

Oceanografía química de la región de afloramiento del noroeste de Africa.

III. Campaña Atlor VII, noviembre de 1975*

por

M. MANRÍQUEZ,** F. FRAGA *** y C. MOURIÑO ***

El Atlántico oriental, en la zona del NW de África comprendida desde Cabo Verde hasta un poco más al norte de Cabo Blanco es de interés por encontrarse en ella la zona de contacto entre el Agua Central del Atlántico Norte y el Agua Central del Atlántico Sur, que forman la capa de agua sub-superficial y en la capa superficial se encuentran, agua de la Corriente de Canarias y de la Contracorriente Guineana en una extensión que varía según la época del año y depende de la intensidad de los vientos alisios y de la Contracorriente Ecuatorial que es muy variable alcanzando su máxima amplitud en verano. Con el fin de conocer la variación estacional de la distribución de las variables químicas se han realizado campañas oceanográficas en épocas diferentes del año. Las dos primeras fueron, una en el mes de marzo y otra en agosto-septiembre cuyos resultados ya se han descrito anteriormente por FRAGA y MANRÍQUEZ (1975) y FRAGA (1973). En esta comunicación se describe la situación durante el mes de noviembre, de la que se ha hecho un estudio previo de la distribución de masas de agua, MANRÍQUEZ y FRAGA (1978a) que sirve de base para la interpretación de la distribución de las variables químicas.

Los datos utilizados para la confección de los mapas de distribución de estas variables y los métodos analíticos utilizados se encuentran en la publicación de MANRÍQUEZ y FRAGA (1978b). La distribución de amoníaco para esta misma campaña se encuentra en publicación aparte, TEJERO y VALLESPIÑÓS (1978).

* Recibido el 30 de julio de 1979.

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

*** Instituto de Investigaciones Pesqueras de Vigo. Muelle de Bouzas. Vigo.

La distribución de sales nutrientes encontrada en noviembre en el agua inferior es bastante análoga a la de las otras campañas pero, sobre todo, a la de agosto-septiembre, con unas características que todavía se siguen pareciendo a la situación de verano y todavía no a las de invierno, al final de cuya estación es cuando alcanza la máxima intensidad el afloramiento en esta zona. En el agua superficial las analogías no son tan grandes a causa de la variación estacional y también a la variabilidad de esta capa, incluso en períodos cortos de tiempo.

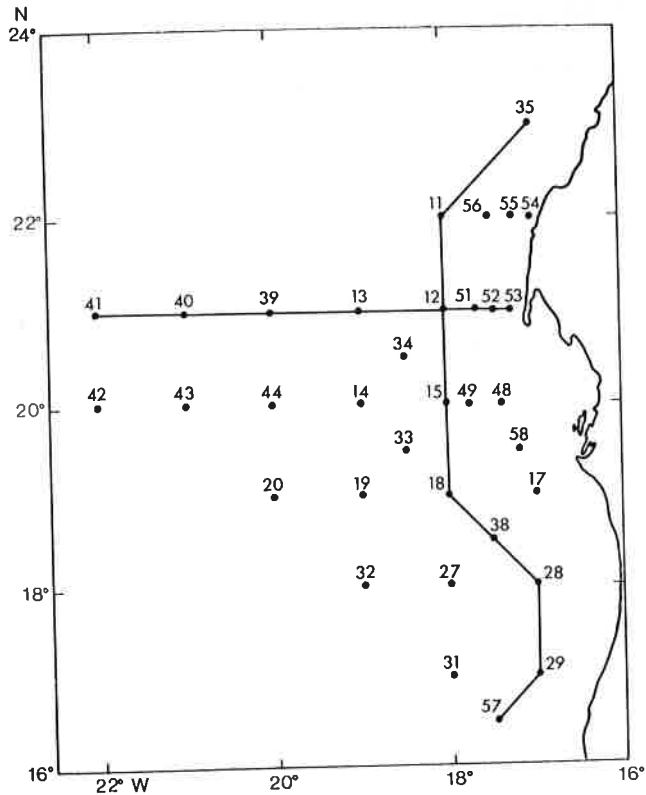


FIG. 1. — Situación de las estaciones en la campaña «Atlor VII». Las dos líneas indican la situación de los cortes verticales representados en los gráficos del final del texto (figuras 34-43 y 44-51).

EL AGUA DE SUPERFICIE

Característico de esta zona de contacto lateral de tipos de agua diferente, es su heterogeneidad, que se pone de manifiesto por los fuertes gradientes horizontales de densidad y temperatura (ver las figuras en las últimas páginas),

su distribución coincide bastante bien con la encontrada por SCHULZ y col. (1978) para el mismo mes del año 1970 que es un año bastante comparable con el de 1975, según los datos de SEDYKH (1978) sobre las variaciones inter-anales de esta zona.

En noviembre se encuentran en superficie tres tipos de agua, uno de ellos bien diferenciado formado por agua de afloramiento frente a Cabo Blanco, que en esta fecha ya comienza a intensificarse. Está caracterizado tanto por su mayor densidad como por su menor temperatura y los límites de su influencia pueden fijarse hasta la isopícnica de 25,6 (fig. 2), o bien la isoterma de 20° C (fig. 6), puesto que ambas coinciden. Esto aparece reflejado en las variables químicas con valores altos de sales nutrientes y se describe más adelante.

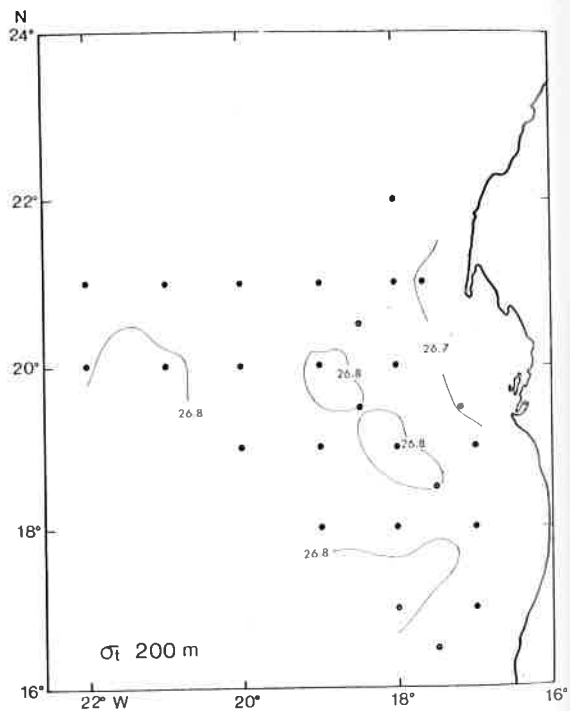
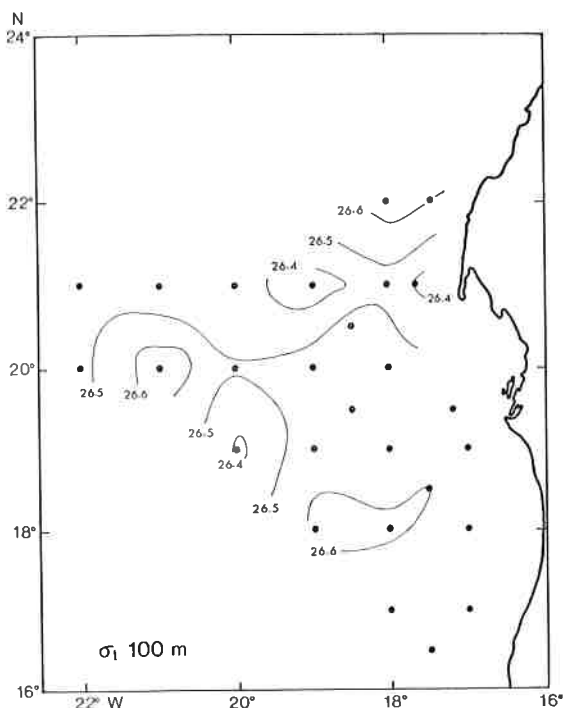
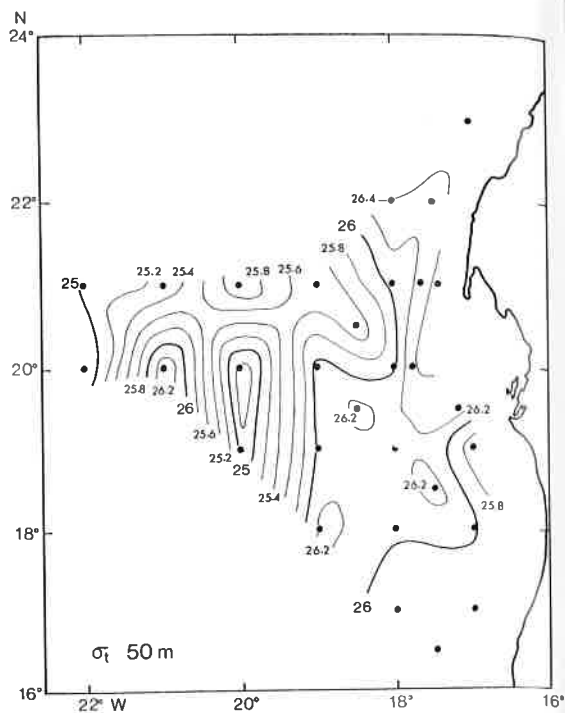
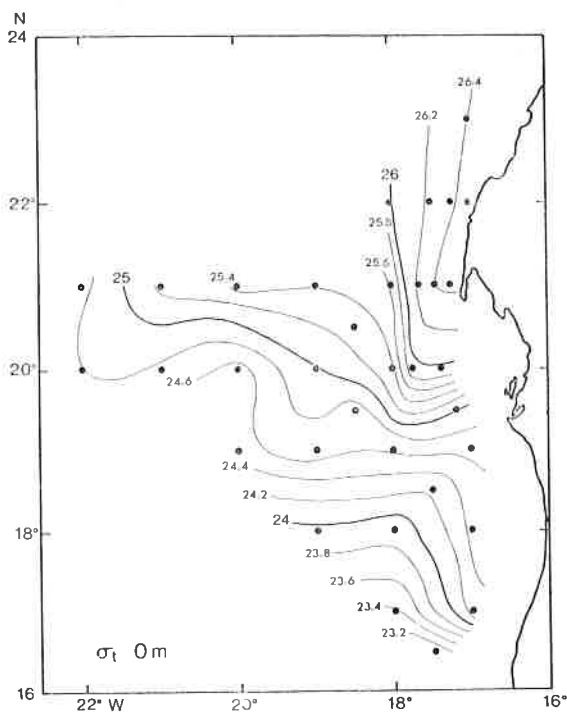
El resto de la zona estudiada está cubierta por agua típicamente superficial, por consiguiente totalmente agotada en sales nutrientes pero formada por dos tipos de origen diferente que se manifiesta por su diferente salinidad. Un agua costera de baja salinidad procedente del sur, Contracorriente Guineana, y otra de mayor salinidad que se extiende desde el noroeste. El límite entre estos dos tipos de agua está en la isohalina de 35,9 ‰ (fig. 10).

Durante esta campaña no se observaron en el agua superficial salinidades superiores a 36,5 ‰, lo que indica que el agua de la Corriente de Canarias, en esta fecha, está muy modificada o desplazada mar afuera, posiblemente a consecuencia de la intensificación de la Contracorriente Ecuatorial.

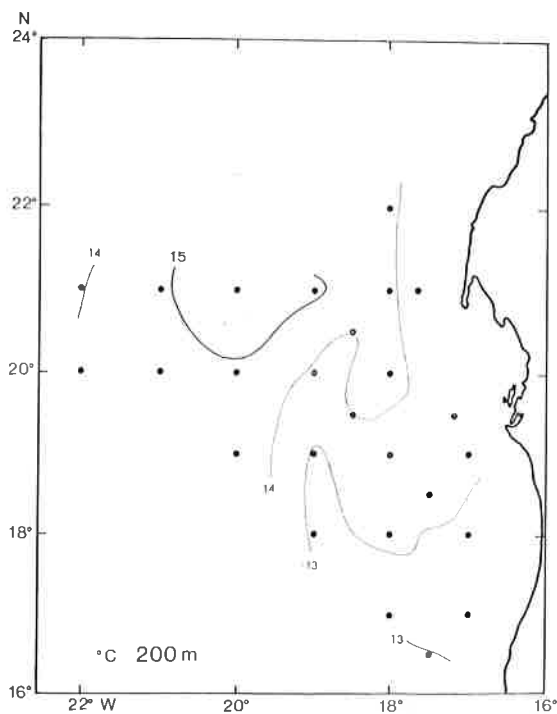
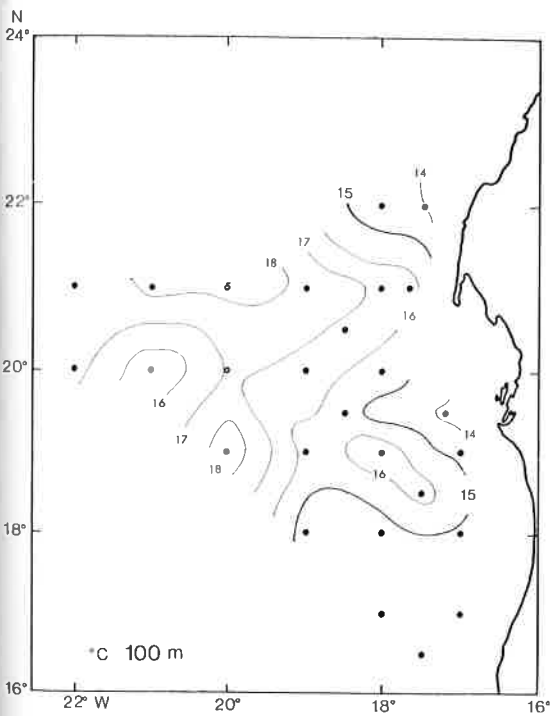
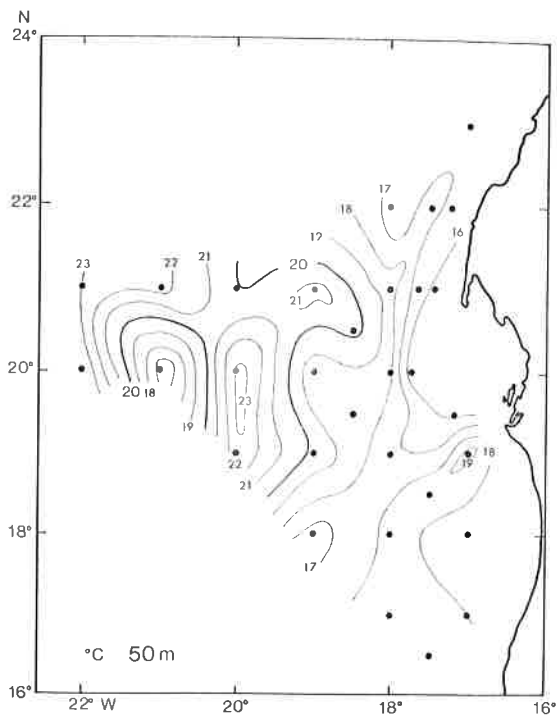
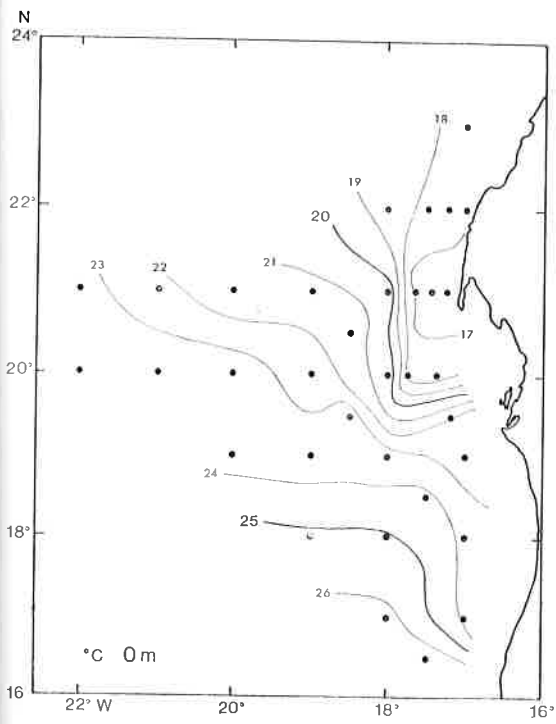
LA CAPA DE AGUA SUPERFICIAL

Aquí consideramos como capa de agua superficial la que se encuentra entre la superficie y la picnoclina que coincide aproximadamente con $\sigma_t = 26$ (figs. 36 y 44) o la isoterma de 19° C (figs. 37 y 45). Las características de los tipos de agua que forman esta capa ya fueron descritas más arriba al tratar del agua de la superficie.

El agua cálida y poco salada del sur tiene un espesor de sólo unos 30-40 m, y está saturada de oxígeno y totalmente agotada en sales nutrientes en todo su espesor. Esta capa es muy homogénea verticalmente por lo que su distribución coincide con la indicada para la misma en el nivel de cero metros, pero por su poco espesor no aparece reflejada en los cortes horizontales de 50 m. El borde septentrional, hacia los 18° lat. N, presenta un gradiente horizontal fuerte en densidad, temperatura y salinidad y sirve como indicador del límite con el agua superficial del noroeste mientras que no hay ninguna discontinuidad en la concentración de sales nutrientes que en los dos tipos de agua es próxima a cero por ser ambas superficiales. En la figura 44 se ve claramente el límite en la Est. 29, ligeramente más hacia el sur porque contra la costa avanza menos. Esto también se observa en las figuras 45 y 46 pero no en las figuras 49, 50 y 51, por el motivo que ya se ha indicado.



FIGS. 2, 3, 4 y 5. — Isopincas de superficie, 50, 100 y 200 m de profundidad expresadas en valores de sigma-t.



Figs. 6, 7, 8 y 9. — Distribución horizontal de temperatura en superficie, 50, 100 y 200 m en grados centígrados.

Al noroeste de esta agua cálida se encuentra el otro tipo de agua superficial que se caracteriza por una salinidad ligeramente superior a la anterior, que algunos autores la denominan tropical, su espesor es mayor, alcanzando hasta una profundidad de 60 m en las estaciones situadas mar afuera. Debido a su temperatura algo menor la saturación de oxígeno la alcanza a una concentración ligeramente mayor pero lo suficiente para que pueda servir de límite en la distribución horizontal de este tipo de agua que a 0 m viene fijada por la isopleta de 5,1 ml O₂/l (fig. 14) y a 50 m por la de 5,0 ml O₂ (fig. 15). Los valores mucho más bajos de oxígeno en superficie, frente a Cabo Blanco indican claramente el núcleo del afloramiento de agua profunda.

EL AGUA SUBSUPERFICIAL

Este cuerpo de agua heterogénea está limitada por la parte superior por la isoterma de 18° C que está situada a una profundidad variable con una media de 50 m, oscilando entre 110 m al noroeste de la zona de la Est. 39 y la superficie en la zona de afloramiento. Por la parte inferior está limitada por el mínimo de salinidad situado hacia los 900 m o algo más. Su composición química también es muy heterogénea en especial las sales nutrientes, oxígeno y pH como puede apreciarse en los cortes verticales (figs. 39-43 y 47-51), pero entre ellas hay gran similitud, cualquier variación en uno de ellos viene reflejado en todos los otros, esto es una consecuencia de que el cuerpo de agua está formado por las dos masas de Agua Central de composición química muy diferente, ACNA y ACSA, en contacto lateral pero poco mezcladas conservando su individualidad. Esta heterogeneidad química permanece todo el año en esta zona como consecuencia de que el frente lateral entre estas dos masas de agua se desplaza poco estacionalmente. Sin embargo, aunque en conjunto la superficie lateral se desplaza poco geográficamente, sí tiene grandes deformaciones, penetrando una masa en la otra en forma de cuñas verticales que alcanzan toda su altitud y penetraciones horizontales a modo de venas en la parte superior.

El ACSA es mucho más rica en sales nutrientes que el ACNA y la variable química que más acusa esta diferencia son los nitratos, sobre todo en el nivel de 800 m donde el AIA (Agua Intermedia Antártica) que forma la parte inferior del ACSA es todavía más rica en nitratos y variaciones muy pequeñas en la penetración de este agua producen variaciones grandes en la concentración de nitratos. En los fosfatos también hay diferencia pero es algo menor y en los silicatos todavía es menor y su variación es análoga a la de los fosfatos pero mucho más atenuada.

La distribución de oxígeno disuelto a la altura de Cabo Verde fue estudiada ampliamente por VOITURIEZ y CHUCHLA (1978) y es otra de las variables que caracterizan bien el ACSA y su distribución es interesante porque

puede dar información sobre la procedencia del agua ya que la sub-contra-corriente ecuatorial que transporta ACSA tiene un contenido de oxígeno ligeramente más alto que el resto de la masa, pero es muy bajo si lo comparamos con el contenido en oxígeno de ACNA. Ésta es quizá la mayor diferencia entre estas dos masas de agua en la zona de contacto. Por esto, al norte de 16° lat. N la distribución depende de la proporción de ACNA.

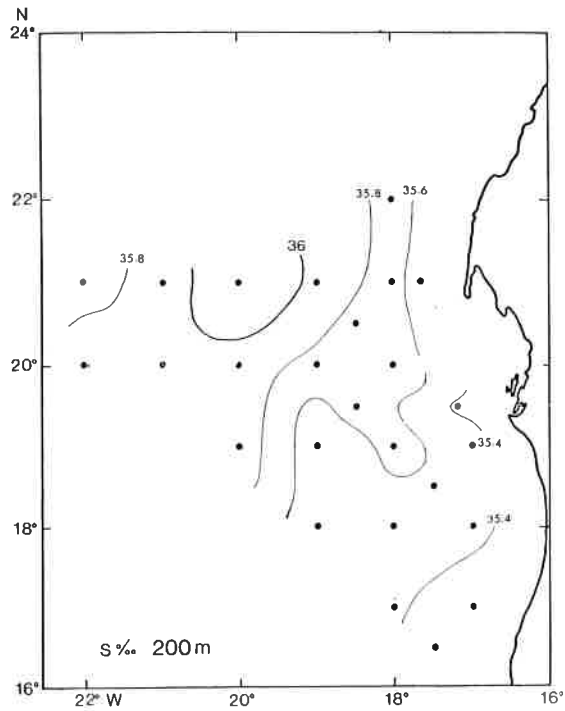
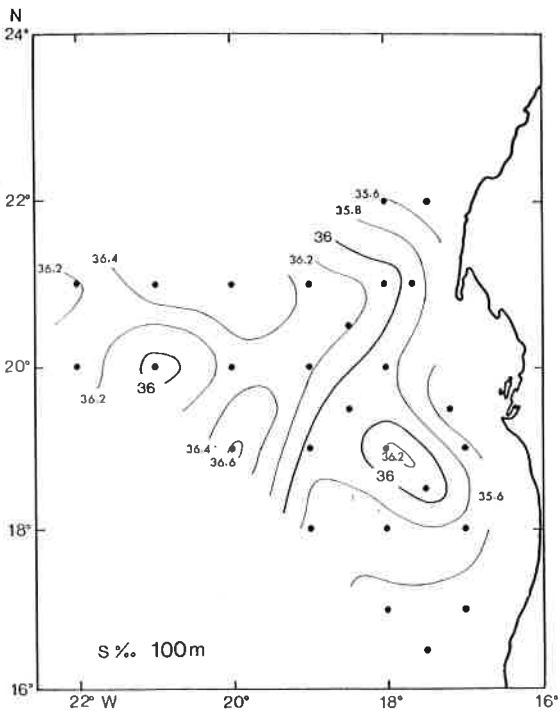
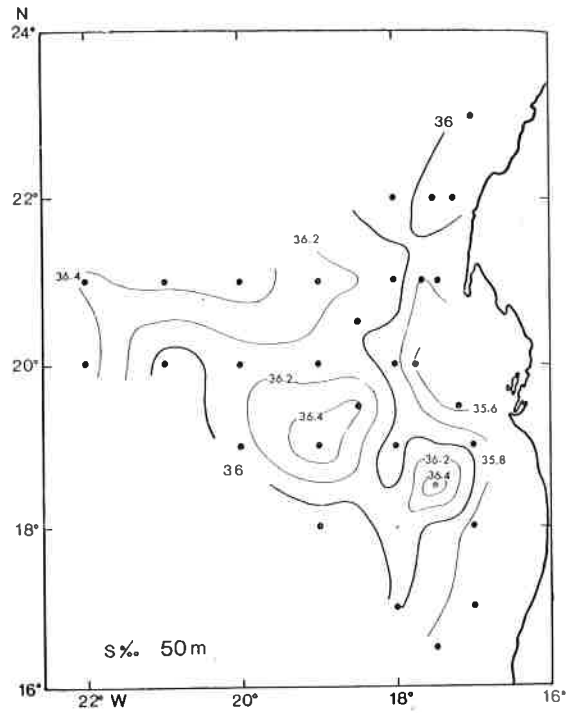
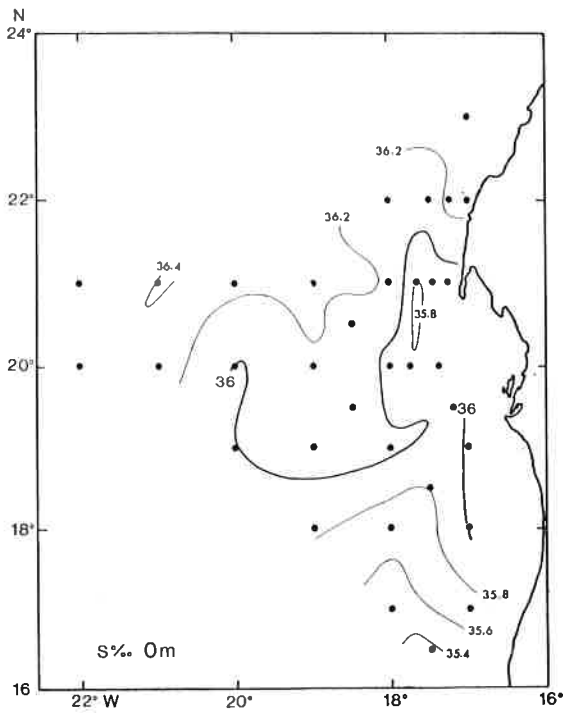
Durante todo el año se ha observado dos mínimos de oxígeno en la zona sur, que apenas sufren desplazamiento, uno superior en la vena de ACSA que penetra contra la costa entre los 40 y 125 m situada en las E-29 y E-28 (figura 47) que ligeramente más al norte, Est. 17, decrece hasta 1,2 ml O₂/l y en el mes de marzo se encontraron valores todavía más bajos, 0,88 ml/l en la Est. 29. El otro mínimo, también de ACSA, es de un espesor más amplio y tiene su núcleo hacia los 400 m con un mínimo de 1,02 ml O₂/l en la Est. 27 que está situada a 58 millas más afuera de la Est. 28 (fig. 47).

La separación entre ambas capas del mismo cuerpo de agua es debido a la pequeña influencia de la capa horizontal de mezcla con ACNA que se extiende ligeramente hacia el sur, reconocible por la inversión de salinidad a 250 m en la Est. 28 (fig. 46).

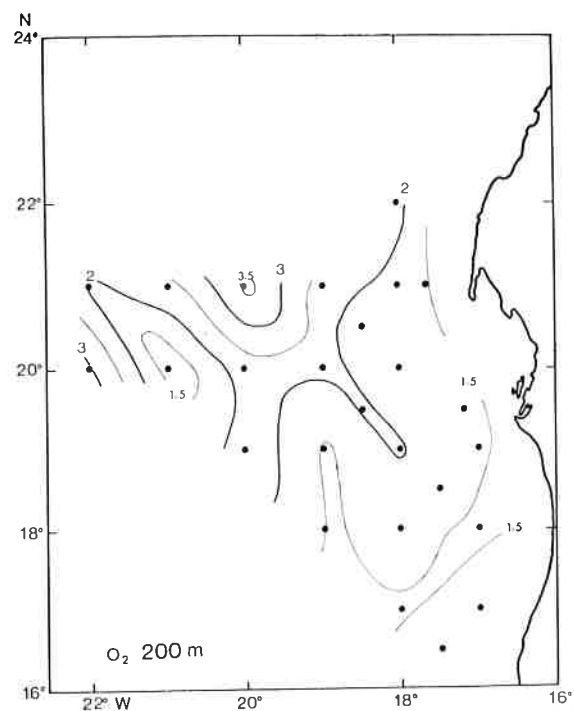
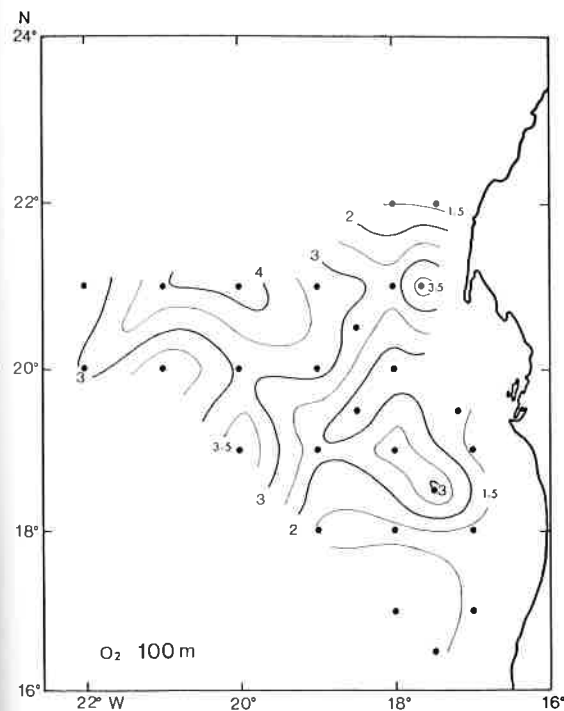
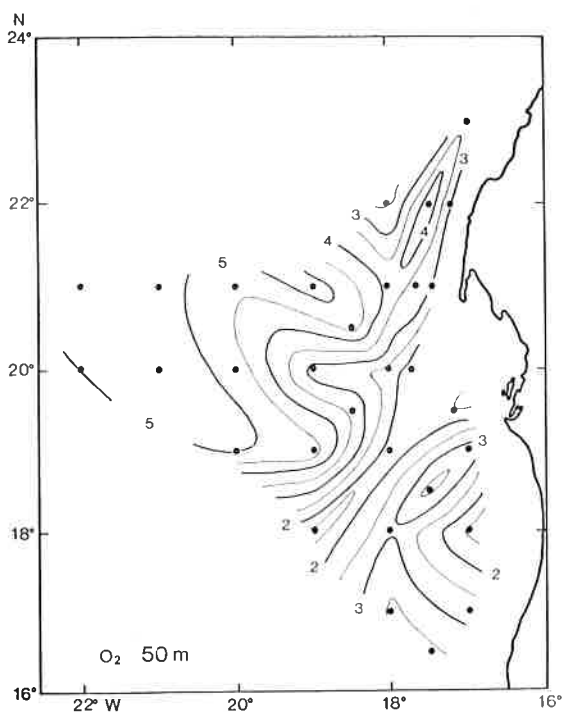
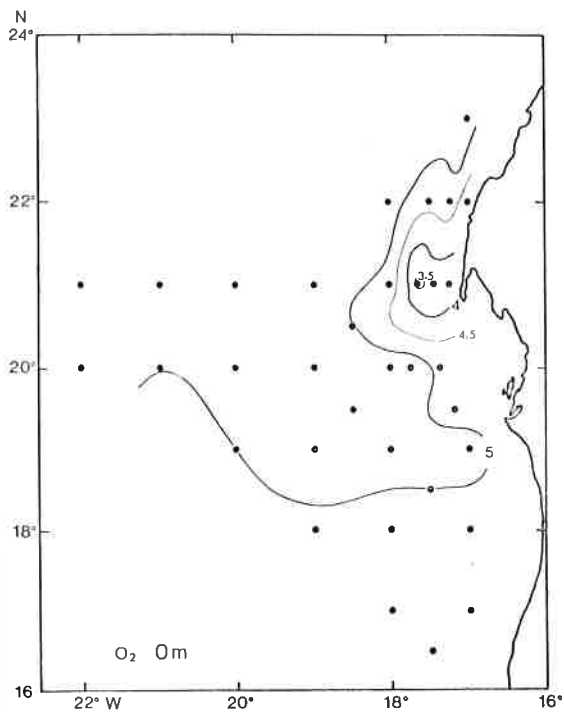
Otro hecho que persiste y en esta fecha está muy intensificado es la penetración desde el norte, en el nivel de 50 m, de una vena de agua con características de ACNA que penetra en dirección NW-SE fácilmente reconocible por su valor alto en salinidad (ver fig. 11), y sus intersecciones en los cortes verticales (fig. 38), en la Est. 39 a 75 m y en la figura 46, Est. 38 a 50 m, que repercute en los valores bajos de nitratos, fosfatos y silicatos (figuras 49, 50 y 51) y valores altos de oxígeno disuelto y pH (figs. 47 y 48).

Los valores bajos en sales nutrientes de esta vena de agua y por otra parte su coincidencia con el T-S del agua superficial que se encuentra más al norte de Cabo Blanco hacen suponer que se ha producido por hundimiento de agua aflorada anteriormente. Según los mapas de temperatura, sigma-t y nitratos de SCHULZ y col. (1978) para el mes de noviembre, agua de estas características, temperatura 19,6° C y sigma-t 26,2, se encuentra entre los 24° y 25° lat. N, formando una línea paralela a la costa a unos 80 km de ésta que coincide con el borde donde desaparecen los nitratos del agua aflorada en la costa.

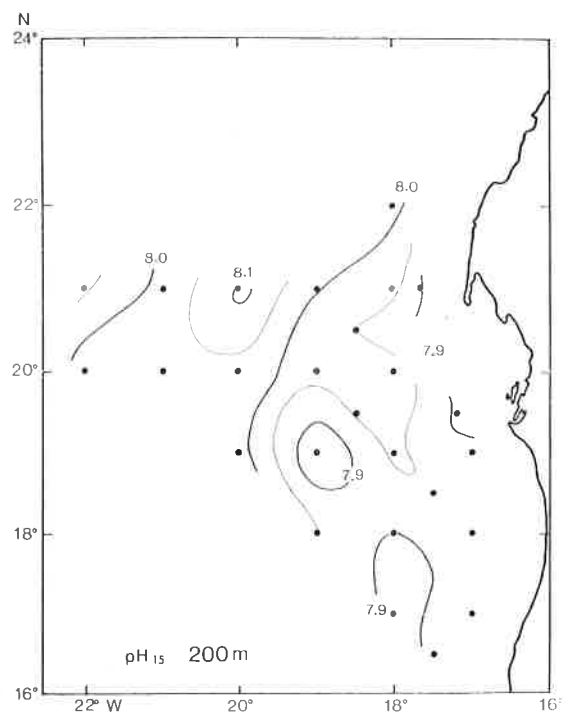
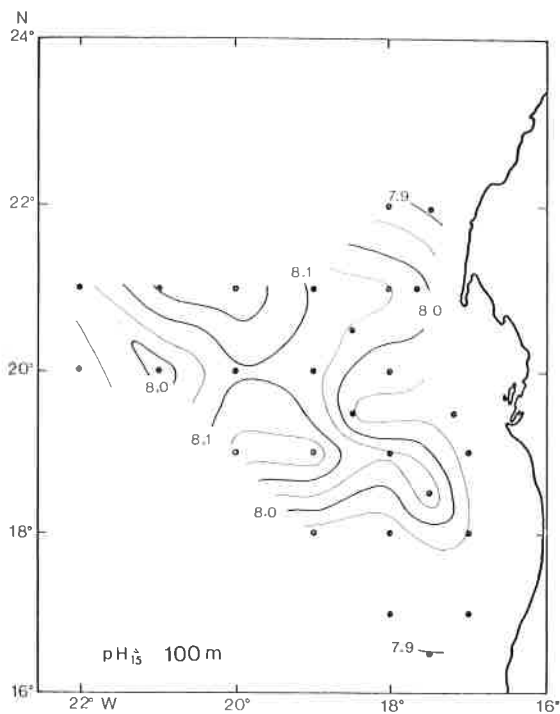
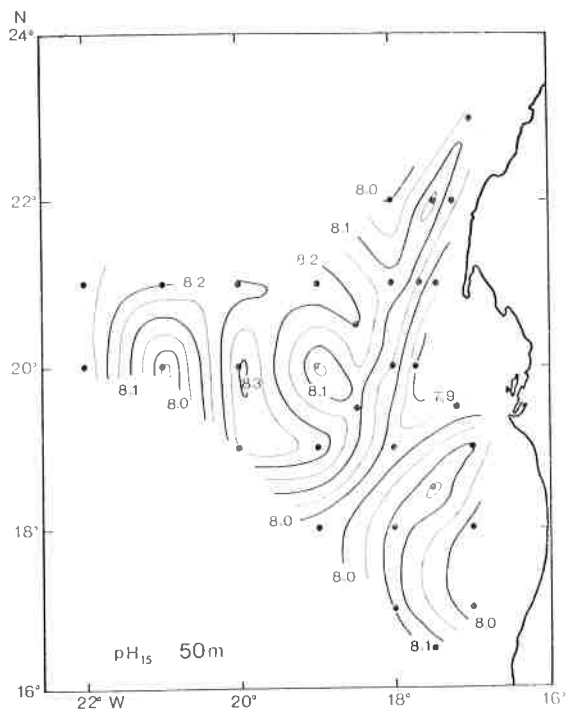
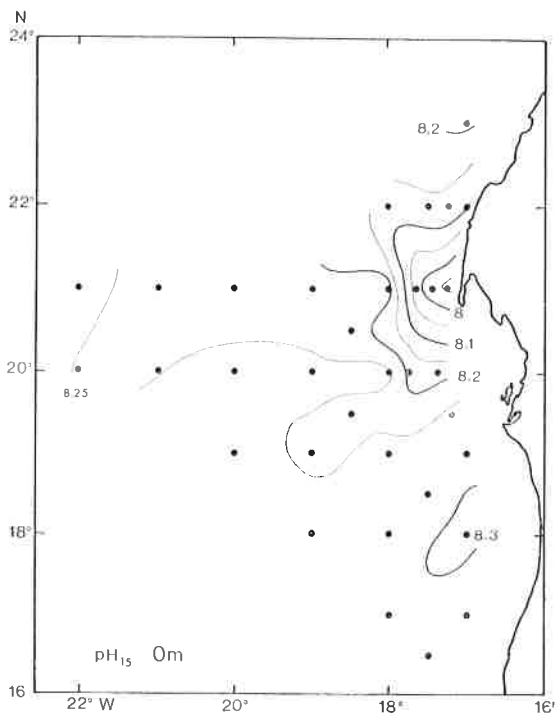
Por encima de la cuña anterior por una leve depresión en la Est. 18 avanzada hacia el suroeste, al nivel de 50 m, una vena estrecha de agua rica en nitratos y pobre en oxígeno que desde cerca del talud pasa por la Est. 58 hacia la Est. 32 como se aprecia en las figuras 23 y 15 y en la sección vertical (figura 49), en la Est. 18 con 21,1 át. µg N/l de nitratos. A lo largo del eje de esta vena apenas si hay gradiente de nitratos y oxígeno que indiquen el sentido de avance de la vena y la topografía geopotencial es de aplicación dudosa en esta zona de mezcla, pero el gradiente de fosfatos (fig. 27) y sobre todo el de silicatos (fig. 31), indican una penetración en el sentido indicado anteriormente. La vena está formada por ACSA que se eleva a 20° lat. N y 18°



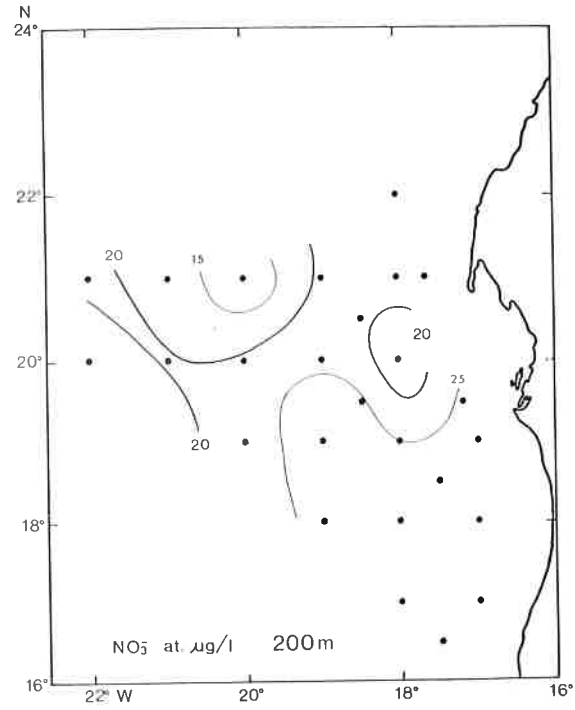
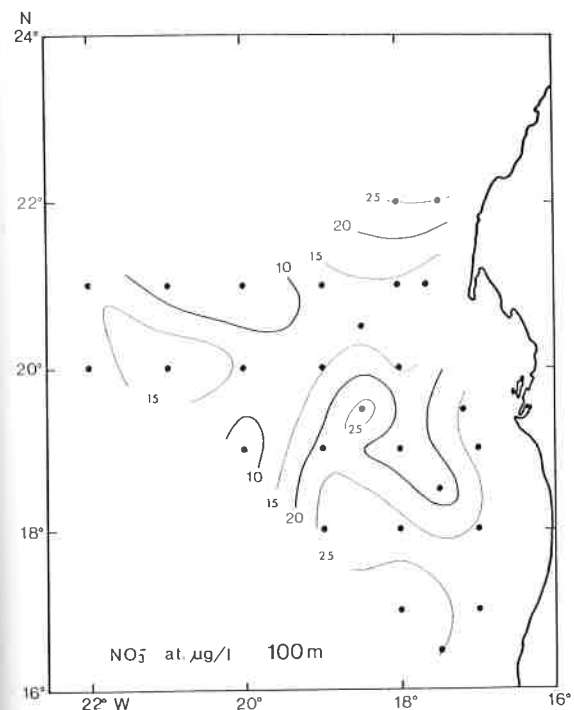
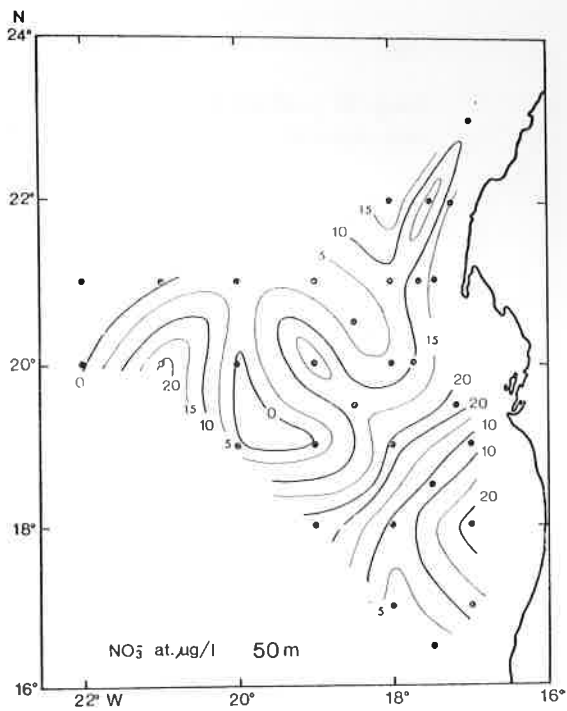
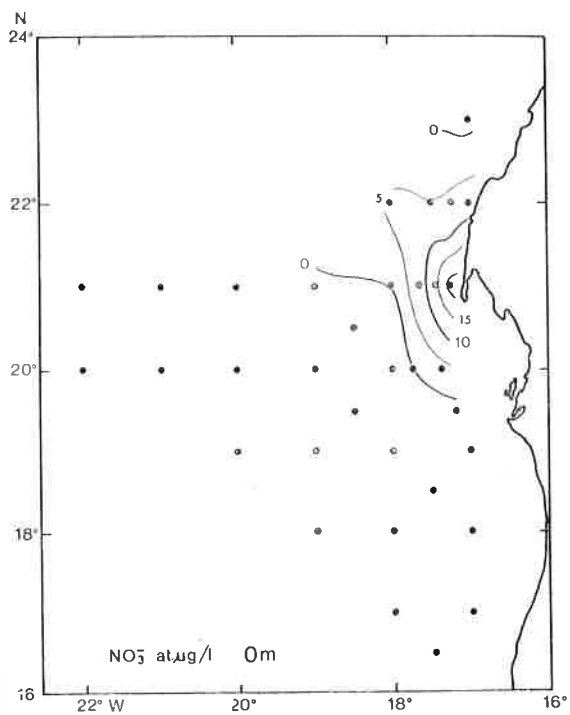
FIGS. 10, 11, 12 y 13. — Distribución de salinidad en superficie, 50, 100 y 200 m.



FIGS. 14, 15, 16 y 17. — Distribución de oxígeno disuelto en superficie, 50, 100 y 200 m expresado en ml O_2/l .



FIGS. 18, 19, 20 y 21. — Distribución horizontal del pH en superficie, 50, 100 y 200 m referido a 15° C de temperatura.



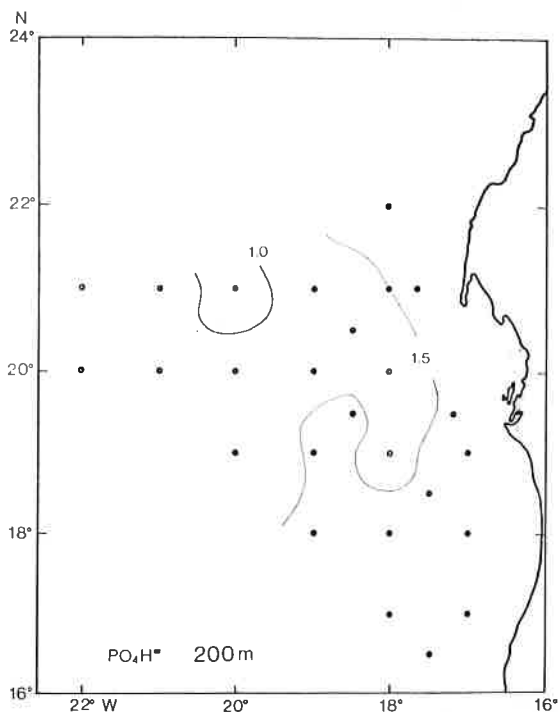
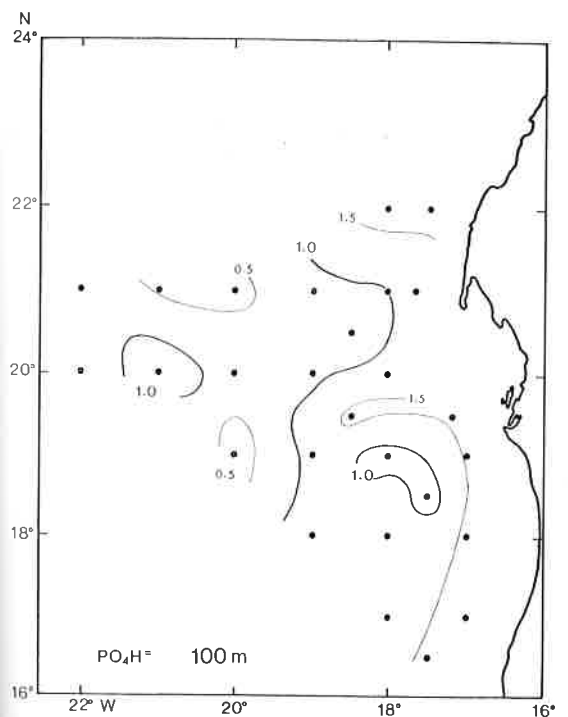
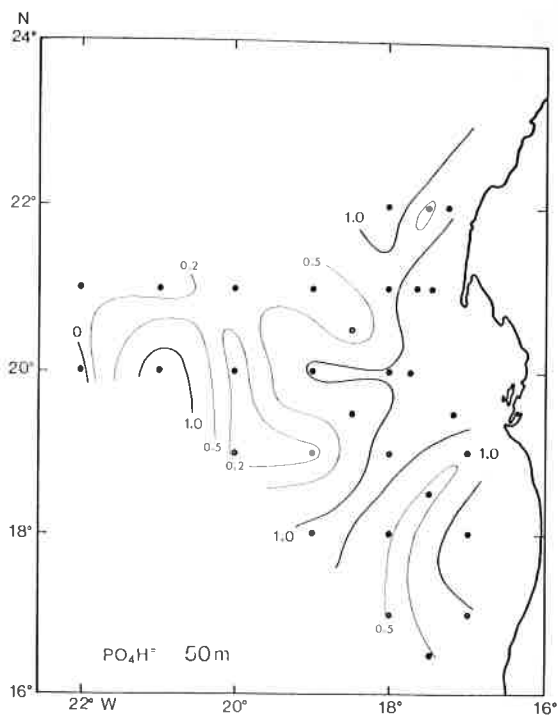
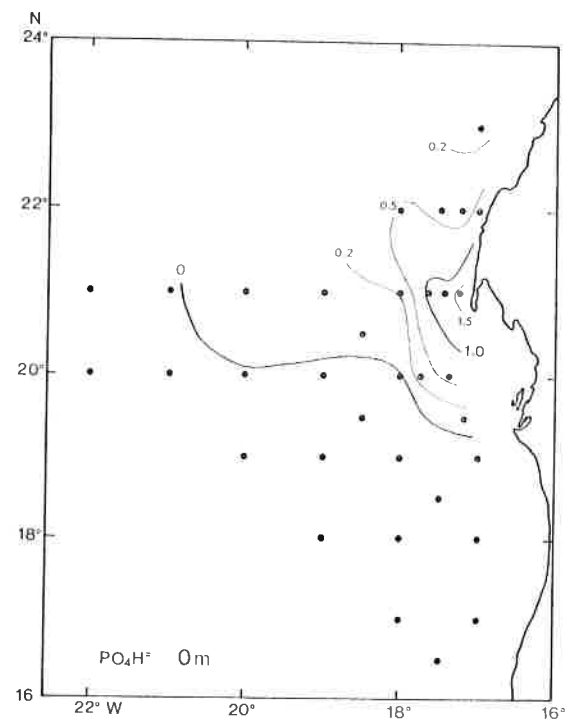
FIGS. 22, 23, 24 y 25. — Distribución de nitratos en superficie, 50, 100 y 200 m expresado en át. µg de N por litro.

long. W y aflora dirigiéndose hacia el norte, pero al nivel de 50 m se desgaja una rama de este núcleo y avanza horizontalmente en dirección SW.

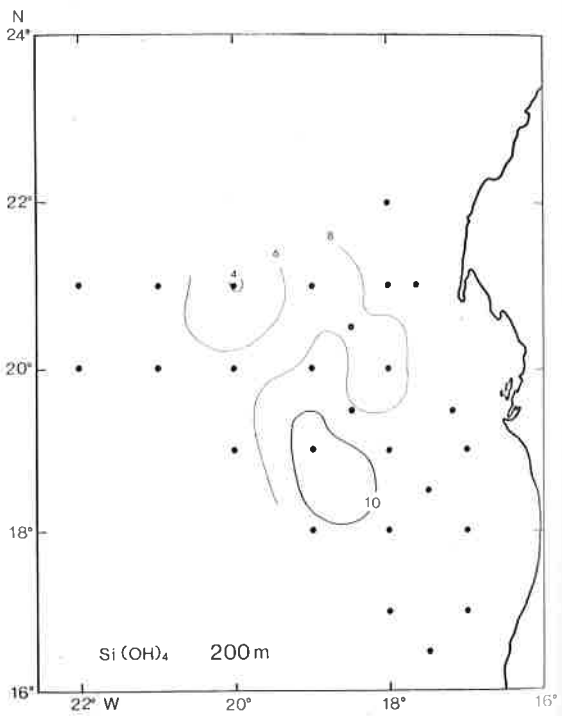
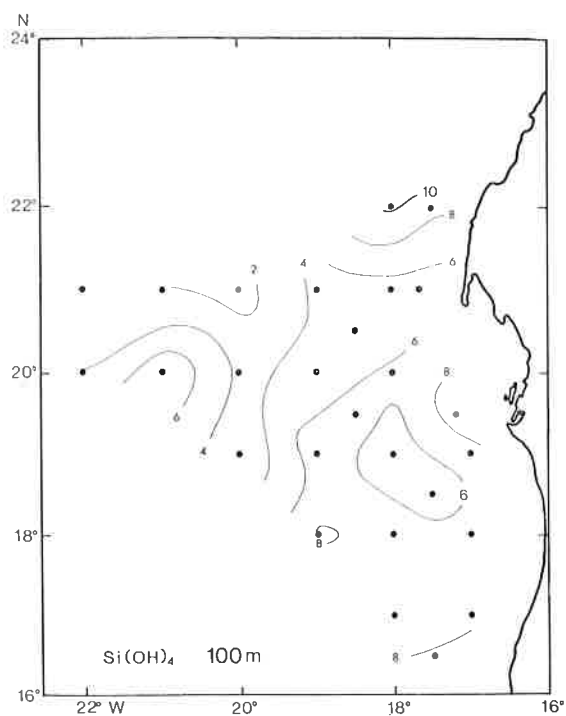
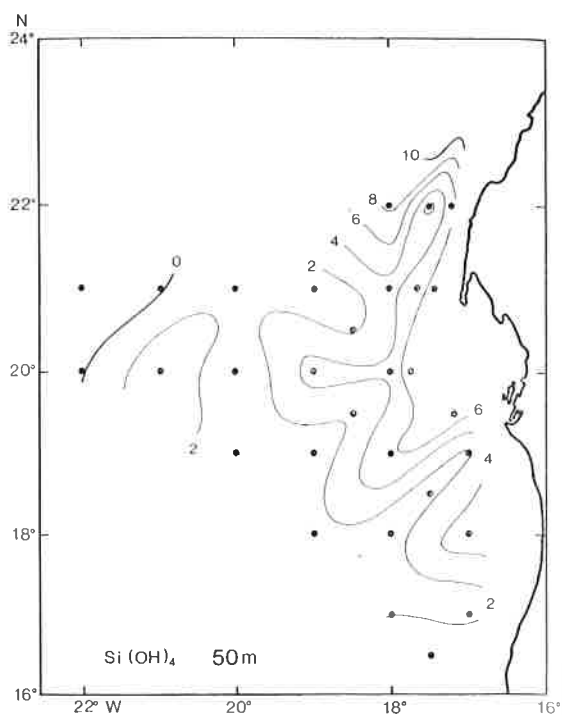
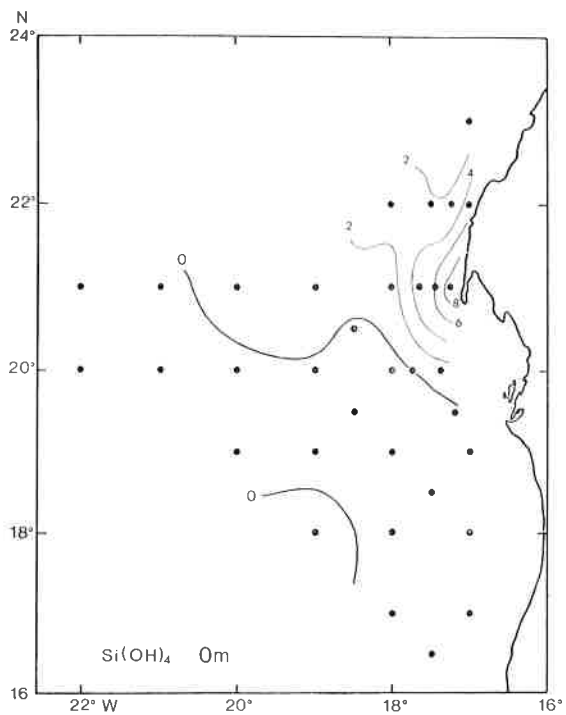
LOS NUTRIENTES EN LA ZONA DE CONTACTO ENTRE EL ACNA Y ACSA POR DEBAJO DE LOS 200 M

Como se ha indicado la parte superior de las masas de Agua Centrales se mueven formando venas bastante independientes del resto de su masa de agua. Por debajo de los 200 m el frente de contacto entre estas dos masas es casi vertical y con un fuerte gradiente horizontal de todas sus variables químicas pero la superficie de este frente no es plana lo cual se refleja en los cortes verticales. Así resulta el sorprendente descenso de nitratos observado en toda la columna de agua por debajo de los 200 m en la estación 15, 20° lat. N (fig. 49), que se reproduce en los fosfatos y también en los silicatos aunque en estos últimos en menor grado (figs. 50 y 51) y también el oxígeno (fig. 47) refleja esta anomalía. Aunque tiene todas las características de un hundimiento, no se puede atribuir a estas causas porque las isopícnas (fig. 44) por otra parte, son completamente normales. Esto se debe a la penetración de una cuña vertical de ACNA pobre en nutrientes en la masa de ACSA mucho más rica. Si comparamos la composición química en nutrientes para un mismo nivel del ACSA con el ACNA encontrada más al norte, estaciones 3, 2 y 1 de la campaña «Sahara II», vemos que es suficiente para explicar este fenómeno.

La parte superior de esta cuña vertical de agua pobre en sales nutrientes puede verse en el corte horizontal de nitratos en el nivel de los 200 m (figura 25) que a niveles inferiores se hace mucho más neta y se introduce en dirección noroeste-sureste hasta cerca del Cabo Timiris. Esta penetración se observa bien en el corte vertical transversal en la Est. 39 sobre todo en nivel de 400 m (figs. 39-43). El agua sur, rica en nutrientes, forma dos ramas, una en dirección noroeste y la otra a lo largo del talud, separadas por la cuña de agua del norte. Aquí cuando hablamos de penetración de una masa de agua en otra nos referimos únicamente a desplazamientos del frente de contacto entre ambas masas y no al flujo del agua que ha de ser paralelo a estos frentes de contacto. La diferencia encontrada en esta distribución respecto al mes de agosto es que la rama en dirección noroeste del agua sur se ha desviado más al este en este mes de noviembre, mientras que la rama a lo largo del talud ha avanzado encontrándose valores altos de sales nutrientes hasta más al norte de 22° lat. N.



Figs. 26, 27, 28 y 29. — Distribución de fosfatos en superficie, 50, 100 y 200 m expresado en át. μg de P por litro.



FIGS. 30, 31, 32 y 33. — Distribución de silicatos en superficie, 50, 100 y 200 m expresado en át. µg de Si por litro.

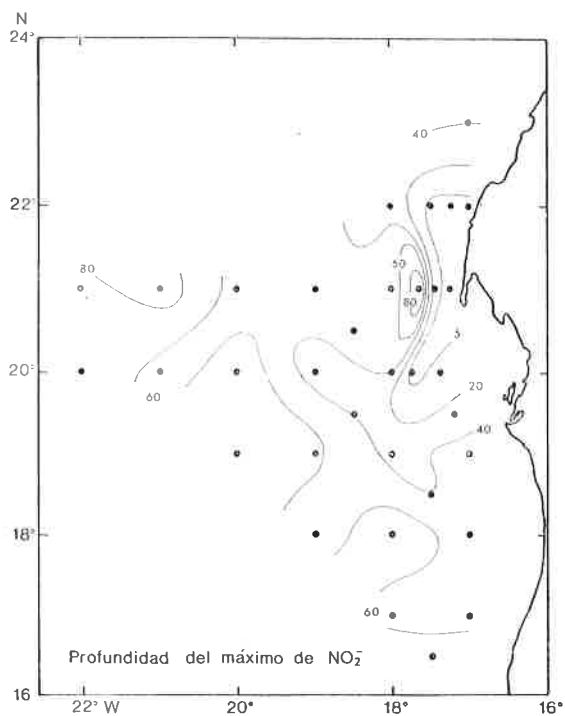


FIG. 34. — Profundidad en metros a la que se encuentra el máximo de concentración de nitritos.

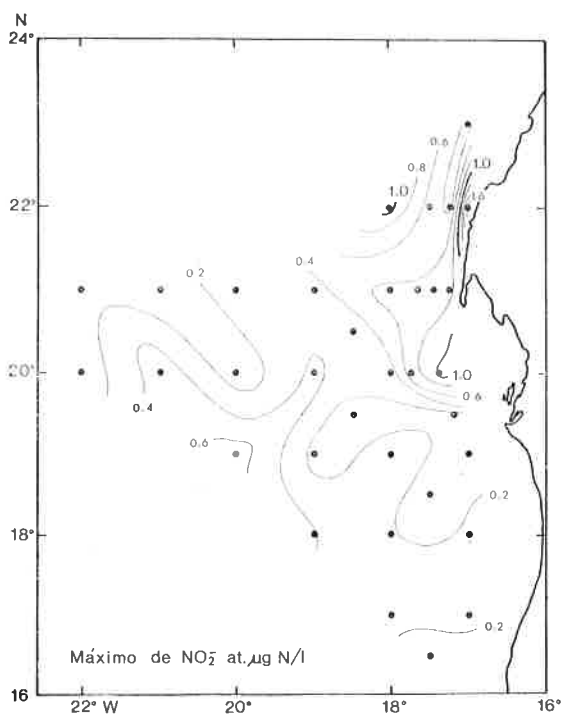
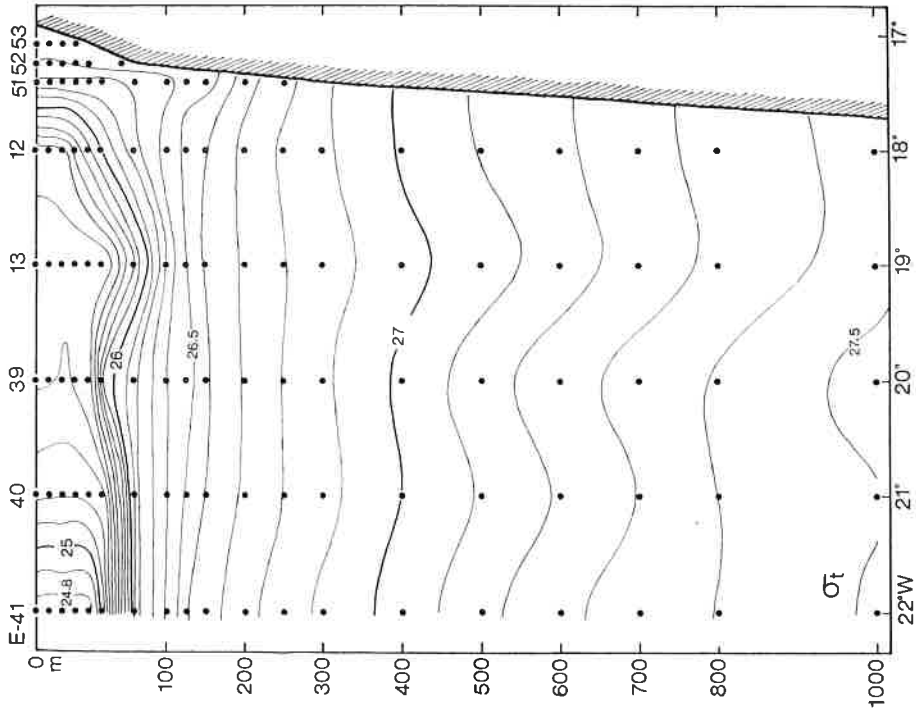
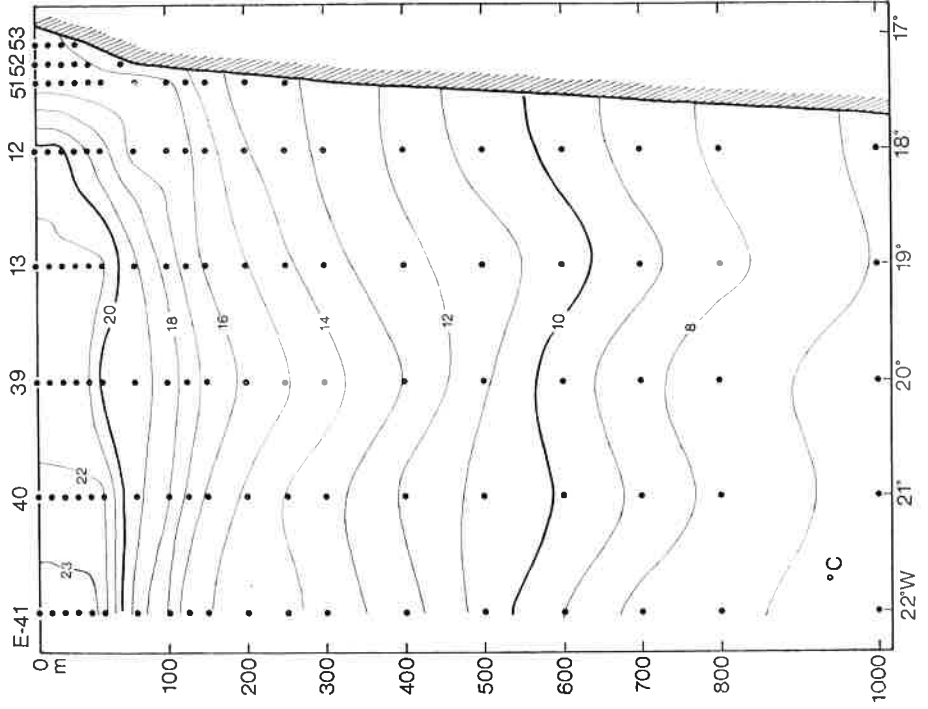
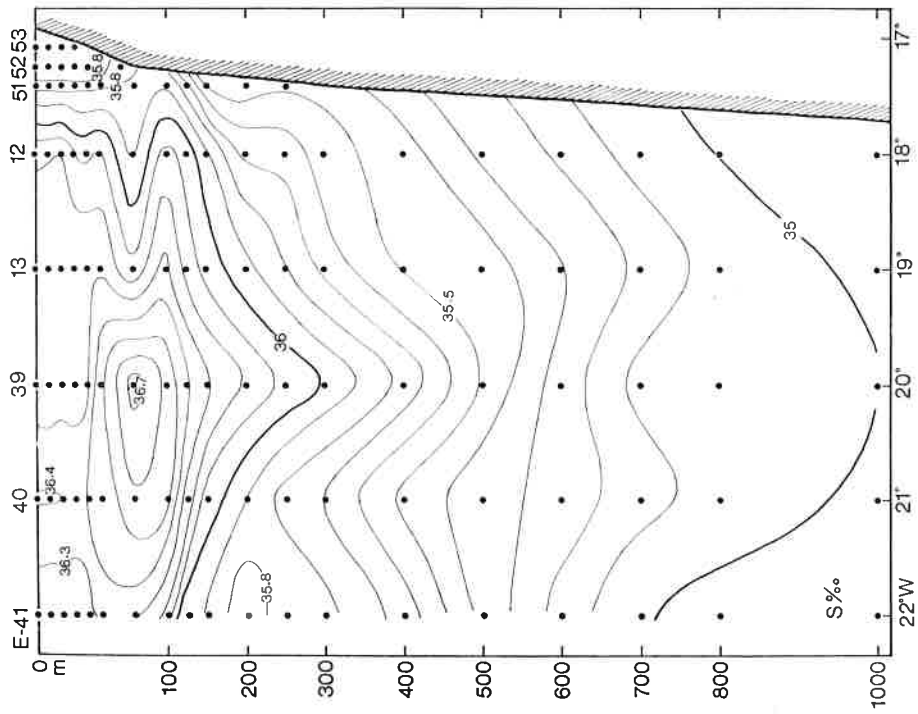
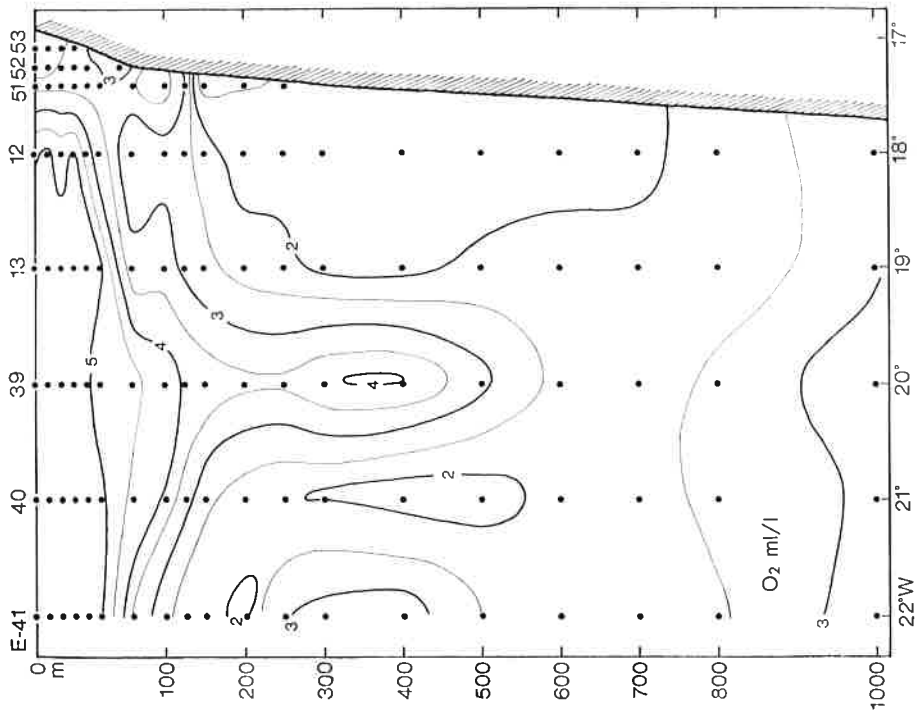


FIG. 35. — Concentración del valor máximo de nitritos en át. μg de N/l, que se encuentra a la profundidad indicada en la fig. 34.



Figs. 36 y 37. — Corte vertical oeste-este a la altura de Cabo Blanco, paralelo 21° lat. N, según se indica en la figura 1.



Figs. 38 y 39. — Corte vertical oeste-este, por el paralelo 21° lat. N.

EL AFLORAMIENTO

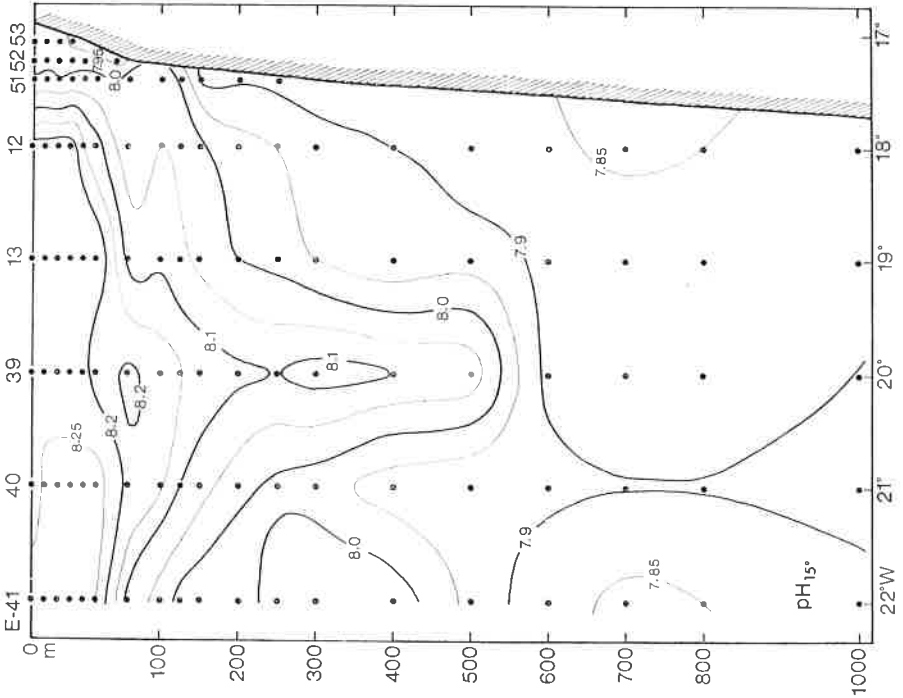
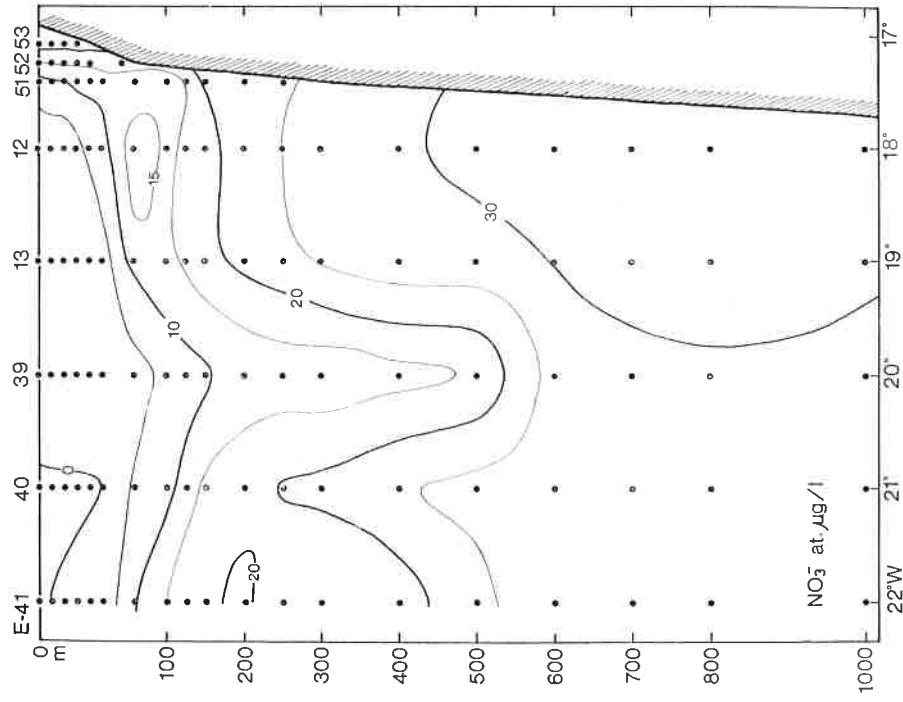
Al principio se ha indicado que la zona de afloramiento en este mes está representada por el agua fría que ocupa toda la zona costera próxima a Cabo Blanco y está limitada por la isoterma de 18° C (fig. 6) y también una mayor densidad, superior a $\sigma_t = 26$ (fig. 2) y valores altos en sales nutrientes en su superficie que alcanzan hasta 21,8 át. μg de N/l de nitratos, 1,58 át. μg P/l de fosfatos y 9,3 át. μg Si/l de silicatos (figs. 22, 26 y 30). Un corte vertical perpendicular a la costa en el punto de máximo afloramiento puede observarse en la figura 36 y siguientes pero la distribución de densidad es la que refleja mejor el afloramiento. Aunque el agua aflorada en la costa procede solamente de una profundidad de 100 m, es suficiente para producir un gran enriquecimiento en sales nutrientes porque como ya se indicó al principio, la capa de agua superficial pobre en nutrientes es relativamente delgada en esta fecha.

De la composición de las isotermas de superficie (fig. 6) y las isohalinas (fig. 10) se observa que en la zona costera, entre los 21° y 22° lat. N, éstas se cortan perpendicularmente lo que muestra claramente que el agua aflorada es de características diferentes ya que para una misma temperatura, el ACNA es más salada y el afloramiento es de ACNA al norte y de ACSA al sur con una frontera bien marcada hacia 21° lat. N, de acuerdo con las observaciones de TOMCZAK, 1978.

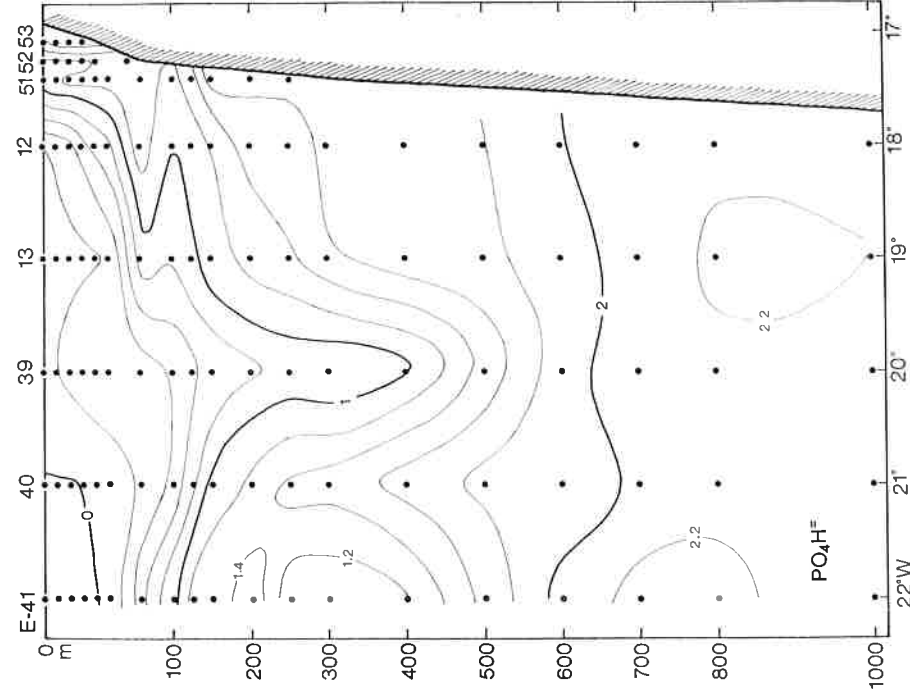
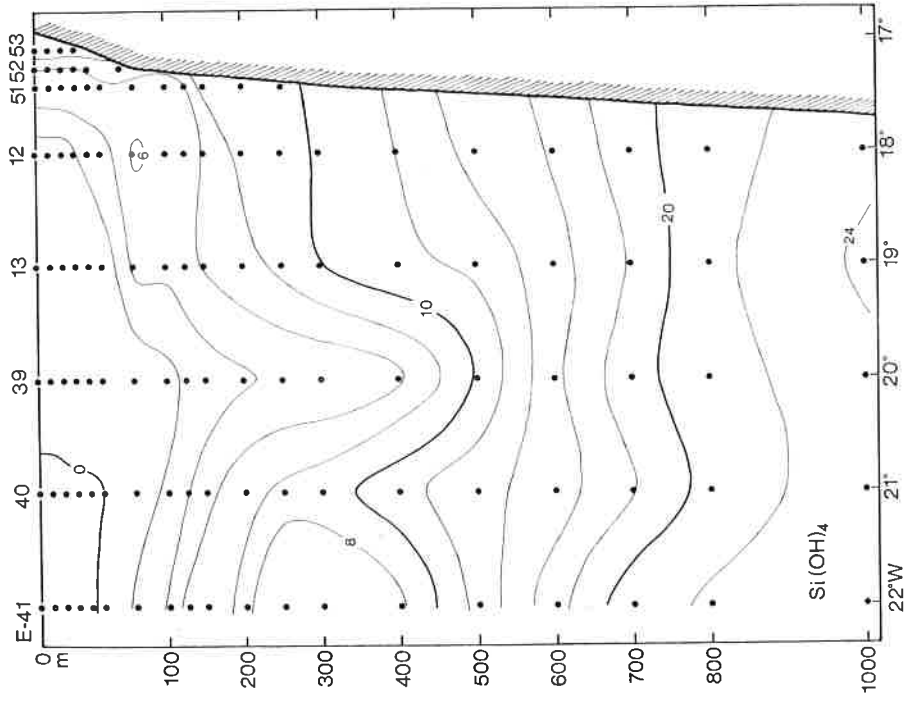
De Cabo Blanco hacia el sur, el mecanismo de afloramiento difiere del modelo clásico, es la vena subsuperficial de ACSA la que avanza contra el talud en dirección norte a un nivel aproximado de 50 m, produciendo las pendientes de las isopicnas en las capas de separación de modo que en la parte inferior las isopicnas entre σ_t 26,5-26,8 se hundan contra la costa (fig. 36) mientras que por la parte superior entre 25,6 y 26,3 se elevan. Los vientos dominantes en dirección opuesta que todavía son ligeramente norte transportan de nuevo una delgada capa superficial hacia el sur, formándose una zona de mezcla con el agua tropical dando a la altura de Nouakchott, 18° lat. N, un agua costera mal definida y ya agotada en nutrientes.

ALGUNAS IMPLICACIONES DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS VARIABLES SOBRE LA PRODUCTIVIDAD

Es indudable que la mayor productividad primaria debe esperarse en la zona de afloramiento, frente a Cabo Blanco, por el aporte de sales nutrientes, que en la superficie llega a alcanzar valores muy altos, sin embargo, el mismo hecho de que se presenten en esta fecha estos valores tan altos indica una falta de utilización posiblemente a causa de una velocidad ascensional su-



Figs. 40 y 41. — Corte vertical oeste-este por el paralelo 21° lat. N.



Figs. 42 y 43. — Corte vertical oeste-este por el paralelo 21° lat. N.

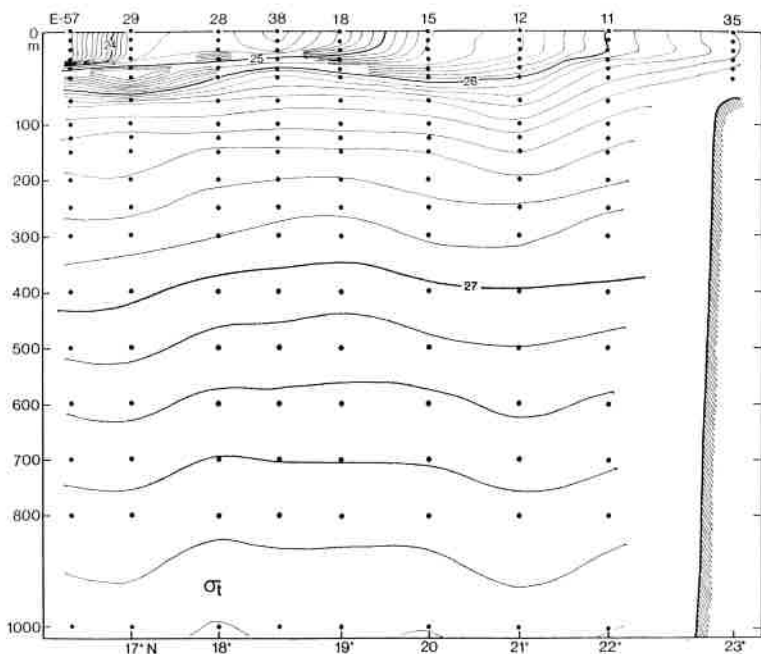


FIG. 44. — Corte vertical sur-norte entre los meridianos 17° y 18° long. W, siguiendo la línea indicada en la figura 1.

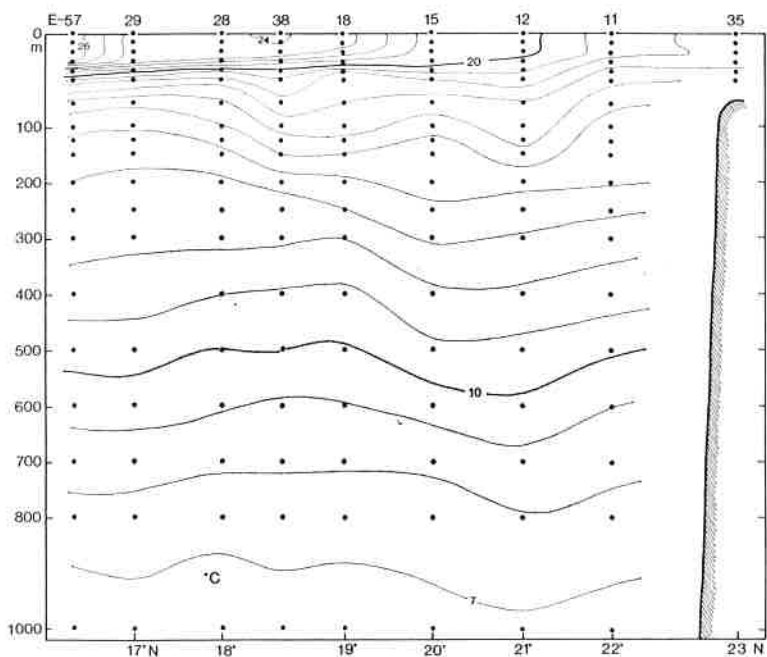


FIG. 45. — Corte vertical sur-norte, siguiendo la línea indicada en la figura 1.

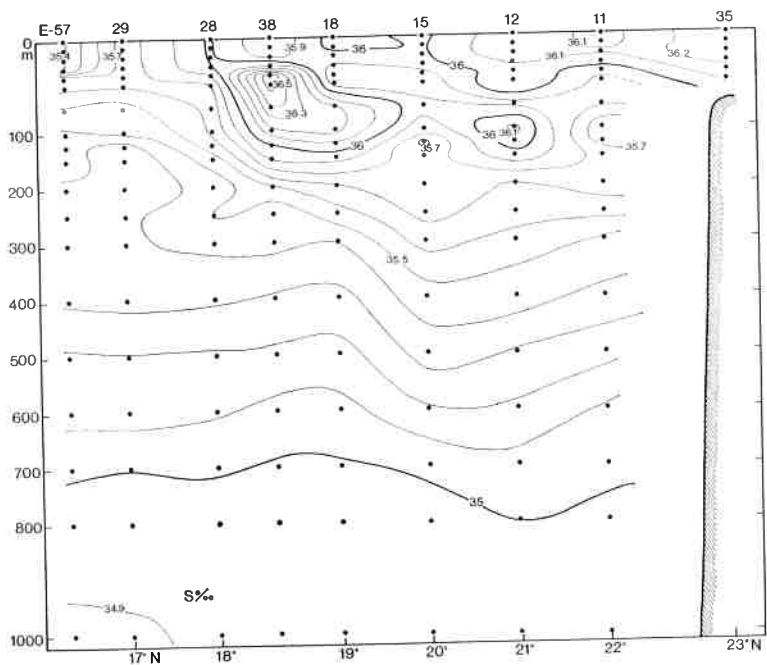


FIG. 46. — Corte vertical sur-norte, siguiendo la línea indicada en la figura 1.

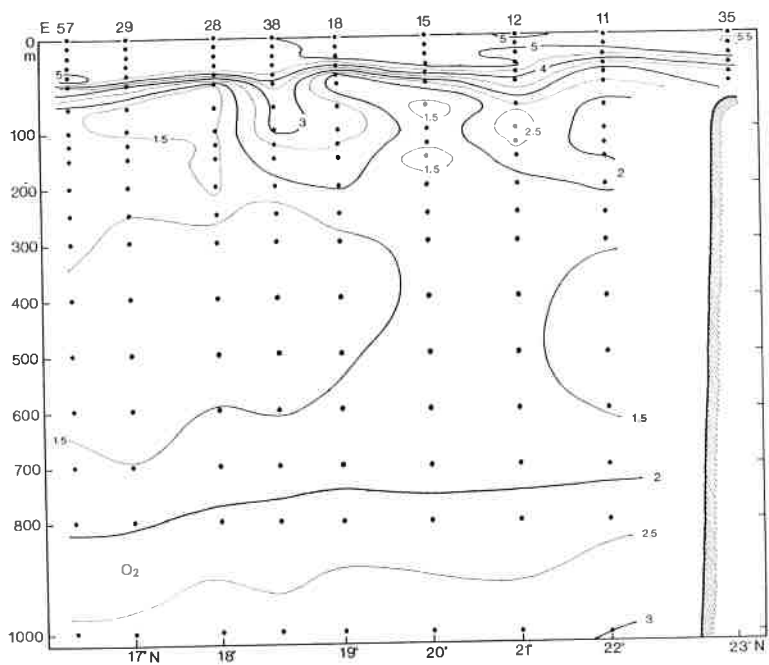


FIG. 47. — Corte vertical sur-norte, siguiendo la línea indicada en la figura 1.

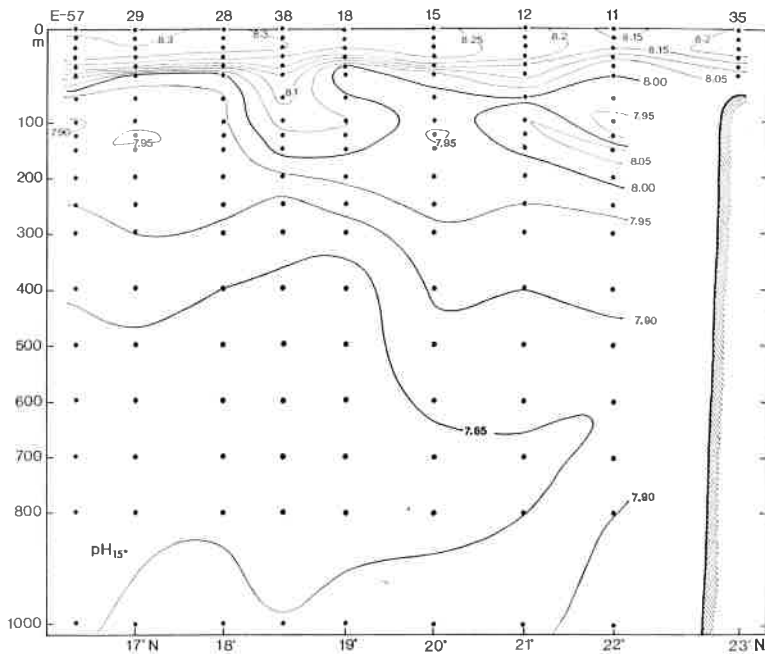


FIG. 48. — Corte vertical sur-norte, siguiendo la línea indicada en la figura 1.

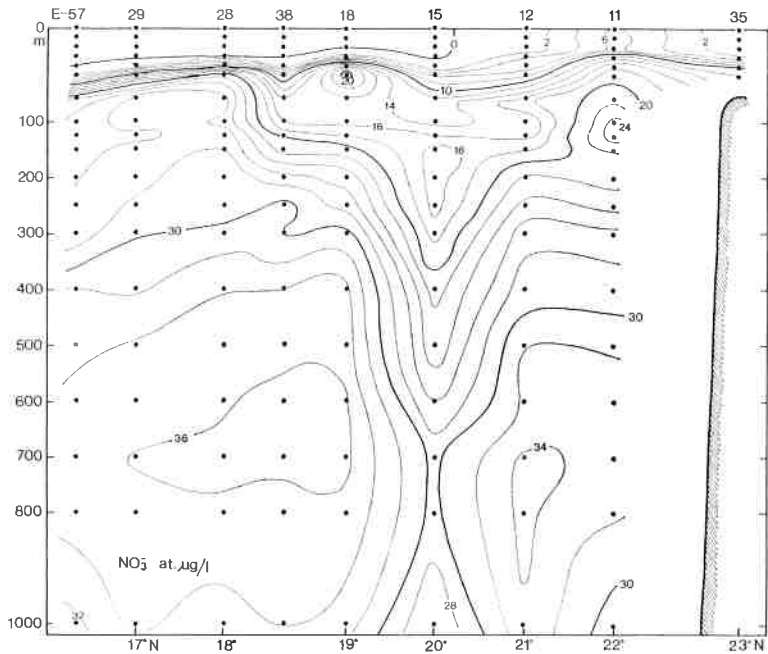


FIG. 49. — Corte vertical sur-norte, siguiendo la línea indicada en la figura 1.

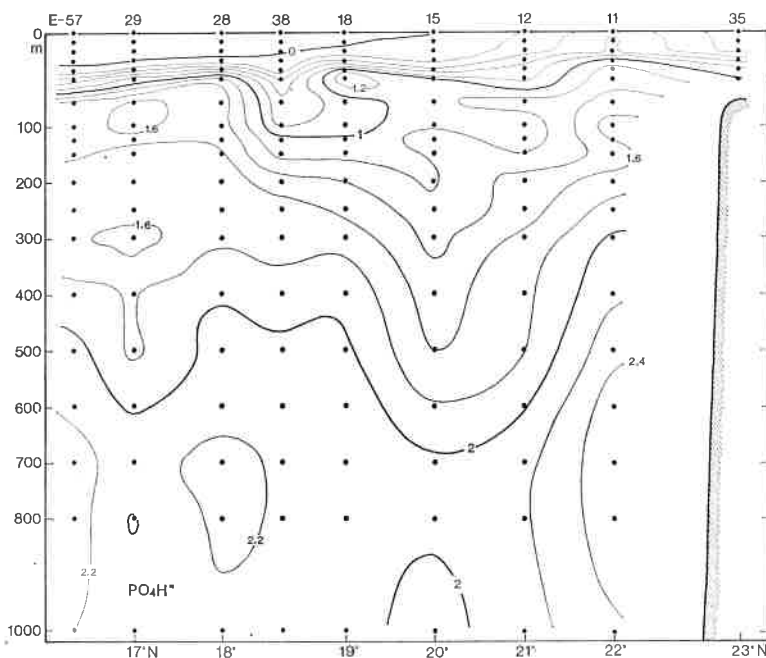


FIG. 50. — Corte vertical sur-norte, siguiendo la línea indicada en la figura 1.

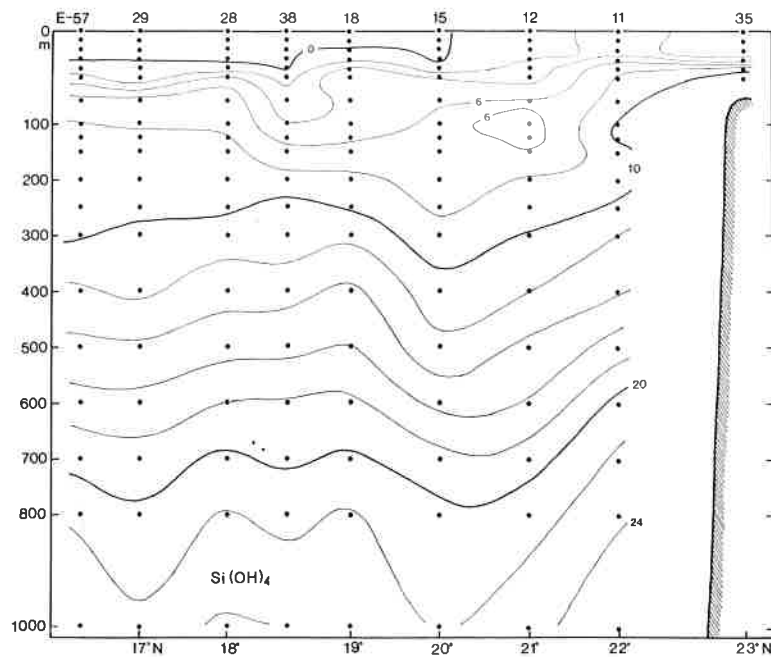


FIG. 51. — Corte vertical sur-norte, siguiendo la línea indicada en la figura 1.

perior a la difusión y reproducción del fitoplancton puesto que las características especiales de este afloramiento no se prestan al reciclado por mezcla, y la máxima producción debe esperarse en los bordes del afloramiento y no en el núcleo. La distribución encontrada por ALCARAZ (1978) en esta misma campaña para los valores de zooplancton integrados entre la superficie y 75 m presenta las máximas concentraciones al sur y norte del núcleo de afloramiento. VOITURIEZ y HERBLAND (1978) encuentran en aguas tropicales que la producción primaria es una función lineal e inversa de la profundidad de la nitratoclina a partir de los 20 m, sin embargo, en la zona que estamos estudiando la superposición de una capa delgada de ACNA sobre ACSA puede formar una nitratoclina en la capa de separación por tener distinta concentración de nitratos y no indicar, por consiguiente el límite inferior de la capa fotosintética, pero los mismos autores VOITURIEZ y HERBLAND (1977) encuentran una correlación lineal muy buena entre la profundidad de la nitratoclina y la profundidad del máximo de nitritos, puesto que éstos son de origen biológico, son independientes de las masas de agua y la distribución de la profundidad de este máximo (fig. 34) puede dar una idea de la distribución de la producción y de hecho coincide bastante bien con la distribución encontrada por P. ANDRÉU (1977) de la biomasa total entre 0 y 200 m, incluso la profundidad anormalmente grande del máximo de nitritos, 100 m, en la Est. 51 situada 36 millas al oeste de Cabo Blanco coincide con un valor también anormalmente bajo de biomasa dentro de una zona muy rica.

La formación del primer máximo de nitritos, BLASCO (1971) se forma por excreción del fitoplancton cuando pasa de una capa donde el factor limitante son los nitratos a otra capa rica en nitratos pero con la luz como factor limitante. Así, la distribución de la concentración del máximo de nitritos (fig. 35) indica las zonas donde se puede esperar una mayor concentración de fitoplancton en vías de hundimiento lo que explica que se encuentre al norte y sur del centro del afloramiento.

Dada la complejidad de esta zona en especial de la capa superficial en la que se encuentran diferentes tipos de agua, éstos pueden alterar la distribución general del fitoplancton que era de esperar si sólo se tienen en cuenta la distribución de sales nutrientes y condiciones peculiares de cada tipo de agua pueden favorecer la proliferación de un determinado grupo de especies. Así *Trichodesmium* se encuentra preferentemente en el frente formado por el agua de la Contracorriente Guineana, según ha encontrado VALLESPINÓS (1976) en esta misma campaña y lo mismo sucede en los meses de agosto-septiembre, MARGALEF (1973).

SUMMARY

CHEMICAL OCEANOGRAPHY OF THE UPWELLING AREA OF NW AFRICA. III. CRUISE ATLOR VII, NOVEMBER 1975. — The distribution is studied of chemical variables Salinity, pH, nitrate, nitrite, phosphate and silicate in the northwest Africa zone around Cape Blanc between 16° 30' N and 23° N and from 22° W up to the coast, from the surface to a depth of 1000 m.

The upwelling in front of Cape Blanc is very intense at this date, reaching values of 21.8 at. µg N/l of nitrate in the surface. The isohaline of 35.9 ‰ which can be taken as the limit of the coastal surface water coming from the South is slightly displaced towards the North with regard to August-September. The layer between 50 and 75 m depth is more complex than that of former cruises. The vein of water with low nutrient salts penetrating in NW-SE direction with characteristics of sinking water can be followed by its maximum of salinity and has not changed very much its position with regard to former cruises (August-September) but its nitrate concentration is lower. Just above this vein there is another crossing in NE-SW direction, very rich in nutrient salts with SACW characteristics. Below 200 m the distribution is rather similar to the rest of the year, with a vertical intrusion of NACW with low nutrient values penetrating in the NW-SE direction near Cape Timiris, 19° N, and dividing the South water mass with high values of nitrate in two branches, one in NW direction and the other along the continental slope, giving rise to the upwelling in front of Cape Blanc.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCARAZ, M. — 1978. Zooplankton biomass and its relationship with total particulate carbon and nitrogen off NW Africa. *Symposium on the Canary Current upwelling and living resources*, núm. 59.
- ANDRÉU, P. — 1977. Valores de biomasa zooplanctónica de la zona costera de Cabo Blanco (NW de África). *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, 6: 205-210.
- BLASCO, D. — 1971. *Acumulación de nitritos en determinados niveles marinos por acción del fitoplancton*. Tesis doctoral. 223 págs. Fac. Ciencias Univ. de Barcelona.
- FRAGA, F. — 1975. Oceanografía química de la región de afloramiento del noroeste de África. I. *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, 2: 13-52.
- FRAGA, F. y M. MANRÍQUEZ. — 1975. Oceanografía química de la región de afloramiento del noroeste de África. II. Campaña «Atlor II», marzo 1975. *Ibidem*, 4: 185-218.
- MANRÍQUEZ, M. y F. FRAGA. — 1978a. Water masses distribution in the upwelling region off NW Africa. II. November. *Symposium on the Canary Current: Upwelling and living resources*, núm. 42.
- — 1978b. Hidrografía de la región de afloramiento del noroeste de África-Campaña «Atlor VII». *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, 7: 1-32.
- MARGALEF, R. — 1975. Fitoplancton marino de la región de afloramiento del NW de África. II. Composición y distribución del fitoplancton (campaña «Sahara II» del «Cornide de Saavedra»). *Ibidem*, 2: 65-94.
- SCHULZ, S., R. SCHEMAINDA and D. NEHRING. — 1978. Seasonal variations in the physical, chemical and biological features in de CINECA region. *Symposium on the Canary Current: Upwelling and living resources*, núm. 14.
- SEDYKH, K. A. — 1978. The coastal upwelling off the northwest Africa. *ICES. Hydrography Committee C.M./C*: 12.
- TEJERO, A. y F. VALLESPINÓS. — 1978. Distribución de las concentraciones de amonio en la región de afloramiento del NW de África durante la campaña «Atlor VII» (noviembre de 1975). *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, 7: 77-81.
- TOMEZAK, M. — 1978. Distribution of water masses at the surface as derived from T-S diagram analysis from surface observations in the CINECA area. *Symposium on the Canary Current: Upwelling and living resources*, núm. 45.

- VALLESPINÓS, F. — 1976. *Estudio comparado del metabolismo del nitrógeno en bacterias y cianofíceas. Relaciones con el ciclo del carbono e importancia ecológica.* Tesis doctoral. 224 págs. Fac. Biológicas Univ. de Barcelona.
- VOITURIEZ, B. and R. CHUCHLA. — 1978. Influence of the Southern Central Water on the distribution of salinity and oxygen in the northeast tropical Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research*, 25: 107-117.
- VOITURIEZ, B. et A. HERBLAND. — 1977. Production primaire, nitrate et nitrite dans l'Atlantique tropical. II. Distribution du nitrate et production de nitrite. *Cah. O.R.S.T.O.M., ser. Océanogr.*, vol. 15: 57-65.
- — 1978. Comparison of the coastal and open ocean upwelling ecosystems of the tropical eastern Atlantic. *Symposium on the Canary Current and living resources*, núm. 43.