

Facies del subfondo del canal Beagle, Tierra del Fuego

Gustavo BUJALESKY¹, Salvador ALIOTTA² y Federico ISLA³

¹Centro Austral de Investigaciones Científicas (CONICET), Av. Malvinas s/n, V9410BFD Ushuaia, Tierra del Fuego. E-mail: bujas@infovia.com.ar

²Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET), Camino la Carrindanga km 7, 8000 Bahía Blanca, Buenos Aires. E-mail: gmaliott@criba.edu.ar

³Centro de Geología de Costas y del Cuaternario, Universidad Nacional de Mar del Plata, Funes 3350, B7602AYL Mar del Plata. E-mail: fisla@mdp.edu.ar

RESUMEN. El canal Beagle conecta los océanos Pacífico y Atlántico en el extremo meridional de Sudamérica y se ubica en el ambiente subantártico. Conformaba una cuenca de unos 300 m de profundidad máxima y está separada del océano Atlántico por un umbral de 30 m de profundidad. El canal es un valle tectónico que fue completamente cubierto por el hielo glacial durante la última glaciación. Posteriormente, el canal fue ocupado por un lago glacial desde los 12.000 a los 8.000 años A.P., cuando fue invadido por el mar que alcanzó un nivel máximo entre los 6.000 y 5.000 años A.P. Con el objetivo de analizar las facies sedimentarias superficiales y del subfondo del canal se realizó un relevamiento geofísico con sonar de barrido lateral y un perfilador de 3,5 kHz. Sobre un basamento constituido por rocas metamórficas del Mesozoico, se identificaron depósitos de till y secuencias granoderecientes que representan distintos estadios del retroceso glacial, evidenciando hacia la sección superior facies lacustres y por encima depósitos de la transgresión marina del Holoceno. Además, se han identificado paleocauces y secuencias fluviales cubiertas por sedimentos marinos transgresivos.

Palabras clave: *Canal Beagle, Fiordo, Facies del subfondo*

ABSTRACT. *Sub-bottom facies of the Beagle Channel, Tierra del Fuego.* The Beagle Channel connects the Pacific and Atlantic oceans in the southernmost part of South America, and has a subantarctic environment. It is a deep basin (300 m depth) separated from the Atlantic Ocean by a shallow sill (30 m depth). The Beagle Channel is a tectonic valley that was completely covered by ice during the Last Glaciation. Later, it was occupied by a glacial lake from 12,000 to 8,000 years B.P. and then flooded by the sea, reaching a maximum sea level between 6,000 and 5,000 years B.P. A geophysical survey (side scan sonar and 3.5 kHz profiler) was carried out in the channel to analyze the sea-bed and sub-bottom sedimentary facies. Metamorphic Mesozoic basement rocks are overlain by glacial deposits (till) and fining upwards sequences. These sequences represent different stages of the glacial retreat, showing in their upper parts proglacial lacustrine facies. Holocene marine deposits overlie the glacial deposits. Palaeovalleys and submerged fluvial sequences transgressed by marine deposits were also observed.

Key words: *Beagle Channel, Fiord, Sub-bottom facies*

Introducción

El canal Beagle tiene una extensión de 180 km y conecta el extremo sur de los océanos Pacífico y Atlántico a los 54°53'S entre los 66°30' y los 70° O (Fig. 1). La costa norte corresponde a la Isla Grande de Tierra del Fuego, mientras que la sur está representada por las islas Hoste y Navarino (Chile), a su vez separadas por el canal Murray. Las profundidades máximas llegan a los 300 m, el ancho medio es de 5 km, y alcanza un valor mínimo de 1,8 km en la zona de la isla Gable, en el denominado paso Mackinlay de sólo 30 m de profundidad.

Las masas de agua que circundan Tierra del Fuego forman parte del ambiente oceánico subantártico. El canal Beagle presenta un régimen micromareal y semidiurno con desigualdades diurnas, con una amplitud media en

Ushuaia de 1,1 m (Servicio de Hidrografía Naval 2002). La onda de marea proveniente del Atlántico Sur se propaga hacia el oeste entrando por el canal Beagle y continúa avanzando hacia el norte. Además, otra onda de marea se desplaza de oeste a este, recorriendo el trayecto entre la bahía Lapataia y la isla Gable. El encuentro con la onda atlántica se produce en la zona de la isla Martillo, al este de isla Gable (D'Onofrio *et al.* 1989). El canal posee una estratificación y dinámica estuarina equivalente a la de un fiordo, condicionada morfológicamente por el angostamiento (silla) de la isla Gable. Durante el verano y al este de esta isla se evidencia una zona de mezcla de aguas a los 12 m (Isla *et al.* 1999). El canal ofrece un alcance (*fetch*) corto a los vientos predominantes de suroeste, formándose olas irregulares de período corto (1 a 3 s) y rompientes de volteo con alturas máximas de 0,5 metros.

El canal Beagle es un valle tectónico que fue completamente cubierto por el hielo durante la última glaciación. Su perfil batimétrico muestra el desarrollo longitudinal de una artesa glaciaria con cubetas de excavación y elevaciones, que finaliza como un valle colgante. La costa del canal es rocosa dentada y sus bahías tienen origen en lineamientos tectónicos, afectados por la acción modeladora del hielo. Estas entrantes costeras presentan un ambiente hidrodinámico restringido donde se desarrollan pequeñas playas de grava y conchas.

El objetivo de este trabajo consiste en la caracterización de las facies sedimentarias superficiales y del subfondo del canal Beagle, definiendo las condiciones paleoambientales asociadas.

Antecedentes

La condición de valle glaciario del canal Beagle impone la presencia de escalones de artesa o umbrales, arcos morénicos frontales, morenas basales, drumlins y fondos lacustres. Los arcos morénicos frontales más externos de la Última Glaciación Pleistocena (Winconsin) alcanzaron la zona de la punta Moat (Glaciación Moat, Rabassa *et al.* 1990a). Durante el máximo glacial (20.000 años A.P.), todo el canal estaba ocupado por hielo, recibiendo glaciares tributarios desde los cordones montañosos de ambas márgenes (Coronato 1995). En la zona de la isla Gable-Estancia Harberton-Puerto Williams se formó un campo de drumlins, por debajo del hielo, en ambas costas del actual canal (Drift Gable, Rabassa *et al.* 1988 y 1990b). Hacia los 14.000 años A.P., el frente de hielo se habría retirado al oeste de Puerto Harberton, donde se encuentra una turbera en la que la datación de su base dio una edad de 14.620 ± 260 años A.P. (Heusser 1989). Hacia los 12.000 años A.P. se habría producido una fase de estabilización del cuerpo de hielo que modeló el complejo de morenas terminales de la punta Segunda. Esta fase se manifestó en cuatro estadios formando los arcos del río Escape, punta San Juan I y II y punta Segunda. Hacia el oeste, esta fase se continúa en las morenas de Estancia Túnel y Pista de Esquí (300 m s.n.m.) en Ushuaia (Drift Pista de Esquí, Rabassa *et al.* 1990a). El retroceso definitivo del hielo se habría producido hacia los 10.000 años A.P., estableciéndose las primeras comunidades vegetales de ambientes de tundra. El pasaje de lago proglacial a canal marino habría tenido lugar hace 8.000 años, con el ingreso de agua de mar por el canal Murray, ubicado entre las islas Navarino y Hoste, y alcanzando el nivel del mar un máximo entre los 6.000 y 5.000 años A.P. (Rabassa *et al.* 1986; Rabassa *et al.* 2000; Gordillo *et al.* 1992).

El canal Beagle fue analizado sedimentológicamente por la misión italiana a la Antártida de 1991 (marzo a abril). Cerca de su desembocadura oriental, la costa de la isla Navarino fue caracterizada como alta y rocosa, en cambio la de la isla Grande es baja y arenosa (Colizza 1991). Desde allí hacia el oeste, la costa es cambiante por la presencia de desembocaduras y fiordos. Los fondos del sector oriental consisten en arena, limolitas y sedimentos

bioclásticos. Esta abundancia de fracciones orgánicas es similar a la de la boca del estrecho de Magallanes al océano Pacífico (Colizza 1991). El sector de Ushuaia fue identificado como de limolitas arenosas con mayor proporción de arcilla que evidencia un sector de menor dinámica. El sector entre las bahías Lapataia y Yendegaia es predominantemente arenoso con pocas zonas rocosas (Colizza 1991). En esta zona las gravas son de origen glaciofluvial y de composición granítica o basáltica. Hacia el oeste, la cuenca del brazo noroeste está compuesta por fangos y las gravas denotan composición metamórfica (filitas) y granítica (Colizza 1991).

Araya-Vergara (2000) analizó la morfología superficial de los piedemontes submarinos que se extendieron hacia el estrecho de Magallanes y la bahía Inútil, y hacia la bahía Nassau (sur de la isla Navarino). Ambos piedemontes submarinos derivan de la antigua "paleodivisorio de hielos" que se habría emplazado sobre la paleocordillera del cabo de Hornos y no sobre la cordillera Darwin como sostenía Caldenius (1932). Los registros de Araya-Vergara (2000) se obtuvieron de una ecosonda de alta resolución que operó como perfilador de fondo en frecuencia de 3,5 kHz. En su interpretación de los registros, Araya-Vergara (2000) analizó diferentes situaciones probables. Respecto al estrecho de Magallanes distinguió la evolución que pudo haber tenido el sector interno (paso Ancho-bahía Inútil) con fases de deglaciación y de transgresión marina, con efectos de hielo varado, flotante y corrientes de turbidez. En el sector externo, próximo a la boca oriental, la presencia de dunas de grava y arena impidió la penetración del sonido pero dejó en claro los efectos de las significativas corrientes de marea. Respecto al piedemonte de la bahía Nassau, se detectaron fondos rugosos, u ondulados suaves, con una delgada cubierta sedimentaria fina (del orden del metro) y de fondo plano en las depresiones como la bahía Windhond (Araya-Vergara 2000).

Métodos

El relevamiento geofísico del fondo y subsuelo se realizó mediante dos campañas marinas, llevadas a cabo con los guardacostas Río Uruguay y Canal Beagle de la Prefectura Naval Argentina. Se utilizó, en simultáneo, un sonar de barrido lateral y un perfilador de 3,5 kHz, realizándose transectas a lo largo de unos 146 kilómetros. Durante el relevamiento se empleó un posicionador satelital (GPS), con el cual se tomaron cada minuto las posiciones XY correspondientes. Por medio de un pulsador electrónico se marcaron automáticamente dichas posiciones en los registros de los equipos utilizados. El sonar de barrido lateral permite obtener imágenes del fondo marino por medio de la transformación de señales acústicas en contrastes gráficos visibles. Esta técnica posibilita la caracterización tridimensional de rasgos morfológicos e inferir los tipos de materiales que componen el fondo marino. El sonar empleado fue un equipo EG&G con registrador de SMS 960 y un *Tow Fish* modelo 272. Su frecuencia de operación es de 105 kHz, con una longitud de pulso de 0,1

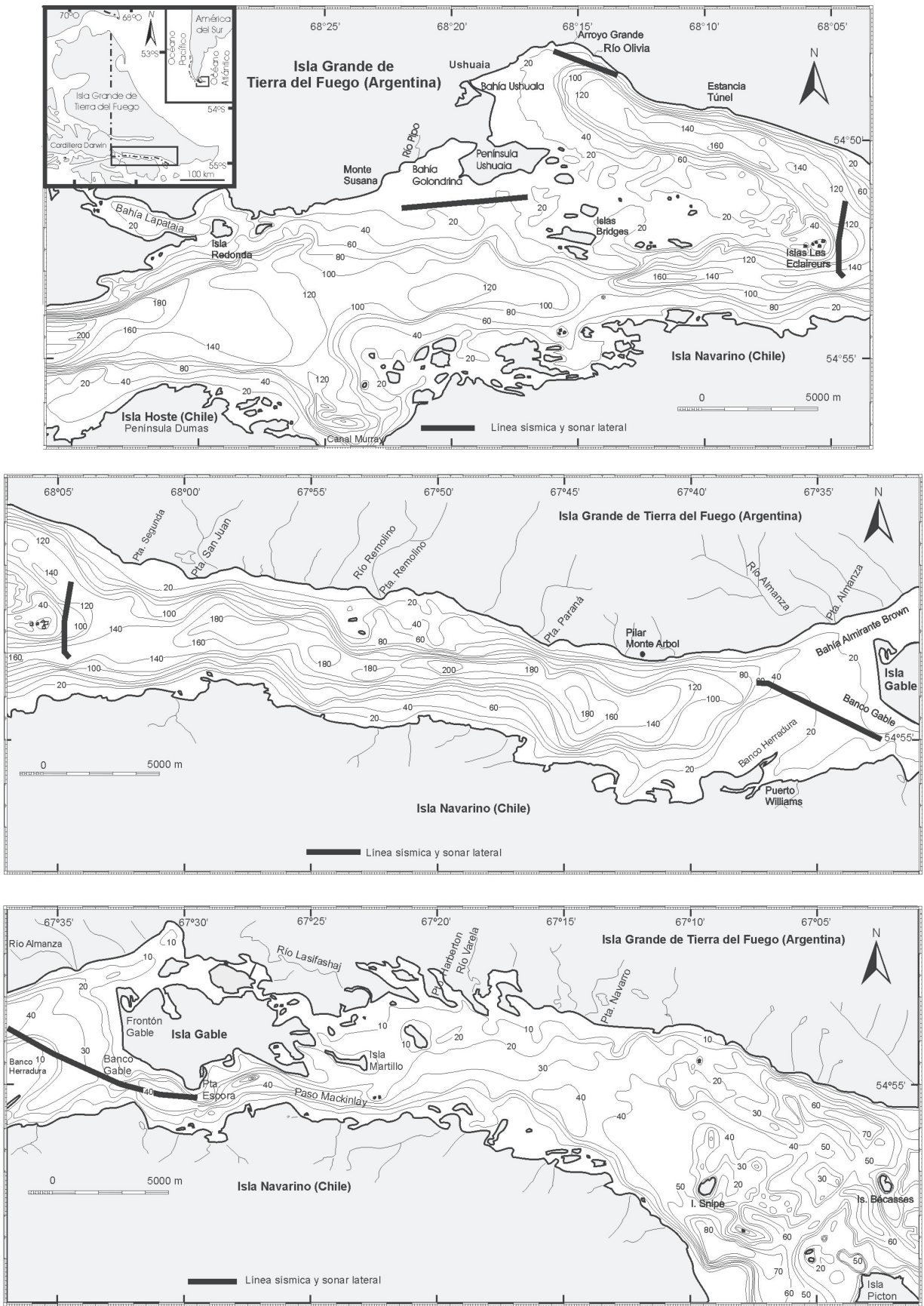


Figura 1: Mapa de ubicación.

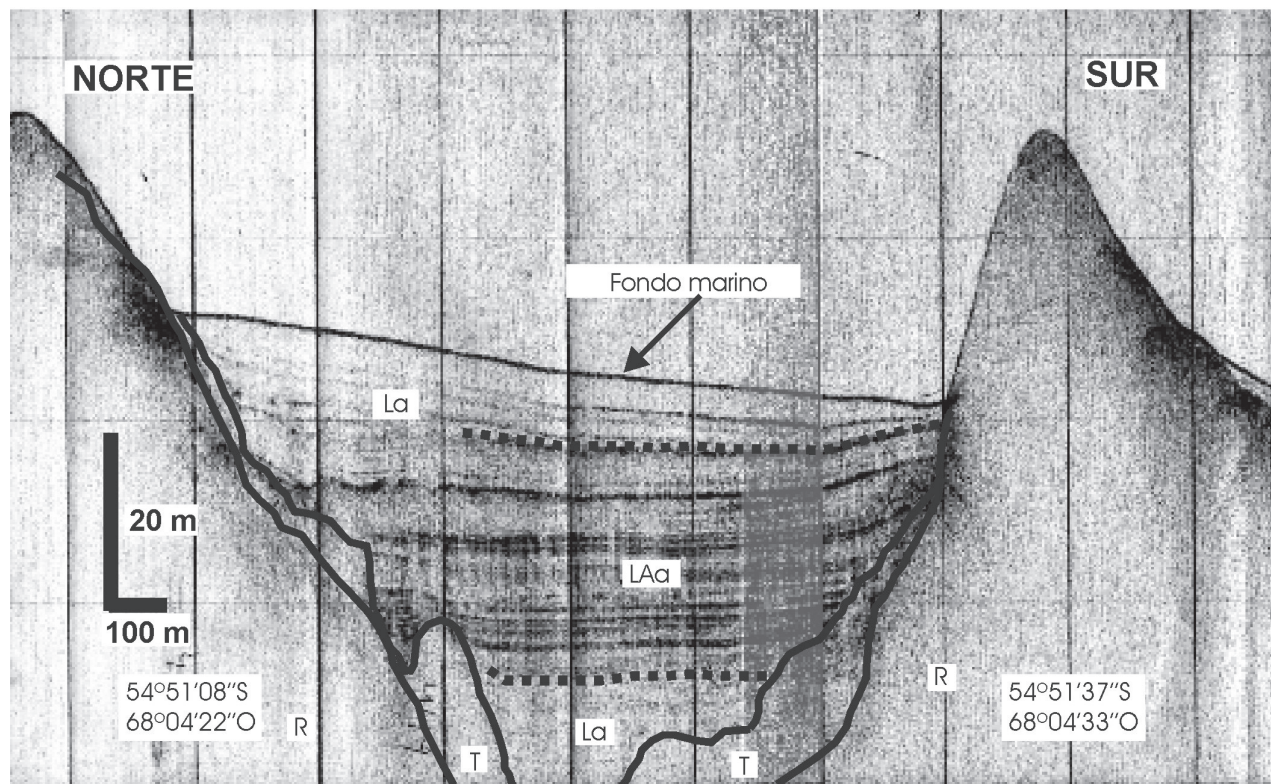


Figura 2: Perfil de subfondo entre la punta Segunda y las islas Les Eclaireurs. R: roca, T: till, A: arena gravosa, LAa: limo-arcilla arenoso, La: limo arenoso.

ms. Se utilizó también un equipo Klein modelo 422 con registrador EPC 1086. Durante todo el relevamiento se utilizó un rango de barrido lateral de 100 m, de modo de trabajar con el máximo detalle. Para evitar distorsiones en la escala de los sonogramas, la velocidad de registración fue controlada y/o ajustada cada minuto de navegación. Se empleó el modo directo de registro, lo que implica tonalidades oscuras para sectores de alta reflectividad acústica y claras para ecos débiles.

Para el relevamiento del subfondo se empleó un sistema sísmico de alta resolución, cuya frecuencia modal es de 3,5 kHz. Esta señal fue generada por cuatro transductores TR-109, remolcados dentro de una estructura hidrodinámica. Como fuente de energía se utilizó un PTR Transceiver RAYTHEON 105E de 2 kw de potencia, y un ancho de pulso de 0,2-0,4 ms. Por medio de un KROTHN-HITE 3320/3100 la onda sísmica fue amplificada y filtrada, permitiendo la recepción en una banda de 1,5 kHz-5 kHz. El graficado de la información acústica se obtuvo con un *Universal Graphic Recorder* modelo 196C, empleándose velocidad de barrido de 1/4 y 1/8 s.

La interpretación sísmica de los resultados obtenidos se basó en: 1) el análisis de la terminación lateral de los diversos reflectores del subsuelo, en concordancia con los conceptos generales de estratigrafía sísmica (Mitchum *et al.* 1977); 2) caracterización de las facies acústicas establecidas con 3,5 kHz según el criterio aplicado por Damuth (1975, 1980); 3) correlación de las facies encontradas en este estudio con aquellas definidas parti-

cularmente en ambientes glaciales (Syvitski y Lee 1997; Cai *et al.* 1997); 4) testigos obtenidos por el Lamont-Doherty Geological Observatory y descriptos por Isla *et al.* (1999).

Según las facies sedimentarias definidas en este estudio, y considerando las velocidades de propagación sísmica establecidas para diversos materiales (Reynolds 1997 y D'Olier 1979), se asume una velocidad media de onda sísmica de 1650 m/s. En base a ella se realiza el cálculo estimativo de los espesores sedimentarios del subsuelo. Las escalas verticales de los sismogramas presentados contemplan esta corrección.

Resultados

Secuencia sísmica desde la punta Segunda a las islas Les Eclaireurs

Esta secuencia sísmica corresponde a la línea realizada aproximadamente entre la punta Segunda y el faro Les Eclaireurs, atravesando casi perpendicularmente el valle submarino que al noroeste culmina con la bahía de Ushuaia. El basamento corresponde a un material rocoso (Formación Yaghan, Kranck 1932), cuyo techo se presenta irregular y posee escasa o nula penetración acústica (Fig. 2). Por encima y en discordancia se desarrolla una unidad de aspecto macizo sin estratificación visible definida (configuración sísmica caótica), probablemente de matriz fan-

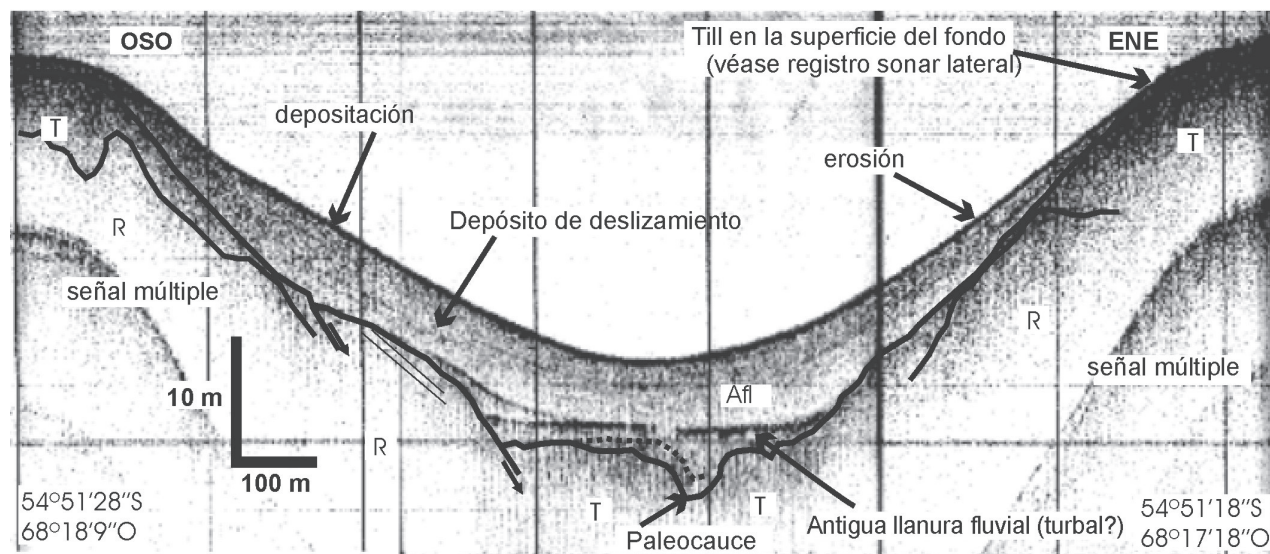


Figura 3: Perfil de subfondo bahía Golondrina-península Ushuaia. R: roca, T: till.

gosa. Este depósito constituiría un till, con sus mayores espesores (de unos 20 m) en la parte más profunda del valle. Hacia arriba continúa un sedimento limo arenoso, quizás algo gravoso (La, Fig. 2), y se observa solamente en el sector central, más profundo del subsuelo. Esta facies sedimentaria posee una estratificación paralela-subparalela poco marcada, con débil continuidad lateral y culminación sobrepuesta (*on lap*) al till. Representaría el primer depósito originado por el retroceso glacial. Estos sedimentos de mayor granulometría relativa transportados por las corrientes de fusión del hielo fueron los primeros en alcanzar el fondo de esta cuenca lacustre. Por encima, se desarrolla una unidad integrada por sedimentos más finos (limos arcillo-arenosos), con marcada estratificación paralela, con estratos del orden de 1 m de espesor y con un diseño sobrepuesto (*on lap*) en el borde de la cuenca. Este depósito representaría un estadio más avanzado del retroceso glacial, donde el proceso dominante era la decantación partir de sedimentos en suspensión y una progradación en un ambiente restringido, tranquilo, de baja energía.

La facies superior de la secuencia (La, Fig. 2) corresponde a un limo arenoso, con estratificación oblicua (inclinación media de 0,5 %) sobrepuesta (*onlap*) al flanco norte. Esta característica resulta indicativa de una sedimentación con intervención de materiales procedentes del flanco norte (continental). En los niveles superiores de este depósito la estratificación pierde continuidad lateral y el subsuelo se presenta casi acústicamente transparente. Esto evidencia un fango de muy baja densidad, asociado a procesos de sedimentación reciente.

Secuencia sísmica de la bahía Golondrina a la península Ushuaia

Este perfil sísmico, al sur de la península Ushuaia, evidencia una depresión, que en el sector relevado posee 35

m de profundidad y sus flancos pendientes del orden de 2°. En el sector central el basamento acústico de la secuencia determinada se ubica a unos 7-8 m de la superficie del fondo marino y corresponde a un fango gravoso sin estratigrafía definida (till). En el subfondo de los flancos, y por debajo de ese depósito, se infiere el techo de una superficie rocosa irregular (Fig. 3).

El perfil realizado muestra la existencia de un paleocauce, labrado sobre el till de fondo. Por su respuesta acústica, el material superior de relleno presenta una sucesión grano decreciente. Así, los sedimentos correspondientes a la antigua llanura aluvial, por su baja respuesta sónica se asocian a limos y arena fina, casi carentes de estratificación. La parte superior de esta facies corresponde a un fuerte reflector horizontal, al que se lo relaciona con un estrato de arcilla y materia orgánica (posiblemente un antiguo nivel de turba), dada la diferencia en su impedancia acústica con los materiales suprayacentes. La secuencia concluye con una arena fina limosa que rellena la parte más profunda de la depresión (5 m de potencia) y se acuña hacia los flancos. Sólo sobre el flanco oriental aflora el till de base. En el registro de sonar lateral (sonograma) se ha podido reconocer la transición entre un fondo de arena fina (tonos claros) y un sustrato de grava en el que se diferencian grandes bloques de roca de más de un metro de diámetro (Fig. 4).

La acumulación arenosa se compone de estratos de buena continuidad lateral y con espesores menores a 0,5 metros. Hacia el flanco oeste-suroeste del paleocauce, se observa un depósito de deslizamiento, el cual es producto de sobrecarga e inestabilidad de los sedimentos. Sobre este flanco los reflectores paralelos a la superficie del fondo denotan un ambiente actual de depositación, mientras que en el flanco opuesto el proceso erosivo se manifiesta por el truncamiento de los estratos, que se disponen discordantes con el fondo (Fig. 3). Estos sedimentos se relacionan con la descarga del río Pipo, los cuales fueron redistribuidos como carga de fondo por las corrientes de

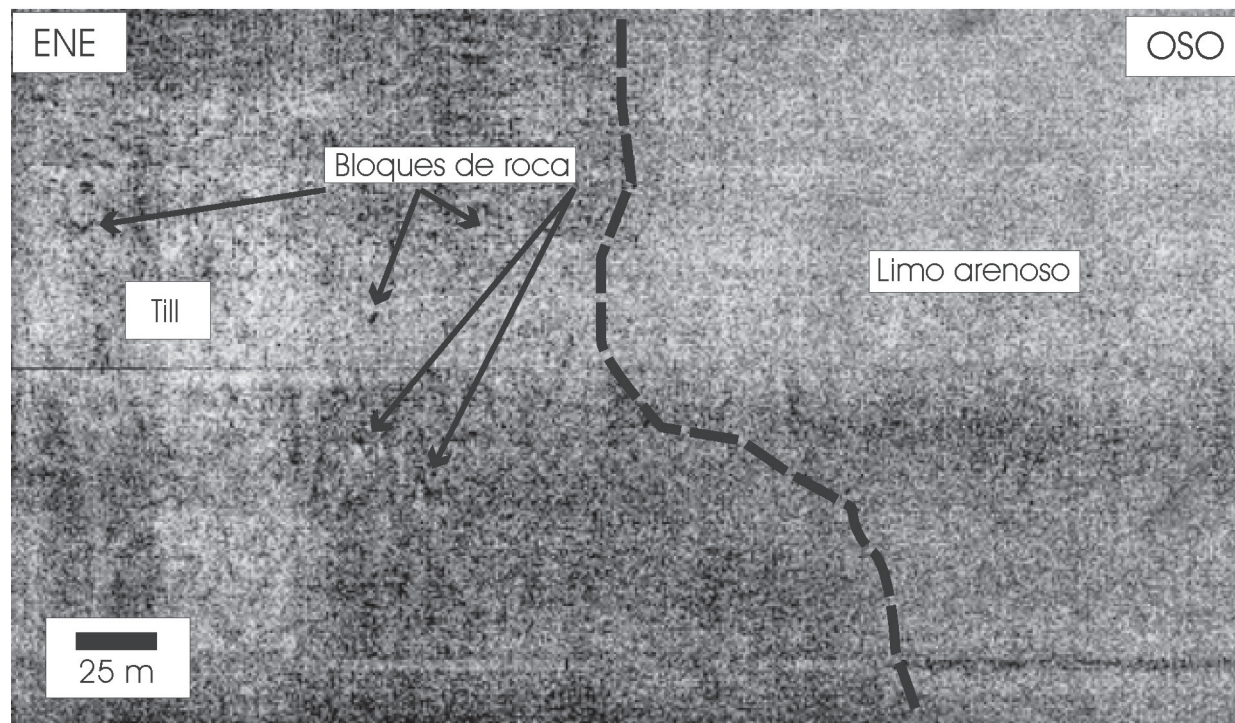


Figura 4: Sonograma del contacto entre facies de sedimentos y de fondo rocoso del perfil bahía Golondrina-península Ushuaia.

marea con posterioridad al máximo transgresivo del Holoceno medio.

Secuencia sísmica desde río Olivia a arroyo Grande

Esta línea fue realizada sobre la costa norte de la bahía de Ushuaia, frente a la desembocadura del río Olivia (Fig. 5). La secuencia comienza con roca y till de base, sobre los que se apoyan sedimentos limo arenosos y limo arcillosos correspondientes al paleoambiente glacialacustre. Como característica común de todas las líneas realizadas en las cuales aparecen estas facies, se destaca la horizontalidad de los estratos (más marcados y continuos hacia arriba del depósito) y su terminación sobrepuesta (*on lap*) al basamento de till o roca. En el extremo noroeste del perfil se observa la configuración de subfondo de un antiguo cauce fluvial, relleno de material arenoso débilmente estratificado. En este depósito se insinúan diversas discontinuidades que estarían marcando una evolución deltaica. Este paleocauce se vincula al antiguo curso del río Olivia, en un período anterior al último ascenso marino. Al sureste del perfil (borde de cuenca), sedimentos limo arenosos conforman una estratificación inclinada (*down lap*) con los sedimentos lacustres, originando una discontinuidad estratigráfica. Este depósito evidencia un proceso progradante en el frente de pendiente y corresponde al antiguo delta del río Olivia. El depósito superior del perfil lo constituye una arena fina limosa con una bien marcada estratificación. Esta facies se halla siempre presente en los sectores más someros y se acuña hacia profundidades mayores, con una convergencia de los estra-

tos. Evidencia una fuente de aporte desde el norte (fluvial y de erosión de acantilados), cuyos sedimentos son redistribuidos como carga de fondo por corrientes de marea y deriva litoral por olas.

Secuencia sísmica desde isla Gable a paso Mackinlay

Este perfil se extiende desde el suroeste del banco Gable (al sur del Frontón Gable) hasta el inicio del paso Mackinlay (punta Espora; Fig. 2). En esta línea sísmica se obtuvo una buena respuesta acústica de reflectores del subsuelo, a excepción del sector del banco Gable, cuyo subfondo aparece opaco debido a una elevada concentración de gas en los sedimentos (Fig. 6). Estas concentraciones de gas son comunes a lo largo del paso Mackinlay y el subfondo marino situado al este de la isla Gable. Su origen estaría relacionado a turbales fósiles sumergidos y sepultados bajo sedimentos glacialacustres, glacialmarinos o fluviomarinos. El basamento acústico, constituido por roca y till, se presenta en el subsuelo a una profundidad, desde la superficie del fondo, entre los 20 y 35 metros. Hacia el este (paso Mackinlay) este basamento asciende con una elevada pendiente de aproximadamente 4°, llegando a aflorar en el fondo marino (Fig. 7). Hacia el oeste el till se halla conformando montículos de hasta 4 m de altura. Según el criterio de Syvitski y Lee (1997) este conjunto de estructuras morénicas aisladas o encimadas se relacionan al período de hielo retrocedente o deshielo glacial.

El depósito sísmicamente definido como limo areno-arcilloso es producto de la decantación de los sedimentos

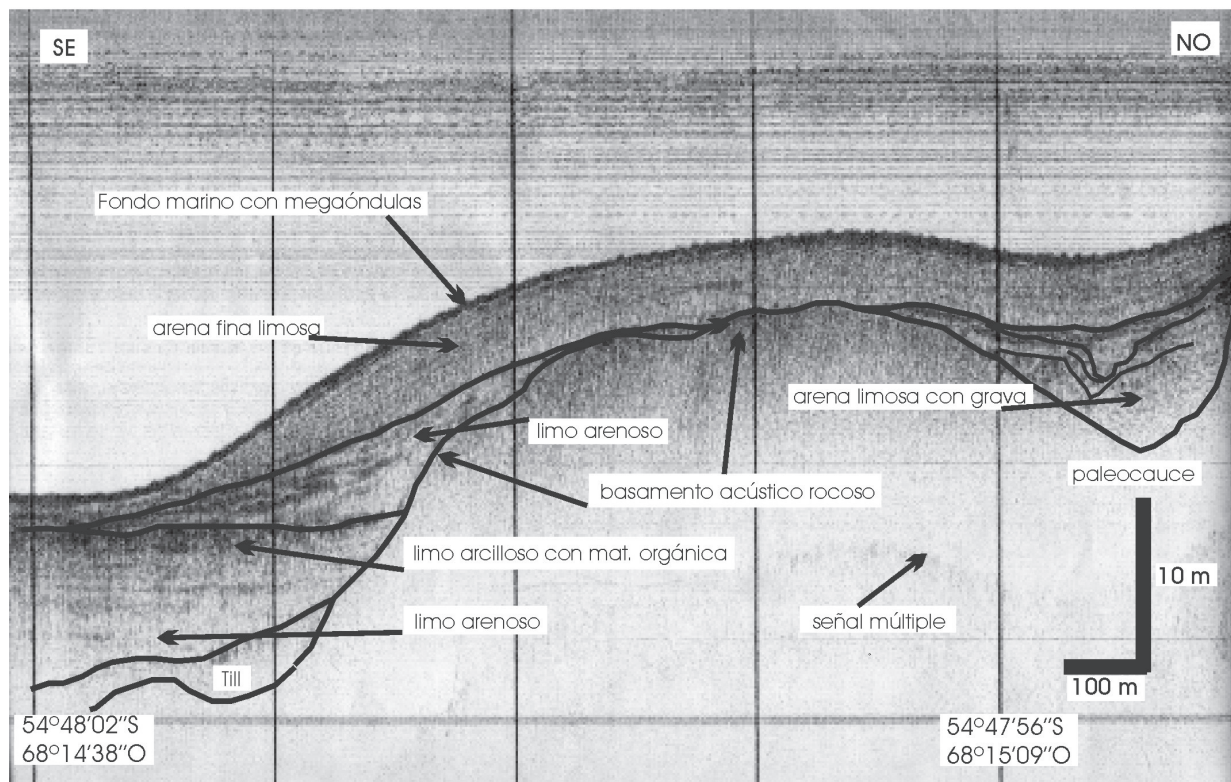


Figura 5: Perfil de subfondo desembocaduras del río Olivia y arroyo Grande.

glaciaros más finos (terminación de estrato sobrepuesto *-on lap*), provenientes del deshielo paulatino del antiguo glaciar. Estos sedimentos, si bien aquí se localizan en cotas superiores, se podrían correlacionar estratigráficamente con la facies La (limo arenoso) de la secuencia establecida en la profunda cuenca frente a la bahía de Ushuaia (Fig. 2). Hacia el techo de esta facies, una estratificación paralela, más notable acústicamente, evidencia

el aumento de sedimentos más finos (limo-arcilla). Estos se relacionan con la paulatina decantación de los materiales en suspensión presentes en el paleolago glacial, producido por el retroceso del hielo. Un proceso erosivo determina el techo de esta facies, encontrándose en discontinuidad sobre ella un limo arenoso, el cual aparece débilmente estratificado. La superficie erosiva y el aumento en la granulometría de los sedimentos denota un incre-

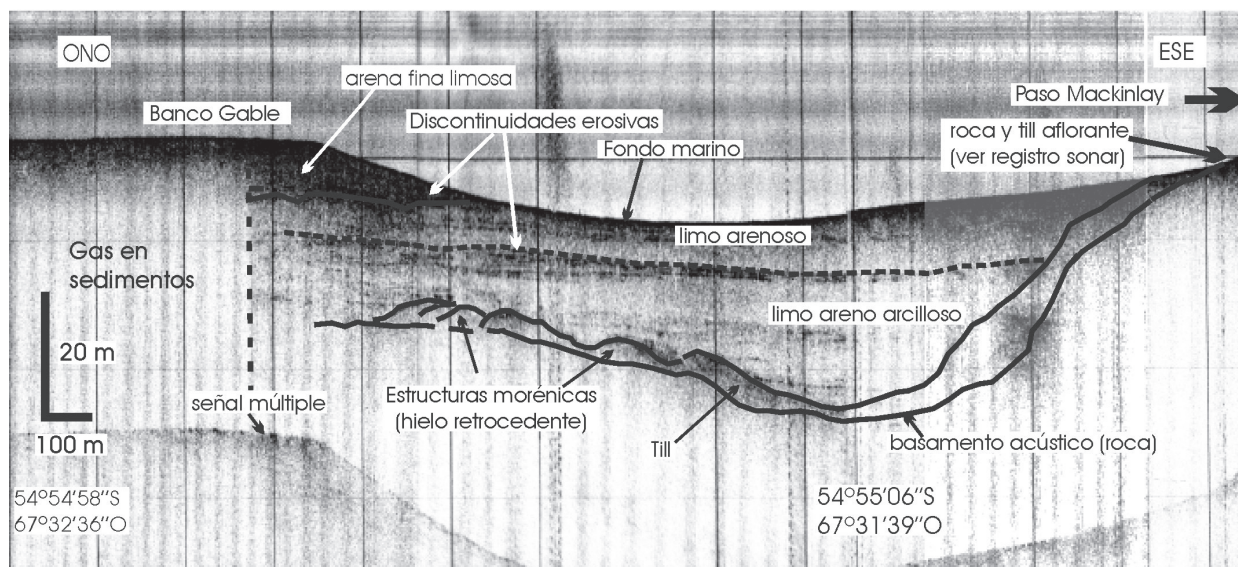


Figura 6: Perfil de subfondo a lo largo del canal entre la isla Gable y el paso Mackinlay.

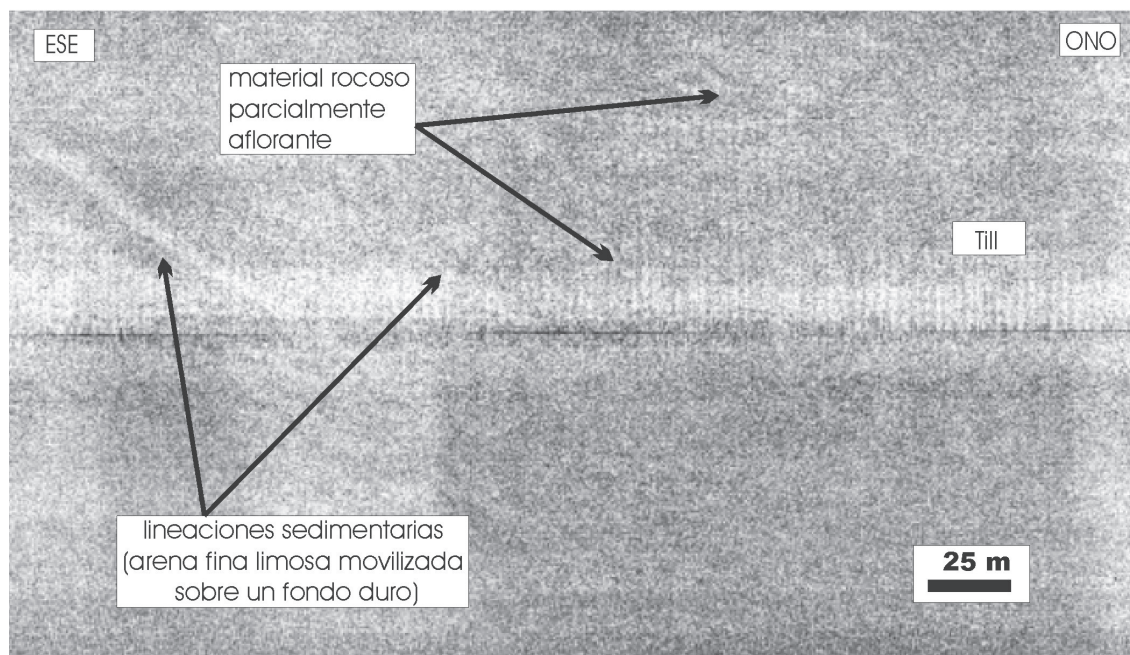


Figura 7: Sonograma del contacto entre facies de sedimentos y de fondo rocoso del perfil isla Gable-paso Mackinlay.

mento de la energía del ambiente, con la aparición de velocidades de corrientes suficientes para producir un transporte de sedimentos como carga de fondo. Este cambio en las condiciones hidrosedimentológicas podría asociarse a la entrada del agua de mar dentro del paleolago, como parte del último proceso transgresivo marino.

Hacia el oeste del perfil, el banco Gable está conformado por arena fina y está sometido a condiciones hidrodinámicas influenciadas por el encuentro de las ondas de marea atlántica y pacífica que tiene lugar en esta zona (D'Onofrio *et al.* 1989). En este sector una elevada acumulación de gas en los sedimentos imposibilita la penetración sísmica de la señal, interrumpiendo así la continuidad de los reflectores del subsuelo.

Este perfil marca el límite oriental de una profunda cuenca glaciaria evidenciada en sus bordes irregulares como un campo de drumlins (Rabassa *et al.* 1988), a partir de donde el retroceso del hielo hacia el oeste originó estructuras morénicas de fondo, por sobre las cuales se depositaron sedimentos limo arenosos correspondientes a un paleoambiente lacustre.

Conclusiones

Los resultados obtenidos han permitido establecer las siguientes conclusiones:

1. En el fondo del canal Beagle se han discriminado facies glaciarias, glacialacustres, glaciarmarinas y fluvio-marinas.

2. Los rasgos estratigráficos más significativos son las morenas de fondo, las facies granodecrecientes de retroceso glaciario, los deslizamientos submarinos de sedimentos de talud y los paleocauces fluviales.

3. En el subsuelo marino se encontraron depósitos con concentraciones elevadas de gas. Su origen se relaciona con acumulaciones de materia orgánica (turbales de la época glacial), hoy sumergidas y cubiertas por sedimentos finos glacialacustres, glaciarmarinos y fluvio-marinos.

4. Se determinó la existencia de paleocanales, correlacionables con los actuales del arroyo Grande y los ríos Olivia y Pipo, labrados durante un período con el nivel del mar inferior al actual.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con el subsidio en apoyo a proyecto de investigación en Ciencias del Mar de la Fundación Antorchas, proyecto A-13672/1-2: *Dinámica sedimentaria y físico-química del canal Beagle, Tierra del Fuego*, otorgado a G. Bujalesky. Los relevamientos marinos fueron posibles gracias al apoyo de la Prefectura Naval de Ushuaia. Deseamos agradecer la colaboración de A. Coronato, D. Galfón y R. Zibecchi.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Araya-Vergara, J.F., 2000. Perfiles submarinos por los piedmonts del Estrecho de Magallanes y Bahía Nassau, Chile Austral. *Anales del Instituto de la Patagonia. Serie Ciencias Naturales* 28: 23-40.
- Cai, J., Powell, R.D., Cowan, E.A. y Carlson, P.R., 1997. Lithofacies and seismic reflection interpretation of temperate glaciarmarine sedimentation in Tarr Inlet, Glacier Bay, Alaska. *Marine Geology* 143: 5-37.
- Caldenius, C.C. 1932. Las glaciaciones cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego. *Geografiska Annaler* 14: 1-164. Stockolm.

- Colizza, E., 1991. Preliminary report on coastal morphology and sea-bottom sediments of the canales Beagle, Ballenero, Brecknock, Cockburn and Magdalena. *Bolletino di Oceanologia Teorica ed Applicata* IX (2-3): 273-279.
- Coronato, A., 1995. The last Pleistocene glaciation in tributary valleys of the Beagle Channel, Fuegian Andes, South America. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 9: 153-171. Balkema Publishers, Rotterdam.
- Damuth, J.E., 1975. Echo character of the Western equatorial Atlantic floor and its relationship to the dispersal and distribution of terrigenous sediments. *Marine Geology* 18: 17-45.
- Damuth, J.E., 1980. Use of high frequency (3.5-12 kHz) echograms in the study of near-bottom sedimentation processes in the deep-sea: a review. *Marine Geology* 38: 51-75.
- D'Olier, B., 1979. Side scan sonar and reflection seismic profiling. En K.R. Dyer (Ed.). *Estuarine Hydrography and sedimentation*. Cambridge University Press, 57-86 pp. Cambridge.
- D'Onofrio, E., Orsi, A. y Locarnini, R., 1989. Estudio de marea en la costa de Tierra del Fuego. *Servicio de Hidrografía Naval, Departamento de Oceanografía, Informe técnico* 49: 1-81, Buenos Aires.
- Gordillo, S., Bujalesky, G., Pirazzoli, P., Rabassa, J. y Saliège, G., 1992. Holocene raised beaches along the northern coast of the Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 99: 41-54.
- Heusser, C., 1989. Late Quaternary Vegetation and Climate of Tierra del Fuego. *Quaternary Research* 31: 396-406.
- Isla, F., Bujalesky, G. y Coronato, A., 1999. Dinámica estuarina del Canal Beagle, Tierra del Fuego. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54(4): 307-318.
- Kranck, E.H., 1932. Geological investigations in the Cordillera of Tierra del Fuego. *Acta Geographica* 4(2): 1-231. Helsinki.
- Mitchum, J. R., Vail, R. y Sangree, P.R., 1977. Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 6: Stratigraphic Interpretation of Seismic Reflection Patterns in Depositional Sequences. En Payton Ch.E. (Ed.) *Seismic Stratigraphy applications to hydrocarbon exploration*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 26: 117-134, Tulsa.
- Rabassa, J., Heusser, C.J. y Stuckenrath, R. 1986. New data on Holocene sea transgression in the Beagle Channel: Tierra del Fuego, Argentina. *Quaternary of South America & Antarctic Peninsula*, 4: 291-309. Rotterdam: A.A. Balkema Publishers.
- Rabassa, J., Serrat, D., Martí, C y Coronato, A., 1988. Estructura interna de drumlins, Isla Gable, Canal Beagle (Tierra del Fuego). *Actas 2º Reunión Argentina de Sedimentología*: 222-226. Buenos Aires.
- Rabassa, J., Serrat, D., Martí, C. y Coronato, A., 1990a. El Tardiglacial en el Canal Beagle, Tierra del Fuego, Argentina. *10º Congreso Geológico Argentino (San Juan)*, Actas 1: 290-293.
- Rabassa, J., Serrat, D., Martí, C. y Coronato, A., 1990b. Internal structure of drumlins in Gable Island, Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. *Lundqua Report* 32: 3-5. Lund.
- Rabassa, J., Coronato, A., Bujalesky, G., Salemme, M., Roig, C., Meglioli, M., Heusser, C., Gordillo, S., Roig, F., Borromei, A. y Quattrocchio, M., 2000. Quaternary of Tierra del Fuego, Southernmost South America: an updated review. *Quaternary International* 68/71: 217-240.
- Reynolds, J.M., 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley & Sons Ltd., 778 pp., Chichester.
- Servicio de Hidrografía Naval 2002. *Tablas de marea para el año 2002. Puertos de la República Argentina y puertos principales de Brasil, Uruguay y Chile*. Publicación H 610. Armada Argentina, 494 pp. Buenos Aires.
- Syvitski, J.P.M. y Lee H.J., 1997. Postglacial sequence stratigraphy of Lake Melville, Labrador. *Marine Geology* 143: 55-79.

Recibido: 15 de julio, 2002

Aceptado: 2 de septiembre, 2003