



Juan Federico Ponce, Andrea Coronato, Marilén Fernández, Jorge Rabassa

Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC), Conicet

Claudio Roig

Universidad Nacional de Tierra del Fuego

Las turberas de Tierra del Fuego y el clima del pasado

Origen y formación de turberas

Se denomina *turbales* a ecosistemas con capacidad de formar una capa de materia orgánica muerta derivada de plantas adaptadas a vivir en condiciones de saturación permanente de agua, reducido contenido de oxígeno y escasa disponibilidad de nutrientes. *Turba* es el nombre dado a la materia orgánica muerta en tales condiciones. Una *turbera* es toda área que produce y acumula progresivamente turba, la que incrementa el espesor del depósito orgánico. Se habla de turbera si el espesor de la turba supera los 50cm.

La saturación de agua, las bajas temperaturas y el reducido contenido de oxígeno inhiben la actividad de los microorganismos –hongos y bacterias– que normalmente producen la descomposición de la materia vegetal muerta. La turba se acumula porque el ritmo de incorporación de esa materia es mayor que el de su descomposición. Además de especies vegetales, en la superficie de

los turbales suele haber gran número de insectos, hongos y algas microscópicas.

Los turbales constituyen uno de los tipos de humedales incluidos en la Convención sobre Humedales de Importancia Internacional (llamada convención de Ramsar), de la que la Argentina es signataria desde 1992. Son ecosistemas frágiles, importantes para la biodiversidad y porque proveen servicios ambientales como almacenamiento y regulación de aguas, o como reservorios de dióxido de carbono. Son también escenarios para recreación y turismo.

La formación de una turbera se ve favorecida por la presencia de cubetas o depresiones cerradas, en las que se establecen pequeños lagos y lagunas. Ese tipo de paisajes se encuentra sobre todo en zonas que estuvieron cubiertas por glaciares, cuyo trabajo erosivo generó dichas cubetas. Una vez que los glaciares retrocedieron, el escurrimiento superficial del agua de laderas adyacentes o la presencia de napas freáticas altas dieron lugar a la aparición de lagos y lagunas.

¿DE QUÉ SE TRATA?

Características e importancia de ecosistemas muy poco frecuentes en la Argentina que, además de su utilidad ambiental y económica, constituyen fuentes de información sobre el clima y el ambiente del pasado, útil para elaborar modelos matemáticos que ayudan a estudiar los actuales cambios climáticos.

Luego del retroceso de un glaciar, se produce una gradual acumulación de arcilla en el fondo de los cuerpos de agua subsistentes y la colonización de ellos por plantas acuáticas, que, una vez muertas, se depositan en la cubeta y comienzan a formar turba. Ambas cosas ocasionan la disminución de la profundidad del lago. Con el tiempo, cambios en las condiciones de drenaje de una turbera pueden producir modificaciones en el tipo de vegetación que la forma, lo que da lugar a más de un tipo de turba en una misma turbera.

El fenómeno también puede producirse en planicies de inundación de arroyos o ríos, lo mismo que en meandros abandonados de estos. En las primeras, de relieve plano, condiciones ineficientes de drenaje favorecen el anegamiento y permiten el crecimiento de vegetación propia de turberas; en los meandros, especies vegetales acuáticas colonizan el agua residual estancada e inician el proceso.

En las primeras, de relieve plano, condiciones ineficientes de drenaje favorecen el anegamiento y permiten el crecimiento de vegetación propia de turberas; en los meandros, especies vegetales acuáticas colonizan el agua residual estancada e inician el proceso.

Distribución mundial de turberas

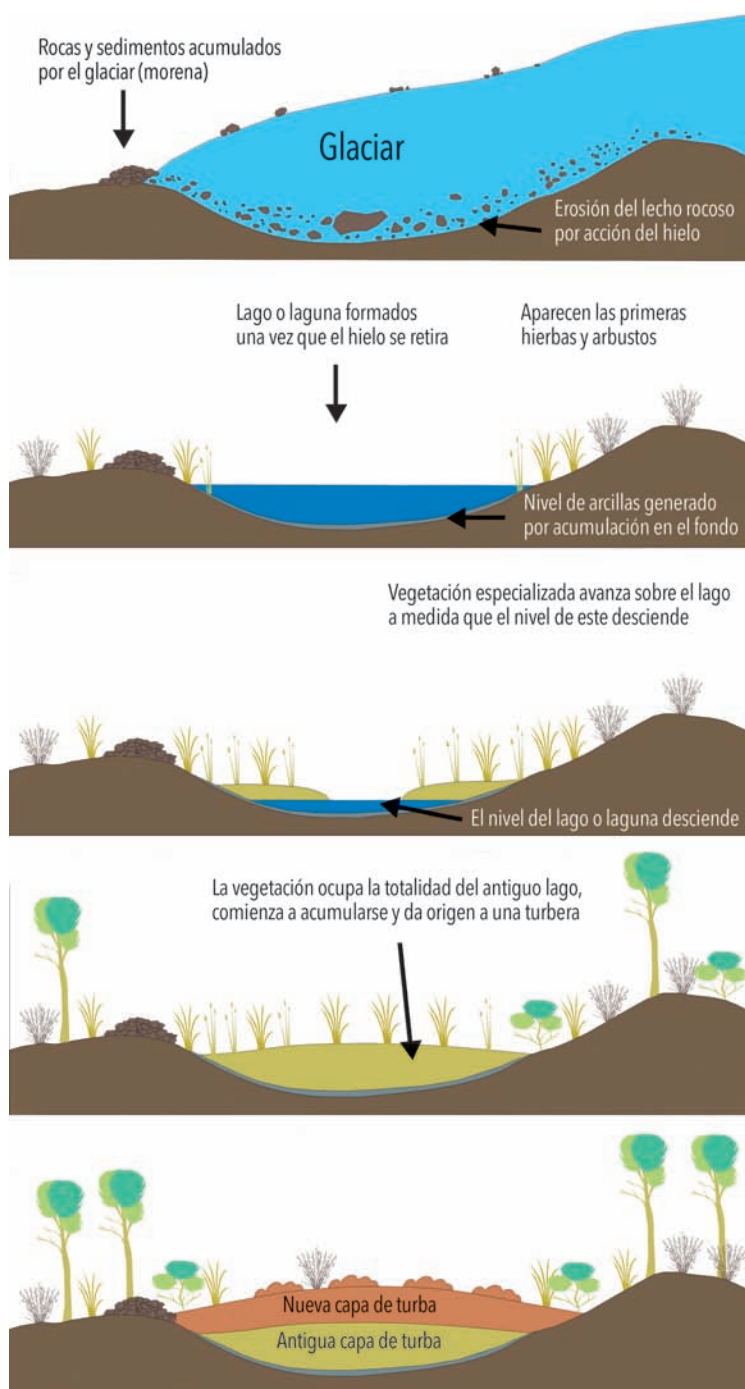
Hay en la Tierra cerca de cuatro millones de kilómetros cuadrados cubiertos por turberas, aproximadamente el 3% de la superficie terrestre. Cerca del 90% de ellas se encuentra en el cinturón templado y frío del hemisferio norte; el resto está en latitudes tropicales y subtropicales, en zonas de altura. En la Siberia occidental hay más de un millón de kilómetros cuadrados ocupados por turberas, y también las hay muy extensas en Canadá, en el área de la bahía de Hudson y en la cuenca del río Mackenzie. Se estima que un 95% de las turberas del planeta está en ocho países: Rusia (38%), Canadá (28%), Estados Unidos (15%), Indonesia (6%), Finlandia (3%), Suecia (2%), China (1%) y Noruega (1%). En Sudamérica —que participa con el 1% de la superficie total— se las encuentra sobre todo en la Argentina y Chile.

Las turberas fueguinas

Más del 95% de la superficie ocupada por turberas en la Argentina está en Tierra del Fuego, principalmente en el fondo de los valles del sur de la isla Grande. Según las especies vegetales dominantes en superficie, pueden clasificarse en tres tipos: las de musgos del género *Sphagnum*, comunes en dichos valles de la isla Grande; las de carpetas de plantas del género *Astelia*, presentes en la península Mitre (en el extremo oriental de la isla Grande) y en gran parte de la isla de los Estados, y las de gramíneas del género *Carex*, encontradas sobre todo en el centro y norte de la isla Grande.

La isla Grande de Tierra del Fuego y la isla de los Estados fueron modeladas por la acción erosiva de los glaciares que cubrieron grandes porciones de tierra en varias oportunidades. La topografía glacial y el clima templado-frío y húmedo prevaleciente durante todo el año favorecieron la formación de las turberas que hoy son parte del paisaje fueguino. Muchas datan del período denominado tardiglacial, el cual transcurrió entre unos 18.000 y unos 11.500 años antes del presente, inmediatamente después del derretimiento de los hielos de la última glaciación.

Durante esa glaciación, gran parte del archipiélago fueguino estuvo cubierto por glaciares, incluido cerca del 50% de la isla Grande y prácticamente toda la isla de los Estados. Los glaciares más extensos del archipiélago



Diferentes estadios de una turbera en un paisaje de origen glacial.

se extendieron a lo largo del canal de Beagle, el valle del río Lasifashaj, que desagua en dicho canal, y el lago Fagnano. Al retirarse los hielos, los valles por los que estos se desplazaban fueron ocupados parcialmente por grandes lagos y ríos. Cambios posteriores que llevaron a un clima menos frío permitieron que la vegetación colonizase cuencas lacustres someras y que se formaran extensas turberas en el fondo de esos antiguos valles glaciarios.

El espesor medio de las turberas fueguinas está en el orden de los 4m, pero las hay con más de 11m de depósitos ininterrumpidos de materia orgánica. La más antigua conocida se encuentra en la estancia Harberton, en la costa del canal de Beagle y a 40km al este de Ushuaia. Su edad se acerca a los 18 mil años y su profundidad a los 11m. En la isla de los Estados, la turbera más antigua conocida hasta el momento está en su costa norte, en la bahía Colnett. Tiene unos 16 mil años y una profundidad cercana a los 8m.

Valor económico

Las turberas son un recurso natural de apreciable peso económico. Ciertos usos de ellas, como los relacionados con la recreación y el turismo, permiten conservar su valor ambiental si se las maneja adecuadamente. Pero otros usos, basados en la extracción de la turba, requieren el drenaje del humedal, lo que implica que deje de actuar como tal y la consecuente pérdida de sus servicios ecosistémicos.

La turba ha sido utilizada desde el siglo XII –principalmente en Europa– como combustible de bajo poder calórico. A partir de 1930 comenzó a usarse como sustrato de cultivos hortícolas intensivos bajo cubierta. La turba formada por musgos del género *Sphagnum* es una de las más requeridas para ese propósito. Además, se emplea como base sólida para inoculantes de leguminosas, absorbente de aceites industriales y de derrames de hidrocarburos, cama para cultivar hongos y como parte del manejo de



Turbera compuesta principalmente por musgos del género *Sphagnum*, en el valle glacial Lasifashaj, en el sur montañoso de la isla Grande de Tierra del Fuego.



Vista de cerca de la superficie de una turbera de musgo *Sphagnum*.



Tierra del Fuego en la última glaciación, cuando los hielos cubrían el equivalente de la mitad de su superficie actual, y en el presente.



Bloques de turba en secado durante el invierno. La extracción se realiza entre septiembre y mayo.

acuarios. En las últimas dos décadas se le han encontrado nuevas aplicaciones, incluso para el musgo vivo que constituye la cubierta superficial de esos ambientes, por ejemplo, en el cultivo intensivo de orquídeas.

La extracción de turba –regulada por el Código de Minería y por legislación provincial– comenzó en Tierra del Fuego en 1970 en forma artesanal y fue aumentando con la incorporación de técnicas de producción intensiva. La turba se corta en bloques y se estiba para que su contenido de humedad disminuya hasta un 30%. Luego, fuera del yacimiento, los bloques se muelen y se embolsa el material obtenido. La totalidad de la turba fueguina es utilizada en otras provincias del país, lo que significa un importante costo de transporte para cubrir los 3000km hasta las principales zonas de consumo.

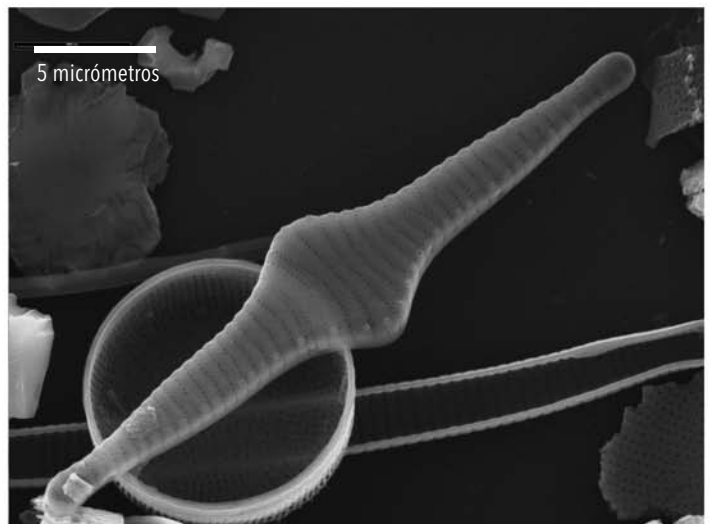
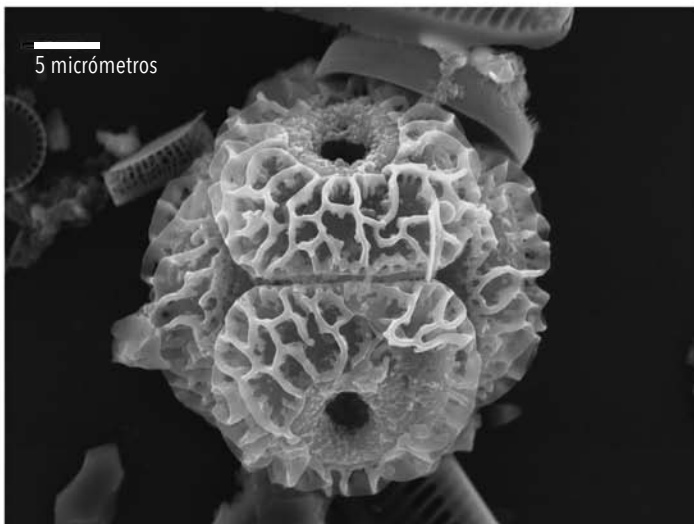
De cualquier modo, la producción local no satisface la demanda argentina, por lo que el país importa turba

del hemisferio norte, en particular de países como Lituania, Canadá, Alemania, Holanda, Finlandia y Estonia. Los registros de producción e importación de turba desde 1999 a la fecha muestran un consumo medio anual cercano a 10.000 toneladas, de las cuales unas 6500 se producen en Tierra del Fuego.

Archivos climáticos naturales

Las turberas de Tierra del Fuego son estudiadas por científicos de todo el mundo principalmente porque son ecosistemas razonablemente prístinos, es decir, poco afectados por la acción humana. Constituyen verdaderos bancos de datos, ya que por su crecimiento continuo registran información vinculada con las condiciones ambientales y climáticas de la región circundante a lo largo del tiempo. En los últimos años han cobrado gran importancia los estudios paleoclimáticos y paleoambientales (es decir, aquellos sobre el clima y el ambiente del pasado) basados en datos obtenidos en las turberas fueguinas. La superficie de las turberas actúa como una trampa que captura y preserva granos de polen, esporas, algas, insectos, hongos, restos vegetales e incluso troncos de árboles.

Los cambios de las comunidades vegetales a lo largo del tiempo son una respuesta a las variaciones climáticas y ambientales. Por lo tanto, la reconstrucción de las comunidades vegetales pretéritas a partir de registros obtenidos en turberas conduce a reconstruir el clima y los ecosistemas del pasado. Se habla del registro subfósil, porque se trata de restos de organismos vivos que no se fosilizaron o lo hicieron en forma incompleta. Las reconstrucciones de la historia climática de una región basadas en ese registro pueden cubrir todo el lapso que media entre el inicio de su formación y el presente.



Imágenes de microscopio de barrido electrónico de materiales obtenidos en turberas de la isla de los Estados. Izquierda: grano de polen de canelo (*Drimys winteri*). Derecha: un alga unicelular o diatomea del género *Fragilaria*.

Obtención de muestras

Los estudios paleoclimáticos y paleoambientales se hacen sobre muestras de forma cilíndrica que se obtienen hincando en la turbera y girando muestreadores o sacatestigos en forma de tubos que atrapan turba en su interior. Se avanza por pasos sucesivos hasta atravesar la totalidad del espesor de la turbera, desde su superficie hasta el fondo, el cual generalmente está compuesto por arcillas de color azulado, que datan de cuando la antigua cubeta aún funcionaba como lago. Posteriormente, en el laboratorio, los cilindros de turba obtenidos son seccionados en porciones de un centímetro y luego se estudian bajo el microscopio. Se estima que en aproximadamente diez años se acumula 1cm de espesor de turba, por lo que cada porción ilustra la historia ambiental de una década.

La vegetación y el clima del sur de Tierra del Fuego

Cuando se empezaron a formar las primeras turberas en la región, hacia unos 18.000 años antes del presente, las comunidades vegetales posglaciales cercanas al canal de Beagle no incluían árboles y se componían de matorrales, arbustos bajos y hierbas, como es propio de ambientes de estepa y tundra. Sin embargo, el bosque de hayas australes del género *Nothofagus* —hoy ampliamente extendido en los Andes patagónicos y fueguinos—, que había sobrevivido a la última glaciación en pequeños refugios, se encontraba en plena expansión como consecuencia de las nuevas condiciones climáticas globales, que le resultaban más favorables. Si bien el clima era más cálido que durante la glaciación, era más frío y seco que en la actualidad, porque los hielos no habían desaparecido aún del canal de Beagle y de los valles interiores. La situación se mantuvo así entre aproximadamente los 18.000 y los 11.000 años antes del presente, es decir, entre el fin de la glaciación y la desaparición completa de esos hielos.

Entre 10.000 y 8000 años atrás se establecieron comunidades vegetales transicionales entre el bosque y la estepa en las tierras bajas sobre el canal de Beagle, mientras en los valles interiores se extendía una vegetación de pastizales y arbustos y el hielo ocupaba áreas de mayor altura sobre esos valles. A partir de unos 6000 años atrás, el bosque de *Nothofagus* denominado bosque subantártico siempreverde se extendió tanto a lo largo del canal de Beagle como en los valles interiores. Ese tipo de bosque cerrado dominó la totalidad del paisaje hacia 5000 años atrás, cuando las condiciones climáticas eran también más frías y húmedas que hoy. Entre hace unos 1000 y 500 años antes del presente —es decir, entre los años 1000 y 1500 de nuestra era— se registró un retroceso del bosque de *Nothofagus*, posiblemente como respuesta a un cambio climático global conocido

por ‘Óptimo Medieval’, caracterizado a grandes rasgos por un clima más cálido y seco que el actual.

Durante los últimos 500 años el bosque volvió a recuperarse, aunque no llegó a hacerse tan denso y cerrado como el que existió hace 5000 años. En ese cambio de las comunidades vegetales podría haber influido el último enfriamiento del clima de la Tierra, denominado la ‘pequeña edad de hielo’, que aconteció entre aproximadamente mediados de los siglos XVI y XIX, cuando la temperatura media global se ubicó por debajo de la actual y la humedad relativa y las precipitaciones fueron, en términos generales, mayores que las de hoy.



Extracción de muestras de turba en una turbera de musgos del género *Sphagnum*, en la estancia Harberton, sobre la margen norte del canal de Beagle.



Extremo de un sacatestigo usado para tomar una muestra del fondo de una turbera de musgo *Sphagnum*. Se observa una capa de ceniza volcánica o tefra de unos 4cm de espesor, cuya presencia se atribuye a una erupción del volcán Hudson ocurrida hace aproximadamente 6000 años.

Isla de los Estados		Sur de Tierra del Fuego		El tiempo está indicado en miles de años antes del presente.	
Vegetación	Clima	Vegetación	Clima		
Bosque abierto	Frío, menos húmedo	Bosque abierto	Frío, menos húmedo	0	Neoglaciaciones
Bosque cerrado subantártico siempreverde (<i>N. betuloides</i> / <i>Drimys winteri</i>)	Riguroso, muy frío hiperhúmedo	Bosque cerrado de <i>Nothofagus</i> (<i>N. pumilio</i> / <i>N. betuloides</i>)	Frío húmedo	1	
		Expansión del bosque cerrado de <i>Nothofagus</i> (<i>N. pumilio</i>)		2	
Transición bosque subantártico siempreverde / Tundra magallánica	Frío, húmedo		Bosque abierto de <i>Nothofagus</i> / estepa	Templado seco (relativamente más húmedo)	3
Bosque abierto (<i>N. antarctica</i> / <i>N. betuloides</i>) brezal arbustivo, matorrales y hierbas	Fresco, húmedo	Estepa / tundra	Frío seco	4	
Brezal arbustivo, matorrales y pastizales escasos árboles (<i>N. antarctica</i>)	Templado, más seco			5	
Praderas húmedas con escasos arbustos y sin árboles	Localmente más húmedo	Aumento de <i>Nothofagus</i>	Moderado	6	Mejoramientos climáticos Retroceso de los glaciares
Sin datos	Frío seco	Estepa / tundra	Frío seco	7	
		Desarrollo de las primeras turberas		8	
Presencia de glaciares		Estepa / tundra	Frío seco	9	Glaciación
		Desarrollo de la primeras turberas		10	
		Presencia de glaciares		11	
				12	
				13	
				14	
				15	
				16	
				17	
				18	
				19	
				20	
				21	
				22	
				23	
				24	

Turberas y volcanes patagónicos

Algunos volcanes de los Andes patagónicos han hecho erupción en las últimas décadas y emitido abundante ceniza, entre ellos, el Hudson en 1991, el Chaitén en 2008 y el Cordón Caulle en 2011. Impulsada por los vientos, esa ceniza alcanzó en grado variable gran parte de la meseta patagónica, Tierra del Fuego y la región central del país. El fenómeno no es nuevo: las turberas fueguinas demuestran que viene acaciciendo desde hace miles de años.

La acumulación de cenizas volcánicas en forma de capas sobre la superficie de una turbera o lago es conocida con el nombre de *tefra*. Esa clase de lluvia de ceniza produce una drástica modificación de las especies vegetales que componen una turbera por la incorporación masiva de nutrientes y la creación de una capa de suelo impermeable. Los cuerpos de agua también se ven afectados por el aporte de nutrientes, los que generan cambios en las propiedades físicas y químicas del agua. La datación por carbono radiactivo de la turba inmediatamente por encima y por debajo de las cenizas permite establecer el momento aproximado de la erupción. Por su lado, el análisis químico del vidrio volcánico que forma la ceniza permite muchas veces identificar la procedencia del material, por comparación con el producto de erupciones actuales.

Las turberas fueguinas permitieron establecer que el volcán Hudson, ubicado en el límite norte de la provincia de Santa Cruz y a 1100km de Tierra del Fuego, hizo una gran erupción hace aproximadamente 6000 años. Sus cenizas llegaron llevadas por vientos del noroeste y formaron capas de *tefra* de más de 5cm de espesor sobre la vegetación de las turberas. Tanto por su amplia distribución como por el espesor de dichas capas, hoy compactadas,

Evolución de la vegetación y del clima en el sur de Tierra del Fuego y en la isla de los Estados. Cuadro basado en estudios de granos de polen y esporas subfósiles encontrados en turberas.

se infiere que las consecuencias ambientales de la erupción deben haber sido catastróficas para la vegetación, la fauna herbívora y los pueblos cazadores-recolectores que habitaban la región.

También se han identificado cenizas de una erupción más antigua en turberas del sur de la isla Grande y de la isla de los Estados que pudo haber ocurrido entre hace 14.000 y 12.000 años, pero aún no se pudo determinar qué volcán la originó.

Cambio climático actual

La intensidad del cambio global que acusan los indicadores climáticos de las últimas décadas y su relación con causas atribuibles a la acción humana no se pueden diagnosticar correctamente sin conocer los mecanismos naturales de escala planetaria que han operado de forma recurrente en el pasado, en especial durante los últimos 22.000 años, es decir, desde el inicio del retroceso de los

hielos de la última glaciación, cuando no se manifestaban efectos de acciones humanas en la atmósfera.

El estudio del cambio climático actual comenzó recientemente con la generación de series temporales de datos de temperatura, humedad, precipitaciones, etcétera. Sin embargo, la extensión de esas series hacia el pasado no puede exceder las fechas de invención de instrumentos meteorológicos como el termómetro, el barómetro, el anemómetro y otros, es decir, mediados del siglo XV. Por eso solo se dispone de información global continua y completa desde principios del siglo XX. Como consecuencia, las series son insuficientes para deducir una tendencia climática, y resultan escasamente representativas en la escala de los tiempos geológicos. De ahí la necesidad de buscar otros fundamentos para delinear la historia climática y ambiental del planeta durante los últimos miles de años. Las turberas, precisamente, pueden proporcionarlos. Sus características biológicas, físicas y químicas las convierten en bancos de datos climáticos valiosos para comprender el cambio climático actual. **CH**

LECTURAS SUGERIDAS

BLANCO ED y DE LA BALZE VM, 2004, *Los turbales de la Patagonia. Base para su inventario y la conservación de su biodiversidad*, Wetlands International, Wageningen.

BORROMEI AM y QUATTROCCHIO M, 2008, 'Late and postglacial paleoenvironments of Tierra del Fuego. Terrestrial and marine palynological evidence', en Rabassa J (ed.), *Developments in Quaternary Sciences*, Elsevier.

ITURRASPE R, 2010, *Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global*, Wetlands International, Wageningen.

PONCE JF & FERNÁNDEZ M, 2013, *Climatic and Environmental History of Isla de los Estados*, Springer.

PONCE JF, BORROMEI AM y RABASSA J, 2011, 'Evolución del paisaje y la vegetación durante el Cenozoico tardío en el extremo sureste del archipiélago fueguino y el canal de Beagle', en AF Zangrando, M Vázquez y A Tessone (eds.), *Los cazadores-recolectores del extremo oriental fueguino. Arqueología de península Mitre e isla de los Estados*, Sociedad Argentina de Antropología, Buenos Aires.

RABASSA J et al., 2006, 'The peatbogs of Argentine Tierra del Fuego as a source for paleoclimatic and paleoenvironmental information', en IP Martini, A Martínez Cortizas & W Chesworth (eds.), *Peatlands: Evolution and Records of Environmental and Climate Changes*, Elsevier.



Juan Federico Ponce

Doctor en geología, Universidad Nacional del Sur.
Investigador asistente del Conicet en el CADIC.



Andrea Coronato

Doctora en geografía, FFYL, UBA.
Investigadora independiente del Conicet en el CADIC.
Profesora titular, Universidad Nacional de Tierra del Fuego.



Marilén Fernández

Doctora en Ciencias Naturales (Arqueología), UNLP.
Becaria posdoctoral del Conicet en el CADIC.



Claudio Roig

Licenciado en geología, UNLP.
Profesor adjunto, Universidad Nacional de Tierra del Fuego.



Jorge Rabassa

Doctor en Ciencias Naturales (Geología), UNLP.
Investigador superior del Conicet en el CADIC.
Profesor titular, Universidad Nacional de Tierra del Fuego.