

CIRCULACION EN EL GOLFO SAN MATIAS

Alberto R. Piola

Departamento Oceanografía Servicio de Hidrografía Naval

Av. Montes de Oca 2124, 1271 Buenos Aires

Laura M. Scasso

Instituto de Biología Marina y Pesquera "Alte. Storni"

Av. Costanera s/n San Antonio Oeste, 8520 Rio Negro

RESUMEN

Se presentan las distribuciones de temperatura y salinidad características del golfo San Matías basadas en el análisis de los datos históricos disponibles. Cerca de 41° 50' S se observa la presencia de un frente termohalino relativamente intenso orientado en dirección E-O. Al sur del frente se encuentran aguas relativamente frías y de baja salinidad similares a las de la plataforma continental lindera, mientras que al norte las aguas son típicas del golfo, con mayores temperaturas y salinidades. A partir de la distribución de propiedades se infiere la circulación media consistente con los campos de temperatura y densidad. La circulación está caracterizada por un giro ciclónico de unos 70 Km de diámetro ubicado al norte del frente. Al sur del frente, la estructura de la termoclina es compleja y las observaciones insuficientes para inferir la circulación. Finalmente, se describen las propiedades térmicas del golfo en invierno. Las mismas sugieren la ventilación de la totalidad de la columna de agua por convección profunda en esta época del año.

## ABSTRACT

The temperature and salinity distributions within the San Matías gulf, based on the available historical data, are presented and discussed. In the vicinity of  $41^{\circ}50'S$  a relatively intense thermohaline front is found. Relatively cold-fresh waters similar to the open shelf waters are found south of the front while warm-salty waters typical of the gulf are found north of the front. The mean circulation within the gulf, consistent with the temperature and density fields is inferred. The circulation is dominated by a cyclonic gyre of  $\sim 70$  Km diameter located north of the front. South of the front the thermocline structure is complex and not well resolved by the observations. The temperature structure in winter reveals a well mixed water column indicative of deep-reaching convection and bottom water ventilation.

## 1. Introducción

El Golfo San Matías, ubicado aproximadamente entre  $41^{\circ}$  y  $42^{\circ}S$  y entre  $63^{\circ}30'O$  y la costa, es el más extenso de los golfos norpatagónicos. Una de las características sobresalientes del golfo es la topografía del fondo; hacia el este se encuentra la plataforma continental con profundidades del orden de 80 m mientras que en el centro del golfo se han observado profundidades mayores que 200 m (F. Mouzo, comunicación personal, 1985, Fig.1). De la superficie total del golfo aproximadamente un 55% tiene profundidad mayor a los 100 m.

Desde la realización de las campañas Pesquería se han identificado regiones de temperatura y salinidad relativamente altas en las inmediaciones del Golfo San Matías y el Rincón. Lusquiños (1971) sugirió que estas serían aguas poco renovadas o "por lo menos con una velocidad relativa sustancialmente menor a las que se

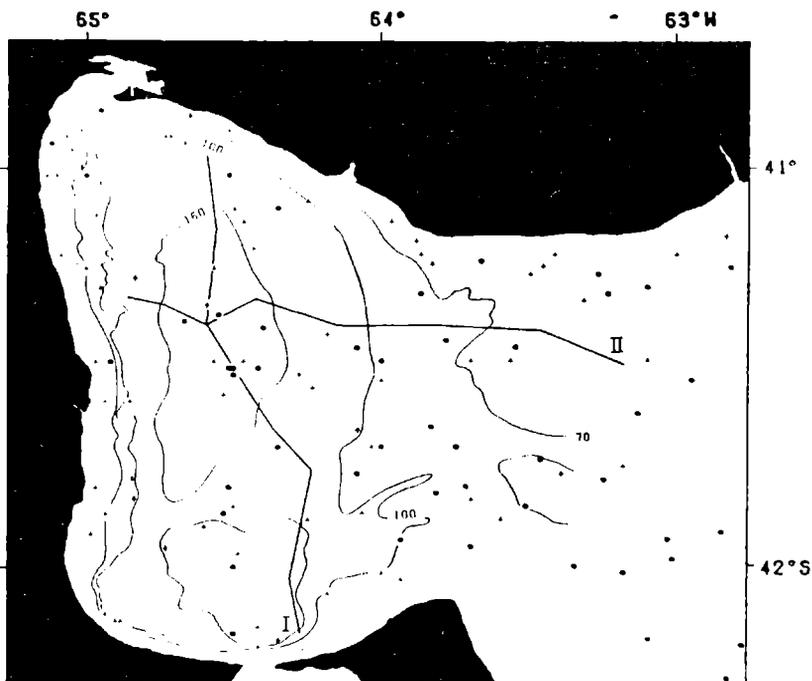


Figura 1: Posición de las estaciones oceanográficas (o) y observaciones superficiales (+) utilizadas. La batimetría simplificada fue provista por F. Mouzo (comunicación personal, 1985). Las líneas I y II corresponden a los cortes transversales de temperatura de las Figuras 3a y 3b respectivamente.

encuentran sobre el resto de la Plataforma Continental Argentina". Por otro lado, Carreto et al. (1974) han sugerido que los valores elevados de salinidad observados en el noroeste del golfo se deben a la elevada tasa de evaporación en regiones poco profundas cercanas a la costa. Lusquiños y Schrott (1983) concluyeron que, en la zona del Rincón, el máximo relativo de salinidad estaría asociado a salitrales próximos al estuario de la Bahía Blanca. Más recientemente, se ha determinado que en el Golfo San Matías se produce un exceso de evaporación sobre precipitación y descarga continental del orden de 100 cm/año mientras que en la plataforma

continental vecina el exceso de evaporación no superaría los 30 cm/año (Scasso y Piola, 1986). Estos resultados sugieren que la alta salinidad observada en las inmediaciones del Golfo San Matías se debe, al menos en parte, al exceso de evaporación.

En este trabajo se analiza la distribución de propiedades en el interior del Golfo San Matías y en sus inmediaciones, con el propósito de inferir las principales características de la circulación media en la región

## 2. Datos

En este estudio se han utilizado los datos de temperatura y salinidad de todas las estaciones oceanográficas disponibles en los archivos del Centro Argentino de Datos Oceanográficos. Dicho conjunto de datos fue ampliado con observaciones superficiales de las mismas variables obtenidas durante las campañas Merluza (Rojo y Silvosa, 1970), Anchoíta (Brandhorst et al., 1971a, b y c) y SAO (Carreto et al., 1974) y estaciones oceanográficas realizadas por el buque EL AUSTRAL, Campaña Golfos NordPat 1.

A fin de lograr una cobertura adecuada de la superficie del golfo también se utilizaron datos de temperatura de batitermógrafo de varias campañas.

## 3. Distribución de propiedades

### a. Superficie

La temperatura superficial media en el Golfo San Matías alcanza un valor próximo a los 18° C en el mes de febrero y desciende hasta aproximadamente 11° C en agosto (Scasso y Piola, 1986). A partir de las observaciones realizadas en las campañas Merluza en 1970 (Rojo y Silvosa, 1970) y Anchoíta (Brandhorst et al., 1971a, b, c) es posible analizar la evolución estacional de las distribuciones

superficiales de temperatura y salinidad. En la Figura 2 se presentan las distribuciones superficiales de temperatura y salinidad correspondientes a los meses de febrero y septiembre de 1970. Durante gran parte del año se observa que la temperatura superficial es entre 1 y 3°C mayor en el sector norte del golfo,

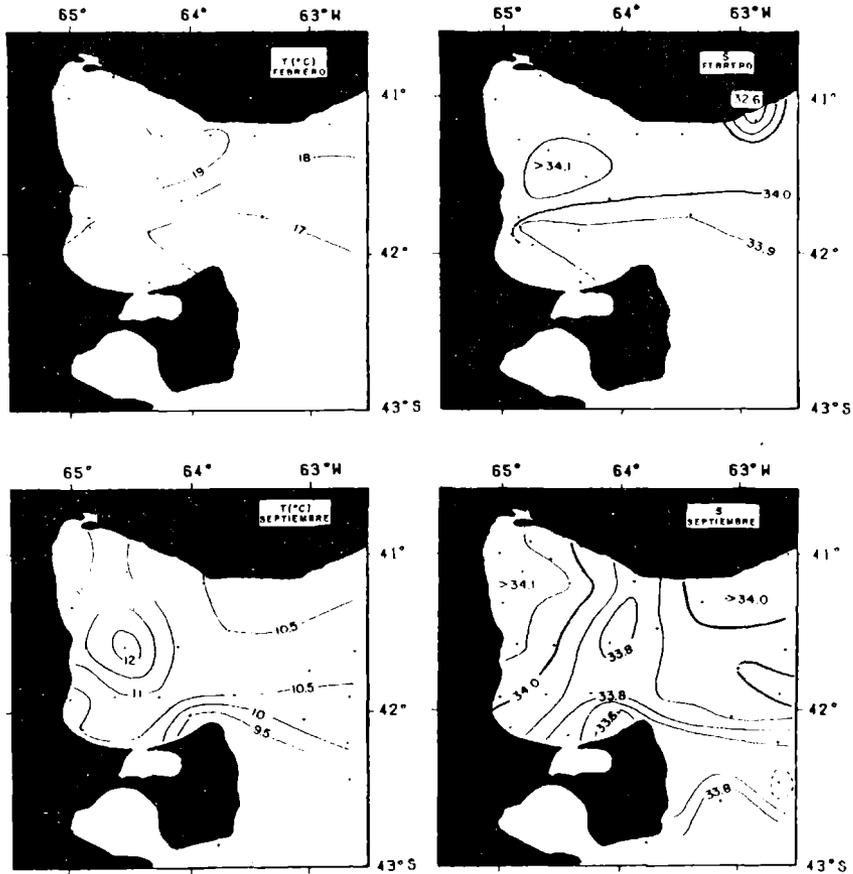


Figura 2: Distribución superficial de temperatura y salinidad en el Golfo San Matías obtenida durante los meses de febrero (a y b) y septiembre (c y d), campañas Merluza y Anchoíta.

aproximadamente al norte de 42°S. Cerca de esta latitud se observa un frente térmico relativamente intenso orientado zonalmente. En junio sin embargo la temperatura superficial presenta variaciones inferiores a 1°C (ver Fig.7, Brandhorst et al., 1971b) y por lo tanto no hay evidencia del frente térmico en superficie.

Durante todo el año se observa que la salinidad aumenta hacia el norte donde alcanza valores mayores que 34 (Fig. 2). Al sur de 42°S la salinidad es menor que 33.9. Al norte de 42°S en cambio las propiedades superficiales son atípicas. La diferencia de salinidad superficial a ambos lados del frente observado es mínima (<0.1) en febrero y alcanza valores de 0.5 en noviembre (Scasso, 1985).

Dado que las aguas de la plataforma continental exterior al golfo están caracterizadas por salinidades inferiores a 33.8 (Lusquiños y Schrott, 1983), se infiere que en el sector sur del golfo existe una mayor influencia de las aguas de la plataforma continental lindera.

#### b. Estructura vertical

Las observaciones de temperatura y salinidad en el interior del golfo son escasas y sólo permiten una descripción grosera de la distribución vertical de estas variables. Al igual que en una gran extensión de la plataforma continental, al comenzar la primavera se forma una termoclina estacional relativamente intensa, ubicada entre los 40 y 100 m de profundidad. La termoclina persiste hasta el comienzo del invierno cuando la columna de agua se homogeniza debido a la cesión a la atmosfera del calor almacenado durante el periodo de calentamiento. La convección vertical en invierno parece afectar a la totalidad de la columna de agua, inclusive a la parte más profunda del golfo donde la temperatura y salinidad observadas son prácticamente iguales a los valores en superficie. La renovación de agua profunda en el interior del golfo se analiza en

detalle en la sección 5.

Con el propósito de aumentar la cantidad de observaciones para el análisis de la estructura vertical y obtener una distribución más homogénea de las mismas sobre la región de estudio, se procedió a analizar observaciones de batitermógrafo. En la Figura 3 se presentan dos secciones verticales de temperatura obtenidas durante la campaña realizada por el buque oceanográfico ARA GOYENA en 1977. Estas secciones son similares a otras obtenidas en diciembre de 1968 y febrero de 1970. Las secciones cruzan el golfo aproximadamente en dirección Norte-Sur (Fig.3a) y Este-Oeste (Fig.3b, ver Fig.1). La temperatura superficial observada durante la campaña fluctúa entre los 17°C en el centro del golfo y 15°C en el sudeste; siendo estos valores típicos del mes de abril, cuando ha comenzado el período de enfriamiento. La termoclina estacional en esta época del año es muy intensa alcanzando un gradiente vertical de temperatura superior a

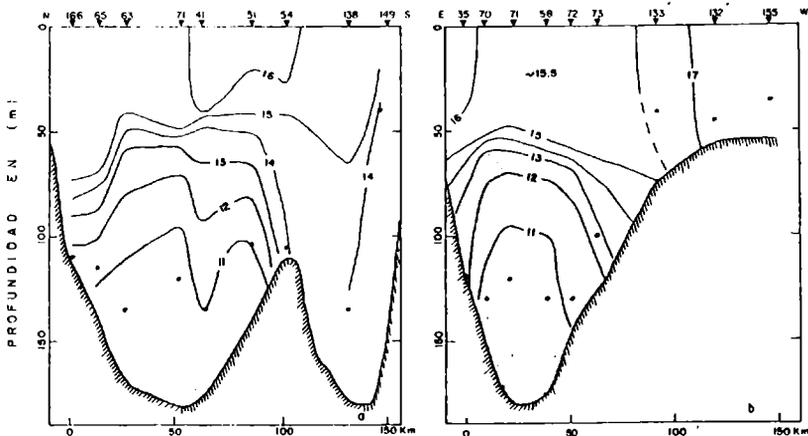


Figura 3: Secciones verticales de temperatura elaboradas a partir de observaciones de batitermógrafo realizadas en abril de 1977. Los puntos indican la máxima profundidad de muestra. (a) sección Norte-Sur, (b) sección Este-Oeste (ver Fig.1).

2°C/10 m. En el centro del golfo, ocupando una extensión Norte-Sur de alrededor de 70 Km, la termoclina se encuentra cerca de los 50 m de profundidad. Hacia los bordes la termoclina se profundiza en forma más o menos abrupta hasta alcanzar una profundidad próxima a los 100 m e intersectar el fondo. En el sector norte del golfo el aumento de la profundidad de la termoclina es aproximadamente coincidente con la disminución de la profundidad del fondo. En cambio hacia el sur, la profundidad es de unos 140 m, la termoclina se profundiza abruptamente hasta intersectar el fondo. Al sur de 41°50'S la columna de agua no presenta estratificación significativa. Por debajo de la termoclina estacional la temperatura continua descendiendo hasta el fondo alcanzando valores inferiores a 11°C en la parte más profunda del golfo.

Existe entonces en la región central, donde la profundidad es máxima, una termoclina bien desarrollada y poco profunda. Donde la profundidad disminuye la termoclina desciende aislando en el centro el agua de mayor densidad. En la periferia de esta región la estratificación disminuye notablemente hasta que en el sudeste la columna de agua es prácticamente homogénea.

#### 4. Circulación

La escasez de observaciones adecuadas de temperatura y salinidad en el interior del Golfo San Matías hace difícil el estudio de la circulación en base al campo de densidad. De existir una relación biunívoca entre temperatura y densidad sería posible en principio utilizar el campo de temperatura para inferir las características de la circulación asociada al campo de densidad. Esto permitiría incorporar datos de batitermógrafo, los que son comparativamente abundantes.

En la Figura 4 se presenta un diagrama de temperatura-salinidad (Fig. 4a) y una distribución de anomalía de densidad en función de la temperatura (Fig. 4b), elaborados a partir de observaciones realizadas en el interior del golfo. Se han discriminado las estaciones realizadas en verano (noviembre a abril) e invierno (mayo a octubre) mostrando claramente la disminución del contraste térmico en invierno y la mayor dispersión a bajas temperaturas. La Figura 4b revela una buena correlación lineal entre la temperatura y la densidad (coeficiente de correlación de 0.96). En invierno, debido a la ausencia de variaciones notables de temperatura, la salinidad es relativamente importante en la determinación del campo de densidad. El desarrollo de la termoclina estacional en verano sin cambios significativos de salinidad implica el desarrollo de una pycnoclina en esta época del año.

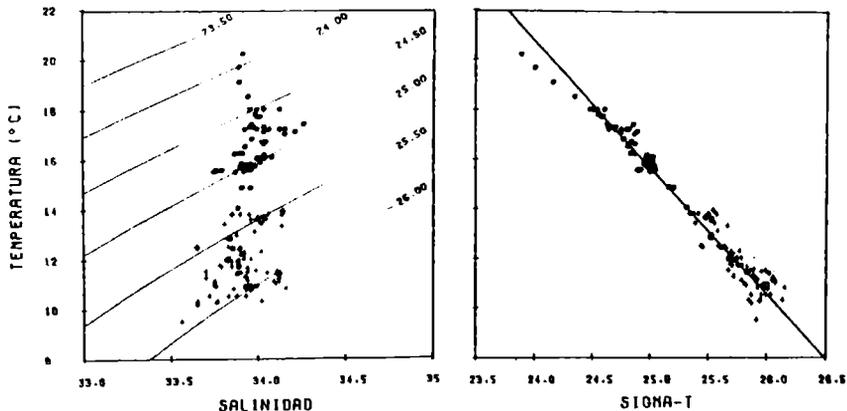


Figura 4: (a) Diagrama conjunto de temperatura-salinidad, (b) distribución de anomalía de densidad ( $\Sigma-T$ ) en función de la temperatura. La posición de las observaciones utilizadas se indica en la Figura 1. Las cruces indican las observaciones de mayo a octubre y los círculos de noviembre a abril.

La utilización de datos de batitermógrafo permite analizar la distribución tridimensional de la temperatura sobre una gran extensión. De este modo es posible determinar con relativa precisión la topografía de la termoclina con el propósito de inferir el sentido de la circulación a partir de la misma. Este análisis debe limitarse necesariamente a aquellas épocas del año en las que la termoclina esta bien definida o sea de noviembre a mayo aproximadamente. La mejor cobertura sinóptica del golfo con observaciones de temperatura se logró en abril de 1977 al obtenerse 64 perfiles verticales.

En base a las secciones de temperatura presentadas en la Figura 3 se seleccionó la isoterma de  $14^{\circ}\text{C}$  como representativa de la temperatura media de la termoclina. La topografía de la isoterma de  $14^{\circ}\text{C}$  (Fig.5) es indicadora entonces de la topografía de la pycnoclina. Al norte de  $41^{\circ}30'S$  la termoclina se encuentra cerca de los 50 m de profundidad y se profundiza superando los 90 m antes de intersectar el fondo hacia el norte. Si bien la cantidad de observaciones disminuye considerablemente, en la región sur del golfo se observan dos regiones relativamente bien definidas. En el sudoeste la termoclina continúa descendiendo hasta alcanzar profundidades superiores a los 110 m mientras que en el sudeste la misma se eleva hasta cerca de 20 m.

Suponiendo equilibrio geostrófico y dado que la topografía de la termoclina estaría bien definida por la topografía de la isoterma de  $14^{\circ}\text{C}$ , la Figura 5 es en primera aproximación una imagen de la circulación media del golfo a principios de abril de 1977. Al norte de  $41^{\circ}40'S$  se observa una circulación cerrada de sentido ciclónico con un radio del orden de 35 Km. Esta región esta asociada a la zona de mayor temperatura y salinidad observada al norte del frente. En el sudeste aparece un segundo giro ciclónico aparentemente

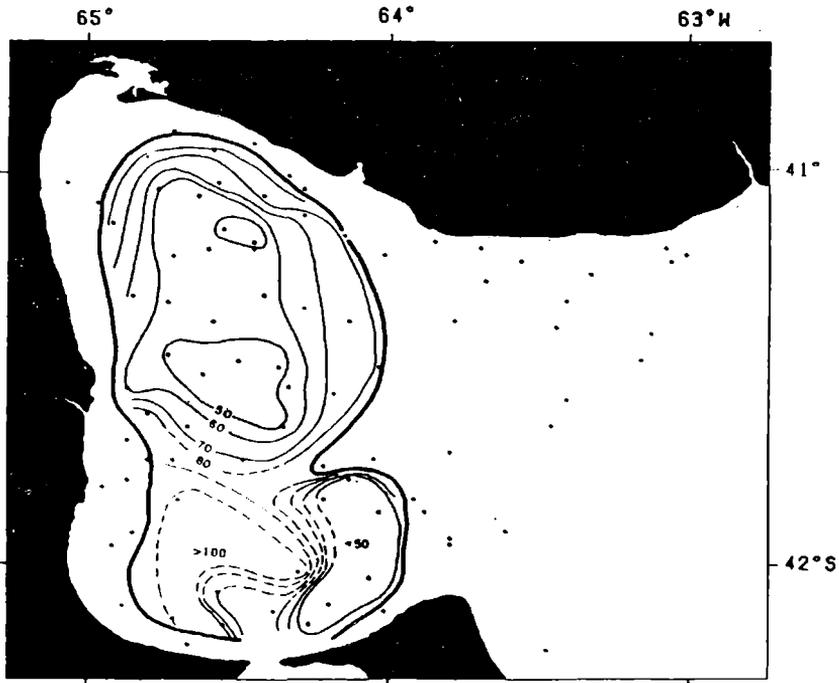


Figura 5: Profundidad de la isoterma de 14°C construida a partir de observaciones de batitermógrafo realizadas en abril de 1977. El sombreado indica las regiones en las que la isoterma se encuentra a menos de 60 m de profundidad. La línea gruesa indica la intersección de la isoterma con el fondo.

separado del descrito anteriormente por una región en la que la termoclina alcanza profundidades próximas a los 80 m. Este giro está asociado a las aguas relativamente frías que ocupan la región al sur del frente (ver sección 3). La falta de observaciones adecuadas impide determinar sin embargo la profundidad de la isoterma de 14°C en el sudoeste.

##### 5. Ventilación del agua profunda

La geometría del golfo está caracterizada por profundidades mayores que 200 m en la parte central las que disminuyen hacia el este hasta alcanzar profundidades menores que 90 m. El análisis de

la estructura vertical del campo térmico (sección 3) indica que en la parte profunda del golfo se encuentran las aguas de menor temperatura ( $T < 11$  C). De acuerdo a la distribución de anomalía de densidad en función de la temperatura, estos valores de temperatura corresponderían a valores de anomalía de densidad del orden de 25.9 a 26.0 Kg/m .

Durante el invierno, la temperatura superficial disminuye a valores próximos a los  $11^{\circ}\text{C}$  al norte de  $41^{\circ}40'\text{S}$  e inferiores a  $10^{\circ}\text{C}$  al sur de esta latitud (Fig.2c), en consecuencia, desaparece la termoclina estacional. El calor entregado a la atmósfera durante el período de enfriamiento sería del orden de  $100 \text{ W/m}$  (Krepper y Bianchi, 1983). Este valor es consistente con un cambio de temperatura del orden de  $6^{\circ}\text{C}$  distribuido en una capa de agua de 70 m de profundidad. La cesión de calor a la atmósfera produce el aumento de la densidad de la capa superior induciendo convección vertical. En la Tabla I se presentan los valores medios de temperatura, salinidad y anomalía de densidad de una estación característica del invierno. La misma revela que la convección vertical producida en invierno se manifiesta hasta las máximas profundidades observadas ( $\sim 150 \text{ m}$ ) lo que conduce a la virtual homogeneización de la columna de agua.

Un perfil vertical de oxígeno disuelto realizado en el mes de noviembre brinda evidencia adicional sobre la renovación del agua de fondo en invierno. Este alcanza los 150 m de profundidad con valores de  $5.3 \text{ ml/l}$ , aproximadamente un 84% del valor de saturación. Teniendo en cuenta que ya a mediados de septiembre se encuentran evidencias de la formación de la termoclina estacional, la que produce el aislamiento del agua profunda, este porcentaje de saturación de oxígeno disuelto sugiere ventilación reciente.

En verano se forma la termoclina estacional debido al

almacenamiento de calor en la capa superior. Este último produce una disminución de la densidad de la capa superior a valores del orden de  $24 \text{ Kg/m}^3$  (ver Fig.4). La distribución de temperatura a 70 m de profundidad (Fig.6) elaborada a partir de los mismos datos utilizados en la Figura 5 muestra claramente la ubicación geográfica de las aguas frías, remanentes del invierno. Al norte de  $41^{\circ}40'S$  se observan temperaturas del orden de  $13^{\circ}\text{C}$  asociadas al giro ciclónico descrito en la sección 4. Observaciones recientes, obtenidas en la misma época del año sugieren que esta estructura es característica de fines del verano.



Figura 6: Distribución de temperatura a 70 m de profundidad en abril de 1977.

En la parte exterior del golfo, aproximadamente al este de  $64^{\circ}0$ , las temperaturas próximas al fondo son del orden de  $14^{\circ}C$  y la anomalía de densidad no supera los  $25.5 \text{ Kg/m}^3$ . Por lo tanto, es poco probable que exista renovación del agua profunda por advección lateral en esta época del año. Esta situación podría mantenerse durante el invierno pues si bien las aguas en el exterior se encuentran completamente mezcladas en esta época del año, su densidad es algo inferior a la observada en el interior (ver Figuras 3 y 4 de Lusquiños y Schrott, 1983). Sin embargo, debido a la escasez de observaciones de invierno en la región sudeste del golfo, donde la temperatura es menor que en el interior, no puede descartarse una contribución de la advección lateral en la renovación del agua profunda.

Observaciones recientes realizadas en el Golfo San José sugieren que el mismo puede transformarse en una potencial fuente de agua densa en invierno. En agosto de 1984 por ejemplo, la anomalía de densidad dentro del San José alcanzó valores superiores a  $26.1 \text{ Kg/m}^3$ . En cambio, en el mismo mes en 1985, la anomalía de densidad no superaba los  $25.8 \text{ Kg/m}^3$  siendo por lo tanto poco probable la ventilación del agua profunda del San Matías ese invierno. Dadas las dimensiones del Golfo San José ( $\sim 795 \text{ Km}$ ), es probable que la densidad de sus aguas sea relativamente sensible a la rigurosidad del invierno y que la misma responda rápidamente a los cambios atmosféricos.

## 6. Discusión y conclusiones

Se ha propuesto un sistema de circulación en el Golfo San Matías que es cualitativamente consistente con la distribución de propiedades y el campo de densidad. La circulación en verano está caracterizada por una celda cerrada de sentido ciclónico, de unos

70 Km de diámetro centrada en 41° 15' S. En las inmediaciones de 41° 50' S durante gran parte del año se observa un frente termohalino orientado en dirección aproximada E-O. Este frente separa aguas relativamente frías y de baja salinidad que ingresan al golfo por el sudeste, de aguas cálidas y de mayor salinidad que son típicas del sector norte del golfo. Si bien el frente no siempre es evidente en la distribución de propiedades, el mismo es aparente con frecuencia en imágenes satelitales de infrarrojo de alta resolución. La utilización de esta información para la identificación del frente y el análisis de su evolución temporal es una extensión natural de este estudio.

Al sur del frente la circulación no está bien definida por las observaciones pero es aparente la presencia de otra celda ciclónica semicerrada de menores dimensiones que la que se encuentra más al norte.

Hay una notable semejanza entre la profundidad de la termoclina (Fig.5) y la batimetría del golfo. La termoclina se profundiza a más de 80 m cerca de 41° 40' S, donde el fondo se eleva desde más de 180 m hasta unos 150 m. Esta semejanza sugiere un acoplamiento del flujo a la topografía del fondo.

Existen por lo menos dos fuentes externas de energía disponibles en abundancia en la zona y que pueden ser importantes en el mantenimiento de la circulación descripta. En primera instancia, la intensidad del viento medio mensual en estaciones costeras en la región es del orden de 5 m/s, y en un sector oceánico que incluye al golfo es de 7 m/s (Scasso y Piola, 1987). Utilizando una ley de arrastre cuadrática, una velocidad de viento de 6 m/s produce una tensión en superficie del orden de  $10^{-1} \text{ N/m}^2$ .

La segunda fuente potencial de energía proviene de las mareas. La amplitud de la componente  $M_2$  alcanza valores de 6 m en regiones

próximas a la costa y 5 m en la parte central del golfo (Mazio y Vara, 1983). Las corrientes de marea asociadas son del orden de 1 m/s (Mazio y Vara, 1983). La mezcla vertical producida por la interacción de las ondas de marea con el fondo puede entonces ser significativa. De las secciones verticales de temperatura obtenidas al finalizar el verano (Fig.3), resulta evidente que la columna de agua es más homogénea en las regiones de menor profundidad. Esta homogeneización podría ser consecuencia de la mezcla turbulenta originada en la interacción entre la marea y el fondo. Una evaluación preliminar de la distribución del parametro de Simpson-Hunter (Simpson y Hunter, 1974), elaborada a partir de un modelo de la componente  $M_2$  de la corriente de marea (Vara y Mazio, 1983) y la topografía del fondo, sugiere que en gran parte del Golfo San Matías la marea cumple un papel de importancia en la determinación de las condiciones de estratificación observadas en verano.

Existe una diferencia esencial entre los forzantes considerados. Por un lado, el viento no presenta variaciones estacionales significativas y por lo tanto, tampoco las presentaría la circulación asociada. El efecto de la marea en cambio se manifestaría sólo en aquellas épocas del año en las que existe una termoclina bien desarrollada. Estas diferencias son susceptibles a comprobación mediante observaciones directas de corrientes a lo largo del ciclo anual. Lamentablemente, la duración de las observaciones de corriente disponibles es insuficiente para la determinación de la circulación media en la región (ver Mazio y Vara, 1983 y Lanfredi y Schmidt, 1979)

Finalmente, en relación al mecanismo responsable de la renovación del agua profunda del golfo, si bien la contribución de la mezcla mecánica producida por el viento puede ser significativa,

la convección profunda en invierno parece el candidato más firme.

#### Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Lic. F. Mouzo quien facilitó la batimetría del Golfo San Matías aún no publicada.

Tabla I. Propiedades de invierno en el Golfo San Matías.

Propiedad	Valor medio	Desvío Est.
Temperatura (°C)	11.26	0.08
Salinidad	33.93	0.00
Sigma-t (Kg/m <sup>3</sup> )	27.915	0.004

Los datos provienen de una estación realizada en agosto de 1978, 41°31'S-64°30'O, 8 muestras de 0 a 148 m de profundidad.

BIBLIOGRAFIA

- Brandhorst, W. y J.P. Castello, 1971a: Evaluación de los recursos de anchoíta (*Engraulis anchoíta*) frente a la Argentina y Uruguay. II Abundancia relativa entre las latitudes 39° y 45°S en relación a las condiciones ambientales en febrero-marzo de 1970. Proyecto de Desarrollo Pesquero. FAO, 32, 1-47.
- Brandhorst, W., J.P. Castello, R. Perez Habiaga y B.H. Roa, 1971b: Evaluación de los recursos de anchoíta (*Engraulis anchoíta*) frente a la Argentina y Uruguay. III Abundancia relativa entre las latitudes 34° 40' y 42°S en relación a las condiciones ambientales en mayo-junio de 1970. Proyecto de Desarrollo Pesquero. FAO, 34, 1-39.
- Brandhorst, W., J.P. Castello, R. Perez Habiaga y B.H. Roa, 1971c: Evaluación de los recursos de anchoíta (*Engraulis anchoíta*) frente a la Argentina y Uruguay. IV Abundancia relativa entre las latitudes 34° 30' y 44° 10' S en relación a las condiciones ambientales en agosto-septiembre de 1970. Proyecto de Desarrollo Pesquero. FAO, 36, 1-35.
- Carreto, J.I., A.B. Casal, A. Hinojal, M.A. Laborde y C.A. Verona, 1974: Fitoplancton, pigmentos y condiciones ecológicas del Golfo San Matías, Inf. C.I.C. (Buenos Aires), 10, 76pp.
- Krepper, C.M. y A.A. Bianchi, 1983: Balance calórico del Mar Epicontinental Argentino. Acta Oceanographica Argentina, 3(1), 119-133.
- Lanfredi, N.W. y S.A. Schmidt, 1979: Golfo San Matías (Estudio de corrientes - 1977), Depto. Oceanografía SIHN, IC-IT-79/05.
- Lusquiños, A.J., 1971: Oceanografía Física. En: Datos y Resultados de las Capmañas "Pesquería", PESQUERIA X, Proyecto de Desarrollo Pesquero, Serie de Informes Técnicos, 10/X, Mar del Plata.
- Lusquiños, A.J. y A.G. Schrott, 1983: Corrientes en el Mar

- Epicontinental Argentino en invierno, Subsecretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires, 69pp.
- Mazio, C.A. y C.D. Vara, 1983: Las mareas del Golfo San Matías, Depto. Oceanografía SIHN, Inf. Tec. 13/83.
- Rojo, A.L. y J.M. Silvosa, 1970: La Merluza en los Golfos San Matías, Nuevo y en la plataforma adyacente, Proyecto de Desarrollo Pesquero, Ser. Inf. Tec., Publ. 23, 1-34, Mar del Plata.
- Scasso, L.M., 1985: Algunas características oceanográficas del Golfo San Matías, Escuela de Oceanografía, Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- Scasso L.M. y A.R. Piola, 1986: Intercambio neto de agua entre el mar y la atmósfera en el Golfo San Matías. Enviado a Geoacta.
- Simpson, J.H. y J.R. Hunter, 1974: Fronts in the Irish Sea, Nature, 250, 404-406.
- Vara, C.D. y C.A. Mazio, 1983: Corrientes de marea en el Golfo San Matías, Depto. Oceanografía, SIHN, Info. Tec., s/n.