



SITIOS INTERÉS GEOLOGICO

de la República Argentina

EL CANAL BEAGLE

*Un ambiente esculpido
por el hielo*

Gustavo Gabriel Bujalesky¹, Andrea María Coronato¹, Jorge Oscar Rabassa¹ y Rogelio Daniel Acevedo¹

Sitios de Interés Geológico de la República Argentina

EDITOR

Comisión Sitios de Interés Geológico de la República Argentina (CSIGA):
Gabriela Anselmi, Alberto Ardolino, Alicia Echevarría, Mariela Etcheverría, Mario Franchi,
Silvia Lagorio, Hebe Lema, Fernando Miranda y Claudia Negro

COORDINACIÓN

Alberto Ardolino y Hebe Lema

DISEÑO EDITORIAL

Daniel Rastelli

Referencia bibliográfica

Sitios de Interés Geológico de la República Argentina. CSIGA (Ed.) Instituto
de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino,
Anales 46, II, 461 págs., Buenos Aires. 2008.

ISSN 0328-2325

Es propiedad del SEGEMAR • Prohibida su reproducción
Publicado con la colaboración de la Fundación Empremin



Av. General Paz 5445 (Colectora provincia)
Edificio 14 - 1650 - San Martín - Buenos Aires
República Argentina



Av. General Paz 5445 (Colectora provincia)
Edificio 25 - 1650 - San Martín - Buenos Aires
República Argentina

www.segemar.gov.ar | comunicacion@segemar.gov.ar | csiga@segemar.gov.ar

BUENOS AIRES - 2008

Gustavo Gabriel Bujalesky¹, Andrea María Coronato¹, Jorge Oscar Rabassa¹ y Rogelio Daniel Acevedo¹

■ RESUMEN

El canal Beagle se ubica en el área sismotectónicamente activa de la cordillera de los Andes de Tierra del Fuego. En sus costas aflora el «Complejo Deformado de los Andes Fueguinos», cuyas distintas rocas están intruidas por dioritas andinas cretácicas y rocas basálticas alcalinas. Todo este conjunto está plegado y metamorfozado. El canal se ha formado como resultado de la acción glacial sobre un terreno atravesado por fallas geológicas de orientación este-oeste. El área fue cubierta por el hielo en repetidas oportunidades, y al menos en las dos últimas glaciaciones, fue ocupada por glaciares procedentes de la Cordillera Darwin. El paisaje actual es el resultado del último máximo glacial ocurrido aproximadamente hace unos 25.000 años y durante el cual se desarrollaron varios grupos de morenas y un campo de drumlins, geoformas estas últimas muy escasamente representadas en todo el hemisferio sur. El ingreso del mar al canal se produjo hace unos 8.200 años. Actualmente, el canal tiene mareas de poca amplitud (menores a 2 metros) y olas de poca altura generadas por los vientos del suroeste. Posee una costa rocosa dentada en la que se desarrollan pequeñas playas de grava en bahías. En la costa norte se observan al menos tres niveles de terrazas marinas, la más alta ubicada a 10 metros sobre el nivel del mar actual, formadas a raíz del ascenso tectónico ocurrido en el área durante los últimos 6.000 años.

■ ABSTRACT

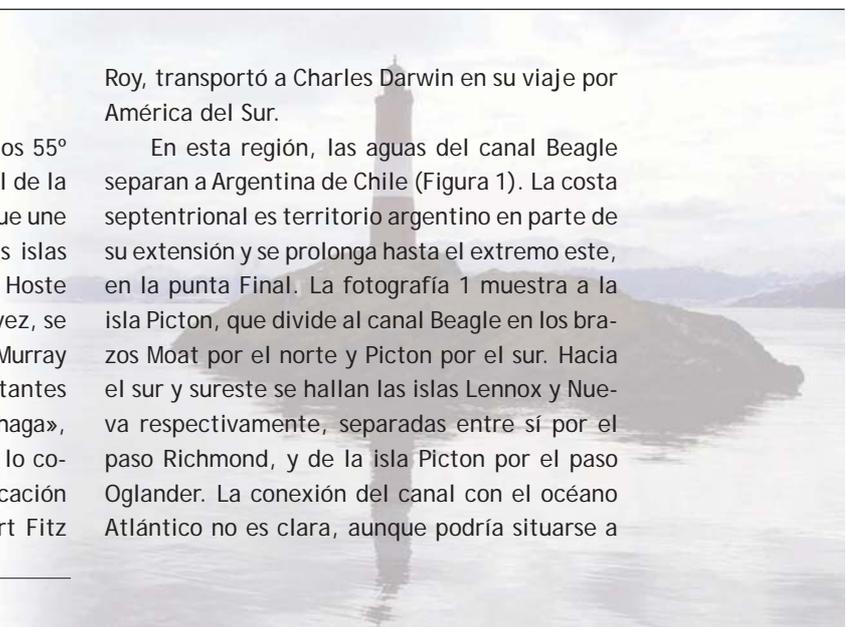
The Beagle Channel is located in the seismo-tectonically active area of the Cordillera de los Andes of Tierra del Fuego. The distinctive rocks of the «Fuegian Andes Deformed Complex» cropping out along its shores, are intruded by Cretaceous Andean diorites and alkaline basaltic rocks. This complex has been folded and metamorphosed. The channel formed as the result of the glacial action on E-W oriented tectonic alignments. The area was repeatedly glaciated and during at least the last two glaciations it was occupied by glaciers coming from Cordillera Darwin. The present landscape is the result of the Last Glacial Maximum (25.000 years before present), during which several groups of moraines and a drumlin field were formed; drumlins are landforms rarely represented in the South Hemisphere. Ingress of the sea occurred about 8.200 years ago. At present, the Beagle Channel is affected by tides of low amplitude (less than 2 meters) and low-height waves generated by south-easterly winds. It has an indented rocky shore, with development of pocket gravel beaches in embayments. Along the northern coast, at least three marine terraces are observed, the highest reaching a maximum elevation of 10 meters above present-day sea level. These terraces were formed by the tectonic uplift that occurred in this area during the last 6.000 years.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de 190 kilómetros, sobre los 55° de latitud sur, y desde el extremo oriental de la isla Gordon, se extiende el canal marino que une los océanos Pacífico y Atlántico entre las islas Grande de Tierra del Fuego por el norte, y Hoste y Navarino, por el sur. Estas últimas, a su vez, se encuentran separadas entre sí por el canal Murray (Figura 1). Los canoeros yamanas, habitantes nativos de la región, lo denominaron «onashaga», pero desde la llegada de los europeos se lo conoce con el nombre de Beagle, la embarcación inglesa que, al mando del Capitán Robert Fitz

Roy, transportó a Charles Darwin en su viaje por América del Sur.

En esta región, las aguas del canal Beagle separan a Argentina de Chile (Figura 1). La costa septentrional es territorio argentino en parte de su extensión y se prolonga hasta el extremo este, en la punta Final. La fotografía 1 muestra a la isla Picton, que divide al canal Beagle en los brazos Moat por el norte y Picton por el sur. Hacia el sur y sureste se hallan las islas Lennox y Nueva respectivamente, separadas entre sí por el paso Richmond, y de la isla Picton por el paso Oglander. La conexión del canal con el océano Atlántico no es clara, aunque podría situarse a



la altura de la punta Falsa, en la costa septentrional, donde comienza el talud hacia el fondo oceánico.

Las profundidades máximas del canal alcanzan valores de 300 metros (brazos noroeste y suroeste, en el extremo occidental). Al oeste de la conexión con el canal Murray se registran unos 240 metros de profundidad, y unos 196 metros frente a la punta Remolino, en la costa septentrional, como se ve en la figura 2. Su ancho medio es de 5 kilómetros, aunque alcanza valores mínimos en la zona de la isla Gable, con 1,8 kilómetros en el paso Mackinlay. Esta isla, a su vez, es parte de un umbral sumergido a tan sólo 30 metros de profundidad, el banco Gable.

El clima de la región es templado-frío marítimo y se da como resultado de la conjunción

entre la alta latitud, la influencia oceánica y la cercanía de la Antártida. Los vientos llegan desde el cuadrante oeste-sudoeste y desde el sur. El canal se convierte en un corredor de vientos libre de obstáculos cuando la circulación de aquellos posee dirección oeste-este. Por otro lado, la distribución de las precipitaciones se ve afectada por la presencia de las barreras montañosas de las islas circundantes, las cuales determinan un gradiente que decrece de oeste a este, hasta la punta Moat. Desde este último punto, la tendencia se invierte y las precipitaciones crecen hacia el extremo oriental de Tierra del Fuego e Isla de los Estados.

El bosque subantártico de *Nothofagus sp.* se desarrolla en ambas costas y se diferencia del bosque del interior de las islas por la presencia

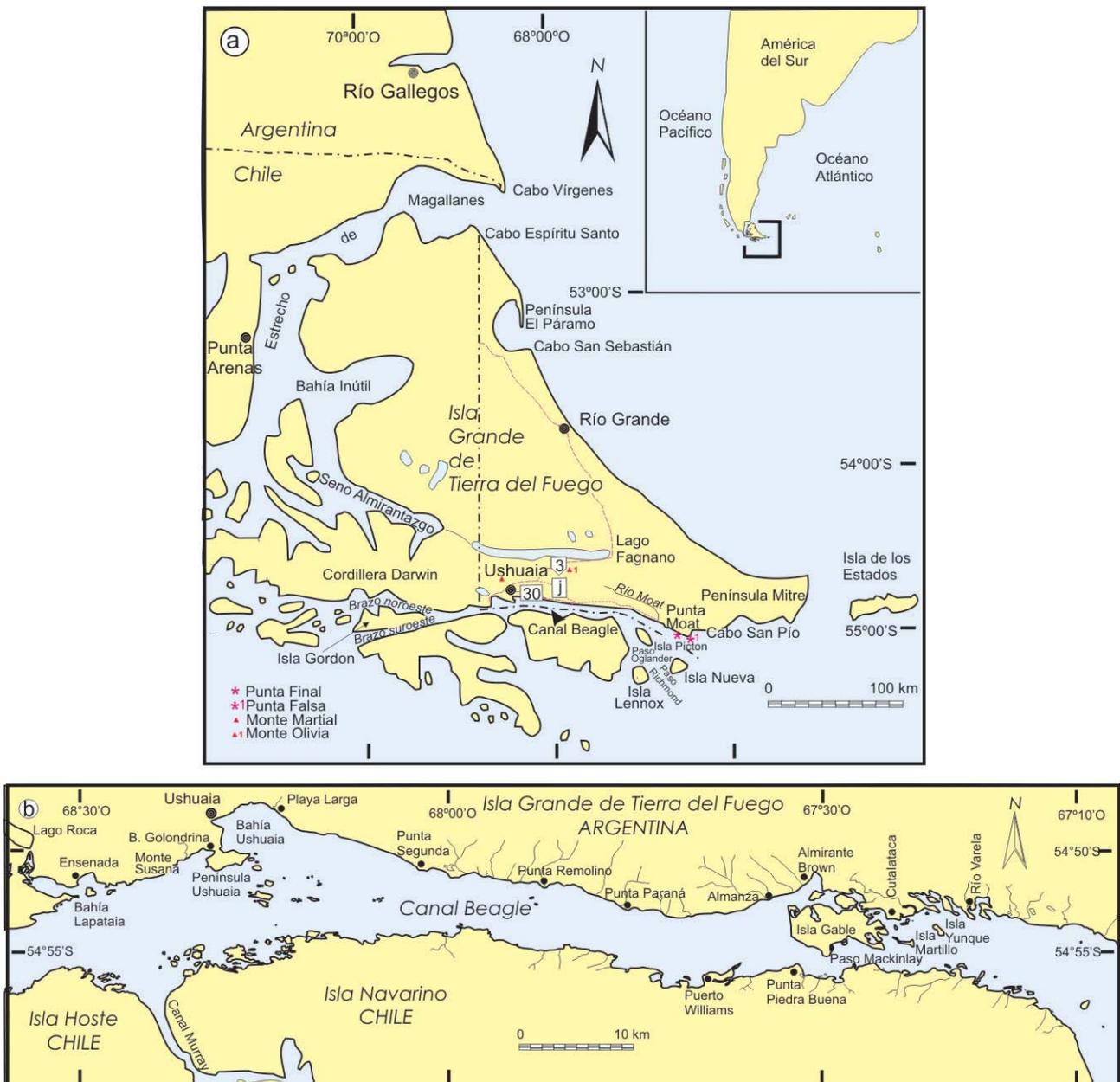


Figura 1. Mapas de ubicación. a) Isla Grande de Tierra del Fuego; b) Canal Beagle.



Fotografía 1. Vista del extremo oriental del canal Beagle, desde la costa norte. En primer plano, el bosque mixto de *Nothofagus* sp. en el litoral y costas rocosas con entrantes y pequeñas playas de gravas. Al fondo la isla Picton y en último plano la isla Nueva.

de especies con mayor requerimiento de humedad, entre ellas *Drimys winteri* (canelo) y *Embothrium coccineum* (notro). En sectores bajos y asociadas al bosque se desarrollan turberas rojas elevadas, conformadas por el musgo *Sphagnum magellanicum* como especie dominante, y acompañado por especies arbustivas como *Empetrum rubrum* (murtilla), juncáceas como *Tetroncium magellanicum* y arbóreas como *Nothofagus antarctica* (ñire).

Beagle constituye el único canal del archipiélago fueguino que forma parte del territorio argentino. En él se encuentran ejemplos de geoformas de origen glaciar, únicas en el país.

Además, es importante destacar que es el único lugar de Argentina en que el bosque se encuentra en contacto con el ambiente marino, por lo que la relevancia de este sitio no es sólo geológica y geomorfológica, sino también ecológica.

Las vías de acceso terrestre al canal Beagle están limitadas al trazado de rutas o caminos secundarios. La ruta nacional 3 permite acceder a la bahía Lapataia en el punto final de su recorrido, a la bahía Ensenada o Zaratiegui y a la bahía Ushuaia. La ruta provincial 30, en construcción a lo largo de la costa norte del canal, pretende unir Ushuaia con la bahía Almirante Brown, a la que actualmente se accede por la ruta provincial J y mediante la cual se puede recorrer la costa del canal hasta el río Moat, en el extremo oriental (Figura 1).

GEOLOGÍA REGIONAL

El sector sur de la Isla Grande de Tierra del Fuego está ubicado en el ambiente tectónico de la cordillera de los Andes. Este es un lugar sometido a grandes esfuerzos y movimientos de dimensiones continentales, los cuales involucran a tres de las grandes placas en las que está dividida la corteza terrestre: las placas Sudamericana, Antártica y de Scotia (Figura 3). Los Andes fueguinos tienen una orientación oeste-este como resultante de los movimientos diferenciales entre las placas mencionadas. El límite entre las placas Sudamericana y de Scotia sigue un lineamiento natural que pasa por el extremo occidental del estrecho de Magallanes, el seno Almirantazgo y el lago Fagnano (Figura 4). Importantes sistemas de fallas, lagunas de hundimiento y deslizamientos indican la intensa actividad tectónica en este lineamiento.

Los investigadores, mediante sofisticados sistemas de posicionamiento global (GPS), realizaron mediciones tanto al norte como al sur del sistema de fallas de Magallanes-Fagnano. El análisis de estas mediciones permitió señalar que la placa de Scotia se mueve hacia el este unos 5 milímetros por año en relación a la placa Sudamericana. Esto es consistente con los desplazamientos observados en los rasgos geológicos a uno y otro lado de la zona de falla transformante ocurridos durante los últimos 34 millones de años (Olivero y otros autores, 1999; Del Cogliano y otros, 2000).

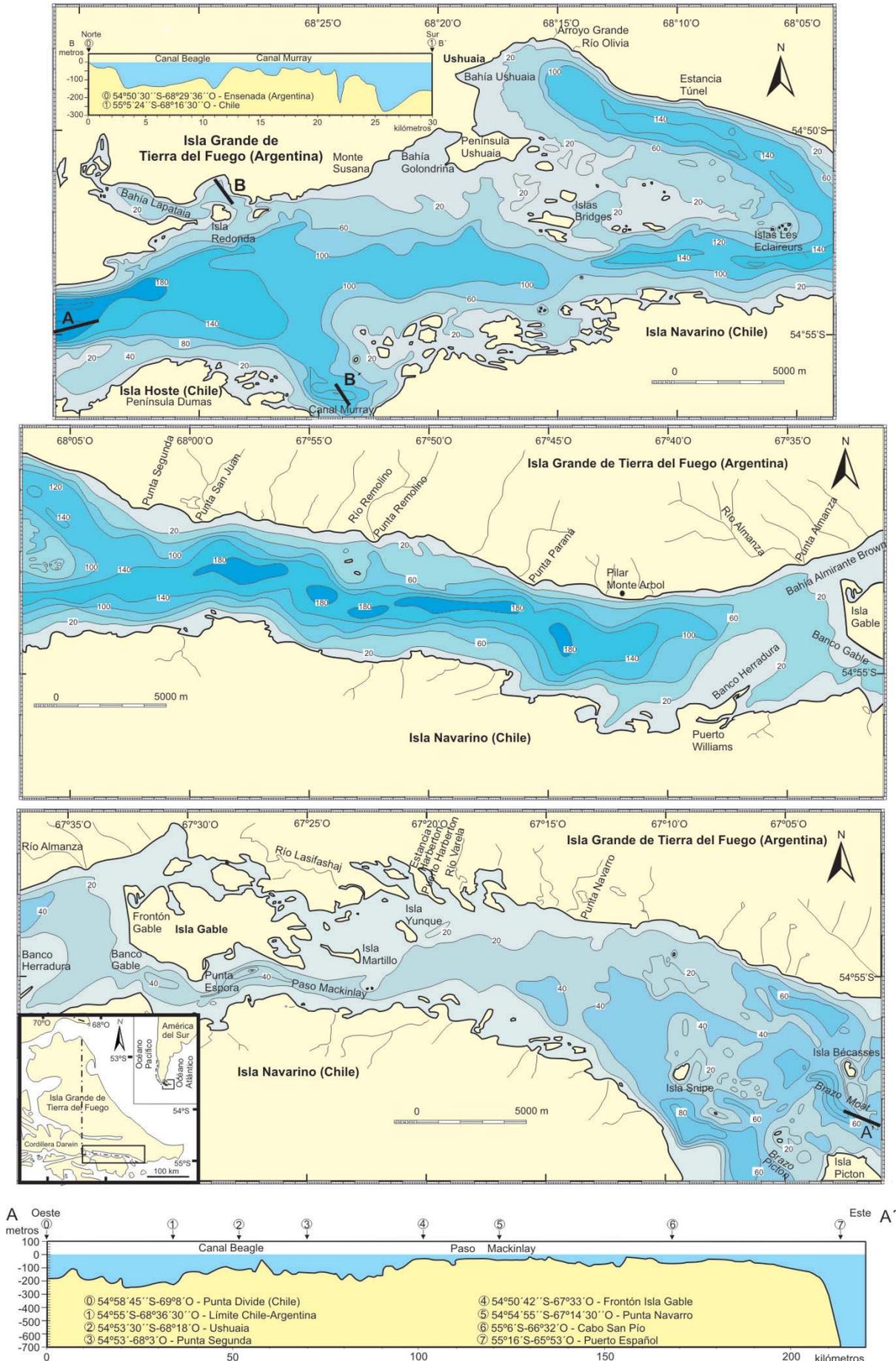


Figura 2. Profundidades en metros correspondientes a los sectores occidental, central y oriental del canal Beagle (a partir de la carta H-477, Servicio de Hidrografía Naval, 1969). A-A' y B-B': Cortes topográficos longitudinal y transversal, respectivamente, a lo largo del fondo del canal, donde se muestran variaciones en su profundidad.



Figura 3. Placas tectónicas involucradas en la zona del canal Beagle (dibujo CSIGA).

TIPOS DE FALLAS
 Las fallas que presentan un movimiento principal horizontal observado a uno y otro lado de ellas, como es el caso que nos ocupa, reciben el nombre de fallas transformantes. Otros tipos de fallas, en cambio, involucran movimientos verticales, de ascenso y descenso del terreno a uno y otro lado de la falla.

Sobre la costa argentina del canal Beagle, desde Lapataia hacia el este, se manifiesta en toda su expresión una entidad geológica denominada por los investigadores «Complejo Deformado de los Andes Fueguinos». Esta entidad geológica fue fundada con la idea de reunir bajo una única denominación a varias unidades de roca vinculadas por su común condición geológica cordillerano-patagónica. Dicho complejo está integrado en su parte inferior por un basamento metamórfico de gran desarrollo en Chile y que, con el nombre de Esquistos de Lapataia, se puede observar en la región occidental, en la bahía homónima. Sobre este complejo yacen rocas volcánicas y sedimentarias de edad jurásica agrupadas bajo la denominación de Serie Porfirítica

(Formación Lemaire). Cubriendo a las unidades mencionadas se disponen capas de origen marino llamadas Formación Yahgán (ver cuadro Ubicándose en el tiempo). Tanto las rocas que componen la Serie Porfirítica como aquellas de la Formación Yahgán se encuentran muy afectadas por la acción de los movimientos cordilleranos, lo cual se traduce en los pliegues y fracturas que presentan. A su vez, esto les confiere cierto grado de metamorfismo, aunque menor que el que puede apreciarse en las rocas del basamento.

Últimamente, obras de excavación llevadas a cabo en el aeropuerto permitieron descubrir rocas intrusivas de composición diorítica que, representadas por pequeñas apófisis o ramificaciones, corresponden al denominado Batolito Andino (ver recuadro). Sobre las costas orientales hay derrames basálticos y gabros.

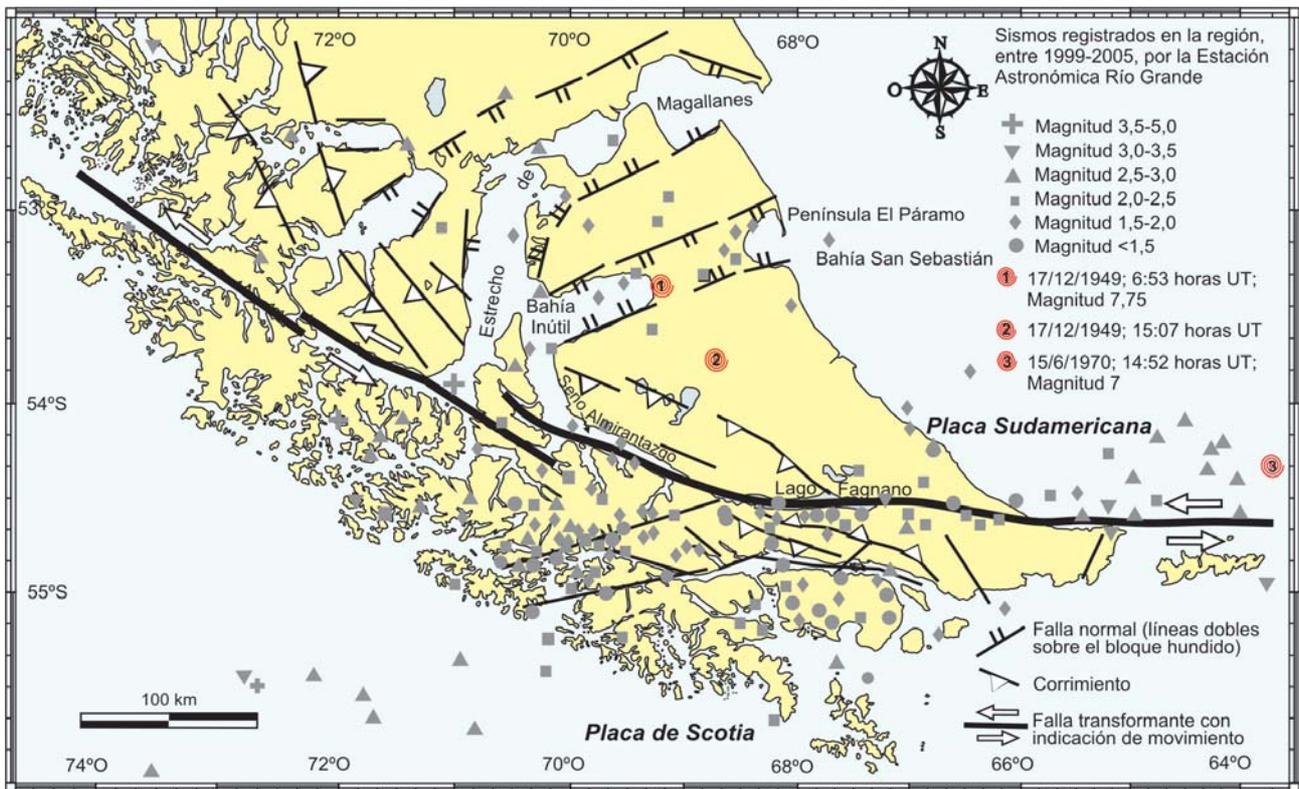


Figura 4. Ubicación de los epicentros de los sismos ocurridos en la región de Tierra del Fuego y lineamientos de fallas más importantes (modificado de Diraison y otros, 2000).

BATOLITO ANDINO: cuerpo de roca ígnea intrusiva que aflora en forma discontinua a lo largo de la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta Tierra del Fuego. Las rocas ígneas intrusivas o plutónicas se originan por el enfriamiento y solidificación del magma en el interior de la Tierra.

En los faldeos del monte Susana, frente al canal, afloran unas pequeñas manifestaciones de basalto alcalino portador de xenolitos, los cuales aportan importante información sobre las características de la corteza inferior y el manto superior en este particular ambiente geotectónico (ver recuadro).

SISMICIDAD

Como se mencionara anteriormente, la zona en cuestión se caracteriza por una intensa actividad sísmica (Figura 4). Uno de los primeros registros históricos de un terremoto en la región corresponde al ocurrido el 1 de febrero de 1879 (5:00 horas, hora local), informado por el Reverendo Thomas Bridges (1879), residente en Ushuaia. En su escrito, Bridges reporta: «we had a succession

of shocks, sufficiently strong to wake almost everybody and to make walking somewhat difficult. It split largely the milk in the pans, and was felt all over the country.» (tuvimos una sucesión de choques, suficientemente fuertes como para despertar a casi todos y para que sea difícil caminar. Se derramó la leche de las cacerolas y fue sentido en todo el territorio).

Muchísimos fueron los episodios sísmicos registrados en la región, algunos de estos muy intensos. Tal es el caso del acontecido el 17 de diciembre de 1949 que, con epicentro en 53° 24' de latitud Sur y 69° 13' 12" de longitud Oeste e intensidad de 7,75 grados en la escala de Richter, produjo movimientos de hundimiento en ciertos sectores de la costa del lago Fagnano.

Otro registro bastante fuerte fue el de junio de 1970, con su epicentro ubicado al norte de la Isla de los Estados (54° 18' latitud Sur - 63° 36' longitud Oeste). Más recientemente, el 26 de abril de 2003, la comunidad de Tolhuin (margen nororiental del lago Fagnano) percibió un sismo que, con epicentro en 54° 32' de latitud Sur y 67° 14' de longitud Oeste, alcanzó una magnitud de 3,7 en la escala de Richter.

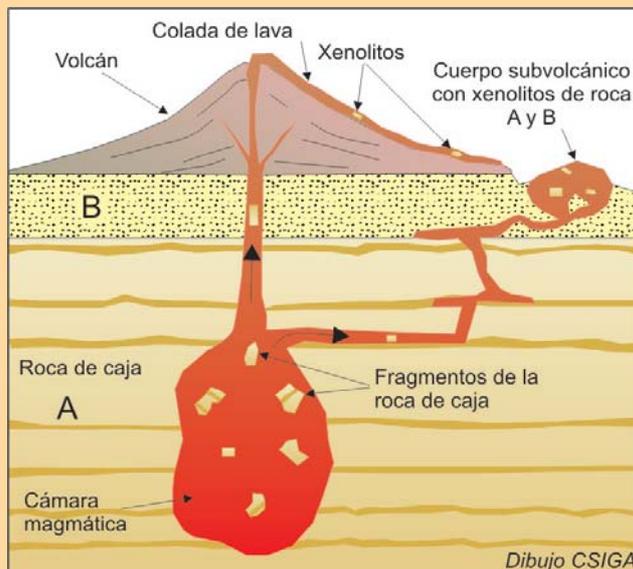
GLACIACIONES CUATERNARIAS

El canal Beagle ha sido repetidamente ocupado por glaciares de descarga provenientes del manto de hielo de montaña instalado en la cordillera Darwin, la cual alcanza unos 2.470 metros de altitud en el sector chileno de los Andes Fueguinos.

Aún hoy, este campo de hielo genera glaciares de descarga que llegan hasta el mar. En consecuencia, los fiordos -antiguos valles glaciares hoy invadidos por el mar- de la costa norte del canal Beagle, en su extremo occidental (territorio chileno), presentan témpanos en el frente flotante de dichos glaciares.

Si bien el extremo sur de Sudamérica ha sido afectado repetidamente por glaciaciones durante el periodo Cuaternario (los últimos dos millones de años), sólo las evidencias morfológicas de las dos últimas glaciaciones pueden ser reconocidas en este sector. Los límites frontales de la anteúltima glaciación, denominada glaciación Lennox (Caldenius, 1932), habrían alcanzado las islas Lennox y Nueva al sureste, depositando allí el material (till) que constituye las colinas morénicas de las tierras más bajas. En la costa norte habría alcanzado la bahía Sloggett, depositando los sedimentos glaciares que conforman su punta occidental (Figura 5).

XENOLITOS: son fragmentos de las rocas de caja que son incorporados por el magma y que no alcanzan a fundirse totalmente. Posteriormente, una vez que el magma se enfría y cristaliza, estos fragmentos quedan incorporados a la masa rocosa como testigos del proceso intrusivo. Los xenolitos pueden variar en tamaño desde milímetros hasta decenas de metros. Cuando estos fragmentos de roca son transportados hacia los niveles superiores de la corteza terrestre por un magma ascendente, proporcionan información acerca del tipo de rocas presentes en profundidad, no accesible por otros medios.



ÚLTIMO MÁXIMO GLACIAL (UMG):
 último gran avance glaciar ocurrido en el planeta, entre los 25 y 20 mil años antes del presente, como consecuencia de un enfriamiento climático. Esto determinó que el nivel del mar se hallara unos 120 metros por debajo del actual.



1,2 kilómetros de espesor en su parte central, con un espesor estimado en la ciudad de Ushuaia de por lo menos 1.100 metros. Este glaciar actuaba como colector de glaciares tributarios menores, que ocupaban los valles interiores de los Andes Fueguinos y que le aportaban masa glaciar y detrítica.

Durante esta etapa, pocas cumbres de los Andes Fueguinos emergían de la masa de hielo como nunataks y aristas, entre ellas las de los montes Martial, Olivia y Cinco Hermanos, cercanos a la ciudad de Ushuaia (Figura 6).

LO RASGOS QUE DEJAN LOS GLACIARES

En general, la costa del canal presenta rasgos erosivos, como laderas rocosas con pulido glaciar y rocas aborregadas. La mayoría de las islas e islotes son los remanentes de erosión subglaciar. En este sentido, se destacan la isla Redonda, en cercanías de la bahía Lapataia (Figura 2 y Fotografía 2), la cual presenta dos grandes geofomas del tipo de roca aborregada uni-

das por depósitos de gravas, como también el archipiélago Bridges (Fotografía 3), grupo de islotes indicadores de un umbral rocoso del valle o artesa glaciar.

De todos modos, el rasgo erosivo de mayor singularidad del canal Beagle es la bahía Lapataia (Fotografía 4), que constituye el único fiordo del sector argentino de Tierra del Fuego, generado como consecuencia de la excavación de glaciares menores que confluían en el glaciar Beagle.

En la zona de bahía Lapataia se desarrolló, por lo tanto, una profunda cubeta (-240 metros en la región chilena) que se extiende hasta un primer umbral en las islas Bridges (ver figura 2), luego continúa una segunda cubeta entre punta Segunda y punta Paraná hasta el umbral de la isla Gable y, finalmente, una planicie de suave desnivel hacia el extremo oriental.

La máxima posición del frente del hielo durante el Último Máximo Glacial está indicada por las morenas latero-frontales de punta Moat (como se aprecia en la fotografía 5), que constituyen un conjunto de colinas adosadas a las la-

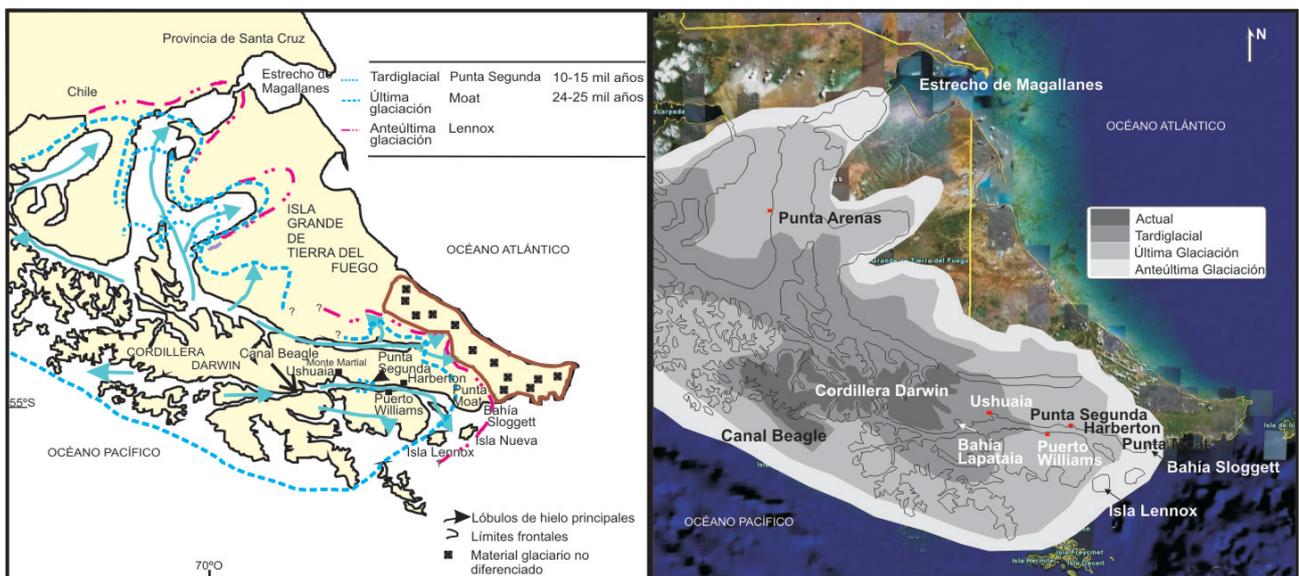


Figura 5. Extensión de los límites glaciares en Tierra del Fuego durante el Cuaternario. Derecha: representación paleogeográfica idealizada sobre una imagen satelital (edición CSIGA).

deras montañosas, de 150 a 200 metros sobre el nivel del mar, que alcanzan las costas del canal en forma de arco convexo. Las restantes formas de relieve originadas por acumulación del detrito glaciario se ubican entre la estancia Harberton y la península Ushuaia (Figura 2). En la estancia Harberton, en la isla Gable (cuya imagen se ve en la fotografía 6) y en la costa sur del canal, en contacto con niveles marinos modernos, se desarrolla un campo de drumlins cuyas formas se observan en la fotografía 7. Estas geoformas de origen subglaciar están muy escasamente representadas en otros sectores de Argentina y aún en todo el Hemisferio Sur, por lo que su presen-

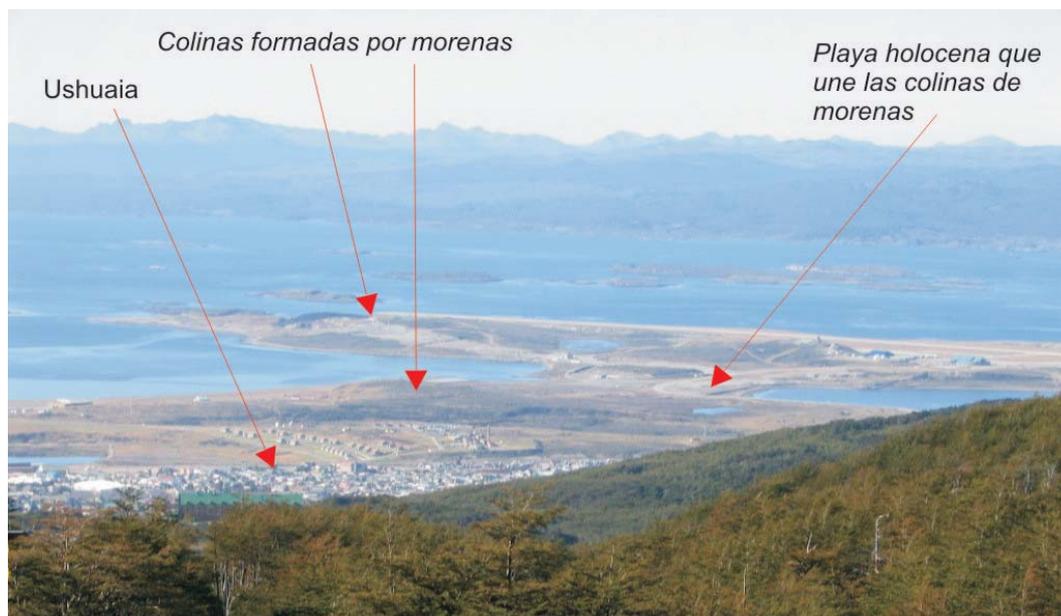
cia valoriza al canal Beagle como sitio de interés geológico.

En la península Ushuaia se observan geoformas subglaciares relevantes, tanto de acumulación (morenas) como de erosión del sustrato rocoso.

En particular, se reconocen dos cuerpos morénicos que conforman la península y que se hallan unidos por una playa de grava formada durante tiempos holocenos. Las morenas latero-frontales (ver recuadro Formas Glaciarias...) se extienden desde las laderas de las montañas hasta la costa septentrional del canal, a la altura de punta Segunda (Figura 1).



Fotografía 2. Isla Redonda en jurisdicción del Parque Nacional Tierra del Fuego. Este es un ejemplo de geoforma de erosión tipo «stoss and lee». Se trata de dos unidades rocosas modeladas por el hielo y unidas por depósitos marinos holocenos. Al fondo, las islas Navarino (izquierda) y Hoste (derecha).



Fotografía 3. Vista de la península Ushuaia y las islas Bridges, en la bahía Ushuaia. Al fondo, la costa de la isla Navarino.



Fotografía 4. Bahía Lapataia, único fiordo de la costa argentina del canal Beagle.



Fotografía 5. Morenas frontales de punta Moat, indicadores del límite del Último Máximo Glacial, 25.000 años antes del presente. Al fondo, las estribaciones orientales de los Andes Fueguinos.

La ciudad de Ushuaia está construida sobre escalones morénicos laterales y basales (o de fondo), cuya máxima altura alcanza los 175 metros sobre el nivel del mar. Ushuaia es la única ciudad en Argentina construida sobre morenas del Tardiglacial, es decir, formadas entre 15.000 y 10.000 años atrás, según la edad obtenida por el método del Carbono 14.

Sobre un resalto rocoso, ubicado entre las morenas bajas y el pie del monte Martial, se disponen los cordones morénicos laterales más altos del glaciar Beagle.

Se calcula que el retroceso del glaciar Beagle en la estancia Harberton se produjo hace 14.700

años (Figura 6). Entre los 12.700 y 11.700 años, ambas costas del Beagle, entre las cotas de 0 a 300 metros sobre el nivel del mar, estaban libres de hielo desde Puerto Williams, en la costa sur, hasta Ushuaia, en la norte.

Hace unos 10.000 años, toda la porción argentina del canal Beagle estaba libre de hielo. Durante el retiro definitivo del glaciar Beagle, el agua de fusión formó lagos proglaciares que se instalaron en las cubetas del valle o artesa glaciar labradas por el hielo. Dichas aguas habrían sido endicadas por los umbrales de las islas Bridges y Gable (esquemas 4 y 5 de la figura 6). No obstante, en un estadio anterior, mientras el frente del hielo se encontraba a la altura de punta Segunda (esquema 3 de la figura 6), el agua de fusión quedó contenida en una cubeta de 180 a 200 metros de profundidad, endicada por el umbral topográfico de la isla Gable; posteriormente, al rebasar las aguas dicho umbral, se generó un curso fluvial hacia el este.

GEOFORMAS SUBGLACIARES: formas del relieve originadas por el accionar del hielo, pero por debajo del glaciar. Aparecen en superficie una vez que el hielo se ha retirado.



Fotografía 6. Drumlins del canal Beagle, pertenecientes al campo de isla Gable-estancia Harberton. Presentan sus laderas occidentales erosionadas por efecto del oleaje generado por los vientos predominantes.



Fotografía 7. Drumlins y geoformas subglaciares de la estancia Harberton, unidas entre sí y a tierra firme por depósitos de gravas marinas vinculadas al ascenso posglacial del mar. El paisaje resultante de la combinación de rasgos morfológicos subglaciares y marinos es único en Argentina.

EL CANAL BEAGLE ACTUAL

En forma sintética, se puede decir que el canal Beagle es un antiguo valle glaciar que, posteriormente ocupado por lagos proglaciares, fue finalmente inundado por el mar hace unos 8.200 años. El ambiente marino a lo largo del canal se estableció en forma total hacia los 7.900 años y el nivel del mar alcanzó su máximo entre los 6.000 y 5.000 años antes del presente. El mar ingresó (transgresión) en forma simultánea a través del canal Murray y del paso Mackinlay (Figura 6), por lo tanto, los depósitos glacialacustres del propio glaciar Beagle, formarían parte del actual fondo marino.

El canal Beagle muestra una dinámica estuarina, o de fiordo, controlada por precipitaciones y por los flujos de marea provenientes del este (Atlántico) y del oeste (Pacífico). Además, presenta un régimen micromareal semidiurno con desigualdades diurnas. La amplitud media de marea es de 1,1 metros en

Ushuaia y la onda de marea se mueve desde el oeste hacia el este (Servicio de Hidrografía Naval, 1981; 2000).

El canal Beagle ofrece un alcance corto a los vientos predominantes del suroeste, formándose olas irregulares con períodos de 1 a 3 segundos. Las velocidades de viento más altas originan rompientes de volteo con alturas de hasta 0,5 metros. El angostamiento o silla de isla Gable (Figura 2) no sólo condiciona morfológicamente la dinámica de fiordo, sino que también limita

LOS DEPÓSITOS PROGLACIARES: resultan de las acumulaciones de material fino transportado por el agua de fusión del glaciar a medida que éste retrocede. Los depósitos se localizan por delante del glaciar y se los denomina glacialfluviales o glacialacustres, de acuerdo a su origen a partir de ríos o lagos, respectivamente.

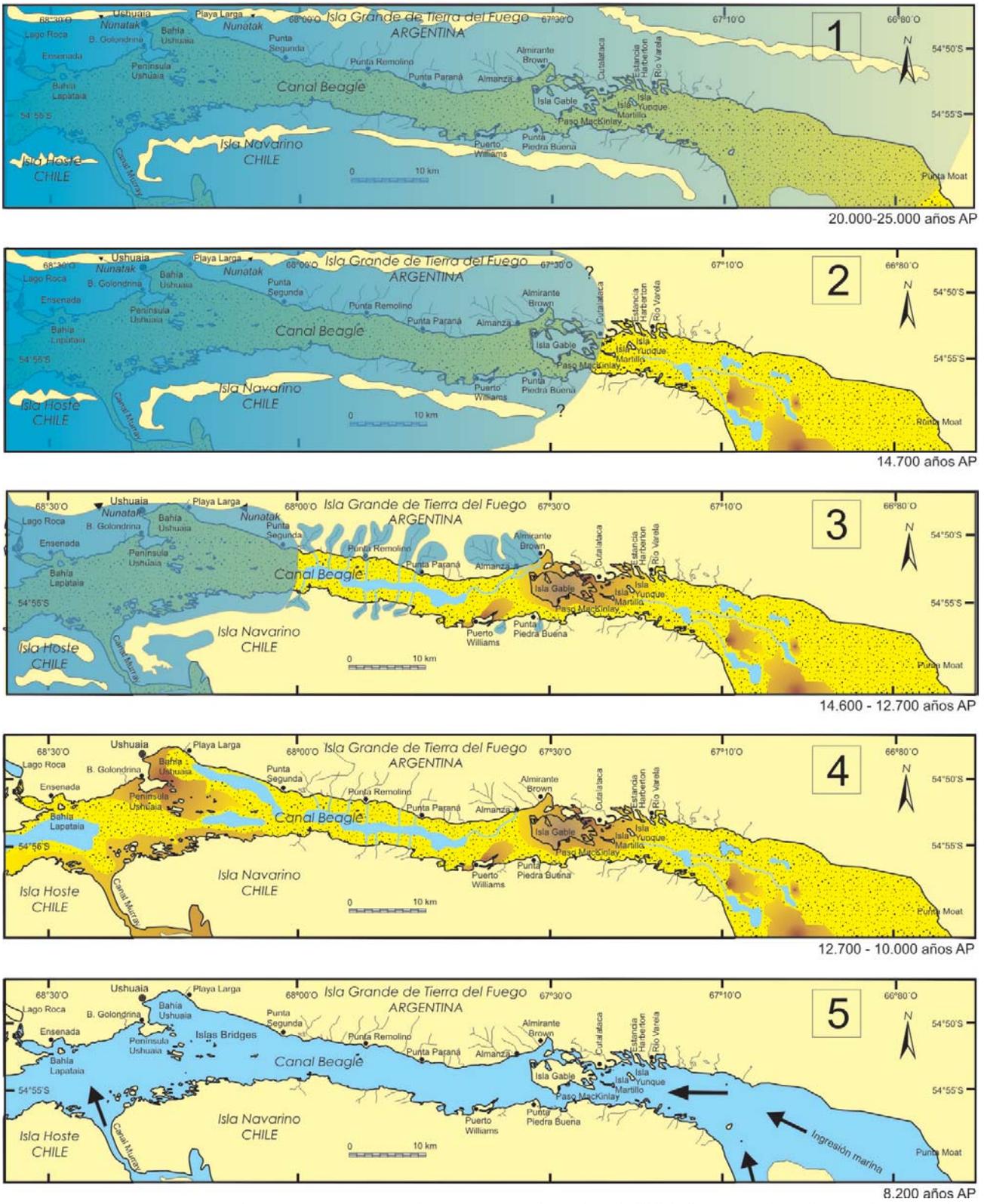


Figura 6. Esquema idealizado del retroceso del glaciar Beagle (edición CSIGA): 1) El glaciar Beagle tuvo su máxima posición frontal durante la Última Glaciación, en la zona de punta Moat, hace 20.000-25.000 años antes del presente AP. En la figura se representa no sólo el antiguo glaciar del canal Beagle, sino toda el área cubierta por glaciares de valle, tributarios desde las áreas elevadas, al norte y al sur. 2) Estimación de la posición del glaciar en la zona de la estancia Harberton-isla Gable. Hacia los 14.700 años AP el área ya estaba libre de hielo y comenzaron a formarse las turberas. Hacia el este quedaba una planicie erosionada, con algunas elevaciones, hoy islas como las Picton, Snipe, Becasses, con algunas lagunas y lagos y cursos de agua que se dirigían hacia el mar, fuera de la ilustración. 3) Una morena frontal ubicada en ambas costas, a la altura de punta Segunda (costa argentina) indica un periodo estacionario del glaciar durante su retroceso general. El agua de fusión se acumulaba en un alargado lago, cuya artesa había sido excavada por el glaciar, y era contenida por el umbral de la isla Gable. En sus cercanías comenzaron a formarse las turberas, cuya base data de 14.600 y 12.700 años AP. 4) Entre los 12.700 y 10.000 años AP, ambas costas del canal Beagle estaban libres de hielo. El agua de fusión habría formado lagos proglaciares (por delante del frente del glaciar) encerrados por los umbrales de las islas Bridges, península Ushuaia e isla Gable. Los glaciares tributarios permanecieron confinados en el interior de los valles montañosos. 5) La artesa glaciar fue inundada por el mar hace unos 8.200 años, reemplazando progresivamente al ambiente lacustre. El nivel del mar alcanzó su máximo entre 6.000 y 5.000 años AP.

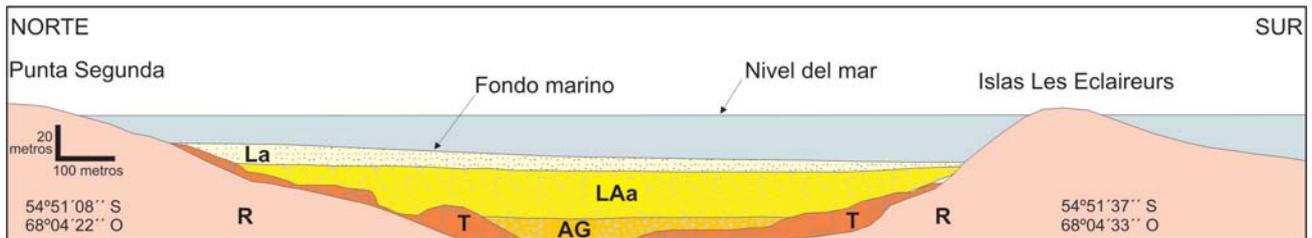


Figura 7. Sección norte-sur del subfondo del canal Beagle, desde punta Segunda a islotes Les Eclaireurs. R: rocas metamórficas del Mesozoico; T: till; AG: arenas gravosas; LAa: limos arenarcillosos; La: limos arenosos (Bujalesky y otros, 2004).

los efectos de las corrientes de marea del este y del oeste.

A las rocas del subfondo del canal, de edad mesozoica, se sobreponen depósitos glaciogénicos. Estos últimos constituyen un till de 20 metros de espesor que, hacia arriba, pasan a una secuencia que representa los distintos estadios del retroceso glaciar. En este sentido, este proceso se manifiesta por la disminución paulatina en el tamaño de los detritos y la presencia, en la sección superior, de un nivel sedimentario lacustre relacionado con el frente del glaciar en retroceso. Por su parte, hacia el techo de toda la secuencia se disponen depósitos marinos del Holoceno, cuyas estructuras sedimentarias indican que el aporte de material se produjo desde la costa septentrional del canal, tal como indica la figura 7. La inundación del valle glaciar del Beagle se evidencia también a través de antiguos valles fluviales sumergidos, cuyos depósitos están cubiertos por depósitos marinos (Bujalesky y otros, 2004).

Las bahías de la costa rocosa dentada del canal Beagle tienen su origen en zonas de fallas

afectadas por la acción modeladora del hielo. Estas entrantes costeras presentan un ambiente hidrodinámico restringido donde se desarrollan pequeñas playas de grava.

Cabe aclarar que el fiordo de la bahía Lapataia continuaba hasta el lago Roca, acorde a las playas fósiles halladas en la costa oriental del lago; al retirarse el mar de ese sector, dicha porción queda definida entonces como un paleofiordo (ver recuadro 'Paleofiordo de...'), quedando sólo como fiordo actual la bahía Lapataia.

EL CLIMA Y LA VEGETACIÓN LUEGO DE LA ÚLTIMA GLACIACIÓN

El estudio del polen preservado durante la formación de turberas a lo largo del canal Beagle indica que, luego del máximo de la Última Glaciación, entre los 14.600 años y 13.000 años atrás y entre 11.700 y 11.160 años atrás, el clima fue aparentemente cálido. Por otro lado, un poco

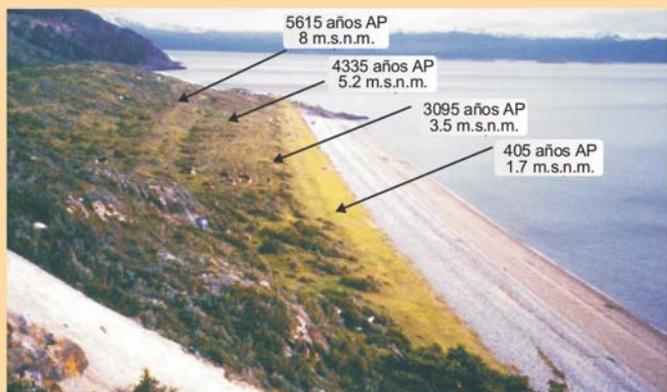
PLAYAS ELEVADAS HOLOCENAS: PLAYA LARGA

Las playas elevadas del Holoceno son una característica distintiva de la geomorfología del canal Beagle y reflejan el ascenso sismotectónico al que está sometida la región. Estas playas alcanzan una altitud de unos 10 metros sobre el nivel del mar y se encuentran adosadas a afloramientos de rocas metamórficas o a depósitos glaciarios. A menudo se encuentran cubiertas por "concheros" o acumulaciones de material arqueológico correspondiente a antiguos asentamientos yámanas.

Playa Larga representa un buen ejemplo de terrazas bien desarrolladas, localizadas a unos cientos de metros al este de la desembocadura del río Olivia, límite oriental de la ciudad de Ushuaia (Gordillo y otros, 1992).

Este sitio presenta una secuencia de cinco playas elevadas sobreimpuestas a: 1,7 metros con una edad de 405±55 años antes del presente (A.P.), 3,5 metros con 3.095±60 años A.P., 5,2 metros cuya edad es de 4.335±60 años A.P., 8 metros con edad de 5.615±60 años A.P. y 10 metros sobre el nivel del mar (aún no datada).

La tasa estimada de ascenso es de aproximadamente 1,5 a 2,0 milímetros por año para los últimos 6.000 años y se incrementa a 2,9 milímetros por año si sólo se consideran los últimos 1.000 años. Las playas elevadas del canal Beagle muestran asociaciones de valvas de moluscos correspondientes a aguas frías y someras y no indican cambios climáticos significativos durante el Holoceno, aunque no deben descartarse pequeñas fluctuaciones de temperatura.

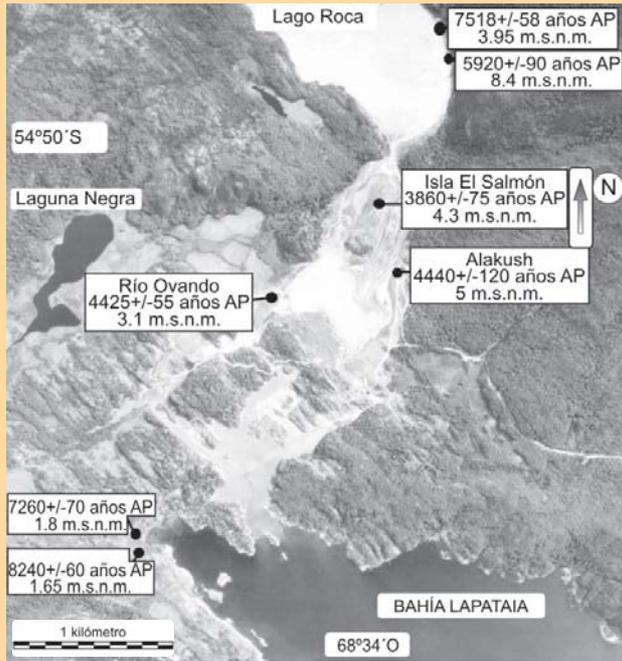


Sistemas de terrazas holocenas de playa Larga . AP: antes del presente; m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar.

PALEOFIORDO DE LA BAHÍA LAPATAIA - LAGO ROCA

El valle de bahía Lapataia - lago Roca (ubicado a unos 20 kilómetros al oeste de Ushuaia) es un antiguo fiordo que, durante la última glaciación, estuvo ocupado por un glaciar de valle tributario (Gordillo y otros, 1993). En el área se pueden apreciar colinas redondeadas por la acción glaciaria, rocas aborregadas y morenas laterales. En las zonas bajas se desarrollan turbales *Sphagnum* sp.

A lo largo de la bahía Lapataia y la costa oriental del lago Roca se hallan, en forma dispersa y elevadas, playas de tiempos holocenos. Estos depósitos yacen sobre las formas glaciares y alcanzan una altitud de 8,4 metros sobre el nivel del mar.



Paleofiordo de bahía Lapataia - lago Roca. Edades carbono 14 y altitud de las playas fósiles tomadas de Gordillo y otros (1993). AP: antes del presente; m. s. n. m.: metros sobre el nivel del mar. Fotografía aérea del Servicio de Hidrografía Naval, 1970.

del bosque de *Nothofagus* durante la deglaciación. Los depósitos basales de la turbera Harberton muestran un contenido de polen arbóreo inusualmente alto entre los 14.600 y los 14.000 años que luego decrece en dos momentos: el primero entre los 13.000 y 12.000 años y el segundo entre los 11.000 y 10.000 años, con un ascenso intermedio (Heusser, 2003). Estos dos episodios han sido interpretados como eventos climáticos relativamente fríos y secos, con desplazamientos del bosque de *Nothofagus* hacia afuera de la región y un reemplazo progresivo por un ambiente de tundra empobrecida. Aunque aún es necesario definir una cronología de mayor precisión, la existencia de estos dos eventos en el canal Beagle es indiscutible.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

Algunos sectores de la costa argentina del canal Beagle gozan de cierto grado de protección ambiental. En el extremo oeste, el Parque Nacional Tierra del Fuego incluye 30 kilómetros de costa, hasta su límite con el ejido urbano de la ciudad de Ushuaia. Si bien los recursos naturales, culturales e históricos de la zona costera están resguardados, no así sus aguas, ya que la jurisdicción de la Administración de Parques Nacionales no es marina. La provincia de Tierra del Fuego ha creado la Reserva Natural-Cultural de Playa Larga (Ley Provincial N° 384) en vistas a la protección de los sitios arqueológicos -concheros del pueblo yámana, desarrollados en el sistema de terrazas marinas holocenas, ver recuadro Playas elevadas-. Hacia el este, se ha incluido dentro de un corredor protegido a la vertiente sur de las sierras de Sorondo, entre playa Larga y punta Remolino, con lo cual se interpreta que la costa marina en este sector queda bajo resguardo ambiental. Este corredor protegido también incluye la costa del canal entre los parajes punta Paraná y Almanza, hasta el momento habita-

antes de los 13.000 hasta 12.000 años y desde alrededor de los 11.160 años hasta los 10.200-10.000 años atrás, el clima se tornó frío. Para este último evento frío, la temperatura de verano habría sido 3°C menor que la temperatura actual de Ushuaia, según trabajos de los investigadores Heusser y Rabassa realizados en 1987 y 1998 (Figura 8).

Los restos de polen correspondientes al Tardiglacial señalan una rápida recuperación

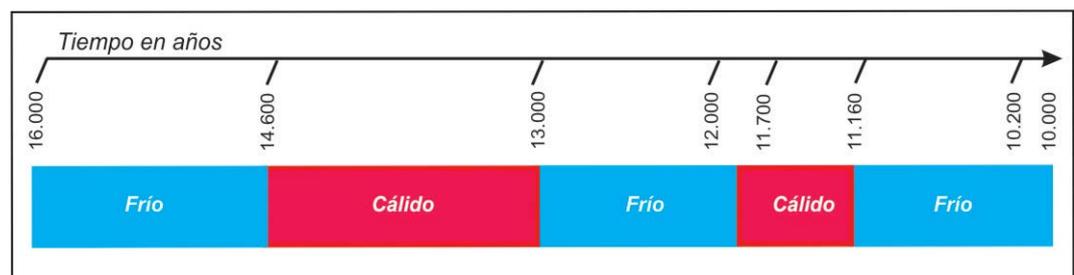
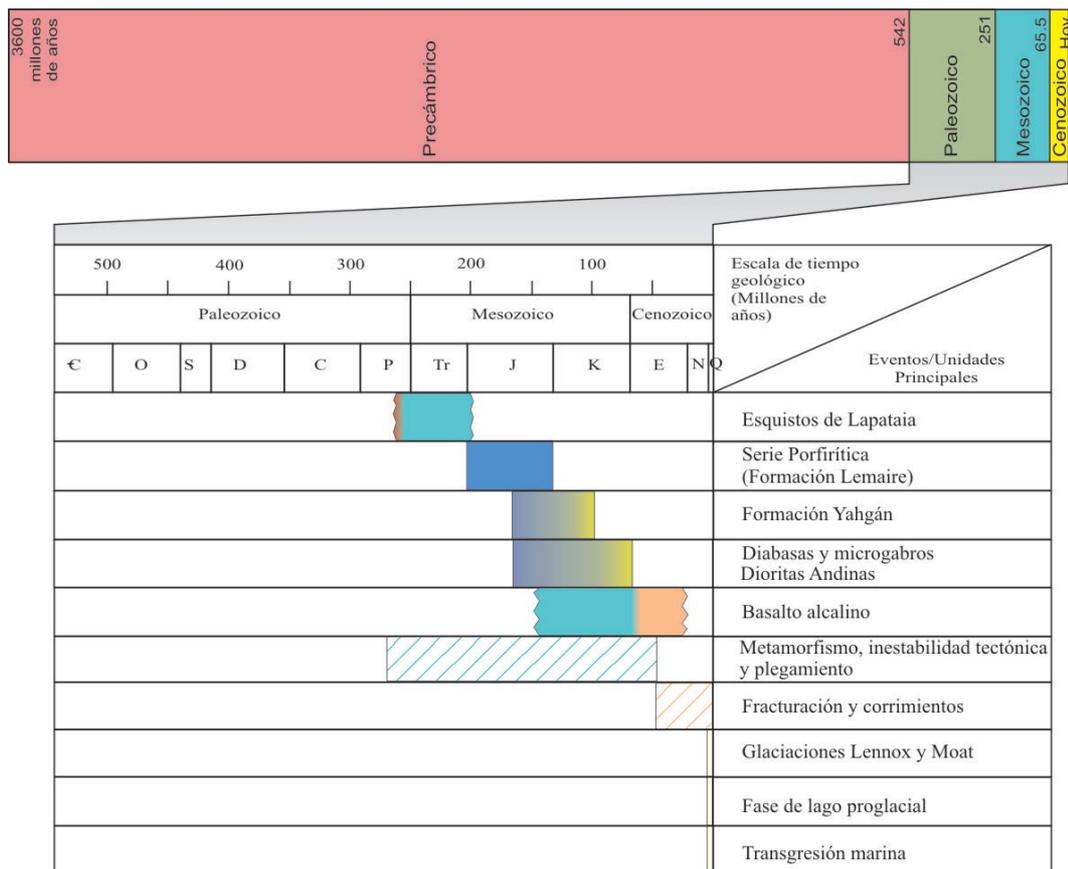


Figura 8. Cambios climáticos luego del Máximo de la Última Glaciación, interpretados sobre la base de estudios de polen fósil contenidos en las turberas de la región.

dos por pobladores rurales dedicados a la cría de salmónidos y a cultivo de mejillones en el espejo de agua de la bahía Brown. Los propietarios de la estancia Harberton, contigua al paraje Almanza, la designan como reserva natural, pero ello no tiene carácter legal alguno, sino que es una medida de autoprotección de los recursos ante los visitantes, acampantes, pesca-

dores y cazadores. Desde el punto de vista geomorfológico, la estancia Harberton y sus islas (Gable, Martillo, Yunque) constituyen un punto clave para la definición de un status jurídico que permita la protección del campo de drumlins basado en la singularidad de estas formas del relieve subglacial y de su excepcionalidad en el paisaje provincial y nacional.

UBICÁNDOSE EN EL TIEMPO



€: Cámbrico, O: Ordovícico, S: Silúrico, D: Devónico, C: Carbonífero, P: Pérmico, Tr: Triásico, J: Jurásico, K: Cretácico, E: Paleógeno, N: Neógeno y Q: Cuaternario

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos expresar nuestro agradecimiento al gran número de colegas, argentinos y extranjeros, que compartieron con nosotros trabajos de campo y laboratorio. CONICET, la Fundación Antorchas y otras instituciones nacionales y extranjeras han apoyado económicamente nuestras investigaciones desde 1986.

TRABAJOS CITADOS

Bridges, T., 1879. Southern Mision. Tierra del Fuego. South American Missionary Magazine, July 1:151-156.

Bujalesky, G., Aliotta, S. e Isla, F., 2004. Facies del subfondo del canal Beagle, Tierra del Fuego. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 59 (1): 29-37. Buenos Aires.
 Caldenius, C., 1932. Las glaciaciones cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego. Geografiska Annaler, 14:1-164. Stockolm.
 De Pedraza Gilsanz, J., 1996. Geomorfología. Principio, métodos y aplicaciones. Editorial Rueda: 414 pp.
 Del Cogliano, D., Perdomo, R., Hormaechea, J., Olivero, E., Strelin, J. y Martinioni, D., 2000. GPS detection of movements between SCO and SAM plates in the Argentinean part of Tierra del Fuego Island. 31st International Geological Congress, Abstracts. Río de Janeiro.

- Diraisson, M., Cobbold, P.R., Gapais, D., Rosello, E. y Le Corre, C., 2000. Cenozoic crustal thickening wrenching and rifting in the foothills of southernmost Andes. *Tectonophysics*, 316: 91-119.
- Gordillo, S., Bujalesky, G., Pirazzoli, P., Rabassa, J. y Saliège, J., 1992. Holocene raised beaches along the northern coast of the Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 99: 41-54.
- Gordillo, S., Coronato, A. y Rabassa, J., 1993. Late Quaternary evolution of a subantarctic paleofjord, Tierra del Fuego. *Quaternary Science Reviews*, 12: 889-897.
- Heusser, C., 1998. Deglacial paleoclimate of the American sector of the Southern Ocean: Late Glacial-Holocene records from the latitude of Canal Beagle (55°S), Argentine Tierra del Fuego. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 141: 277-301.
- Heusser, C., 2003. Ice Age of Southern Andes. A chronicle of palaeoecological events. Jim Rose (Ed.): *Developments in Quaternary Science*, 3: 1-240. Elsevier. Londres.
- Heusser, C. y Rabassa, J., 1987. Cold Climatic Episode of Younger Dryas Age in Tierra del Fuego. *Nature*, 328: 609-611.
- Olivero, E., Martinioni, D., Malumián, N. y Palamarczuck, S., 1999. Bosquejo geológico de la Isla Grande de Tierra del Fuego. 14° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 291-294. Salta.
- Servicio de Hidrografía Naval, 1981. Derrotero Argentino. Parte 3: Archipiélago Fueguino e Islas Malvinas. Publicación H 203: 1-304. 4ª edición. Armada Argentina, Buenos Aires.
- Servicio de Hidrografía Naval, 2000. Tablas de marea para el año 2000. Puertos de la República Argentina y puertos principales de Brasil, Uruguay y Chile. Publicación H 610: 1-494. Armada Argentina, Buenos Aires.
- Tarbutck, E.J. y Lutgens, F.K., 2005. *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Pearson Educación S.A., Madrid, 736 pp.