



Los bosques de Tierra del Fuego durante el Cuaternario

Jorge Rabassa^{1,2}, Andrea Coronato^{1,2}, Claudio Roig² y Fidel Roig Juárez³

¹ CADIC-CONICET. B. Houssay 200 (9410) Ushuaia, Argentina.

² Universidad Nacional de la Patagonia. Darwin y Canga, (9410) Ushuaia, Argentina.

³ IANIGLA, CRICYT-CONICET. C.C. 330 (5500) Mendoza, Argentina.
e-mail: jorge.mrabassa@cadicush.org.ar

Resumen

Los bosques subantárticos de Tierra del Fuego han existido seguramente durante todo el Cenozoico, pero han sufrido el impacto de las glaciaciones y cambios eustáticos del Cenozoico tardío. Las glaciaciones provocaron su desplazamiento y eventual reemplazo por ambientes de tundra y estepa, con la formación de refugios probablemente en sectores alejados de la Cordillera Fueguina y aun, en sectores de la actual plataforma submarina. La recuperación de los bosques fueguinos luego de la Última Gran Glaciación del Pleistoceno, es decir, a partir de ca. 16.000 años atrás, fue gradual, y se produjo más rápidamente a lo largo del Canal Beagle que en el sector interior de la Isla Grande. Condiciones ecológicas y distribución geográfica similares a las actuales de este ecosistema se habrían alcanzado recién en el Holoceno medio, hace unos 5000 años atrás.

Introducción

Los bosques subantárticos de Tierra del Fuego ($52^{\circ} 20' - 55^{\circ}S$; $63^{\circ} 30' - 72^{\circ} 10'W$) tienen la peculiaridad de estar compuestos casi exclusivamente por un solo género, *Nothofagus*, y por apenas tres especies: *N.betuloides*, *N.pumilio* y *N.antarctica*. Estos bosques fueguinos están claramente relacionados con sus equivalentes andino-patagónicos, con los cuales poseen una historia común, por lo menos desde el Cenozoico tardío, cuando se produjo la emersión definitiva del Archipiélago Fueguino, como consecuencia de la tectónica andina. Los bosques de Tierra del Fuego poseen características que les son propias, resultado de su ubicación geográfica, en el extremo austral de América del Sur (Fig. 1) en las proximidades de la Corriente Circumpolar Antártica, y de la historia geológica y geomorfológica de la región donde se desarrollan. A lo largo del Cuaternario (los últimos 1,8 millones de años), estos ecosistemas sufrieron el impacto de los cambios

climáticos y ambientales desarrollados durante las glaciaciones y períodos interglaciales.



Fig. 1: Mapa de ubicación de las localidades mencionadas en el texto y distribución de la vegetación en el extremo sud de América del Sur.

Geología y geomorfología

El Archipiélago Fueguino está compuesto por dos unidades geológicas de primera magnitud: los Andes de Tierra del Fuego y la Cuenca Magallánica Austral. Una fractura regional de orientación general E-O, la Falla de Magallanes, constituye el margen septentrional de la Placa de Scotia y separa a ésta de la Placa Sudamericana. Los bosques fueguinos se desarrollan fundamentalmente a lo largo de los Andes Fueguinos (Figs. 2 y 3), aunque algunos remanentes se extienden aun hacia la Cuenca Austral, donde conforman comunidades ecotonaes (Fig. 4).

Los Andes Fueguinos han desarrollado un paisaje típicamente alpino, como resultado de su englazamiento repetido a lo largo de todo el Pleistoceno y quizás aun, en el Plioceno. Las rocas que los integran corresponden a acumulaciones sedimentarias marinas del Paleozoico superior y Mesozoico, que fueron metamorfizadas y deformadas en, por lo menos, dos ciclos tectónicos. Estas rocas están intruidas por varios cuerpos plutónicos de diversa edad, debiendo destacarse el Batolito Granítico-Granodiorítico de la Cordillera Darwin, Chile (lat. 54°

30°S; long. 68° 50' - 71° 10'W). En el sector argentino de la Isla Grande, las intrusiones son de tipo mesosilícico, con su mejor exposición en el Cerro Jeujepén, Lago Fagnano (lat. 54° 20'S; long. 67° W) y en Península Ushuaia .

La Cuenca Austral, el registro mas completo de sedimentación marina de edad terciaria del país, se desarrolló desde el Paleoceno hasta el Mioceno, siendo fuertemente plegada en este periodo. Por ello, debe



Fig. 2: Sector de los Andes Fueguinos, en cercanías a la ciudad de Ushuaia. El bosque de *Nothofagus pumilio* se desarrolla en estas laderas de solana hasta los 650 m s.n.m. El bosque siempreverde de *Nothofagus betuloides* se presenta reunido en bosquetes y con coloración verde oscuro. En las laderas se observan cicatrices de deslizamientos de detritos o de aludes de nieve que interfieren la dinámica del bosque. En primer plano, se observa el bosque de lenga y turberas rojas de musgo *Sphagnum sp.* El bosque ribereño presenta grupos de individuos secos, aunque en pie, debido al anegamiento producido por los embalses de la especie invasiva *Castor canadensis*.

destacarse que la emersión final de la Isla Grande y buena parte del Archipiélago Fueguino tuvo lugar en tiempos relativamente muy recientes, probablemente en el Mioceno medio a tardío, quizás menos de 15 millones de años atrás (Ma). Es posible que porciones de la Cordillera Andina hayan estado expuestas parcialmente con anterioridad a esta fecha, pero la extensión y duración de estos eventos son aún desconocidos.

En el Pleistoceno temprano (0,78-1,7 Ma), y quizás aun en el Plioceno tardío (2-3 Ma) se produjo el englazamiento de la Isla Grande, acompañando el cambio climático planetario que dio origen a las glaciaciones continentales, en particular, hacia 2,5 Ma atrás. Los Andes

Fueguinos fueron el área de formación de un manto de hielo de montaña, centrado sobre la Cordillera Darwin por sus mayores elevaciones relativas, y de numerosos glaciares locales en la Isla Grande (Fig. 5). El manto de hielo de montaña originaba numerosos glaciares de descarga, algunos de enormes dimensiones, entre los cuales se destacan el “Glaciar Magallanes” y el “Glaciar Beagle”, los que modelaron las depresiones homónimas. Estos glaciares de descarga se desplazaron radialmente y cubrieron amplios sectores del Archipiélago. Los glaciares locales se formaron en circos, cercanos a las altas cumbres, y confluían con los glaciares de descarga por medio de glaciares de valle. Es aún motivo de debate si la cobertura de la Isla Grande por el hielo fue completa o no en algún momento de la historia. Es posible que los depósitos del denominado “Drift Río Grande” hayan cubierto buena parte de la superficie insular, quizás en el Plioceno tardío. Posteriormente, por lo menos el registro sedimentario y geomorfológico de cinco grandes glaciaciones que afectaron el Archipiélago se han preservado, extendiéndose en estos casos hasta la actual plataforma submarina en la boca oriental del Estrecho de Magallanes, en Bahía San Sebastián y en la boca oriental del Canal Beagle (Coronato *et al.*, 2003). Es posible que los eventos glaciarios hayan sido en realidad mas numerosos, pero sus evidencias físicas han sido obliteradas por las glaciaciones mayores.



Fig. 3: En el centro de la Isla Grande de Tierra del Fuego, al este del Lago Fagnano, el bosque de *Nothofagus pumilio* ocupa colinas de origen glacial rodeadas por turberas rojas de *Sphagnum sp.* y turberas amarillas de gramíneas, formadas en antiguos canales de fusión glacial. El deterioro del bosque se debe a efectos de un episodio de volteo por vientos huracanados en Febrero de 1998.

En la Fig. 2 se muestra la reconstrucción de las condiciones paleogeográficas durante el máximo de la Última Glaciación Pleistocénica, alrededor de 20.000 años calendario atrás (Rabassa *et al.*, 2000).

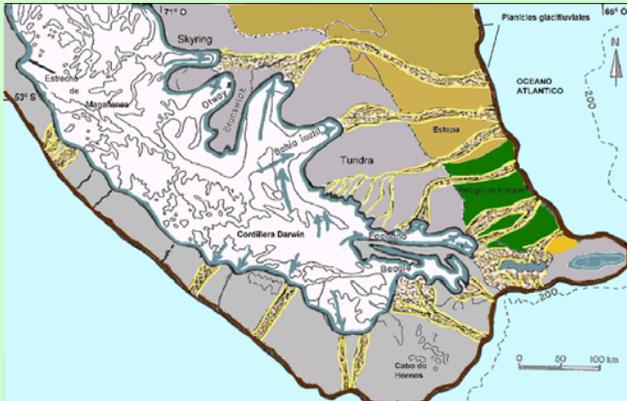


Fig. 4: Paleogeografía de la Isla Grande de Tierra del Fuego durante el Último Máximo Glacial (modificado de Rabassa *et al.*, 2000). Se observa la extensión del manto de hielo de montaña dispersor de los glaciares de valle que modelaron el paisaje en Tierra del Fuego. Nótese la extensión de tierras emergidas por encima de la isobata de 200 m. y la posible distribución de los ambientes de tundra, estepa y bosques.

El avance de los hielos fue acompañado por la aparición de condiciones de suelos permanentemente congelados en sus áreas circundantes, forzando el desplazamiento del bosque hacia sectores de clima y suelos más favorables. En forma similar, durante las glaciaciones se produjo el descenso del nivel del mar, quizás hasta 140 m por debajo del nivel del mar actual durante los máximos glaciales. Esto produjo la exposición de parte de la plataforma submarina, con desarrollo de suelos y adaptación a condiciones subaéreas. Al finalizar cada glaciación, durante los interglaciales, la fusión total o parcial de los casquetes continentales de Eurasia, América del Norte, Groenlandia y Antártida, como así también de los cuerpos de hielo menores en todo el mundo, produjo la elevación del nivel del mar hasta los niveles actuales, forzando una vez más el desplazamiento de los bosques hacia las áreas continentales más elevadas. Esta reiteración cíclica de glaciaciones/interglaciaciones, por lo menos 15 veces en el último millón de años, es muy importante para comprender los efectos sobre el bosque fueguino, su distribución geográfica, su composición biótica y

comportamiento ecológico. Nótese que las condiciones ecológicas y biogeográficas actuales (“Interglacial pleno”) representan circunstancias que, muy lejos de ser las “normales”, han sido en realidad excepcionales durante el Cuaternario, por lo menos en lo que hace a su duración relativa.



Fig. 5: Valle del Río Ewan, centro de la Isla Grande de Tierra del Fuego. El bosque de *N. Antarctica* se desarrolla en forma de mosaico en las colinas de rocas sedimentarias mientras que los pastizales ocupan los amplios valles heredados del paisaje glacial.

Finalmente, hace unos 16.000 años radiocarbono antes del presente (a ^{14}C A.P.), los glaciares retrocedieron rápidamente durante el Tardiglacial, siguiendo cambios climáticos globales. En dos oportunidades al menos, el clima empeoró nuevamente, permitiendo el estancamiento y aun, reavance de los hielos, hacia 13.000 y 11.000 a ^{14}C A.P., aproximadamente. Estos eventos fríos y secos durante el Tardiglacial serían coetáneos con episodios similares desarrollados en el Océano Atlántico Norte y que han sido denominados “Oldest/Older Dryas” y “Younger Dryas” en la estratigrafía escandinava. Ya hacia 10.000 a ^{14}C A.P., y particularmente, desde 9.000 a ^{14}C A.P., el clima se hizo muy similar al actual y los glaciares desaparecieron de los valles principales, quedando restringidos al actual casquete glacial de la Cordillera Darwin y cientos de pequeños glaciares de circo y glaciares de valle de altura en el resto de los Andes Fueguinos, muchos de los cuales han desaparecido posteriormente. Luego, hacia 8.000 a ^{14}C A.P., el nivel del mar ascendió fuertemente hasta alcanzar una posición cercana al nivel actual en el Canal Beagle y en el Estrecho de Magallanes. Este último ha sido desde entonces una

formidable barrera ecológica que determinó el aislamiento de los bosques fueguinos de sus contrapartes patagónicas durante los últimos 7000-8000 años calendario.

Estudios palinológicos

Estudios palinológicos de las turberas de Tierra del Fuego han sido llevados a cabo desde la década de 1950 por Vaino Auer (1965, entre otros trabajos), y más recientemente, por [Calvin J. Heusser](#) (1994, 1995, 1998; entre muchos otros trabajos) y Ana M. Borromei y colegas de la Universidad Nacional del Sur (véase por ejemplo, [Grill et al.](#), 2002). Estos estudios consisten en la investigación de granos de polen y esporas presentes en distintos niveles sedimentarios de las turberas, o en depósitos orgánicos intercalados en otras unidades, de origen glacial, aluvial o marino. Metodológicamente, consiste en asumir que la lluvia polínica que se registra sobre la superficie de una turbera es representativa de la vegetación existente en la región circundante, y a su vez, la vegetación es indicadora de las condiciones paleoclimáticas correspondientes. Por otra parte, las muestras estudiadas pueden ser datadas habitualmente en



Fig. 6: Turbera Harborton, Canal Beagle, en otoño. Las turberas cerradas de *Sphagnum sp.* ubicadas en posiciones geomorfológicas estratégicas son utilizadas para el análisis del polen fósil y la reconstrucción paleoambiental. Esta turbera ofrece el perfil polínico más potente y más antiguo a lo largo del Canal Beagle e indica la edad mínima conocida para el retiro del “Glaciar Beagle” después de la Última Glaciación Pleistocena.

forma absoluta por métodos radiocarbónicos.

Los cambios en la vegetación regional son evidentes en la distribución temporal del contenido de

polen arbóreo, esencialmente *Nothofagus*, y su relación con el polen de hierbas y arbustos, fundamentalmente Gramineae y *Empetrum*. Así, contenidos elevados de polen arbóreo se interpretan como correlacionables a condiciones climáticas relativamente más húmedas y más templadas, que permitirían la instalación y desarrollo del bosque. Inversamente, los porcentajes abundantes en polen de hierbas y arbustos corresponderían a épocas más frías y secas, con predominio de una vegetación de tundra, estepa



Fig. 7: Paisaje morénico de Punta Moat, en el extremo oriental del Canal Beagle. El bosque de *Nothofagus sp.* ocupa las laderas de las montañas, alejadas de la costa, y las colinas glaciarias entre las que se desarrollan turberas mixtas y comunidades arbustivas. Los individuos arbóreos cercanos a la costa del Canal Beagle (izquierda de la fotografía) tienen porte arbustivo y están afectados por los vientos frecuentes del S-SW.

o parque abierto, con retracción o desaparición del bosque.

La lluvia polínica actual está dominada por el polen de *Nothofagus*, que puede alcanzar al 90% o más del registro polínico, en zonas de buen desarrollo de bosque cerrado. En cambio, depósitos turbosos intercalados en depósitos glaciarios en el Lago Fagnano (Fig. 1), probablemente del fin de la anteúltima glaciación (quizás ca. 150.000 años atrás), presentan una ausencia casi total de polen de *Nothofagus* ([Bujalesky et al.](#), 1997). Esta circunstancia es muy significativa, pues el polen de este género es de distribución anemófila, recorriendo por ello largas distancias y apareciendo en el registro de localidades muy alejadas a su ámbito natural, como por ejemplo, el sud de Brasil. Se interpreta que estas condiciones halladas en el Lago Fagnano corresponderían a tundra, es decir, estepa herbácea/arbustiva muy abierta,

con suelos congelados, con ausencia total de bosque en las cercanías.

Se carece aún de registros polínicos cuya edad se encuentre incuestionablemente en el último periodo glacial (ca. 75.000-18.000 años atrás). Los registros más antiguos de que se dispone en el sector argentino de Tierra del Fuego se encuentran apenas en las cercanías de los 15.000 a ^{14}C A.P., en una turbera de Estancia Harberton (Figs. 1 y 6). En este perfil, el más potente (11,0 m) y



Fig. 8: Turbera almohadillada de *Donatia-Astelia* en la zona morénica de Punta Moat. El Dr. Calvin Heusser y colaboradores tomando muestras para los estudios polínicos a los que se hace referencia en el texto.

temporalmente más extenso (14.600 a ^{14}C A.P.), se observa una concentración relativamente elevada de polen arbóreo ya en la base del perfil (Fig. 3). Esto indica que el bosque estaba ya en esa localidad o próximo a ella en la época mencionada, si bien esta turbera se ubica a casi 40 km al oeste de la morena terminal correspondiente a la última glaciación (Punta Moat, Figs. 1, 7 y 8). El retroceso del hielo debe haber sido muy rápido, forzado por un mejoramiento climático muy brusco, ya que el glaciar todavía se encontraba en contacto con las morenas terminales tan sólo 1000 o 2000 años antes.

Los perfiles polínicos efectuados a lo largo de la costa N del Canal Beagle indican que el bosque ha tenido fluctuaciones durante el Tardiglacial (15.000 a 10.000 a ^{14}C A.P.). En Estancia Harberton se registran altas frecuencias de porcentaje de polen arbóreo (es decir,

períodos más cálidos y húmedos donde el bosque prospera) en ca. 14.600 y 11.700 a ^{14}C A.P., separadas por períodos en los que el polen de *Nothofagus* desaparece casi por completo (períodos fríos y secos, donde se verifica la retracción del bosque; Fig. 3). Más al oeste, en Ushuaia (Figs. 9,10 y 11), la presencia del bosque es menos marcada durante el Tardiglacial pero también presenta fluctuaciones. No obstante, los fechados radiocarbónicos disponibles permiten señalar que el bosque ha tenido una presencia casi constante desde comienzos del Holoceno (10.000 a ^{14}C A.P.) alcanzando una proporción de presencia superior al 50% a partir de la llamada “Fase de Deglaciación” o retiro general del hielo en el Canal Beagle y en los valles interiores (Coronato, 1995).



Fig. 9: Turbera roja de *Sphagnum* sp. en las morenas a 300 m s.n.m. en Ushuaia. Calvin Heusser, Jorge Rabassa y colaboradores tomando muestras para los estudios polínicos a los que se hace referencia en el texto. Las colinas que rodean la turbera están ocupadas por bosque de *Nothofagus pumilio*. Noté la presencia de nieve en el suelo, resultado un temporal de otoño.

En las cuatro localidades presentadas en la Fig. 3 el bosque alcanza frecuencias de 75% y más a partir de los 4.700 a ^{14}C A.P., edad a la cual puede adjudicarse el emplazamiento definitivo del bosque subantártico en la región. Debe notarse que la localidad Moat presenta el valor más bajo de presencia de polen arbóreo en este período debido a que su emplazamiento geográfico, en la boca oriental del Canal Beagle, la somete a condiciones climáticas más rigurosas a causa de su exposición a los vientos del Océano Atlántico Sur. En esta región la

vegetación actual se hace menos boscosa, con predominio de turberas con vegetación almohadillada del tipo “cushion-bogs” y con alta densidad de lagunas del tipo “pond-bogs” formadas por *Astellia* y *Donatia* acompañadas de ejemplares de *Nothofagus betuloides* (Figs. 12 y 13).



Fig. 10: Turbera de *Sphagnum sp.* y gramíneas en las cercanías de Ushuaia, en la que se realizaron estudios polínicos a los que se hace referencia en el texto. Por detrás de la turbera se observa un bosque de *N. punilio* y ejemplares de *N. Antarctica* con porte arbustivo en cercanías a la turbera. Las colinas en segundo plano muestran el efecto en el bosque de antiguos incendios y de la actual actividad ganadera.

Hacia el interior de la Isla Grande, el clima actual incrementa su continentalidad y disminuyen los valores de precipitación, lo cual condiciona el desarrollo del bosque decíduo con *N. antarctica* como especie dominante, extendiéndose en forma de mosaico hasta la latitud 53° 50' S y desapareciendo progresivamente hacia el norte en favor de la estepa arbustiva. Durante el Tardiglacial el bosque ya estaba presente en las costas del Estrecho de Magallanes (Punta Arenas, la localidad más septentrional de las representadas en la Fig. 4) con fluctuaciones entre ca. 14.000 y 10.800 a ^{14}C A.P., demostrando cierto retraso en la recuperación con respecto a la localidad Harberton en el Canal Beagle. Desde los 9.000 a ^{14}C A.P., el desarrollo del bosque se incrementa progresivamente entre el 25% y el 50% de frecuencia en relación a la presencia de herbáceas y gramíneas. Es a partir de ca. 4.700 a ^{14}C A.P. cuando se supera el 75 % de frecuencia en el centro de la Isla Grande de Tierra del Fuego (localidad Lago Fagnano; Fig. 14) y hacia 2.300 a ^{14}C A.P., en la costa N del Estrecho de Magallanes (localidad Punta Arenas; Fig. 4). El área de transición

estepa-bosque (localidad Cabo San Pablo, Heusser y Rabassa 1994) (Fig. 15) muestra fluctuaciones durante el Holoceno tardío, no registradas en las otras localidades, en especial un retroceso importante en la presencia arbórea hacia ca. 1.000 a 14C A.P. En este caso, el ecotono estepa-bosque condiciona la presencia de *Nothofagus sp.* a valores de frecuencia que varían entre 30% y 60%, semejantes a la situación del Holoceno temprano a medio en el Canal Beagle. Lamentablemente, la turbera muestreada en Cabo San Pablo ofrece un registro temporal corto que no permite conocer la situación paleoambiental antes de 3.000 a ^{14}C A.P. Es importante destacar que en todos los casos analizados, la edad más antigua de presencia de bosque está dada por la muestra basal de la turbera analizada ofreciendo una edad mínima, lo cual no significa que el bosque no hubiera existido en las cercanías con anterioridad.



Fig. 11 Bahía Lapataia, Parque Nacional Tierra del Fuego, Canal Beagle, en el extremo sudoccidental de la porción argentina de la Isla Grande de Tierra del Fuego. El bosque de *Nothofagus sp.* se desarrolla desde la costa hasta los 650 m s.n.m. aproximadamente incluyendo especies como *Drimys winteri*

Como conclusión general se destaca que el bosque de *Nothofagus* se estableció en el sector oriental del Canal Beagle, en respuesta a la desaparición del hielo, por lo menos hacia 14.600 a ^{14}C A.P. Luego, el bosque tuvo fluctuaciones con retrocesos y avances con respecto a las especies herbáceas y arbustivas, instalándose como bioma dominante a partir del Holoceno medio, entre 4.000 y 5.000 a ^{14}C A.P., tanto en la costa del Canal Beagle

como en el interior de la Isla Grande de Tierra del Fuego.



Fig. 12: Turbera de *Astelia - Donatia* con abundantes charcas y ejemplares de *N. Betuloides* con porte arbóreo y arbustivo, al este de Punta Moat. Las charcas están ocupadas por *Tetroncium magellanicum*, de color rojizo durante el otoño. Estas turberas son típicas del área de transición del Bosque Subantártico siempreverde y la Tundra Magallánica en la región oriental de la Isla Grande de Tierra del Fuego, de cara al Océano Atlántico Sur.

Estudios dendrocronológicos

La privilegiada ubicación geográfica de Tierra del Fuego incrementa su importancia en la obtención de registros paleoclimáticos de larga duración en altas latitudes. Una forma de obtener estos registros es a través del estudio de los anillos de árboles vivientes hoy en día en los bosques fueguinos, pero también se utilizan troncos subfósiles, procedentes de turberas o sedimentos aluviales. Estos troncos se han conservado gracias a las condiciones biogeoquímicas existentes en esos ambientes, permitiendo una notable preservación de la madera y la reconstrucción de sus secuencias dendrocronológicas. Los ambientes de Tierra del Fuego, en particular sus turberas, han sido particularmente favorables a la conservación de estos troncos y sus valiosos registros (Roig Juñent *et al.*, 1997).

Durante el Holoceno tardío (es decir, los últimos 4500 años), el clima varió desde los episodios fríos y secos del Neoglacial (entre 4000 y 2000 años atrás), a condiciones más templadas y húmedas en los últimos 2000 años, a excepción de la denominada “Pequeña Edad del Hielo”, entre los siglos 16 y 19 de nuestra Era. Es posible que los cambios climáticos del Holoceno tardío involucren desplazamientos en los espectros de frecuencia del espesor de los anillos de los árboles, tanto en lo que hace a la variabilidad interanual como interdecadal, la cual puede

ser definida en cronologías dendrológicas. Sin embargo, no se han podido obtener suficientes árboles vivientes en Tierra del Fuego con longevidad superior a los 400 años, como sí sucede en otros ecosistemas forestales patagónicos. Por ello, cobran especial importancia los troncos subfósiles hallados en las turberas fueguinas.



Fig 13: Turbera mixta de *Astelia*, *Donatia* y *Marsippospermun* incluyendo individuos achaparrados de *N. Betuoides*. Estas turberas acompañan a las turberas con charcas, en la costa sudoriental de la Isla Grande de Tierra del Fuego.

Los ambientes de turbera en Tierra del Fuego ocupan más del 30% de la porción meridional del sector argentino de la Isla Grande, la mayoría de ellos concentrados en áreas previamente cubiertas por los hielos pleistocénicos. Estudios recientes en algunas de estas turberas han proporcionado remanentes de madera de *Nothofagus sp.*, de excelente preservación (Roig Juñent *et al.* 1996). En el Valle de Carbajal, una localidad cercana a Ushuaia en las inmediaciones del Río Olivia (54° 44' S; 68° 12' O), sedimentos turbosos han proporcionado madera subfósil datada por radiocarbono con edades entre 400 y 4000 años atrás. La búsqueda en otras turberas en el área ha expuesto restos de madera con similares edades radiocarbónicas. Más aún, un íntegro bosque subfósil, con cientos de tocones todavía arraigados y fragmentos de troncos incorporados a los sedimentos, ha sido encontrado en Bahía Sloggett, boca oriental del Canal Beagle (55° 01' S; 66° 22' O), de donde un tronco seleccionado ha sido datado en 3150 ± 40 a ¹⁴C A.P.(UBAR 449; Rabassa *et al.*, 2003). La posibilidad de encontrar madera mucho más antigua en los sedimentos turbosos no debe descartarse, permitiendo de esta manera la extensión de las

dendrocronologías mucho más allá de 4000 a ^{14}C A.P. En este sentido, debe ser mencionado el hallazgo de madera subfósil, aunque pobremente preservada para estudios dendrocronológicos, en Punta Pingüinos, Ushuaia ($54^{\circ} 51' \text{ S}$; $68^{\circ} 20' \text{ O}$), una localidad originalmente descrita y estudiada por [Auer](#) (1965). Una muestra de este tronco fue datada en 7700 ± 130 a ^{14}C A.P., lo cual confirma que el bosque de *Nothofagus* ya se había establecido entonces en esta localidad ([Rabassa et al.](#), 2000).



Fig. 14: Turbera de *Sphagnum* sp. con juncáceas en la margen sur del Lago Fagnano, rodeada por bosque de *Nothofagus pumilio* ocupando las colinas glaciares y las laderas de las Sierras de Lucio López

Los estudios en desarrollo permitirán generar series dendrocronológicas de varios miles de años de longitud, mediante el uso de estas maderas subfósiles, a través de dataciones radiocarbónicas y técnicas de cofchado, para hallar las secciones superpuestas de diferentes troncos fósiles. Estos datos permitirán, a su vez, la formulación de inferencias paleoclimáticas de oscilaciones de baja frecuencia, de cambios abruptos y de apartamientos extremos observados en las series dendrocronológicas, así como la construcción de una curva de calibración radiocarbónica para el Hemisferio Sur, basada en dendrocronología, la cual no se encuentra disponible todavía.

Conclusiones

El bosque subantártico fueguino está claramente relacionado con el bosque andino-patagónico, tanto desde el punto de vista de su composición específica como de su

estructura ecológica. Sin embargo, debe destacarse que ambos ecosistemas se encuentran físicamente separados por la formación del Estrecho de Magallanes desde hace unos 8000 años atrás. Es posible que estas circunstancias de aislamiento se hayan repetido asimismo durante los interglaciales anteriores, particularmente en aquéllos que corresponden a los Estadios Isotópicos de Oxígeno 5, 7, 9 y 11 (Pleistoceno medio; [Shackleton](#), 1995), de los cuales se tiene evidencia de alto nivel relativo del mar en la costa atlántica de Tierra del Fuego ([Bujalesky et al.](#), 2001).

Asimismo, las repetidas fluctuaciones climáticas globales que dieron origen a los ciclos glaciación-interglaciación desde el Mioceno cuspidal (ca. 6-7 Ma; [Rabassa et al.](#) 2002) habrían provocado desplazamientos o aun, la desaparición del bosque fueguino en algunos sectores, por lo menos en 50 oportunidades durante los últimos 2.5 Ma (véase [Shackleton](#), 1995), y quizás hasta 15 veces desde el máximo de la Gran Glaciación Patagónica (1,0-1,15 Ma; [Ton That et al.](#), 1999).



Fig. 15: Cercanías del Cabo San Pablo, en la costa Atlántica de Tierra del Fuego. Es el área de transición entre la estepa herbácea y el bosque decido, el cual se ubica en suelos desarrollados en las colinas de rocas terciarias.

En repetidas oportunidades durante las glaciaciones del Cenozoico tardío y particularmente del Pleistoceno, los hielos avanzaron sobre las áreas montañosas de los Andes Fueguinos y aun sobre sectores pedemontanos, llegando en algunos casos hasta la actual

plataforma submarina (Estrecho de Magallanes, Bahía San Sebastián, Boca Oriental del Canal Beagle). En estos períodos, el bosque fue forzado a desplazarse hacia el este y norte, tanto en el actual territorio insular como en la entonces subaérea plataforma submarina. Durante las glaciaciones, la actual Isla Grande de Tierra del Fuego no era sino una península en el sector austral extremo de la Patagonia. Sin embargo, dichas condiciones habrían provocado también el repetido aislamiento de los bosques fueguinos de sus homólogos patagónicos, por lo menos durante los momentos de mayor glaciación, dado que el bosque no habría encontrado ambientes apropiados para su desarrollo continuo, debido sobre todo a la presencia de tundra. Ello seguramente forzó la generación de refugios para el bosque fueguino, los cuales se habrían desarrollado en el sector más oriental de la Isla Grande o en áreas cercanas de la actual plataforma submarina (Fig. 2). Se desconoce aún si estos refugios se mantuvieron aislados entre sí, o si los remanentes del bosque conformaban una única masa forestal continua.

A fines del Pleistoceno (Tardiglacial) se produjo un nuevo y brusco cambio climático, el cual condujo a las condiciones climáticas del Holoceno. A partir de los refugios pleistocénicos, el bosque inició su dispersión, ocupando gradualmente los espacios que los hielos dejaban libres en su retroceso. La recuperación del bosque durante el Pleistoceno tardío fue probablemente muy rápida en un principio, pero las condiciones ecológicas y la distribución geográfica similar a la actual no se alcanzaron sino hasta el Holoceno medio, probablemente hace tan sólo 4700 años atrás.

La recuperación tampoco fue idéntica en todo el Archipiélago Fueguino, ya que la colonización fue más inmediata a lo largo del Canal Beagle, y más lenta en el interior de la Isla Grande, donde condiciones de mayor continentalidad retrasaron la ocupación en varios miles de años en relación a lo que sucedía en las orillas del Canal Beagle. De hecho la recuperación aún continúa, a medida

que nuevos espacios del sector meridional y occidental del archipiélago son colonizados por el bosque, desconociéndose cuáles fueron los límites de ocupación efectiva durante los interglaciales anteriores.

El impacto y consecuencias de estos ciclos paleoclimáticos sobre los bosques fueguinos, con su notable recurrencia en lapsos geológicos relativamente cortos, son aún desconocidos, pero sin duda deberán ser tenidos en cuenta al considerar la composición y variabilidad específica, distribución biogeográfica y dinámica de estos ecosistemas.

La presencia de un registro palinológico de alta calidad y definición para los últimos 15.000 años en Tierra del Fuego, como asimismo la posibilidad de reconstruir una secuencia dendronológica continua para *Nothofagus* durante una parte significativa del Holoceno, constituyen importantes herramientas paleoambientales, las cuales unidas a estudios genéticos en las diferentes especies de fagáceas y estudios geoquímicos en las turberas, actualmente en desarrollo, permitirá seguramente dilucidar los interrogantes aquí planteados a lo largo de investigaciones futuras.

Bibliografía

- AUER, V. 1965. The Pleistocene of Fuego-Patagonia. Part IV: Bog profiles. *Annales Academiae Scie. Fennicae. Series A III. Geolog-Geogr.* 80: 1-160.
- BUJALESKY, G., HEUSSER, C., CORONATO, A., ROIG, C. Y RABASSA, J. 1997. Pleistocene glaciolacustrine sedimentation at Lago Fagnano, Andes of Tierra del Fuego, Southernmost South America. *Quaternary Science Reviews* 16 : 767-778.
- BUJALESKY, G., CORONATO, A. E ISLA, F. 2001. Ambientes glacifluviales y litorales cuaternarios de la región del Río Chico, Tierra del Fuego, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56: 73-90.
- CORONATO, A. 1995. The last Pleistocene Glaciation in tributary valleys of the Beagle Channel, Southernmost South America. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 9:173-182.
- CORONATO, A., MEGLIOLI, A. Y RABASSA, J. 2003. Glaciations in the Magellan Straits and Tierra del Fuego, Southernmost South America. In: Ehlers, J. & Gibbard, P. (eds.), *Quaternary Glaciations - Part III: South America, Asia, Africa, Australia and Antarctic.* Elsevier, LTD.
- GRILL, S., BORROMEI, A., QUATTROCCHIO, M., CORONATO, A., BUJALESKY, G. Y RABASSA, J. 2002. Palynological and sedimentological analysis of Holocene sediments from Río Varela, Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología.* 34: 145-161. Instituto Geológico y Minero de España.
- HEUSSER, C. 1994. Quaternary Palaeoecology of Fuego-Patagonia. *Revista IG Sao Paulo* 15: 7-26.
- HEUSSER, C. 1995. Palaeoecology of a *Donatia-Astellia* cushion bog, Magellanic Moorland-Subantarctic Evergreen Forest transition, southern Tierra del Fuego, Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology* 89: 429-440.
- 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. Y RABASSA, J. 1994. Late Holocene forest-steppe interaction at Cabo San Pablo, Isla Grande de Tierra del Fuego, Argentina. *Quaternary of South America & Antarctic Peninsula* 9:179-188.
- RABASSA, J., CORONATO, A.; BUJALESKY, G., ROIG, C., SALEMME, M., MEGLIOLI, A., HEUSSER, C., GORDILLO, S., BORROMEI, A. Y QUATTROCCHIO, M. 2000. Quaternary of Tierra del Fuego, Southernmost South America: un updated review. *Quaternary International* 68-71: 217-240.
- RABASSA, J., CORONATO, A., SALEMME, M. Y SINGER, B. 2002. Cronología de las glaciaciones del Cenoico Tardío en la Patagonia: posible impacto en la evolución de los ecosistemas patagónicos y pampeanos. *Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. VIII, Corrientes. Argentina, Octubre, 7-10, 2002 Corrientes.*
- RABASSA, J., CORONATO, A., ROIG, C., MARTÍNEZ, O. Y SERRAT, D. 2003. Un bosque sumergido en Bahía Sloggett, Tierra del Fuego, Argentina: Evidencia de actividad neotectónica diferencial en el Holoceno tardío. En: II Reunión de Geomorfología Litoral, Santiago de Compostela, 19-22 junio 2003. *Sociedad Española de Geomorfología y Universidad de Santiago de Compostela*, 15 pp., En prensa.
- ROIG JUÑENT, F., ROIG, C., RABASSA, J. Y BONINSEGNA, J. 1996. Fuegian floating tree-ring chronology from subfossil *Nothofagus* wood. *The Holocene* 6: 469-476.
- ROIG JUÑENT, F., ROIG, C. Y RABASSA, J. 1997. Subfossil *Nothofagus* wood and Holocene dendroclimatic studies in Tierra del Fuego, Argentina. XIII SASQUA Congress, Grahamstown, South Africa,

July 14-19, 1997. Abstracts Volume.

SHACKLETON, N.J. 1995. New data on the evolution of Pliocene Climatic Variability. In. Vrba, E.S. *et al.*, eds., *Paleoclimate and Evolution, with emphasis in Human origins*, p. 242-261. Yale University Press, New Haven.

TON-THAT, T.; SINGER, B.; MÖRNER, N. Y
RABASSA, J. 1999. Datación de lavas basálticas por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ y geología glacial de la región del Lago Buenos Aires, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 54: 333-352.