

CIRCULACIÓN GEOSTRÓFICA E HIDROGRAFÍA DEL MAR DE ALBORÁN EN LA CAMPAÑA ICTIO. ALBORÁN 0792

J. Gil

Centro Oceanográfico de Santander. Instituto Español de Oceanografía. Apdo. 240. 39080, Santander, España.

RESUMEN

Se presentan los resultados sobre hidrografía y circulación geostrofica obtenidos en la campaña Ictio. Alborán 0792 en el mar de Alborán. Se evidencia la vena de agua atlántica que discurre formando meandros entre dos giros anticiclónicos y otro ciclónico.

Palabras clave: Circulación geostrofica, hidrografía, mar de Alborán, verano (julio).

ABSTRACT

Geostrophic currents and hydrography of the Alborán Sea during the Ictio. Alborán 0792 survey

Findings on hydrography and geostrophic currents obtained from Ictio. Alborán 0792 research survey in the Alborán Sea are shown. An incoming Atlantic jet was detected flowing into the Alborán Sea in a meandering path, between two anticyclonic gyres and one cyclonic gyre.

Key words: Geostrophic currents, hydrography, Alborán Sea, summer (July).

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo principal el conocimiento de la hidrografía y su dinámica geostrofica asociada en el mes de julio de 1992.

Las masas de agua presentes en el mar de Alborán tienen, en parte, su origen en el flujo de agua atlántica que penetra por el estrecho de Gibraltar. Un diagrama T-S para el mar de Alborán, sobre todo en su parte occidental, representará un tipo de agua atlántica superficial (AAS); por debajo de ella se encuentra el agua central atlántica (ACA), cuya característica más notable es un marcado mínimo de salinidad, mínimo que se presenta intermitentemente en las proximidades del Estrecho y que desaparece rápidamente cuando el ACA avanza hacia el interior del mar de Alborán. Por debajo de las aguas atlánticas aparece una mezcla de aguas atlánticas y mediterráneas, denominada interfase. Esta capa presenta una gran variabilidad en función de los procesos dinámicos en los que está involucrada, variando en magnitud y profundidad según los mismos. Por debajo de la interfase aparecen las aguas mediterráneas propiamente dichas.

La vena de agua atlántica, que penetra por el estrecho de Gibraltar, sigue una trayectoria sinusoidal alimentando a derecha e izquierda remolinos de giro ciclónico y anticiclónico respectivamente. De esta forma, el mar de Alborán puede considerarse distribuido en zonas ciclónicas y anticiclónicas.

Inicialmente la corriente penetra en el mar de Alborán en la dirección del eje del Estrecho, para girar después hacia el NE y seguidamente hacia el SE, circunvalando a un potente anticiclón. Así como en la parte occidental del mar de Alborán la marcha de la corriente es bastante constante, en la zona oriental presenta dos alternativas. En el primer caso, la corriente pasa al sur de la isla de Alborán y toma la dirección NE para alimentar un giro anticiclónico, generalmente menos potente que el anticiclón occidental. En la segunda alternativa, la vena atlántica, una vez atravesado el meridiano de la isla de Alborán, continúa en dirección E, para derivar posteriormente hacia el N, dando lugar a una circulación ciclónica en la parte oriental de Alborán. En cualquier caso, la circulación en la zona oriental es menos constante que en la occidental.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar se ha estudiado el régimen de corrientes geostróficas del campo baroclino. A tal efecto, se ha determinado la topografía dinámica de la superficie referida al nivel de los 200 db (figura 1). Se observa el tradicional giro anticiclónico, bastante intenso, y situado sobre los $4^{\circ}0'$, ocupando toda la zona sur-occidental del mar de Alborán. Entre el estrecho de Gibraltar y Málaga, queda una zona con circulación ciclónica y que tradicionalmente produce fenómenos de afloramiento de aguas subsuperficiales (Gil, 1985). La corriente que bordea la parte norte del anticiclón occidental gira hacia el sur, sobre los $3^{\circ}30'0''$, para volver, debido a la topografía de la costa y la situación del cabo de Tres Forcas ($3^{\circ}0'$), a tomar la dirección NE. Este tipo de circulación favorece la formación de un remolino ciclónico al N, no muy intenso, y otro anticiclónico al S, de menor extensión que el giro occidental antes citado.

En la figura 2 se ha representado la distribución de vorticidad relativa geostrófica a 50 m. Las dos zonas anticiclónicas que mostraba la figura 1 son de vorticidad geostrófica negativa (circulación horaria), y en esta ocasión el anticiclón occidental no aparece como en Tintoré *et al.* (1991), formado por varios vórtices anticiclónicos de mesoescala. En general, las estructuras que aparecen son bastante suaves, sin vórtices de pequeña escala, debido a que las estaciones muestreadas tienen una separación de $0,5^{\circ}$ de longitud (35-40 km) y no se han considerado estructuras de escala más corta, filtrando todas las escalas de longitud de onda inferior a 75 km (fenómenos de escala espacial del orden de los 40 km). Las vorticidades positivas están asociadas a zonas con alturas dinámicas negativas.

La advección de aguas ligeras superficiales de la vena atlántica hacia el centro de los giros anticiclónicos y su posterior calentamiento por insolación hace que en ellos se alcancen las mayores temperaturas a todas las profundidades, así como las salinidades más bajas (figuras 3 y 4). Todo lo contrario ocurre en las zonas con circulación ciclónica, donde se alcanzan las temperaturas más bajas y salinidades más altas a todos los niveles.

En las figuras 5 y 6 se muestra el efecto combinado de la distribución de salinidad y temperatura. La topografía de la isopícnica de 28,0 proporciona una muestra de las características anticiclónicas o ciclónicas antes mencionadas, con un fuerte hundimiento de las isopícnas en las zonas anticiclónicas. En la distribución de σ_t a 100 m se muestran los acusados gradientes de densidad que configuran las estructuras anticiclónicas-ciclónicas halladas en el mar de Alborán.

En la figura 7 se han representado las distintas zonas según sus características ciclónicas o anticiclónicas y la corriente principal que, formando meandros, las bordea y alimenta. Las flechas indican el valor de la componente geostrófica entre estaciones, en m/s. Se evidencia que la corriente de entrada es más intensa en la parte sur del Estrecho, con un valor hacia el E de 0,8 m/s, entre las estaciones 3 y 4. También es notablemente intensa entre las estaciones 14 y 15, con un valor de 0,7 m/s hacia el E. La corriente baja su intensidad al diverger hacia el S, sobre los 3°30'0, y vuelve a intensificarse entre las estaciones 48 y 49, con una componente geostrófica hacia el E de 0,53 m/s.

Con el fin de conocer la estructura termohalina de las distintas zonas del mar de Alborán y la influencia que sobre ella causan los giros ciclónicos y anticiclónicos así como la vena atlántica, se han estudiado las distribuciones verticales de temperatura y salinidad a lo largo de los distintos perfiles que cruzan transversalmente el mar de Alborán.

El primer perfil (figura 8) muestra la vena de agua atlántica entrante, entre las estaciones 2 y 4, formada por agua atlántica superficial. La interfase, definida por la isohalina de 37,5⁰/₀₀ alcanza los 100 m en la estación 4.

Las figuras 9 y 10 corresponden al segundo perfil entre las estaciones 6 y 11. El tradicionalmente denominado "chorro atlántico" se hace patente entre las estaciones 8 y 10, con un característico mínimo de salinidad, alrededor de los 60 m, debido al agua central atlántica en la estación 10. Este mínimo pone de manifiesto su carácter de aguas jóvenes con un débil proceso de mezcla con las mediterráneas.

La distribución vertical que muestra el perfil entre las estaciones 12 y 19 (figuras 11 y 12) refleja las distintas zonas, con características oceanográficas diferenciadas, que atraviesa. Sucesivamente se pasa de una zona claramente divergente, se atraviesa la vena de agua atlántica, entre las estaciones 13 y 15, y después de pasar por una zona con menos presencia del agua atlántica (estación 16), entramos dentro del giro anticiclónico occidental.

El perfil que discurre entre las estaciones 20 y 27 (figuras 13 y 14) muestra el gran embolsamiento de aguas ligeras superficiales, con una profundización de la interfase, entre el agua atlántica modificada y la mediterránea, de alrededor de 200 m, que marca el centro del giro anticiclónico en torno a la estación 26. La fuerte inclinación de las isohalinas entre las estaciones 23 y 24, y 26 y 27 es consecuencia del intenso flujo que discurre entre ellas.

El perfil entre las estaciones 28 y 35 (figuras 15 y 16) muestra el flujo atlántico entre las estaciones 31 y 32, y entre la 34 y 35, con flujos significativamente menores, lo cual se refleja en la menor inclinación de las isolíneas.

La distribución vertical de temperatura y salinidad entre las estaciones 36 y 42 (figuras 17 y 18) caracteriza las dos zonas que atraviesa; la primera, entre las estaciones 36 y 41, donde la interfase antes mencionada fijada por la isohalina de $37,5^{0/00}$, no supera los 40 m, consecuencia de su paso a través de la zona ciclónica. El hundimiento de la isohalina de $37,0^{0/00}$ marca el paso de la vena atlántica entre las estaciones 41 y 42.

El último perfil, correspondiente a las estaciones 44 y 51 (figuras 19 y 20), tiene como característica más relevante el paso del flujo atlántico entre las estaciones 48 y 49 y el embolsamiento de aguas ligeras, que forman la zona anticiclónica en las proximidades de Melilla.

En la figura 21 se muestra la distribución de temperatura a 2 m de profundidad, que consideraremos como distribución de temperatura superficial. La isoterma de 22°C divide el mar de Alborán en dos partes: la occidental, con bajas temperaturas superficiales relativas (entre 18°C y 22°C), y la oriental, con temperaturas mayores (entre 22°C y 24°C). La causa de esta diferencia es el flujo atlántico, de mayor presencia en la zona occidental, y que tiene una menor temperatura que las aguas con mayor mezcla con aguas mediterráneas y que ya han sufrido un mayor proceso de calentamiento. Es significativo el núcleo de aguas sustancialmente frías, con una temperatura menor de 18°C , y que se extiende longitudinalmente alrededor de la estación 14. Este fenómeno se ha observado en otras ocasiones y puede tener su origen en núcleos de agua dulce y relativamente fría que son advectados de la vena atlántica.

Por último vamos a estudiar la intensidad y profundización de la termoclina, característica en esta época del año y de gran importancia en todo lo concerniente a distribución de elementos nutrientes y valores máximos de clorofila.

Se puede observar en todos los perfiles de temperatura comentados anteriormente (figuras 8, 9, 11, 15, 17 y 19) cómo en las zonas donde se produce un proceso de embolsamiento de aguas ligeras superficiales, la termoclina se debilita sustancialmente, con gradientes menores de temperatura. Lo contrario ocurre en las zonas de divergencia (circulación ciclónica). La causa de este fenómeno es, por una parte, el enfriamiento subsuperficial que producen los movimientos ascendentes en las zonas de divergencia (a la inversa

en las zonas anticiclónicas donde se produce un calentamiento por aporte de aguas cálidas superficiales) y, por otra, que las aguas más mediterráneas -de las zonas ciclónicas- son más cálidas en superficie que las de origen atlántico, presentes en las zonas anticiclónicas de convergencia. La unión de los dos efectos produce más o menos intensidad en los gradientes de temperatura que definen las termoclinas. En las figuras 23 y 24 se muestran dos diagramas correspondientes a estaciones de convergencia y divergencia y se evidencia claramente todo lo expuesto con anterioridad.

3. BIBLIOGRAFÍA

- Gil, J. 1985. Consideraciones acerca de un fenómeno de afloramiento en la zona noroccidental del mar de Alborán.
Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr. 35: 11 pp.
- Tintoré, J., D. Gomis, S. Alonso y G. Parrilla. 1991. Mesoscale dynamics and vertical motion in the Alborán Sea.
J. Phys. Oceanogr. 21: 811-823.

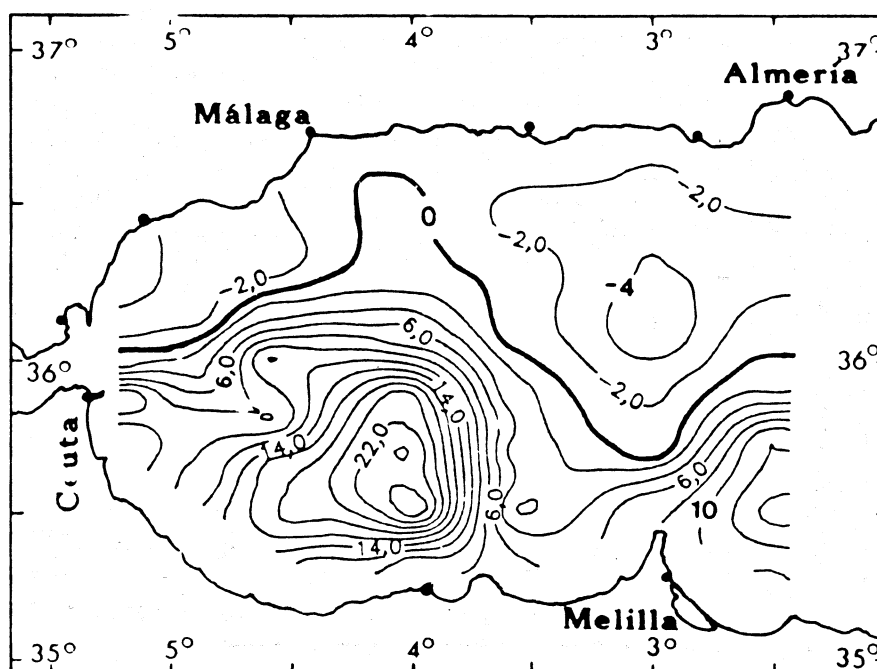


Figura 1. Topografía dinámica en la superficie con referencia a los 200 db en cm-din.

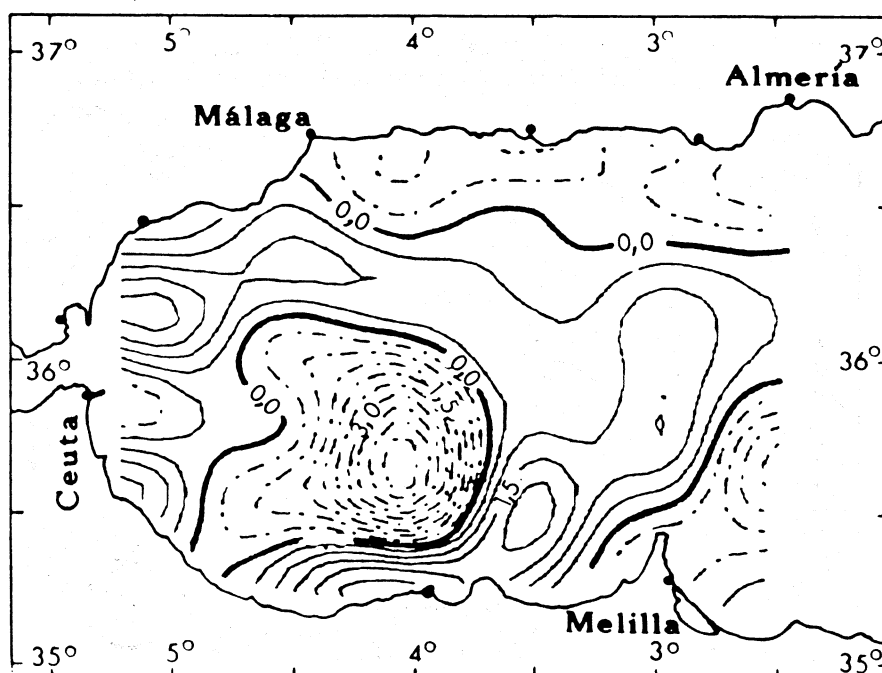


Figura 2. Distribución de vorticidad relativa geostrofica a 50 m (— positiva, --- negativa).

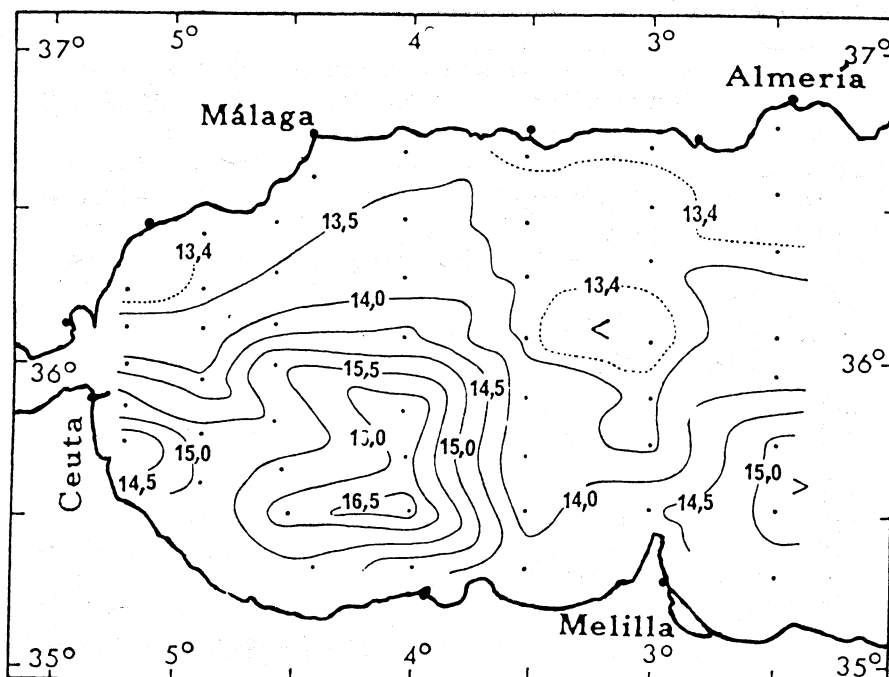


Figura 3. Distribución de temperatura a 100 m de profundidad.

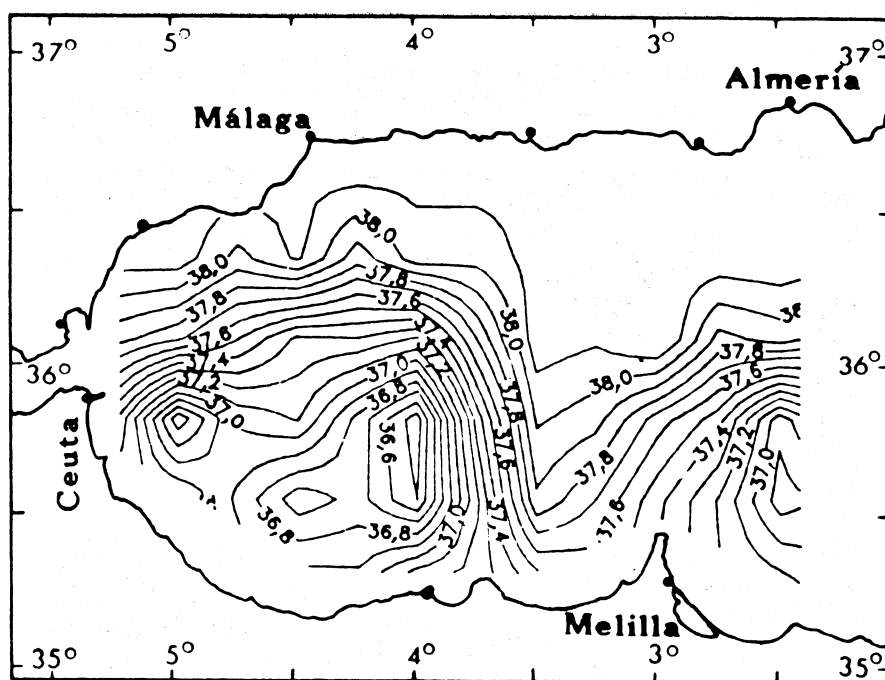


Figura 4. Distribución de salinidad a 100 m de profundidad.

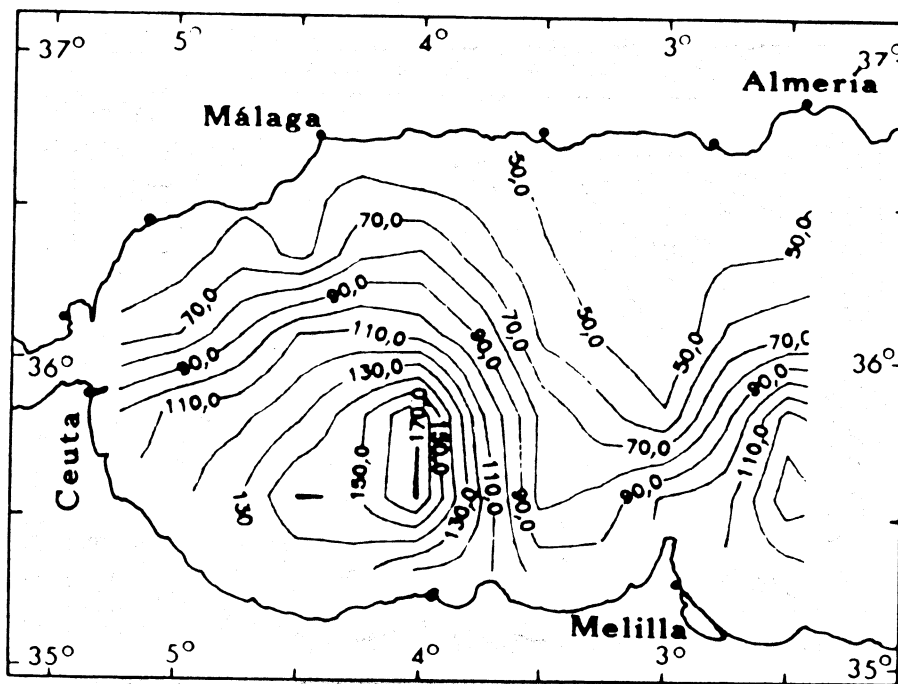


Figura 5. Topografía de la isopícula de $\sigma_t = 28,0$, en metros.

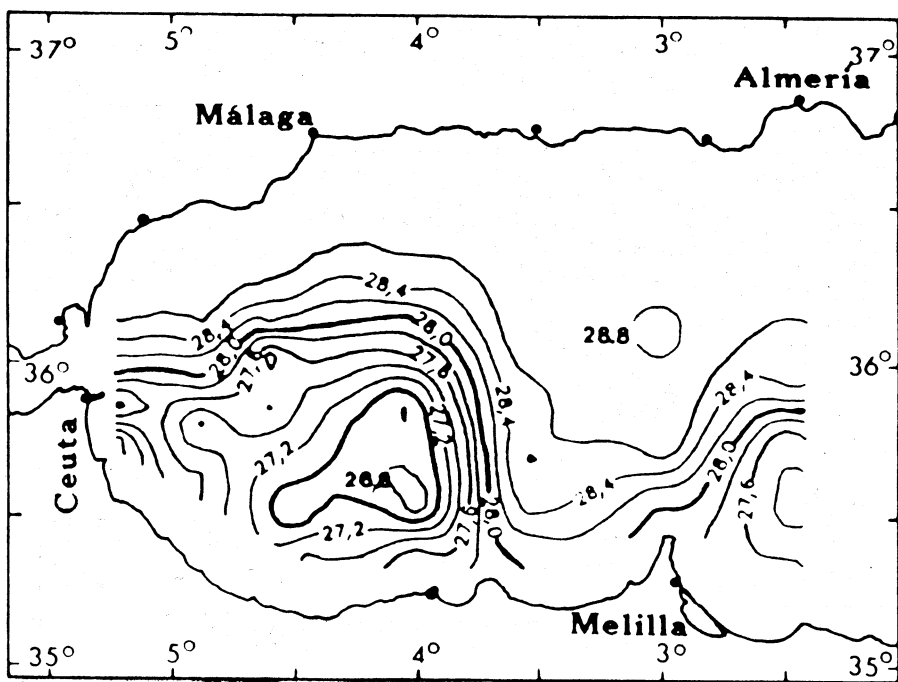


Figura 6. Distribución de la σ_t a 100 m.

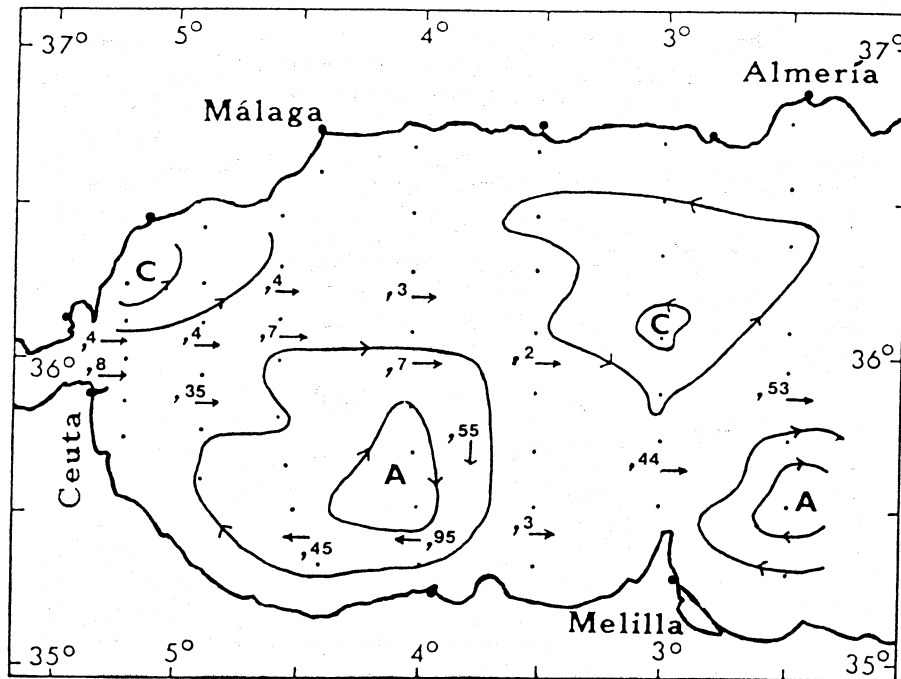


Figura 7. Esquema de las zonas ciclónicas y anticiclónicas y velocidades geostroficadas más relevantes, en m/s.

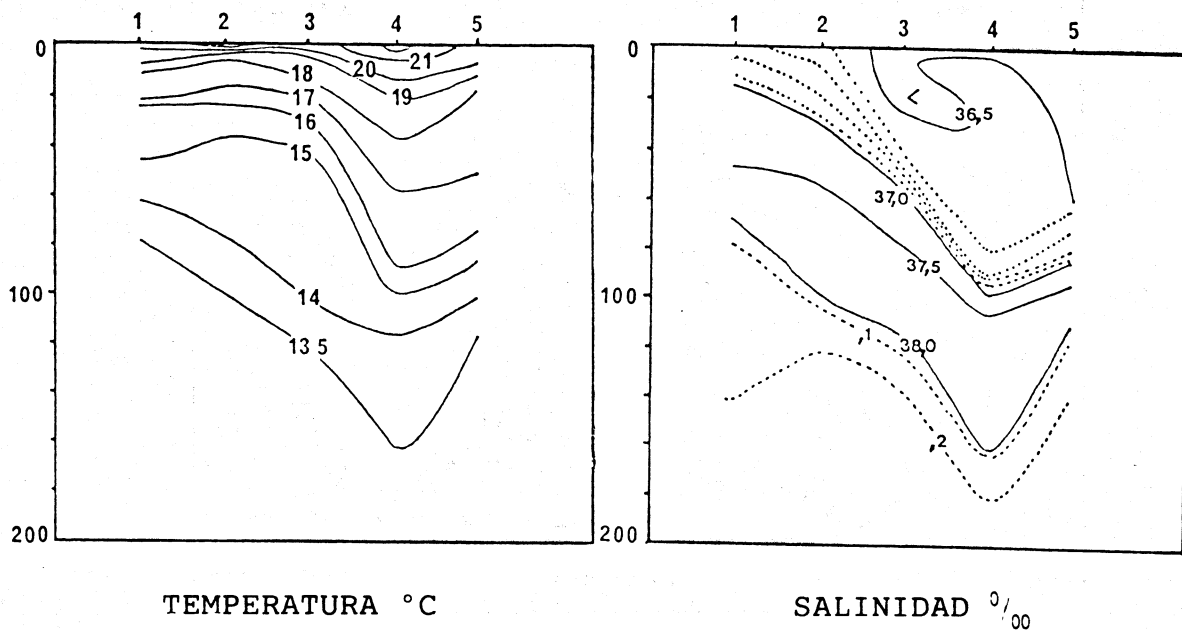


Figura 8. Distribución vertical de temperatura y salinidad a lo largo del perfil de la estación 1 a la 5.

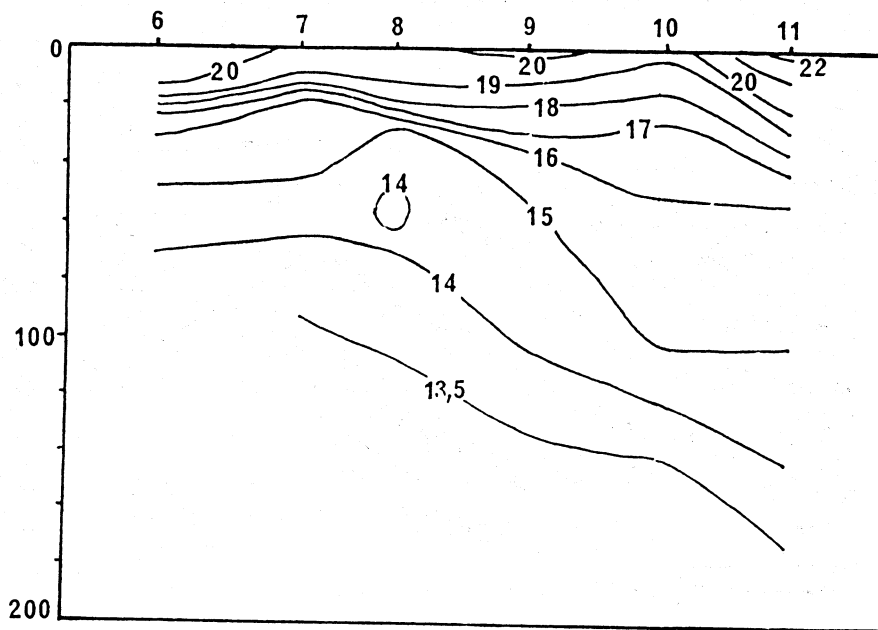


Figura 9. Distribución vertical de temperatura, perfil de la estación 6 a la 11.

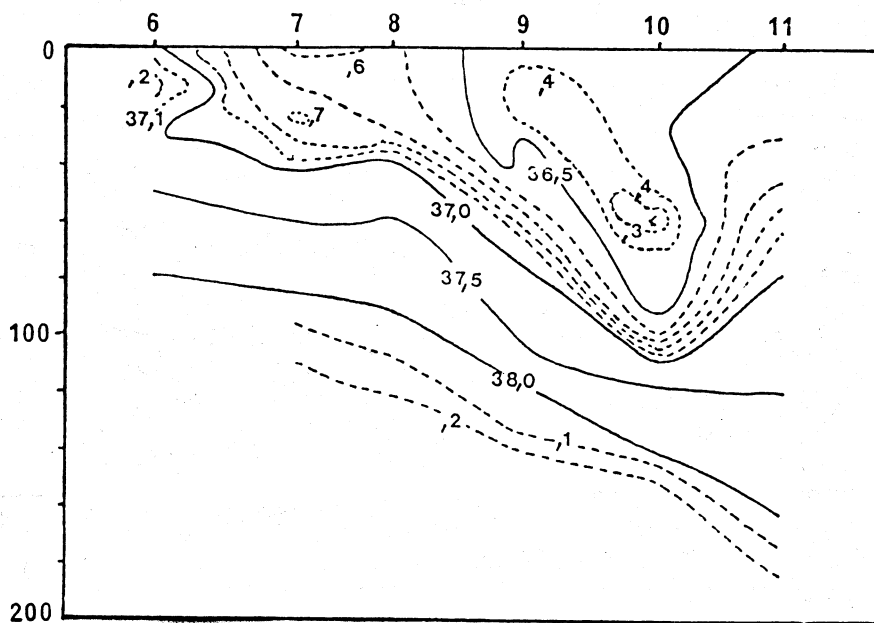


Figura 10. Distribución vertical de salinidad, perfil de la estación 6 a la 11.

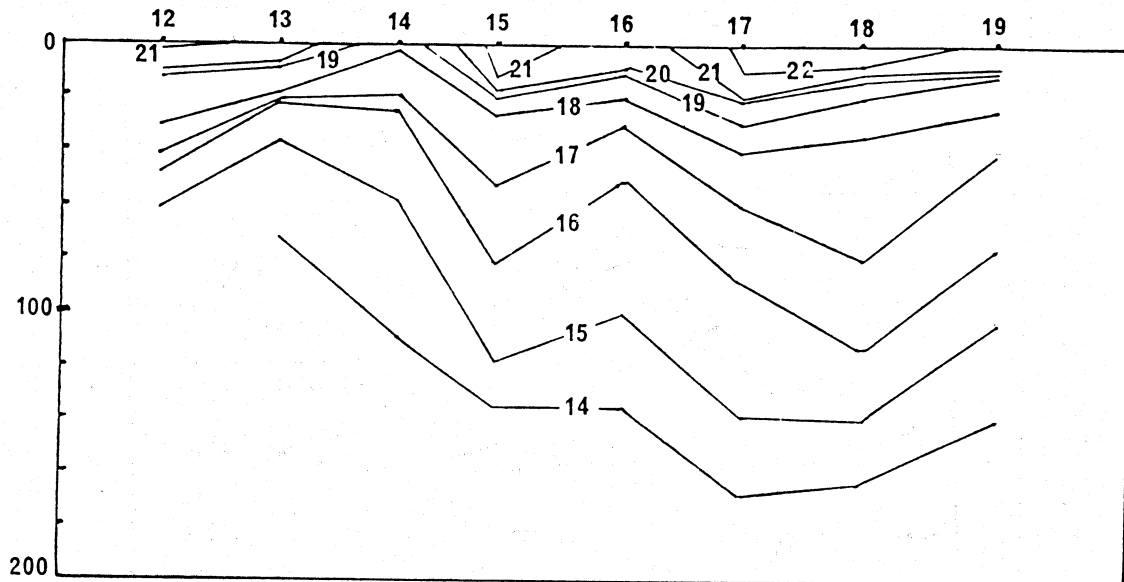


Figura 11. Distribución vertical de temperatura, perfil de la estación 12 a la 19.

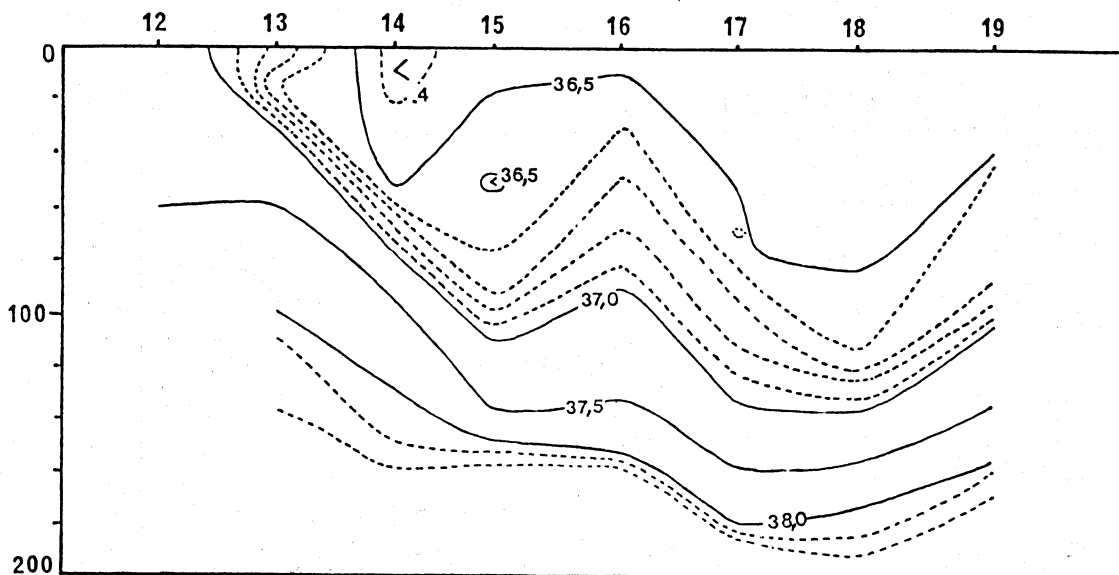


Figura 12. Distribución vertical de salinidad, perfil de la estación 12 a la 19.

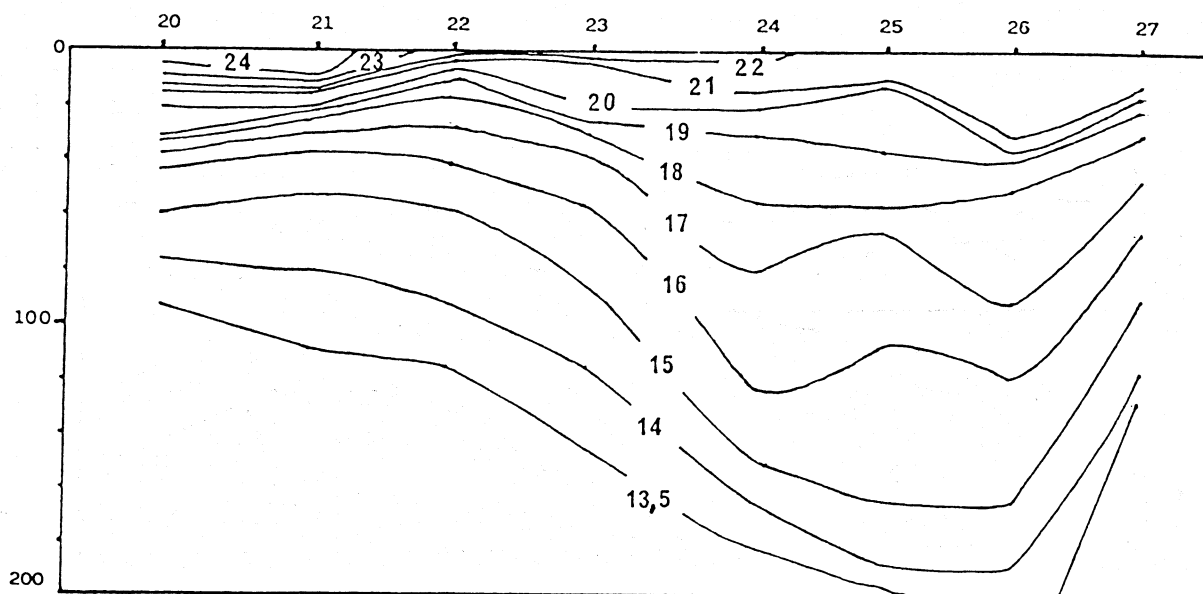


Figura 13. Distribución vertical de temperatura, perfil de la estación 20 a la 27.

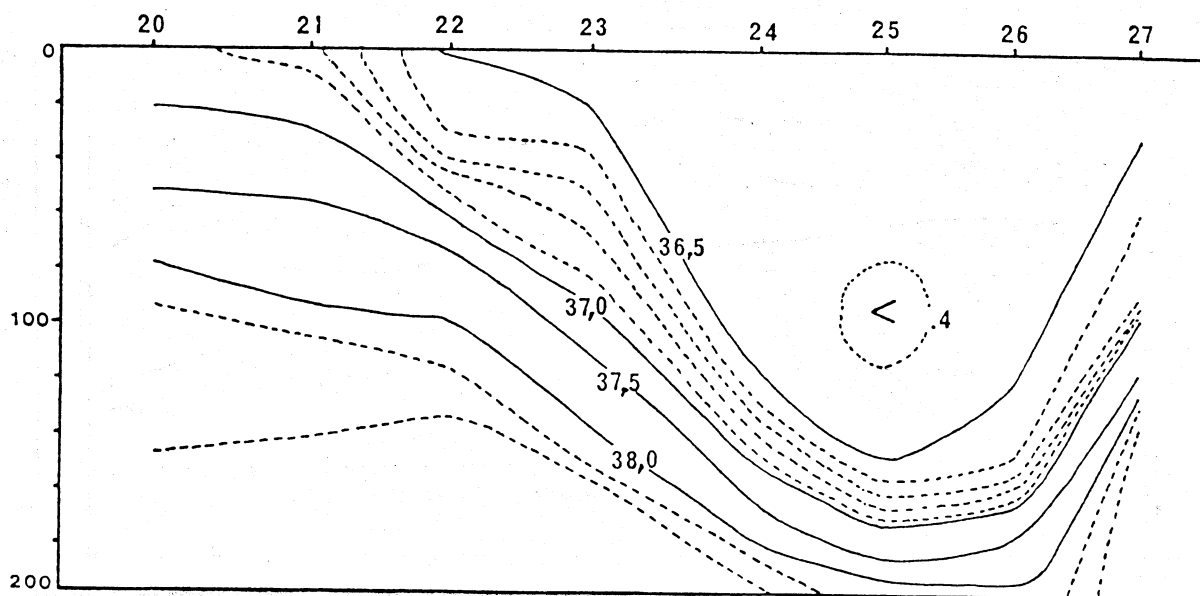


Figura 14. Distribución vertical de salinidad, perfil de la estación 20 a la 27.

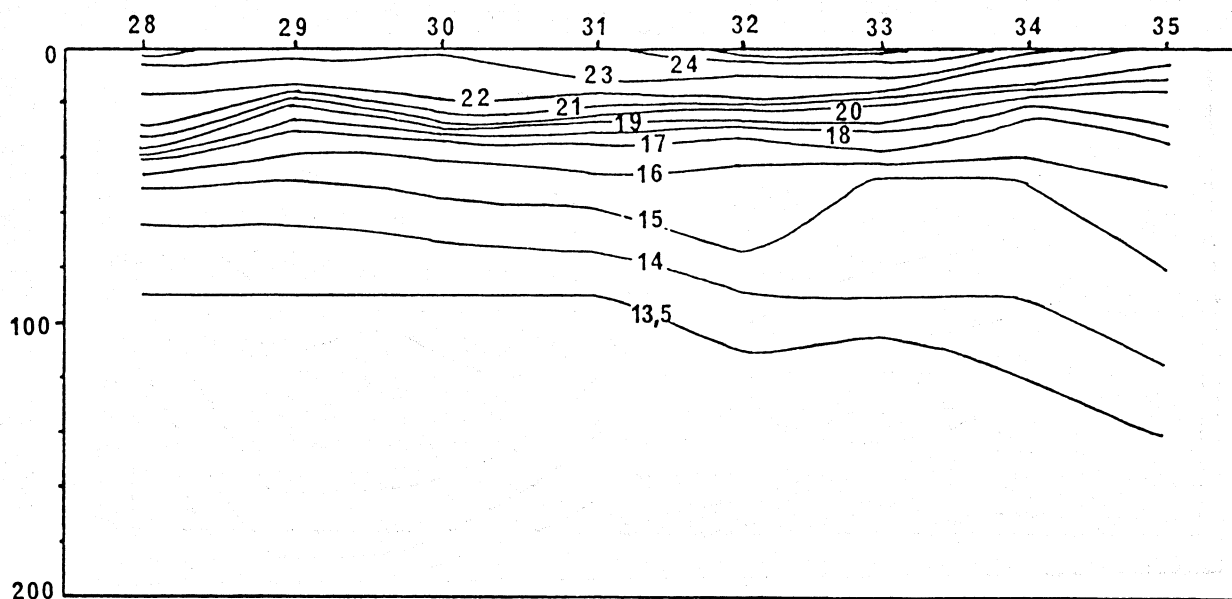


Figura 15. Distribución vertical de temperatura, perfil de la estación 28 a la 35.

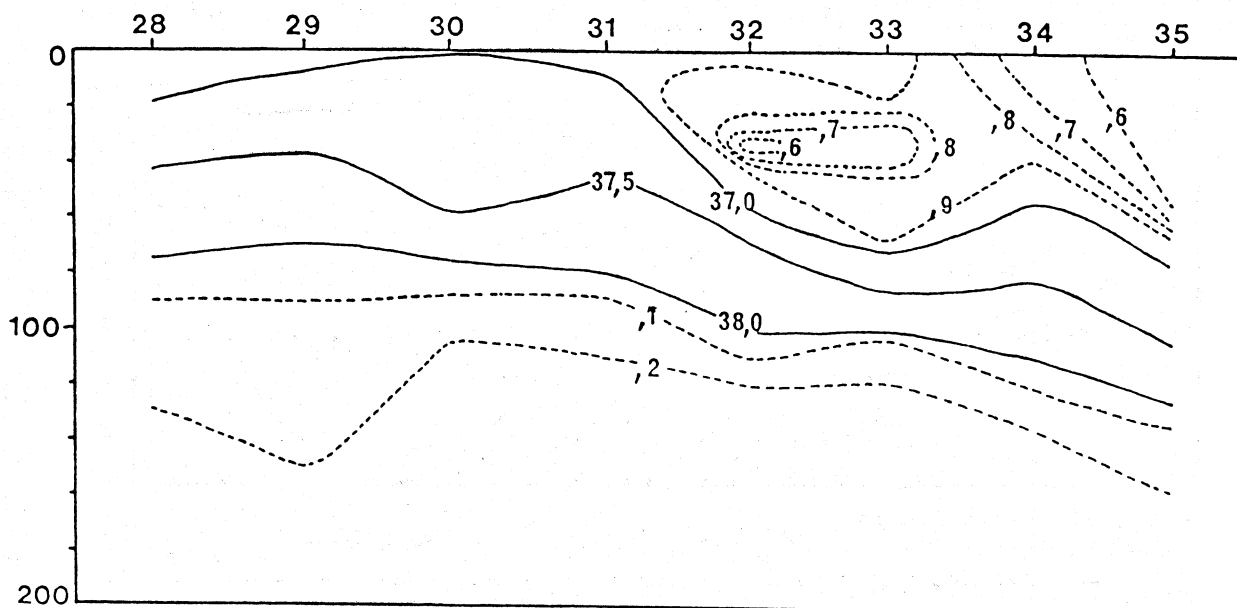


Figura 16. Distribución vertical de salinidad, perfil de la estación 28 a la 35.

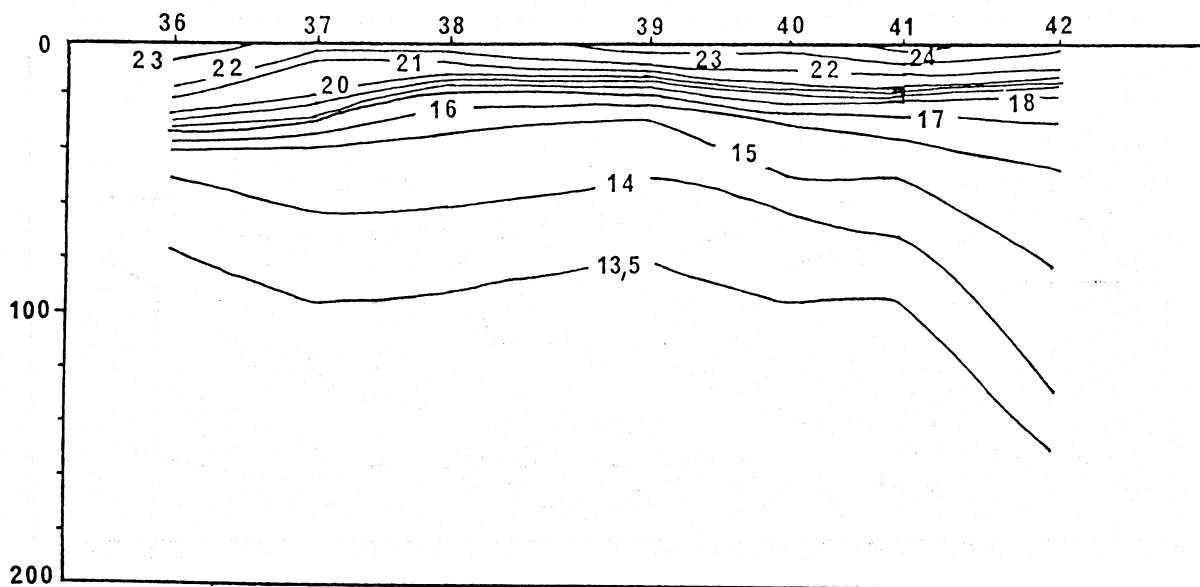


Figura 17. Distribución vertical de temperatura, perfil de la estación 36 a la 42.

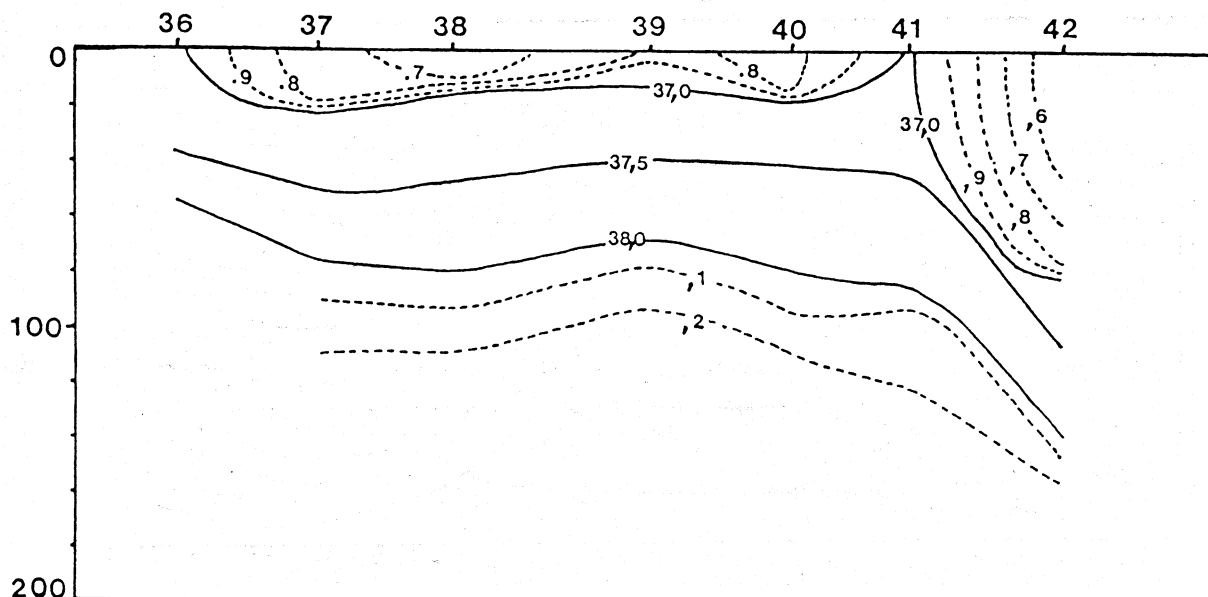


Figura 18. Distribución vertical de salinidad, perfil de la estación 36 a la 42.

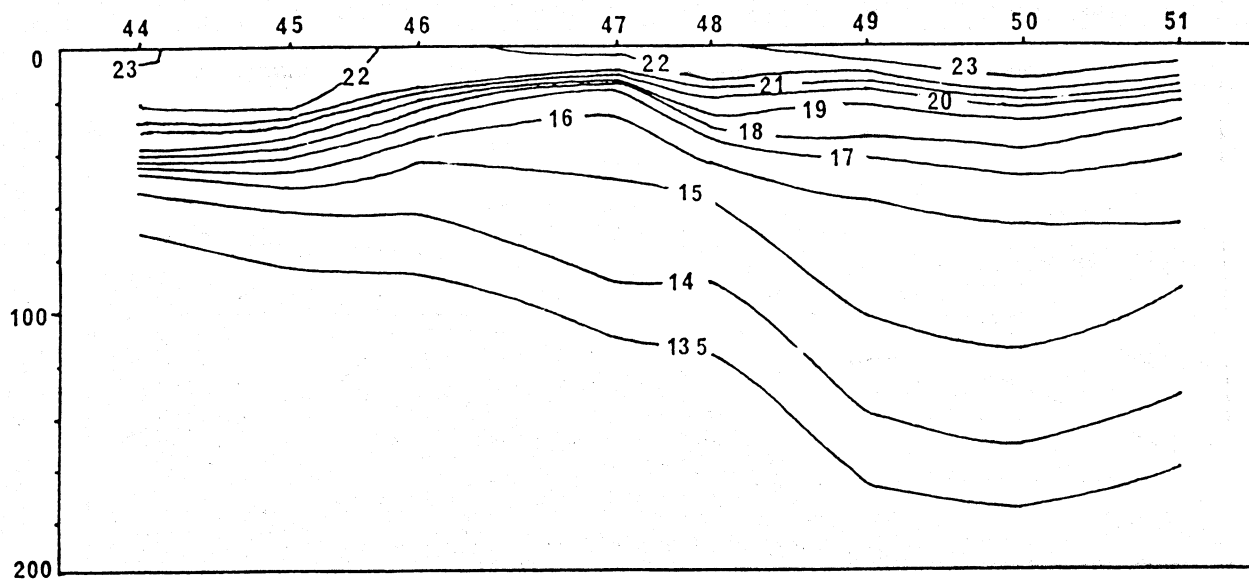


Figura 19. Distribución vertical de temperatura, perfil de la estación 44 a la 51.

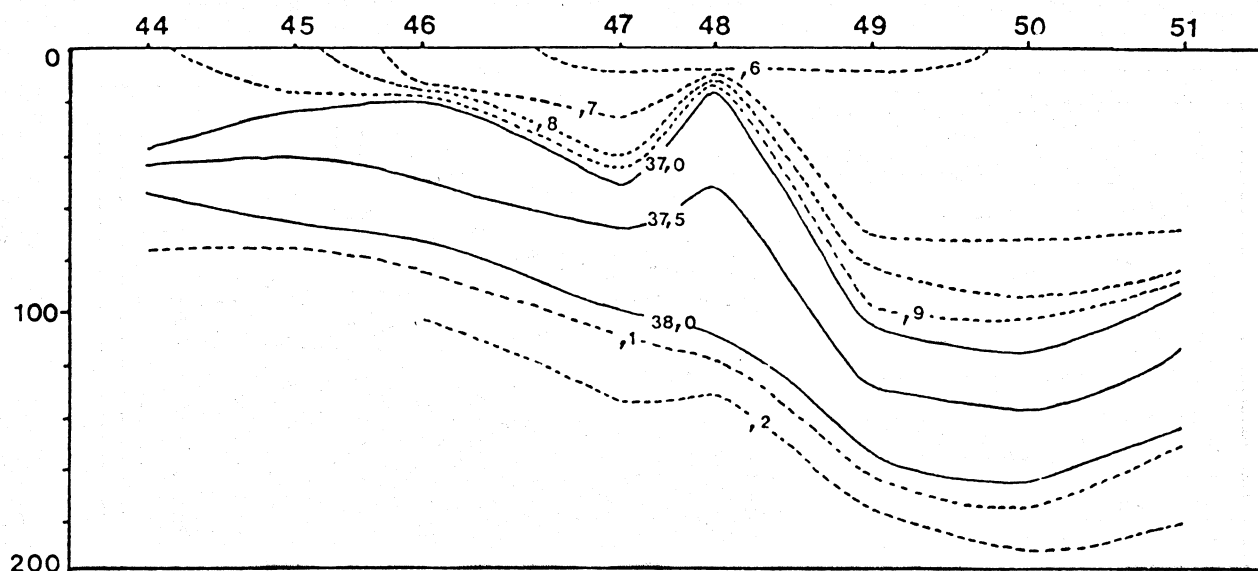


Figura 20. Distribución vertical de salinidad, perfil de la estación 44 a la 51.

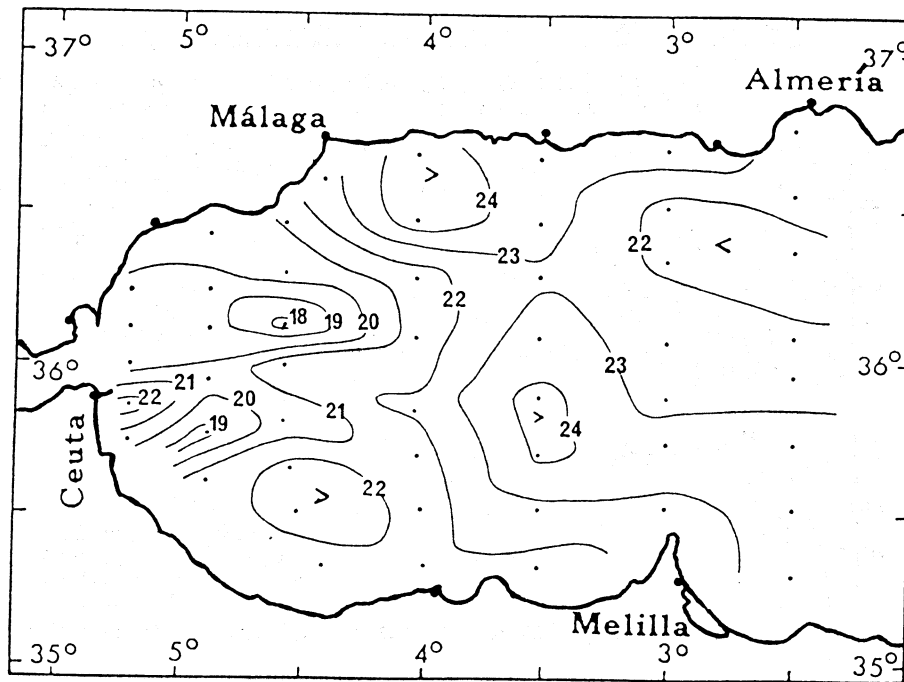


Figura 21. Distribución de temperatura a 2 m de profundidad.

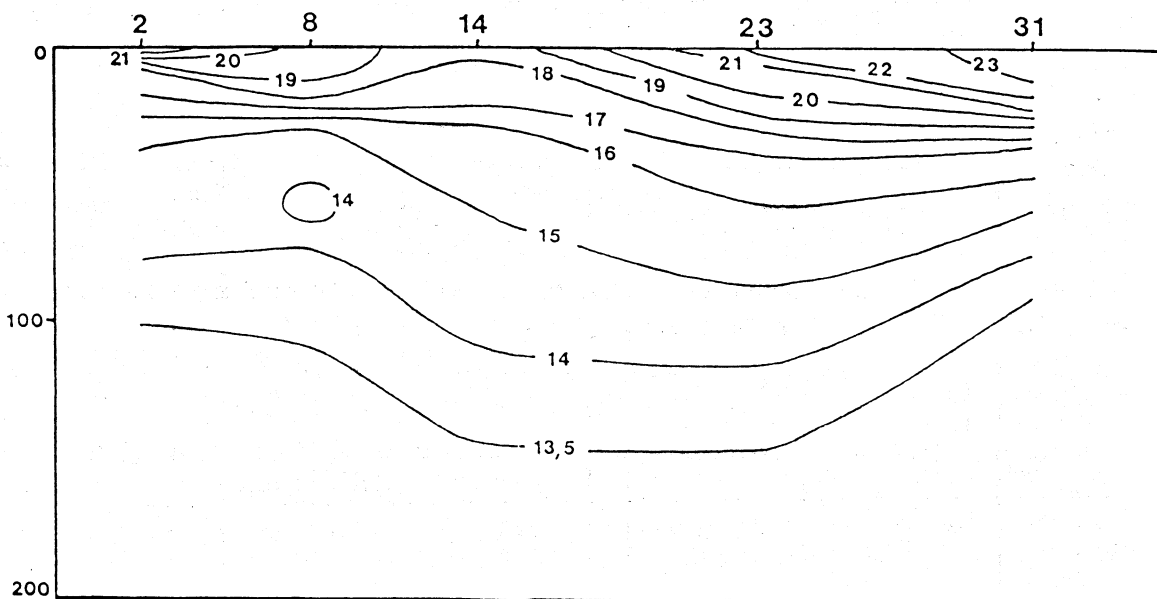


Figura 22. Distribución vertical de temperatura, perfil de la estación 2 a la 31.

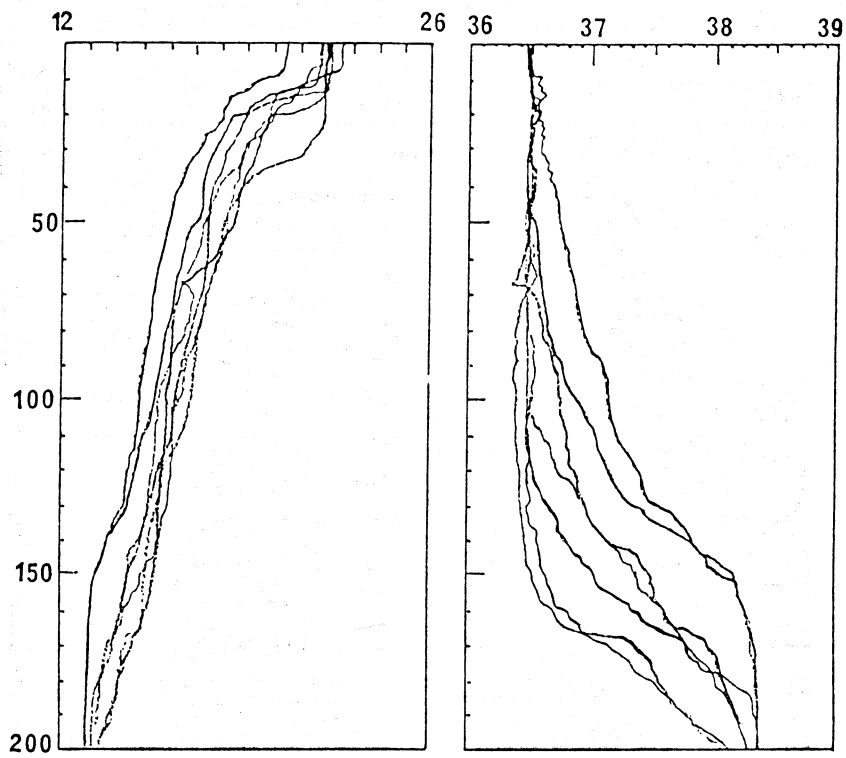


Figura 23. Diagrama temperatura-salinidad con la profundidad. Estaciones 15, 16, 17, 18, 24, 25 y 26.

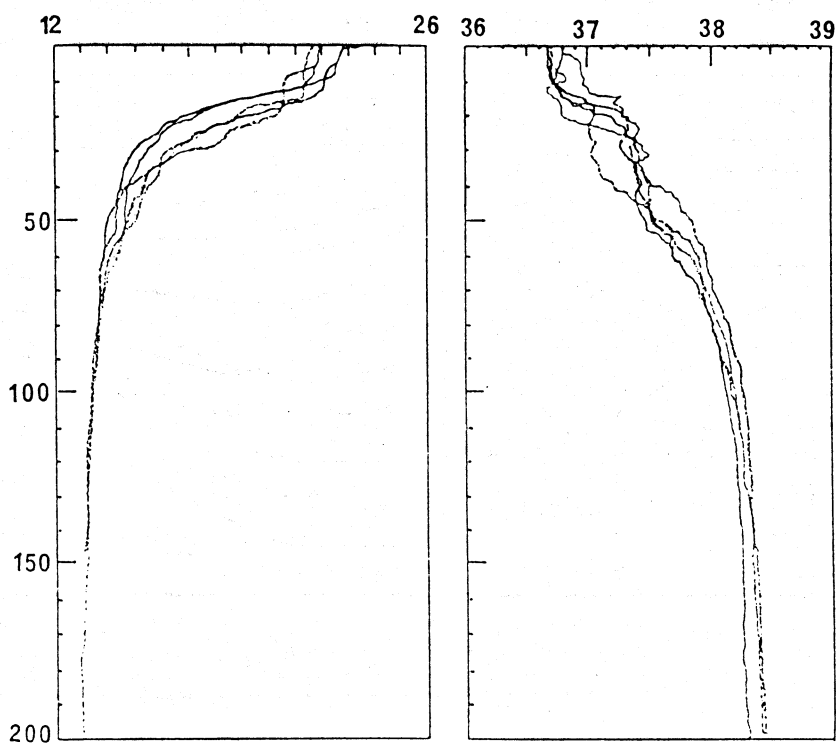


Figura 24. Diagrama temperatura-salinidad con la profundidad. Estaciones 37, 38, 39, 40 y 46.