

LA ULTIMA GLACIACION Y DEGLACIACION EN EL ESTRECHO DE MAGALLANES:
IMPLICACIONES PARA EL POBLAMIENTO DE TIERRA DEL FUEGO.

CHALMERS M. CLAPPERTON •

RESUMEN

El último avance del hielo glaciario a lo largo del sector central del estrecho de Magallanes, que termina en la Segunda Angostura, se presentó en una época ca. 29.500-23.500 años AP. Fue seguido por un reavance menor y una detención, después de los cuales el hielo se retiró del estrecho en una fecha antes de ca. 16.600 años AP. Durante la deglaciación, la parte central del Estrecho de Magallanes fué ocupada por lagos proglaciales, que dejaron conspicuas formas costeras, las que debido a la glacioisostacia persisten a varios niveles entre 10-55 m sobre el nivel actual del mar; todas ellas aumentan en altitud hacia el sur. Debido a que el nivel marino global yacía a unos 100 m o más bajo el actual, durante esa época el área entre la Segunda Angostura y Punta Dungeness estaba ocupada solamente por ríos, lagos y pantanos.

Desde cerca de 16.600-13.000 años AP el centro del estrecho de Magallanes estaba probablemente ocupado ya sea por lagos de agua dulce o por un embahamiento marino. La deglaciación de las cuencas de Otway y Skyring hacia ca. 12.500 años AP permitió la penetración de agua marina a la parte central del Estrecho, formando un embahamiento marino. Debido a que el nivel global del mar estaba todavía a unos 60 m bajo el actual y que la profundidad del umbral entre la Primera y Segunda Angostura llega a los 40 m, se mantuvo un puente terrestre entre Patagonia y Tierra del Fuego desde ca. 12.000-10.000 años AP, después de lo cual la elevación global del nivel marino inundó el Estrecho.

SUMMARY

The last advance of glacier ice along central Magellan Strait that culminated at the Segunda Angostura occurred sometime between ca. 29,500-23,500 yr BP. This was followed by a minor readvance and a stillstand, after which glacier ice withdrew from the strait sometime before ca. 16,000 yr BP. Proglacial lakes filled central Magellan Strait during the deglaciation, leaving conspicuous

shoreline features that now exist at various levels between 10-55 m above modern sea level because of glacioisostasy; all of these rise in altitude southwards. Only rivers, lakes and marshes occupied the area between Segunda Angostura and Punta Dungeness at this time, since global sea level lay some 100 m more lower.

Central Magellan Strait was probably occupied either by freshwater lakes or a marine embayment from ca. 16,600-13,000 yr BP. Deglaciation of the Otway and Skyring basins by ca. 12,500 yr BP allowed seawater into central Magellan Strait to form a marine embayment. Since global sea level still lay some 60 m below modern level, and the threshold depth between Primera and Segunda Angostura is at -40m, a land bridge remained between Patagonia and Tierra del Fuego from ca. 12,000-10,000 yr BP, after which global sea level rise flooded the strait.

INTRODUCCION

Durante el pasado 1,6 Ma de años del Cuaternario, el sur de Patagonia y norte de Tierra del Fuego fueron periódicamente cubiertos por hielo de glaciares, que se extendían desde acumulaciones en los Andes australes (Fig. 1). La alineación de los rasgos de erosión glacial, evidencia que sucesivos mantos de hielo se centraron en la comparativamente angosta cadena de montañas disectadas ubicadas hacia el suroeste de la zona de fractura tectónica (NW-SE *strike-slip*) que contiene al presente el lago Fagnano y la parte más occidental del estrecho de Magallanes (Fig. 1). Al presente existen campos substanciales de hielo solamente en cadenas montañosas en las que las cumbres exceden ca. de 1.500 m, como en isla Santa Inés, isla Clarence y en la cordillera Darwin,* en la que algunos glaciares descienden al nivel del mar. Una combinación de elevada altitud y altas precipitaciones (>2.000 mm) en esta ventosa región del sur de Chile mantiene la actual capa de hielo con una línea de nieves permanentes a una altitud de ca. de 500 m sobre el nivel medio del mar.

Durante los intervalos glaciales del Cenozoico tardío, se extendía un manto continuo de hielo desde Tierra del Fuego por el sur hasta el distrito lacustre chileno-argentino por el norte (Caldenius, 1932). Los estudios de los depósitos glaciales que rodean al lago Buenos Aires muestran que a lo menos 5 sistemas morrénicos mayores están compuestos por, a lo menos, 15 morrenas terminales separadas (Caldenius, 1932; Clapperton, 1983). Mediciones paleomagnéticas en se-

dimentos glacio-lacustres sugieren que los dos complejos exteriores de morrenas fueron depositados durante el Plioceno y que los otros representan avances repetidos durante los 1,6 M años del Cuaternario (Mörner and Sylwan, 1989). La más extensa glaciación cuaternaria alcanzó la costa atlántica al sur de Río Gallegos (Mercer, 1976) y puede haber cubierto la mayor parte de Tierra del Fuego. Las subsecuentes fueron de menor intensidad, y en el área del estrecho de Magallanes los avances crearon los grandes complejos morrénicos que forman las penínsulas en Punta Dungeness, Primera Angostura y Segunda Angostura. Cada una de estas notables constricciones topográficas a través del estrecho de Magallanes se componen de depósitos glaciales, representando dos o tres avances (Clapperton, 1993). Por ejemplo, las barrancas costeras en Punta Gracia y cabo San Vicente en ambas orillas de la Segunda Angostura, muestran a lo menos tres depósitos basales de till con conchas, separados por lechos glacio-fluviales y glacio-lacustres. Estas unidades de desplazamiento glacial parecen haber sido amontonadas para formar la constricción de la Segunda Angostura e indican, a lo menos, tres diferentes avances glaciales en esta posición del estrecho de Magallanes. En las barrancas de Primera Angostura se encuentran similares secuencias múltiples de depositación de *drift*.

Este trabajo proporciona evidencia preliminar sobre la extensión de los avances glaciales a lo largo del estrecho de Magallanes durante la última glaciación. Presta especial atención a las relaciones tierra-mar y tierra-lago glacial al término de este episodio glacial, ya que durante esa fecha el hombre cruzó por primera vez a Tierra del Fuego.

* Existen también campos de hielo en muchos territorios montañosos con alturas muy inferiores a los 1.500 m. En la isla Clarence no hay un verdadero campo de hielo, solamente la cumbre del monte Vernal a 1158 m está englaciada. (Nota del Traductor)

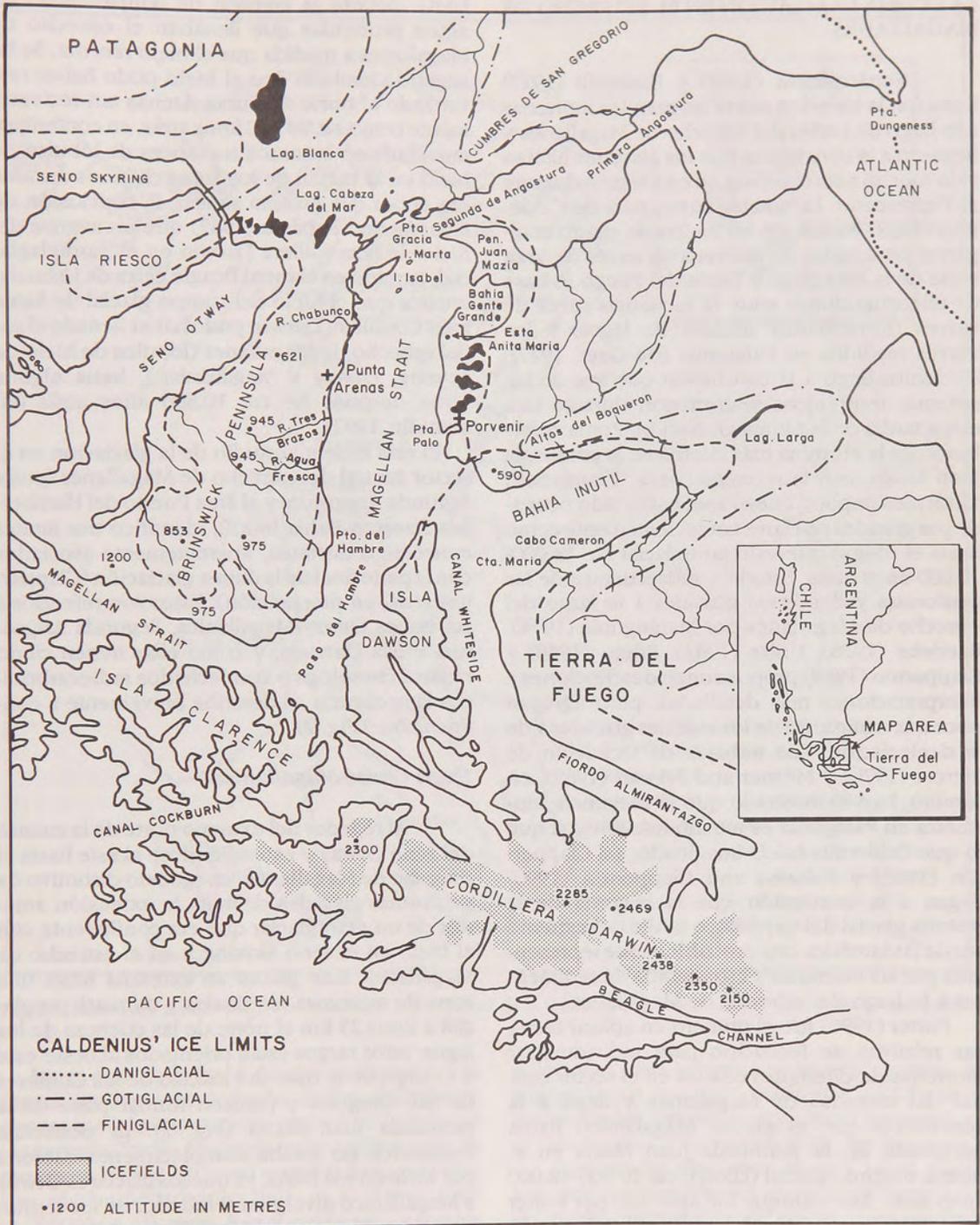


Fig.1.- Mapa de localización, indicando la toponimia y los límites del hielo durante la última glaciación, según Caldenius (1932). Se sabe ahora que los estadios Gotiglacial y Daniglacial son de edad cuaternaria medio-temprana.

LA ÚLTIMA GLACIACIÓN EN EL ESTRECHO DE MAGALLANES

Nordenskjöld (1898) y Bonarelli (1917) llamaron la atención sobre las grandes morrenas a lo largo de partes del estrecho de Magallanes y llegaron a la conclusión que los glaciares habían sido mucho más extensos en esta región durante el Pleistoceno. La notable cartografía de Caldenius (1932) estableció los límites de cuatro complejos principales de morrenas a través de gran parte de la Patagonia y Tierra del Fuego. A base de teleconexiones entre la secuencia sueca de varves (ritmicidades anuales de lagos) y los varves medidos en Patagonia (de Geer, 1927), Caldenius llegó a la conclusión que tres de los sistemas morrénicos se formaron durante una etapa tardía de la última glaciación. Por la correlación de la morrena más interna en la península Juan Mazía, con la morrena sueca "Finiglacial", Caldenius implicó que el área había sido ocupada por grandes glaciares tan recientemente como hasta el último intervalo tardiglacial *ca.* 12.000-10.000 años atrás. Estudios subsiguientes de las geoformas y depósitos glaciales a lo largo del estrecho de Magallanes por Marangunic (1974), Raedeke (1978), Uribe (1982), Prieto (1988) y Clapperton (1989) proporcionan descripciones e interpretaciones más detalladas, pero agregan poco a la cronología de los avances glaciales y de la deglaciación. Los trabajos de fechación de Mercer (1976) y Möner and Sylwan (1989), en cambio, han demostrado que la secuencia morrénica en Patagonia es mucho más antigua que lo que Caldenius había imaginado; así Clapperton (1983) y Rabassa and Clapperton (1990) llegan a la conclusión que la mayoría de la historia glacial del Cenozoico tardío del extremo sur de Sudamérica está probablemente representada por las morrenas y estratigrafía de sedimentos a lo largo del estrecho de Magallanes.

Porter (1990) fue el primero en aplicar técnicas relativas de fechación para individualizar morrenas de diferentes edades en el sector central del estrecho de Magallanes y llegó a la conclusión que el glaciar Magallánico había terminado en la península Juan Mazía en el último máximo glacial (UMG), *ca.* 20.000-18.000 años atrás. Este enfoque fué apoyado por Porter *et al.* (1992) con fechados radiocarbónicos adicionales que demostraron un rápido retroceso del lóbulo de hielo Magallánico, después del

UMG, debido la emisión de témpanos en las aguas profundas que llenaban el estrecho de Magallanes a medida que el hielo recedía. Se ha sugerido también que el hielo pudo haber reavanzado al norte de Punta Arenas tan recientemente como *ca.* 14.000 años atrás, en contemporaneidad con extensos reavances de lóbulos de hielo en la región de los lagos chilenos durante esa época. De manera similar, la conclusión de Heusser and Rabassa (1987) que un avance del hielo de la cordillera Darwin en el Tardiglacial, terminó en el canal Beagle cerca de Ushuaia, implica que el hielo del campo glacial de Santa Inés-Cordillera Darwin pudo haber llenado el sur del estrecho de Magallanes (lóbulos de hielo de Skyring, Otway y Magallánico), hasta alguna fecha después de *ca.* 10.500 años atrás (cf. Martinic, 1992).

El más reciente estudio de la glaciación en el sector central del estrecho de Magallanes (entre Segunda Angostura y el área Puerto del Hambre-Isla Dawson-Bahía Inútil), identificó tres límites morrénicos distintos, aparentemente asociados con la parte final de la última glaciación (Clapperton *et al.*, en preparación). Estos son referidos a las etapas Otway-Magallánica, Segunda Angostura e Isla Dawson, y como ellas tienen cierto control cronológico con fechados radiocarbónicos la secuencia se describe brevemente a continuación. (Fig. 2)

Etapa Otway-Magallánica:

Al rededor del extremo norte de la cuenca del seno Otway y extendiéndose al este hacia el estrecho de Magallanes, un modelo distintivo de geoformas glaciales delimita la extensión anterior de un gran glaciar que era confluyente con el hielo en el seno Skyring y en el estrecho de Magallanes. Este glaciar se extendía hasta una zona de morrenas terminales y *outwash* proglacial a unos 25 km al norte de las cuencas de los lagos; estos rasgos están orientados al oeste-este a lo largo de la base del macizo de las Cumbres de San Gregorio y parecen formar parte de la península Juan Mazía (Fig. 2). La península Brunswick no estaba completamente cubierta por hielo en esa fecha, ya que los glaciares Otway y Magallánico divergían al rededor de los territorios altos. El hielo del Magallánico cubrió completamente la isla Dawson y descargó un gran lóbulo hacia el noreste en Bahía Inútil.

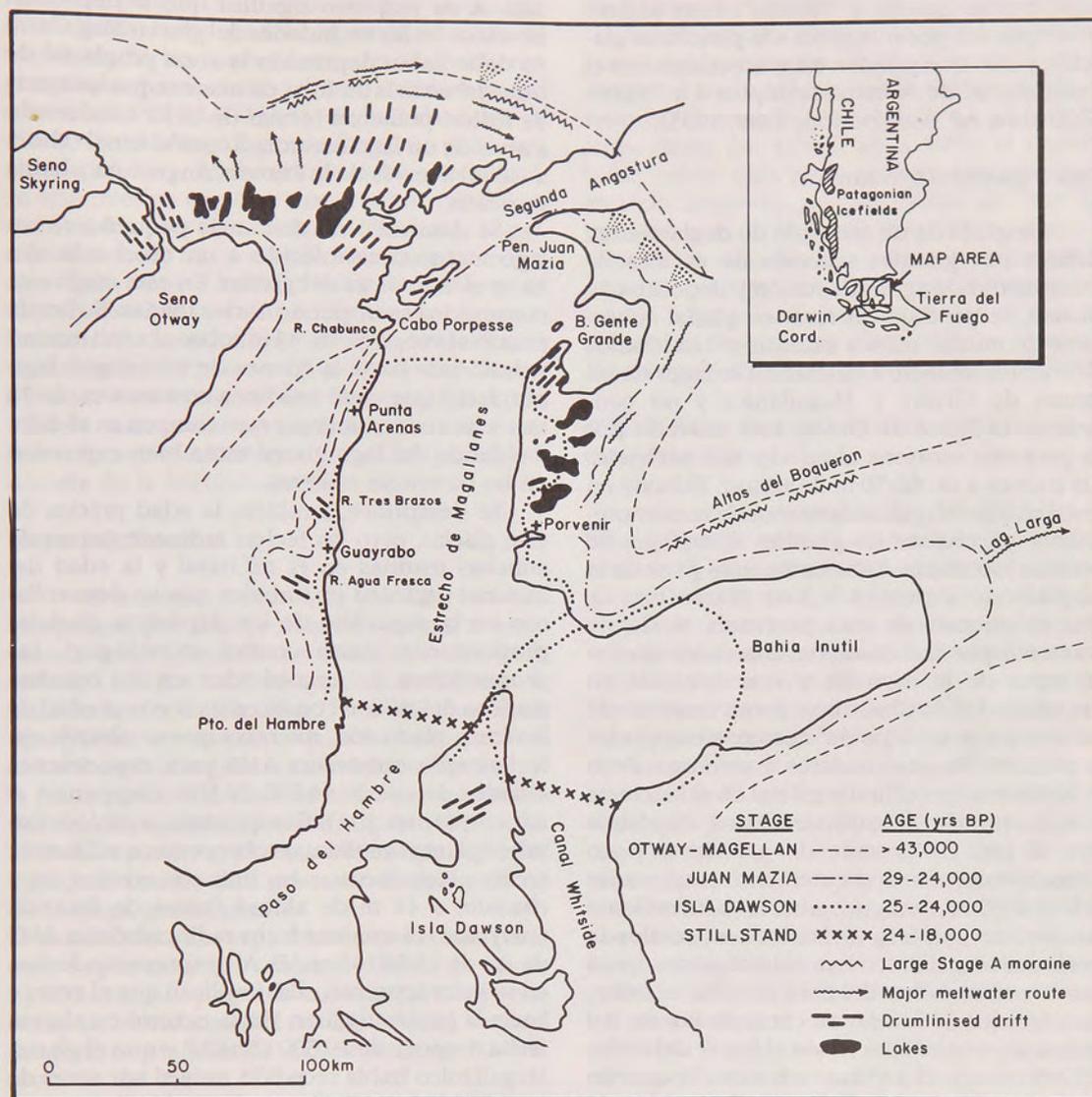


Fig. 2.- Límites del glaciar Magallánico durante la parte final de la última glaciación, según Clapperton et al. (en prensa).

No se conoce la fecha de este avance, pero la forma agudamente definida de los *drumlins* y crestas morrénicas sugiere que no es anterior al Cuaternario Tardío. Fragmentos de conchas marinas muestreadas del *till* basal en cabo Porpesse dan una edad radiocarbónica finita de $42.000 \pm 2.500 / -3.700$ años AP, pero fue considerada insegura debido a una posible contaminación (Porter, 1990). Los análisis de aminoácidos de conchas

colectadas más recientemente del mismo *till* sugieren que son una población mezclada de varias edades, extendiéndose hasta bien atrás en el Cuaternario (Clapperton *et al.*, en imprenta).

Aunque los depósitos de esta etapa glacial han sido intemperizados como para llegar a dar un perfil distinguible de suelo y en algunos lugares están cubiertos por cerca de un metro de limo llevado por el viento, las geoformas todavía

tienen crestas agudas y "frescas". Esto sugiere que no pueden ser anteriores a la penúltima glaciación y aún que pueden estar asociados con el evento glacial de la etapa isotópica 4 a 75.000-65.000 años AP (Clapperton, 1989, 1993).

Etapas Segunda Angostura:

Después de un intervalo de deglaciación, reflejado por grandes sistemas de canales de escurrimiento de aguas de fusión y depósitos de *outwash*, se produjo un revance glacial subsecuente de mucho menor extensión. Los lóbulos individuales de hielo avanzaron a lo largo de las cuencas de Otway y Magallánica y no confluyeron. El límite de Otway está marcado por una pequeña morrena alrededor del perímetro de la cuenca a ca. 60-70 m de altitud. El límite en el estrecho de Magallanes es mucho más impresionante y consiste en grandes complejos de morrenas lobuladas. Estas componen parte de la topografía de la península Juan Mazía (Fig. 2). Hacia el suroeste de esta península se define claramente por la batimetría una continuación submarina de la morrena y ésta continúa en tierra, al sur del río Chabunco, como una serie de prominentes complejos de morrenas empujadas por el hielo. Rasgos similares y extensos *drifts* con *kettles* marcan el límite glacial en el lado este del estrecho de Magallanes. Estos depósitos yacen al este de la serie de grandes y poco profundas cuencas, aparentemente erosionadas desde el *drift* más antiguo, entre las bahías Gente Grande y Porvenir (Fig. 2). Los límites laterales de este glaciar Magallánico han sido seguidos hacia el sur a ambos lados del Estrecho. En el oeste, yace sobre los 500 m.s.n.m. cerca de Puerto del Hambre, a unos 100 km desde el frente del hielo; en el lado este, está a 450 m en la sierra Boquerón ca. de 60 km desde el frente glacial; la isla Dawson debe haber estado completamente cubierta.

Las aguas de fusión, descargándose desde el glaciar Magallánico en esta etapa formaron los grandes deltas de *outwash* que componen buena parte de la península Juan Mazía. La superficie del delta está escalonada en relación con un nivel anterior de agua, estrechamente equivalente al nivel marino moderno. Este debe haber sido un lago proglacial, ya que el nivel marino parece haber estado demasiado bajo como para entrar al estrecho de Magallanes hasta la Segunda Angos-

tura. A su vez, esto significa que la depresión isostática en las vecindades del glaciar Magallánico debe haber deprimido la zona proglacial de *outwash* en más de 40 m, de manera que las aguas de fusión pudieron formar un delta escalonado a nivel de un lago controlado por el canal (ahora a -40 m) a través de la Primera Angostura y bahía Posesión.

Se desarrolló un delta más pequeño en un lago marginal establecido a un nivel más alto hacia el lado oeste del glaciar. En este rasgo está construido el aeropuerto Carlos Ibañez. Su borde proximal yace a ca. de 34 m sobre el nivel marino y descende hacia la cuenca de un antiguo lago proglacial que cortó una línea costera a ca. de 18 m.s.n.m. Los sedimentos que componen el delta y el fondo del lago glacial están bien expuestos en las barrancas costeras.

Se desconoce, también, la edad precisa de este glaciar, pero las fechas radiocarbónicas de conchas marinas en el *till* basal y la edad del material orgánico en turbales que se desarrollaron en la superficie de los depósitos glaciales proporcionan cierto control cronológico. Las proporciones de aminoácidos en las conchas marinas del *till* son consistentes con una edad de la última glaciación, mientras que se obtuvieron fechas radiocarbónicas AMS para especímenes aislados de ca. de 44.000-29.500 (Clapperton *et al.*, en preparación). Compuestos orgánicos basales (plantas acuáticas) sobrepuestos a 2,8 m de arcilla glacio-lacustre en una concavidad inter *drumlin* a 41 m de altitud (cerca de Estancia Guayrabo) dieron una fecha radiocarbónica AMS de ca. de 23.500 años AP. Al aceptar estas fechas en su valor aparente, ellas implican que el avance hacia la península Juan Mazía ocurrió en alguna fecha después de 29.500 años AP y que el glaciar Magallánico había recedido muy al sur antes de ca. 24.000 años AP. No se sabe si el hielo se retiró completamente desde el sur del estrecho de Magallanes, permitiendo que el mar lo inundara desde el Pacífico, pero esto no parece probable ya que el siguiente avance del glaciar no incorporó depósitos marinos.

La recesión del lóbulo de Bahía Inútil del glaciar Magallánico desde su límite terminal en Laguna Larga al este de la cabecera de la bahía (Fig. 2), parece haber sido gradual a juzgar por el número de morrenas laterales uniformemente espaciadas en los faldeos de la Sierra Boquerón. Esto puede reflejar un clima que se estaba

haciendo progresivamente más árido en vez que más cálido, como podría esperarse durante el aumento de las tormentas y del enfriamiento global que culminó en el último máximo glacial a ca. de 20.000-18.000 años AP. Está claro que en el estrecho de Magallanes se formó un gran lago proglacial después del receso del frente glacial, ya que pueden seguirse tres prominentes líneas costeras altas en forma continuada hacia el sur, tan lejos como hasta el valle del río Agua Fresca en el lado oeste y hasta la bahía de Porvenir en el este. Estas líneas descienden hacia el norte, indicando una mayor depresión isostática donde el hielo era más grueso. El hecho que se desarrollaran tres niveles distintos, sugiere, ya sea, que hubo tres etapas recesionesales o que hubo tres fases de subexcavación a la salida del lago al noreste de la Segunda Angostura.

Etapa Isla Dawson:

El extremo norte de la isla Dawson está compuesto por una prominente morrena interlobada y un complejo de *outwash* depositado entre los lóbulos de hielo que fluían a lo largo de cada lado de la isla (Fig. 2). Estos depósitos aparentemente marcan un reavance que penetró al norte de Punta Arenas, marcándose apenas en la faja costera terrestre a cada lado del estrecho de Magallanes. Está asociado con un *till* de color café sobrepuesto a, ya sea, *outwash* glaciofluvial y glaciolacustre o al *till* gris-azulado con conchas de la etapa glacial previa.

La edad de esta etapa morrénica no está clara, pero se presume que transcurrió antes de ca. de 23.500 años AP, ya que la turbera que arrojó esta fecha se formó cuando un lago glacial llenó el estrecho de Magallanes un tiempo después de la recesión del hielo.

Una fecha basal de ca. 16.600 años AP en una turbera en Puerto del Hambre (Fig. 1) muestra que por esa época ya el hielo se había retirado al sur de allí. Pero ya que prominentes líneas costeras elevadas terminan en los depósitos morrénicos justo al norte de aquí (y en isla Dawson), se infiere que antes de 16.600 años AP se produjo una distintiva inmovilización del lóbulo magallánico de hielo. Esta pudo haber sido inducida climáticamente, quizás en correlación con el último máximo glacial global o puede simplemente reflejar el efecto inmovilizante (*pinning*) causado por los angostos cana-

les en paso del Hambre y el canal Whiteside.

En lo que concierne a los primeros colonos humanos de la región de Magallanes-Tierra del Fuego, el hielo glacial había desaparecido del estrecho de Magallanes antes de ca. 16.600 años atrás. Hasta ca. 11.000 años atrás, el estrecho pudo haber sido muy similar al seno Otway, estando ocupado por un brazo de mar que terminaba en la Segunda Angostura. Antes de esto, había sido llenado por lagos proglaciales que dejaron prominentes rasgos de líneas costeras a lo largo de ambas de sus costas. Se cree que al término de la última glaciación, se desarrolló la secuencia siguiente de lagos proglaciales:

LOS LAGOS GLACIALES DEL ESTRECHO DE MAGALLANES

La cartas batimétricas del Estrecho de Magallanes (Nº 1150, Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile: Bahía Gente Grande a Primera Angostura y la British Admiralty Chart Nº 554: Magellan Strait) muestran que los umbrales de entrada más bajos en los extremos norte y sur del estrecho yacen a ca. 40 m y 110 m, respectivamente. Esto significa que el mar fue excluido de dondequiera que el hielo de los glaciares de la cordillera Darwin ocupaba el extremo sur del estrecho de Magallanes y el nivel marino global descendió por más de 40 m. Shackleton (1987) en una estimación de la historia global del nivel marino para la última glaciación, indica que su nivel eustático descendió bajo los 40 m ca. 78.000 años AP y no se volvió a elevar sobre este nivel hasta ca. 11.000 años AP. Así, durante la mayor parte de la última glaciación, el océano Atlántico no tuvo acceso al estrecho de Magallanes. Sin embargo, fragmentos de conchas marinas en el *till* azul-grisáceo en la etapa de glaciación de la Segunda Angostura, indican una incursión marina en ca. 44.000-29.500 años AP, que debe haber entrado desde el extremo del Pacífico donde la profundidad del umbral, inmediatamente al norte de la isla Desolación, alcanza a ca. 110 m.

El Primer Lago Glacial:

El primer lago proglacial en el estrecho de Magallanes al final de la última glaciación, siguió al avance glacial que culminó en alguna fecha después de ca. 29.500 años AP. Se formó cuando el glaciar Magallánico terminaba en la península

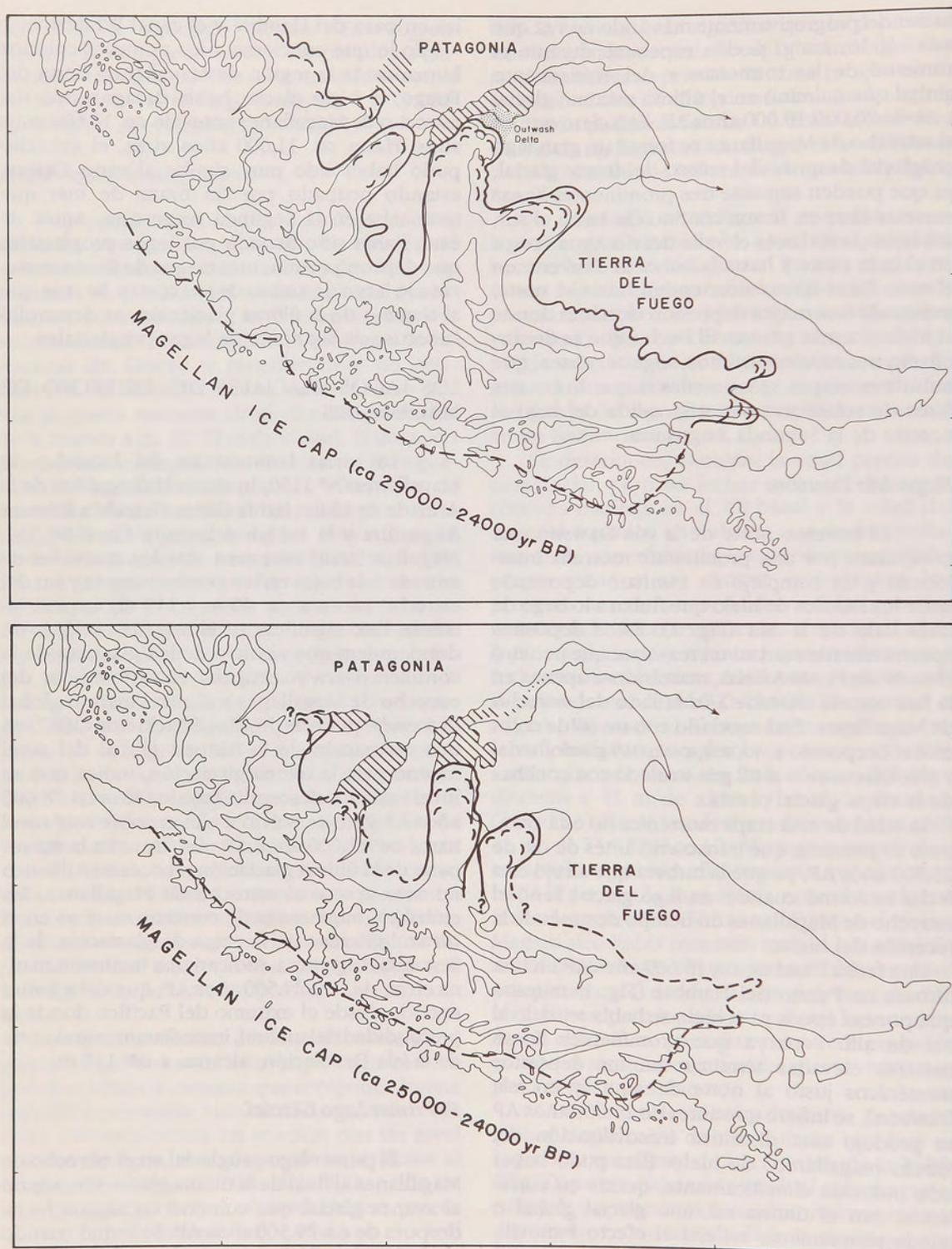


Fig. 3.- Esquemas, estimando los varios límites del glaciar Magallánico y los lagos glaciales asociados.

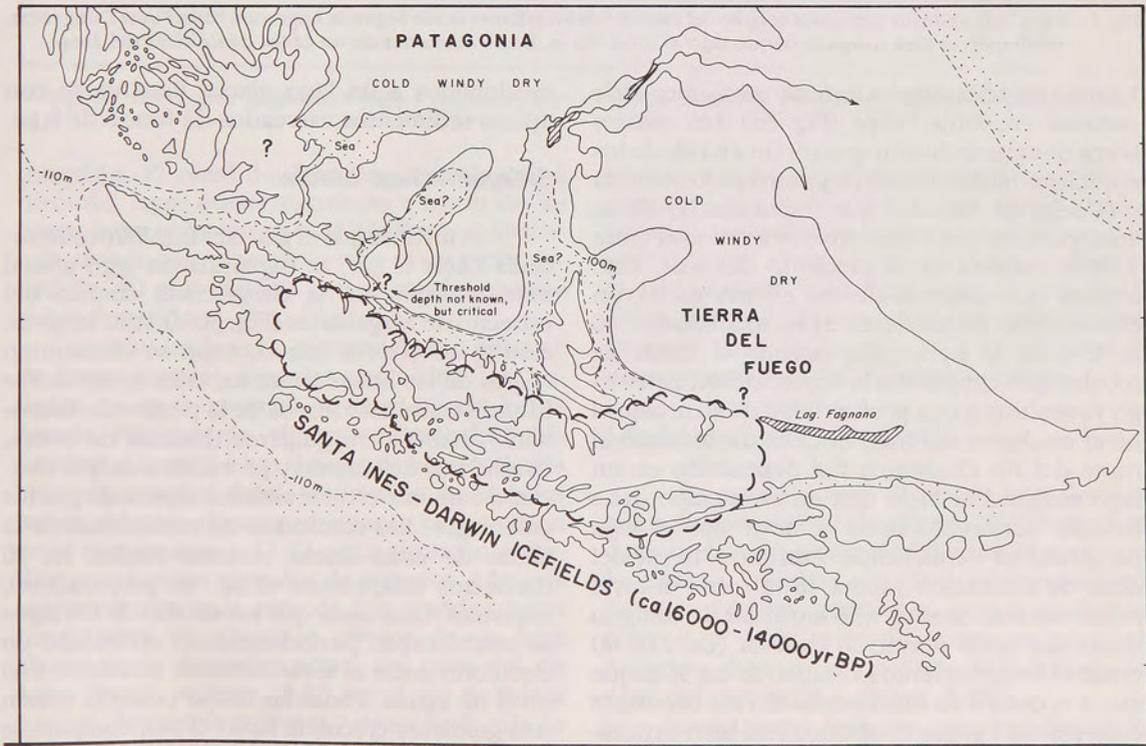
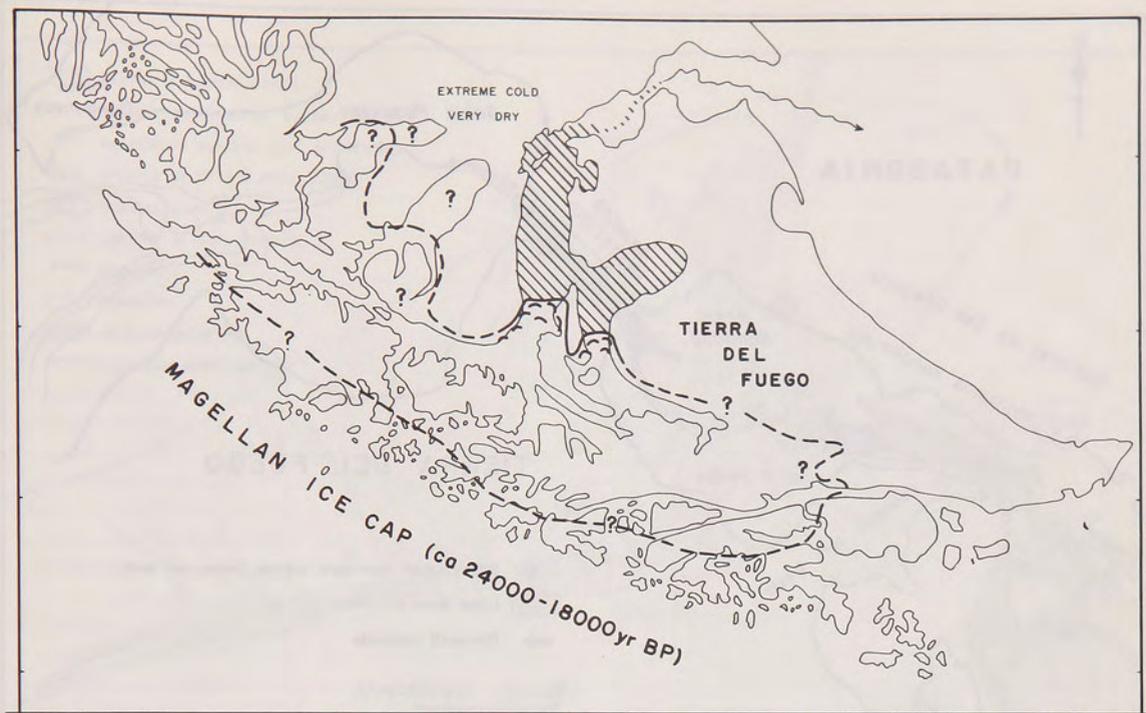


Fig. 3.- Esquemas, estimando los varios límites del glaciar Magallánico y los lagos glaciales asociados.

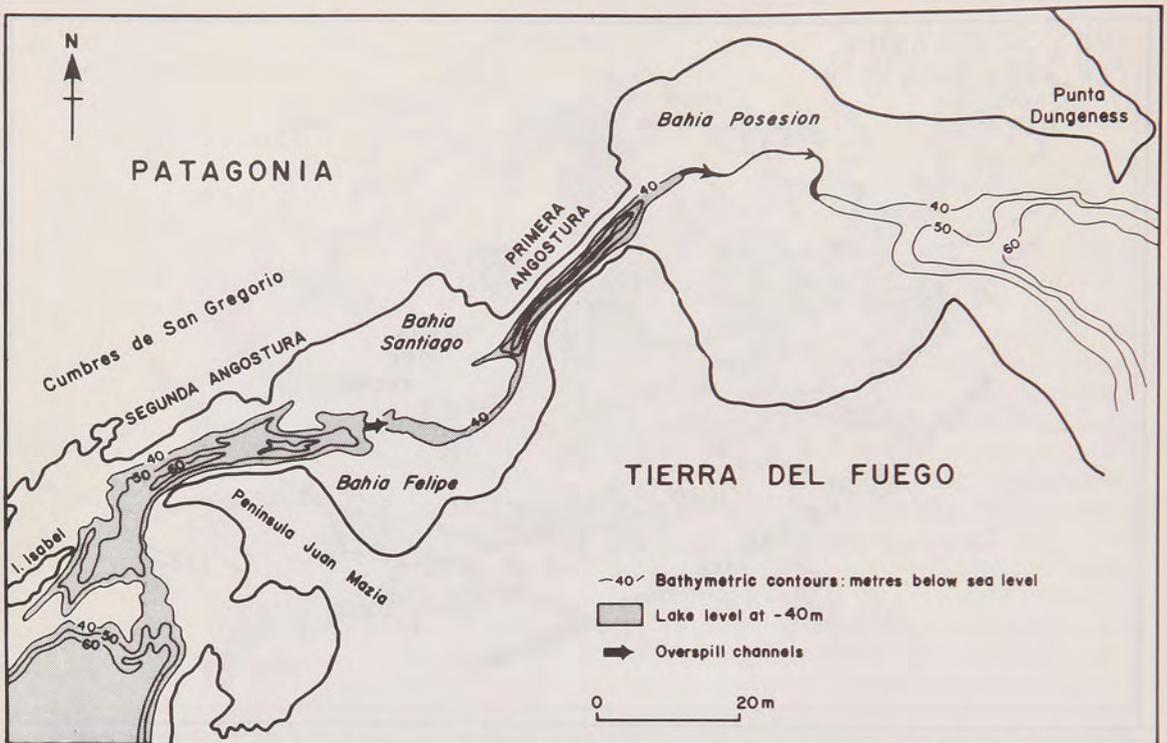


Fig. 4.- Mapa indicando los contornos del piso del estrecho de Magallanes desde Segunda Angostura hasta Punta Dungeness, mostrando el área ocupada por un lago al nivel -40 m. Datos obtenidos de las cartas batmétricas del área.

Juan Mazía y descargaba inmensos volúmenes de *outwash* en Bahía Felipe (Fig. 3a). Los canales secos de agua de fusión que cortan a través de los complejos morrénicos en la península Juan Mazía y el delta de *outwash* que forma mucho de su área, parecen estar escalonados a un nivel entre 5-10 m bajo el nivel moderno del mar. Esto implica que después de ese evento glacial, un elevamiento isostático de aproximadamente 40 m levantó la península, porque el canal de rebalse que controlaba la superficie del paleolago yace ahora a una profundidad de 40 m bajo el nivel moderno del mar. El delta de *outwash* al norte del río Chabunco fué depositado en un lago marginal al hielo que en ese tiempo debe haberse conectado hacia el norte con el lago proglacial en Bahía Felipe. Aunque el frente del delta de Chabunco yace a 18 m sobre el nivel actual del mar, se sitúa a 38 km al sur del antiguo frente del hielo donde su espesor (ca. 218 m) causó el levantamiento isostático de ca. 58 m que elevó el delta a su nivel actual. En los barrancos costeros del Parque Chabunco está bien expuesta la estratigrafía de los depósitos de *outwash*

escalonados a un lago glacial llenándose con típicos sedimentos varveados de fondo de lago.

El Segundo Lago Glacial:

A medida que el glaciar Magallánico retrocedía hacia el sur, se expandía un lago glacial mucho mayor en la desglaciada cuenca del estrecho de Magallanes (Fig. 3b-c). A lo largo de ambos lados de la isla Dawson se encuentran rasgos de las líneas de costa, tales como deltas (donde entraban arroyos de la península Brunswick), bancos de guijarros, bancos de arena, hendiduras de erosión y promontorios que marcan claramente el nivel anterior alcanzado por los paleolagos. Los resultados de mediciones de la altura de estas líneas costeras fósiles en 30 transectos (Clapperton *et al.*, en preparación), muestran claramente que los niveles de los lagos se estabilizaban periódicamente, reflejando un equilibrio entre el levantamiento isostático y el nivel de aguas. Todas las líneas costeras tienen una gradiente creciente hacia el sur, compatible con el aumento del espesor del hielo en esa

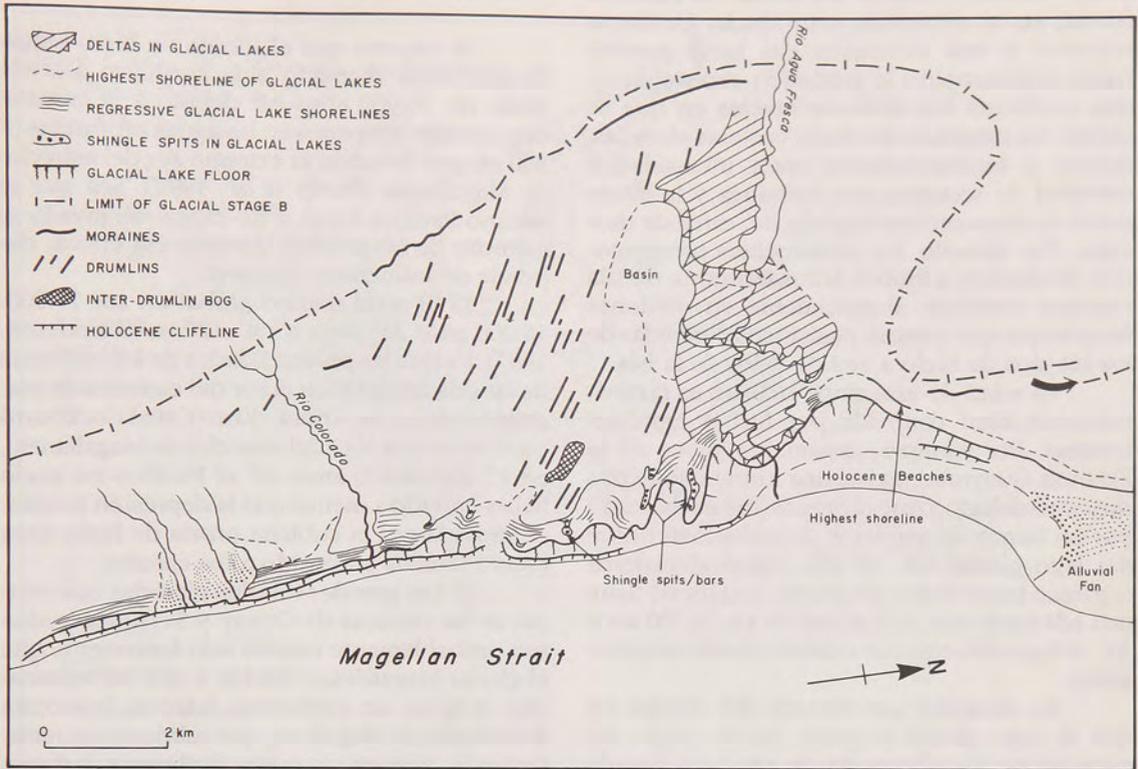


Fig. 5.- Detalles de la geomorfología y rasgos del lago glacial en el área de Agua Fresca, al sur de Punta Arenas.

dirección. El canal de desagüe, controlando el nivel del lago, estaba excavado a través de las tierras bajas entre la Segunda y la Primera Angostura, donde corrientemente yace a una profundidad de -40 m y conecta con el canal cruzando Bahía Posesión a -40 m (Fig. 4).

Los sitios en los que algunos de estos rasgos de líneas costeras elevadas están bien desarrollados se encuentran al norte y sur de Punta Arenas. Por ejemplo, al término norte de Bahía Catalina; a unos 3-4 km al norte de la ciudad, una barranca relictual detrás de la playa holocénica marca el borde de un prominente promontorio en el que aparece a 17-32 m de altura un grupo de cuatro bancos elevados de guijarros. Aún más impresionante es la serie de tres grandes deltas construidos en sucesivos niveles de un lago glacial en la desembocadura del valle del río Agua Fresca, a unos 28-30 km al sur de Punta Arenas. Bancos de guijarros y de arena de más de dos m de espesor y una serie de hendiduras de

erosión se correlacionan con los frentes de los deltas (Fig. 5). Quizás la más espectacular de las líneas costeras elevadas está representada por los promontorios erosionados cortados en depósitos glaciales en Punta Palo, justo al oeste de la bahía de Porvenir y en el extremo norte de la isla Dawson. Estos se encuentran a ca. 10-30 m de altura y tienen de 500-1.000 m de ancho.

Edad de los Lagos Glaciales:

Se presume que el primer lago llenó la bahía Felipe poco después de 29.500 años AP cuando el último avance culminó en la península Juan Mazía. Drenaba a través de un canal llegando a la Primera Angostura, donde probablemente a ca. de -80 m existía un angosto brazo del Atlántico, al juzgar por la curva de la historia del nivel del mar de Shackleton (1987).

La siguiente serie de lagos se desarrolló sucesivamente, a medida que el glaciar Maga-

llánico recedía hacia el sur desde su morrena frontal en la península Juan Mazía. Un breve reavance y una detención del hielo pueden haber interrumpido la tendencia recesional, lo que explicaría los distintos niveles en que se ubican los rasgos de las líneas costeras elevadas, debido a la interrelación entre intensidad y cantidad de recuperación isostática y la intensidad de sobreprofundización del canal de desagüe. Por ejemplo, los prominentes promontorios de erosión a ambos lados del norte de isla Dawson terminan abruptamente en cordones morrénicos que marcan posiciones detenidas de los lóbulos de hielo a ambos lados de la isla.

La edad de esta etapa lacustre es razonablemente bien conocida por fechas radiocarbónicas. Por ejemplo, justamente al sur de la Estancia Guayrabo, existe una turbera entre dos drumlins debido a que el drenaje fué encharcado por un banco de guijarros depositado al borde del lago glacial (alt. 41 m). Como el material orgánico basal (tallos de plantas acuáticas) tiene una edad radiocarbónica AMS de ca. 23.500 años AP, el lago debe haber existido desde un poco antes.

La duración aproximada del tiempo en que el lago glacial persistió en el centro del estrecho de Magallanes puede ser determinada por fechas radiocarbónicas obtenidas en Puerto del Hambre (Fig. 1). A unos 200-300 m tierra adentro desde la bahía, una cuenca rocosa glacialmente pulida contiene una turbera de 10 m de profundidad, rellena con limo y turba. Una capa de arcilla azul-grisácea a ca. 800-1000 cm de profundidad puede haber sido el depósito de fondo de un lago glacial previo, sobre el que la capa orgánica inferior arrojó una edad radiocarbónica de ca. 16.600 años AP (Porter *et al.*, 1992). Esto demuestra que para ese tiempo el lago de hielo Magallánico se había drenado y que un sitio a solamente 6,25 m sobre el nivel moderno del mar se elevó isostáticamente sobre el nivel del agua. En el sitio se desarrolló turba hasta que un alto mar holocénico lo inundó en ca. de 8.000-4.000 años AP (Porter *et al.*, 1984).

Por lo tanto, puede llegarse a la conclusión que una serie de lagos proglaciales ocuparon la parte central del estrecho de Magallanes y el fin de la última glaciación comenzó en algún tiempo después de ca. 29.500 años AP y que duró hasta poco después de 16.600 años AP

INCURSION MARINA TARDIGLACIAL

Se supone que el lóbulo de hielo Magallánico había recedido a la cordillera Darwin hacia ca. 16.600 años AP debido a la emisión dinámica de témpanos en las aguas profundas (> 500 m) que llenaban el extremo sur del estrecho de Magallanes (Porter *et al.*, 1992). Sea que el océano Pacífico fuese o no capaz de invadir el estrecho de Magallanes durante esa época, depende de numerosos factores.

1) El nivel marino global en ca. 17.000-16.000 años AP yacía a ca. -120 m (Shackleton, 1987). Ya que las profundidades de los umbrales de las dos entradas en el sur del estrecho de Magallanes se encuentran a -30 m (Canal Cockburn) y a -110 (sector N-O del estrecho de Magallanes), en 17.000-16.000 años AP el Pacífico no pudo haber entrado a menos que la depresión isostática causada por la cubierta previa de hielo haya estado todavía afectando a los canales.

2) Los grandes lóbulos glaciales que ocupaban las cuencas de Otway y Skyring recedieron probablemente mucho más lentamente que el glaciar Magallánico debido a que no terminaban en aguas tan profundas. Además, la sección del estrecho de Magallanes que cubrían es extremadamente angosta y pudo fácilmente haberse bloqueado durante algún tiempo por la contracción de la capa de hielo centrada en la isla Santa Inés. Esto puede haber demorado el acceso de agua del Pacífico al estrecho de Magallanes durante muchos milenios siguientes al UMG.

3) Suponiendo que el agua marina no ganó acceso inmediato a la sección central del estrecho de Magallanes, la cuenca debió haber sido llenada por un lago de agua dulce, yaciendo a ca. de -40 m de altura, o sea al nivel del drenaje a través de la Primera Angostura (Fig. 4). No hay manera de confirmar este escenario, pues las evidencias de tal lago anterior yacerían a ca. de 40 m bajo el nivel moderno del mar. También, es difícil estimar cuanto pudo durar esta condición, ya que no se conoce la fecha en que el extremo hacia el Pacífico del estrecho de Magallanes se liberó del hielo. Si el manto de hielo de la isla Santa Inés permaneció expandido hasta poco después de ca. 14.000 años AP, en forma similar a los mantos de hielo en la región de los lagos chilenos, entonces no pudo haberse producido una incursión marina tardiglacial al estrecho de Magallanes hasta ca. 13.000-12.000 años AP.

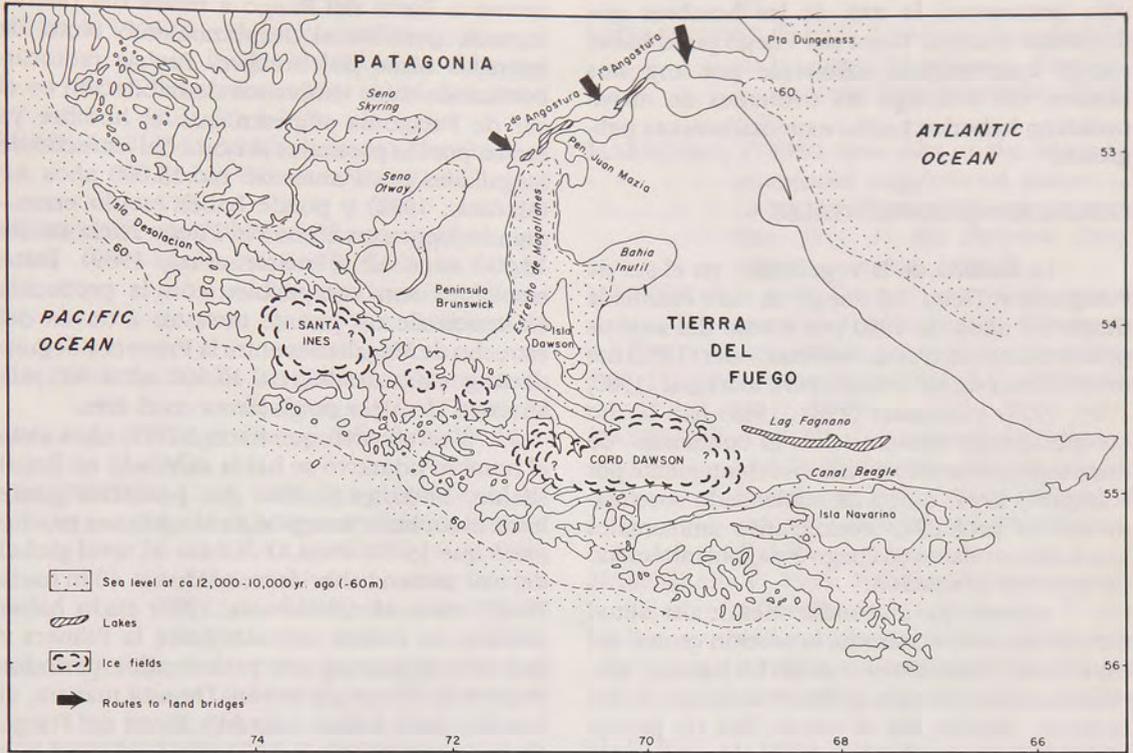


Fig. 6.- Esquema del estrecho de Magallanes durante el intervalo *ca.* 12.000-10.000 años AP, mostrando la distribución de sitios en un puente terrestre donde el hombre temprano pudo haber fácilmente cruzado desde Patagonia a Tierra del Fuego.

ACCESO DE LOS PRIMEROS HUMANOS A TIERRA DEL FUEGO

Hacia *ca.* 16.600 años atrás el centro del estrecho de Magallanes estaba ocupado ya sea por un lago de agua dulce o por un embahamiento marino. Cualquiera que haya sido el tipo de cuerpo de agua existente, sus costas no pudieron ubicarse sobre -40 m de altura, la del nivel del umbral a través de la Primera Angostura; por esa época el nivel global del mar se había elevado sólo hasta *ca.* de -70 m. Por lo tanto, cualquier humano aventurándose en ese ambiente debería haber encontrado poca dificultad para cruzar hacia Tierra del Fuego, particularmente en invierno cuando los poco profundos extremos del lago se congelaban o el río de desagüe reducía su tamaño y quizás también se helaba completamente.

Es posible que hacia *ca.* 12.000 años una

incursión marina desde el Pacífico pudiera haber llenado el sector central del estrecho de Magallanes, ya que por esa época, casi con certeza, el manto de hielo de Santa Inés debería haber desaparecido de los canales. Debido a que el nivel global del mar se había elevado solamente a *ca.* -60 m, el agua marina podría no haber inundado todo el estrecho de Magallanes. En cambio, el estrecho pudo haber sido un embahamiento marino similar al moderno seno Otway, con sus playas a -60 m de altura. Ya que durante esa época el mar tampoco podía entrar desde el Atlántico, la conclusión ineludible es que llegó a formarse un puente terrestre en la Segunda Angostura (Fig. 6). Esta situación podría haber persistido durante aproximadamente 2.000 años antes que el nivel global del mar se elevase sobre -40 m y hubiese roto a través del umbral entre la Segunda y Primera Angostura.

Durante varios centenares de años después

de ésto, debido a que el nivel del mar se elevaba sólo lentamente, la ruta de los hombres que deseaban cruzar a Tierra del Fuego pudo haber estado interrumpida solamente por angostos canales, sin embargo las corrientes de marea pudieron haberlos hecho extremadamente peligrosos.

CONDICIONES AMBIENTALES

La historia de la vegetación en el sur de Patagonia y Tierra del Fuego ha sido estudiada desde los años de 1950 por medio del análisis polínico de muestras de turberas. Auer (1950) fue un pionero en este trabajo, pero Markgraf (1980, 1983, 1993) y Heusser (1987, 1989) han hecho contribuciones substanciales. El contenido de estos trabajos ha sido revisado recientemente por Markgraf (1993) quien ha resumido sucintamente las probables condiciones ambientales que se desarrollaron en Fuego-Patagonia al término de la última glaciación.

Al igual que en condiciones de alta latitud a través de todo el mundo, la sección central del estrecho de Magallanes, cuando los lagos proglaciales llenaban su cuenca, era un ambiente de frío cortante, barrido por el viento. Era un paisaje inhospitalario para los hombres, aparentemente dominado por brezales de *Empetrum*, acompañados por algunos pastos y arbustos enanos. Se cree que eran típicas condiciones muy áridas, con persistentes y fuertes vientos y temperaturas congelantes, presentándose durante todo el año.

A medida que la tendencia hacia el calentamiento global comenzada después de ca. 13.000 años AP fueron mejorando las condiciones ambientales, con disminución de las tormentas y aumento de temperaturas, comenzó la extensión de los pastizales a través de gran parte de la región de Magallanes. En las áreas más húmedas, probablemente después de ca. 12.500 años AP, comenzaron a desarrollarse bosques de *Nothofagus antarctica* y más tarde de *Nothofagus betuloides*, pero los pastizales abiertos se mantuvieron ampliamente en las partes más bajas y más áridas.

Al penetrar el mar a la parte central del estrecho de Magallanes, trayendo presumiblemente una riqueza en crustáceos y peces como abastecimiento de alimento, las condiciones ambientales más hospitalarias pueden haber incentivado la habitación de la región por el

hombre, particularmente en una época cuando el acceso a Tierra del Fuego a través del puente terrestre permitía el desplazamiento tanto de animales como del hombre. Fechas radiocarbónicas de sitios tempranos de habitación en el sur de Patagonia sugieren que el hombre ya erraba por los pastizales al norte del estrecho de Magallanes poco antes de ca. 13.000 años AP (Martinic, 1992) y puede haber estado encendiendo fuegos en Tierra del Fuego hacia ca. de 13.000 años AP (Heusser *et al.*, 1989). Estos resultados son compatibles con la predecida existencia de un puente terrestre a través del estrecho de Magallanes entre la Primera y Segunda Angostura desde ca. 16.600 años AP y la ausencia de hielo de glaciares en el área.

Si es efectivo que hacia 50.000 años atrás el hombre primitivo se había asentado en Brasil (Bahm, 1993), es posible que penetrase gente hacia el sur hasta la región de Magallanes mucho antes que 13.000 años AP. Como el nivel global del mar parece haber descendido ca. 40 m hacia 78.000 años AP (Shakleton, 1987) pudo haber existido un puente terrestre entre la Primera y Segunda Angostura por prolongados períodos durante la última glaciación. De esta manera, el hombre pudo haber cruzado a Tierra del Fuego mucho antes del período Tardiglacial, si es que hubiera llegado al sur de la Patagonia antes del último avance del hielo a la península Juan Mazía. Aunque la severidad del clima y factores sociales pudieron haber prevenido tal migración antes del intervalo Tardiglacial, los futuros investigadores deben tomar en cuenta estas limitaciones físicas al estudiar la historia de la colonización de Fuego-Patagonia.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de terreno, en que se basan los resultados dados en este trabajo fue financiado por la asignación de NERC GR3/7637 y por el Leverhume Trust. Mucho del trabajo fue hecho en colaboración con D. E. Sugden y S. C. Porter, cuyas opiniones sobre la geología glacial son grandemente apreciadas. El acceso a algunos sitios fue posible con la ayuda de la Fuerza Aeronaval de Chile (Almirante Hugo Bruna), de John Rees y de la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP). El Prof. Mateo Martinic proporcionó amablemente datos batimétricos y arqueológicos e incentivó a escribir este trabajo.

LITERATURA CITADA

- AUER, V. 1958. The Pleistocene of Fuego-Patagonia. II: The history of the flora and vegetation. *Ann. Acad. Sci. Fenn.* AIII, 50: 1-239.
- BAHN, P. G. 1933. 50,000-year-old Americans of Pedra Furada. *Nature*, 362: 114-115.
- BONARELLI, G. 1917. Informe geológico sobre exploraciones petrolíferas en Magallanes. Min. de Fomento, Depto. de Minas y Petróleo. Santiago: 83 pp.
- CALDENIUS, C. 1932. Las glaciaciones cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego. *Geografiska Annaler*. 14: 1-164.
- CLAPPERTON, C. M. 1983. The glaciation of the Andes. *Quaternary Science Reviews*. 2: 85-155. CLAPPERTON, C. M. 1989, Asymmetrical drumlins in Patagonia, Chile. *Sedimentary Geology* 62: 387-398.
- CLAPPERTON, C. M. 1933. *Quaternary Geology and Geomorphology of South America*. Elsevier, Amsterdam.
- CLAPPERTON, C. M., D. E. SUGDEN AND S. C. PORTER (in prep.) Glacial sequence and Palaeo-glacial lakes in central Magellan Strait during the Last Glaciation.
- DE GREER, G. 1927. Late Glacial clay varves in Argentina, measured by Dr. Carl Caldeniun, identified with the solar curve through the Swedish varve time scale, *Geografiska Annaler*. 9.
- HEUSSER, C. J. 1987. Fire history of Fuego-Patagonia. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*. 5: 93-110
- HEUSSER, C. J. 1989. Late Quaternary vegetation and climate of southern Tierra del Fuego. *Quaternary Research*. 31: 396-406.
- HEUSSER, C. J. AND J. RABASSA. 1987. Cold climate episode of Younger Dryas age in Tierra del Fuego. *Nature*, 328: 609-611.
- HEUSSER, C. J., L. E. HEUSSER AND A. HAUSSER. 1989. A 12000 yr B.P. tephra layer at Bahía Inutil (Tierra del Fuego, Chile). *Anales Inst. Pat. Ser. Cs. Nats.* 19: 39-49.
- MARANGUNIC, G. 1974. Los depósitos glaciales de la pampa magallánica. *Rev. Geogr. de Chile "Terra Australis"*. 22-23: 5-11.
- MARKGRAF, V. 1980. New data on the late- and postglacial vegetational history of La Misión, Tierra del Fuego, Argentina. *Proc. IV Int. Palynol. Conf. Lucknow, India*. 3: 68-74.
- MARKGRAF, V. 1983. Late and postglacial vegetational and paleoclimatic changes in subantarctic, temperate and arid environments in Argentina. *Palynology*. 7: 43-63.
- MARKGRAF, V. 1989. Paleoclimates in Central and South America since 18,000 BP based on pollen and lake-level records. *Quaternary Science Reviews*. 8: 1-24.
- MARKGRAF, V. 1993. Paleoenvironments and paleoclimates in Tierra del Fuego and southernmost Patagonia, South America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 102: 53-68.
- MARTINIC, M. 1992. *Historia de la Región Magallánica*. 2 vols. Alfabetá Impresores. Santiago.
- MERCER, J. H. 1976. Glacial history of southernmost South America. *Quaternary Research*. 6: 125-166.
- MÖRNER, N. A. AND C. SYLVAN. 1989. Magnetostratigraphy of the Patagonian moraine sequence at lago Buenos Aires. *Journal of South American Earth Sciences*. 2: 385-390
- NORDENSKJÖLD, O. 1898. Tertiary and Quaternary deposits in the Magellan territories. *American Geologist*. 21: 300-309.
- PORTER, S. C. 1990. Character and ages of the Pleistocene drifts in a transect across the Strait of Magellan. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*. 7: 35-49.
- PORTER, S. C., M. STUIVER AND C. J. HEUSSER. 1984. Holocene sea-level changes along the Strait of Magellan and Beagle Channel, southernmost South America. *Quaternary Research*. 22: 56-67.

- PORTER, S. C., C. M. CLAPPERTON AND D. E. SUDGEN. 1992. Chronology and dynamics of deglaciation along and near the Strait of Magellan, southernmost South America. In: Robertson, A. M., B. Ringberg, U. Miller and L. Brunnberg (Eds.) *Quaternary Stratigraphy, Glacial Morphology and Environmental Changes. Sveriges Geologiska Undersökning: Research Series Papers. 8:* 233-239.
- PRIETO, X. 1988. Reconocimiento del Cuaternario entre Punta Arenas y Río Chabunco, Estrecho de Magallanes, Chile, *Anales Inst. Patag. Ser. Cs. Nats. 18:* 44-49.
- RABASSA J. y C. M. CLAPPERTON 1990. Quaternary glaciations of the southern Andes. *Quaternary Science Reviews. 9:* 153-174.
- RAEDEKE, L. D. 1978. Formas del terreno y depósitos cuaternarios, Tierra del Fuego Central, Chile. *Revista Geológica de Chile. 5:* 3-31
- SHACKLETON, N. J. 1987. Oxygen isotops, ice volume and sea level. *Quaternary Science Reviews. 6:* 183-190.
- URIBE, P. 1982. Deglaciación en el sector central del Estrecho de Magallanes: consideraciones geomorfológicas y cronológicas. *Anales Inst. Patag. 13:* 103-113.