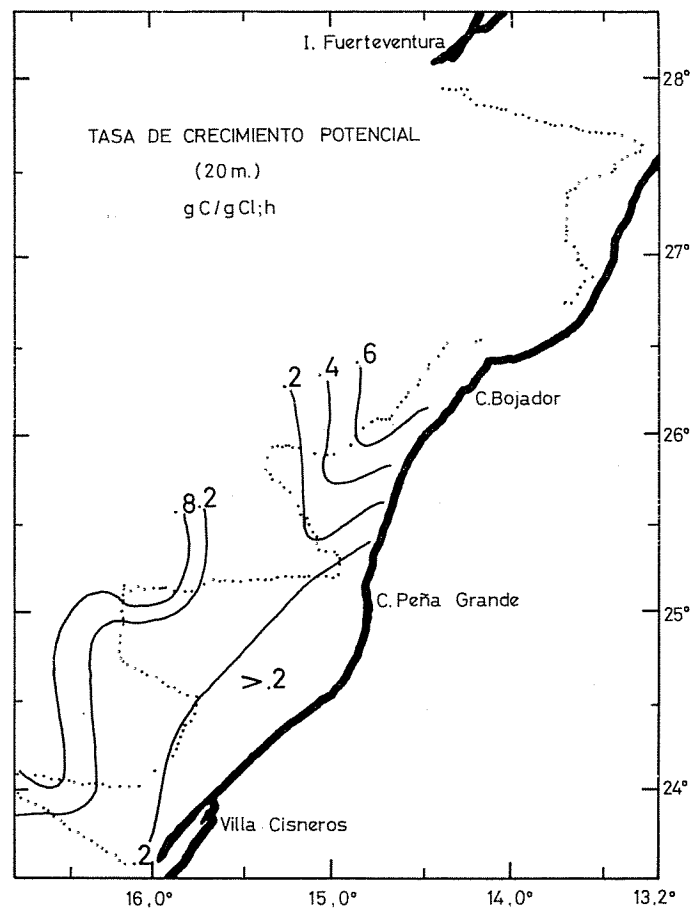


FIG. 11. — Mapa de distribución de la tasa de crecimiento potencial a 20 m.

fundidad. La cercanía a la costa de la isoterma de 21°C en la zona antes citada de Pta. del Monito descarta un enfriamiento de la zona costera debido a la corriente de Canarias que fluye del norte, sugiriendo en cambio un enfriamiento local del agua superficial por mezcla con el agua recientemente aflorada por la acción conjunta del viento y de dicha corriente.

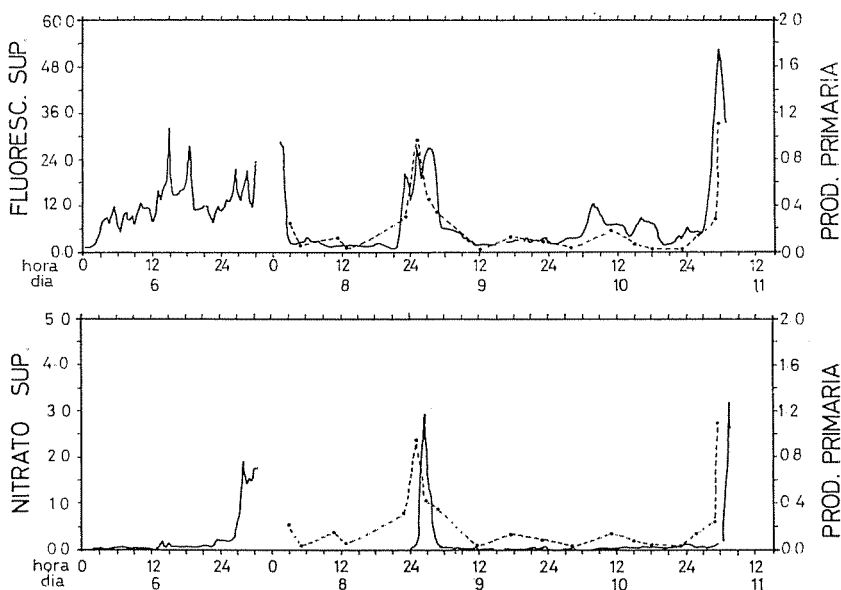


Fig. 14. — Como la figura 12 excepto que asimilación de carbono en lugar de clorofila *a*.

Nutrientes. De acuerdo con las concentraciones de nutrientes (nitrato) encontradas (figs. 4 y 5) tanto en superficie como a 20 m de profundidad, se pueden distinguir dos áreas de características muy distintas :

a) *Área eutrófica*, muy próxima a la costa, con concentraciones de nitrato superiores a 0,1 $\mu\text{g-at N/litro}$ y con valores máximos de hasta 3 $\mu\text{g-at N/litro}$ en superficie, y de 15 $\mu\text{g-at N/litro}$ a 20 m de profundidad.

b) *Área oligotrófica*, aguas afuera de la primera, con concentraciones inferiores a 0,1 $\mu\text{g-at N/litro}$ comparables a las halladas en las aguas oceánicas más allá de las isotermas de 21 y 22°C respectivamente.

El límite entre ambas áreas lo constituye una banda relativamente estrecha con fuerte gradiente horizontal donde el consumo de nutrientes por acción del fitoplancton excede considerablemente al aporte por procesos advectivos.

Clorofilas. En general, las concentraciones de clorofilas son máximas en la zona próxima a la costa, lo mismo en superficie (fig. 6) que a 20 m de profundidad (fig. 7), aunque un estudio más detallado (figs. 17 a 19) muestra una zona de máxima concentración de clorofila, y por lo tanto de fitoplancton, en la banda de fuerte gradiente de nitrato, disminuyendo a la vez hacia la costa y hacia alta mar.

Este hecho no puede tener más que una explicación: el agua aflorada desde capas más profundas con elevada concentración de nutrientes y pobre en fitoplancton, a pesar del posible reciclaje de las células arrastradas hacia la costa por el transporte subsuperficial de agua, no ha tenido tiempo suficiente para permitir un desarrollo máximo de la población de fitoplancton hasta alcanzar una cierta distancia a la costa. Mientras el crecimiento de la población tiene lugar a expensas de los nutrientes disueltos, la concentración de éstos disminuye proporcionalmente al fitoplancton producido hasta alcanzar la zona de máximo gra-

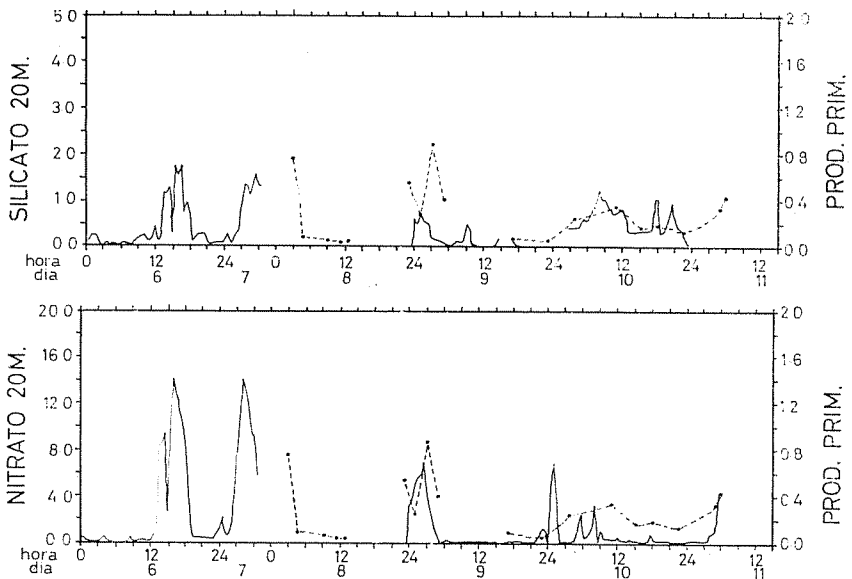


FIG. 15. — Como la figura 13 excepto que asimilación de carbono en lugar de clorofila *a*.

diente horizontal en la que los nutrientes son consumidos a una gran velocidad dada la elevada biomasa presente (más de 6 mg Cl a/m³) y a partir de ese lugar ya no es posible el crecimiento de dicha población por carencia de nutrientes, con lo que los procesos que tienden a disminuir la concentración de células (sedimentación y pastoreo por el zoo-

plancton) actúan en toda su capacidad creando un fuerte gradiente horizontal de pigmentos (fluorescencia) en la zona en que la concentración de zooplancton parece ser máxima.

Asimismo diferencias notables entre ambos niveles se pueden observar en las figuras 12 a 15 al comparar los valores de clorofila (o fluorescencia) con las concentraciones de los nutrientes (nitrato o silicato). En la parte norte del recorrido (día 7) se observa una zona en la que la clorofila de superficie es relativamente alta aun en ausencia de nitrato. En ese mismo lugar, pero a 20 metros de profundidad, se observan a la

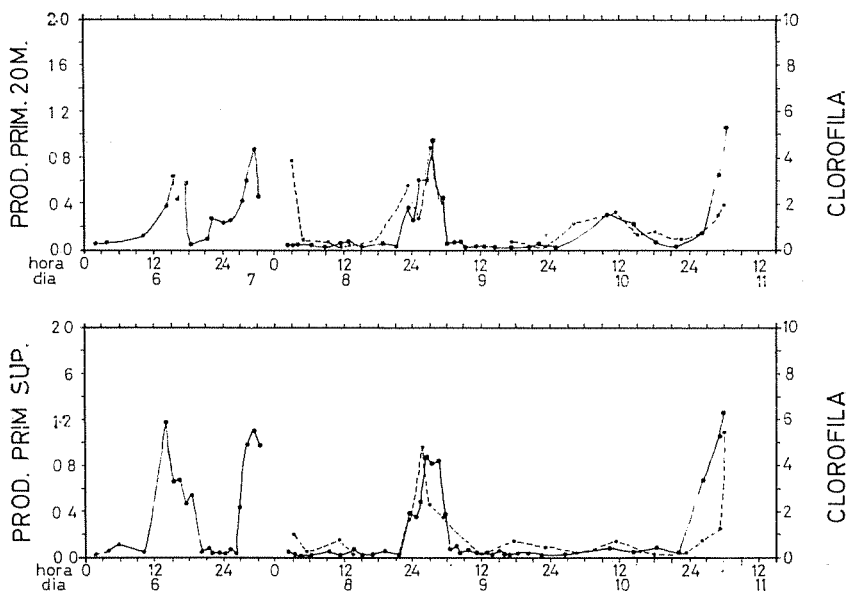


Fig. 16. — Series temporales de clorofila *a* y asimilación de carbono en superficie y a 20 m de profundidad.

vez alta concentración de clorofila y de nitrato, sugiriendo la existencia de un cierto aporte vertical de nutrientes que no alcanza a fertilizar toda la zona eufótica o más bien que se mantiene inferior al consumo por las algas en superficie aunque no en el nivel más profundo.

También en la zona costera inmediatamente al norte de Villa Cisneros (día 10) se observa un máximo de fluorescencia tanto en superficie como a 20 m de profundidad sin que se den concentraciones igualmente elevadas de nitrato. El silicato muestra, sin embargo, una alta concentración (paralela a la de clorofila), lo que induce a pensar que la población de algas (probablemente no diatomáceas) ha asimilado todo el nitrato disponible dejando sin utilizar el silicato.

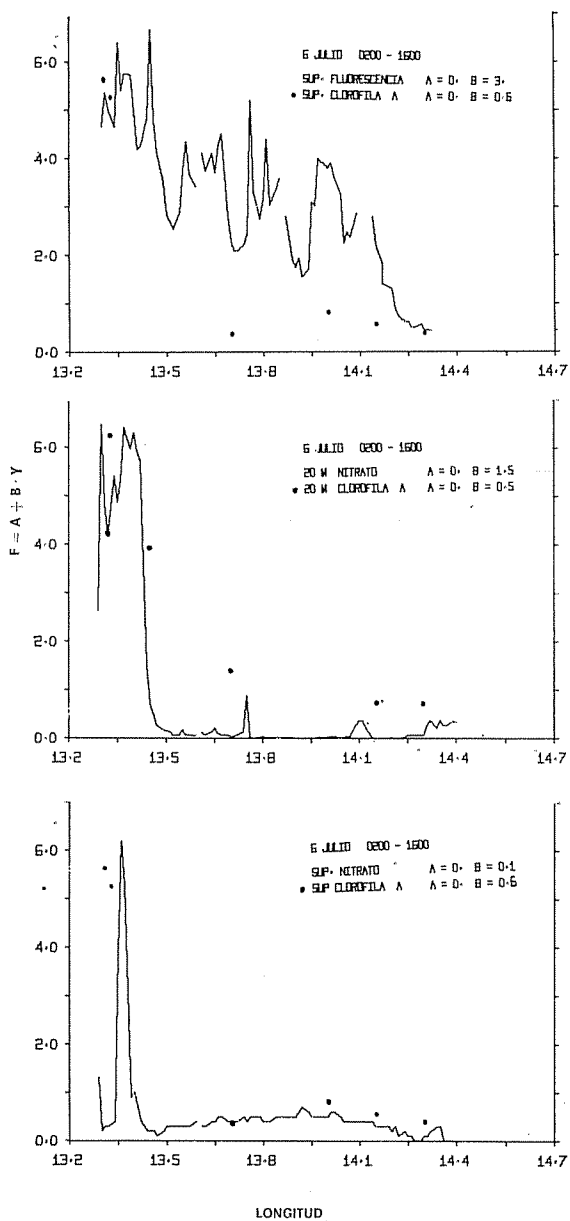


FIG. 17. — Proyecciones sobre un paralelo de clorofila *a* (puntos) y de fluorescencia (trazo continuo en recuadro superior), de nitrato a 20 m (trazo continuo en recuadro central) y de nitrato en superficie (trazo continuo en recuadro inferior). Escalas según especificado.

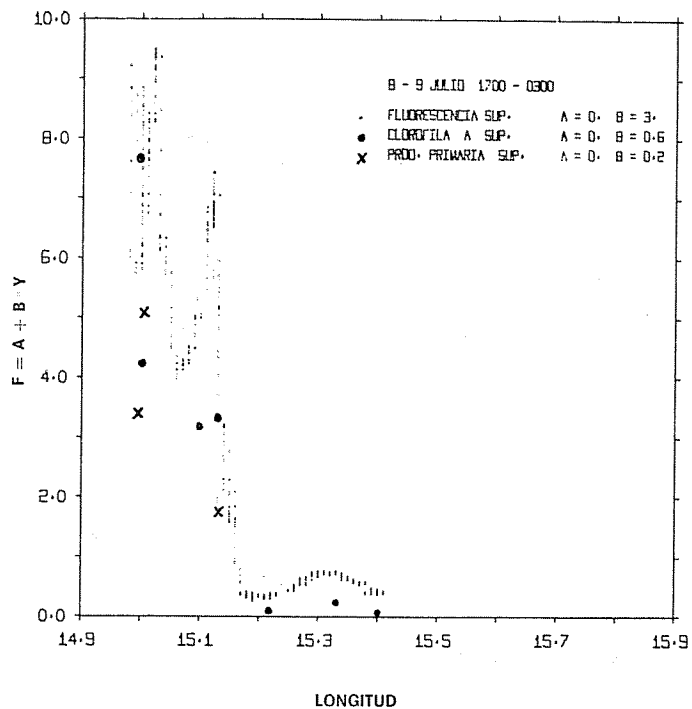


FIG. 18 a. — Proyección sobre un paralelo de clorofila *a* en superficie (puntos), de fluorescencia (trazo continuo) y de asimilación de carbono (cruces). Escalas según indicado.

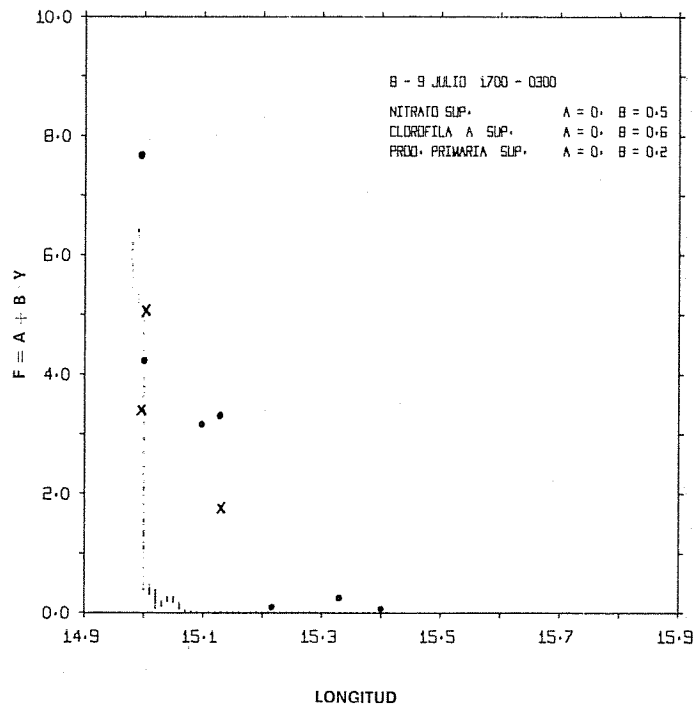


FIG. 18 b. — Proyección sobre un paralelo de clorofila *a* en superficie (círculos), asimilación de carbono (cruces) y nitrato (puntos). Escala según indicado.

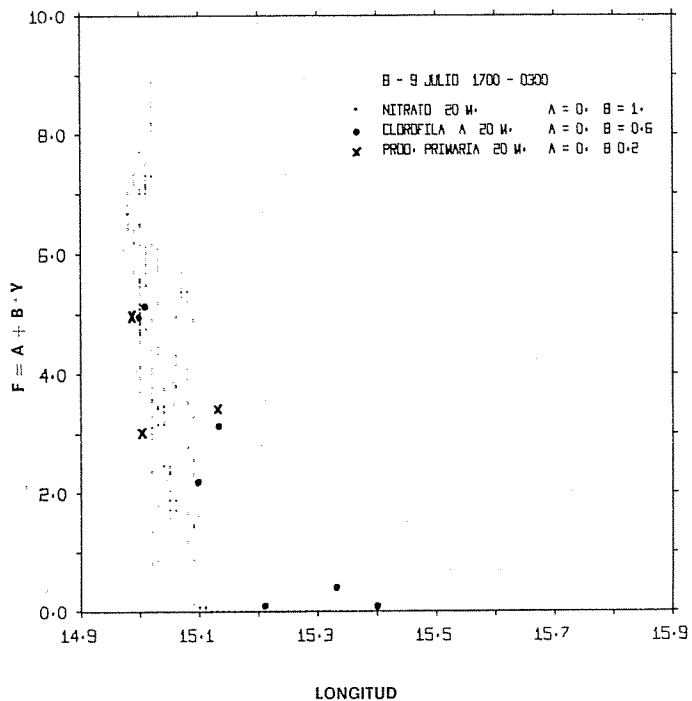


FIG. 18 c. — Proyección sobre un paralelo de clorofila *a* (círculos), asimilación de carbono (cruces) y nitrato (puntos) a 20 m de profundidad. Escalas según indicado.

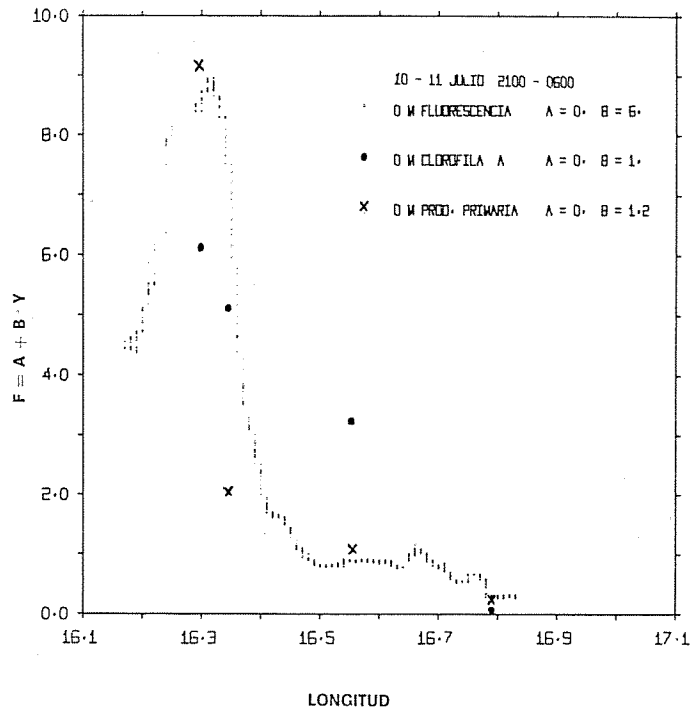


FIG. 19 a. — Proyección sobre un paralelo de clorofila *a* (círculos), asimilación de carbono (cruces) y fluorescencia (puntos) en superficie. Escalas según indicado.

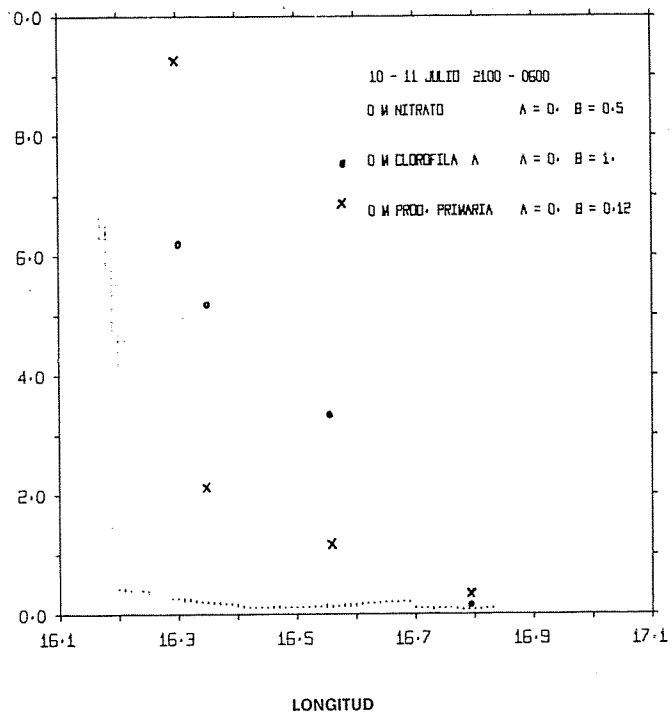


Fig. 19 b. — Proyección sobre un paralelo de clorofila *a* (círculos), asimilación de carbono (cruces) y nitrato (puntos) en superficie. Escalas como indicado.

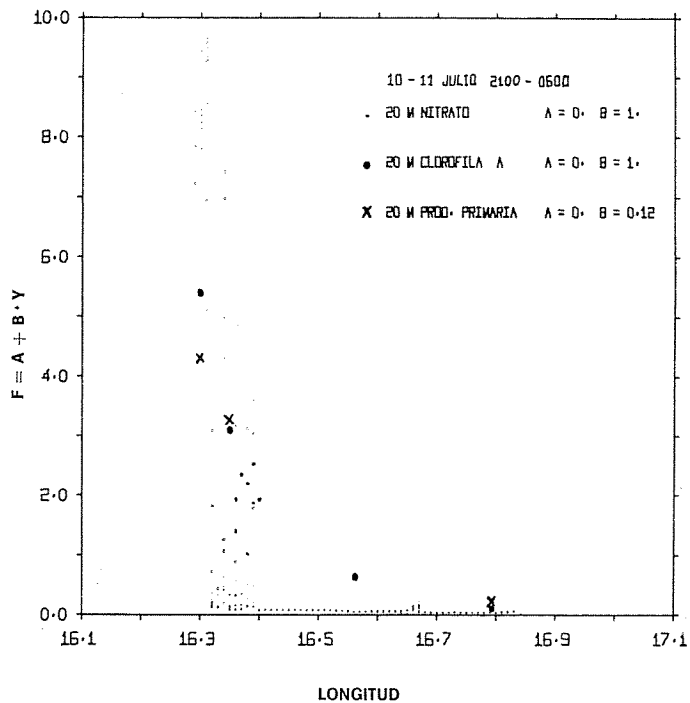


Fig. 19 c. — Proyección sobre un paralelo de clorofila *a* (círculos), asimilación de carbono (cruces) y nitrato (puntos) a 20 m de profundidad. Escalas según indicado.

Asimilación de carbono. Tal como cabría esperar de las concentraciones de clorofilas y nutrientes, la tasa de asimilación de carbono bajo una intensidad luminosa fija, muestra valores máximos en la región costera tanto en superficie como a 20 m de profundidad (figs. 8 y 9). Aunque aparentemente existe una relación bastante estrecha entre la tasa de asimilación de carbono y la concentración de clorofila, un examen minucioso de las figuras 17 a 20 revela una mayor asimilación en la zona eutrófica (con elevadas concentraciones de nitrato), aun cuando la concentración de clorofila no sea tan elevada como un poco más afuera.

Este hecho sugiere la limitación de los procesos fotosintéticos por la escasez de nutrientes (sobre todo nitrato), lo que se pone más de relieve en los mapas de la tasa de crecimiento potencial (figs. 10 y 11) que muestran los mínimos valores precisamente donde las máximas concentraciones de clorofila no coinciden con valores altos de nitrato. Aunque parezca sorprendente, la elevada tasa de crecimiento potencial de las poblaciones en alta mar no debe extrañar, ya que las pequeñas concentraciones de nutrientes presentes (probablemente NH_4^+ siendo el más importante) permiten un crecimiento relativamente rápido de las escasas células presentes.

CONCLUSIONES

De todo lo anterior se puede concluir que el principal factor que controla la distribución y dinamismo de la biomasa fitoplanctónica es el aporte de nutrientes desde las capas más profundas hasta la zona eufótica por el transporte vertical de agua. Así que el agua recientemente aflorada ha estado un tiempo suficiente en dicha zona se desarrolla una densa población de fitoplancton que se ve limitada sobre todo por el nuevo aporte de nutrientes que probablemente es mínimo precisamente donde la densidad de células es máxima limitando extraordinariamente su tasa de crecimiento.

Por otra parte, la diferencia observada en el comportamiento del silicato relativo al nitrato, esto es, mientras que en el norte ambas concentraciones parecen estar controladas por los mismos procesos (advección y asimilación), en el sur del área estudiada los silicatos muestran un comportamiento análogo a las clorofilas como si únicamente estuviesen controlados por el proceso de aporte pero no por el de asimilación, y tal fenómeno únicamente puede ser explicado postulando la existencia de diferencias entre las especies de algas al norte (diatomeas) y al sur (dinoflagelados).

De ser cierto lo indicado más arriba, la relación nitrato/silicato podría ser utilizada para estimar la producción de fitoplancton en el sur, ya que si el silicato no es asimilado por el fitoplancton siendo llevado a la zona

eufótica junto con el nitrato, el exceso de silicato debería ser equivalente al fitoplancton producido. Naturalmente se precisa, además, de datos relativos, bien a la velocidad de desplazamiento de las masas de agua, bien a la tasa de asimilación de nitrato.

Es evidente que la relación entre la biomasa fitoplanctónica, su dinamismo y las variables del medio son extremadamente complejas, de aquí que no puedan expresarse verbalmente ni aun con los simples diagramas aquí presentados sin peligro de caer en la redundancia. La única solución posible es la de simular por medio de un algoritmo complejo conteniendo todas las relaciones entre las distintas variables (nitrato, fitoplancton, zooplancton), así como los parámetros ambientales (iluminación, transporte horizontal y vertical), el comportamiento de todo el sistema. Sin embargo, ello requiere el conocimiento de los flujos de materia o de energía entre los distintos compartimentos del sistema y ésta es información de la que carecemos por el momento.

SUMMARY

DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON BIOMASS AND CARBON UPTAKE OFF NW AFRICA. — Maps of chlorophyll a and carbon uptake rates obtained during cruise *Sahara-I* off Spanish Sahara are compared to temperature and nitrate distribution both at surface and 20 meters deep. Potential growth rate given as carbon uptake/chlorophyll for a given light intensity is maximum at the edges of the eutrophic areas. A comparison of continuous fluorometer readings and manually extracted pigments is also made.

BIBLIOGRAFÍA

- BALLESTER, A., A. CRUZADO, A. JULIÁ, M. MANRÍQUEZ y J. SALAT. — 1972. Análisis automático y continuo de las características físicas, químicas y biológicas del mar. *Publ. Téc. Patr. J. Cierva*, 1: 1-72.
- CRUZADO, A. — 1974. Resultados del análisis continuo en África del NW entre 23° N y 28° N. *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, 3: 117-128.
- LORENZEN, C. J. — 1966. A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. *Deep-Sea Res.*, 13: 223-227.
- RICHARDS, F. A. and T. G. THOMPSON. — 1952. *J. Mar. Research*, 11 (2): 156-172.
- STEELE, J. H. — 1962. Environmental control of photosynthesis in the sea. *Limnol. Oceanog.*, 7: 137-150.
- STRICKLAND, J. D. H. — 1960. Measuring the production of marine phytoplankton. *B. Fish. Res. B. Canada*, 122: 1-172.