

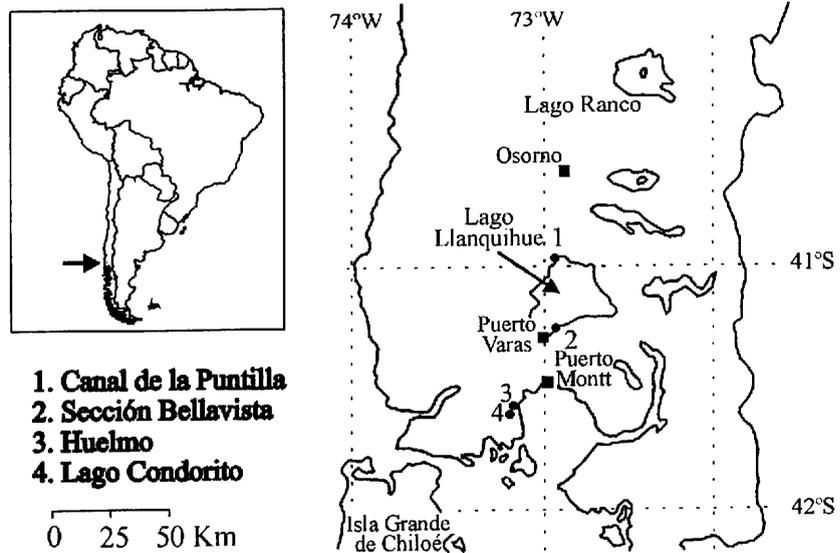
## VARIABILIDAD CLIMATICA TARDIGLACIAL A ESCALAS DE TIEMPO MILENIAL EN LA REGION DE LOS LAGOS CHILENA

Moreno, P.<sup>1</sup>

Gracias a la abundancia de registros sedimentarios de la última glaciación, la Región de los Lagos del sur de Chile es ideal para estudiar la estructura y cronología de cambios climáticos desde y durante el Ultimo Máximo Glacial (UMG, ~35-14 ka; ka= 10<sup>3</sup> años AP), y la historia de cambios en el cinturón de vientos del oeste. Esta región es una de las más exhaustivamente estudiadas en Sudamérica desde las perspectivas de geología glacial y palinología. Estudios recientes en esta área (1-4) se han focalizado en el desarrollo de registros paleoclimáticos de alta resolución espacial y temporal, controlados por una cronología radiocarbónica de alta precisión.

En el presente trabajo, se discuten los resultados de sitios palinológicos (Fig. 1) ubicados en el Valle Longitudinal de la Región de los Lagos, los cuales cubren el UMG y el término de la última glaciación. Estos sitios fueron seleccionados para representar distintos ambientes deposicionales y, así, evaluar si los procesos de cambio vegetacional pasados fueron de carácter regional o sitio-específicos. Los perfiles de sedimento fueron obtenidos mediante un barrenado de pistón Wright a partir de lagos y pantanos en estrecha asociación con depósitos y geformas glaciales (2, 5).

Fig. 1. Mapa del área de estudio mostrando la ubicación de los sitios palinológicos discutidos en el texto.



1. Canal de la Puntilla
2. Sección Bellavista
3. Huelmo
4. Lago Condorito

0 25 50 Km

Los sitios Canal de la Puntilla, Huelmo y la Sección Bellavista (Figs. 2A-B y 3A) muestran el predominio de *Nothofagus* tipo *dombeyi*, Poaceae y otras herbáceas entre 20.2 y 14.6 ka, lo que sugiere un paisaje vegetacional abierto bajo condiciones más frías que las actuales. La presencia de taxa subantárticos (*Huperzia selago*) y

especies comúnmente asociadas al límite arbóreo (*Perezia*-tipo, *Valeriana*, *Maytenus disticha*-tipo y *Lycopodium magellanicum*) sugieren un descenso del límite arbóreo del orden de 900-1000 m, correspondiente a una depresión de temperaturas anuales de 6-7°C durante los episodios más fríos del UMG. La presencia de taxa de Tundras Magallánicas entre 20.2 y 13 ka sugiere precipitaciones más abundantes que en la actualidad, como se infiere a partir de su distribución actual en las regiones hiperhúmedas de los canales del sur de Chile y en las cimas de la Cordillera de la Costa de Isla Grande de Chiloé y la Región de los Lagos. Las precipitaciones medias anuales en dichos sectores comúnmente exceden los 3.500 mm/año, por lo que es posible estimar un incremento de al menos 1600 mm/año, o aproximadamente el doble de los valores actuales en el Valle Longitudinal de la Región de los Lagos entre 20.2 y 13 ka. La reconstrucción de incremento de precipitación durante el UMG ha sido validada por registros de polen y coleópteros fósiles en el área de estudio (6, 7) y, más recientemente, por modelos

<sup>1</sup> Departamento de Biología, Universidad de Chile, Las Palmeras 3425, Ñuñoa, Santiago, Chile.

glaciológicos (8), registros estratigráficos marinos obtenidos frente a la costa de Valparaíso (9) y modelos de circulación general atmosférica de los vientos del oeste del Hemisferio Sur durante el UMG (10).

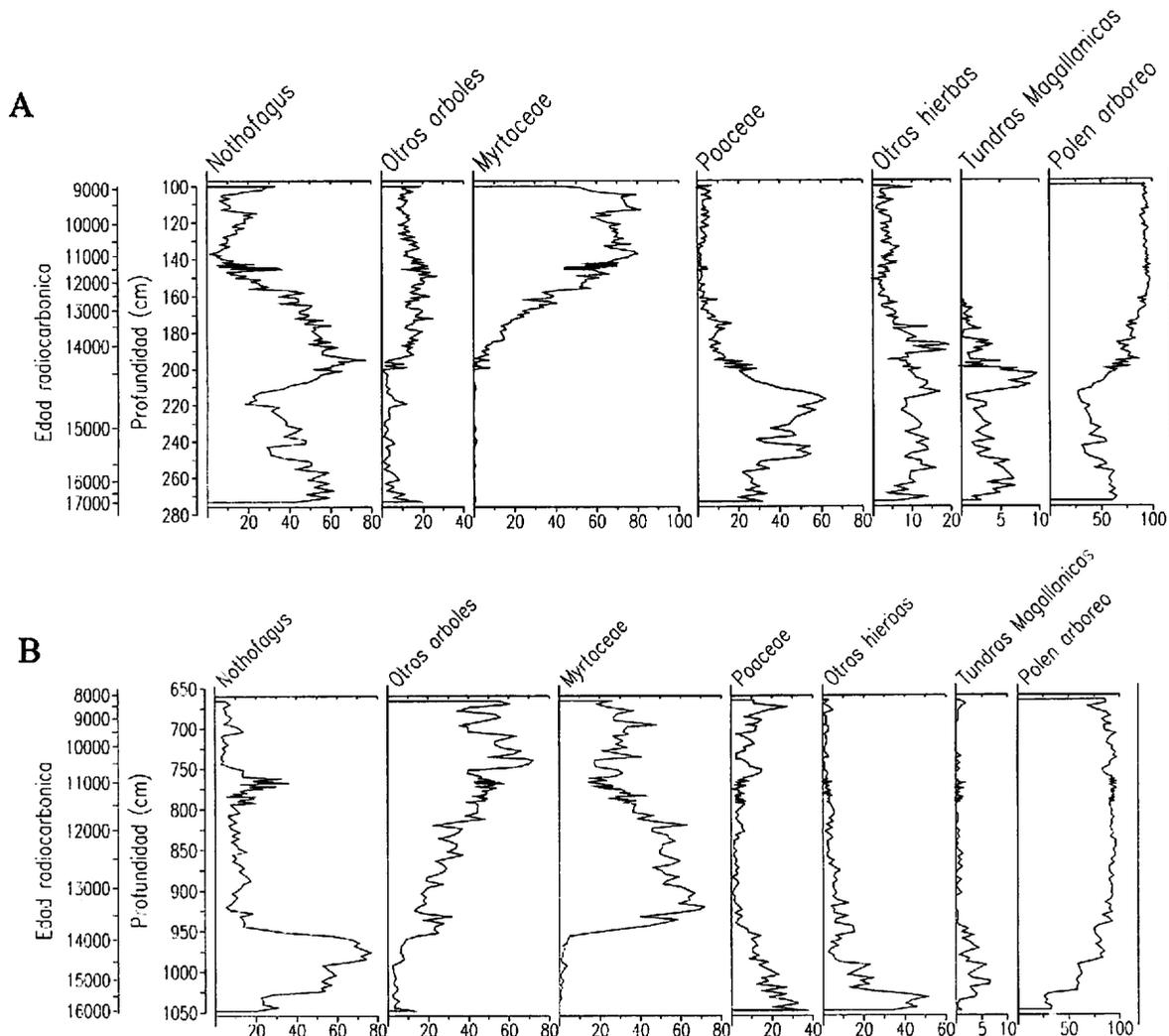


Fig. 2. Diagramas porcentuales simplificados de los sitios Canal de la Puntilla (A) y Huelmo (B). Los modelos de edad utilizados para asignar edades a los niveles analizados fueron derivados a partir de ecuaciones polinomiales sobre las dataciones radiocarbónicas de cada sitio.

El término del UMG ocurrió a los ~14.6 ka con un calentamiento que gatilló el rápido retroceso de los lóbulos glaciares piedemonte en la Región de los Lagos e Isla Grande de Chiloé (2, 3). Los sitios Canal de la Puntilla y Huelmo registran el comienzo de una rápida expansión de *Nothofagus* tipo *dombeyi* a los 14.6 ka (Fig.2). Varias especies incluidas en el palinomorfo *Nothofagus* tipo *dombeyi* se caracterizan por colonizar rápidamente sustratos recientemente deglaciados o perturbados, y dominar las etapas sucesionales tempranas en el proceso de reforestación. Considerando estas características autoecológicas, es posible interpretar la temprana expansión de *Nothofagus* tipo *dombeyi* como una rápida respuesta de la vegetación al primer pulso de calentamiento que marcó el inicio de la última terminación (14.6-10 ka, también conocida como tardiglacial o Late Glacial). A los 14.2 ka se registra la rápida expansión de Myrtaceae y otros taxa arbóreos característicos de los bosques Norpatagónicos australes. Este evento puede interpretarse como: (a) un segundo pulso de calentamiento; y/o (b) retardo migracional de los elementos de bosque Norpatagónicos desde refugios glaciales.

Entre 14.2 y 13 ka se registra lo que podría considerarse como una fase de transición en la expansión del bosque hacia el Valle Longitudinal de la Región de los Lagos (Fig. 2), debido a que no es sino hasta 13 ka que ocurre un incremento notable en la diversidad y productividad arbórea. Esta diversificación y expansión de bosques Norpatagónicos se correlaciona con el abrupto incremento de polen arbóreo entre 13 y 12.5 ka en registros palinológicos de Isla Grande de Chiloé (11-13), razón por la cual se infiere otro pulso de calentamiento a los ~13 ka. Simultáneamente, los registros de Canal de la Puntilla y Huelmo (Fig. 2) muestran la desaparición de Tundras Magallánicas a los 13 ka, lo cual podría indicar un cambio en los patrones de precipitaciones desde un régimen **hiperhúmedo**, característico del UMG, hacia un régimen **húmedo** similar al imperante en la actualidad en el área de estudio.

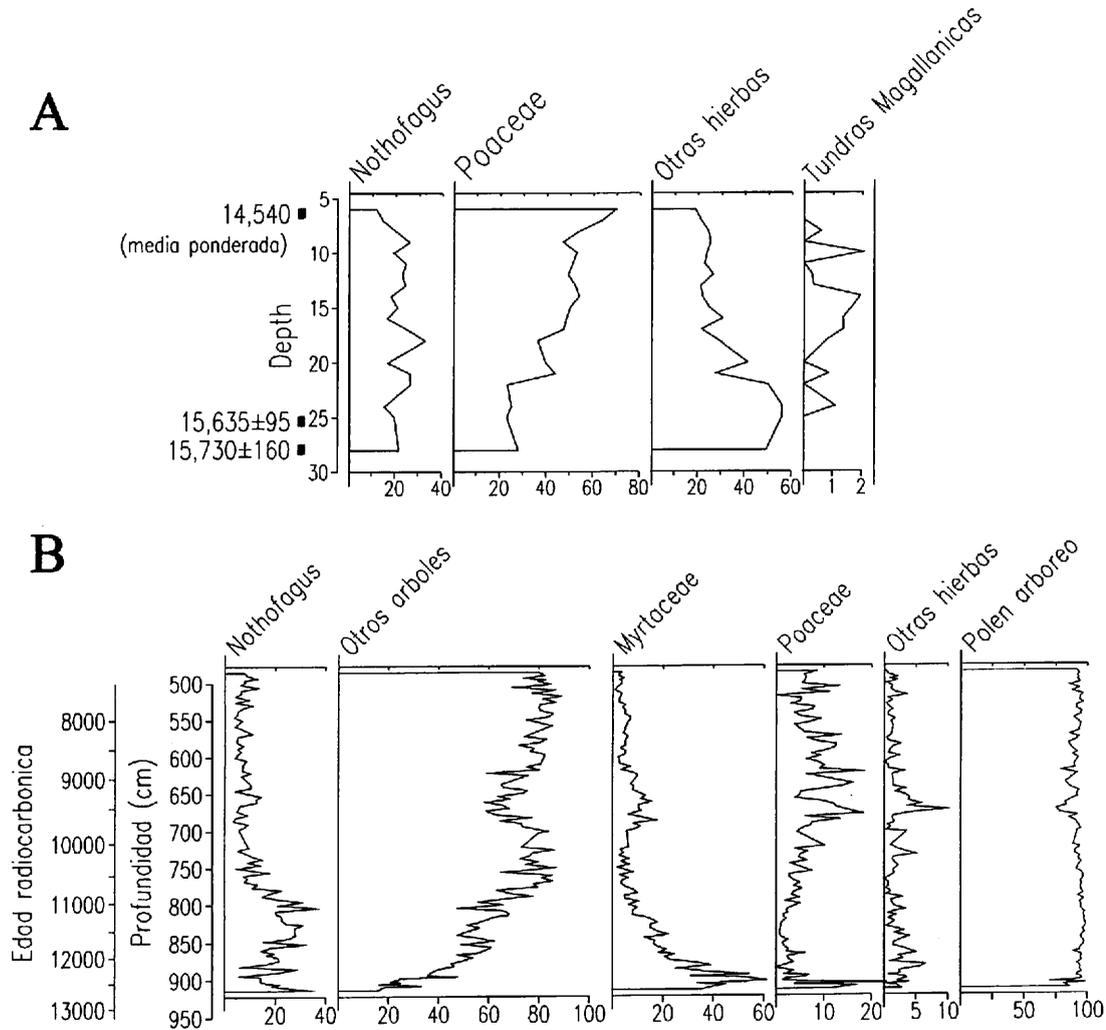


Fig. 3. Diagramas porcentuales simplificados de los sitios Sección Bellavista (A) y Lago Condorito (B).

Los registros de Canal de la Puntilla, Huelmo y Lago Condorito muestran entre 13 y 10 ka (Figs. 2A-B, 3B) ensamblajes polínicos similares a comunidades de bosque Norpatagónico, actualmente distribuidas en los sectores medios y altos de las cordilleras de la Región de los Lagos. Los tres sitios coinciden en mostrar ensamblajes con especies leñosas Norpatagónicas relativamente termófilas y **ausencia de coníferas** entre 13 y 12.2 ka. A continuación ocurre la expansión de *Nothofagus* tipo *dombeyi* y la conífera *Podocarpus nubigena* entre 12.2 y 10 ka. Ambos taxa son resistentes al frío y característicos de las comunidades de bosque Norpatagónico con coníferas ubicadas en los sectores altos de la Cordillera de la Costa y los Andes.

Los sitios Canal de la Puntilla, Huelmo y Lago Condorito muestran la desaparición de *Podocarpus nubigena*, disminución de *Nothofagus* tipo *dombeyi* y expansión de taxa termófilos a los 10 ka, indicando el inicio del Holoceno. Posteriormente ocurre la expansión del taxón valdiviano *Eucryphia/Caldcluvia* a los 9.2 ka en los sitios Huelmo y Lago Condorito, una vez instauradas las condiciones de temperatura y precipitación características del clima actual en el Valle Longitudinal de la Región de los Lagos.

En resumen, los sitios Canal de la Puntilla, Huelmo, Lago Condorito y Sección Bellavista sugieren condiciones más frías y húmedas que en la actualidad persistieron durante el UMG en la zona de estudio (Fig.4). Estas condiciones terminaron abruptamente con un calentamiento a los 14.6 ka, el cual gatilló el colapso de los lóbulos glaciales andinos y expansión de taxa arbóreos en el Valle Longitudinal de la Región de los Lagos chilena. Tres pulsos de calentamiento (14.6, 14.2 y 13 ka) llevaron el clima glacial a condiciones similares a las actuales, lo cual sugiere que la recuperación térmica desde el UMG hasta valores cercanos a los actuales tomó ~1600 años  $^{14}\text{C}$ . Condiciones similares a las actuales imperaron entre 13 y 12.2 ka, seguidas por una reversión climática entre 12.2 y 10 ka. La depresión máxima de

temperaturas durante este período de enfriamiento (11.2-10 ka) fue relativamente leve, como lo indica la persistencia de comunidades de bosque Norpatagónico. A continuación se registra un calentamiento a los 10 ka que dió inicio al Holoceno, seguido de una reducción en la precipitación a los 9.2 ka.

Los resultados aquí presentados sugieren la ocurrencia de importantes transformaciones vegetacionales y climáticas a escalas de tiempo milenial entre 14.6 y 9.2 ka. Si estos patrones son replicados mediante estudios adicionales, ello implicaría que la cronología y estructura de cambios paleoambientales durante el tardiglacial y Holoceno temprano en las latitudes medias del Hemisferio Sur fueron similares a registros paleoclimáticos de Antártica y las latitudes medias del Hemisferio Norte (14). Tal simetría, en cuanto a las direcciones, tasas y frecuencia de cambios paleoclimáticos, no es fácilmente explicable a través de mecanismos de acoplamiento climático interhemisférico que enfatizan el rol de variaciones en insolación (hipótesis astronómica), ni por cambios abruptos tipo balancín bipolar en la circulación oceánica termohalina (15, 16). Por el contrario, los datos de la Región de los Lagos sugieren que la atmósfera tuvo un rol fundamental en la generación y transferencia de señales climáticas a escala global durante el término de la última glaciación.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro de los proyectos Fondecyt #1000905 y D.I.D. # IO11-98/2.

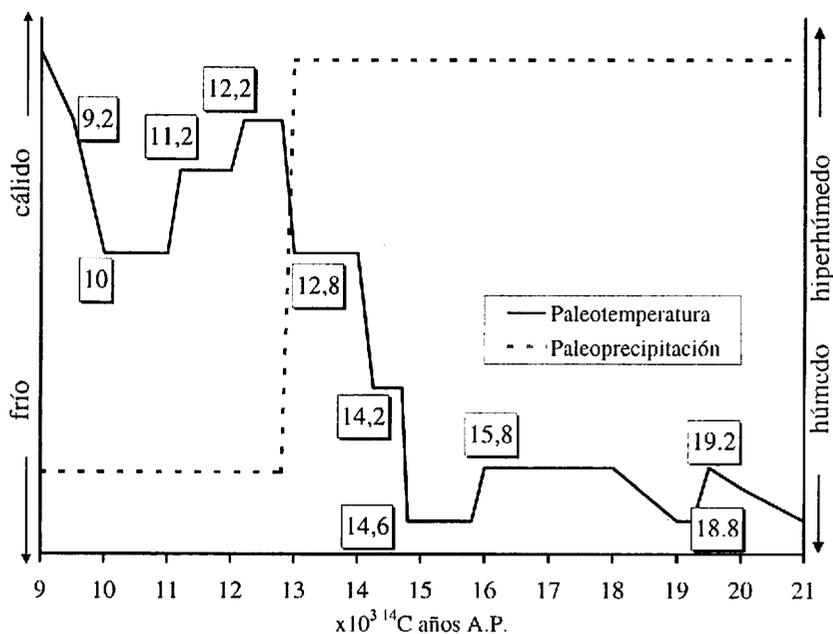


Fig. 4. Resumen de las cronologías, direcciones y magnitudes inferidas de cambio climático durante el UMG y tardiglacial en el Valle Longitudinal de la Región de los Lagos chilena. Los números al interior de rectángulos indican la edad radiocarbónica para el inicio de los cambios en las estratigrafías polínicas.

## REFERENCIAS

1. Lowell, T. V., Heusser, C. J., Andersen, B. G., P.I., M., Hauser, A., Denton, G. H., Heusser, L. E., Schluchter, C., and Marchant, D. 1995. Interhemispheric correlation of Late Pleistocene Glacial events. *Science* 269, 1541-1549.
2. Denton, G. H., Lowell, T. V., Moreno, P. I., Andersen, B. G., and Schlüchter, C. 1999a. Geomorphology, Stratigraphy, and Radiocarbon Chronology of Llanquihue Drift in the Area of the Southern Lake District, Seno Reloncaví, and Isla Grande De Chiloé, Chile. *Geografiska Annaler* 81 A, 167-229.
3. Denton, G. H., Lowell, T. V., Moreno, P. I., Andersen, B. G., and Schlüchter, C. 1999b. Interhemispheric linkage of paleoclimate during the last glaciation. *Geografiska Annaler* 81 A, 107-153.
4. Moreno, P. I., Jacobson, G. L., Andersen, B. G., Lowell, T. V., and Denton, G. H. 1999. Vegetation and climate changes during the last glacial maximum and the last termination in the Chilean Lake District: A case study from Canal de la Puntilla (41°S). *Geografiska Annaler* 81 A, 285-311.
5. Andersen, B. G., Denton, G. H., and Lowell, T. V. 1999. Glacial geomorphologic maps of Llanquihue drift in the area of the southern Lake District, Chile. *Geografiska Annaler* 81 A, 155-166.
6. Hoganson, J. W., and Ashworth, A. C. 1992. Fossil beetle evidence for climatic change 18,000-10,000 years B.P. in south-central Chile. *Quaternary Research* 37, 101-116.
7. Heusser, C. J., Heusser, L. E., and Lowell, T. V. 1999. Paleoecology of the southern Chilean Lake District- Isla Grande de Chiloé during middle-Late Llanquihue glaciation and deglaciation. *Geografiska Annaler* 81 A, 231-284.
8. Hulton, N., Sugden, D., Payne, A., and Clapperton, C. 1994. Glacier modeling and the climate of Patagonia during the last glacial maximum. *Quaternary Research* 42, 1-19.
9. Lamy, F., Hebblen, D., and Wefer, G. 1999. High-resolution marine record of climate change in mid-latitude Chile during the last 28,000 years based on terrigenous sediment parameters. *Quaternary Research* 51, 83-93.
10. Wyrwoll, K.-H., Dong, B., and Valdes, P. 2000. On the position of southern hemisphere westerlies at the Last Glacial Maximum: an outline of AGCM simulation results and evaluation of their implications. *Quaternary Science Reviews* 19, 881-898.
11. Villagrán, C. 1985. Análisis palinológico de los cambios vegetacionales durante el Tardiglacial y Postglacial en Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 58, 57-69.
12. Villagrán, C. 1988a. Expansion of Magellanic moorland during the Late Pleistocene: palynological evidence from northern Isla Grande de Chiloé, Chile. *Quaternary Research* 30, 304-314.
13. Villagrán, C. 1988b. Late Quaternary vegetation of Southern Isla Grande de Chiloé, Chile. *Quaternary Research* 29, 294-306.
14. Steig, E. J., Brook, E. J., White, J. W. C., Sucher, C. M., Bender, M. L., Lehman, S. J., Morse, D. L., Waddington, E. D., and Clow, G. D. 1998. Synchronous climate changes in Antarctica and the North Atlantic. *Science* 282, 92-95.
15. Broecker, W. S. 1997. Thermohaline circulation, the Achilles heel of our climate system: will man made CO<sub>2</sub> upset the current balance? *Science* 278, 1582-1588.
16. Broecker, W. S. 1998. Paleocean circulation during the last deglaciation: A bipolar seesaw? *Paleoceanography* 13, 119-121.