

GEOLOGÍA SUBMARINA DEL GOLFO NORPATAGÓNICO SAN MATÍAS

Félix H. MOUZO¹ y Carlos M. PATERLINI^{2,3}

¹ Geólogo Independiente. Email: fhmouzo@gmail.com

² Servicio de Hidrografía Naval, Ministerio de Defensa

³ COPLA, Ministerio de Relaciones Exteriores, Buenos Aires. Email: cmpaterlini@yahoo.com.ar

RESUMEN

Se presentan datos del levantamiento y estudio geológico del golfo norpatagónico San Matías, realizado por el Servicio de Hidrografía Naval, a modo de aporte al reiterativo asunto del origen del golfo y para sumar conocimiento a una extensa región de la plataforma continental argentina. La morfología, los sedimentos, la estructura sísmica somera, y la estratigrafía indican que el golfo se formó en el Último Interglacial durante la transgresión pleistocena (MIS 5 *sensu lato*) como resultado de retroceso costero y de inundación de una depresión subaérea similar a otras depresiones hoy cercanas a la costa. La regresión del mar pleistoceno originó un pequeño mar cerrado que podría haber descendido su nivel hasta la actual isobata de 100 m antes de ser nuevamente invadido por el mar durante la transgresión holocena. La ausencia de evidencias estructurales de importancia en las capas subhorizontales y estratificadas de la depresión que aloja las aguas del golfo, sugieren procesos múltiples de erosión con una importante influencia de la deflación como causa de la depresión.

Palabras clave: *Morfología, sedimentos, depresiones cerradas, tectónica, deflación, transgresiones marinas.*

ABSTRACT

Submarine geology of North Patagonian Gulf San Matías

Results of the geological-geophysical survey and study of the North Patagonian gulf San Matías by the Argentine Naval Hydrographic Service are shown with the aim of helping to solve the long-standing issue of the gulf's origin, and to add knowledge to a large area in the Argentine continental shelf. Morphology, sediments, shallow seismic structure, and stratigraphy, indicate that the inception of the gulf occurred in the Last Interglacial (MIS 5 *sensu lato*) during the Pleistocene transgression as a result of coastal retreat and flooding of a preexistent subaerial depression similar to other depressions currently found close to the coastline. Regression of the Pleistocene sea caused a small inland sea which might have had a lowstand at the current 100 m contour before being again invaded by the sea during the Holocene transgression. Lack of significant structural evidences in the subhorizontal, stratified Middle Tertiary beds of the depression, suggests multiple erosion processes with major deflation influence as the cause of the depression holding the gulf's water.

Keywords: *Morphology, sediments, closed depressions, tectonics, deflation, marine transgressions.*

INTRODUCCIÓN

El golfo San Matías es el mayor de tres golfos -junto con el San José y el Nuevo- ubicados en el sector NO de la plataforma patagónica norte. De ellos, dos muestran la anomalía de contener -adyacentes a la costal- las mayores profundidades de la plataforma continental argentina, también mayores que la del borde de la plataforma, y dispuestos de tal manera que los golfos definen ese llamativo rasgo costero denominado península Valdés. Geológica y oceanográficamente esos golfos

no son de fácil explicación y sólo se conocen en el mundo muy pocos ejemplos parecidos. Su origen, indudablemente común, es tema de debate. Al inicio fueron atribuido a causas tectónicas en base a lineaciones costeras y a alguna falla supuesta (Windhausen 1918, 1931, Rovereto 1921) que no consideraban la idea de Ameghino (1906) de que el golfo San Matías y el San Jorge no se debían al descenso de la costa sino a su destrucción por la erosión del mar que, tras la regresión del mar Entrerriense, avanzó sin cesar hacia el oeste. El origen tectónico de los golfos es aún sostenido en algunas pu-

blicaciones, aunque ya hace tiempo se pudo sospechar que el golfo Nuevo se debía a la submergencia, durante el Pleistoceno o el Holoceno, de una depresión cerrada de origen subaéreo (Mouzo y Garza 1975). Luego se mostraron evidencias de que ese fue el origen del golfo San José durante la transgresión holocena (Paterlini y Mouzo 2013) y lo mismo para el golfo San Matías en tiempos del Último Interglacial (Mouzo 2014), estos dos últimos trabajos basados también en aspectos parciales de las campañas que aquí se presentan. A fines de la década de 1970, como parte de

su misión específica, el Servicio de Hidrografía Naval (SHN) llevó a cabo campañas en el golfo San Matías y el golfo San José con el buque oceanográfico A.R.A. Goyena. Los datos de esa campaña útiles a fines científicos, complementados con algunos del A.R.A. Puerto Deseado y otros obtenidos por el SHN con el B.O. El Austral, más líneas de reflexión sísmica y de sondaje registradas en pruebas de mar cedidas por la empresa LOXX Service, constituyen el material procesado y estudiado en el SHN que aquí se da a conocer.

Los objetivos de este trabajo son: i) contribuir al conocimiento de la geología marina de un sector considerable de la plataforma continental argentina que guarda datos significativos para la resolución de viejos problemas de la geología de la meseta patagónica, como el de los “rodados patagónicos” y los grandes bajos sin salida; y, ii) ampliar y reforzar las evidencias sobre el origen de los golfos norpatagónicos por la inundación marina de depresiones cerradas preexistentes, de origen subaéreo, en tiempos muy recientes.

UBICACIÓN Y MARCO GEOLÓGICO

El golfo San Matías se ubica en la plataforma continental argentina comprendida entre $40^{\circ}45'$ y $42^{\circ}15'S$, está centrado aproximadamente en los $64^{\circ}30'O$ (Fig. 1a) y se comunica a través de una muy amplia boca con la plataforma continental abierta.

En su costa norte hay una calera poco profunda - Calera de los Loros - y en su extremo NO se desarrolla una amplia bahía - Bahía de San Antonio - a causa de la invasión marina de gran parte de una depresión continental preexistente, el Gran Bajo de San Antonio (Mouzo 2014). su sector meridional se une, a través de un angosto estrecho, con un golfo interior, el golfo San José.

El golfo San Matías presenta además la rara anomalía batimétrica de tener su fondo a profundidad mayor que la del borde de la plataforma continental en la misma latitud (Fig. 1b) y comparte características físicas y morfológicas tanto con el golfo San José (Paterlini y Mouzo 2013) como con el golfo Nuevo (Mouzo y Garza 1975) el cual, a su vez, está separado del golfo San José por el istmo Carlos Ameghino, una divisorio trestre de tan sólo 5 km de ancho.

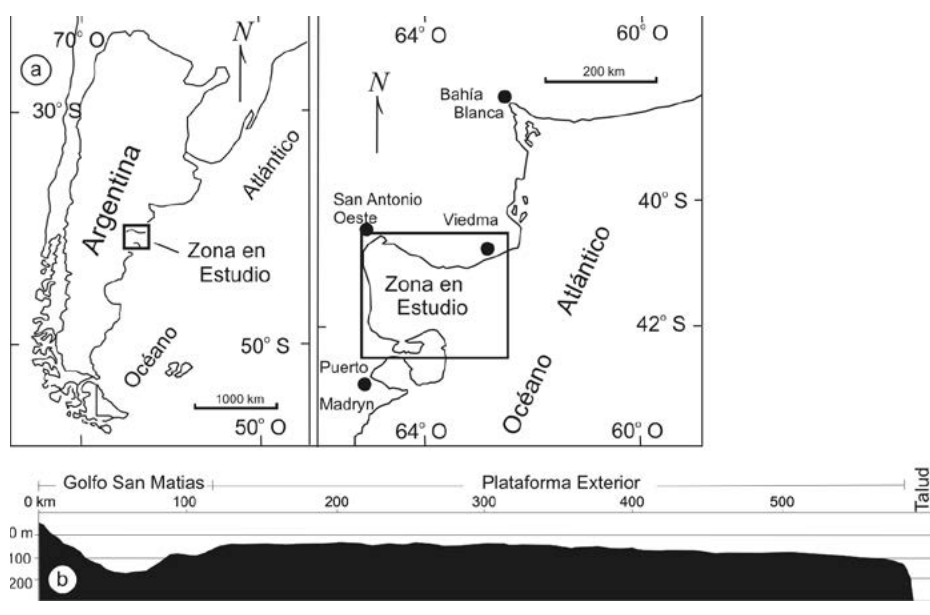


Figura 1: Ubicación de la zona en estudio; b) Perfil topográfico a los $41^{\circ}S$ de la plataforma continental mostrando la anomalía batimétrica del golfo San Matías (modificado de Mouzo 1996).

La geología regional que se describe para los sectores continentales que rodean al golfo San Matías se basa en Hojas Geológicas y Boletines descriptivos del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), como los trabajos de: de Alba (1964), Methol (1980), Haller (1981), Lizuain (1983), Sepúlveda (1983), Weber (1983), Haller *et al.* (2001), Martínez *et al.* (2001), y Etcheverría *et al.* (2006). También se emplearon datos de Stipanovic y Methol (1980). Para la geología de las cuencas costa afuera que rodean al golfo San Matías -cuencas del Colorado y de Valdés- se han considerado los trabajos de Zambrano (1980), Fryklund *et al.* (1996), Marinelli y Franzin (1996), y la síntesis de Lesta (2002).

Esos trabajos muestran que alrededor del golfo San Matías se encuentran básicamente dos tipos de rocas de diferentes resistencias a la erosión marina, como ya lo hiciera notar Ameghino (1906): las rocas “duras” del Macizo Norpatagónico sobre las que se apoya al O el golfo San Matías y las rocas “blandas” que forman las costas al N y al S del golfo. Las primeras son metamorfitas precámbricas de diversos grados, areniscas ferríferas silúrico-devónicas, intrusiones graníticas pérmico-carboníferas, riolitas, ignimbritas y tobas jurásicas, y reducidos asomos de sedimentitas cretácicas de origen pacífico, mientras las segundas son sedimentitas poco consolidadas, con bancos calcáreos a veces

cementados, correspondientes al Patagónico y Rionegrés (Mioceno-Plioceno), cubiertas por Rodados Patagónicos.

Las rocas “duras” constituyen el basamento en la región, detectado magnéticamente bajo las aguas del golfo a profundidades crecientes hacia el E, que cubre enteramente la mitad SO del golfo San Matías (Mouzo y Paterlini 1985). Estructuralmente, la región del golfo se ubica en un alto del basamento que separa las cuencas costa afuera de Valdés y del Colorado, por lo que comparte algunas características estratigráficas de ambas. Esas cuencas post-jurásicas poseen un estilo estructural de fallas extensionales con desarrollo de hemigrábenes. Las fallas, sin embargo, muy rara vez afectan los depósitos post-cretácicos y si lo hacen es sólo en el límite inferior de las capas terciarias. Las secciones superiores del Terciario sólo muestran un plegamiento muy suave y pequeñas fallas de ajuste en las capas del subfondo del golfo (Mouzo 2014).

Los sedimentos terciarios que forman las costas al S, al SE, y al N del golfo San Matías, corresponden a transgresiones marinas atlánticas del Neógeno que cubrieron amplias zonas de la Patagonia. La subsecuente erosión causó la remoción de secciones enteras de su estratigrafía regional en las extensas - y muy abundantes - depresiones sin salida, muchas de ellas con su piso muy por debajo del nivel del mar actual. Las uni-

dades litoestratigráficas en la región han recibido diversas denominaciones formales o informales según las diferentes zonas en que fueron descritas, por lo cual se ha preferido utilizar algunas denominaciones informales pero ampliamente usadas y con un significado comúnmente aceptado, como las de Rodados Patagónicos, Patagioniense, Rionegrense, etc.

ANTECEDENTES

Las ideas iniciales

Los golfos patagónicos entran en la consideración geológica durante los estudios iniciales de la geología patagónica. Con argumentos ya mencionados, Ameghino (1906) no piensa en un origen tectónico para los golfos. Sin embargo, años después, Windhausen (1918, 1931) y Rovereto (1921) atribuyen el origen de golfos y depresiones sin salida a causas tectónicas. Feruglio (1950) en cambio, sostiene que a fines del Terciario o en el Cuaternario inferior las costas de la Patagonia casi se ajustaban a su actual recorrido, con retroceso sensible durante el Pleistoceno debido a la erosión marina, sin creer que la costa actual coincidiera con grandes fracturas de la corteza terrestre -como sostenía Windhausen (1918)- señalando que en la costa actual las fallas son poco numerosas, salvo cerca de Comodoro Rivadavia, que los rechazos generalmente no pasan de 5-10 m y llegan a los 20-50 m sólo como excepción, y también atribuye a la deflación (Feruglio 1949) parte importante en el desarrollo de los bajos sin salida de la Patagonia. En un comentario sobre la deflación en relación a los bajos sin salida Zambrano (1973) retoma la idea de Feruglio (1949) y sugiere ampliar la influencia eólica a las zonas centrales de los golfos San Jorge y San Matías.

La investigación en el mar

Batimetría y sedimentos: La información inicial fue la del SHN (1928) con la primera carta náutica integral de los golfos San Matías y San José, con notaciones de los sedimentos del fondo; Mouzo y Garza (1975) con el B.O. El Austral, muestran batimetría y sedimentos en el golfo Nuevo, sugiriendo que la depresión que ocupa ese golfo fue modelada por agentes subaéreos antes de ser invadida por el mar, posiblemente durante el Holoceno y descartando un origen tectó-

nico; los minerales y la granulometría de los sedimentos superficiales del golfo San Matías fueron tratados por Gelós *et al.* (1988) con datos del B.O. Puerto Deseado; Aliotta *et al.* (2000) definen en un resumen facies acústicas de sedimentos a profundidades de 80 m en la boca el golfo San Matías y su plataforma adyacente.

Ondas de arena: Granelli (1959), dio inicialmente noticia de esas formas gigantes en el golfo San Matías con registros del R/V Vema; Pierce *et al.* (1969) las describen en el golfo San Matías con datos del USC&GS Oceanographer; So *et al.* (1974), las estudian en el golfo San Matías con datos de los buques USCG Edisto y Glacier, y del USC&GS Oceanographer, sosteniendo que están en movimiento hacia el O y causando pérdida de profundidad en gran parte de la bahía (sic); Mouzo *et al.* (1974), con el B.O. El Austral, observan el límite oriental del campo de ondas al NE de la boca del golfo San Matías entre los paralelos 40°S y 41°S; Achilli y Aliotta (1992) con datos del B.O. Puerto Deseado describen ondas de arena próximas a la boca del río Negro; Schnack *et al.* (1996) señalan formas de fondo en la entrada a la bahía de San Antonio; Gagliardini *et al.* (2005), con imágenes de satélites para la boca del golfo San Matías que sugieren como posible apoyo a tareas batimétricas y -aun reconociendo las limitaciones del método- exhiben rasgos que atribuyen por igual a ondas de arena -conocidas desde 1959- como a otros rasgos de mayor dimensión que aparecen en las cartas del SHN ya desde 1928.

Altos y bajos alineados: Pierce *et al.* (1969) muestran en la batimetría del golfo San Matías numerosos altos y bajos algo alineados NO-SE que interpretan como un cordón hundido en la parte N del golfo, sin poder explicar el origen de tales rasgos; Kostadinoff (1992), siguiendo a Pierce *et al.* (1969), acepta la existencia de depresiones alineadas en el fondo del golfo San Matías y supone que los golfos se deben a fallas, lo que extiende a las salinas en la península Valdés.

Retroceso costero: Kokot y Chomnalez (2012) presentan evidencias de retroceso costero en la zona del balneario Las Grutas, sobre la costa O del golfo San Matías.

Información geofísica: Mouzo y Paterlini (1985) con levantamientos magnéticos del SHN en el golfo San Matías y el golfo San José, muestran los probables límites costa

afuera de la prolongación submarina del Macizo Norpatagónico; Kostadinoff (1992) vincula datos magnéticos del B.O. El Austral en el golfo San José con información gravi-magnetométrica del istmo-península Valdés y una sección sísmica del B.O. Puerto Deseado en el golfo San Matías, concluyendo que en el basamento del golfo San Matías y de la península Valdés existe un pilar que “habría sufrido desde el Paleozoico hasta la actualidad movimientos epirogénicos que serían responsables de la formación de las puntas y bajos de la península”. Paterlini y Mouzo (2013) con datos del A.R.A. Goyena para el golfo San José concluyen que ese golfo conectado al golfo San Matías se originó con la submergencia de una depresión subaérea sin salida, cuando el nivel del mar estaba unos 30 m por debajo del actual en la transgresión del Holoceno; Isla (2013) informa el curioso hallazgo de un fragmento de madera del fondo del golfo San Matías, con el que fecha la submergencia del golfo en 11.310 ± 150 años C14 AP y en base a un modelo digital de elevación, considera la morfología y el campo de ondas en el golfo, aunque sus conclusiones apuntan más a cambios en el nivel del mar en el Holoceno que al golfo San Matías propiamente dicho al que supone de origen tectónico; Mouzo (2014) presenta información sísmica inédita del A.R.A. Goyena y datos geológicos costeros, concluyendo que el golfo San Matías se originó por submergencia de una depresión subaérea durante el Último Interglacial (MIS 5), sin encontrar evidencias de un origen tectónico.

METODOLOGÍA

La información original aquí empleada consiste en líneas de sondaje continuo, registros de magnetismo marino y sísmica de reflexión de alta resolución, muestras de sedimentos del fondo y testigos verticales de las campañas G-0476, del A.R.A. Goyena y PD-0184 del A.R.A. Puerto Deseado, complementados con datos del B.O. El Austral y otros cedidos por la empresa LOXX Service, todos procesados y analizados en el SHN. Para zonas cercanas a la costa no cubiertas por razones de seguridad se usaron datos de la carta náutica H-214 (SHN 2000) y planos de sondaje inéditos del SHN. Los planos de control de las líneas de sondaje, de sísmica y del muestreo de sedimentos se

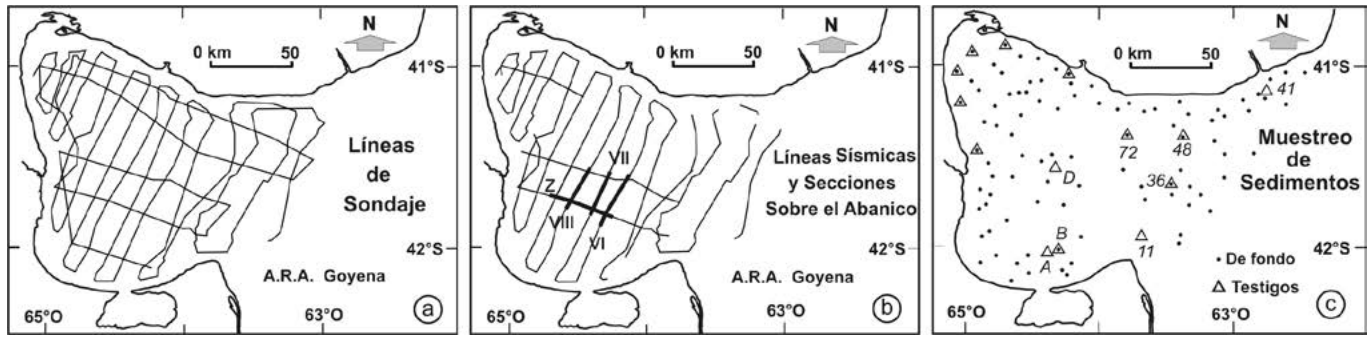


Figura 2: Planos de control de la obtención de datos y muestras de: a) Sondajes; b) sísmica, donde las secciones resaltadas se consideran en el texto; c) ubicación de las muestras de sedimentos.

presentan en la figura 2.

En las campañas se emplearon los métodos de posicionamiento disponibles en 1977 -navegación astronómica, de estima y costanera - con apoyo de radar de navegación, suplementados en 1984 por el sistema satelital NAVSAT del A.R.A. Puerto Deseado. Para la batimetría se emplearon: a) fuente sónica EDO-AN/UQN-1f, de 12 kHz acoplada a un registrador gráfico EPC Modelo 4100 con papel electrosensible seco NDK y, b) sonda Kelvin Hughes MS-32-F de estilo giratorio circular y papel de registro seco.

La velocidad de sonido adoptada fue de 1500 m/s. Los sondajes se corrigieron por calado pero no por marea, al no contarse con plano de reducción unificado para la zona. Los cruces de líneas de sondajes no resultaron en diferencias grandes, por lo que el efecto de la marea no resulta significativo si se tiene en cuenta la escala de presentación de datos y el criterio morfológico empleado en el trazado de las curvas de nivel. Los sondajes se volcaron sobre un plano en proyección Mercator a escala de 1:250.000 a 0° de latitud (Ecuador). Trazadas las curvas de nivel, se lo redujo a escala de 1:1.000.000 a 0° de latitud, ajustándose a la metodología de las Cartas GEBCO, de las cuales el SHN es miembro contribuyente. La costa fue luego incorporada por reducción mecánica y fotográfica a partir de cartas del SHN.

La carta de topografía submarina emplea una equidistancia de 10 m, compatible con la densidad de sondajes disponible y con la finalidad de resaltar los rasgos mayores de la topografía submarina, aunque no necesariamente refleje las condiciones del relieve menor. La topografía representada podrá quedar sujeta a correcciones menores en el futuro, por alguna incertidumbre en la na-

vegación motivada por las fuertes corrientes superficiales, la densidad de los sondajes y la falta de corrección por marea, pero el criterio morfológico empleado en el trazado de las curvas de nivel y la escala elegida minimizan esos efectos. Se hace notar que las isobatas en la boca del golfo y la plataforma adyacente aparecen sensiblemente desplazadas hacia a la costa norte, diferenciándose de las cartas náuticas, y especialmente notable es la isobata de 50 m, aunque aplicable a cualquier otra profundidad en la zona. La disparidad se debe al diferente criterio aplicado en este trabajo al trazar las isobatas y el que usualmente siguen las oficinas hidrográficas. Para éstas, prevalece el criterio de la seguridad náutica, que garantiza que en la zona cubierta por la isobata no se encontrarán profundidades menores. Por ejemplo, en una zona de ondas de arena, los sondajes - y las isobatas - se referirán a la profundidad de la cresta y no a la de la base de las ondas, mientras que en la figura 3 se desprecian las irregularidades locales normalmente superpuestas al relieve regional. Por otra parte, los sondajes impresos en las cartas náuticas resultan de un promedio sobre un área de extensión variable, al igual que los obtenidos de sistemas estadísticos digitales de trazado de isobatas, lo que muchas veces tiende a oscurecer los rasgos más significativos; para morfología, esos sistemas deben emplearse con mucha cautela. También, hay que notar que las profundidades indicadas en las cartas náuticas están referidas a un plano que siempre está bien por debajo del nivel medio del mar.

En las tareas de sísmica de reflexión de alta resolución se empleó un "sparker" EG&G modelo 248 como fuente de energía y un arreglo de 8 hidrófonos (anguila) como re-

ceptor monocal, junto con un registrador EG&G Modelo 255 de papel electro-sensible. Las señales fueron graficadas en el rango de 0-200 ms, siendo 10 ms = 1cm. Se empleó una potencia de 700 Joules; las señales pasaron por un filtro pasabanda fijado generalmente en 300-1500 Hz, con una ganancia de 40 dB. Los datos del A.R.A. Goyena fueron complementados ya bien con otros obtenidos por el SHN con el B.O. El Austral empleando el mismo equipamiento y condiciones, tanto como con registros cedidos por la empresa LOXX Service, obtenidos con una fuente Uniboom -Subtow y un sistema de registración digital.

La información magnética se obtuvo con un magnetómetro de precesión nuclear y los resultados ya fueron adelantados en otra publicación (Mouzo y Paterlini 1985).

Para el estudio de los sedimentos superficiales se emplearon extractores de balde tipo "Shipek" para obtener muestras sin disturbar y un sacatestigos a pistón tipo Ewing de media tonelada, con recuperación efectiva de testigos verticales de hasta 5 m de longitud, lamentablemente perdido durante la última maniobra impidiendo la obtención de más testigos.

BATIMETRÍA Y SEDIMENTOS

Batimetría

Más de la mitad de la región de la boca del golfo San Matías (Fig. 3) tiene profundidades de entre 50 y 70 m, que también dominan en una amplia región de la plataforma continental abierta donde - no mostrados en la carta - abundan sondajes menores aisladamente. Frente a la punta Norte las profundidades son más irregulares y llegan casi hasta los 100 m. Entre las puntas Belén y

Norte se encuentran zonas de 50 a 100 m y hacia el O las profundidades son progresivamente mayores, indicando el borde oriental de la depresión que contiene al golfo.

Las isobatas marcan un amplio espolón en la región central, con rumbo NE-SO y suaves pendientes. La parte central de la cuenca presenta una distribución de isobatas concéntrica y bastante regular que puede exceder los 170 m de profundidad y muestra dos hoyas a más de 180 m, orientadas meridionalmente con fondo subhorizontal. Frente a la costa N la profundidad disminuye muy abruptamente desde los 100 m hacia la costa. En el resto de las costas, en una franja desde los 140-100 m hacia la costa, las isobatas muestran un diseño mucho más irregular.

La profundidad máxima registrada durante este trabajo fue de 191 m en la hoya S, y así resulta unos 36 m mayor que la profundidad de 155 m determinada por Lonardi y Ewing (1971) para el borde de la plataforma continental a los 41° S, condición ilustrada en la figura 1b. Este rasgo batimétrico constituye una rara anomalía en las plataformas continentales del mundo, como se desprende del análisis de las Cartas GEB-CO (1984).

Sedimentos

La distribución textural de los sedimentos superficiales del golfo San Matías a partir de 106 muestras procesadas en el SHN (Fig. 2c) sigue la clasificación de Shepard (1954) modificada, se indica en la figura 4 y responde ajustadamente a los conceptos clásicos de distribución – las fracciones más gruesas próximas a la costa y los grados más finos alejados de la costa y a mayor profundidad – aunque no faltan excepciones, como en la zona profunda frente a la punta Norte, donde aparecen grados más gruesos – gravas y gravas arenosas – a profundidades mayores que las del campo de arenas que las rodea, apuntando así a un carácter relicto. Se debe aclarar que algunas zonas mapeadas como de gravas – o conteniéndolas – pueden corresponder a conchas o sus fragmentos con esa granulometría. Por otra parte, cuando las gravas están formadas por rodados, éstos son del tipo patagónico.

Los sedimentos varían entre arenas limpias, gravas, y fangos –o sus mezclas transicionales– y resultaron predominantemente inte-

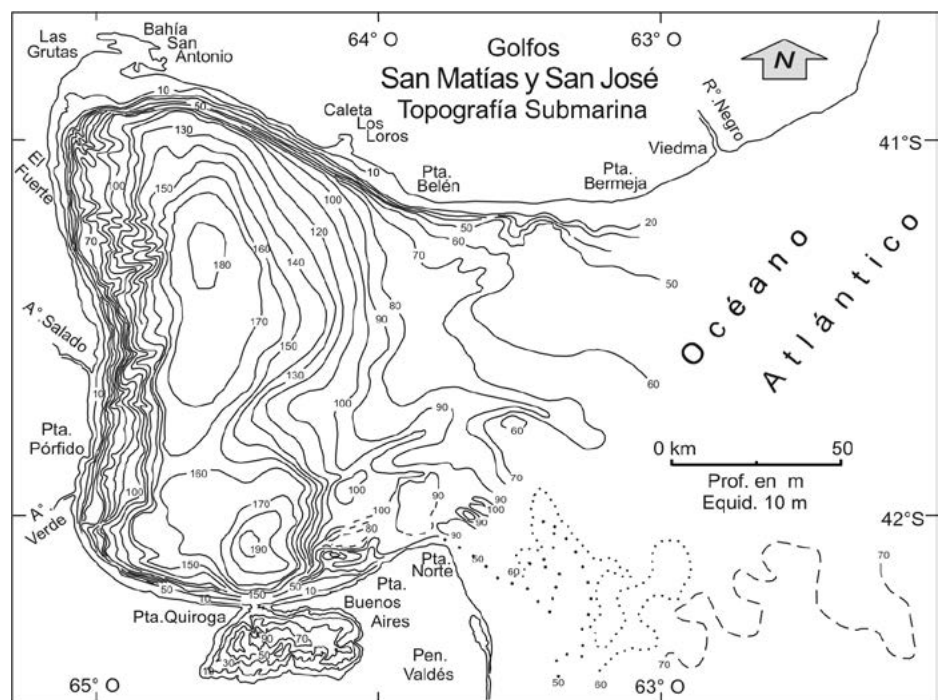


Figura 3: Topografía submarina del golfo San Matías, con agregado de isobatas de la Carta H-214 al NE y al E de la península Valdés. Se muestran también el golfo San José.

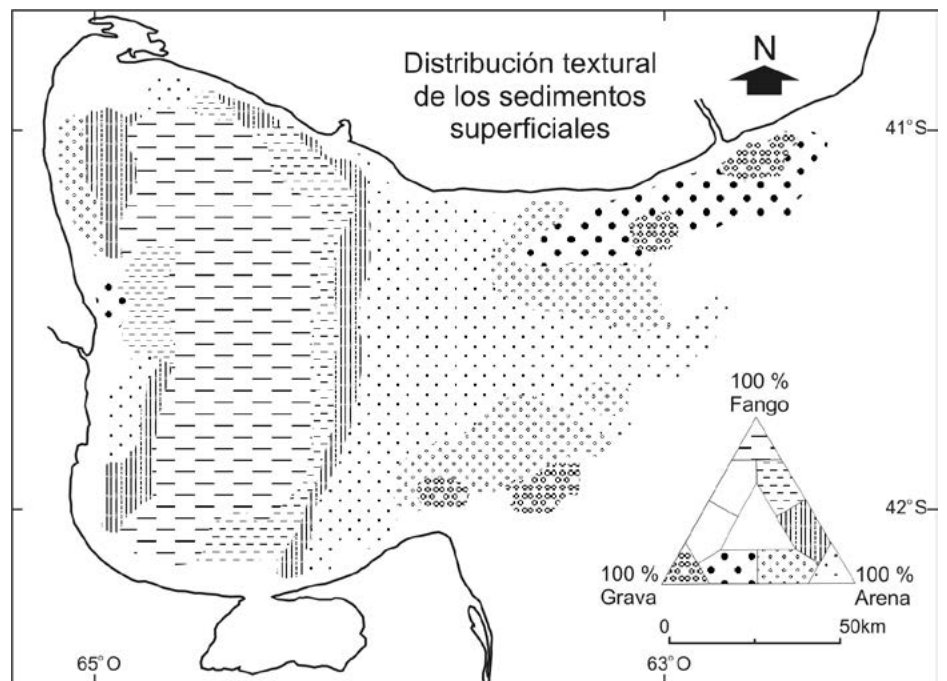


Figura 4: Distribución textural de los sedimentos superficiales en el golfo San Martín.

gradas por sedimentos terrígenos – arenas y gravas derivados de la meteorización y erosión de rocas de los continentes– aunque entre las fracciones más gruesas suelen encontrarse cantidades significativas de materiales biogénicos, formados por restos de

conchillas molidas, fragmentadas o hasta enteras, mientras que en los sedimentos finos aparecen foraminíferos y diversos tipos de espículas.

También se obtuvieron en el golfo 14 testigos verticales (Fig. 2c), 7 de los cuales recu-

peraron muestras de 122 a 485 cm de largo y los restantes entre 30 y 68 cm, todos mostrando variaciones texturales y composicionales en profundidad que señalan cambios en las condiciones y los procesos de deposición de los sedimentos estratificados. Por razones de espacio no se darán detalles de la naturaleza de los sedimentos salvo cuando se haga necesario al tratar la región donde fueran obtenidos.

REGIONES MORFOLÓGICAS

En la topografía submarina (Fig. 3) resaltan áreas diversas con características propias que constituyen distintas regiones morfológicas por sus diferencias en la distribución de profundidades, el carácter del relieve y la rugosidad del fondo, la naturaleza de las pendientes, la presencia de formas típicas y el tipo de sedimentos que cubren el fondo y que indican al menos cuatro regiones mayores (Fig. 5): i) plataforma abierta, ii) región de la boca, iii) región central profunda y, iv) región marginal. Se hace notar la analogía entre estas regiones y las señaladas para el golfo Nuevo (Mouzo y Garza 1975) y el golfo San José (Paterlini y Mouzo 2013).

En las lras perfiles topográficos (Fig. 6) se pueden observar los rasgos mayores y algunos menores que aparecen en esas regiones morfológicas, como ondas sedimentarias, depresiones menores, cañones submarinos, terrazas sumergidas de erosión por olas, zonas de fondo irregular, etc., que serán consideradas al tratar la región correspondiente.

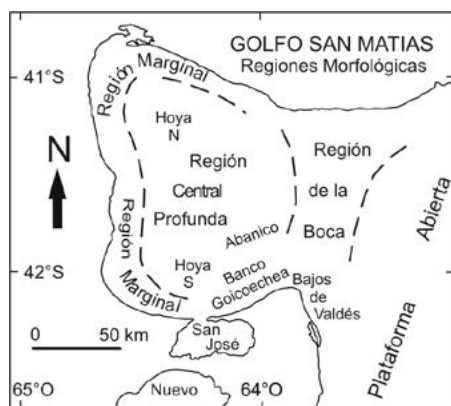


Figura 5: Regiones morfológicas en el golfo San Matías.

Plataforma abierta

Situada en el límite oriental de la zona levantada, corresponde a las zonas interior e intermedia de la plataforma continental argentina. Es la región menos conocida por falta de datos y sólo está insinuada en la zona de estudio, pero la región es importante ya que allí se encuentra el umbral –a profundidad de unos 65 m– que separa la cuenca atlántica de la del golfo San Matías, aproximadamente en 42° S y 63° O, aunque no está indicado en la figura 3.

ser menor de 70 m y mayor de 60 m, por lo que aquí se adopta el valor de 65 m para ese rasgo.

El muestreo de sedimentos en la plataforma abierta indica un contenido relativamente alto de grava, con las fracciones más arenosas frente a la parte media de la boca del golfo (Figs. 2c y 4). El testigo 41, cercano a la boca del río Negro, penetró 7 cm de rodados sobre 13 cm de arena fina limosa y 10 cm de arcilla arenosa tobácea, marrón oliva moderado en la base (Fig.2-D). La sísmica

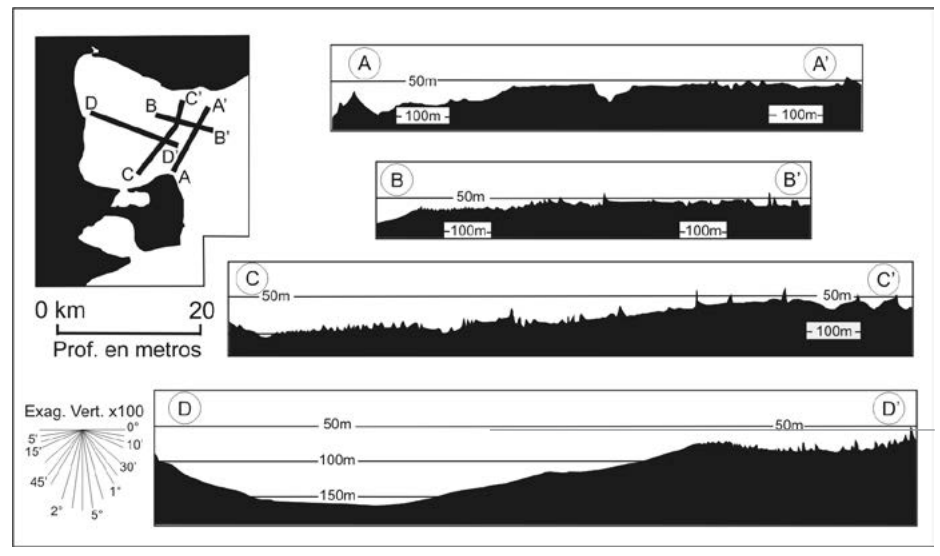


Figura 6: Perfiles topográficos y características de las regiones morfológicas en el golfo San Matías.

Las isobatas, groseramente paralelas a la costa norte, indican un fondo chato de muy suave pendiente que localmente puede mostrar una rugosidad de regular relieve, por presencia de ondas de arena y otras irregularidades, rasgos que comparte con la región de la boca. Se debe mencionar que –en la plataforma– la isobata de 70 m que sólo se observa en el rincón SE de la figura 3, tiende a cerrar hacia el NE. Las pendientes son de 1:7.500, pero próximas a la costa pueden llegar a 1:120 y aún a 1:25.

Las ondas de arena son de 5 a 10 m de alto y se presentan solas o en grupos pequeños aislados, separados entre sí por distancias apreciables que pueden variar desde cientos de metros a varios kilómetros (Fig. 6).

La isobata de 70 m – que cierra hacia el interior del golfo – (Fig. 3) llega hasta muy cerca de la profundidad del umbral ya que, como lo muestra la carta, la isobata de 70 m en la plataforma abierta cierra hacia el NE, con lo que la profundidad del umbral debe

en la zona muestra que las rocas plegadas del Terciario – roca de base de los sedimentos marinos cuaternarios – están muy cerca del fondo, con una delgada cubierta de sedimentos modernos de unos 5 m de espesor, que en algunos lugares puede llegar a 15m. Plataforma anómala: Es la zona de la plataforma abierta al NE de la península Valdés con batimetría irregular y relieve anómalo para ese ambiente (Bajos de Valdés), que en la figura 3 se ha delimitado a partir de isobatas trazadas con datos de la Carta H-214 (SHN 2000), pero esta zona puede pertenecer a la región de la boca debido a sus conexiones y su particular morfología, como se verá al tratar esa otra región.

Región de la boca

Aquí se considera región de la boca aquella de límites no muy precisos - esbozados en la figura 5 - caracterizada por formas transicionales y muchas veces compartidas entre las de la plataforma abierta y las propias del

golfo. Adyacente a la plataforma abierta, la región de la boca se extiende por 120 km entre la punta Bermeja al N y la punta Norte al S (Fig. 3), límite oficialmente definido (Ley 17094, 1966) que no necesariamente se ajusta a la morfología submarina en la región estudiada.

Terraza 60 m: Es una planicie aterrazada a profundidad de unos 60 m y salta a la vista

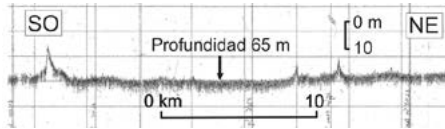


Figura 7: Registro de sonda mostrando ondas de arena aisladas en la plataforma abierta.

en los perfiles topográficos en la región de la boca (Fig. 6), aunque también se la puede distinguir a profundidades de 50 a 80 m. La extensión de este rasgo se aprecia en la figura 3. Muestra suave inclinación al SO, con pendientes del orden de 1:1.900 a 1:3.500, está surcada por depresiones, generalmente de poco relieve aunque abrupto, y por elevaciones que en general corresponden a ondas de arena que pueden pasar los 15 m de altura. El relieve negativo más conspicuo, con sección transversal en “V”, aparece muy marcado en el perfil A-A’ de la figura 6 y corresponde al canal –cañón– bien definido en la batimetría (Fig. 3) ubicado en posición casi central con respecto a la boca del golfo. La Terraza 60 m muestra una cubierta de sedimentos sueltos que van de arenas limpias a grava de rodados, donde las arenas cubren una gran superficie en la zona del canal y sobre la vertiente occidental de la región de la boca. En la terraza se tomaron 3 testigos (Fig. 2d), el 36 y el 48 alineados N-S en la boca, y el 72 a 25 km al S de la punta Belén, bien al O de los anteriores. El 36, el más austral tomado en 60 m de agua, se detuvo en 5 cm de conglomerado compacto de rodados y valvas de ostras, ambos de 1 a 2 cm, y concreciones calcáreas en matriz arcillo-arenosa, cubierto por 22 cm de rodados de hasta 1 cm, concreciones calcáreas y restos de valvas de ostras en estructura gradada, a su vez cubiertos por 23 cm de arena mediana con restos de conchillas y arena muy fina arcillosa en el tope, en estructura también gradada. El 48, más al N y a profundidad de 51 m, penetró 321 cm de

arena mediana y grava de rodados de hasta 6 cm en la base, integrados en 3 secuencias granodecrecientes hacia arriba de alrededor de 1 m de espesor promedio. El 72, en 62 m de agua, penetró 235 cm de arena mediana a fina con una intercalación de conchillas fracturadas de hasta 2 cm en el nivel de 180 cm. Los registros sísmicos en el área indican un subfondo integrado por una capa de sedimentos recientes con ondas de arena, con espesor de 5 a no más de 10 m, apoyada en capas suavemente plegadas del Terciario de un espesor determinado en unos 80 ms (\approx 70 m), que se pierden en la primera múltiple del fondo.

Ondas de arena: Cubren una muy amplia región de la plataforma rodeando el ámbito del golfo San Matías, especialmente en la región de la boca. Han sido tema central –o muy destacado– de casi todos los trabajos anteriores en el golfo San Matías y aquí sólo se las mencionará brevemente. Las ondas de arena en el golfo San Matías son de dimensiones y características varias, formando un gran campo en la Terraza 60 m, pero también están más al E, en la plataforma abierta y se extienden sobre la región marginal que limita por el O a la Terraza de 60 m (Figs. 8a y 8b). Básicamente se las puede separar en ondas aisladas y ondas en trenes. Las ondas aisladas, semejantes a las que se encuentran en la plataforma abierta, se muestran solas o en pequeños grupos, más o menos alejados entre ellos. Sus alturas son variables pero entre las máximas, las de 10-14 m son comunes y se midieron ondas de más de 15 m. (Fig. 8a). Se las encuentra en fondos con

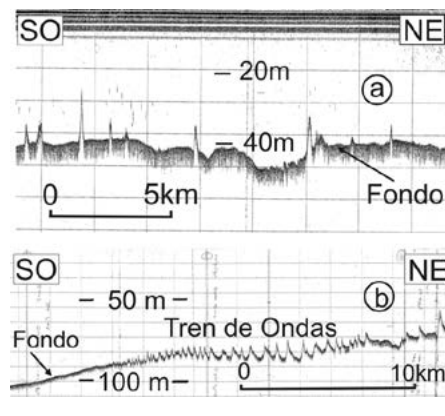


Figura 8: a) Registro de sonda mostrando ondas aisladas de más de 17 m de altura, sobre la Terraza 60 m; b) Tren de ondas en el flanco de la región marginal E, límite con la región de la boca.

sedimentos que van de arena limpia a mezclas variables de arena y grava.

En el borde O de la región, en la suave pendiente que baja de la región de la boca hacia la región central profunda, las ondas integran extensos y apretados trenes que se forman únicamente donde los sedimentos son arenas limpias. Tanto sus alturas como las longitudes de onda varían a medida que aumenta la profundidad, siguiendo el patrón: mediano-mayor-menor (Fig. 8b), y desaparecen a profundidad de unos 90-100 m, donde el fondo pasa a ser areno-fangoso. Bajos de Valdés: Rodeando la Punta Norte (Fig. 3), las profundidades son muy variables y sensiblemente mayores que en la Terraza 60 m. En el perfil A-A’ (Fig. 6) se puede apreciar el gran valle con elevaciones en su fondo que, desde donde termina la Terraza 60 m, se extiende unos 35 km hacia el SSO a profundidades mucho mayores. Por su ubicación, que coincide con la antes denominada plataforma anómala, tales rasgos y características señalan que la cuenca que alberga las aguas del golfo se extiende más hacia el E de la línea que define su límite geográfico-político pero, por no ser esa zona parte del plan del levantamiento, no se cuenta con datos que permitan mayores precisiones.

Sin embargo, el fuerte relieve (Fig. 9) observado en sondajes inéditos del SHN (1995) en un perfil E-O, a 11 km al NE de la Punta Norte, en fondo irregular, más rugoso que la plataforma abierta y más profundo que la Terraza 60 m, sugiere una zona diferente y lleva a pensar que las partes profundas en los Bajos de Valdés serían remanentes de una –o más– antiguas depresiones menores, como la del golfo San José o las que hay en la península Valdés, pero sumergidas también durante el avance del Atlántico.

El relieve positivo en la zona podría corresponder a restos erosionados de la roca de base del Terciario y/o a cordones de arena y grava, formados por las fuertes corrientes de la zona.

El testigo 11 (Fig. 2d), no lejos del perfil de la figura 9, atravesó 385 cm de gravas biogénicas y rodados patagónicos de hasta 3 cm, en varias secuencias gradadas, a 88 m de profundidad y fondo de grava arenosa, indicando episodios de fuerte remoción y redepositación de sedimentos.

Las cartas náuticas y las imágenes en Gagliardini *et al.* (2005) ilustran la zona, que

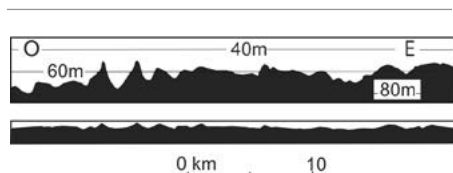


Figura 9: Perfil al NE de la Punta Norte en los Bajos de Valdés (arriba exageración vertical x 55 y abajo sin exageración).

por ahora se mantendrá dentro de la región de la boca. Los registros sísmicos en Bajos de Valdés son escasos, pero con estructura semejante a la Terraza 60 m.

Cañones submarinos: En la mitad sur de la región de la boca, entre la Terraza 60 m y los Bajos de Valdés aparecen dos cañones, el Central y el Sur. El cañón Central está marcado por la curva de 70 m y más profundas (Fig. 3). Su cabecera, a la profundidad del umbral en la plataforma abierta, entra con rumbo ESE-ONO a la región de la boca para cambiarlo al SO a profundidad de 90 m. El largo apreciable del cañón es de unos 105 km y descende hacia las máximas profundidades del golfo en la hoya Sur. Los bordes de sus paredes en la cabecera, a 65 m de profundidad, marcan un valle de unos 6 km de ancho con *thalweg* a profundidad de 80 m que aparece labrado en un valle menor, de 500 m de ancho y sección en “V” (Fig. 10). El cañón corta una muy delgada cubierta de sedimentos sueltos y afecta también la roca de base del Terciario, capas que forman el fondo y subfondo en la zona, según la sísmica. La región del *thalweg* aparece libre de sedimentos sueltos, indicando la posible canalización de corrientes de marea. El cañón Sur muestra su cabecera, que aparece algo menos marcada en la figura 3, a

unos 10 km al S del cañón Central y aunque su continuación también resulta menos conspicua, se lo puede seguir en los registros de sonda y en los sísmicos por unos 30 km, a profundidades de entre 90 y 130 m, hasta su sector terminal en la hoya Sur.

Región Marginal

Forma una orla a lo largo de las costas del golfo San Matías y va desde la playa hasta profundidades de entre 50 y 150 m, según su localización. Básicamente es de dos tipos: el ubicado frente a la costas N y S, y el que enfrenta la costa O del golfo. El flanco oriental, en cambio, es más indefinido y se complica con un rasgo morfológico singular, una nariz topográfica o espolón (Fig. 3) que, como se verá, corresponde a un abanico submarino. Morfológicamente, la región marginal resulta asemejable a las verdaderas plataformas y taludes que integran un margen continental y delimitan las cuencas oceánicas.

Las regiones marginales N y S son relativamente angostas y marcadamente a pique, de 5 a 15 km de ancho y pendientes de 1:90 a 1:20, con suave relieve que refleja el carácter relativamente poco resistente de las sedimentitas del Terciario en las que están labradas. Al N, dos testigos cortos de 48 y 160 cm, penetraron arena fina limosa con restos de 2 a 3 cm de conchillas fracturadas. Por el contrario, la región marginal O presenta un ancho de 15-25 km y pendientes entre 1:190 y 1:100. Su relieve es más rugoso y está surcado de abundantes cauces. Esa rugosidad marca el control ejercido por las rocas del Macizo Norpatagónico que forman el substrato pre-Cretácico, plegado y fallado, cuya presencia es detectada en los

registros sísmicos y magnéticos. El fondo, entre El Fuerte y el arroyo Salado, muestra una delgada cubierta de sedimentos recientes, donde 3 testigos cortos, de 35, 68 y 122 cm, recuperaron arenas limosas con gravas cuarcíticas angulosas y fragmentos de conchillas sobre arcillas plásticas gris amarillento.

Región marginal N: La figura 11, sección sísmica NNE-SSO normal a la costa N desde la playa al pie del talud, allí a 110 m, resalta la morfología y la estructura en la zona. La “plataforma”, casi sin relieve y con pendiente de 1:300, va de la costa al cambio de gradiente a unos 30 m, 8 km costa afuera, donde aparece el “talud” entre 30 y 110 m, con relieve suave y pendiente máxima de 1:15. Un “mogote” de 5-6 m de altura a unos 2 km de la costa, otro muy cercano de poco relieve y algunas irregularidades del fondo, son los únicos rasgos notables del relieve en la sección.

La sección muestra también: i) la secuencia transgresiva-regresiva pleistocena, conservada en algunos tramos del perfil, identificada por las terminaciones de las fases sísmicas y, ii) tres escalones labrados en el paleo-talud—techo de la roca de base, por debajo de los sedimentos holocenos— el primero a profundidad de 65 m, el segundo a 80 m, y el tercero a 100 m. Además de vérselos en esa sección sísmica se los observó consistentemente sobre el paleo-talud a lo largo de una franja de 2 km paralela a la costa. En secciones del A.R.A. Goyena, si bien obtenidas con tecnología de menor resolución y casi siempre a más de 30 m, se ubicó el tercer escalón también sobre el margen N cerca de la zona antes mencionada, lo mismo que en la pendiente al NO de la terraza 60 m en dos cortes, y también frente a la caleta Los Loros y en el margen O frente al arroyo Salado.

Región marginal O: La figura 12a es una sección sísmica paralela y cercana a la costa en la parte S de esta región. El fondo irregular y el registro sísmico casi libre de reflexiones coherentes son indicio de rocas intrusivas o volcánicas. Pese a lo ruidoso, el registro es útil para evidenciar la presencia de las rocas ígneas del macizo Norpatagónico que hacen el basamento.

Un registro de mejor calidad (Fig. 12b) muestra las rocas del basamento en una sección paralela y a 4 km de la costa, casi frente a Piedras Coloradas, a unos 10 km al S de Las Grutas, donde aflora granito. Las

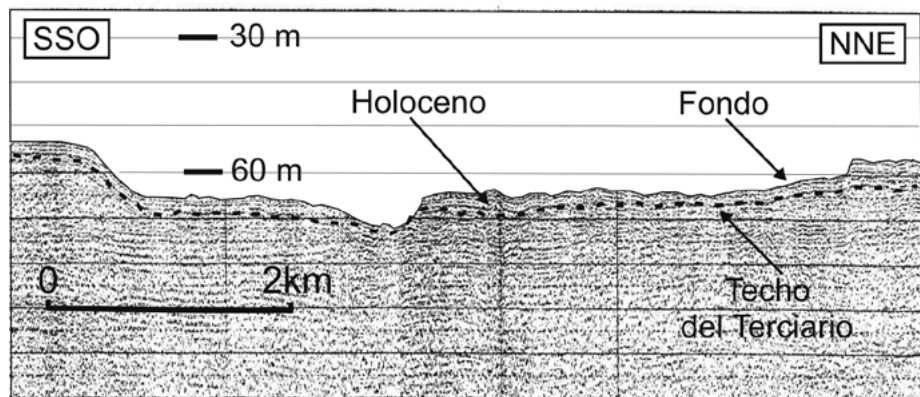


Figura 10: Sección sísmica del Cañón Central, que corta profundamente las capas del Terciario.

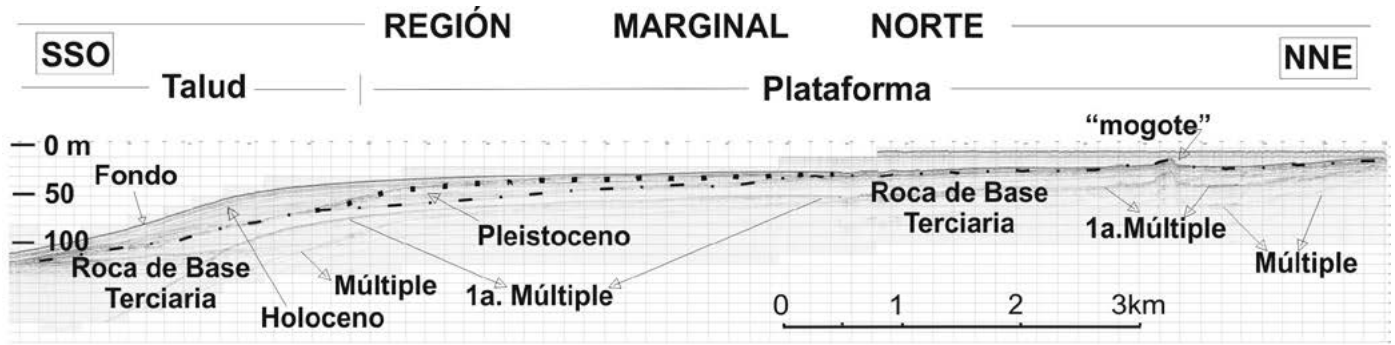


Figura 11: Registro sísmico normal a la costa, que muestra los rasgos morfológicos mayores. Línea de puntos y rayas = Techo del Terciario; Línea de puntos = Techo del Pleistoceno. Imagen cedida por Loxx Service.

secciones descriptas confirman la extensión regional de la influencia del Macizo Norpatagónico sobre la región marginal O del golfo San Matías.

Terrazas de abrasión por olas: Los márgenes N y S también muestran amplias plataformas a profundidades menores de unos 30 m. Estas

a unos 14 km al SE de Las Grutas.

“Mogotes”: Lomadas del fondo en la región marginal que en los registros de sonda asemejan mogotes y que junto a otras irregularidades prominentes del fondo son remanentes de la erosión marina. Uno de estos pequeños montículos submarinos se mues-

siones del golfo San Matías y del golfo San José (Paterlini y Mouzo 2013), esto es, el umbral que separa ambos golfos (Fig. 14). Esta zona presenta grandes dificultades para la navegación y para las tareas de sondaje y de sísmica, debido a la alta velocidad de las corrientes de marea, que li-

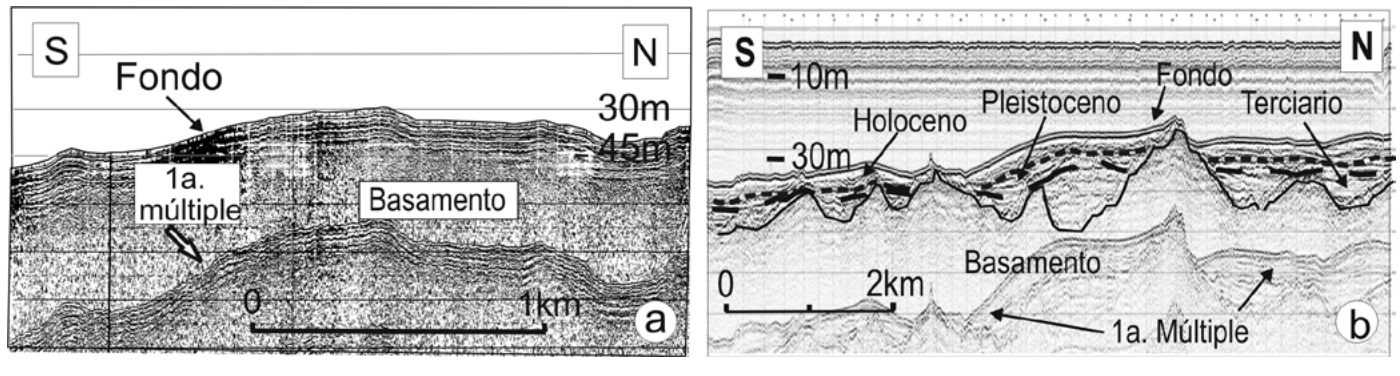


Figura 12: a) Región Marginal O, al SE de Punta Pórfido. Notar fondo irregular, casi sin sedimentos y subfondo sin reflexiones coherentes; b) Registro al S de Las Grutas. Se ven el basamento, casi aflorando, y la columna sedimentaria completa. Imagen cedida por Loxx Service.

superficies –incluyendo la plataforma– corresponden a terrazas de abrasión por olas y se ubican en el Banco Goicoechea al S, cerca de la Caleta de los Loros y de la bahía de San Antonio al N. De las dos primeras zonas solo poseemos muy limitada información pero en San Antonio los datos ya publicados (Mouzo 2014) indican que esa terraza está labrada en la roca de base terciaria que también marca la divisoria entre la depresión del Bajo de San Antonio y la que ocupa el golfo San Matías donde, costa afuera, aparece tan solo cubierta de una delgada capa de sedimentos sueltos recientes, como los 361 cm de grava y gravilla bioclástica con rodados de hasta 3 cm recuperados en un testigo

tra en la figuras 11 y 13a, tratándose de una prominencia del substrato Terciario que contrasta con los depósitos arenosos que lo rodean (Fig. 13b).

En el margen N se identificaron “mogotes” entre San Antonio y la Caleta de los Loros y probablemente, como lo insinúan los sondajes en las cartas a falta de registros, sobre el Banco Goicoechea en el margen S. Son notables en el golfo San José frente a punta Los Conos, como bajofondos de planta redondeada y en forma emergente como la Isla de los Pájaros.

Umbral: Otro rasgo importante debido a la erosión marina en la región marginal S es el sector que forma la divisoria entre las depre-

mitan el tiempo útil para sondar, así como los escarceos y remolinos que allí se forman y que afectan las ondas acústicas. Sin embargo, por compilación de datos inéditos del SHN se pudo preparar la figura 14, que permite visualizar las primeras etapas en la formación de una brecha entre dos depresiones contiguas. La figura muestra una terraza de abrasión marina desde unos 30 m de profundidad hasta la costa. En la parte central de la boca hay un umbral a unos 25 m, con una sobreprofundización a 136 m en un cañón que desciende hacia el interior del golfo San José (Paterlini y Mouzo 2013). La brecha se produjo en el punto de la costa donde la divisoria era más angosta y la hoya

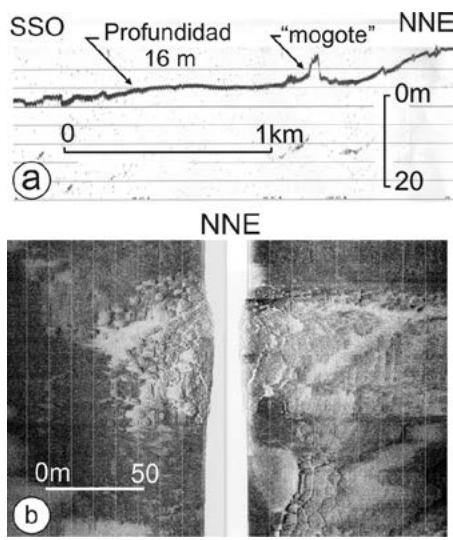


Figura 13: a) Registro de ecosonda con detalle del "mogote" registrado en la figura 11; b) Imagen de sonar lateral mostrando el aspecto del fondo sobre el "mogote" ilustrado en las figuras 11 y 13a. Imágenes cedidas por Loxx Service.

de 136 m en la boca marca el impacto sobre el pedimento de la depresión subaérea anterior al golfo San José al penetrar las aguas atlánticas en caída torrencial.

Región central profunda

La región central profunda se ubica al pie del talud de la región marginal a profundidades mayores de 100-140 m (Fig. 3) y está cubierta por fangos hemipelágicos o fangos arenosos que según la sismica a veces faltan, como en partes del flanco E de la hoya N (Fig. 15a) y en la hoya S (Fig. 15b), o sólo forman una delgada capa, como en la hoya N (Fig. 16). De fondo chato y pendientes menores de 1:400, los límites de la región son bien definidos excepto en el flanco oriental, donde el espolón (abanico) marca una divisoria entre dos zonas a más de 160 m de profundidad – las hoyas N y S – con fondo también muy chato, pendientes de 1:500 a 1:3500, y profundidades máximas de más de 180 y 190 m respectivamente.

En la hoya N, el testigo D recuperó, en 150 m de agua, una secuencia de láminas calcáreo-arcillosas gris-oliva con alguna intercalación de poca arena muy fina, alternando con láminas calcáreas blancas. Las láminas, de unos 0,5 cm, gradan hacia arriba a menos de 0,1 cm. Ambas contienen ostrácodos, más abundantes y con algunos pares de valvas articuladas y fibras vegetales en las

oscuras. Las blancas son de una masa calcárea y restos de ostrácodos en aparente estado de disolución. A esta sucesión de láminas, cubierta en contacto neto por 235 cm de arcilla limosa y apoyada en 177 cm de arena fina, se la cree pleistocena por el lugar en que el testigo fue extraído (Fig. 16) y por el nivel en que se encuentra en el testigo.

Otro rasgo notable lo muestra el testigo A, de sólo 35 cm, obtenido en 180 m de agua en la hoya S, que recuperó 30 cm de arcilla tobácea gris oliva, con algo de yeso fibroso en la fracción gruesa, por encima de 5 cm de limo tobáceo castaño, muy compacto, con bandas más oscuras, donde el sacatestigos se detuvo. El testigo se tomó en una zona en que los sedimentos recientes tampoco se detectan sísmicamente (Fig. 15b). La muestra, que se asemeja a las rocas terciarias en

cm, encima de 250 cm de arena mediana con escasa gravilla, indicando cambios cíclicos en la depositación, donde la grava y gravilla gradada sugieren el efecto de deslizamientos.

Abanico submarino

Conectada a la Región Marginal E y a la Terraza 60 m, desde donde desciende a la región central profunda, la morfología submarina muestra un conspicuo espolón topográfico (Fig. 3) a modo de barrera o umbral, cuya prolongación hacia el O marca una divisoria entre las hoyas N y S. Este rasgo pareciera estar controlado por la estructura de la roca de base, y de hecho lo está en parte, pero su forma abultada responde también a otros procesos, de tipo depositacional. Así lo indican el análisis de la paleosuperficie de

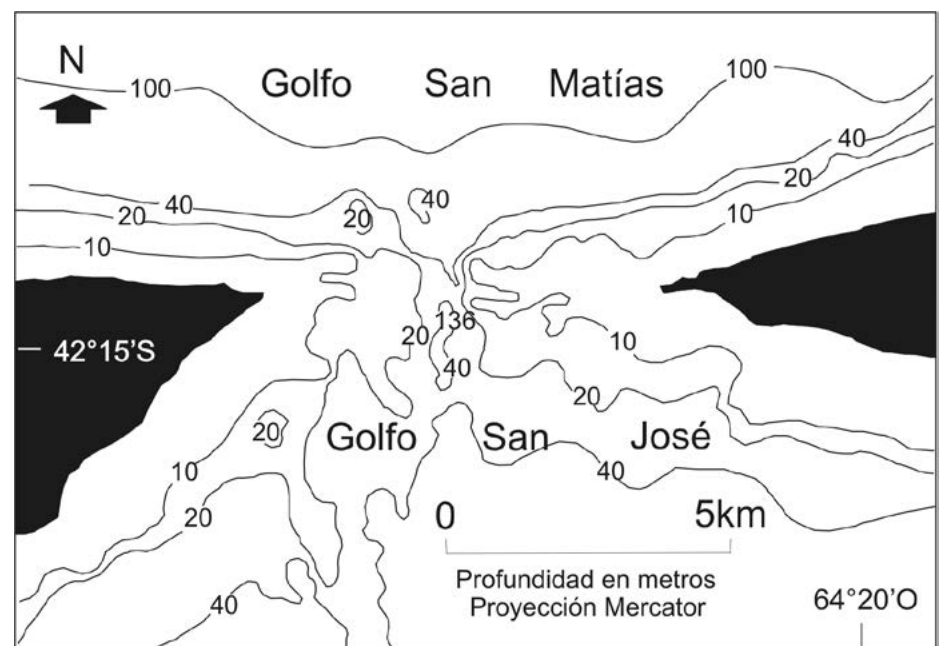


Figura 14: Boca del golfo San José: Terraza de abrasión, desde los 30 m hasta la costa y cañón con hoya de 136 m.

las costas, se tiene como parte de la roca de base.

Para caracterizar los sedimentos recientes en la región central profunda se cuenta con datos de los testigos ya considerados: del A, donde, significativamente faltan; del D, en la hoya N, con sus 235 cm superiores de arcilla limosa; y del B, no lejos del A pero a menor profundidad, que penetró 454 cm y muestra una sucesión alternante de capas areno-limosas y arcillo-arenosas de espesor semejante sobre 20 cm de arenas limosas con gravillas de 0,1-0,2 cm y rodados de 1

la roca de base (Fig. 21) y la distribución de los espesores de los sedimentos cuaternarios (Fig. 22), tanto como la forma de domo que muestra su superficie. Por otra parte, los registros sísmicos en ciertos lugares marcan patrones de reflexión anómalos que indican cambios en la naturaleza de los sedimentos y que muchas veces están asociados a paleocauces pleistocenos que los alojan. Todo esto – más su ubicación – hace pensar en un depósito asociado a pendientes y flujos en masa, con capacidad de erosión, lo que sugiere la existencia de un abultamiento

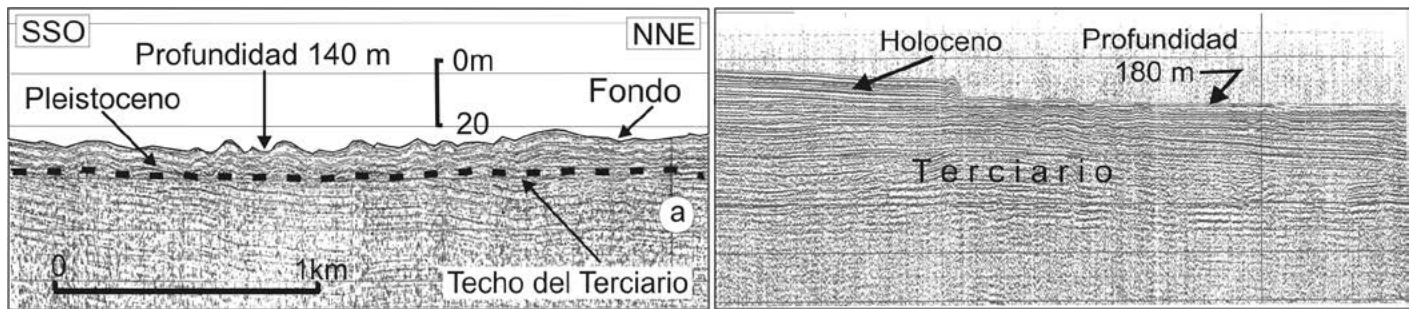


Figura 15: a) Al E de la hoya N: Capa pleistocena rugosa sin cubierta holocena, sobre roca de base; b) En la hoya S frente a la boca del GSJ: el escalón marca el límite de los fangos recientes y hacia el SSE, el fondo es la roca de base del Terciario.

submarino o abanico aluvial submarino o, dicho más corto, un abanico submarino.

La figura 17 – parte del perfil VI (Fig. 2b), la más oriental sobre el abanico – es buen ejemplo de algunos de los argumentos que justifican esa denominación. Muestra ambas márgenes de un paleocauce cortado en depósitos pleistocenos, con fondo labrado en capas de la roca de base terciaria.

El aspecto turbio del relleno en la parte inferior de los sedimentos que lo cubren – configuración sísmica caótica en el registro – indica un depósito muy desordenado donde los abundantes patrones de difracción sísmica –indicio de puntas o bordes notables– sugieren materiales gruesos y quizá hasta bloques dispersos de tamaños considerables. Ese cuadro se ajusta a depósitos debidos a deslizamientos, derrumbes, o flujos densos – movimientos en masa muy rápidos y quizá catastróficos – que típicamente desarrollan abanicos o conos submarinos en sus áreas terminales. Al finalizar el proceso, se

reactiva la sedimentación normal y tranquila de un lugar profundo y se depositan las capas estratificadas sin perturbaciones que completan hacia arriba la sedimentación holocena.

La forma exterior que muestra el depósito, una lomada en forma de domo (Fig. 18), también señala hacia un abanico y así también aparece en el perfil VII (Fig. 2b) paralelo al anterior. La situación descrita para la zona del paleocauce en la figura 17 (perfil VI) se repite con algunas variantes en los perfiles VII, VIII y también en el perfil Z, que los corta. Todos esos perfiles se encuentran dentro de una misma zona, delimitando un área de dispersión muy extensa para esos sedimentos caóticos que iniciaron la formación de la base del abanico, luego completado hacia arriba y sus lados con capas de sedimentos progresivamente más finos, a medida que la energía del proceso, o los episodios depositacionales si fuera más de uno, o ambos, disminuían con el au-

mento de la profundidad del mar durante la transgresión.

No mostrado en este trabajo hay un sector más restringido asociado al pie del cañón Sur donde, en menor escala, se repite este cuadro y aparecen sedimentos turbios.

ESTRUCTURA SÍSMICA

Estratigrafía sísmica somera

La estratigrafía somera relacionada con el golfo San Matías se determinó en base a los datos sísmicos obtenidos en las líneas indicadas en la figura 2b. Así, de más antigua a más moderna, se reconocieron las siguientes unidades sismoestratigráficas:

Capa B (Pre-Cretácico): basamento sísmico, sólo reconocido en la Región Marginal O (=Capa B, Mouzo 2014 = rocas pre-cretácicas del Macizo Norpatagónico, Stipanovic y Methol 1980).

Capa T (Terciario, Mioceno-Plioceno): roca de base de extensión regional, sobre la cual se depositaron los sedimentos marinos de las transgresiones atlánticas cuaternarias (=Capa T, Mouzo 2014 = Formaciones: Barranca Final, Kaaschieter 1965 = Gran Bajo del Gualicho, Lizuain y Sepúlveda 1978).

Capa P (Cuaternario, Pleistoceno): depósitos marinos, muy erosionados y dispersos, en general alojados en depresiones locales y quizá formando el fondo en una zona de la hoya N (=Capa P, Mouzo 2014 = Formación San Antonio, de Angulo *et al.* 1978, sensu Kokot y Fabier-Dubois 2009).

Capa H (Cuaternario, Holoceno): depósitos marinos del Holoceno que, a pesar de tapizar casi todo el fondo del golfo, en ciertos lugares lo hacen en forma muy escasa o hasta casi nula (=Capa H, Mouzo 2014). Los registros en las figuras 12b, 16 y 19 ejempli-

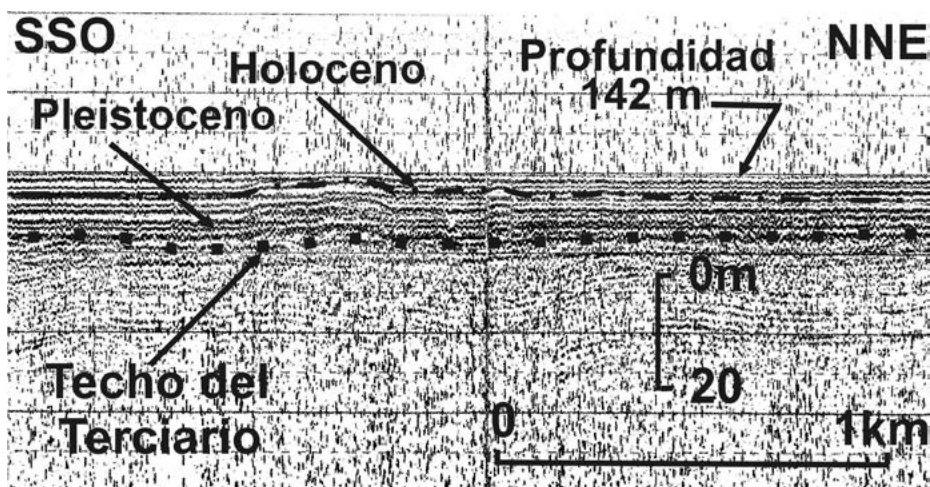


Figura 16: Capa holocena ($\approx 2-4$ m) cubriendo capa pleistocena ($\approx 8-10$ m) sobre roca de base terciaria, en la zona del testigo D.

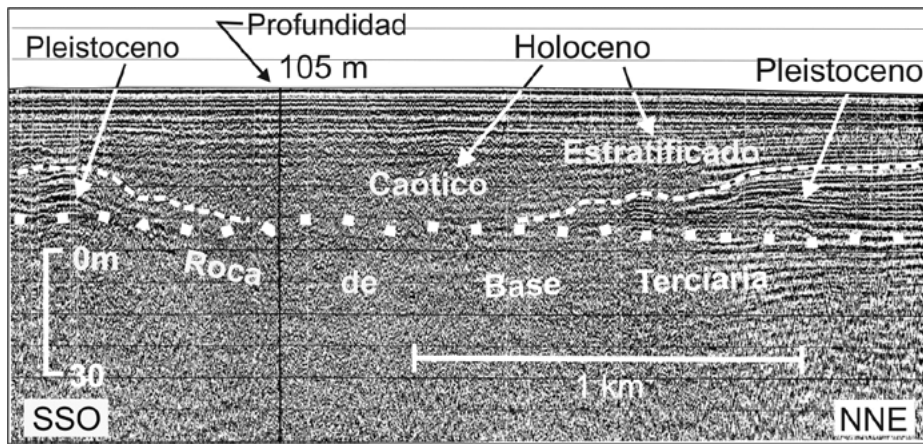


Figura 17: Paleocauce en capa pleistocena con lecho en capas terciarias y relleno caótico de movimientos en masa cubierto por depósitos recientes.



Figura 18: Perfil de la sección sísmica VII. El griseado indica depósitos acústicamente turbios.

fican la estratigrafía somera relacionada con el golfo San Matías.

Características tectónicas

Las capas del Terciario que forman la roca de base – la Capa T – muestran en general una estratificación paralela, a veces con estratos algo deformados que resaltan por sus diferencias en amplitud y/o frecuencia (Fig. 15b y 19) que aquí se atribuyen a bancos resistentes de estructuras biohermales o capas con alto contenido de calizas. Son también comunes los estratos plegados suavemente, pero sólo sobre una cuarta parte del golfo –en el sector N– se observa un plegamiento bien desarrollado y en algunos lugares la presencia de fallas. El plegamiento es abierto, muy suave y tendido (Figs. 16 y 19). Donde el plegamiento se hace más marcado, mostrando a veces zonas fracturadas, la sísmica registra fallas con rechazos que excepcionalmente pasan los 10 metros, si se adopta para el Terciario una velocidad de 2 km/s (Fig. 20). Las capas pleistocenas, en cambio, no están afectadas por movimientos tectónicos aunque, como se vio, pueden presentar deformaciones y acumu-

laciones caóticas de sedimentos en la parte inferior de sus depósitos, lo que a veces les da un aspecto desordenado (Fig. 15b y 19). Tampoco se observaron deformaciones tectónicas en los depósitos holocenos (Figs. 11, 16 y 19), que despliegan una estratificación continua, paralela y tranquila, salvo en el caso mencionado de los depósitos caóticos (Fig. 17).

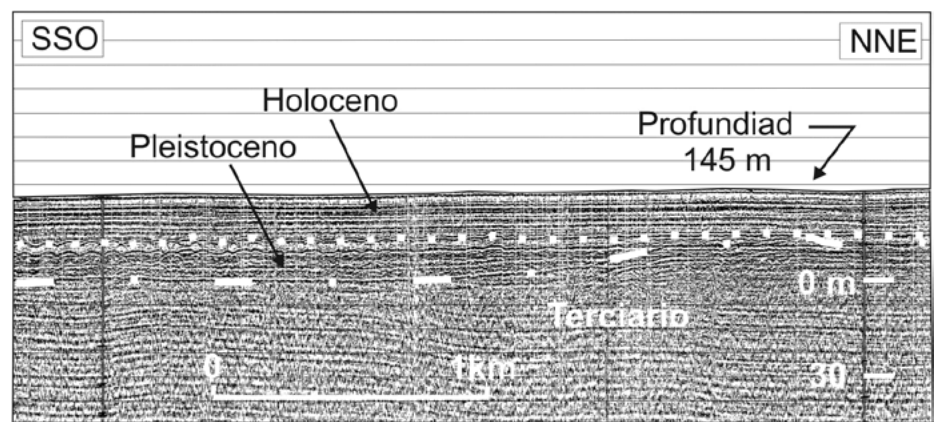


Figura 19: Estratigrafía en la zona central profunda donde no aparece la Capa B.

Techo de la roca de base

La superficie del techo de la roca de base terciaria –inmediatamente después de iniciada la entrada del mar pleistoceno– se muestra en la figura 21. Se nota el gran parecido entre esa paleotopografía y la actual, Los rasgos mayores ya aparecen marcados y el relieve en la región marginal O ya está cortado por cañadones y torrenteras mientras que el resto del margen muestra un relieve suave como el actual aunque es probable que la transgresión holocena haya causado alguna modificación. Las dos hoyas en la región central profunda aparecen delineadas, con un reducido umbral entre ellas, sugiriendo que en su origen pudieron ser dos depresiones separadas. En el flanco oriental de la cuenca también se encuentran los rasgos mayores actuales aunque, además de los cañones identificados al presente, se insinúa un paleocauce que desemboca en la hoya N, labrado durante la inundación inicial. Al N de la península Valdés, la superficie no está totalmente resuelta –como tampoco lo está la actual topografía por falta de información batimétrica– aunque la semejanza se mantiene. Lo señalado indica que no se han producido cambios sensibles desde el origen de esa paleosuperficie sino que su morfología se ha preservado substancialmente y que la roca de base ejerce un fuerte control estructural sobre las formas actuales.

Espesor de los sedimentos cuaternarios

El mapa isopáquico (Fig. 22) muestra los espesores de los sedimentos cuaternarios en el golfo San Matías y sus ubicaciones relativas. Tres rasgos resaltan a primera vista. El

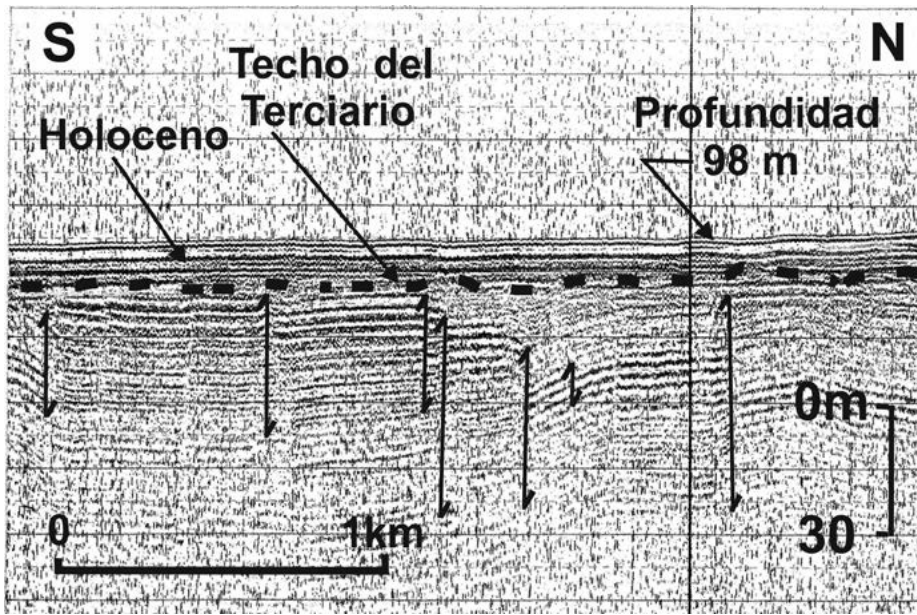


Figura 20: Pequeñas fallas normales de unos 10 m de rechazo en las capas terciarias de la roca de base, que solo aparecen en una misma zona y que fueron las únicas registradas en las campañas.

primero es la general escasez de los depósitos cuaternarios. El segundo lo marcan las grandes extensiones tan sólo cubiertas por 5 m o menos dentro de las cuales conocemos, como se ha señalado para la hoya S y parte de la hoya N, la existencia de amplios espacios donde estos depósitos faltan. El tercero es la espesa acumulación sedimentaria, no coincidente con las hoyas N y S sino con el umbral en la paleosuperficie terciaria que divide la cuenca y también con el espolón topográfico, verificando la naturaleza sedimentaria -y no estructural- del abanico submarino.

El depocentro secundario al SO del anterior, remite a la propuesta de González Díaz y Di Tommaso (2011) de una paleo-desembocadura del río Chubut en el rincón SO del golfo.

Por lo que se conoce de la geología regional submarina, lo limitado de los depósitos cuaternarios es un rasgo común sobre la plataforma abierta. La escasez sedimentaria sobre las diversas regiones del golfo San Matías no debe sorprender, teniendo en cuenta lo antes señalado y que, como aquí también se sostiene, la inundación oceánica original de la depresión se produjo recién en el Pleistoceno tardío (Mouzo 2014), sufriendo también el efecto de la erosión marina durante el avance de la transgresión holocena.

DISCUSIÓN

Los datos de la campaña del A.R.A. Goyena y sus complementos permitieron traer a la superficie muchas características de la geología submarina del golfo San Matías hasta ahora sumergidas en la profundidad de sus

aguas. Se identificaron rasgos importantes de la morfología, la estructura, y los procesos y, aunque el carácter exploratorio de la campaña quizá pueda haber motivado alguna imprecisión, los datos son el fiel reflejo de las condiciones geológicas observadas en el golfo.

Junto con el conocimiento geológico agregado a esa amplia región del territorio argentino, llega también la necesidad de escindir el concepto de golfo de los de depresión y de cuenca - términos todos tan entrelazados en la plataforma continental argentina - para explicar los aspectos relativos a la edad y la forma de originarse del golfo San Matías, aspectos que también pueden extenderse a otros golfos norpatagónicos. Con ese fin se analizarán anteriores interpretaciones de otros autores vinculadas a esos temas.

Golfo, depresión, edad y origen

En los primeros estudios regionales (Windhausen 1918,1931; Rovereto 1921) los golfos y depresiones norpatagónicas se consideraron rasgos tectónicos en base a lineaciones costeras y a supuestas fallas activadas por movimientos “póstumos”, pero sin presentar evidencias directas. Allí se encuentra la primera vinculación entre golfos y depresiones, que en esos trabajos son ligados en

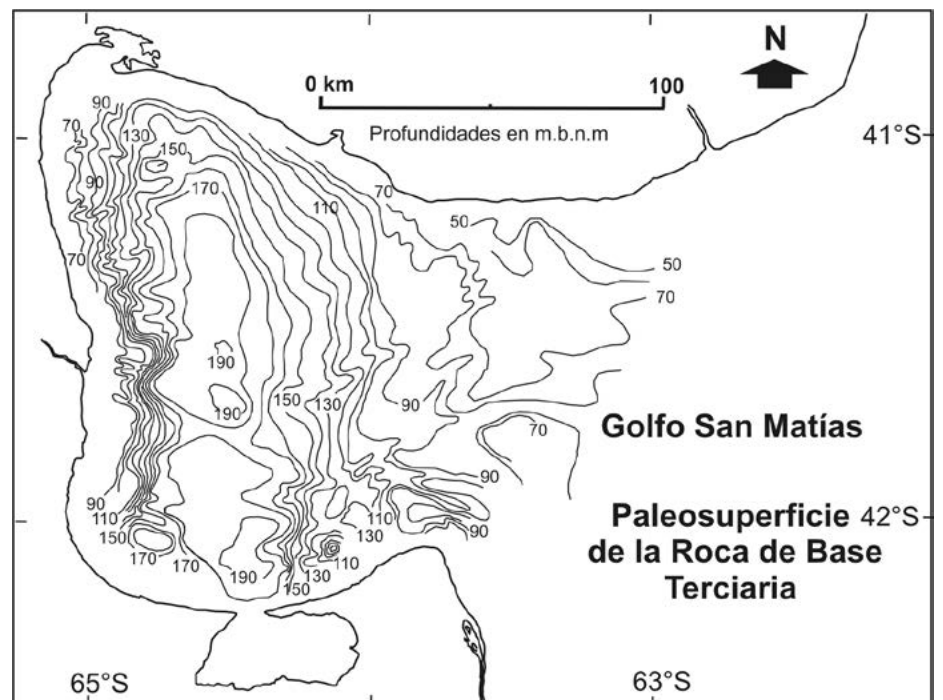


Figura 21: Plano estructural del techo del Terciario en el golfo San Matías, referido al nivel del mar.

espacio y tiempo. Más recientemente se mostró - en un bosquejo- una serie de “altos y bajos” batimétricos (Pierce *et al.* 1969) en la región central profunda del golfo San Matías que no pudieron explicarse pero que luego dieron pie (Kostadinoff 1992) a una presunta vinculación tectónica entre el basamento y los sedimentos suprayacentes, que implicaría una relación causal entre el golfo y la cuenca, relación que es reforzada con la interpretación de datos geofísicos potenciales para atribuir el origen de puntas y bajos de la península Valdés a la existencia de un pilar tectónico en el golfo San Matías, quedando los “altos y bajos” incorporados como argumento a favor del origen tectónico del golfo San Matías. Otro trabajo, que también supone el origen tectónico del golfo San Matías (Isla 2013) muestra asimismo un bosquejo batimétrico con tres depresiones alineadas en la zona profunda del golfo San Matías, pero sin hacer ninguna referencia.

Así, al no separarse los aspectos relativos al golfo, a la depresión, y a la cuenca, y tratarlos como una sola entidad se induce, al mismo tiempo en que se cae, en la confusión de términos, dando a entender que el golfo y la depresión que lo contiene resultan de una común causa tectónica y que se originaron en un mismo tiempo, vinculándolos a la evolución tectónica de una cuenca. Los datos del presente trabajo no concuerdan con tales interpretaciones y se debe remarcar que hasta ahora no se ha demostrado la existencia de tales “altos y bajos” ni se ha presentado una sola evidencia directa que justifique el origen tectónico del golfo San Matías ni de otro golfo norpatagónico.

También se ha sostenido anteriormente que el golfo habría tenido su inicio en un no bien especificado momento del Terciario (Windhausen 1918), pero en este trabajo se han dado pruebas que muestran el fuerte retroceso costero - ya notado por Ameghino (1906) - indicando que, en el tiempo en que se daban las condiciones tectónicas que habrían originado la depresión que alojaría al golfo - Plioceno o Pleistoceno temprano - la depresión se encontraba bien tierra adentro, muy lejos del mar de ese momento y, donde no hay mar, no hay golfo. La depresión, cuyo origen no necesariamente tiene que ser tectónico, existía antes de que se originase el golfo por procesos eustáticos.

Por otra parte, el golfo San Matías también ha sido atribuido al Holoceno (Ponce *et al.*

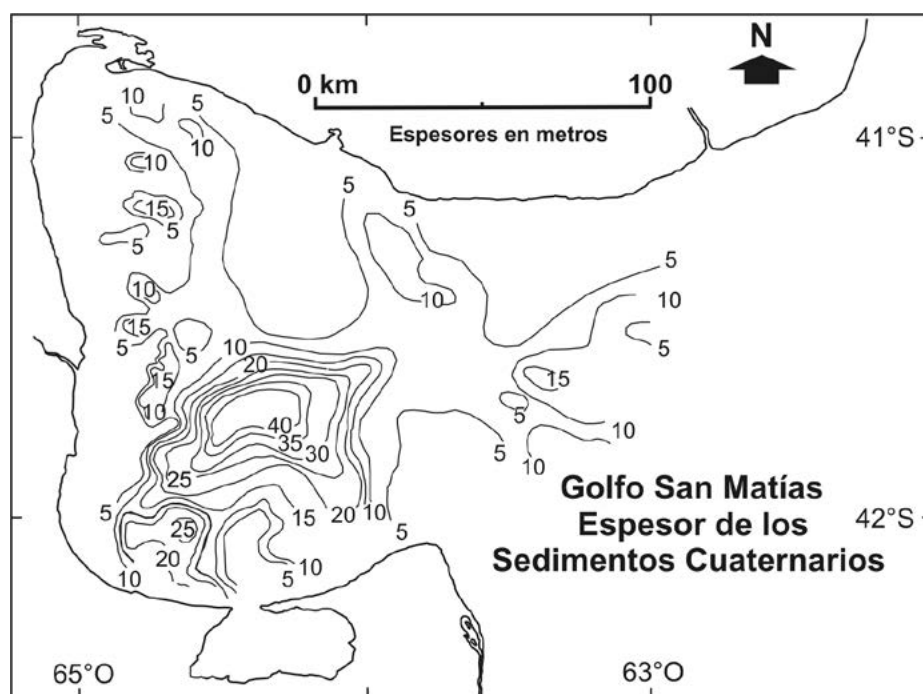


Figura 22: Plano isopáquico. Notar depocentros en el sector central y el SO. También, la general escasez de sedimentos en las otras regiones.

2011; Isla 2013). En ese sentido, sorprende que se haya ignorado la presencia de los depósitos marinos pleistocenos del Bajo de San Antonio (Angulo *et al.* 1978, Fidalgo *et al.* 1981, Rutter *et al.* 1989 y 1990), y de Puerto Lobos (Bayarsky y Codignotto 1982), sitios que el mar invadió durante el Último Interglacial tras romper la barrera que lo separaba de la depresión - que entonces ocupó - dando origen al golfo.

La edad del golfo San Matías y la forma en que se originó fueron ya adelantadas por Mouzo (2014) con criterios que la información presentada en este trabajo confirman y amplían. Que el golfo - el mar y sus depósitos cuaternarios - ocupa una depresión previamente labrada bajo condiciones subaéreas es señalado por diferentes indicios. Una evidencia la brindan los cañones submarinos cortados durante el ingreso inicial del mar que originó al golfo, que tienen su vertiente hacia el O, indicando que una depresión ya existía al O de la Terraza 60 m, producto ésta a su vez de la erosión de la costa por el avance marino. Además, el irregular relieve de la región marginal oeste no se puede explicar por agentes marinos, sino que más bien refleja un control estructural, la acción de precipitaciones torrenciales y movimientos en masa, fenómenos de am-

biente subaéreo, en un paisaje semidesértico de clima árido, que generaron los rasgos que caracterizan su relieve, muy semejante al de otras depresiones subaéreas vecinas o íntimamente ligadas al golfo San Matías.

La edad del golfo queda marcada por los depósitos pleistocenos que se apoyan en discordancia sobre capas plegadas del Terciario - la depresión - y que son cubiertos discordantemente por depósitos holocenos.

Depósitos sedimentarios

A partir del Pleistoceno superior el mar dejó su marca sobre la depresión - ya el golfo - con formas erosivas y depósitos marinos, tanto pleistocenos como holocenos, hoy a veces sumergidos en diferentes lugares y formas de preservación, y también en tierra firme formando extendidas terrazas. Sobre el tema ya se han dado algunas características (Mouzo 2014) y aquí se agregaron nuevos datos y comentarios.

La general delgadez de los depósitos sedimentarios en el golfo, especialmente de los grados más finos, es un rasgo llamativo pero compatible con la juventud de ese rasgo morfológico y con la falta de aportes. Así se descrea de una contribución de sedimentos del río Negro como ha sido sugerido (Pierce *et al.* 1959; So *et al.* 1974) y se hace notar

que los fangos de la región central contienen partes significativas de limo y arena. Se piensa, en cambio, que los sedimentos provienen en su mayor parte de la destrucción de las costas. Las formaciones terciarias y los Rodados Patagónicos han sido buenos proveedores de la grava y la arena en el ámbito del golfo y la plataforma adyacente. Los depósitos de mayor espesor conforman dos depocentros, el mayor atribuido a un abanico submarino y el menor, contiguo a la zona marginal al SE del arroyo Verde, podría deberse a depósitos de un protorio Chubut, cuya existencia en esa zona fue sugerida por González Díaz y Di Tommaso (2011).

La distinción litoestratigráfica seguida en este trabajo responde a la determinación sísmica de unidades separadas por discordancias siguiendo los criterios de la sismoestratigrafía y el principio de superposición de estratos. Así pudo seguirse la secuencia pleistocena-holocena sobre una roca de base terciaria en todo el ámbito del golfo. El ejemplo presentado en la figura 11 permitió también apreciar la secuencia transgresiva-regresiva del Pleistoceno próxima a la costa en la región marginal N.

Los sedimentos holocenos en el golfo son terrígenos, con una gran contribución biogénica, en tamaños que van de gravas y arenas hasta fangos, distribuidos normalmente en función de la profundidad. En zonas abiertas relativamente menos profundas los sedimentos se han depositado en forma gradada, indicando procesos de alta energía, quizá debidos a temporales o deslizamientos submarinos. En las regiones profundas y generalmente tranquilas los grados más finos se acumularon en forma hemipelágica, aunque hay excepciones parciales en el abanico. Éste se inició durante la transgresión holocena, con un deslizamiento o corriente de turbidez que cortó los sedimentos pleistocenos, originando depósitos caóticos con grados de tamaño grueso, antes de reanudarse la sedimentación hemipelágica. De los sedimentos terciarios y pleistocenos sólo se tienen su caracterización sísmica y dos pequeñas muestras de los testigos A y D, que se han supuesto correspondientes a esas edades respectivamente. A pesar de la limitada evidencia que ellas ofrecen, su valor como indicadores de sitios para futuros muestreos resulta mucho mayor.

Depósitos cuaternarios y circulación oceánica: El hecho de que el espesor de los sedimentos

recientes sea muy reducido o aún inexistentes en algunas zonas al N y al S del abanico, se podría comprender mejor si se tienen en cuenta los giros en la circulación de las aguas del golfo (Piola y Scasso 1988; Tonini *et al.* 2013) que coinciden con esas zonas y que podrían inhibir la depositación de las partículas transportadas en suspensión.

Ondas de arena: Se las encuentra en la plataforma desde Bahía Blanca (Mouzo *et al.* 1974) y Bahía Anegada (Achilli y Aliotta 1982) al golfo San Matías (Granelli 1959). Se especuló sobre su origen (Pierce *et al.* 1969) sin llegar a definirlo y se sugirió que su desplazamiento estaría causando el tarquinamiento del golfo (So *et al.* 1974). Esto último no parece probable ya que, como se observó en el presente trabajo, las ondas de arena tienden a desintegrarse hasta desaparecer a medida que los sedimentos del fondo se hacen más limosos. Los trabajos mencionados brindan información sobre las características de las ondas de arena pero, en realidad, se desconocen sus verdaderas formas y orientaciones, lo que solo se podrá determinar mediante el uso de ecosondas de barrido (*multibeam*) o empleando sonar lateral, tarea que todavía nadie ha realizado, por lo que aquí no se insistirá en su tratamiento. El uso de imágenes satelitales (Gagliardini *et al.* 2005) no parece de aplicación directa todavía, según antes se hizo notar, pareciendo que esa técnica debería madurar algo más para ser empleada como herramienta morfológica.

Escalones topográficos y cambios de nivel del mar

El escalón marcado por la plataforma en la región marginal del golfo (Fig. 11) con borde a 30 m de profundidad, que también se observa en el umbral de la boca del golfo San José (Fig. 14) y en la plataforma (Fig. 3) frente a la bahía de San Antonio y a la caleta Los Loros, tanto como las superficies aplanadas con borde a 30 m insinuadas en la carta topográfica son, todas, parte de un mismo rasgo morfológico que refleja la superficie erosionada por el mar al ir alcanzando su standstill de máxima inundación en las transgresiones pleistocena y holocena.

Menos conspicuo resulta el origen de los escalones labrados en el paleo-talud (Fig. 11), sutiles, como en general lo son las evidencias submarinas. Se los pudo notar a profundidades de unos 65, 80, y 100 m y, si bien to-

avía deben ser investigados, lo reiterado de su manifestación permite arriesgar algunas hipótesis acerca de su origen. En algún momento de la regresión pleistocena, al final o después del Último Interglacial, el nivel del mar volvió a estar por debajo de la profundidad del umbral en la plataforma abierta - 65 m - quedando el golfo convertido en un pequeño mar cerrado, del tipo de los mares Caspio o Aral. A esa profundidad está el primer escalón - que afecta los depósitos pleistocenos (Fig. 11) - y que puede reflejar el nivel del mar interior que, durante un tiempo, pudo trabajar el escalón hasta que el nivel interno empezó a descender por evaporación. El tercer escalón, a unos 100 m marcaría el nivel final del mar interior inmediatamente antes del nuevo ingreso marino en el Holoceno. El segundo escalón, menos definido, aparece a unos 80 m y es más difícil de interpretar aunque ese nivel podría corresponder a un standstill durante el regreso del Atlántico al golfo en la transgresión holocena.

CONCLUSIONES

Las características morfológicas, sedimentológicas, estructurales y estratigráficas estudiadas en el golfo San Matías indican que se originó por erosión marina de la costa y consecuente inundación de una o más depresiones continentales subaéreas durante la transgresión pleistocena. Así, su origen debe desligarse de cualquier efecto tectónico de cuenca profunda.

Durante la regresión pleistocena se transformó en un mar cerrado que, según sugiere un escalón erosivo a 100 m de profundidad, pudo haber descendido a ese nivel antes de volver a ser invadido por el mar en la transgresión holocena. Ésta, como lo insinúa otro escalón a profundidad de 80 m, pudo haber experimentado entonces una detención en su avance.

La depresión que contiene al golfo San Matías, excavada en capas estratificadas y subhorizontales del Mioceno-Plioceno que forman la roca de base de los depósitos marinos transgresivos del Pleistoceno y del Holoceno en el golfo, muestra solo suave plegamiento y escasas fallas de ajuste, no habiéndose registrado zonas de falla proporcionadas al relieve del golfo, con lo que su origen tectónico pierde sostén y se revalidan en cambio los procesos múltiples y la deflación como causas de su origen.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio de Hidrografía Naval, que permitió la realización del estudio y la presentación de los resultados. Al personal naval civil y militar que participó en las tareas de obtención y procesamiento del material. Al Ing. R. Peiretti de LOXX Services que facilitó valiosa información para la publicación. Al Dr. H. Echeveste por sus comentarios sobre el original y ayuda en el armado de la publicación. Al Lic. M. Marmorato, al Lic. H. Ezcurra y al Lic. M. Palisa, por diversas formas de apoyo que llevaron a la realización de este estudio. Los editores de la RAGA agradecen la tarea de los revisores Alejandro Tassone y un revisor anónimo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Achilli, S. y Aliotta, S. 1992. Características morfológicas de ondas de arena en la Plataforma Continental al Sur de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. 3 Jornadas Geológicas Bonaerenses, Actas: 207-212, La Plata.
- Aliotta, S., Kostadinoff, J. y Lizasoain, G. 2000. Sísmica somera con 3,5 khz de la plataforma continental norpatagónica, Argentina. 2º Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 8 Reunión Argentina de Sedimentología, Resúmenes: 26-27, Mar del Plata.
- Ameghino, F. 1906. Les formations sédimentaires du Crétacé supérieur et du Tertiaire de Patagonie. Anales del Museo Nacional de Buenos Aires: 1-568, Buenos Aires.
- Angulo R., Fidalgo F., Gómez Peral M. y Schnack E. 1978. Las ingresiones marinas cuaternarias en la bahía de San Antonio y sus vecindades, provincia de Río Negro. 7º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 271-283, Neuquén.
- Bayarsky A. y Codignotto, J. 1982. Pleistoceno Holoceno Marino en Puerto Lobos. Revista de la Asociación Geológica Argentina 37: 91-99.
- de Alba, E. 1964. Descripción geológica de la Hoja 41 j. Sierra Grande. Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín 97, 1-67, Buenos Aires.
- Etcheverría, M., Folguera, A. y Dal Molín, C. 2006. Hojas Geológicas 4163 -II/IV y I/III Viedma y General Conesa. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 366, 67 p., Buenos Aires.
- Feruglio, E. 1949. Descripción geológica de la Patagonia 1. Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, 334 p., Buenos Aires.
- Feruglio, E. 1950. Descripción geológica de la Patagonia 3. Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, 431 p., Buenos Aires.
- Fidalgo, F., Figini, A. J., Gómez, G., Carbonari, J. E. y Huarte R. H. 1981. Algunas dataciones absolutas en sedimentos marinos de la Bahía de San Antonio, Provincia de Buenos Aires. Simposio sobre Problemas Geológicos del Litoral Atlántico Bonaerense (Mar del Plata). Comisión de Investigaciones Científicas, Resúmenes: 243-251, La Plata
- Fryklund, B., Marshall, A. y Stevens, J. 1996. La cuenca del Colorado. En Ramos, V., y Turic (eds.), Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina. 13er. Congreso geológico Argentino y 3er Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Relatorio 8: 135-158, Buenos Aires.
- Gagliardini, D., Aliotta S., Dogliotti, A. y Clemente Colón P. 2005. Identification of Bed Forms Through ERS SAR Images in San Matías Gulf, Argentina. Journal of Coastal Research 21: 193-201.
- GEBCO Charts, 1984. General Bathymetric Chart of the Oceans (5th Edition). International Hydrographic Organization / Intergovernmental Oceanographic Commission / Canadian Hydrographic Service. 74 p., Ottawa.
- Gelós, E., Spagnuolo, J. y Lizasoain, G. 1988. Mineralogía y caracterización granulométrica de sedimentos actuales de la plataforma argentina entre los paralelos 39º y 43º de latitud sur y del golfo San Matías. Revista de la Asociación Geológica Argentina 43: 63-79.
- González Díaz, E. y Di Tommaso I. 2011. Evolución geomorfológica y cronológica relativa de los niveles aterrazados del área adyacente a la desembocadura del río Chubut al Atlántico. Revista de la Asociación Geológica Argentina 68: 325-525.
- Granelli, N. 1959. Giant Ripples in the Gulf of San Matías, Argentina. Preprints, International Oceanographic Congress, American Association for the Advancement of Science, Abstracts: 616-618, Washington, D.C.
- Haller, M. 1981. Descripción geológica de la Hoja 43 h. Puerto Madryn. Servicio Geológico Nacional, Boletín 184: 1-41, Buenos Aires.
- Haller, M., Monti A. y Meister C. 2001. Hoja Geológica 4363-1 Península Valdés, Provincia del Chubut. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, 1:250.000. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 266: 1-34, Buenos Aires.
- Isla, F. 2013. The flooding of the San Matías Gulf: The Northern Patagonia sea-level curve, Geomorphology, edición digital <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.02.013>
- Kaaschieter, J. 1965. Geología de la Cuenca del Colorado. 2 Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 3: 251-269, Buenos Aires.
- Kokot, R. y Favier Dubois, C. 2009. Evolución geomorfológica de la bahía de San Antonio (Río Negro, Argentina). Su importancia para el registro de ocupaciones humanas. 4º Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Resumen 125, CD, La Plata.
- Kokot R. y Chomnalez F. 2012. Retroceso de la línea de costa en Las Grutas, Provincia de Río Negro Revista de la Asociación Geológica Argentina 69: 88-96.
- Kostadinoff, J. 1992. Estudio geofísico de la Península Valdés y los golfos nordpatagónicos. Revista de la Asociación Geológica Argentina 47: 229-236.
- Lesta, P. 2002. Exploración de la plataforma continental argentina: pasado, presente y futuro. Petrotecnia, Revista del Instituto Argentino del Petróleo 43:13-29, Buenos Aires.
- Ley N° 17.094. Boletín Oficial de la República Argentina, 10/1/1967. Buenos Aires.
- Lizuain, A. 1983. Descripción geológica de la Hoja 38 j. Salinas del Gualicho. Servicio Geológico Nacional, Boletín 195: 1-48, Buenos Aires.
- Lizuain, A. y Sepúlveda, E. 1978. Geología del Gran Bajo del Gualicho (Provincia de Río Negro). 7º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 407-422, Neuquén.
- Lonardi, A. y Ewing, M. 1971. Sediment Transport and Distribution in the Argentine Basin. 4. Bathymetry of the Continental Margin. Argentine Basin and other related Provinces. Canyons and Sources of Sediments. Physics and Chemistry of the Earth 8: 79-122.
- Marinelli, R. y Franzin, H. 1996. Cuencas de Rawson y Península de Valdés. En: Ramos, V., y Turic (eds.) Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina. 13er Congreso geológico Argentino y 3er Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Relatorio 9: 159-169, Buenos Aires.
- Martínez, H., Nañez, C., Lizuain, A., Dal Molín, C. y Turel, A. 2001. Hoja Geológica 4166-II San Antonio Oeste. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 254: 1-32, Buenos Aires.
- Mouzo, F. 1996. Los Golfos Patagónicos, ¿renuevan sus aguas? Petrotecnia, Revista del Instituto Argentino del Petróleo 37: 72-84, Buenos Aires.
- Mouzo, F. 2014. Edad del golfo San Matías, Plataforma Continental Argentina y la Estratigrafía

- en el Gran Bajo de San Antonio, Provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71: 129 - 142.
- Mouzo, F. y Garza, M. 1975. Rasgos de la Geología Submarina del Golfo Nuevo (Provincia del Chubut). 6º Congreso geológico Argentino, Bahía Blanca, Actas 2: 413-430, Buenos Aires.
- Mouzo, F. y Paterlini, C. M., 1985. Expresión magnética marina al sudeste de Buenos Aires y Río Negro. 1as. Jornadas Geológicas Bonaerenses (Tandil), Actas: 301-310, Bahía Blanca.
- Mouzo, F., Garza, L., Izquierdo, J. y Zibecchi, R. 1974. Contribución al conocimiento del substrato en un sector de la Plataforma Continental Argentina entre Mar de Plata y Bahía Blanca. *Instituto Argentino de Oceanografía. Contribución Científica* 12: 1-19, Bahía Blanca.
- Paterlini, M. y Mouzo F. 2013. Exploración sísmica del golfo norpatagónico San José, plataforma continental argentina, provincia del Chubut. *GEOACTA* 38: 81-94.
- Pierce, J., Siegel, F. y Urien C. 1969. Topografía submarina del golfo San Matías. 4as. Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 127-141.
- Piola, A. y Scasso, L. 1988. Circulación en el golfo San Matías. *GEOACTA* 16: 35-51
- Ponce, J., Rabassa, J., Coronato, A. y Borromei, A. 2011. Palaeogeographical evolution of the Atlantic coast of Pampa and Patagonia from the last glacial maximum to the Middle Holocene. *Biological Journal of the Linnean Society* 103: 363-379.
- Rovereto, G. 1921. Studi di geomorfología Argentina, V. La Penisola Valdez. *Bollettino Società Geologica Italiana* 40: 1-47
- Rutter, N., Schnack, E. J., del Rio, J., Fasano, L., Isla, F. I. y Radtke U. 1989. Correlation and dating of Quaternary littoral zones along the Patagonian coast, Argentina. *Quaternary Science Reviews* 8: 213-234.
- Rutter, N., Radtke, U. y Schnack E. J. 1990. Comparison of ESR and Amino Acid Data in Correlating and Dating Quaternary Shorelines Along the Patagonian Coast, Argentina. *Journal of Coastal Research* 8: 391- 411.
- Schnack, E., Aliotta, S., Isla, F. I. y Lizasoain, G. O. 1996. Formas de fondo asociadas a un delta de reflujos macromareales, San Antonio Oeste, Provincia de Río Negro, Argentina. *Thalassas* 12: 121-135.
- Sepúlveda, E.G. 1983. Descripción Geológica de la Hoja 38 i Gran Bajo del Gualicho, Provincia de Río Negro. *Servicio Geológico Nacional* 194: 1-61. Buenos Aires.
- Shepard, F. 1954. Nomenclature based on Sand/Silt/Clay Ratios. *Journal of Sedimentary Petrology* 24: 151-158.
- SHN 1928. Carta N° 57, de Punta Rasa a Punta Ninfas, Dirección General de Navegación y Cartografía del Ministerio de Marina, Buenos Aires.
- SHN 1995. Sondajes del A.R.A. Comodoro Rivadavia en zona Punta Norte, Provincia del Chubut. Inédito. Servicio de Hidrografía Naval, Departamento de Hidrografía, Archivo Técnico F 126, Buenos Aires.
- SHN 2000. Carta H-214, De Faro Segunda Barranca a Faro Punta Bajos, Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires.
- So, C., Pierce J. y Siegel, F. 1974. Sand Waves in the Gulf of San Matías, Argentine. *Geografiska Annaler* 56: 227-235, Stockholm.
- Stipanovic, P. y Methol, E. 1980. Comarca Norpatagónica. 2º Simposio de Geología Regional Argentina, Actas 2: 1071-1097, Córdoba.
- Tonini, M., Palma, E., y Piola, A. 2013. A numerical study of gyres, thermal fronts and seasonal circulation in austral semi-enclosed gulfs. *Continental Shelf Research* 65: 97-110.
- Weber, E. 1983. Descripción geológica de la Hoja 40 j, Cerro El Fuerte, Provincia de Río Negro. *Servicio Geológico Nacional, Boletín* 196: 1-69, Buenos Aires.
- Windhausen, A. 1918. Rasgos de la historia geológica de la planicie costanera en la Patagonia septentrional. *Academia Nacional de Ciencias en Córdoba, Boletín* 23: 319-364, Córdoba.
- Windhausen, A. 1931. *Geología Argentina*, 2ª Parte, 1-645. Editorial Peuser, Buenos Aires.
- Zambrano, J. J. 1973. Influencia de la deflación en la formación de los bajos sin salida de la Patagonia extraandina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 28: 92-94
- Zambrano, J. J. 1980. Comarca de la cuenca cretácica de Colorado. 2º Simposio de Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias 2: 1033-1070, Córdoba.

Recibido: 18 de noviembre, 2016

Aceptado: 16 de julio, 2017