

Alerces, testigos milenarios del clima planetario

El estudio de los anillos de crecimiento de los árboles —o dendrocronología— presenta un valioso potencial de información aún poco desarrollado en Chile.

*Investigaciones recientes de este tipo en alerce (*Fitzroya cupressoides*) han permitido realizar reconstrucciones de temperatura para los últimos 3.620 años, y han demostrado que el alerce es la segunda especie más longeva del planeta. Se presenta aquí una revisión de los estudios dendrocronológicos en Chile y se presentan dos nuevas cronologías de anchos de anillos —una para la Cordillera de la Costa y la otra para la Depresión Intermedia—, y su comparación con cronologías existentes.*

Antonio Lara*; Juan Carlos Aravena**;
Ricardo Villalba***



Cada día existe una preocupación mayor por el proceso de cambio climático global. Para entender este fenómeno es fundamental extender los registros climáticos hasta la época pre-instrumental, lo cual es posible mediante diversas fuentes de registros aproximados, tales como los perfiles de polen, los anillos de crecimiento de los árboles o las fluctuaciones de los glaciares.

La cantidad de registros climáticos instrumentales y aproximados para Chile y Sudamérica son en general muy escasos comparados con los de las zonas templadas

del Hemisferio Norte. Sin embargo, los registros paleoclimáticos del Hemisferio Sur son fundamentales para el entendimiento del sistema climático global, ya que las diferencias climáticas entre el Hemisferio Norte y Sur pueden proporcionar importantes claves para dilucidar los mecanismos que explican los cambios climáticos globales¹. Esto explica el interés reciente de investigadores de ambos hemisferios por desarrollar estudios comparativos que permitan entender mejor los mecanismos, patrones espaciales y la extensión del cambio climático global.

La disciplina que estudia los anillos de crecimiento de los árboles, denominada dendrocronología, comenzó a desarrollarse a principios de este siglo en Estados Unidos (ver Recuadro). Este tipo de estudios puede

* Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile.

** Laboratorio de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

*** Laboratorio de Dendrocronología, CRICYT-Mendoza.

proporcionar registros aproximados de temperatura que se extienden por más de 3 mil años, los que—a diferencia de otros registros menos precisos— tienen una resolución anual.

Los anillos de crecimiento de especies tales como alerce (*Fitzroya cupressoides*), ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), ciprés de las Guaytecas (*Pilgerodendron uvifera*), araucaria (*Araucaria araucana*) y lenga (*Nothofagus pumilio*), han sido utilizados en Chile y Argentina para la reconstrucción de fluctuaciones glaciales, erupciones volcánicas, reconstrucción de temperatura y precipitación, Oscilación del Sur o El Niño (ENSO), y posición del Anticiclón del Pacífico.

A continuación se revisa el estado de avance y la potencialidad de la dendrocronología en Chile, con énfasis en alerce, y se presentan dos nuevas cronologías (series correctamente fechadas de anillos), comparándolas con la información existente.

El método dendrocronológico para la reconstrucción ambiental

Una primera etapa en la reconstrucción de temperaturas a partir de anillos de crecimiento consiste en la producción de cronologías de anchos de anillos. Para producir estas cronologías, es necesario coleccionar tarugos de los árboles vivos mediante un taladro de incremento,

Resumen

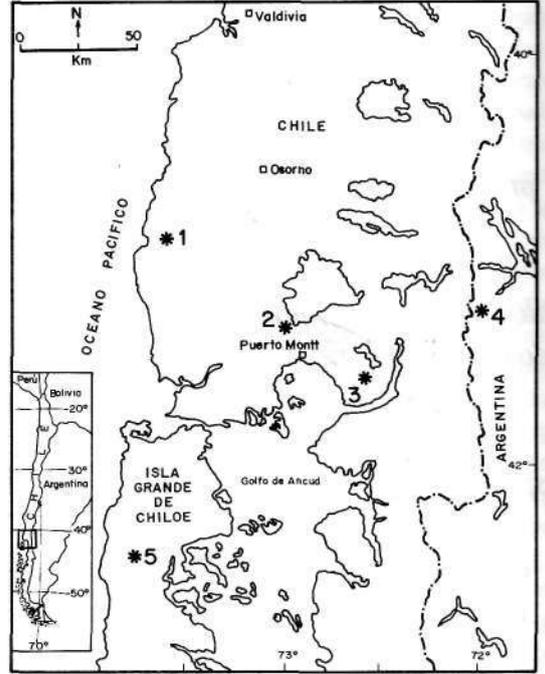
El estudio de los anillos de crecimiento de los árboles —o dendrocronología— permite estimar climas del pasado, actividad volcánica antigua y, en general, diversos factores ambientales. Este tipo de estudios presenta un valioso potencial de información aún poco desarrollado en Chile. Investigaciones recientes de este tipo en alerce (*Fitzroya cupressoides*) han permitido realizar reconstrucciones de temperatura para los últimos 3.620 años, y han demostrado que el alerce es la segunda especie más longeva del planeta. Se presenta una revisión de los estudios dendrocronológicos en Chile y se presentan dos nuevas cronologías de anchos de anillos (una para la Cordillera de la Costa y la otra para la Depresión Intermedia), y su comparación con cronologías existentes. Los anillos de los árboles que han crecido en Chile durante los últimos milenios contienen información climática y ambiental de significación no sólo local sino continental y global. El potencial que muestra la dendrocronología en Chile, sugiere la necesidad de promover el desarrollo de esta disciplina en el país.

Abstract

The study of growth rings on trees -dendrochronology- permits estimation of past climates, volcanic activity and other, diverse environmental factors. This type of study presents a valuable, but still underdeveloped, potential for information in Chile. Recent research of this kind on larch (*Fitzroya cupressoides*) have made it possible to reconstruct temperatures for the past 3,620 years, demonstrating that the larch is the second-longest living tree on the planet. This article presents a review of dendrochronological studies in Chile and two new chronologies of ring width (one for the Coastal Mountain Range and the other for the Central Valley), comparing both with previously existing chronologies. The rings of trees that have grown in Chile during the past millenniums contain climatic and environmental information of great significance not only locally, but also on the continental and global levels. The potential of dendrochronology in Chile suggests the need for further development of this discipline in the country.

Figura 1.

Mapa de ubicación de las cronologías de ancho de anillos discutidas en el texto.



Sitios:

- 1: Los Pabilos. 2: Neumann. 3: Lenca. 4: Río Alerce. 5: Chiloé.

así como cuñas y secciones transversales de tocones y árboles muertos. Las muestras son montadas y lijadas hasta que se distinguen claramente los anillos, y posteriormente son cofechadas.

La realización del cofechado es necesaria, puesto que algunos árboles eventualmente no formaron un anillo en determinado año (anillo faltante) o formaron dos anillos en el mismo año (anillos dobles o falsos). El cofechado consiste en comparar las variaciones en los anchos de los anillos de muestras de diferentes árboles, lo cual permite determinar el año exacto en el cual cada anillo se formó. Posteriormente las muestras se miden bajo un microscopio con un instrumento especial que tiene una precisión de 0,001 mm, el cual está directamente conectado a un computador y genera los archivos digitales correspondientes.

Estas series de anchos de anillos se analizan con el programa computacional COFECHA, que permite comprobar y corregir el cofechado². Una vez que las muestras están cofechadas, se procede a producir las cronologías

Tabla 1
Estadígrafos de las cronologías de ancho de anillos de crecimiento de Pabilos, Lenca y Neumann.

CARACTERÍSTICAS DEL SITIO	CRONOLOGÍA		
	PABILOS	LENCA	NEUMANN
Latitud S, Longitud W	40° 54', 73° 45'	41° 33', 72° 36'	41° 22', 73° 03'
Area Geográfica	Cordillera de la Costa	Cordillera de los Andes	Depresión Intermedia
Altitud (m sobre el nivel del mar)	800	875	100
ESTADÍGRAFOS GLOBALES			
Período total	350-1991 D.C.	1637 A.C. - 1987 D.C.	1686-1992 D.C.
Número de años	1642	3625	307
Número de series	16	43	34
Sensibilidad media*	0.163	0.184	0.139
PERIODO 1750-1849			
Número de árboles	7	25	5
Correlación entre árboles	0.215	0.209	0.233
PERIODO 1850-1949			
Número de árboles	7	19	25
Correlación entre árboles	0.246	0.286	0.229
PERIODO 1881-1980			
Número de árboles	7	16	28
Correlación entre árboles	0.153	0.258	0.227

* Sensibilidad media: estadígrafo que mide el cambio relativo entre el ancho de anillos de crecimiento adyacentes. Valores más altos indican un sitio con mejores características para estudios dendroclimáticos.

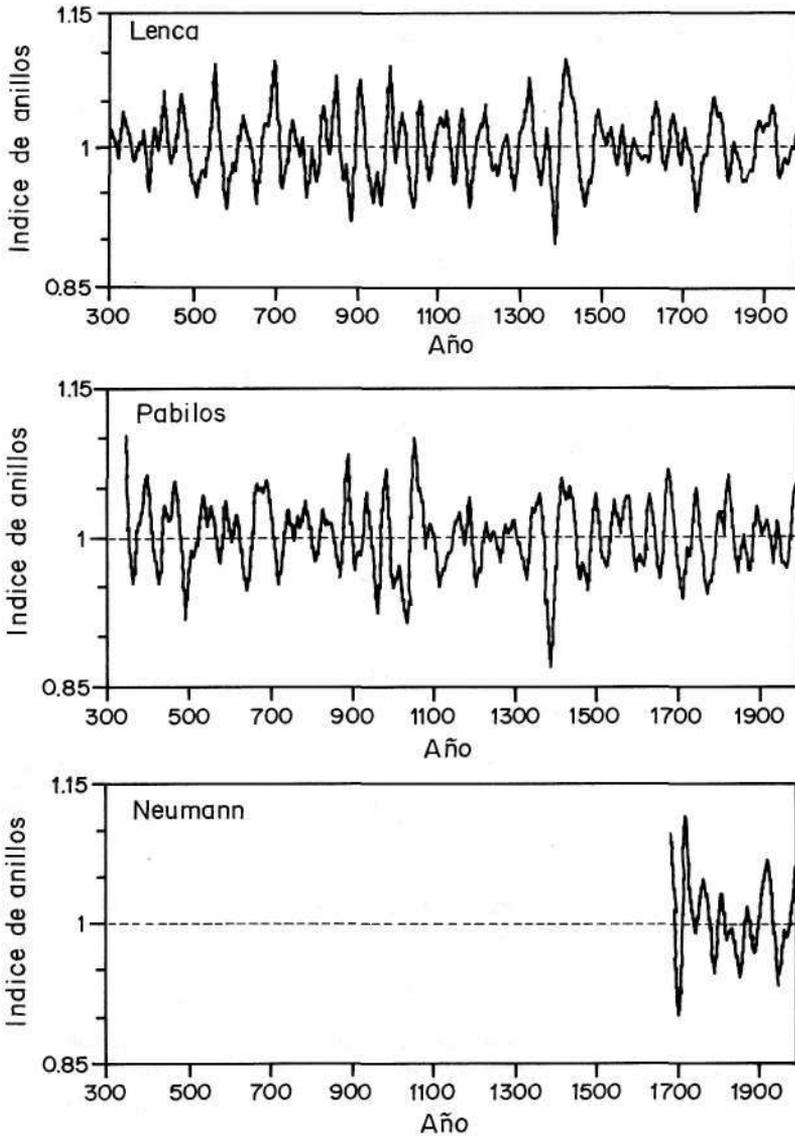
correspondientes mediante el programa ARSTAN³. Este programa realiza la *estandarización* de las series individuales para cada árbol. La estandarización consiste en ajustar una curva flexible a cada serie de anchos de anillos individual, de tal manera de homogenizar la varianza y remover los efectos del cambio de la tasa de crecimiento del árbol debido a su aumento de edad⁴. Las cronologías producidas por ARSTAN entregan para cada año un índice adimensional proporcional al ancho del anillo, que corresponde al promedio de las diferentes muestras para ese año.

Posteriormente, se realiza análisis de correlación entre los índices de los anillos y variables climáticas para un conjunto de estaciones climáticas cercanas. En el caso

del alerce, se ha encontrado una correlación negativa entre la temperatura del verano anterior y el ancho del anillo (a mayor temperatura, menor ancho de anillo)^{5,6}. Esta correlación entre ancho de anillo y variable climática —por ejemplo, temperatura— ha permitido construir modelos para estimar las temperaturas del período previo a los registros meteorológicos a partir del ancho de anillo.

Usando el método de correlación señalado, se ha logrado un registro aproximado de temperaturas para el Sur de Sudamérica basado en las cronologías de Lenca (Chile) y Río Alerce (Argentina), para los últimos 3.622 y 1.125 años respectivamente^{7,8}. Esta metodología ha permitido además la reconstrucción de precipitaciones para la zona de Santiago de Chile desde el año 1270,

Figura 2
Cronologías de anchos de anillos para alerce (*Fitzroya cupressoides*) expresadas como un índice de ancho de anillos adimensional para los sitios de Lenca, Pabilos y Neumann.



Los valores del índice superiores a 1 representan un anillo relativamente ancho. Valores inferiores a 1 representan anillos relativamente angostos. En el caso del alerce, hay una correlación negativa entre la temperatura del verano anterior y el ancho del anillo (a mayor temperatura, menor ancho de anillo).

Producción de nuevas cronologías de alerce para Los Pabilos y Depresión Intermedia

Un aspecto relevante en las reconstrucciones climáticas, es la conveniencia de contar con una red de cronologías que proporcionen una idea de la variabilidad espacial de las condiciones climáticas en una determinada región, considerando para ello diferentes sitios. El alerce ha demostrado que puede proporcionar cronologías para sitios tan diversos como aquellos ubicados en la Cordillera de la Costa, en la Cordillera de los Andes y en la Depresión Intermedia, como lo evidencian los registros efectuados para los Pabilos, Lenca y Neumann (Figura 1, Tabla 1).

Los antecedentes de la Tabla 1 muestran que los tres sitios mencionados, a pesar de sus diferencias ambientales, tienen la potencialidad de producir cronologías adecuadas, con estadígrafos comparables en cuanto a sensibilidad media y correlación entre árboles (Tabla 1). El registro de la Cordillera de los Andes (Lenca) es el que ha proporcionado una cronología significativamente más larga, seguido por Pabilos y, finalmente, Neumann. Cabe destacar que la cronología de Neumann es la primera que ha sido desarrollada para la Depresión Intermedia a partir de tarugos colectados de árboles vivos, en un pequeño bosque que sobrevivió los incendios de fines del

siglo pasado. Hasta hace pocos años se creía que los bosques de alerce de la Depresión Intermedia que crecían entre Puerto Montt y Puerto Varas habían sido completamente eliminados, y que el único vestigio de dichos bosques eran los numerosos tocones de hasta 3 y 4 metros

basada en una cronología de ciprés de la cordillera de El Asiento, en la Provincia de Aconcagua⁹. Recientemente se ha desarrollado una reconstrucción de las precipitaciones de Chiloé para los últimos 426 años basada en anillos de crecimiento de ciprés de las Guaytecas¹⁰.

siglo pasado. Hasta hace pocos años se creía que los bosques de alerce de la Depresión Intermedia que crecían entre Puerto Montt y Puerto Varas habían sido completamente eliminados, y que el único vestigio de dichos bosques eran los numerosos tocones de hasta 3 y 4 metros

de diámetro que existen en dicha área^{1U2}. Estos bosquetes remanentes son importantes puesto que proporcionan la oportunidad de desarrollar cronologías largas para sitios de baja altitud, si es que se logra cofechar las muestras provenientes de tocones de árboles cortados y quemados hace más de 100 años, con muestras de árboles vivos. Los intentos para realizar este cofechado no han tenido éxito hasta el momento.

La Figura 2 muestra cada una de las tres cronologías, filtradas para enfatizar la varianza de largo plazo. Las tres series presentan períodos de mayor o menor similitud en su crecimiento. Una comparación más detallada de las cronologías puede hacerse mediante un análisis de correlación (Figura 3). Ahí se aprecia una mayor similitud entre las cronologías de los sitios de la Cordillera de la Costa (Pabilos, Chiloé) y de la Cordillera de los Andes (Río Alerce, Lenca), mientras el de la Depresión Intermedia es más disímil (Neumann). Esto respondería a condiciones climáticas más homogéneas entre las cordilleras de la Costa y de los Andes, y más disímiles en la Depresión Intermedia.

Anillos de crecimiento de alerce y cambio de clima planetario.

No obstante que el desarrollo de la dendrocronología está en una fase temprana, existe claridad acerca del alto potencial que presenta este tipo de estudios en Chile.

Así quedó demostrado, por ejemplo, en una investigación publicada en la revista Science, en la cual los anillos de crecimiento de alerce fueron utilizados para reconstruir las temperaturas de verano (diciembre a marzo) del Sur de Sudamérica, para los últimos 3.622 años. Este es el registro de temperaturas basado en anillos de creci-

Desarrollo de la dendrocronología

A comienzos de este siglo el astrónomo Norteamericano Andrew Douglass, analizando los anillos de crecimiento de los árboles en Arizona, observó que los anillos de diferentes árboles dentro de una determinada región geográfica eran coincidentemente angostos o anchos para ciertos años. Posteriormente Douglass constató que la variabilidad en el ancho de los anillos estaba relacionada con las condiciones climáticas que habían prevalecido durante su formación. En base a estas observaciones, surgió la *dendrocronología*, disciplina científica dedicada a la reconstrucción de eventos y procesos ambientales a partir de los anillos de crecimiento.

A pesar del alto potencial que tiene la dendrocronología en Chile, ha sido escasamente desarrollada hasta ahora en el país. Las primeras colecciones con fines dendrocronológicos en Chile las efectuó Patton en 1943 quien colectó tarugos de incremento de alerce (*Fitzroya cupressoides*) en el área del "olear, Hornopirén al sureste de Puerto Montt, en la X Región". Posteriormente, en 1949 y 1950. Schulman colectó muestras en Chile y Argentina y produjo las primeras cronologías (series correctamente fechadas de anchos de anillos) para ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) y araucaria (*Araucaria araucana*) en Argentina". Sin embargo, las colecciones efectuadas en Chile no pudieron ser cofechadas i verificadas con otros registros! y, al igual que la colección efectuada en 1943, no llegaron a producir cronologías". Mas tarde, entre 1974 y 1978. La Marche y otros colaboradores del Laboratorio de Dendrocronología de la Universidad de Arizona colectaron muestras en mas de 50 sitios, y produjeron un total de 32 cronologias (21 en Argentina y 11 en Chile****),

Posteriormente, a principios de la década del 80, se creo el Laboratorio de Dendrocronología de Mendoza, cuyo trabajo ha resultado en la producción de mas de 100 cronologías para Argentina. En Chile, el desarrollo de la dendrocronología es muy reciente y solo en los últimos años se ha desarrollado la capacidad humana y de infraestructura para este tipo de investigaciones en la Universidad Austral y la Universidad de Chile.

Notas:

" Schulman E, 1956. Dendroclimatic changes in semiarid America, University of Arizona Press. Tucson.

** Schulman E. 1956. Op. Cit.

*** Schulman E. 1956. Op. Cit.

"•• La Marche V.C: R. Holmes: P.W Dunwiddie; L.G. Drew 1979a Tree-ring chronologies of the Southed Hemisphere Vol 1: Argentina Chronology Senes V University of Arizona, Tucson. Arizona.

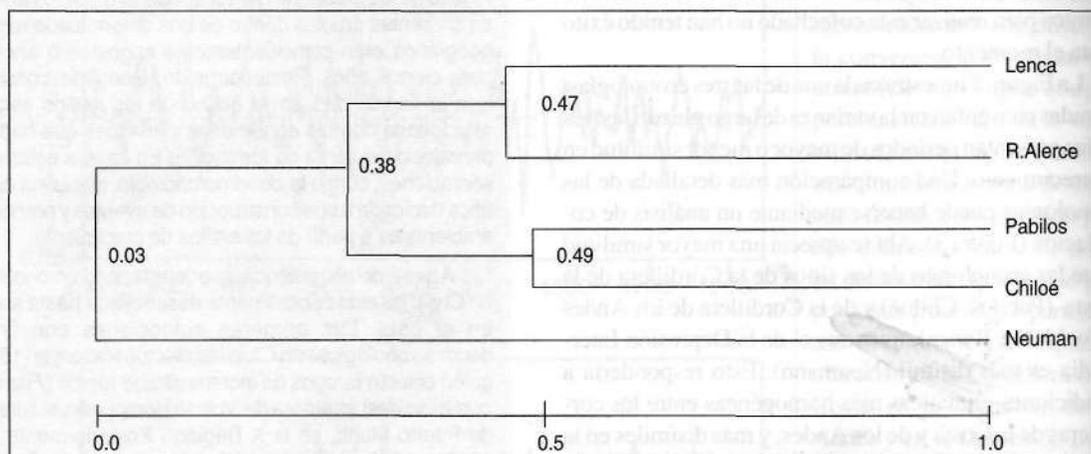
La Marche V.C: R. Holmes: P.W Dunwiddie: L.G. Drew 1979b Tree-ring chronologies of the Southern Hemisphere Vol 2: Chile Chronology Senes V. University el Arizona Tucson. Arizona.



Figura 3

Coefficientes de correlación con la cronología de anchos de anillo de crecimiento de distintos sitios, con la del sitio de Lenca.

El coeficiente de correlación hacia el grado de similitud entre cronologías (un valor 1 indica cronologías idénticas, mientras un valor 0 indica que no existe ninguna relación).

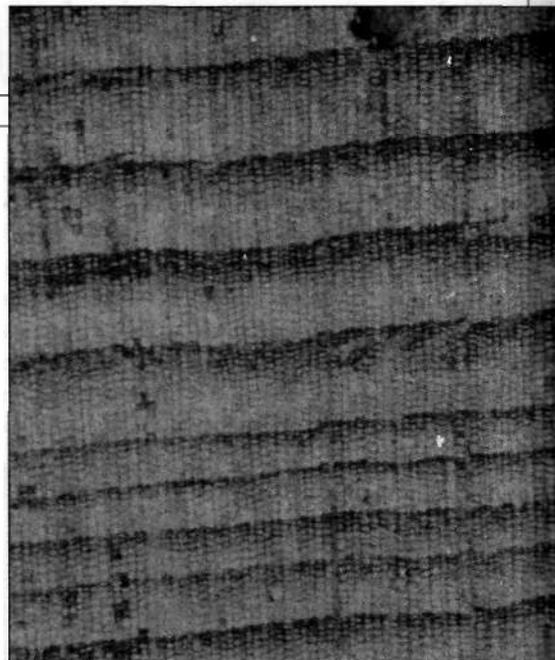


miento más largo publicado hasta la fecha¹³.

Esta investigación se realizó en base a muestras de árboles vivos y tocones de alerce en el sitio de Lenca, al sureste de Puerto Montt. La correlación negativa entre el ancho de los anillos y la temperatura del verano anterior para una serie de estaciones ubicadas en Argentina, permitió desarrollar un modelo para estimar las temperaturas a partir de los anchos de anillos. Las estimaciones de los desvíos de temperatura a partir del ancho de los anillos y las temperaturas reales registradas en las estaciones meteorológicas para el período 1910-1987, muestran una buena habilidad del modelo para estimar las temperaturas (Figura 4).

La reconstrucción de temperaturas a partir de la cronología de Lenca muestra ciertos períodos de temperaturas sobre la media y otros períodos fríos durante los últimos 36 siglos (Figura 5). Las fluctuaciones más relevantes han sido un periodo cálido, con temperaturas sostenidamente sobre el promedio de la serie, entre los años 80 a.C. y 160 d.C. Los periodos más largos de temperaturas sostenidamente bajo el promedio —períodos fríos— se registraron entre los años 770 a 570 a.C., 300 a 470 d.C. y 1490 a 1700 d.C. (Figura 5).

La reconstrucción climática del sitio de Lenca, así como los registros instrumentales utilizados, no muestran evidencias de una tendencia al calentamiento duran-



te las últimas décadas atribuible a la actividad humana (Figuras 4 y 5). Esto es consistente con los registros de temperatura de las estaciones meteorológicas ubicadas entre los 35 y 42 grados Sur y con la reconstrucción de temperaturas efectuada a partir de la cronología de Río Alerce en Argentina^{14,15}.

La situación descrita contrasta, sin embargo, con los registros de temperatura de estaciones meteorológicas y con aquellos reconstruidos dendroclimatológicamente

para el extremo Austral de Sudamérica (Tierra del Fuego) y otras áreas del Hemisferio Sur, que muestran un sostenido incremento en las temperaturas durante las últimas décadas¹⁶⁻¹⁷⁻¹⁸. Estas diferencias plantean la necesidad de realizar nuevos estudios y de contar con más registros de temperatura que permitan explicar los mecanismos responsables de la variación espacial de las fluctuaciones de temperatura en las últimas décadas.

Relevancia de la dendrocronología en Chile

La reconstrucción de temperaturas de 3.622 años a partir de una cronología de anchos de anillos de alerce en el sitio de Lenca, demuestra la potencia de esta disciplina para la reconstrucción de ambientes del pasado. Al mismo tiempo, deja en evidencia la importancia del alerce para registrar los cambios climáticos durante los últimos milenios.

Otras especies —tales como ciprés de la cordillera, ciprés de las Guaytecas, araucaria, lenga y coihue de Magallanes— también han demostrado ser adecuadas para estudios dendrocronológicos en Chile y Argentina. Hasta la fecha se han desarrollado más de 100 cronologías en ambos países.

Como se ha señalado, uno de los aportes que puede hacer este tipo de estudios es proporcionar antecedentes sobre el fenómeno del calentamiento planetario. Hasta aquí las reconstrucciones de temperatura basadas en anillos de crecimiento no han proporcionado evidencias de un proceso de calentamiento durante las décadas recientes en la región centro-sur, indicando sí un calentamiento en el extremo austral (Tierra del Fuego).

Otro aporte de la dendrocronología ha sido el demostrar que el alerce puede vivir sobre 3.600 años, lo que significa que es la segunda especie más longeva del planeta, después del pino bristlecone (*Pinus longaeva*) que alcanza 4.500 años¹⁹.

La dendrocronología también está siendo utilizada en nuestro país para investigar la

dinámica de largo plazo de los bosques de alerce. Actualmente, por ejemplo, se está estudiando la mortalidad masiva de este tipo de bosques en la Cordillera de la Costa, conocida desde 1850, y su relación con los incendios y las fluctuaciones climáticas²⁰.

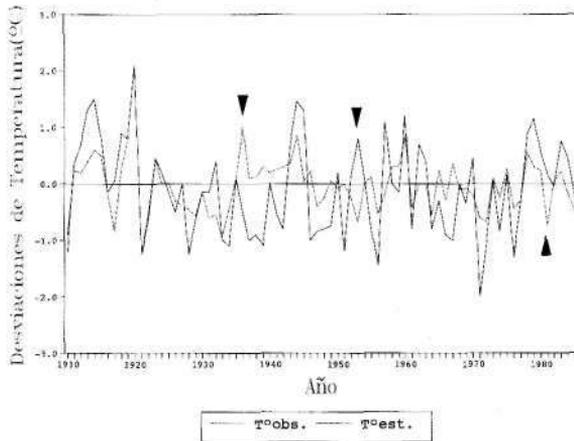
Una interesante aplicación práctica de la dendrocronología en Chile ha sido el fechado de cortas ilegales de alerce. Mediante cofechado, es posible determinar cuál es el año exacto en que dicho árbol fue cortado. Esta aplicación es importante para mejorar el control de la legislación que protege a los árboles vivos de alerce, pero que permite el aprovechamiento de los árboles muertos o cortados antes de la dictación del D.S. 490, en 1976²¹.

Los antecedentes expuestos, demuestran el gran valor científico de alerce y la necesidad de incrementar los esfuerzos para la conservación de esta conífera amenazada por las explotaciones ilegales e incendios intencionales.

Igualmente, se demuestra la conveniencia de destinar más esfuerzos y recursos al desarrollo de la dendrocronología en nuestro país, considerando la formación de profesionales y la investigación. A futuro se debe continuar ampliando la cobertura espacial y temporal de las cronologías, utilizando diferentes especies. A partir de material sub-fósil, tal como troncos enterrados

Figura 4

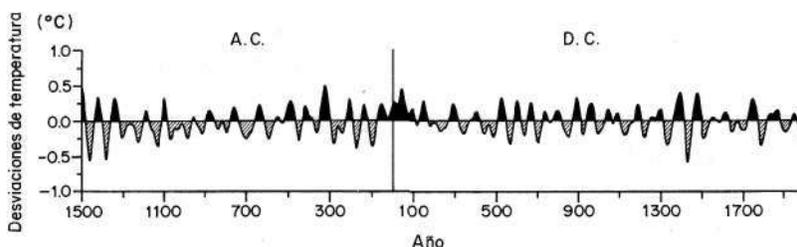
Desvíos de las temperaturas de verano (diciembre a marzo) observadas en Lenca (línea llena) y estimadas mediante el modelo (línea segmentada) para el período 1910-1987. Los desvíos se grafican con relación al valor promedio de la serie (indicado por 0).



Las temperaturas observadas se computaron como un promedio regional de las siguientes estaciones meteorológicas ubicadas en Argentina, a una distancia de 140 a 485 km de Lenca: Colluncó, Bariloche, Mascardi, Esquel y Sarmiento. Las flechas indican años que fueron omitidos de la regresión por desviarse fuertemente de la tendencia general (outliers)
 Fuente: Lara A.; Villalba R. 1993. A 3620-year temperature record from *Fitzroya cupressoides* tree rings in southern South America. Science: 260:1104-1106.

Figura 5

Reconstrucción de los desvíos con respecto al promedio de la serie (indicado por 0) de la temperatura de verano (diciembre a marzo) a partir de la cronología de Lenca. La reconstrucción de temperaturas corresponde a un período de 3.620 años.



Fuente: **Lara A.; Villalba R.** 1993. A 3620-year temperature record from *Fitzroya cupressoides* tree rings in southern South America. *Science*: 260:1104-1106.

en el suelo, o sepultados por aluviones y morrenas glaciales, existe el potencial de extender las cronologías más allá de los 3.600 años que cubren actualmente. Por otra parte, las limitaciones asociadas a los diferentes registros climáticos aproximados, sugieren la conveniencia de comparar los resultados de diferentes técnicas tales como dendrocronología, evidencias históricas, registros polínicos (de polen fósil) y fluctuaciones glaciales. El desarrollo de las investigaciones propuestas requiere intensificar la cooperación científica con Argentina, Estados Unidos y otros países.

Finalmente, es necesario destacar que los anillos de los árboles que han crecido en Chile por los últimos milenios, contienen información climática y ambiental de significación no sólo local sino continental y global.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de Fondecyt, a través del Proyecto N° 93-049, y de World Wildlife Fund a través del Proyecto QA-28, y al señor Marco Cortés por la ayuda en el trabajo de terreno.

Notas

(1) **Pittock A.B., L.A. Frakes, D.R. Jensen, J.A. Peterson, & J.W. Zillman** (eds.) 1978. Climatic change and variability. A southern perspective. Cambridge University Press, London.
 (2) **Holmes, R.L.** 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measuring. *Tree-Ring Bull.* 39:77-82.
 (3) **Cook, E. R. y R.L. Holmes.** 1984. Program ARSTAN Users Manual. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson.
 (4) **Fritts, H.C.** 1976. *Tree-Rings and climate*. Academic Press. London.
 (5) **Villalba, R.** 1990. Climatic fluctuations in northern Patagonia during the last 1000 years as inferred from tree-ring records. *Quaternary Research.* 34:346-360.
 (6) **Lara A.; Villalba R.** 1992. A 3620-year temperature record from *Fitzroya cupressoides* tree rings in southern South

America. *Science*: 260:1104-1106.
 (7) *Ibid* 6.
 (8) *Ibid* 5.
 (9) **La Marche, V.C.** 1975. Potential of tree rings for reconstruction of past climate variations in the Southern Hemisphere. *Proceedings of the WMO/IAMAP Symposium on Long Term Climatic Fluctuations*, 21-30, Norwich.
 (10) **Roig, F.A. y J.A. Boninsegna.** 1992. Chiloe Island (Chile) summer precipitation reconstructed for 426 years from *Pilgerodendron uviferum* tree-ring chronologies. In: Bartholin T.S. et al. (eds.) *Tree-rings and Environment*, Lundqua Report, 34: pp. 277-280.
 (11) **Elizalde, R.** 1970. La sobrevivencia de Chile. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago.
 (12) **Veblen, T.T., R. Delmastro, J. Schlatter.** 1976. The conservation of *Fitzroya cupressoides* and its environment in southern Chile. *Environ. Conserv.* 3: 291-301.
 (13) *Ibid* 6.
 (14) **Aceituno, P.H. Fuenzalida, B. Rosenbluth.** 1993. (pp. 61-69) en Mooney, H.A., B. Knonberg, E.R. Fuentes (eds). *Earth System Responses to Global Change: Contrasts Between North and South America*.
 (15) *Ibid* 5.
 (16) **Boninsegna, J.A., J. Keegan, G.C. Jacoby, R.D. D'Arrigo and R.L. Holmes.** 1989. Dendrochronological studies in Tierra del Fuego, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 7:315-326.
 (17) **Jones, P.D., S.C.B. Raper, and T.M.L. Wigley.** 1986. Southern Hemisphere surface air temperature variations: 1851-1984. *Journal of Climate and Applied Meteorology* 25:1213-1230.
 (18) **Cook, E.R. T. Bird, M. Peterson, M. Barbetti, B. Buckley, R. D'Arrigo, R. Francey, y P. Tans.** 1991. Climatic change in Tasmania inferred from a 1089-year tree-ring chronology of Huon Pine. *Science* 253:1266-1268.
 (19) **Schulman, E.** 1958. Bristlecone pine, oldest known living thing. *National Geographic Magazine* 113:355-372.
 (20) **Lara, A. y J.C. Aravena.** 1992. Dendroclimatología y Dendroecología de *Fitzroya cupressoides*. Proyecto FONDECYT N. 93-049.
 (21) **Lara, A. y J.C. Aravena.** 1992. Entrenamiento y desarrollo de métodos para mejorar el control de la protección legal a los bosques de alerce. Informe Final Proyecto N. 6045 CODEFF/WWF-US. Versión en español. Santiago.