

# EDAD DEL GOLFO SAN MATÍAS, PLATAFORMA CONTINENTAL ARGENTINA Y LA ESTRATIGRAFÍA EN EL GRAN BAJO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA DE RÍO NEGRO

Félix H. MOUZO

Geólogo independiente. E-mail: fhmouzo@gmail.com

## RESUMEN

El estudio de datos sísmicos, obtenidos por el Servicio de Hidrografía Naval y por una empresa privada en el golfo San Matías, que aquí se presenta, muestra que sólo dos secuencias depositacionales marinas cubren la roca de base plegada que forma la depresión que aloja al golfo. La roca de base corresponde al Terciario medio-tardío, por lo que se desprende que el golfo sólo fue afectado por dos transgresiones en el Cuaternario y que, consecuentemente, la invasión atlántica original se produjo durante el Último Interglacial (MIS 5e). Estando estos resultados en desacuerdo con parte de la información estratigráfica publicada para la región que rodea la bahía de San Antonio -en el gran bajo de San Antonio- se revisó críticamente la bibliografía respectiva para esa zona, presentándose también aquí los resultados de esa revisión junto con otros datos que llevan a proponer modificaciones para el cuadro estratigráfico de la región comúnmente aceptado hasta ahora.

**Palabras clave:** *Sísmica marina, Cuaternario, transgresiones, terrazas marinas, beachrock, bajos sin salida*

## ABSTRACT

*Age of gulf San Matías, Argentine continental shelf, and the stratigraphy in the Great San Antonio depression, Río Negro Province*

The study of seismic data from surveys by the Argentine Hydrographic Service and a private company in the gulf of San Matías show that only two marine depositional sequences cover the folded bedrock making the depression lodging the gulf. Since the bedrock corresponds to the middle-late Tertiary, it follows that the gulf was impacted by only two Quaternary transgressions and, consequently, the original submergence occurred during the Last Interglacial (MIS 5e). So far as these results are at variance with part of the published onshore stratigraphic data for the region surrounding San Antonio Bay -within the great Patagonian depression of San Antonio- the appropriate literature for the area were revised. The results of such revision, as well as other onshore data also presented here, lead to propose modifications to the commonly accepted stratigraphic classification for the area.

**Keywords:** *Marine seismics, Quaternary, transgressions, marine terraces, beachrock, closed depressions*

## INTRODUCCIÓN

Durante la preparación del informe para un trabajo de obras de ingeniería en el golfo San Matías, se hizo necesario vincular la información obtenida con lo publicado para la geología en la zona entre el Bajo Oliveira al SO, la bahía de San Antonio al centro y la Barranca Final al NE (Fig.1).

En esa etapa, con lo ya conocido para el golfo San Matías, se notó que resultaban conflictivos: i) la existencia de “un depósito de forma esencialmente tabular” (Fidalgo y Rabassa 1984), de entre 14 y 20 m de espesor, de edad pleistocena y definido como Formación Baliza San Matías por

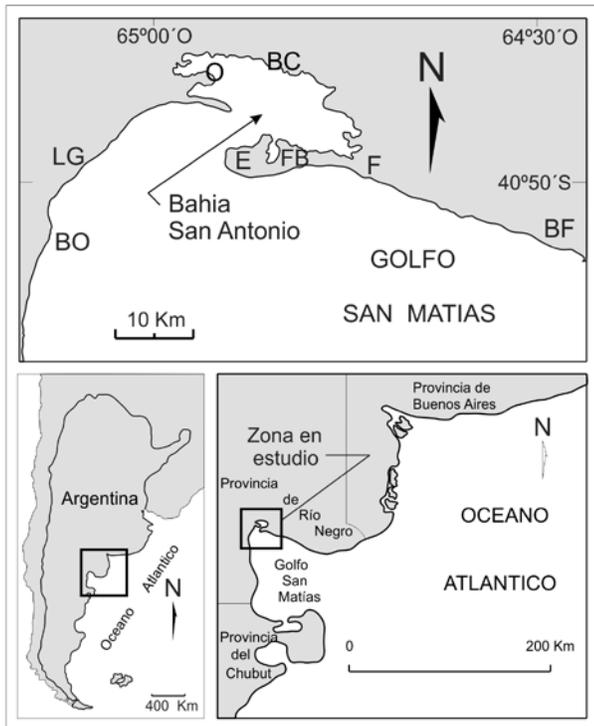
Angulo *et al.* (1978) ubicado sobre la costa en la región de la Bahía de San Antonio y, además, que: ii) alrededor de San Antonio Oeste existirían depósitos con edades mayores que las “del penúltimo interglacial -o más antiguos” (Rutter *et al.* 1990; Fucks y Schnack 2011).

Esto llevó a efectuar un detallado análisis crítico de las ideas vertidas con anterioridad por otros autores en la región de San Antonio Oeste sobre la naturaleza, el origen, y la edad de depósitos, terrazas marinas, depósitos de rodados, y bajos sin salida y/o golfos patagónicos. Del análisis, se hicieron evidentes contradicciones sobre la ubicación estratigráfica de la Formación San Antonio en el Holoceno (An-

gulo *et al.* 1978) -que es el criterio seguido por muchos investigadores que han publicado temas sobre la región- dado que algunos autores refieren estimaciones de edades mayores que el Holoceno para las unidades que la componen (Rutter *et al.* 1989; 1990; Fucks y Schnack 2011).

El trabajo que aquí se presenta pone en duda la posibilidad de la existencia en la zona de depósitos más antiguos que el Último Interglacial, en razón de la evidencia obtenida.

Las conclusiones que se presentan, aunque coincidentes con algunas de las comúnmente aceptadas hasta la fecha, difieren con otras para las que se ofrecen nuevas interpretaciones.



**Figura 1:** Ubicación de la zona estudiada y localidades mencionadas en el texto: BO: Bajo Oliveira - LG: Las Grutas - O: San Antonio Oeste - BC: Baliza Camino - E: San Antonio Este - FB: Bahía Falsa - F: Faro San Matías - BF: Barranca Final.

Por todo lo señalado, y sobre la base de la información submarina inédita y las observaciones de campo realizadas, los objetivos de este trabajo son: i) dilucidar la discrepancia surgida con la Formación Baliza San Matías; ii) contribuir al establecimiento de la edad máxima del golfo San Matías; iii) presentar el cuadro estratigráfico resultante para la región considerada, esto es, el golfo San Matías y la región costera próxima al Bajo San Antonio.

## MARCO GEOLÓGICO

La zona considerada (Fig.2) incluye el área costa afuera del golfo San Matías desde el Bajo Oliveira al SO, la Bahía de San Antonio al centro, y la Barranca Final al NE incluyendo la franja costera correspondiente, donde se concentran afloramientos de las unidades atribuidas al Cuaternario según se sintetiza en las hojas geológica de la zona (Martínez *et al.* 2001; Etcheverría *et al.* 2006). La figura 2 muestra la particular conformación morfológica de la zona en estudio, donde el mar oscurece las relaciones entre la geología continental y la marina.

La zona se encuentra en el rincón NO del golfo San Matías, dentro del ámbito del

margen SO de la Cuenca Sedimentaria del Colorado, que allí se recuesta contra las primeras elevaciones pre-cretácicas de la meseta de Somuncurá. Al O de la región considerada, el basamento ha sido descrito como rocas intrusivas ácidas pérmicas (Wichmann 1918; Zambrano 1980; Martínez *et al.* 2001) que afloran en Piedras Coloradas -al S de Las Grutas- y se internan en el mar. Estas rocas, que también afloran en Valcheta, al O y fuera de la zona (Halpern *et al.* 1971), aparecen en el subsuelo a 116,9 m en la perforación de San Antonio Oeste (Wichmann 1918). Desde allí el basamento se hunde hacia el NE cubierto por depósitos sedimentarios con edades que van del Cretácico al Holoceno que se espesan también hacia el NE, ya adentrándose en la cuenca del Colorado (Zambrano 1980), cuyos detalles han sido sintetizados por Martínez *et al.* (2001) quienes además presentan la bibliografía involucrada.

Los depósitos cuaternarios en la zona - que son el interés principal de este trabajo - se ubican discordantemente sobre las areniscas del "Patagoniense" o "Enterriense" (Formación Barranca Final, Kaaschieter 1965) o su equivalente, la Formación Gran Bajo del Gualicho (Li-

zuain y Sepúlveda 1978) que, generalmente asignada al Oligoceno-Mioceno, otros la extienden hasta el Plioceno (Zambrano 1980; Fryklund *et al.* 1996).

## ANTECEDENTES

Los antecedentes se remontan a las investigaciones para provisión de agua a San Antonio Oeste realizadas por Wichmann (1918) quien describe los rasgos geológicos en la región, especialmente los costeros, llamando la atención sobre "otro conglomerado como formación cuaternaria", refiriéndose a las rocas sedimentarias que forman la restinga que aparece en la zona, que relaciona con una perforación profunda en San Antonio Oeste.

Los estudios de Feruglio (1933, 1950) sobre las terrazas marinas en los alrededores de San Antonio Oeste establecieron una primera estratigrafía para el Cuaternario basada en la posición altimétrica de las terrazas y en las características ambientales de los restos de moluscos que contienen. En esos estudios define como "Terraza de San Antonio Oeste" a los depósitos de arena y grava que encierran abundantes conchas marinas asimilándola a su Sistema VI o de Comodoro Rivadavia, de entre 8 y 10 m s.n.m. (sobre nivel del mar), ubicándola en el Posglacial. Para el golfo San Matías Pierce *et al.* (1969) presentan algunas características, mostrando dos secciones sísmicas donde se ve que el fondo del golfo se integra con una delgada capa de sedimentos del Holoceno apoyada sobre rocas estratificadas con suave inclinación hacia el E, localmente interrumpida por pequeñas fallas y pliegues.

El primer trabajo que presenta definiciones formales para las unidades cuaternarias en la zona es el de Angulo *et al.* (1978), quienes describen y mapean la región. La restinga, formada de un conglomerado de rodados y valvas de moluscos, cementado por carbonato de calcio, es denominada "Formación Baliza San Matías" - quizá por el Faro San Matías ubicado en la zona - y es incluida en el Pleistoceno. También definen como "Formación San Antonio" a las gravas arenosas con valvas de molus-

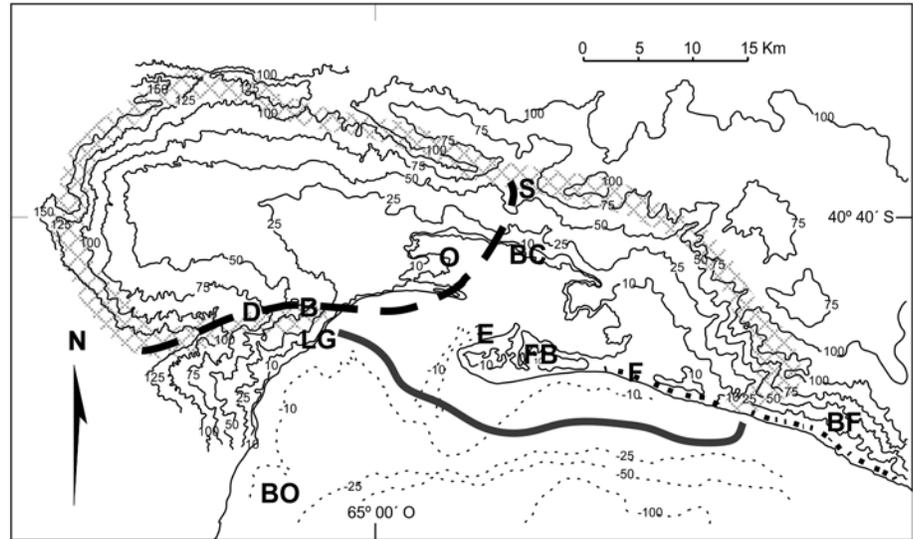
cos distribuidas en prácticamente toda el área de la bahía, que también forman acumulaciones mantiformes o cordones de playa, asignándola al Holoceno. La estratigrafía esbozada en ese trabajo es la comúnmente aceptada desde entonces, salvo algunas excepciones recientes.

Las primeras edades  $C^{14}$  para la zona son presentados por Fidalgo *et al.* (1981), con edades de más de 27.000 y 40.000 años A.P. Los propios autores de esas determinaciones, sin embargo, las contemplan críticamente sugiriendo una posible contaminación. Esos datos también fueron luego cuestionados (Pirazzoli y Schnack, 1985; Kokot y Favier Dubois 2009).

Las formas litorales de la zona fueron tratadas por González Díaz y Malagnino (1984), en su estudio sobre la geomorfología de la provincia de Río Negro. Allí, manifiestan que algunos rasgos costeros en la zona deben haberse originado inicialmente en ambiente continental. Reconocen la presencia de plataformas de erosión por olas aunque lamentablemente no se detienen en el análisis de la restinga constituida por la Formación Baliza San Matías.

Las unidades morfológicas y los depósitos del Mesozoico superior-Cenozoico en las costas del Golfo San Matías fueron revisadas por Gelós *et al.* (1988b, 1992a, 1992b, 1992c) y muestran que la Formación Patagonia aflora en la playa al nivel del mar en proximidades del paraje Barranca Final, con 16 m de potencia, y que también se muestra en Las Grutas. Entre esos mismos lugares mencionan la Formación Baliza San Matías. En esos trabajos se siguen las propuestas estratigráficas de Angulo *et al.* (1978).

Gelós *et al.* (1988a) analizan muestras de sedimentos superficiales en el golfo que describen como sedimentos limo-arenosos a limo-arcillosos, inmaduros y pobremente seleccionados. Rutter *et al.* (1989, 1990) determinan edades relativas por racemización de aminoácidos y estimadas por ESR (*electron spin resonance*) y correlacionan zonas litorales sobre las costas patagónicas. Para la región de San Antonio Oeste asignan edades que, aunque pueden resultar confusas, les sirven para concluir



**Figura 2:** Bajo de San Antonio y región sumergida adyacente. El tramado marca el borde del bajo; la línea continua sugiere un posible cierre original; la línea cortada, el cierre de un bajo menor anterior; la línea punteada sobre la costa oriental, entre F y BF, marca un paleoacantilado holoceno - D: Cerro Dirección - B: Cerro Bandera - S: espolón de cierre; demás localidades señaladas como en la figura 1.

que las muestras a 24 m s.n.m. tiene edades entre 169.000 y 230.000 años, las que están a 10 m s.n.m. muestran edades entre 83.200 y 111.000 años, y la que se encuentra a nivel del mar -que reconocen perteneciente a un *beachrock*- es de 66.800 a 70.300 años aunque, sin embargo, la ubican en el Holoceno.

Las formas de fondo y el delta de reflujos macromareal costa afuera de la bahía de San Antonio, son abordadas por Schnack *et al.* (1996) quienes, entre otras conclusiones, interpretan a partir de imágenes de sonar lateral la existencia de afloramientos rocosos estratificados en el fondo del profundo canal de acceso a la bahía.

En 2001 el Servicio Geológico Mineral Argentino publica la Hoja Geológica 4166-II San Antonio Oeste (Martínez *et al.* 2001) y en 2006 la Hoja Geológica 4163-II/IV y I/III Viedma y General Conesa (Etcheverría *et al.* 2006), que sintetizan la información geológica disponible hasta ese momento.

Más recientemente, Kokot y Favier Dubois (2009) comunican estudios en curso relacionados a la evolución geomorfológica de la bahía de San Antonio vinculada al registro de ocupaciones humanas, anunciando dataciones  $C^{14}$  para la terraza en las proximidades de San Antonio Oeste que serían mayores a 40.000 años AP por lo

que - concluyen - permiten adjudicar esa terraza al Pleistoceno.

Más recientemente, Fucks y Schnack (2011) manifiestan que los depósitos más antiguos en la zona de San Antonio contienen restos de *Ostrea sp.*, y, aunque no les asignan edad específica, los suponen más antiguos que los que forman la restinga sobre la costa -la Formación Baliza San Matías- que a la vez es atribuida al “MIS 7” en base a una edad estimada en Rutter *et al.* (1990). Los depósitos antes tenidos como del Holoceno - en la Formación San Antonio - son ubicados en el Pleistoceno -“MIS 5e”- siguiendo edades en Rutter (1990). Al Holoceno atribuyen muchas localidades con variadas características a lo largo de la costa, que en algunos lugares habrían acusado edades  $C^{14}$  del Holoceno medio-superior. Además, atribuyen a la transgresión del MIS 7 -que señalan como de escasa altura- la configuración actual de región y la formación de las espigas en las Puntas Villarino y Delgado. Concluyen diciendo que la identificación de niveles marinos anteriores al “MIS 5e” significa para la región una situación similar a la de la mayor parte de la costa patagónica. Muy recientemente, Kokot y Chomnalez (2012) señalan que la línea de costa y la plataforma de abrasión en Las Grutas están en retroceso.

## METODOLOGÍA

Este trabajo está basado en la interpretación de registros inéditos de reflexión sísmica marina en el golfo San Matías, en observaciones de campo sobre la geomorfología en la zona costera de la región en consideración, en la interpretación de perfiles de perforaciones publicados e inéditos, en la interpretación de material cartográfico publicado o inédito, en la inspección de imágenes satelitales, y en una detallada revisión crítica de las publicaciones sobre los temas tratados. El mayor peso de esa tarea, sin embargo, recayó en el análisis y la interpretación de la información sísmica.

### Datos sísmicos

En las etapas de procesamiento y análisis se siguieron los procedimientos usuales en la sísmica marina. Para la interpretación, se adaptaron los criterios básicos de la estratigrafía sísmica considerados por Galloway (1989) y Miall (2010), empleando unidades limitadas por discordancias, o secuencias sísmicas.

La mayor parte los datos sísmicos del golfo San Matías fueron obtenidos en cumplimiento de tareas específicas del Servicio de Hidrografía Naval (S.H.N.). Parte de ellos durante la campaña A.R.A. GOYENA 0476 en los golfos San Matías y San José, cuyos resultados están en preparación para publicación. Se trata de registros analógicos de reflexión sísmica monocanal de poca penetración y alta resolución, obtenidos con una fuente de chispa eléctrica (*sparker*) con potencia de 300 W•s, un arreglo de hidrófonos de 8 elementos, y un registrador EG&G-M 254. Los registros fueron corridos sobre una grilla de 21 líneas sísmicas, totalizando unos 1640 km, de las cuales aquí se presentan con autorización del S.H.N. las secciones S-1 y S-2 (Fig.4 y 5), representativas de la estratigrafía sísmica en las regiones profundas del golfo entre los 80 m y las máximas profundidades a unos 200 m. Otros registros no provenientes de esa campaña fueron obtenidos por el S.H.N. sobre el canal de acceso a la bahía de San Antonio con igual configuración de equipos. Parte de ese material se muestra en la sección, S-A.

(Fig.7). Una sección sísmica más reciente, obtenida con registración digital empleando una fuente *boomer sub-ton*, cedida para publicación por la empresa LOXX Servicio, es representativa de las regiones menos profundas, entre los 30 m y las cercanías a la costa a unos 10 m de profundidad, y se presenta en la figura 6 como sección S-3. Todas las secciones están representadas en función de tiempo de doble recorrido. Cuando se expresen profundidades en metros, estarán basadas en velocidades de propagación del sonido de 1500 ms<sup>-1</sup> para la columna de agua, y de 1700 ms<sup>-1</sup> como promedio adoptado para los capas sedimentarias, ya que el hacerlo así solo induce un error despreciable en razón de los relativamente escasos espesores atravesados.

### Perforaciones profundas

Entre los registros de perforaciones disponibles en la zona, los más antiguos -que Wichmann (1918) describe minuciosamente- resultan los más detallados e ilustrativos. Otras descripciones a las que se ha tenido acceso corresponden al registro obrante en archivos del Instituto Nacional del Agua de un pozo de más de 100 m para provisión de agua al aeródromo de San Antonio Oeste situado en el borde sur del pueblo, y dos perforaciones de casi 30 m sobre la zona costera al E del Faro San Matías. No resultó posible, a pesar de la intensa búsqueda realizada, ubicar los datos de la perforación mencionadas por Angulo *et al.* (1978) para la zona del puerto de San Antonio Este.

En el tratamiento de la información de los perfiles se tuvieron en cuenta las variaciones litológicas y el contenido de restos de organismos a lo largo de la columna que, en las secciones correspondientes al Cuaternario, resultan decepcionantemente semejantes, debido a la omnipresente aparición de rodados y restos de conchillas en largos tramos de la sección. Sin embargo, del análisis de las variaciones texturales se pueden distinguir dos secuencias grano-decrecientes.

### Geomorfología

La figura 2, que muestra la morfología del Bajo de San Antonio trazada con curvas

de nivel e isobatas a equidistancia de 25 m más el agregado de la curva y la isobata de +10m y de -10 m respectivamente, resulta de la modificación de cartografía a escala de 1:100.000 de SEGEMAR (Inédita) y de compilación de datos de cartas náuticas (S.H.N., 2000a; 2000b). Se debe hacer notar que si se efectuaran comparaciones con las hojas 4166-II (Martínez *et al.* 2001) y 4163-I-III (Etcheverría *et al.* 2006) a escala de 1:250.000, pueden encontrarse diferencias grandes, ya que la curva de 50 m mostrada en la primera, en cercanías de la bahía, está mal ubicada, y que tampoco hay correspondencia de las curvas de nivel entre ambas hojas linderas.

La sección altimétrica-batimétrica en la figura 9, a través de la boca de la bahía de San Antonio entre las puntas Delgado y Perdices, fue confeccionada con datos publicados por el Servicio de Hidrografía Naval (S.H.N. 2000 a). Al bosquejo, que muestra el relieve del canal de acceso en un lugar donde se bifurca -como se ve en planta en la figura 2- se le ha agregado una proyección del perfil de la perforación descrita por Wichmann (1918) y se indican los afloramientos en las playas para apreciar la diferencia de elevación entre el nivel del *beachrock* y el del conglomerado en el pozo, como se explica en el texto.

### Observaciones de campo

Las observaciones comprobaron que la restinga que aparece sobre la costa en la zona intermareal -que se verificó se trata de un depósito de playa cementado, como lo señalan Angulo *et al.* (1978)- corresponde a un *beachrock* (una arenisca o un conglomerado o una arenisca conglomerádica, etc.) No siendo el propósito de este trabajo determinar el origen de la cementación de ese depósito, no se llevaron a cabo ulteriores determinaciones.

## RESULTADOS

### Secciones sismo-estratigráficas

La figura 3 muestra la ubicación de las secciones sísmicas consideradas en este trabajo.

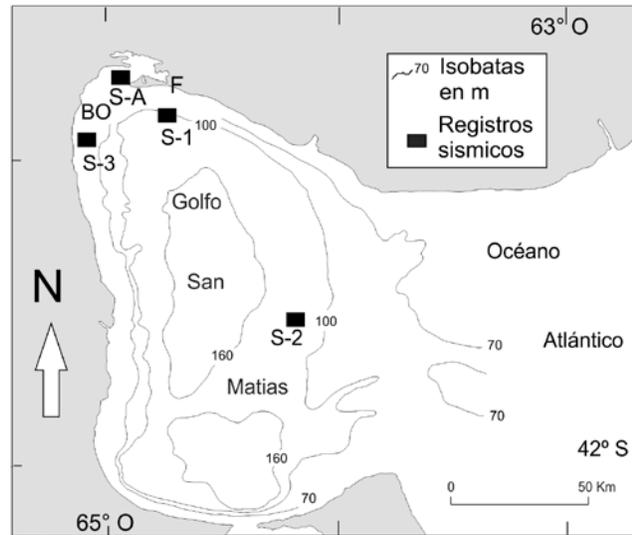
*El Holoceno:* La sección S-1 (Fig.4) con rumbo O-E, paralela a la costa sobre el

talud en la región marginal N del golfo, de fuerte pendiente, se ubica a unos 10 km costa afuera al S del Faro San Matías y a profundidad de unos 120 metros (Fig. 3). El registro muestra una capa inferior (Capa T), de estructura sin perturbar, alta amplitud y frecuencia, de estratificación paralela, correspondiente a la roca de base del Terciario en la región, donde sobresale un grueso paquete de fuertes reflectores con buzamiento aparente de muy bajo ángulo hacia el E. Una discordancia angular separa la roca de base de la capa superior - Capa H - de más alta amplitud y frecuencia, estratificación paralela y gran continuidad lateral, indicando sedimentos marinos recientes depositados horizontalmente, con un espesor de unos 10 m.

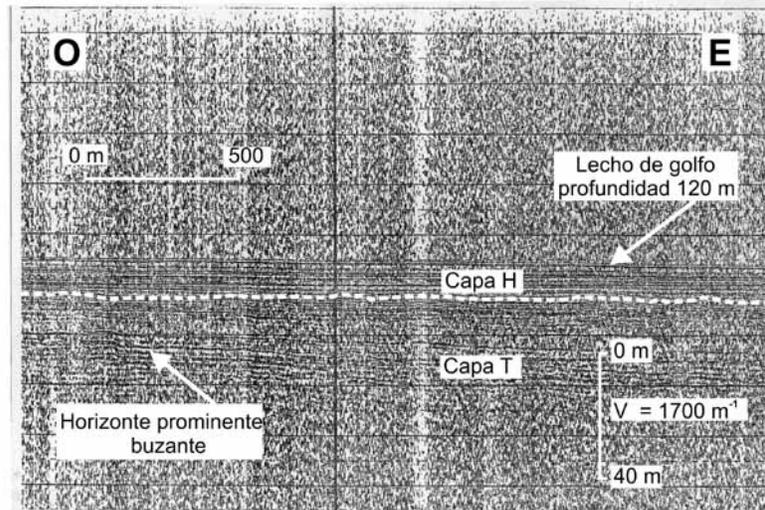
Aunque en algunas zonas la Capa H es delgada en extremo o casi inexistente, donde aparece, la sísmica confirma su continuidad lateral y su posición superior formando el fondo del golfo, lo que indica que es el depósito más reciente y por ello se la ubica en el Holoceno. Un testigo de la capa superficial, referido por Pierce *et al.* (1969), obtenido a profundidad de 125 m y muestreado en su nivel de 120 cm, acusó una edad  $C^{14}$  de  $3.770 \pm 160$  años A.P.

**El Pleistoceno:** La figura 5, muestra la sección S-2 con rumbo ESE-ONO. Esta sección, a unos 100 km al SE del Faro San Matías (Fig. 2), refleja las condiciones en la región marginal oriental del golfo, esto es, en la zona de la boca. La Capa T forma la roca de base terciaria y se presenta con amplitudes y frecuencias de medianas a altas, estratificación paralela, suave plegamiento y pequeñas fallas de ajuste de mínimo rechazo, terminando con una discordancia angular en el techo.

Por encima sigue la Capa P, de 15 a 20 m de espesor, de alta amplitud y frecuencia, estratificación paralela algo discontinua y configuración caótica en partes, que remata en una discordancia erosiva. Por encima, aparece una capa superior, la Capa H, de estratificación horizontal paralela, y extendida continuidad, evidenciando un depósito del tipo hemipelágico con espesores variables que aquí son del orden de los 15 m. Esta capa superior H es continuación lateral de la señalada en la figu-



**Figura 3:** Ubicación de las secciones sísmicas S-1, S-2, S-3, y S-A, consideradas en el texto. BO: Bajo Oliveira - F: Faro San Matías. Batimetría simplificada del golfo San Matías según Mouzo (en: Piola y Scasso, 1988).



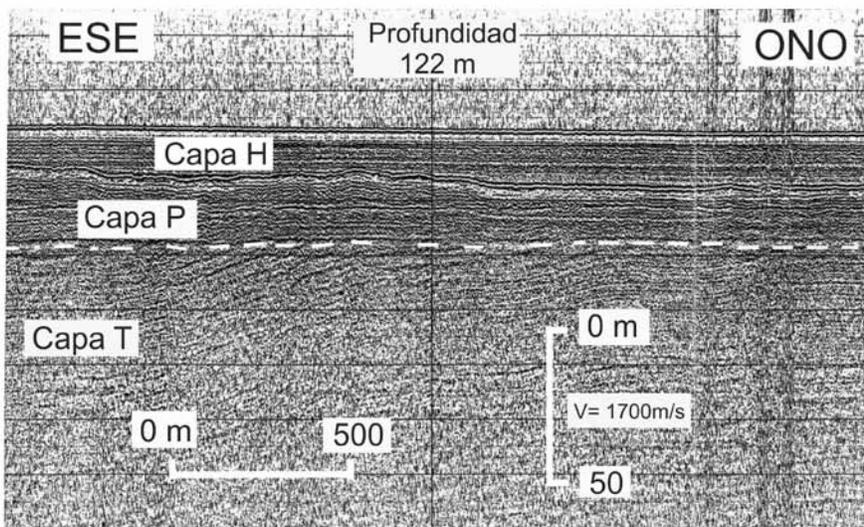
**Figura 4:** Registro sísmico S-1, en la región marginal norte del golfo San Matías. La línea cortada resalta la discordancia que marca el techo de la Capa T, de sedimentos inclinados del Terciario medio-tardío, que forma la roca de base. Por encima, la Capa H, de sedimentos marinos recientes.

ra 4, de origen marino reciente. La capa intermedia P, más antigua que H, muestra las características de una deposición turbulenta en su parte inferior que se hace más tranquila hacia arriba. Sus límites formados por discordancias, sus diferencias con la capa superior, y su posición estratigráfica entre depósitos holocenos y la roca de base terciaria la ubican en el Pleistoceno.

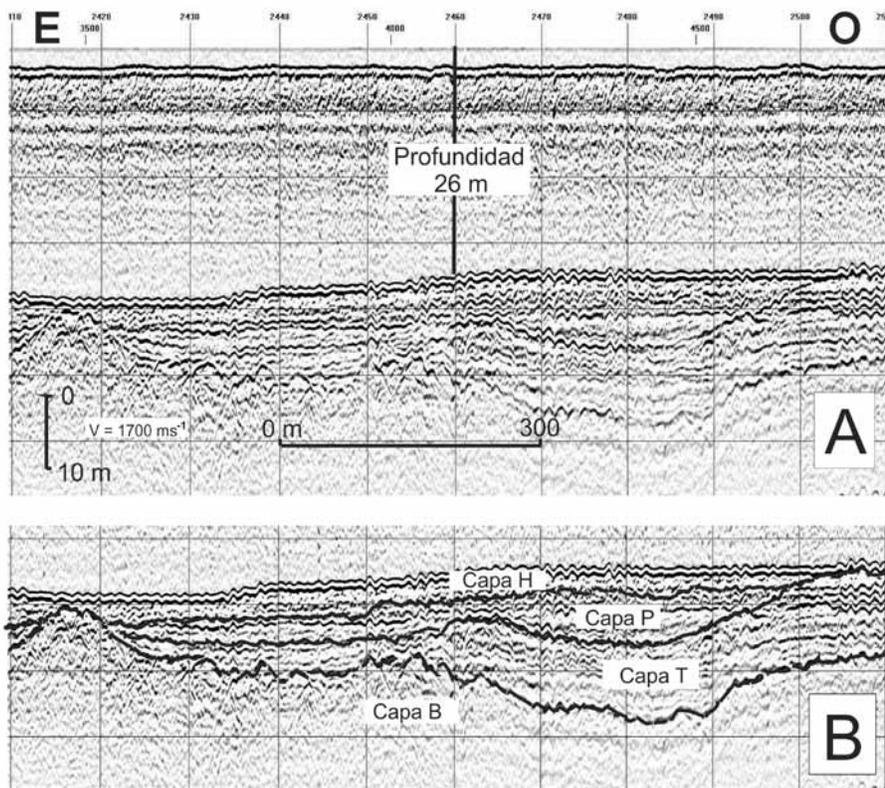
**La columna estratigráfica completa:** Lo descrito anteriormente es representativo para casi todo el golfo especialmente en la región profunda. En las regiones menos profundas de la zona O del golfo, próximas a la costa, la situación es ligeramente

diferente.

La Sección S-3 (Fig. 6), a unos 9 km al S del Bajo Oliveira, corrida con rumbo E-O por unos 5 km, a profundidades de 30 a 10 m, fue terminada a unos 2000 m de la costa O del golfo por razones de seguridad náutica. El registro muestra una sección inferior (Capa B) con relieve muy irregular y marcado, libre de reflexiones o con sólo algunas pocas muy discontinuas e incoherentes, que en el extremo E del registro se eleva casi hasta el fondo del golfo, y que es probable pertenezca al basamento granítico que aflora en las costas cercanas. En relación de no-concordancia, le sigue por encima una capa de alta amplitud y



**Figura 5:** Sección sísmica S-2, con tres capas. La línea cortada resalta la discordancia angular en el techo de la Capa T, la roca de base; la discordancia erosiva en el techo de la intermedia Capa P es fácilmente visible en el registro; por encima aparece la Capa H.



**Figura 6:** Sección S-3, cercana a la costa oeste. A) Sección original; B) La anterior, resaltando las discordancias entre las capas señaladas. Capa B: Basamento sísmico; Capa T: Terciario suavemente plegado y fracturado; Capa P: Depósitos pleistocenos rellenando depresiones en el Terciario; Capa H: Sedimentos del Holoceno.

frecuencia moderada con estratificación paralela, suavemente plegada y fracturada (Capa T) que remata en una discordancia angular con relieve marcado.

Esta Capa T, de espesor variable entre 5 y 15 m, se ve aflorar en el extremo del registro próximo a la costa y se correspondería con los depósitos terciarios de la forma-

ción Gran Bajo del Gualicho (Martínez *et al.* 2001) o Barranca Final (Zambrano 1980). La Capa T es cubierta por la Capa P, de alta amplitud y frecuencia, estratificación irregular y configuración caótica en sectores, de unos 5 m de espesor, correspondiente a depósitos pleistocenos, ya que hacia arriba le sigue en discordancia de erosión la Capa H, superficial, de moderada amplitud y alta frecuencia, estratificación horizontal, de gran continuidad y transparencia acústica que representa los depósitos marinos más recientes, que corresponden al Holoceno.

### Bahía de San Antonio

La figura 7, parte de una línea sísmica de rumbo S-N y 13 km a lo largo del canal de acceso a la bahía, muestra la sección sísmica S-A (Fig.3) donde la roca de base -Capa T- se ve cubierta sólo por una delgada capa superficial -la Capa H- situación que se observa todo a lo largo del canal.

Dónde se inicia el canal costa afuera, a unos 13 km al S del muelle en el puerto, el techo de la roca de base se registró a unos 45 m b.n.m. y desde allí se eleva en dirección a la bahía, formando un umbral a unos 14 m b.n.m. de unos 4 km, y se hunde nuevamente hacia el interior de la bahía, estando a 27 m b.n.m. al final de la línea, a 650 m del muelle. Los registros también muestran algunos afloramientos de la roca de base de reducidas dimensiones pero se ve que, a lo largo del canal, sólo está cubierta por depósitos recientes, de entre 2 y 5 m de espesor, sin que aparezcan depósitos intermedios, esto es del Pleistoceno.

Las dunas submarinas que se ven sobre el fondo del canal están formadas por arenas finas a gruesas con grava (Schnack *et al.* 1996) que corresponden a la capa superficial de sedimentos del Holoceno que se apoyan directamente sobre la roca de base.

### Distribución espacial

La Capa T forma la roca de base de la cuenca que aloja al golfo y por sus características sísmicas y continuidad lateral con los depósitos marinos comúnmente asignados al Mioceno-Plioceno que rodea al golfo en la tierra firme, es considerada parte de la formación Barranca Fi-

nal. Aparece generalmente cubierta, pero aflora -o casi- en la mitad N de la región profunda del golfo y también aparece en la región marginal, a menos de 30 m de profundidad. Frente a la bahía San Antonio, muestra un marcado umbral que separa la zona costa afuera del interior de la bahía.

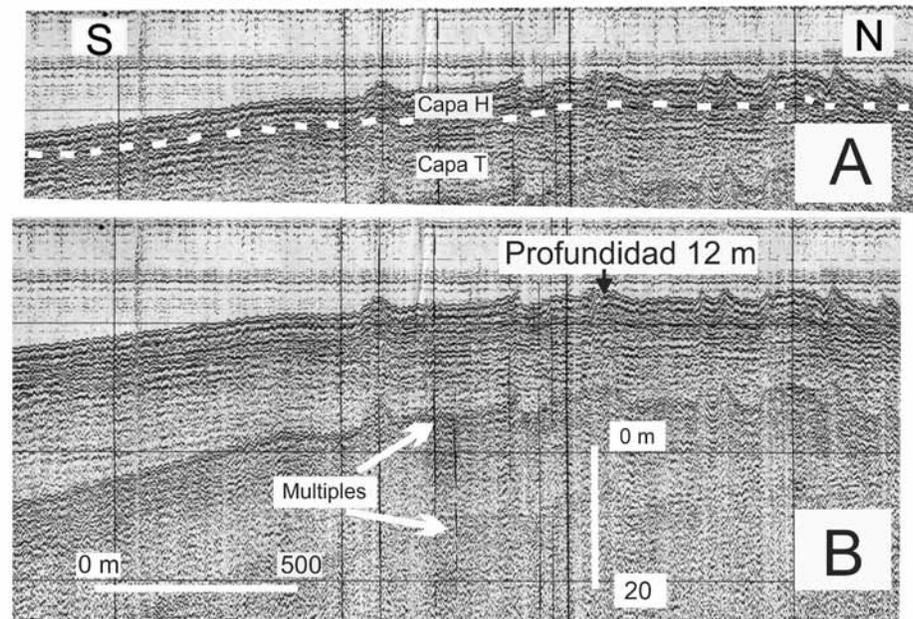
La Capa P, de sedimentos marinos pleistocenos, se encuentra en la mitad S de la región profunda del golfo a más de 80 m y también aparece rellenando depresiones en la roca de base de la región marginal entre los 20 y 50 m de profundidad. Normalmente están cubiertos por depósitos holocenos.

La Capa H, de sedimentos holocenos, puede cubrir discordantemente depósitos del Mioceno o del Pleistoceno, aunque puede faltar, o ser de espesor muy reducido o aún casi inexistente, en algunas zonas como la mencionada región central profunda N del golfo y a profundidades menores de 20 m en la región marginal.

### Observaciones de campo

Con posterioridad a las labores en el mar, se pudieron efectuar algunas observaciones de campo en las playas de Las Grutas, puerto San Antonio Este, y al E del Faro San Matías. Las plataformas de erosión por olas, en la costa O del golfo, y las restingas costeras al E del Faro San Matías, son los rasgos más llamativos concernientes a este trabajo. Posteriormente, las observaciones que se realizaron fueron complementadas con la revisión bibliográfica.

*Plataformas de erosión por olas:* estas superficies niveladas, producto de la erosión de las rocas de la costa, se extienden típicamente desde donde se labra un acantilado hasta el fondo en la zona turbulenta de las rompientes, aparecen en la costa de Las Grutas en sedimentitas de la Formación Patagonia (Gelós 1992b) y cortadas en rocas carbonáticas de la Formación Arroyo Salado (Weber 1983) al sur de esas costas. Entre el Faro San Matías y Barranca Final son citadas por González Díaz y Malagnino (1984) y por Gelós *et al.* (1992a; 1992b) aunque ambos parecen asignar a esta categoría la restinga que allí aparece. Para las



**Figura 7:** Sección S-A sobre el inicio del umbral en el acceso a la bahía de San Antonio. A) Trazo cortado indicando discordancia erosiva; Capa T: Terciario; Capa H: Holoceno. B) La anterior, en registro completo con datos complementarios.

Grutas, Kokot y Chomnalez (2012) encuentran retrocesos de estas plataformas de hasta 20 cm / año.

Diferenciar estos rasgos de otros parecidos es importante, en especial para el presente estudio.

*Restinga:* este rasgo, lengua areniscosa que prolonga la costa mar afuera debajo del agua, aunque poco profunda -esto es en la zona entre mareas- no corresponde a una plataforma de abrasión por olas, aunque en el lugar se la encuentre erosionada por la acción marina. Tampoco implica necesariamente una continuidad con las rocas que forman la costa. En este caso, es evidente que se trata de un depósito de playa, como lo admiten Angulo *et al.* (1978). Composicional y genéticamente, la roca que forma la restinga es diferente a la que fue cortada en las sedimentitas del Terciario que se encuentran sobre la costa hacia el E de Barranca Final y al S de San Antonio Oeste.

*Beachrock:* este término del idioma inglés, de difícil traducción pero ampliamente aceptado y que por simplicidad emplearemos en este trabajo, puede significar: 1) una arenisca, y/o 2) un conglomerado, y/o 3) una arenisca conglomerádica, etc., formadas en una playa y cementadas por

carbonato de calcio por procesos que aún hoy siguen siendo discutidos. Si bien sería importante determinar la naturaleza de la cementación, esa tarea está fuera del alcance de este trabajo y, por lo tanto, aquí se considera que la restinga que aparece en las playas de la región corresponde a un *beachrock*, como lo indican las observaciones de campo y las características que se exponen a continuación.

La sedimentita que forma la restinga (Fig.8) fue originalmente considerada un depósito de playa por Angulo *et al.* (1978), quienes la describieron como "un conglomerado de color castaño oscuro a castaño amarillento, constituido por rodados y valvas de moluscos enteras fragmentadas o trituradas (...), con una matriz areno a areno limosa", descripción que concuerda totalmente con nuestra observación y que se ajusta perfectamente a la de *beachrock* que, como lo hace notar Russell (1959), son arenas de playa cementadas que pueden variar desde coquinas, a medida que crece el contenido en conchillas, a conglomerados firmemente cementados cuando sus componentes aumentan de tamaño. Angulo *et al.* (1978) agregan que muestra una estratificación bien marcada, con capas horizontales o inclinadas, y que



**Figura 8:** *Beachrock* expuesto y en proceso de destrucción en la zona intermareal al E del Faro San Matías.

es frecuente la presencia de bloques dislocados. Los bloques dislocados han sido mencionados también por Van Straaten (1957), Russell (1959) y por Bloch y Trichet (1966). Siesser (1974) describe estratos de 1 a 3 cm de arena muy gruesa con fragmentos esqueléticos tamaño gránulo alternando con capas de granos de cuarzo de tamaño mediano a grueso para un *beachrock* de Mozambique.

El *beachrock* se forma en playas en retroceso (Russell 1962; Boekschoten 1963), y es rápidamente erosionado en la zona intermareal una vez que ha quedado expuesto (Ginsburg 1953). La velocidad de formación de un *beachrock* puede ser muy rápida, del orden de años, y así se los ha visto incrustados con restos de aviones (Frankel 1968) o con tapas de botella y tenedores (Russell 1959).

Para zonas extratropicales, Van Straaten (1957) menciona *beachrocks* recientes en los Países Bajos y en el delta del Ródano; Siesser (1974) en Ciudad del Cabo y Mozambique; Rey *et al.* (2004) muestran *beachrocks* en las costas gallegas; en nuestro país fueron observados por Mouzo *et al.* (1975; 1985) en Pehuén-Co, y por Aliotta *et al.* (2009) en Punta Alta.

Hasta donde se sabe, esta sería la primera

vez que la restinga en la zona es interpretada como un *beachrock*.

#### Información de subsuelo

La designación formacional de una de las unidades discutidas en este trabajo -“Formación Baliza San Matías”- fue basada indirectamente en los datos de perforaciones en la zona, por lo cual se hizo necesario revisar este tipo de información.

Las descripciones de perforaciones profundas disponibles fueron la del Ferrocarril Patagónico y la de la Dirección General de Minas (DGM) en San Antonio Oeste; otra de 104 m b.b.p. para la provisión de agua al aeródromo en el extremo sur de esa localidad; y dos perforaciones de unos 25 m b.b.p. sobre la costa, a unos 8 km al E del Faro San Matías.

Sintéticamente, las descripciones muestran que el techo del Terciario se encuentra a unos 25 m b.n.m. en San Antonio Oeste y que no se lo alcanzó a 14-18 m b.n.m. al E del Faro San Matías, lo que es coherente con lo conocido de nuestros datos sísmicos, que muestran el Terciario a unos 25 m b.n.m. en el perfil al S del banco Oliveira; a unos 13 m b.n.m. en el canal de acceso a la bahía San Antonio; a 27 m b.n.m. muy cerca del muelle de San Anto-

nio Este; y a unos 16 m b.n.m. 25 km al E de la Punta Villarino a 1000 m de la costa (Fig.2).

Se desprende entonces que el Terciario forma un umbral -que separa el ámbito del golfo San Matías de lo que fuera la depresión hoy conocida como Gran Bajo de San Antonio- que desciende en dirección a la bahía que se ubica en una posición central sobre la parte más profunda de la depresión.

Las descripciones de los pozos registran rodados y restos de conchillas por encima del Terciario casi todo a lo largo de la sección, haciéndola de difícil separación. Pero, a excepción de la perforación del aeródromo, donde la descripción no es detallada, en las demás aparecen niveles arenosos y a veces con limo o arcilla, que son muy significativos, a diferencia de los ubi-cuos rodados y restos de conchillas que no resultan diagnósticos. De esta forma y con esa guía, se pueden separar dos secuencias grano-decrecientes hacia arriba, indicadoras de dos episodios transgresivos, que se pueden sintetizar en el perfil de la perforación DGM en San Antonio Oeste (Wichmann 1918, Pág. 31).

Resumiendo la información de las perforaciones, las secuencias sobre el techo del Terciario comienzan con un conglomerado calcáreo, más grueso hacia la base, de 14 m de espesor, que pasa hacia arriba a 4 m de una arena fina calcárea blanda clara; la siguiente secuencia se inicia con unos 7 m de conglomerado blando y claro, que se continua en 6 m de conglomerado con restos de conchillas, rematando en unos 4 m de arena, ripio y rodados con restos de conchas (*Pectunculus*, *Mytilus*, etc.). La secuencia inferior es aquí considerada pleistocena, mientras que a la superior se la tiene como holocena. La denominada “Formación Baliza San Matías” es parte de la playa que se apoya sobre la unidad superior.

## DISCUSIÓN

La conformación y la evolución del golfo San Matías -y demás golfos norpatagónicos- pueden ser mejor comprendidas siguiendo la hipótesis de que los golfos

norpatagónicos han sido originalmente depresiones subaéreas que luego fueron invadidas por el Atlántico. La idea, sugerida por Zambrano (1973), fue demostrada factible para el golfo Nuevo por Mouzo y Garza (1975), y ya Ameghino (citado por Feruglio 1950 pág. 245) había adelantado para el golfo San Matías el avance del Atlántico hacia el oeste tras la regresión del “mar Entrerriense”, en tanto que Feruglio (1949) observa que la costa atlántica ha sido labrada casi exclusivamente por la erosión marina. Esas han sido aquí las hipótesis de trabajo y, en seguirlas, no se han encontrado contradicciones.

### Edad del golfo San Matías

La estratigrafía sísmica determinada más arriba, de dos capas sobre la roca de base -dos secuencias depositacionales, ya que son unidades limitadas por discontinuidades- implica que solamente dos episodios transgresivos cuaternarios actuaron sobre la depresión-golfo de San Matías, que es claramente posterior a los “rodados patagónicos”. Como se dijo, la roca de base corresponde al Terciario y sobre ella se apoya una cubierta sedimentaria, cuya secuencia inferior está integrada por sedimentos marinos -que se corresponden a los depósitos del Pleistoceno conocidos en la costa- cuyos remanentes se registran en la región profunda del sur del golfo y también como relleno en depresiones de la región marginal menos profunda. Una secuencia superior -la sedimentación marina reciente y actual del Holoceno- cubre a la anterior, aunque en algunos lugares sólo forma una muy delgada capa sobre la roca de base.

De esta forma, los sedimentos transgresivos cuaternarios más antiguos deben corresponder al Último Interglacial, probablemente durante el MIS 5e de la escala marina de los isótopos de oxígeno, indicando el momento de la submergencia inicial de la depresión original.

El cuadro señalado colisiona con las conclusiones de Rutter *et al.* (1989; 1990) para la región costera centrada en San Antonio Oeste, quienes atribuyen depósitos al “penúltimo período interglacial o anteriores”. Según los datos aquí presentados

no sería posible que fueran más antiguos que el Último Interglacial, puesto que el golfo se habría formado recién durante ese episodio.

Si se consideran los datos de Rutter *et al.* (1989; 1990), se verá que muestran ciertas inconsistencias y que presentan puntos debatibles. Por ejemplo, es muy llamativo que a dos localidades muestreadas al nivel del mar y sobre una misma formación -“Baliza San Matías”- se le asignen edades diametralmente opuestas, la mayor y la menor que obtienen en el área. Así, la obtenida de la restinga en Caleta Falsa se muestra con edades del MIS 7 o anteriores, mientras que a la tomada del “beachrock” (sic) en Las Grutas, de unos 70.000 años AP, se la ubica en el Holoceno. Al mismo tiempo, de las dos muestras que presentan con la mayor edad estimada -MIS 7 o anterior- la de Baliza Camino se encontraría en una terraza a “unos 24 m s.n.m.”, la mayor altura citada, mientras que la otra, en Caleta Falsa, está a nivel del mar. Pero aquí debemos notar que la Baliza Camino tampoco está a 24 m s.n.m., sino a 7,07m, que es la cota de la base de la baliza, como lo indica una nivelación geométrica del Servicio de Hidrografía Naval (S.H.N. inédita). Quizá el error provenga de una mala interpretación del valor de 24 m que figura en las Cartas H-214 y H-262 del S.H.N. (2000a; 2000b), valor que indica la altura s.n.m. del plano focal del faro y no la cota del terreno.

Todo lo anteriormente considerado hace que no resulten apropiadas las conclusiones de Rutter *et al.* (1989; 1990) sosteniendo, en cambio, que la submergencia del golfo se produjo durante el Último Interglacial (MIS 5e) con los efectos consecuentes.

También se han argumentado edades del MIS 7 y mayores para algunos depósitos costeros en la zona durante una reciente revisión por Fucks y Schnack (2011). Sin mayores detalles, dan como más antiguos a 4 -5 m de rodados con restos de *Ostrea sp.* ubicados a una elevación de 60-70 m, depósito que -dicen- son continuados cronológicamente por las arenas y conglomerados que corresponden a la Formación Baliza San Matías, que no se men-

ciona por su nombre en ese trabajo pero que atribuyen al MIS 7 en base a las edades estimadas por Rutter *et al.* (1990). Basándose estas conclusiones en los datos de Rutter *et al.* (1990), aquí se mantiene la opinión anteriormente expuesta.

Lo cierto es que en el golfo San Matías no se han identificado secuencias sísmicas que puedan atribuirse a tiempos anteriores al Último Interglacial que, por lo tanto, marca el momento de la submergencia original de esa depresión-golfo.

### La roca de base

Los depósitos cuaternarios se apoyan discordantemente sobre estratos del Terciario, representados por la Formación Gran Bajo del Gualicho (Martínez *et al.* 2001) o equivalentes. Los datos de campo en la literatura, la información de subsuelo suministrada por las perforaciones, y la sísmica marina aquí presentada, muestran que en el ámbito del Bajo de San Antonio la paleosuperficie original se encuentra a unos 25 m b.n.m. en su zona central, San Antonio Oeste (Fig.2). Por otra parte, como lo muestran los registros sísmicos, en la zona del canal de acceso a la bahía San Antonio, la roca de base terciaria forma un umbral, a profundidades de unos 13 m b.n.m., que separa ese bajo del golfo San Matías y que marca los remanentes de la divisoria entre las primitivas depresiones de San Antonio y de San Matías, rasgo equivalente a la que hoy separa el Bajo de San Antonio del Bajo del Gualicho.

Esos datos podrían señalar, de acuerdo a las hipótesis de trabajo seguidas, que tras la depositación de los Rodados Patagónicos -en el Plioceno tardío-Pleistoceno (Martínez *et al.* 2001) - procede la erosión en las áreas hoy ocupadas por los bajos en la zona, originándose así, en ambiente subaéreo, grandes depresiones sin salida. La costa atlántica en esos tiempos se encontraba mucho más al E de la actual y la erosión marina trabajaba contra los terrenos costeros (Feruglio, 1949, 1950). Durante el Último Interglacial (MIS 5e) se produjo una elevación del nivel de mar y sus efectos erosivos consiguieron abrir una brecha en la depresión que hoy aloja al golfo San Matías cuando, *mutatis mu-*

*tandis*, el nivel del mar era unos 75 m más bajo que el actual. Completada la submergencia del golfo, y al nivel de unos 10 m b.n.m. actual, las aguas del golfo cortaron su entrada a la depresión de San Antonio, con lo que se inicia la depositación marina del Pleistoceno en la zona que hoy es tierra firme y bahía.

### Los depósitos pleistocenos

Los materiales disponibles para la depositación marina en la región de San Antonio fueron, obviamente, los encontrados en su camino por la transgresión y, en su mayor parte, fueron los rodados que, resultantes de movimientos en masa, hoy forman los depósitos profundos encontrados en las perforaciones con espesores de unos 20 metros. Los grados más finos originados en las margas del Terciario permanecieron mayor tiempo en suspensión y transporte para ser posteriormente depositados en su mayor parte en zonas más profundas del golfo. Los materiales que hoy se encuentran comúnmente en la zona, rodados y conchillas -junto con muy escasa proporción de grados más finos- son y fueron los únicos disponibles en la zona y han sido permanentemente retrabajados desde entonces.

*Áreas costeras:* En la región de San Antonio Oeste se conocen amplios sectores cubiertos por depósitos con edades C14 que corresponden al Pleistoceno, y que marcan el alcance transgresivo sobre una zona actualmente emergida. La posición estratigráfica de esos depósitos, sin embargo, ha sido motivo de discusión. Angulo *et al.* (1978) atribuyen al Holoceno una "Formación San Antonio" -coincidente con la Terraza VI (Comodoro Rivadavia) atribuida por Feruglio (1950) al "Posglacial"- constituida, como la mayoría de los depósitos en la región, por gravas arenosas con valvas de moluscos, formando cordones litorales al N y al E de la bahía, y antiguos depósitos de playa y llanuras de marea que hoy se encuentran hasta una altitud de 15-20 s.n.m. y, según datos de perforaciones del Instituto Tecnológico de Minería y Aguas Subterráneas "Los Álamos" (ITMAS), con espesor de no más de 20 metros. Poco después, Fidal-

go *et al.* (1981), producen las primeras dataciones C14, que indican una edad pleistocena para esos depósitos. Sin embargo, y admitiendo algún tipo de contaminación, tras diversos argumentos parecen mantener la Formación San Antonio en el Holoceno. Otras dudas, debidas a una gran cantidad de carbonato cálcico depositada en los rodados muestreados son manifestadas por Pirazzoli y Schnack (1985), a lo que hay que agregar que las estimaciones de edades ESR de Rutter *et al.* (1990), excepto las citadas con edades MIS 7 o mayores, también ubican esos depósitos en el Pleistoceno. Por correlación con otros depósitos fuera de la zona, Gelós *et al.* (1992c) aceptan una edad Pleistocena para ellos. Recientemente, estudios en la zona por Kokot y Favier Dubois (2009) refieren nuevos datos radimétricos que les permiten aseverar que los depósitos de la terraza de San Antonio Oeste -la "Formación San Antonio"- son, en principio, pleistocenos aunque no aclaran cual sería la edad de la "Formación San Matías" en ese caso.

Finalmente, se debe remarcar que si bien los depósitos pleistocenos costa afuera cercanos a la línea de costa fueron erosionados durante la transgresión del Holoceno, los depósitos del Pleistoceno a más de unos 10 m s.n.m. se conservaron indicando que no fueron alcanzados por esa transgresión.

Por todo lo visto, en el presente trabajo se adhiere a la edad pleistocena de los depósitos anteriormente atribuidos a la "Formación San Antonio", por la consistentes determinaciones radimétricas de edades y por los razonamientos geológicos considerados.

*Depósitos en subsuelo:* Todos los datos de las perforaciones disponibles para la zona indican gruesos depósitos principalmente formados por monótonas capas de rodados y restos de conchillas con intercalaciones de arenas a veces limo-arcillosas, descansando sobre estratos del Terciario. El análisis de los registros de las perforaciones permite diferenciar dos secuencias marinas superpuestas cuyo carácter transgresivo lo muestra la disminución del tamaño de los clastos hacia la parte superior de cada secuencia. En la zona, los depósi-

tos en subsuelo pueden representarse con el registro de la perforación DGM (Wichmann, 1918, pág.37) que se sintetiza en el perfil esquemático de la figura 9, donde el nivel 21-35 m b.b.p., integrado por un conglomerado más grueso en la base apoyado discordantemente sobre margas de la "molasa patagónica", que remata hacia arriba con 4 m de arena fina calcárea blanca clara, representa la secuencia depositada durante el Pleistoceno.

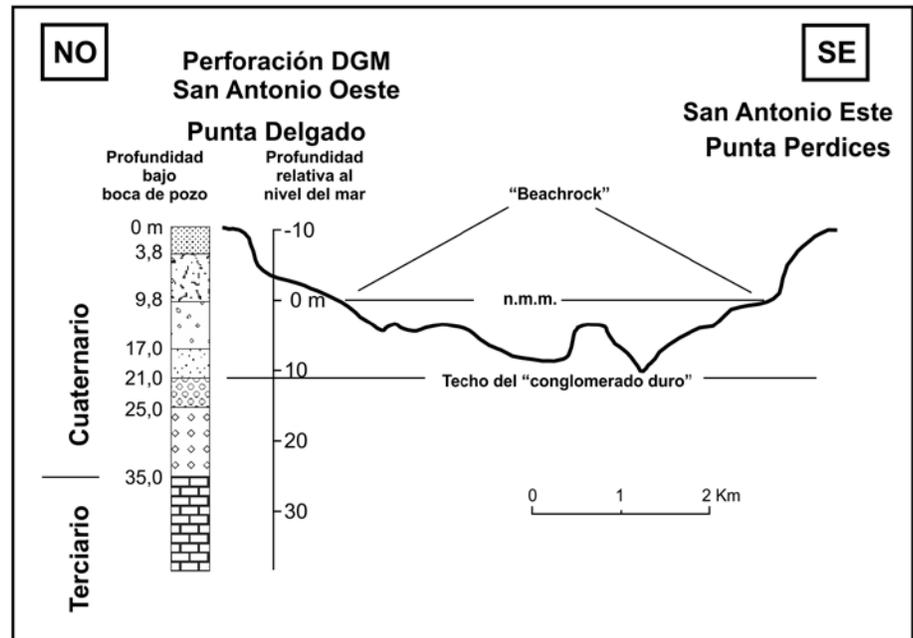
La sección de 4 m de arenas finas blandas que a los 17 m b.b.p. (7 m b.n.m.) remata la secuencia pleistocena se replica en sedimentos muy semejantes en los demás pozos. Así en el pozo FCP de San Antonio Oeste a 11,5m b.b.p. (1,5 m b.n.m) y por encima de 10 m de arena gruesa con ripio (sic) aparecen 2 m de arena y arcilla, y en los pozos al E del Faro San Matías entre los 15 y 16 m b.b.p (5-6 m b.n.m) se registró un metro de arena con gravas, acuífero de agua salada. Es interesante notar que Angulo *et al.* (1978) mencionen para una perforación del ITMAS en el puerto de San Antonio Este unos 2 m de arcillitas fácilmente disgregables con restos de conchillas en la parte basal de la "Formación San Antonio" que, sin avanzar en interpretaciones, sospechan que podría corresponder a otra unidad de origen marino.

Queda por agregar que las secciones basales de los depósitos conglomerádicos que muestran las perforaciones muy probablemente correspondan a una acumulación durante la etapa subaérea de la depresión de San Antonio, por lo cual los rodados del fondo podrían no representar una sedimentación marina, sino que serían equivalentes a la Formación Loma Mágica (Lizuaín, 1983) en el Bajo del Gualicho, y aún a la Formación Laguna Indio Muerto (Sepúlveda, 1983) que, para otros lugares, es atribuida al Holoceno. En apoyo de esta idea se tienen los 3 m de "conglomerados" -a secas- que en el pozo FCP aparecen a 31,4 m b.b.p. y que Wichmann (1918, pág. 37) incluye en su "molasa patagónica".

### Los depósitos holocenos

*La restinga:* Angulo *et al.* (1978), sin preámbulos, refieren al Pleistoceno los sedimen-

tos cementados que forman la restinga a lo largo de las costas en la zona, y luego -en parte basándose en “relaciones de campo” y en parte interpretando descripciones anteriores de Wichmann (1918) para la zona- la denominan “Formación Baliza San Matías”. En tres líneas, sus relaciones de campo refieren que al sur de Las Grutas esa unidad se apoya en discordancia de erosión sobre la Formación Patagonia y que sobre ella se apoyan los sedimentos de la “Formación San Antonio” o los depósitos eólicos o marinos actuales. Al respecto, se debe señalar que es de esperar que se apoyen discordantemente sobre los estratos de la Formación Patagonia ya que éstos exhiben en esa costa una bien desarrollada plataforma de abrasión por olas. Lo manifestado acerca de su cubierta resulta en cambio difícil de comprender pues, entre la bahía y la zona sur de Las Grutas, la restinga aparece en forma aislada, en la zona entre mareas, y con planchones sueltos indicando condiciones de alta energía, como lo observan Gelós *et al.* (1992c), lo que dificultaría la permanencia de sedimentos que no estuvieran cementados. Esa relación de campo no es repetida por Angulo *et al.* (1978) para la costa al E de la bahía -donde tampoco se la observa- a pesar de ser la restinga más claramente discernible y prácticamente continua, y acá remarcamos la ausencia de una plataforma de abrasión y, en cambio, la existencia de una playa bien desarrollada. Por lo tanto, la edad pleistocena de ese rasgo no resulta aquí suficientemente acreditada a partir de esta única y aislada observación que presentan. La apelación a lo referido por Wichmann (1918) es, por lo menos, confusa ya que él nunca dice que su otro conglomerado cuaternario -ni la restinga, que no menciona- sea de edad pleistocena. Angulo *et al.* (1978) aceptan, algo acriticamente, la relación establecida por Wichmann (1918) entre el “otro conglomerado cuaternario” y el intervalo entre 21 y 35 m bajo boca de pozo (b.b.p.) en la perforación DGM de San Antonio Oeste. Tanto el autor de la correlación como quienes la adoptan, por alguna razón, ignoran el hecho de que entre ese intervalo y el otro conglomerado cuaternario



**Figura 9:** Sección en la boca de la Bahía de San Antonio, mostrando la diferencia de elevación entre el nivel a 21-35 m b.b.p. -perforación D.G.M. - y el beachrock en las playas aledañas. Niveles: 0-3,8 m: arena, rodados, restos de conchillas; 3,8-9,8 m: conglomerado y restos de conchillas; 9,8-17,0 m: conglomerado calcáreo blando claro; 17-21 m: arena fina calcárea blanda clara; 21-25 m: conglomerado calcáreo con moldes interiores de moluscos, más grueso; > 35 m: margas gris amarillentas, tufáceas (sic), blandas.

-que se encuentra al nivel del mar- se interponen más de 11 m de sedimentos, entre ellos los 4 m más profundos, de arena fina calcárea, blanda clara.

Acá, como se dijo anteriormente, se sostiene que la restinga es en realidad *beachrock* y no necesariamente pleistoceno sino más probablemente holoceno, como se verá más adelante. La relación entre el conglomerado en los pozos y los depósitos en las playas (*beachrock* se ilustra en la sección altimétrica-batimétrica de la figura 9 para la boca de la Bahía de San Antonio, entre las Puntas Delgado y Perdices, donde se muestra que están separados por los niveles de 9,8 / 17,0 m, y 17,0 / 21,0 m b.b.p., de “conglomerado calcáreo blando claro” el primero, y de “arena fina calcárea, blanda clara” el segundo, o sea, que no forman una secuencia continua.

En la misma figura se ve que el fondo del canal se encuentra muy aproximadamente al mismo nivel que el techo del conglomerado en el pozo, lo que es rigurosamente válido para la zona de Punta Delgado, donde pozo y *beachrock* están muy próximos, mientras que es tan sólo ilustrativo para punta Perdices, de donde no se tie-

nen datos de subsuelo. Para el canal -pero bastante más al sur- Schnack *et al.* (1996) anotan una buena observación con el sonar lateral.

En una imagen llegan a ver que el canal tiene un fondo irregular con afloramientos rocosos y que sus flancos están conformados por terrazas y escalones. Además ven que, donde la cubierta de sedimentos sueltos es nula, es posible observar la estratificación aparente de esos afloramientos. Esto, como se explicó y se ve en la figura 7, corresponde a los estratos del Terciario -la roca de base- que están bien estratificados. Yerran, en cambio, al atribuir esos rasgos a la “Formación Baliza San Matías”, ya que las sedimentitas psefiticas a las que hacen referencia tienen que corresponder a las ubicuas gravas y conchillas sueltas que tapizan el fondo del canal cuando el substrato no aflora. Esta certeza se funda en el tipo de muestreador por ellos empleado -que no puede sacar muestras cementadas- y porque esos sedimentos forman las ondas, dunas submarinas y otras estructuras de corriente que ellos estudiaron y que también se ven en la Figura 7.

En síntesis, si bien el conglomerado en

la base del pozo DGM corresponde al Pleistoceno, no tiene conexión directa con el otro conglomerado cuaternario que constituye la restinga, que en realidad es un depósito cementado en la playa actual -*beachrock*- y por lo tanto de edad holocena. Esto lo demuestran, tanto para las áreas emergidas como para las submarinas, la información de los registros de perforaciones en la zona y los datos sísmicos sobre el canal de acceso a la bahía, donde sólo una muy delgada capa -que falta en algunos lugares- cubre la roca de base del Terciario.

Por lo tanto, los materiales que forman la restinga -considerados por Angulo *et al.* (1978) "Formación Baliza San Matías" - no corresponden al Pleistoceno sino a un *beachrock* Holoceno.

*Beachrock*: las características texturales y estructurales de este depósito de playa ya han sido consideradas. Al respecto, sólo se agregarán algunas consideraciones.

Las dataciones efectuadas sobre conchillas en esos depósitos no son determinantes -como también se lo considera en Fidalgo *et al.* (1981)- ya que indican la edad de la muerte del espécimen y no la del depósito. Se debe recordar que gravas y conchillas son los materiales disponibles más abundantes -y casi los únicos- en la zona y que han sido permanentemente re TRABAJADOS.

Este *beachrock* que hoy está siendo erosionado ha sido destapado por el retroceso costero que, como muestran Kokot y Chomnalez (2012), actualmente afecta la región.

Los típicos *beachrocks* habitualmente forman bandas a lo largo de las costas, y si se observan los lugares entre la Barranca Final y Las Grutas donde se los puede contemplar, se notará que forman una franja rectilínea en la costa norte y que describen un arco en la zona de la costa apropiadamente llamada La Rinconada, marcando así la línea de costa del Holoceno al alcanzar su *standstill*, tras descender de un nivel más alto, que no superó unos 10 m s.n.m. actual y que registra el paleocantilado al E del Faro San Matías labrado en depósitos pleistocenos (Fucks y Schnack 2011). Se comprenderá, además, que la circula-

ción de las aguas dentro del golfo San Matías sólo pudo haber logrado sus características actuales recién después de que el mar alcanzara esa condición de nivel estable, por lo que las espigas que limitan la bahía deben ser posteriores a la formación del *beachrock*, haciendo notar aquí la diferencia de interpretación con Fucks y Schnack (2011) que las atribuyen a una transgresión del MIS 7.

*Otros depósitos*: los demás depósitos del Holoceno, marinos, eólicos, y/o aluviales han sido suficientemente tratados en otros trabajos (Angulo *et al.* 1978; Martínez *et al.* 2010; y Gelós *et al.* 1988b; 1992a; 1992b; 1992c) y no serán aquí considerados.

## CONCLUSIONES

La depresión que actualmente aloja al golfo San Matías esta labrada en capas del Terciario correspondientes a la Formación Barranca Final (Kaaschieter 1965; Zambrano 1973) o sus equivalentes y en menor parte por rocas ígneas pre-jurásicas. Sobre esa roca de base se apoyan discordantemente dos capas o secuencias sísmicas marinas. La inferior aparece restringida a sectores de la región profunda sur del golfo y como relleno de depresiones en zonas marginales, faltando en las cercanías de las costas. La superior aparece sobre casi todo el fondo del golfo con espesores variables, a veces casi inexistentes y falta en algunos lugares. Como la capa superior corresponde a la sedimentación reciente, y en ausencia de otra evidencia en contrario, la capa inferior es asignada al Pleistoceno. Esto lleva a fijar el momento de la submergencia de esa depresión continental en tiempos del Último Interglacial (MIS 5e) y, consecuentemente, la edad del golfo.

La existencia de un postulado depósito de forma esencialmente tabular, que comprendería el conglomerado localizado en la base del pozo DGM en San Antonio Oeste -referido originalmente por Wichmann (1918)- y los sedimentos que forman la restinga que aparece a lo largo de las costas en la región considerada -la denominada "Formación Baliza San Matías" (Angulo *et al.* 1978)- constituyen una formación integrada por ambos y

atribuida al Pleistoceno, es negada en este trabajo, al haberse comprobado que sísmicamente nada semejante se ha encontrado costa afuera en cercanías de las playas, así como que dichos depósitos, como lo indican las perforaciones, no son espacialmente continuos, y que los depósitos que forman la restinga corresponden a un *beachrock*, que es un depósito de playa cementado con carbonato de calcio de edad holocena.

En los registros de perforaciones en la zona costera se pueden separar dos secuencias transgresivas superpuestas. La inferior -que es el conglomerado, más grueso en la base, que apoya sobre Terciario entre los niveles de 21 y 35 m b.b.p. de la mencionada perforación DGM y que es cubierto por 4 m de arena fina calcárea, blanda clara- corresponde ciertamente al Pleistoceno, mientras que el conglomerado blando con restos de conchillas y las arenas con rodados que lo cubren corresponden al Holoceno. Es de hacer notar que estos depósitos conglomerádicos, con restos organogénicos calcáreos -remanentes de los procesos erosivos de dos transgresiones- se encuentran en una posición central dentro del ámbito de la primitiva depresión continental de San Antonio, que está separada de la cuenca del golfo San Matías -donde los conglomerados no aparecen- por un umbral de la roca de base del Terciario evidenciado sísmicamente sobre el canal de entrada a la actual bahía de San Antonio. Las secciones más profundas de conglomerados en el fondo de las perforaciones, sin embargo, podrían corresponder a etapas de acumulación subaérea.

En la polémica por la ubicación estratigráfica en el Holoceno de la denominada "Formación San Antonio" (Angulo *et al.* 1978), o su extensión al Pleistoceno (Gelós *et al.* 1992c), o ponerla directamente en el Pleistoceno (Kokot y Favier Dubois 2109), se adhiere a esta última, por las repetidas determinaciones de edades C14. Así consideramos pleistocenos a los depósitos en tierra firme emplazados por encima de la actual cota de alrededor de los 10 m y hasta unos 20 m s.n.m., límites superiores aproximados aceptados para las transgresiones del Holoceno y del Pleisto-

ceno, respectivamente, en la zona.

El *beachrock* que forma las restingas de la zona es considerado Holoceno por ser parte de la playa actual. La particular distribución de los lugares donde ha sido identificado forma una franja discontinua que sigue los lineamientos de las costas actuales y marca la línea de costa del Holoceno al alcanzar su *standstill*. A partir de ese momento se organiza la circulación actual de las aguas en el golfo San Matías, que es responsable del origen de las formas litorales que rodean la bahía de San Antonio.

La transgresión del Pleistoceno erosionó las costas del golfo y provocó importantes movimientos en masa al forzar su entrada a la depresión de San Antonio, causando la acumulación de los conglomerados en su interior. La transgresión del Holoceno erosionó nuevamente las costas y re trabajó los depósitos anteriores, o sea los mismos materiales, que siempre fueron principalmente rodados y gravas con restos de conchillas, pues los grados más finos -y escasos- en su mayor parte permanecieron en suspensión y se depositaron en el fondo del golfo San Matías y la bahía de San Antonio.

El cuadro estratigráfico comúnmente aceptado para la región de San Antonio, presentado originalmente por Angulo *et al.* (1978) debe modificarse, ubicando su "Formación San Antonio" en el Pleistoceno, mientras que la denominada "Formación Baliza San Matías" debe trasladarse al Holoceno, si es que se pensara todavía adecuada su categoría formacional.

#### AGRADECIMIENTOS

Al Servicio de Hidrografía Naval, por el permanente y generoso apoyo brindado al autor y por haber permitido la publicación de registros sísmicos de la Campaña 04.76 del A.R.A. GOYENA y otros del Golfo San Matías. A la empresa LOXX Service por facilitar para publicación registros sísmicos de excelente calidad. Al Dr. Horacio Echeveste, por oportunos y valiosos comentarios e invaluable ayuda en la edición final. Al Dr. Nauris V. Dangavs, por su juiciosa crítica y sugerencias al manus-

crito. Al Ing. M. Paterlini y al Lic. H. Ezcurra que mucho colaboraron para la tarea. A la Dra. A. Folguera y a otro árbitro anónimo, quienes muy oportunamente llamaron la atención sobre imperdonables defectos en el manuscrito.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aliotta, S., Spagnuolo, J. y Farinati, E. 2009. Origen de una roca de playa en la región costera de Bahía Blanca, Argentina. *Pesquisas em Geociencias*, 36: 107-116.
- Angulo R., Fidalgo F., Gómez Peral M. A. y Schnack E. J. 1978. Las intrusiones marinas cuaternarias en la bahía de San Antonio y sus vecindades, provincia de Río Negro. 7º Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Actas 1: 271-283, Buenos Aires.
- Bloch, J.P. y Trichet, J. 1966. Un exemple de grès de plage (Côte Ligure Italienne) *Marine Geology* 4: 373-377.
- Boeckschoten, G.J. 1963. Some geological observations on the coasts of Crete. *Geologie en Mijnbouw* 42: 241-247.
- Etcheverría, M., Folguera, A. y Dal Molín, C. 2006. Hojas Geológicas 2163 -II/IV y I/III Viedma y General Conesa. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín N° 366, 67 p., Buenos Aires.
- Feruglio, E. 1933. Nuevos datos sobre las terrazas marinas de Patagonia. *Boletín de Informaciones Petrolíferas*, Año X, N° 102: 1-19.
- Feruglio, E. 1949-1950. Descripción geológica de la Patagonia. Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, 3 Tomos, 1114 p., Buenos Aires.
- Fidalgo, F. y Rabassa J. 1984. Los depósitos cuaternarios. 9º Congreso Geológico Argentino (S. C. de Bariloche). Relatorio 1: 301-316, 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.
- Frankel, E. 1968. Rate of formation of beach rock. *Earth and Planetary Science Letters* 4: 439-440.
- 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.
- Fucks, E. y E. Schnack 2011. Evolución geológica y geomorfológica del sector N del golfo San Matías. 18º Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Actas 273-274.
- Galloway, W., 1989. Genetic Stratigraphic Sequences in Basin Analysis I: Architecture and Genesis of Flooding-Surface Bounded Depositional Units. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 73: 125-142.
- Gelós, E., Spagnuolo, J. y Lizasoain, G. 1988a. 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.
- Gelós, E., Spagnuolo, J. y Schillizzi, R. 1988b. Las unidades morfológicas de la costa norte del golfo San Matías y su evolución. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 43: 315-326.
- Gelós, E., Schillizzi, R. y Spagnuolo, J. 1992a. El Cenozoico de la costa norte del golfo San Matías. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 47: 135-140.
- Gelós, E., Spagnuolo, J. y Schillizzi, R. 1992b. Las unidades morfológicas de la costa oeste del golfo San Matías y su evolución. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 47: 365-371.
- Gelós, E., Schillizzi, R. y Spagnuolo, J. 1992c. El Mesozoico superior-Cenozoico de la costa occidental del golfo San Matías. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 47: 423-426.
- Ginsburg, R. N. 1953. Beachrock in South Florida. *Journal of Sedimentary Petrology* 23: 85-92.
- González Díaz, E. F. y Malagnino, E. C. 1984. Geomorfología de la Provincia de Río Negro. 9º Congreso Geológico Argentino (S. C. de Bariloche). Relatorio 1: 347-364 y edición ampliada mimeografiada, Buenos Aires.
- Halpern, E., Linares, E. y Latorre, C. O. 1971. Edad rubidio-estroncio de rocas volcánicas e hipabisales (?) del área Norte de la Patagonia, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 26: 169-174.
- Kaaschieter, J., 1965. Geología de la Cuenca del Colorado. Actas 2as Jornadas Geológicas Ar-

- gentinas, 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; 12º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário; 2ª Reunión sobre el Cuaternario de América del Sur: 125. 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.
- Lizuain, A. 1983. Descripción geológica de la Hoja 38 j. Salinas del Gualicho. Servicio Geológico Nacional. Boletín 195, 48 p., Buenos Aires.
- Lizuain, A. y Sepúlveda, E. 1978. Geología del Gran Bajo del Gualicho (Provincia de Río Negro) 7º Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Actas 1: 407-422, 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, 32 p., Buenos Aires.
- Miall, A. 2010. The Geology of Stratigraphic Sequences, 2nd ed., 521 p. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg
- Mouzo, F., Garza, M., Izquierdo, J. y Zibecchi, R. 1975. *Beachrock* occurrence and some associated structures at Pehuén-Co Beach, Argentina. Boletim Paranaense de Geociencias, (Abstract) 33: 60.
- Mouzo, F., Farinati, E. y Espósito G. 1985. Tubos fósiles de Callianasidos en la playa de Pehuén-Co, Provincia de Buenos Aires. Primeras Jornadas Geológicas Bonaerenses (Tandil). Actas: 263-273, Bahía Blanca.
- Pierce, J., Siegel, F. y Urien C. 1969. Topografía submarina del golfo San Matías. 4as Jornadas Geológicas Argentinas. Actas: 127-140.
- Piola, A. R., y Scasso, L. N. 1988. Circulación en el Golfo San Matías. GEOACTA 15: 33-51.
- Pirazzoli, P. y Schnack, E. 1985. Late Quaternary sea-level changes and coastal evolution. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, 3: 161-173.
- Rey, D., Rubio, B., Bernabeu, A., y Vilas, F. 2004. Formation, exposure, and evolution of a high-latitude beachrock in the intertidal zone of the Corrubedo complex (Ría de Arousa, Galicia, NW Spain). Sedimentary Geology, 169: 93-105.
- Russell, R. J. 1959. Caribbean beach rock observations. Zeitschrift für Geomorphologie N.F. 3: 227-236.
- Russell, R. J. 1962. Origin of Beach Rock. Zeitschrift für Geomorphologie N.F. 6: 1-16.
- Rutter, N., Schnack, E. J., del Río, 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 reflujo macromareal, San Antonio Oeste, Provincia de Río Negro, Argentina. Thalassas 12: 121-135.
- SEGEMAR inédito. Hoja Topográfica 39 j San Antonio Oeste y Hoja Topográfica 39 k-40 k General Lorenzo Vintter, escala 1:100.000. Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.
- Sepúlveda, E. G. 1983. Descripción Geológica de la Hoja 38 i Gran Bajo del Gualicho, Provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional 194: 61 p., Buenos Aires.
- S.H.N. 2000a. Servicio de Hidrografía Naval Carta H-262 Puerto San Antonio, escala en latitud media 1: 50.000
- S.H.N. 2000b. Servicio de Hidrografía Naval Carta H-214 De Faro Segunda Barranca a Faro Punta Bajos, escala en latitud media 1: 275.000
- S.H.N. Inédito. Informe División Aerofotogrametría, caratulado: Baliza Camino, San Antonio Oeste-Antigua Carta 6, escala 1:50.000, Carpeta 47, 1963, Buenos Aires.
- Siesser, W. 1974. Relict and Recent Beachrock from Southern Africa. Geological Society of America Bulletin, 85: 1849-1854.
- Van Straaten, L. M. J. U. 1957. Recent sandstones on the coasts of the Netherlands and of the Rhone delta. Geologie en Mijnbouw N.S.19: 196-213.
- Weber, E. I. 1983. Descripción geológica de la Hoja 40 j, Cerro El Fuerte, Provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional, Boletín 196: 69 p., Buenos Aires.
- Wichmann, R. 1918. Estudios geológicos e hidrogeológicos en la región comprendida entre Boca del río Negro, San Antonio y Choele Choel. Dirección General de Minas, Anales 13: 1-44, 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: 8 de junio, 2012

Aceptado: 8 de julio, 2013