

## PARTICULARIDADES DE LAS CONDICIONES OCEANOLÓGICAS DEL ATLANTICO SUDOCCIDENTAL SOBRE LA BASE DE CARACTERÍSTICAS TEMPORALES MEDIAS PROCEDENTES DE UNA SERIE DE AÑOS<sup>1</sup>

D.N. Severov

All-Union Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (VNIRO)  
17, V. Krasnoselskaya, Moscow, B-140, U.R.S.S.

**RESUMEN:** En el presente trabajo se analiza un conjunto de datos sistematizados recolectados en campañas realizadas durante los últimos 75 años en el Atlántico Sudoccidental. Se investigan las características oceanológicas de la región a partir de los valores medios de temperatura, salinidad, densidad del agua, contenido de oxígeno disuelto y fosfato correspondientes a una serie de años. Asimismo se analizan aspectos de la circulación atmosférica y del movimiento isopícnico de las aguas. Se definen las características de las corrientes actuantes en el área investigada, tanto en el sector de plataforma como en el océano abierto y se determinan sobre la base de las particularidades de las condiciones oceanológicas regiones potenciales de pesca comercial.

**Palabras clave:** Condiciones oceanológicas, Atlántico Sudoccidental.

**SUMMARY: PECULIARITIES OF THE OCEANOLOGICAL CONDITIONS IN THE SOUTHWESTERN ATLANTIC ON THE BASIS OF MEAN TEMPORAL CHARACTERISTICS FROM AN ANNUAL SERIES.**— The present paper analyzes a group of systematized data which have been gathered in campaigns carried out for the last 75 years in the Southwestern Atlantic Ocean. Oceanological characteristics of the area are studied considering the average values of temperature, salinity, water density, content of dissolved oxygen and phosphate which correspond to an annual series. Aspects of the atmospheric circulation and of the isopycnic movement in the waters, are also taken into account. Characteristics of the streams acting in the area concerned are defined both in the shelf area and in the open ocean and the potential areas of commercial fishing are determined on the basis of the peculiarities of oceanological conditions.

**Key words:** Oceanological conditions, Southwestern Atlantic.

### INTRODUCCION

El problema de la evaluación de condiciones abióticas en zonas con elevada productividad pesquera en las regiones oceánicas del Océano Mundial ha adquirido importancia desde mediados de los años setenta dada fundamentalmente su relación con el desarrollo de la captura de peces en las profundidades y fuera de los límites de las zonas económicas exclusivas establecidas por los países ribereños.

La región del Atlántico Sudoccidental adyacente a la costa de Argentina y Uruguay (Fig. 1) ha sido escogida para llevar a cabo una investigación sobre este problema por varias razones.

A lo largo del talud continental, parte del cual se ubica fuera de los límites de la zona económica exclusiva de 200 millas de Argentina, hay una importante explotación de peces y calamares. Actualmente operan en la región más de 50 barcos pesqueros de diferentes países.

Las particularidades de interacción de las corrientes de Malvinas y del Brasil, caracterizan a la región como un área geográfica independiente en el Océano Mundial, comparable por la complejidad del dinamismo de sus aguas, con la región del *Gulf-Stream*.

El análisis comparativo de las condiciones oceanológicas y de la situación de las zonas con alta productividad pesquera en esta región, se basó en los conocimientos sobre coincidencia de las regiones de elevada productividad pesquera con las zonas frontales, con los límites de masas de agua, con las zonas de convergencia y divergencia de corrientes, con los afloramientos de aguas profundas, así como con el escurrimiento de aguas fluviales con elevado contenido de sustancias biogénicas.

Para enfocar la solución de la cuestión sobre las condiciones principales del ambiente que determinan la formación de las zonas con alta productividad pesquera, se ha escogido en el presente trabajo una metodología de evaluación compleja de las condiciones oceanológicas de sus zonas profundas y someras.

La actualidad de las investigaciones sobre este problema, la posibilidad de realizar una generalización más amplia y un análisis más detallado

<sup>1</sup> Este trabajo fue presentado con el título: "Condiciones peculiares oceanográficas del Océano Atlántico Sudoccidental sobre la base de características estacionales a largo término", en el Cuarto Simposio Científico de la CTMFM, noviembre de 1987.

de las condiciones oceanológicas, han determinado los objetivos de las investigaciones, siendo éstos:

1) determinar las particularidades de las condiciones oceanológicas, su estructura espacial y variabilidad estacional, así como llevar a cabo, según estos datos, la división de la zona sudoccidental del Océano Atlántico en regiones.

2) investigar las relaciones existentes entre condiciones oceanológicas y concentraciones comerciales de peces en la plataforma y talud continental de la región y detectar en base a conjuntos de parámetros abióticos, zonas potenciales para la pesca en la parte sur de la plataforma, así como fuera de la zona económica exclusiva.

## DESARROLLO

El conocimiento de las aguas en la zona sudoccidental del Océano Atlántico se debe en gran medida a la intensificación de la pesca y a las investigaciones científicas realizadas desde mediados de los años sesenta en el área somera del hemisferio austral. En el período de 1965 a 1975 se llevaron a cabo en total 83 campañas soviéticas y extranjeras realizándose cerca de

4 mil estaciones. Los datos de tres de éstas según el Programa Pesquería de la Argentina y de la URSS se muestran en la Figura 2.

Como base de trabajo se tomó un conjunto de datos sistematizados a partir de aquéllos recolectados en campañas realizadas durante los últimos 75 años en la región. Para investigar las modificaciones de las condiciones oceanológicas tanto de las temporadas cálidas (diciembre-febrero) como de las frías (julio-setiembre) se usaron los valores de temperatura, salinidad, densidad del agua, contenido de oxígeno disuelto y fosfato tomados como valores medios de dos temporadas y 358 trapecios de un grado; es decir, datos de 2300 estaciones oceanológicas. Los mapas de la distribución de estas características han constituido la base del atlas de condiciones oceanológicas de la región.

Para determinar las particularidades de la formación del campo de salinidad en la región se ha calculado el volumen de agua dulce que ingresa a la plataforma, considerando las magnitudes del escurrimiento de los ríos, el predominio de las precipitaciones sobre la evaporación y las aguas de menor salinidad del Estrecho de Magallanes.

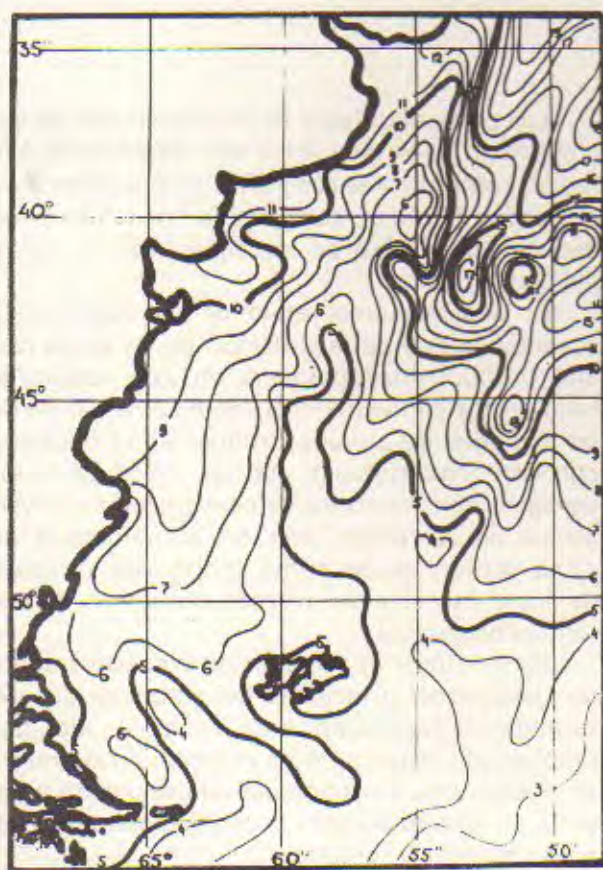


Fig. 1. Temperatura del agua en la superficie (°C). Invierno.



Fig. 2. Estaciones oceanológicas realizadas por los buques de investigación: *Capitán Cánepa* (1966 - 1970) (o), *Evrika* (1973) ( $\Delta$ ) y *Profesor Myezzeu* (1974) ( $\square$ ).

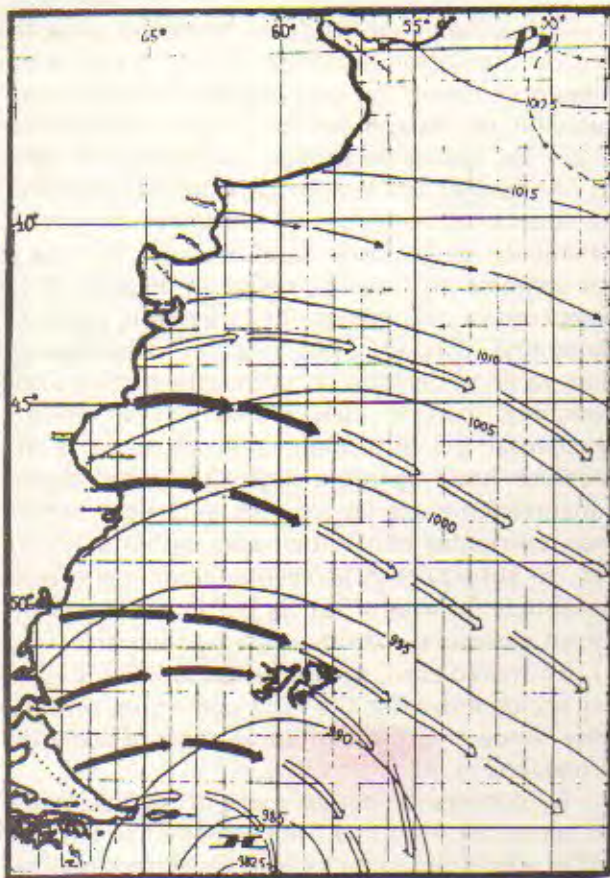


Fig. 5. Circulación atmosférica y campos de presión. Invierno (Tipo 1). Dirección y velocidad del viento en m/seg (→ 0-4, → 4-8, → 8-12, → 12-16, → 16-20) Isobaras (—No.—).

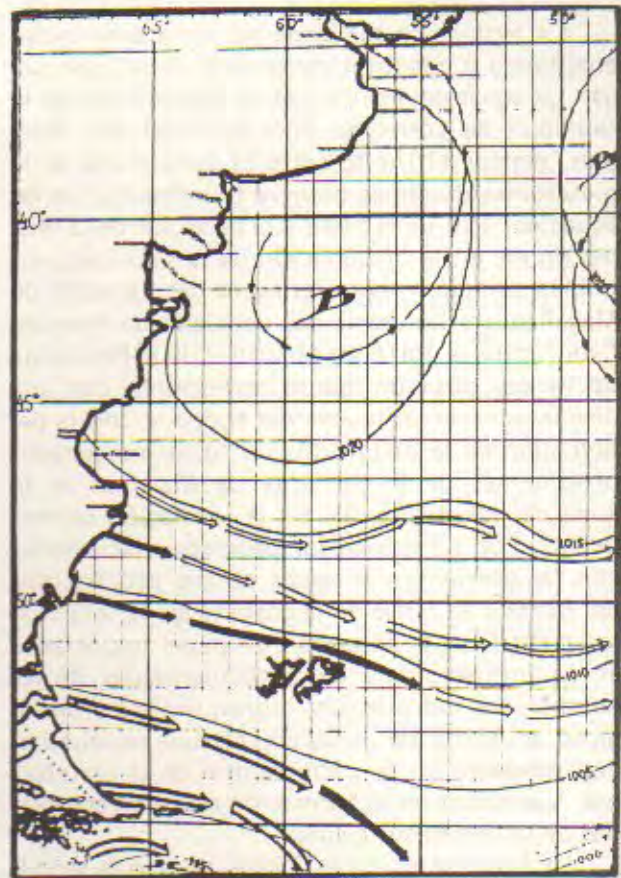


Fig. 6. Circulación atmosférica y campos de presión. Verano (Tipo 3). Dirección y velocidad del viento en m/seg (→ 0-4, → 4-8, → 8-12, → 12-16, → 16-20). Isobaras (—No.—).

dos en diferentes áreas y temporadas del año. El análisis de los mapas de las corrientes completas y campos de velocidades de las corrientes horizontales y verticales, ha permitido detectar las particularidades dinámicas de las aguas de la región y las regularidades del complicado sistema de corrientes interactuante.

Un lugar importante en la formación de las particularidades de las condiciones hidrológicas y de los campos de corrientes verticales sobre los taludes continentales, lo ocupa la interacción de las aguas de la plataforma y del mar abierto ante el cambio brusco del relieve del fondo y la existencia de islas. Por eso, para el cálculo de las corrientes geográficas se ha aplicado un modelo diagnóstico que considera estas peculiaridades y cuyos resultados concuerdan bien con las observaciones efectuadas en la región contigua (Mar de Escocia). Conforme a este modelo, el cálculo se realizó considerando la solución límite para la función integral de la corriente según el campo de densidad dado para los centros de trapecios de un grado en niveles estándar de superficie a fondo y en temporadas cálidas y frías. Hecho es-

to, se calcularon los componentes horizontales y verticales de la velocidad de las corrientes (Fig. 9 y 10).

Para establecer las particularidades de interacción de las corrientes del talud continental de la región, se llevó a cabo una investigación sobre movimiento isopícnico de las aguas sobre la base del estudio conjunto de las características termohalinas de las aguas y corrientes geostroficas.

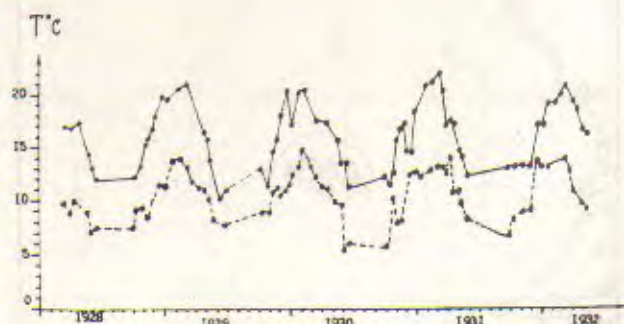


Fig. 7. Variación de los valores de temperatura por décadas medias en faros de la costa argentina (1928-1932). Punta Mogotes (—). Cabo Blanco (- - -).

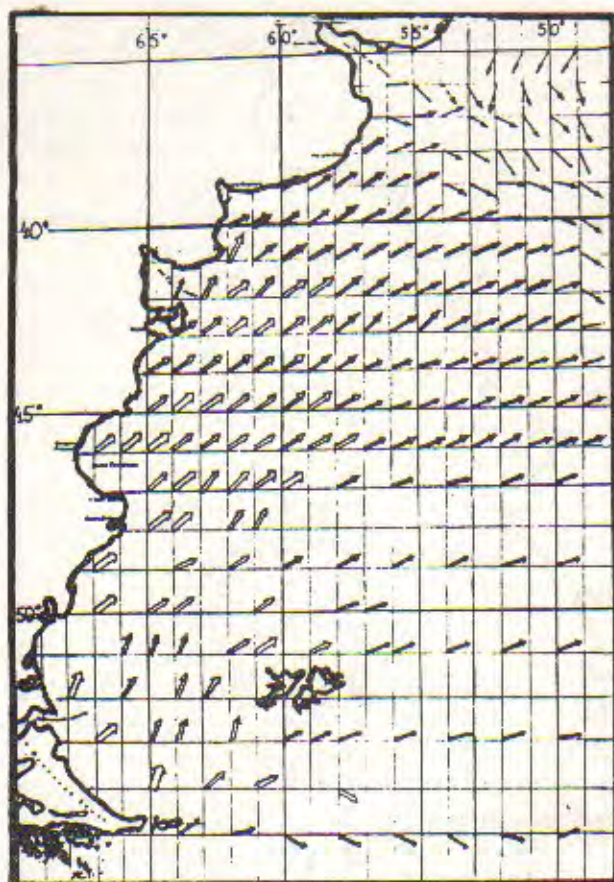


Fig. 8. Corrientes superficiales de deriva. Invierno (en cm/seg. ---> 0-5, → 5-10, ⇨ 10-20, ⇨⇨ 20-30, ⇨⇨⇨ 30).

En este sentido, se analizó la topografía de las superficies isopícnicas de densidad característica que representan aquellas partes de las superficies isopícnicas ordinarias para las cuales los valores de temperatura, salinidad y densidad son casi constantes (por ejemplo, las superficies con temperaturas de 3°C y salinidad de 34,2‰, son el núcleo de la masa de agua intermedia antártica de baja salinidad) (Fig. 11). Asimismo, se analizaron los mapas oceanológicos resultantes de la interacción de muchas superficies isopícnicas con determinado equipotencial (por ejemplo, 1000, 2000 y 3000 decibares) (Fig. 12).

En la Figura 13 se muestra el esquema de las corrientes de la región como resultado de las investigaciones del campo tridimensional de la circulación de las aguas.

Las aguas del Pacífico ingresan en la parte sudoccidental del Océano Atlántico desde el Estrecho de Drake y Mar de Escocia mediante dos flujos: por la corriente del Cabo de Hornos y por la rama norte de la corriente Circumpolar Antártica. La rama occidental de la corriente de Malvinas, como continuación de la del Cabo de Hornos, se aproxima a la parte meridional de la pla-



Fig. 9. Corrientes superficiales. Verano (en cm/seg. ---> 0-5, → 5-10, ⇨ 10-20, ⇨⇨ 20-30, ⇨⇨⇨ 30).

taforma de la región a través de la disminución del relieve entre Tierra del Fuego y el Banco de Burdwood. Al salir la corriente a bajas profundidades, produce el afloramiento de las aguas. La rama occidental de la corriente Circumpolar Antártica, dobla el Banco de Burdwood desde el este y forma en él una circulación anticiclónica de las aguas. Siguiendo el trayecto hacia el norte a través del pasaje por las Antillas del Sur, la rama norte de la corriente Circumpolar Antártica se divide en el flujo principal que gira hacia el este y en la rama oriental de la corriente de Malvinas. En la zona de divergencia de las corrientes se forma una zona intensa de afloramiento de aguas profundas.

Como resultado de la influencia de las ramas occidental y oriental de la corriente de Malvinas alrededor de las Islas Malvinas, se forma la corriente circular anticiclónica, con una zona bien delimitada de hundimiento de las aguas de la plataforma. Hacia el norte de las islas las ramas occidental y oriental de la corriente de Malvinas se reúnen en un flujo principal adquiriendo características de corriente a chorros. En la zona de convergencia de estas corrientes, en el torren-

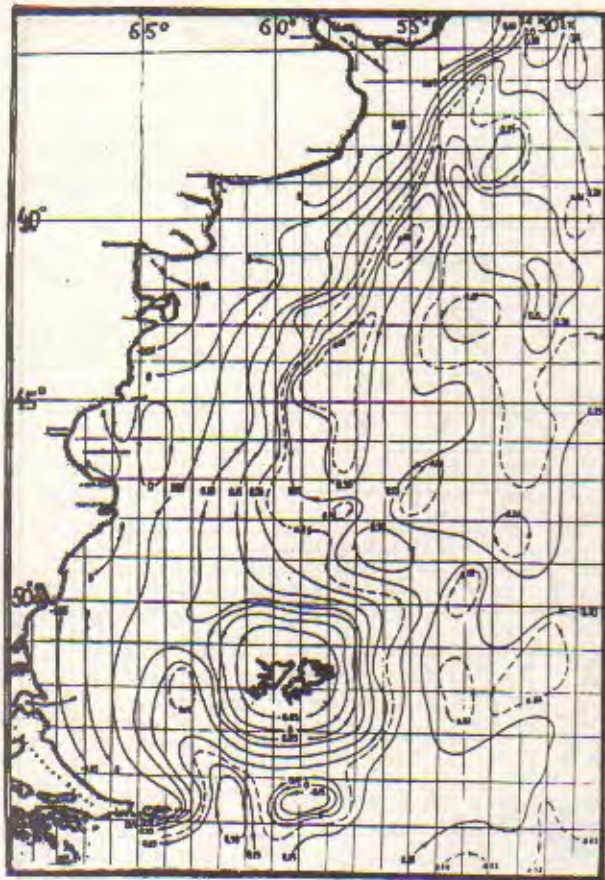


Fig. 10. Circulación integral (flujos completos). Verano.

te de meandro, se observan claramente las penetraciones de las aguas del talud en la plataforma.

Durante el invierno la corriente de Malvinas llega a la costa de Uruguay y en la zona entre  $34^{\circ}$  -  $37^{\circ}$  de latitud sur se une con la del Brasil. En verano, debido a la formación del flujo argentino temporal se forma una zona de convergencia de aguas subantárticas y subtropicales sobre la parte norte somera de la plataforma. Sobre el talud continental la zona de convergencia de las corrientes de Malvinas y del Brasil se desplaza hacia el sur hasta los  $37^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  S.

Las corrientes de Malvinas y del Brasil circulan a grandes profundidades a lo largo de los taludes sudoeste y nordeste en la quebrada del relieve dinámico, rodeándola en el sentido de las agujas del reloj. Este ciclón de escala planetaria se forma no sólo como consecuencia de la interacción de las corrientes de Malvinas y del Brasil, sino que en su formación el papel principal lo juega la dinámica de las aguas. El reflujó de las aguas profundas al este del talud hacia la circulación anticiclónica del Atlántico Sur da lugar a un afloramiento de compensación de aguas en la corriente Antártica de Fondo. La estabilidad del ciclón, desde 1500-2000 metros hasta la su-



Fig. 11. Topografía de la superficie isopícnica en m. Verano (3342:  $T=3^{\circ}\text{C}$ ,  $S=34,2\text{‰}$ ).

perficie, se determina por la divergencia de las ramas de la corriente Circumpolar Antártica después de pasar por la cima de las Antillas del Sur y por la deriva total oriental en aguas superficiales, intermedias y profundas sobre la cuenca argentina.

La localización del ascenso de aguas en este ciclón a profundidades de 1000-1200 metros y el desplazamiento del eje de la quebrada de relieve dinámico hacia el talud nordeste de las Islas Malvinas, conduce a una sustitución de la corriente de Malvinas por el flujo de aguas del norte. Esta parte profunda de la corriente del Brasil coincide con las aguas profundas de la corriente Circumpolar Antártica hacia el este de las Islas Malvinas, como resultado de lo cual sobre estas profundidades se forma la zona de convergencia de aguas de procedencia atlántica norte y pacífica. Después de unirse estos dos torrentes se desplazan hacia el Atlántico Sur como parte profunda de la corriente Circumpolar Antártica.

En dirección contraria, a una profundidad superior a 2500 metros, se desarrolla una contracorriente: la corriente Antártica de Fondo. Un poderoso ingreso de las aguas antárticas profun-

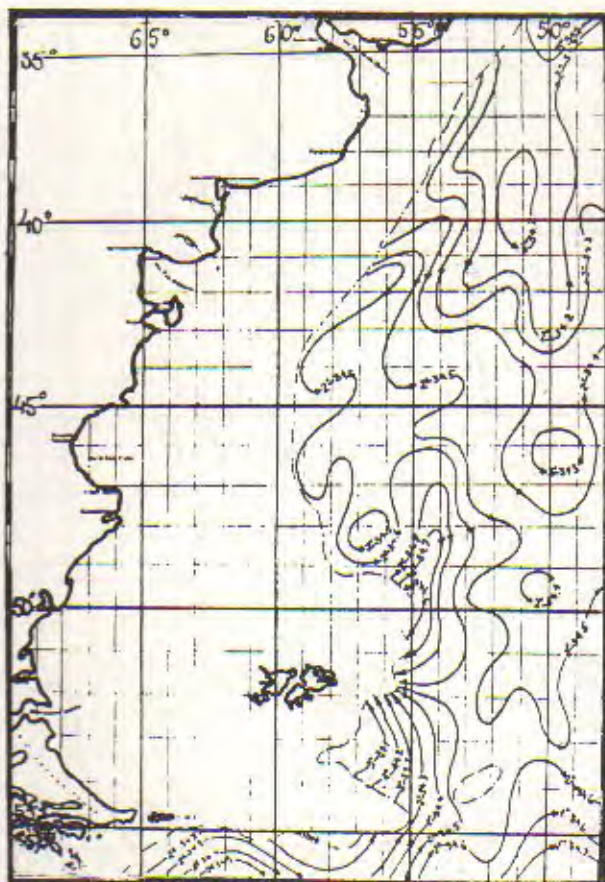


Fig. 12. Movimiento isopícnico en las capas de agua sobre la superficie de la isobara (1000 DB).

das desde la corriente Polar Antártica hacia el talud argentino, cuyo gasto es comparable con *Gulf-Stream* (40-60 sverdrups), ejerce efecto sobre la formación de las propiedades dinámicas de las aguas en toda la zona sudoeste del Océano Atlántico. La modificación temporal de las características de la corriente Polar Antártica conduce a un refuerzo o debilitamiento de las principales corrientes de la región: la de Malvinas y la del Brasil. En invierno con el aumento de la afluencia de las aguas antárticas se desarrolla más el ciclón central y la corriente de Malvinas. En verano durante el debilitamiento del ascenso de las aguas sobre el talud continental se refuerza la afluencia de las aguas en la corriente del Brasil.

Como resultado de las investigaciones de las corrientes se obtuvieron las propiedades de la dinámica de las aguas que fueron usadas al detectar los factores abióticos del ambiente: la convergencia de la corriente de Malvinas y del Brasil, la corriente de Malvinas, la corriente del Brasil y la corriente Circumpolar Antártica a profundidades considerables, la divergencia de la rama oriental de la corriente de Malvinas y la rama norte en la corriente Circumpolar Antártica, la zona de afloramiento de las aguas hacia el oes-

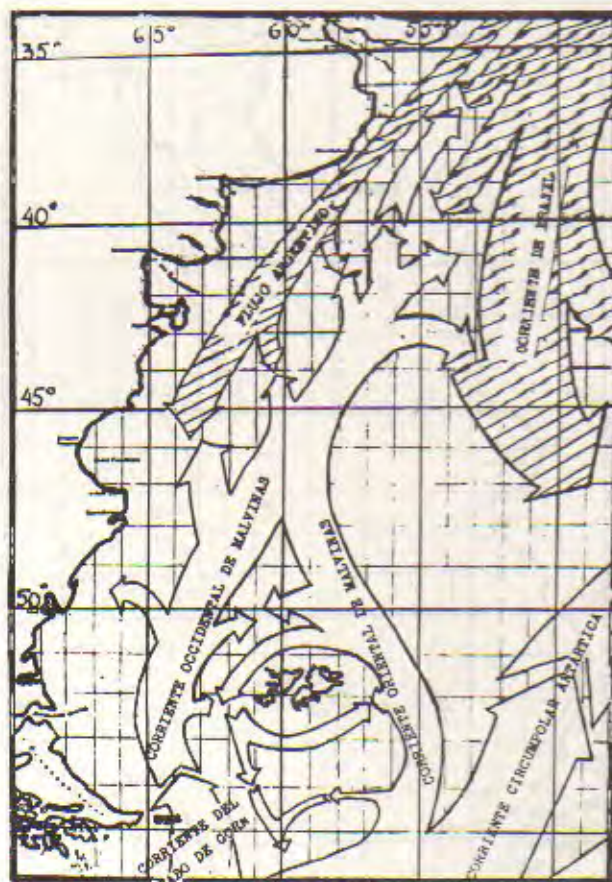


Fig. 13. Esquema de la circulación de las aguas.

te y este de las Islas Malvinas, así como en el extenso ciclón sobre el talud continental. Las posibilidades del uso masivo de datos ha permitido realizar una detallada investigación sobre las características termohalinas, hidroquímicas y estadísticas de las aguas. Los objetivos y problemas planteados en el trabajo determinaron la necesidad de clasificar por separado las masas de agua de las zonas profundas y someras, teniendo en cuenta la dinámica de las aguas, la variabilidad estacional de las corrientes y la disminución de la salinidad debido al aporte continental. Como base de investigación se ha tomado el análisis de las curvas T-S, los diagramas T-S, las superficies isopícnicas y la distribución de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y fosfatos en las estaciones oceanológicas, tanto en transectas como en niveles. Esto permitió clasificar las aguas superficiales, intermedias y de fondo según la estructura de las mismas, así como caracterizar las zonas frontales y dividir en regiones la parte sudoccidental del Océano Atlántico de acuerdo con las particularidades de las condiciones oceanológicas.

La estructura de las masas de agua se observa en las Figuras 14 a 16. La estructura subtropical se forma en la zona de acción de la corriente del

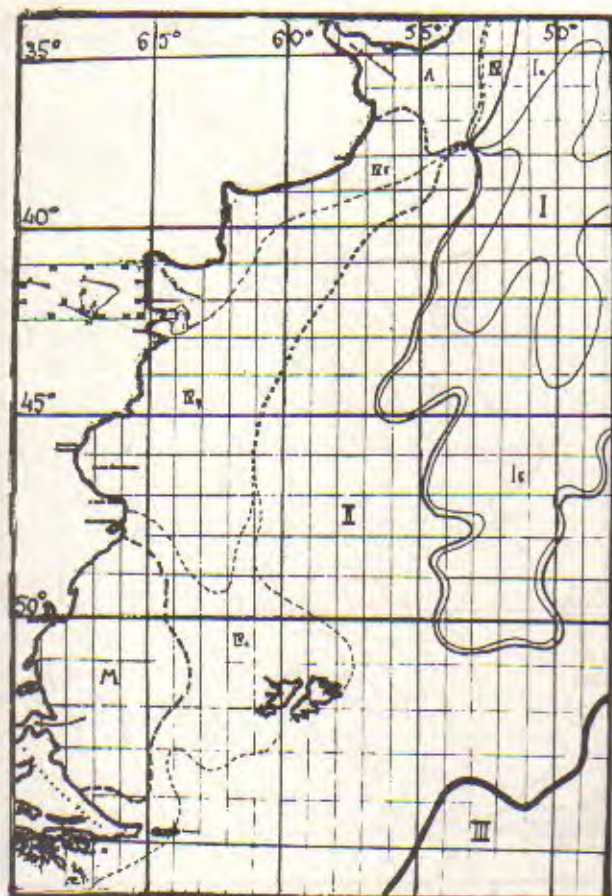


Fig. 14. Distribución de la estructura de las masas de agua. Invierno. Tipos principales (I: Subtropical, II: Subantártico, III: Antártico, IV: de la plataforma y talud). Subtipos (Ia: Tropical, Ib: de latitudes templadas, IVa: Tropical, IVb: de latitudes templadas, IVp: Transitorio, IVc: Subantártico, L: del Río de la Plata, M: del Estrecho de Magallanes).

Brasil y la transformación de las aguas de procedencia tropical, en la convergencia subtropical. La característica distintiva de esta estructura es la presencia de aguas de menor salinidad en la capa superficial y de aguas templadas con elevada salinidad en los niveles subsuperficiales.

La estructura subantártica de las masas de agua se forma en la zona de acción de la corriente de Malvinas y la interacción de las masas de agua de origen atlántico y antártico, en la zona profunda de la región. Dicha estructura se caracteriza por la ausencia de aguas de baja salinidad en la capa superficial, por la alta salinidad de la masa de agua subsuperficial y por la homogeneidad salina del agua en capas de 0-300 metros al variar la temperatura de 5° - 7°C.

La estructura antártica de las masas de agua se manifiesta sólo en la parte sudeste de la región en la zona del efecto de la corriente Polar Antártica y la transformación de las masas de aguas antárticas en el frente antártico (Convergencia Antártica). La característica específica de esta estructura es la existencia de dos máximos (su-

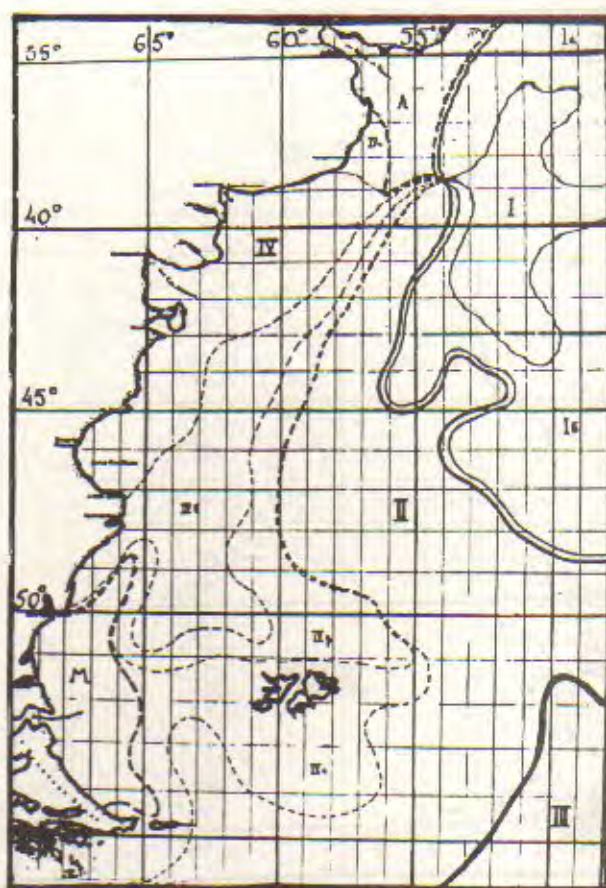


Fig. 15. Distribución de la estructura de las masas de agua. Verano. Tipos principales (I: Subtropical, II: Subantártico, III: Antártico, IV: de la plataforma y talud). Subtipos (Ia: Tropical, Ib: de latitudes templadas, IVa: Tropical, IVb: de latitudes templadas, IVp: Transitorio, IVc: Subantártico, L: del Río de la Plata, M: del Estrecho de Magallanes).

perficial y profundo) y dos mínimos (intermedio y de fondo) en la variación de la temperatura con la profundidad.

La estructura de las masas de agua de la plataforma y talud se forma en una extensa zona somera de la región debido a la interacción de las aguas de la corriente de Malvinas con el Flujo Temporal Argentino, con el Río de la Plata, con el Estrecho de Magallanes y con la corriente del Cabo de Hornos. La misma es el resultado de una mezcla de masas de agua de estructuras subtropical y subantártica en una región donde predominan valores reducidos de salinidad. Como consecuencia de esto, sobre la parte norte de la plataforma se forman masas secundarias de aguas templadas de menor salinidad de estructura subtropical y en la parte sur de la plataforma aguas frías de menor salinidad de estructura subantártica. Los límites entre estas masas de agua se desplazan hacia el norte o sur entre las Islas Malvinas y la costa de Uruguay en dependencia con el debilitamiento (en invierno) o reforzamiento (en verano) de la corriente costera argentina.

tártica y el afloramiento de las aguas profundas sobre el talud continental de la región. El debilitamiento de la corriente de Malvinas en los niveles de 1000-1200 metros y su sustitución por la corriente de aguas profundas del Atlántico meridional con destino sur, conduce a una reducción de la zona subantártica así como a una coincidencia de frentes antártico y subantártico.

Las peculiaridades detectadas en la distribución de masas de agua con el establecimiento de zonas transitorias entre las aguas tropicales de la corriente del Brasil y las aguas subantárticas de la corriente de Malvinas en las partes profundas y someras de la región (Fig. 14 y 15), concuerdan con las características de la zona frontal subtropical de mezcla detectadas mediante satélites (Fig. 17).

Teniendo en cuenta que la productividad de las regiones de interés pesquero depende de la magnitud de biomasa de todos los eslabones intermedios en la cadena alimenticia de los habitantes del océano y que el plancton que se desarrolla en la zona de fotosíntesis determina la vida a grandes profundidades, la base del enfoque metodológico para la comparación de los indicadores abióticos y comerciales la constitu-

yó una hipótesis sobre la coincidencia de las zonas de elevada productividad a grandes profundidades con las zonas de alta productividad en la capa superficial situadas sobre éstas. Esta hipótesis fue confirmada por los resultados del trabajo.

La posibilidad de estimar de un modo complejo la formación de zonas con elevada productividad, estableciendo la dependencia multifactorial de las condiciones del ambiente, fue determinada por los resultados obtenidos durante las investigaciones sobre propiedades de la circulación de aguas, la variabilidad de procesos, las características de las masas de agua y los límites entre ellas, tanto en la plataforma como en el talud continental del Océano Atlántico Sudoccidental.

Esta información fue complementada con los resultados de los cálculos según la metodología y análisis de balance de campos oceanológicos, que determina las particularidades de interacción de los campos de las concentraciones de sustancia (por ejemplo de oxígeno disuelto o de fosfato) con las corrientes horizontales y verticales.

Como índice de las particularidades de la di-

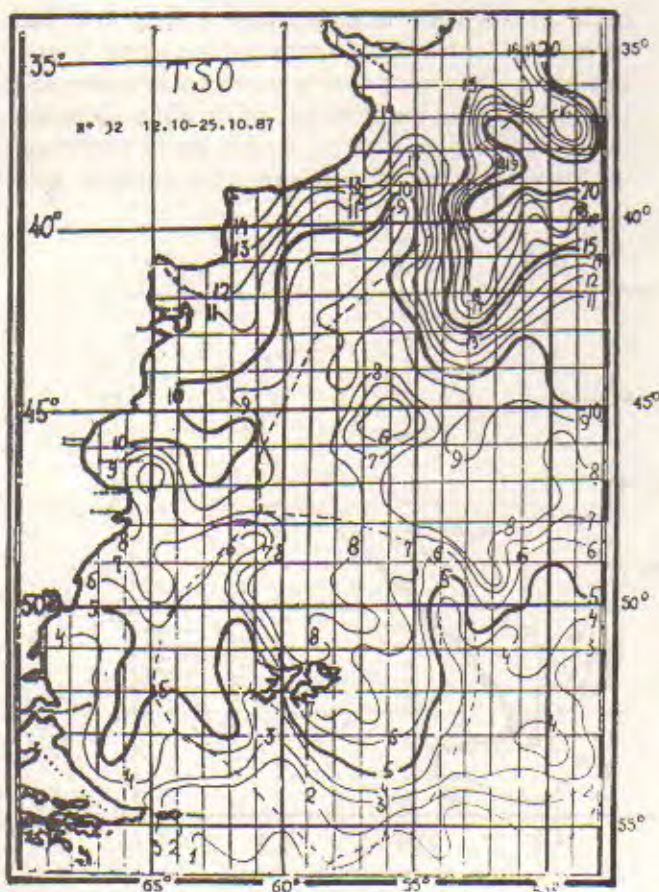


Fig. 17. Mapa de temperaturas del Atlántico Sudoeste según datos satelitarios.

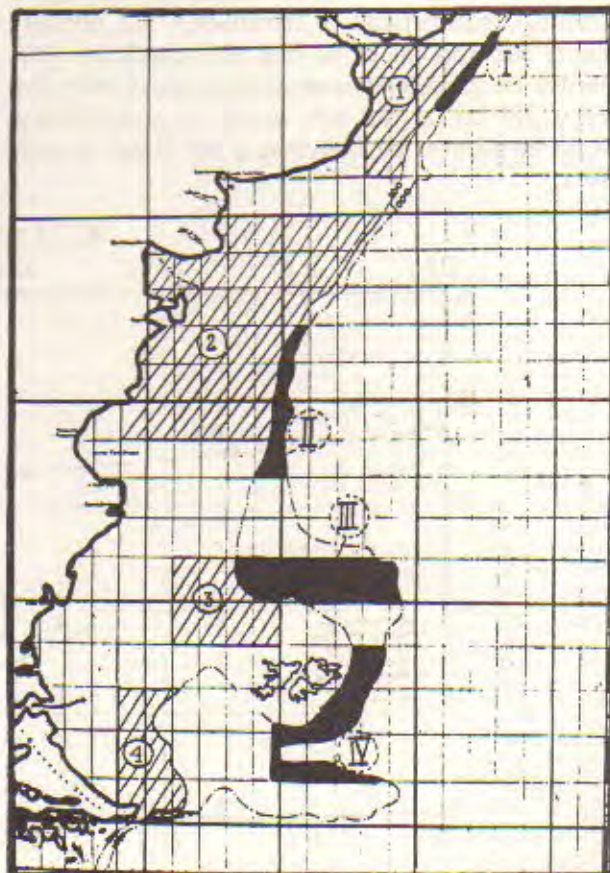


Fig. 18. Zonas de plataforma y talud delimitadas en base a un conjunto de parámetros abióticos.



námica de las aguas en el análisis complejo de factores abióticos se aplicó la información sobre la profundidad e intensidad de la pycnoclina. Así pues, en el complejo de los parámetros abióticos se incluyeron las características y la posición de las zonas frontales, las convergencias y divergencias de las corrientes, la información sobre la posición de las zonas de afloramiento intenso de aguas profundas y distribución de aguas de origen continental, los valores de oxígeno disuelto, los fosfatos y la posición de los focos en la acumulación advectiva de estas sustancias, así como también las características de la profundidad e intensidad de la pycnoclina y la información sobre la posición de las zonas con altos valores de producción primaria y de la biomasa de zooplancton.

Como resultado de estos estudios se ha establecido la posición de las zonas en la plataforma donde se registra la coincidencia espacial de los parámetros abióticos determinados (Fig. 18).

Las condiciones oceanológicas de las zonas septentrionales y centrales caracterizan las regiones de pesca tradicional de la merluza argentina. Los complejos estudios llevados a cabo han permitido considerar con buenas perspectivas desde el punto de vista pesquero, las regiones situadas hacia el oeste y norte de las Islas Malvinas.

A la altura del talud continental (200-1000 metros) en las zonas escogidas se ha establecido la coincidencia espacial de zonas de convergencias de corrientes en capa superficial o profundidades grandes, zonas de ascenso intenso de aguas profundas alcanzando la capa de fotosíntesis, zonas con valores mínimos de profundidad de la pycnoclina y con valores máximos de su intensidad, zonas de acumulación advectiva del oxígeno y de los fosfatos en la capa superficial y a grandes profundidades.

Es necesario subrayar que a diferencia de las regiones de la plataforma, en las cuales el parámetro abiótico principal es la presencia de convergencias de corrientes, las regiones de grandes profundidades sobre el talud manifiestan tres características determinantes: convergencias de

corrientes, ascenso de aguas profundas, alcanzando la superficie y zonas de acumulación del oxígeno y de los fosfatos cuya posición coincide tanto en espacio como en la vertical, es decir, desde las grandes profundidades hasta la capa superficial.

Las particularidades detectadas en las condiciones oceanológicas sobre el talud, en las zonas de su parte central más al norte y sudeste de las Islas Malvinas, caracterizan las regiones donde se localizan y capturan concentraciones comerciales de calamar.

Los datos de las investigaciones de interés comercial sobre las reservas de peces de la región, llevadas a cabo por la Argentina, Japón y la República Federal de Alemania en 1978 - 1979, concuerdan con los resultados de las investigaciones actuales y confirman la situación de las regiones de pesca potenciales establecidas en el presente trabajo (Fig. 18).

Los resultados que se presentan, no pretenden solucionar todos los problemas que existen en el estudio de las condiciones oceanológicas de las aguas aledañas a la costa de Uruguay y Argentina. Los procesos que forman las particularidades de las condiciones hidrológicas, hidroquímicas y biológicas en la zona sudoeste del Océano Atlántico son muy complejos y diversos. Además, la influencia de estos procesos en la determinación de las condiciones naturales del Atlántico Sur es comparable con la influencia del sistema de corrientes de *Gulf-Stream* del Atlántico Nordeste. Este hecho manifiesta la necesidad de unir los esfuerzos de los científicos en muchas direcciones y del desarrollo de la cooperación internacional.

Es natural que la realización de esta misión exigirá la utilización no sólo de las bases de datos oceanológicos acumulados por diferentes países y obtenidos mediante medios tradicionales, sino también una amplia aplicación de datos más correctos, obtenidos mediante equipamiento más moderno y medios de teledetección por satélites artificiales.