

Desde la era glacial a la industrial:

La historia del bosque templado chileno

Juan Armesto*, Carolina Villagrán*, Claudio Donoso*



El escaso aprecio histórico por los bosques nativos y el uso indiscriminado del fuego para expandir las tierras agrícolas y ganaderas, ha tenido como resultado una dramática fragmentación y reducción del bosque natural. El área de los bosques templados chilenos se ha reducido por impacto humano durante los últimos 200 años en una magnitud similar a la disminución experimentada en la última edad glacial.

Durante los últimos 10.000 a 12.000 años, los bosques nativos chilenos han experimentado grandes cambios en cuanto a su área de distribución, algunos de ellos causados por factores climáticos y biológicos, y otros -en especial en el último siglo- debidos a la acción humana.

A pesar de la escasa evidencia que hay acerca de la extensión que tuvieron los bosques nativos en el pasado parece importante intentar una aproximación a lo que ha sido la dinámica histórica del bosque con los antecedentes disponibles. Conocer la historia biogeográfica de los bosques naturales del país, aunque sea con antecedentes

limitados, permite tener una idea del valor ecológico de las áreas boscosas que aún permanecen, valor que debería incorporarse en las decisiones de políticas sobre el futuro del bosque nativo chileno.

Los antecedentes que se exponen provienen de investigaciones sobre polen fósil (evidencia palinológica)¹ y de registros históricos². El objetivo que se persigue es analizar la extensión que ha tenido el bosque nativo en épocas pasadas y los cambios que han experimentado las superficies forestales de Chile, ya sea por causas climáticas o por impacto humano, desde fines del Pleistoceno³ (hace unos 12.000 años) hasta tiempos recientes.

* Laboratorio de Sistemática y Ecología Vegetal, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

** Instituto de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile.

Aunque gran parte del análisis es válido para todo el bosque nativo chileno, hay un énfasis especial en el bosque templado⁴ debido a su particular riqueza en términos de biodiversidad y a su alta vulnerabilidad actual. El bosque templado chileno remanente se extiende en la actualidad entre el río Maule y Magallanes, aproximadamente entre los 35° y 55° de latitud Sur.

Los bosques tras la última glaciación

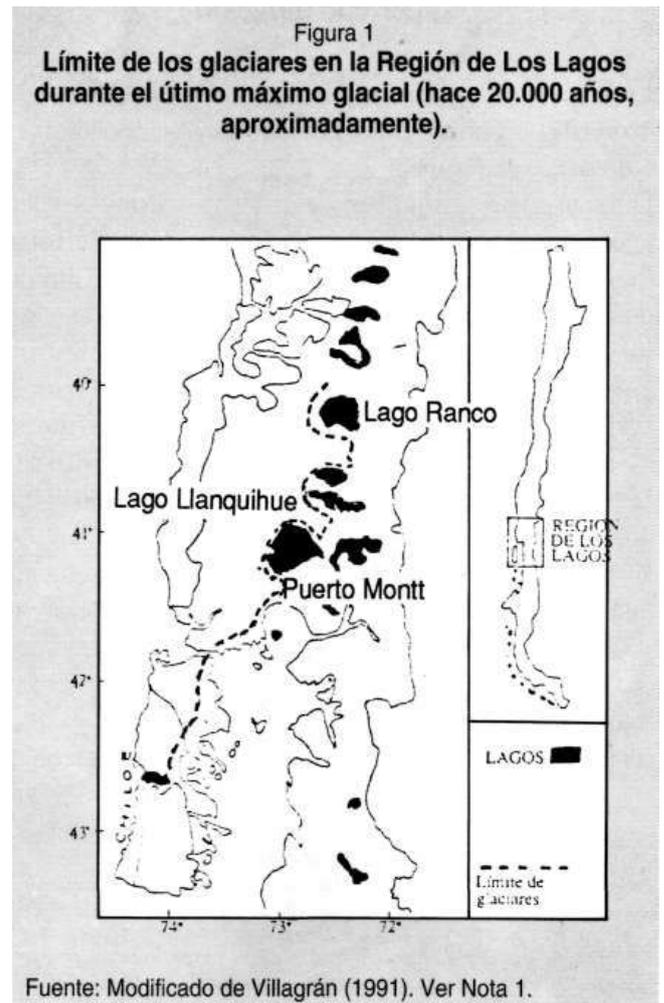
Los bosques de Chile tienen una larga historia de aislamiento que se remonta al período Terciario⁵. Desde mediados del período Terciario y durante todo el Cuaternario⁶ (el último millón y medio de años) los bosques del territorio que hoy es Chile quedaron aislados de otros ecosistemas forestales del continente debido a la formación del desierto de Atacama y la Cordillera de los Andes. El «efecto de barrera» de estos dos ambientes fue acentuado por las condiciones climáticas del Pleistoceno, que se caracterizaron por una intensificación de los ambientes áridos al norte de los 33° Sur y por el descenso del límite altitudinal de los bosques debido al enfriamiento glacial.

Esta condición de aislamiento no existió, por ejemplo, en Norteamérica, donde las especies constituyentes del bosque templado migraron al sur hasta América Central, desde donde volvieron a colonizar sus territorios originales al terminar la glaciación. El marcado aislamiento del bosque templado chileno, en cambio, se refleja en la baja diversidad de especies de vertebrados, como es el caso de las aves frugívoras⁷. En bosques templados de Norteamérica, por ejemplo, habitan 69 especies de mamíferos, en tanto que en austro Sudamérica sólo 29⁸. Este prolongado aislamiento se refleja también en el alto endemismo⁹ de la flora, donde hay aproximadamente un 15% de géneros que sólo se encuentran en esta región de planeta.

Debido a este aislamiento geográfico, los bosques templados de Chile se vieron drásticamente afectados por los eventos glaciales, los que contribuyeron a reducir significativamente tanto el área cubierta por vegetación como la diversidad de especies.

Durante el último máximo glacial -alrededor de 20.000 años atrás- las masas de hielo cubrieron totalmente el territorio continental de Chile hasta el nivel del mar, al sur de los 43° S. Al norte, los glaciares ocuparon la Cordillera Andina hasta la latitud de Chile central y descendieron hasta el valle llegando, en la Región de los Lagos, hasta los pies de la cordillera de la Costa (Figura 1).

La presencia de glaciares y sus efectos asociados, tales



como escurrimientos superficiales, congelación de suelos y erosión eólica, afectaron gran parte del sur de Chile. En consecuencia, los bosques templados se restringieron a laderas protegidas de la Cordillera de la Costa, especialmente entre los 37° y los 40° Sur. Se estima que estos procesos pueden haber reducido el área del bosque templado a una tercera parte de su extensión preglacial. Esta «área reducida» (o refugio glacial) correspondería a la región donde hoy se encuentra la mayor diversidad de tipos de bosques. El área de refugio más importante se encuentra en la Cordillera de Nahuelbuta y sectores costeros, entre los 37° - 39° S. La distribución actual de especies y géneros endémicos da cuenta de las áreas donde el bosque sobrevivió las eras glaciales¹⁰ (Figura 2). Al finalizar la última glaciación, hace unos 10.000 a 12.000 años, el bosque se expandió progresivamente a partir de los refugios glaciales hasta ocupar los rangos distribucionales actuales. La dirección de esta dinámica de expansión de los bosques fue desde Chile centro-sur hasta la Tierra del Fuego, y desde la costa a la Cordillera de Los Andes. Este proceso de expansión ha sido especialmente activo en los últimos 2.000 a 3.000 años (Figura 3).

El período indígena

La historia postglacial del bosque templado ha estado asociada al poblamiento humano de América y a la colonización Europea.

Durante el período indígena, es decir, desde unos 10.000 años atrás hasta mediados del siglo 16, los efectos humanos sobre los bosques parecen haber estado limitados principalmente a las áreas costeras y el valle central. La capacidad de quemar y despejar terrenos fue restringida debido a la falta de instrumentos de metal para la corta de árboles. Aparentemente gran parte del territorio al sur de los 36°S estuvo cubierto de bosques densos a la llegada de los conquistadores españoles, como coinciden en señalar la mayor parte de los cronistas (Figura 4).

El período indígena tuvo una población relativamente alta, cercana a un millón de habitantes entre Aconcagua y Chiloé. Ella era de carácter rural, no concentrada en ciudades, con la mayor parte ubicada en áreas costeras y valles fluviales.

Su subsistencia se basaba principalmente en la recolec-

Resumen

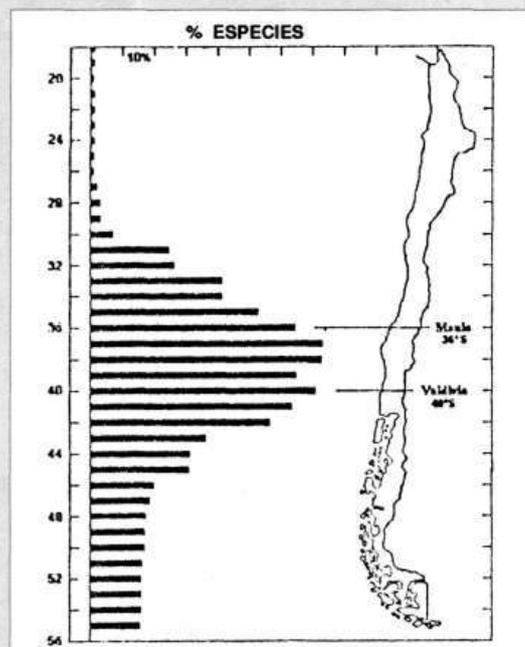
El área cubierta por los bosques nativos chilenos se vio bruscamente reducida por la expansión de los glaciares en su máximo apogeo, alrededor de 20 mil años atrás. Por el norte, las especies arbóreas eran incapaces de cruzar las barreras áridas de latitudes superiores a los 34° Sur. Esta situación llevó a que el área total cubierta por bosques podría haber estado reducida a menos de una tercera parte de su extensión preglacial. La historia de los bosques chilenos en los últimos 10 mil años ha sido de colonización y expansión a partir de pequeños refugios glaciales en áreas costeras. Sin embargo, desde el comienzo de los asentamientos españoles en Chile central y sur (siglo 16 en adelante) los bosques han sido quemados para abrir terrenos para cultivo y cortados para obtener madera y leña. Se puede reconocer tres fases en la historia de la explotación humana de los bosques chilenos desde el siglo 19: fase de colonización, fase de madereo selectivo y fase industrial. El resultado de este proceso ha sido que el área de los bosques templados chilenos se ha reducido por impacto humano durante los últimos 200 años en una magnitud similar a la reducción experimentada en la última edad glacial. Las pérdidas biológicas y económicas derivadas de esta acelerada destrucción de ecosistemas naturales son numerosas. Sólo un desarrollo con base ecológica podría revertir la creciente degradación de los ecosistemas forestales nativos.

Abstract

The area covered by Chilean forests was greatly reduced by the expansion of glaciers during the last glacial maximum, about 20 thousand years ago. As glaciers expanded in the south, woody species were unable to cross the arid barriers north of 34° south. This led to a reduction of the forested area to about one third of its pre-glacial extent. The history of Chilean forests over the last 10 thousand years has been one of gradual expansion from small glacial refugia in coastal zones. Nonetheless, beginning with the first Spanish settlements (dating from the 16th century) forests have been cut down to obtain lumber and firewood, or burned to open ground for agriculture and pastures. Three different periods can be recognized in the history of human association with Chilean forests since the 19th century: the colonization phase, the selective exploitation phase, and the industrial phase. Over the past 200 years, human activities have caused a marked reduction of the total area covered by Chilean temperate forests of a magnitude comparable to that of the last glacial age. The biological and economic losses derived this accelerate destruction are many. Only truly ecologically-based development practices can reverse the increasing degradation of native forest ecosystems in Chile.

Figura 2

Diversidad de especies forestales (leñosas, trepadoras y angiospermas epífitas) en distintas latitudes de Chile (% de especies c/r al total).



Variación, por grado de latitud, de los porcentajes de 178 especies forestales (leñosas, trepadoras y angiospermas epífitas) a través de Chile. Fuente: Villagrán C. 1993. El Cuaternario en la Región de Los Lagos del Sur de Chile. Santiago.

ción, la agricultura y la pesca. El uso principal que se le dio a la madera fue como combustible (recolección de ramas caídas), postes, flechas y construcción de botes. Generalmente, no se utilizó la madera en la construcción de casas. Algunos árboles, como el canelo y la araucaria, eran -y son todavía- reverenciados como sagrados. La agricultura era precaria, en su mayoría del tipo «quema y cultivo» y se carecía de arado metálico. Crónicas de los siglos 17 y 18 reportan un «paisaje boscoso» en Chile centro-sur, entre los 33° y 45° Sur. A partir del siglo 16 se pueden reconocer tres fases en la historia de los bosques chilenos: *fase de colonización*, *fase de madereo selectivo* y *fase industrial*.

La colonización

La colonización española inició la extracción intensiva de madera para construcción y leña, así como la quema de bosques para abrir terrenos de cultivo y despejar terrenos para pastoreo de animales domésticos. La extracción de madera se realizó bajo la percepción de que los recursos forestales eran inagotables.

Entre el siglo 15 y hasta avanzado el siglo 19, la colonización española estuvo limitada a Santiago y la región del

Maule y Concepción. Debido a la guerra de Arauco, la ocupación continua sólo llegó hasta el río Toltén, más unas pocas ciudades aisladas de más al sur, como Valdivia, Calbuco y pueblos de Chiloé. Los bosques al sur de los 39° S (río Toltén) eran territorio mapuche. El fuego fue empleado frecuentemente como un medio para expulsar a los indígenas de las zonas de más al norte.

La fase de colonización se puede subdividir en dos: una *colonial*, que llevó a una rápida destrucción de los bosque entre Maule y Concepción; y una *republicana* durante la cual se produjo, principalmente después de 1850, la colonización europea de lo que hoy son las Regiones de la Araucanía y Los Lagos.

Durante este período se produjo una expansión de la población, mayoritariamente concentrada en ciudades. En la mayor parte de las construcciones se utilizó madera nativa. Aumentó la limpieza de terrenos para uso agrícola y crianza de ganado en todo tipo de topografía, y con frecuencia el fuego se escapó de las áreas agrícolas. Los bosques fueron percibidos como una barrera contra la colonización europea. La leña se convirtió en la mayor fuente de energía en las ciudades y la explotación maderera se vio limitada sólo por condiciones de inaccesibilidad y alto costo de transporte.

Tras el fin de la guerra de Arauco, la colonización alemana, fomentada por Vicente Pérez Rosales a fines del siglo 19 en la Región de Los Lagos, causó gran destrucción de los bosques por el uso indiscriminado del fuego. Los colonos alemanes quemaron extensas áreas forestadas en la zona de los lagos. Se contrató indígenas para quemar grandes áreas y los incendios de bosques afectaron cientos de miles de hectáreas, incluyendo bosques de maderas valiosas como el alerce, del cual en este periodo se quemaron 27.000 hectáreas entre Puerto Varas y Puerto Montt¹¹.

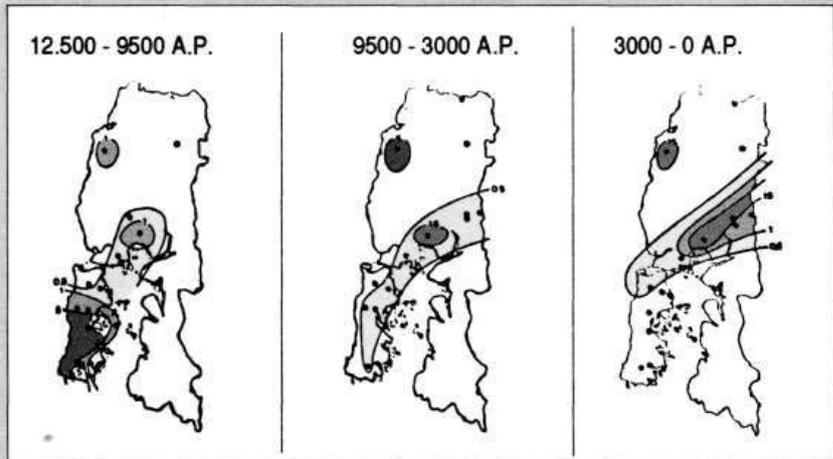
La explotación selectiva

Desde la mitad del siglo 19 hasta mediados del presente siglo el uso del bosque nativo se basó en la *tala selectiva*, es decir, de los mejores ejemplares de especies seleccionadas. Esta tala selectiva llevó al empobrecimiento y deterioro de la mayor parte de los bosques en el valle central y zonas cordilleranas accesibles.

Esta fase se caracterizó, además, por la extensiva quema

Figura 3

Expansión de los bosques de alerce y ciprés de las Guaitecas durante los últimos 12.500 años. La densidad del achurado indica el área de mayor abundancia en el período correspondiente.



Fuente: Modificado de Villagrán (1991). Ver Nota 1.

Cuadro 1

Principales especies forestales nativas sometidas a corta selectiva. Se indican los stocks comerciales en 1944 y 1984*

Especies de uso maderero	Stocks (m3)	
	1944	1984
Roble (<i>Nothofagus obliqua</i>)**	55.000	31.100
Raulí (<i>Nothofagus alpina</i>)**	62.000	20.500
Laurel (<i>Laurelia sempervirens</i>)**	10.000	4.300
Ciprés de la cordillera (<i>Austrocedrus chilensis</i>)**	?	?
Araucaria (<i>Araucaria araucana</i>)**	32.000	?
Lleuque (<i>Pumnpoytis andina</i>)**	?	?
Lingue (<i>Persea lingue</i>)**	3.000	?
Alerce (<i>Fitzroya cupressoides</i>)**	60.000	?
Coihue (<i>Nothofagus dombeyi</i>)	420.000	50.300
Tela (<i>Laurelia philippiana</i>)	238.000	49.200
Tineo (<i>Weinmannia trichosperma</i>)	118.000	?
Ciprés de las Guaitecas (<i>Pilgerodendron uviferum</i>)**	3.500	?
Luma (<i>Amomirtus luma</i>)	16.000	?
Olivillo (<i>Aextoxicon punctatum</i>)**	70.000	?
Ulmo (<i>Eucryphia cordifolia</i>)	125.000	?
Mañío (<i>Podocarpus nubigena</i>)	58.000	?
Todo el resto de las especies nativas	?	77.000
Especies no nativas		
- Pino (<i>Pinus radiata</i>)	40.000	1.709.500
- Eucalipto (<i>Eucalyptus spp.</i>)	0	17.300

* Datos de Haig (1946) e Infor (1990).

** Algunas poblaciones naturales han sido muy reducidas o han sido exterminadas.

Figura 4

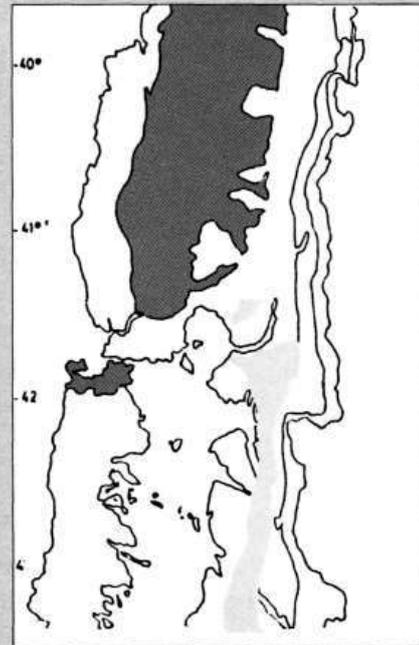
Superficie ocupada por bosques en la región centro-sur de Chile durante el período indígena (hasta el año 1500, aproximadamente).



Bosques de Alerce
 Áreas abiertas para cultivo, potreros, praderas, etc.
 Otras especies del bosque templado

Figura 5

Superficie ocupada por bosques en la región centro-sur de Chile a comienzos de 1900.



Bosques de Alerce
 Áreas abiertas para cultivo, potreros, praderas, etc.
 Otras especies del bosque templado

de bosques para acceder a especies de valor maderero, algunas de las cuales -como el alerce, la araucaria y el ciprés de las Guaitecas- son altamente resistentes al fuego. Se comenzaron a utilizar aserraderos con máquinas a vapor en las operaciones madereras. En 1842 se registraron 41 aserraderos de alerce en la zona de Llanquihue-Chiloé y anualmente se exportaban 6.000 m³ de madera de alerce.

El ferrocarril de Santiago a Puerto Montt, construido en 1877, abarató los costos de transporte de madera. Aunque se instaló un número muy grande de aserraderos en el país, no hubo una industria forestal establecida, el trabajo era principalmente estacional, y no hubo interés en la regeneración de las especies explotadas. Los grandes fundos, que eran la forma usual de tenencia de la tierra, condujeron a la expansión de la frontera agrícola (Figura 5). Hacia comienzos del 1900, Chile exportaba carbón vegetal a Europa.

La Ley Forestal de 1931 reglamentó el uso del fuego y permitió la explotación en tierras fiscales, incluidos los Parques Nacionales existentes, lo que extendió la tala selectiva y el deterioro de los recursos del bosque hasta los lugares más alejados.

La gran herencia de esta fase fue una gran cantidad de

bosques secundarios y degradados. En el Cuadro 1 puede apreciarse la lista de especies nativas que se explotaron a mediados de este siglo y cómo han descendido los volúmenes disponibles desde entonces.

La etapa industrial

La fase industrial, en especial desde 1950 en adelante, se ha caracterizado por mayores niveles de explotación y destrucción del bosque nativo que en el etapas precedentes (Figura 6).

En Aysen, a fines de la década de 1940 y comienzo de los '50, colonos quemaron cientos de miles de hectáreas de bosques dominados por lenga (*Nothofagus pumilio*). El maderero selectivo de las especies nativas de mayor valor maderero se extendió a las áreas más remotas.

La empresa forestal establecida y con terrenos propios, se inicia sólo en los años '40, con las plantaciones de especies introducidas de rápido crecimiento, en particular el pino insignne (*Pinus radiata*).

Las plantaciones de pino insignne se iniciaron en terrenos agrícolas y de pastoreo, abandonados y erosionados, pero pronto se expandieron a las extensas superficies de bosques nativos secundarios o degradados por roces o

tala selectiva. Según algunas estimaciones, hacia 1940 había alrededor de 1 millón de hectáreas de renovales¹². Estos renovales, ubicados en terrenos de aptitud forestal, en lugar de ser manejados fueron quemados y replantados con pino.

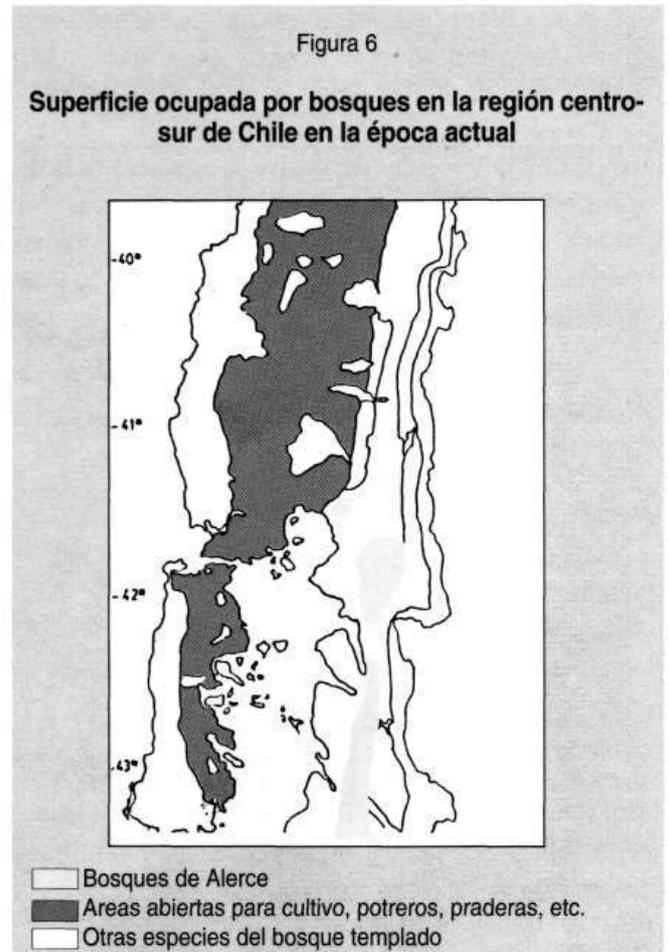
El Estado, a través de Decreto Ley 701 de 1974, comenzó a subsidiar el costo de establecer plantaciones -principalmente de especies exóticas- en áreas que habían perdido su cubierta forestal original. Muchas de estas áreas fueron superficies de bosques nativos degradados. Como consecuencia de esta política de desarrollo forestal, los bosques nativos prácticamente desaparecieron de las Regiones VII y VIII, donde hoy existen escasas áreas protegidas³. Los terrenos reforestados con pino cubrieron los sectores donde se ubicaron los antiguos refugios pleistocénicos del bosque, justamente en las áreas de mayor diversidad y endemismo (Ver Figura 2). En los últimos años las plantaciones de pino han llegado a ocupar cerca de 2 millones de hectáreas en la región centro-sur de Chile, conjuntamente con el crecimiento económico de la industria forestal¹⁴. Actualmente las plantaciones se extienden hacia la IX y X Regiones. La construcción de una nueva ruta (la Carretera Austral) a comienzos de los '80 permitió al acceso a bosques remotos en Chiloé continental. Actualmente se siguen utilizando aserraderos móviles en la mayor parte de las faenas madereras y grandes extensiones de renovales de bosque nativo no son manejadas.

Por otra parte, la creciente demanda de madera nativa para la producción de astillas (chips), ha conducido a un incremento de las faenas madereras tanto en renovales como en bosques antiguos en el centro-sur de Chile y Magallanes. De no controlarse adecuadamente, la explotación de los bosques nativos para producir astillas -iniciada recientemente- contribuirá a crear nuevas áreas de bosques degradados susceptibles de ser sustituidos por plantaciones exóticas. La leña, igualmente, sigue siendo utilizada como combustible en muchas industrias, ciudades y áreas rurales.

Finalmente, el Proyecto de Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, presentado al Congreso en 1992, y aún en debate parlamentario, propone legalizar la sustitución de una parte considerable de los bosques nativos remanentes por plantaciones forestales.

¿Hacia dónde va el bosque?

El escaso aprecio histórico por los bosques nativos y el uso indiscriminado del fuego para expandir las tierras agrícolas y ganaderas, ha tenido como resultado una dramática fragmentación y reducción del área que ocu-



paba originalmente el bosque nativo chileno. Las estimaciones publicadas indican que de una superficie original -antes de la fase de colonización- de alrededor de 30 millones de hectáreas, persisten hoy unos 7,5 millones de hectáreas de bosques nativos (incluyendo renovales)⁵, es decir, menos de la tercera parte de la superficie original. En menos de 200 años, los bosques han desaparecido en los lugares de mayor diversidad y endemismo, justamente donde estuvieron los refugios durante el período glacial¹⁶. El resultado de este proceso ha sido que el área de los bosques templados chilenos se ha reducido por impacto humano durante los últimos dos siglos, en una magnitud similar a la disminución experimentada en la última edad glacial.

El proceso histórico de degradación y sustitución del bosque nativo debe ser modificado si queremos mantener la biodiversidad y el valor económico de los bosques templados australes, especialmente si se tiene en cuenta posibles cambios climáticos futuros. Si ocurriera otro enfriamiento glacial, por ejemplo, probablemente el bosque templado resultaría eliminado quedando sólo las plantaciones de pinos que ocupan hoy el área de los antiguos refugios glaciales.

La destrucción del bosque templado de Chile es más

grave aún si se considera el aislamiento de este ecosistema de otras áreas de bosques sudamericanos, lo que limita las posibilidades de inmigración y de recolonización natural por otras especies de plantas y animales.

Las pérdidas biológicas derivadas de esta acelerada destrucción de ecosistemas naturales son numerosas. Sólo políticas de desarrollo que consideren una base ecológica podrían llevar a revertir la creciente degradación de los ecosistemas forestales nativos.

Agradecimientos. Trabajo financiado por los proyectos Fondecyt 91-0844 y 92-1135.

Notas:

1 Villagrán, C. (1985,1988,1990,1991); Heusser, C. (1983).

2 Elizalde, R. (1970); Astorga, L. (1977); Donoso, C. (1983).

3 En la escala de tiempo geológica el período Cuaternario se divide en Pleistoceno y Holoceno. El Pleistoceno abarca desde 1,5 millones de años hasta alrededor de 12.000 años atrás. El Holoceno, o Reciente, incluye desde hace 12.000 años hasta el presente.

4 El bosque templado se define como el que crece en la región de clima templado, a latitudes superiores a los 30° , bajo condiciones climáticas relativamente húmedas y frías.

5 El período Terciario se extiende desde hace aproximadamente 65 millones de años hasta el comienzo del Cuaternario (Ver nota 3).

6 Ver nota 3.

7 Aves frugívoras son las que se alimentan de frutos silvestres (entre 20 y 30 especies en Norteamérica comparadas con 4 a 5 especies en Chile).

8 Meserve, P.; Jaksic, F.M. (1991).

9 El endemismo hace referencia a especies nativas, restringidas exclusivamente a una determinada región geográfica.

10 Armesto, J; Smith-Ramírez, C; León, P.; Arroyo, M. (1992).

11 Elizalde, R. (1970).

12 Haig, T. (1946).

13 Ver Armesto et al. (1992).

14 Lara, A.; Veblen, T. (1993)

15 No existen cifras recientes precisas sobre la cobertura del bosque nativo. Las cifras más frecuentemente citadas son las de Schmidt y Lara (1985), aunque probablemente están obsoletas debido al avance de la destrucción del bosque.

16 Ver Armesto et al. (1992).

Referencias bibliográficas

- Armesto, J; Smith-Ramírez, C; León, P.; Arroyo, M. 1992. Biodiversidad y Conservación del Bosque templado en Chile. En Ambiente y Desarrollo, Vol V 8 N° 4:19-24.

- Astorga, L. 1977. Relación Histórica Hombre-Ecosistema Forestal en Chile, Consecuencias y Posibilidades de Cambio. Documento no publicado.

- Donoso, C. 1983. Modificaciones del paisaje Forestal Chileno a lo Largo de la Historia. Simposio Desarrollo y Perspectiva de las Disciplinas Forestales en la Universidad Austral de Chile. Págs. 365 - 438. Universidad Austral de Chile, Valdivia.

- Elizalde, R. 1970. La Sobrevivencia de Chile. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile.

- Haig, T. 1946. Forest Resources of Chile as a Basis for Industrial Expansion. Corfo, Santiago.

- Heusser, C.J. 1983. Quaternary Pollen Record from Laguna de Tagua Tagua, Chile. Science, Vol 219:1429-1432.

- Infor. 1990. Estadísticas Forestales. Boletín Estadístico No 21, Instituto Forestal, Santiago.

- Meserve, P.; Jaksic, F.M. (1991). Comparisons of Terrestrial Vertebrate Assemblages in Temperate Rainforests of North and South America. Revista Chilena de Historia Natural, Vol 64:511-535.

- Lara, A.; Veblen, T. 1993. Forest Plantations in Chile: A Successful Model? En A. Mather, editor: Afforestation. Policies, Planning and Progress. Págs. 117-138. Belhaven Press, Londres.

- Schmidt, H; Lara, A. 1985. Descripción y Potencialidad de los Bosques Nativos ed Chile. En Ambiente y Desarrollo Vol I, No2: 91-108.

- Villagrán, C.1988. Reconstrucción Palinológica de la Vegetación Glacial y Postglacial de Chile Central Sur: El Caso de la Isla de Chiloé. V Congreso Geológico Chileno, Tomo II, Págs. C327-C340.

- Villagrán, C. 1985. Análisis Palinológico de los Cambios Vegetacionales Durante el Tardiglacial y Postglacial en Chiloé, Chile. Revista Chilena de Historia Natural, Vol 58:57-69.

-Villagrán, C. 1990. Clacial Climates and Their Effects on the History of the Vegetation of Chile: A Synthesis Based on Palynological Evidence from Isla de Chiloé. Review of Paleobotany and Palynology, Vol 65:17-24.

- Villagrán, C. 1991. Historia de los Bosques Templados del Sur de Chile durante el Tardiglacial y Postglacial. Revista Chilena de Historia Natural, Vol 64:447-460.