

# Biodiversidad y conservación de los bosques nativos de Chile: una aproximación jerárquica

Biodiversity and conservation of native forests in Chile: A hierarchical approach

C.D.O.: 903, 907.

RICARDO ROZZI, JUAN JOSE ARMESTO, JAVIER FIGUEROA

Laboratorio de Sistemática y Ecología Vegetal, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Casilla 653, Santiago, Chile, e Instituto de Investigaciones Ecológicas Chiloé.

## SUMMARY

The degree of knowledge and conservation status of Chilean temperate forest is evaluated considering three attributes of biodiversity (Noss, 1990): composition (list of elements), structure (spatial pattern) and function (ecological and evolutionary processes), and four levels of biological organization: genetic, population-species, community-ecosystem and landscape. The utility of the Chilean National System of Protected Areas (SNASPE) and of the forestry law, presently under discussion in the Chilean Congress, is also discussed.

Three critical aspects are perceived in relation to SNASPE: (1) the size of most reserve is too small to sustain viable populations of the largest vertebrates; (2) most of the protected forests are located outside the region of highest endemism and species richness; (3) land adjacent to the protected areas is not subjected to any form of land-use control or regulation. On the other hand, in the prospective forestry law, forests are defined solely on the basis of tree species composition and cover. It is proposed that, in order to be an effective tool to sustainable management and conservation of native forests, this definition needs to integrate the different attributes of biodiversity and levels of organizations. The final discussion is about how ecology can contribute to promote a cultural change that may lead to a new relationship between human society and nature.

## RESUMEN

La biodiversidad de los bosques nativos de Chile se caracteriza definiendo tres atributos: composición (lista de elementos), estructura (patrón espacial) y función (procesos ecológicos y evolutivos), y cuatro niveles de organización: genético, población-especie, comunidad-ecosistema y paisaje regional. Considerando estos atributos y niveles de organización, se revisa el estado de conservación y conocimiento actual acerca de los bosques nativos. Se analiza en particular la utilidad del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) y del proyecto de ley sobre recuperación del bosque nativo actualmente en discusión en la Cámara del Senado de Chile.

Respecto al SNASPE, se detectan tres aspectos críticos: (1) el tamaño de las reservas es insuficiente para mantener poblaciones viables de especies de grandes vertebrados; (2) la mayor parte de las áreas de protección del bosque se ubican fuera de las regiones de mayor diversidad y endemismo, y (3) las zonas adyacentes a las áreas de protección no están sujetas a ningún tipo de control y regulación del uso de la tierra.

Respecto al actual proyecto de ley del bosque nativo, se constata que esta ley define los bosques basándose exclusivamente en la composición y cobertura de las especies arbóreas. Para posibilitar el manejo sustentable y la conservación del bosque nativo se propone que la ley debería incorporar a la definición los diferentes atributos y niveles de organización. Finalmente, se discute cómo la ecología puede contribuir a un cambio cultural que conduzca a una nueva relación de la sociedad humana con la naturaleza.

## INTRODUCCION

Para evaluar el estado de conservación de la biodiversidad en los bosques chilenos parece útil considerar tres atributos que constituyen y determinan la biodiversidad de un área (Noss, 1990): *composición, estructura y función*. La composición son los elementos que constituyen la biodiversidad, es decir los genes, poblaciones/especies, tipos de comunidades y paisajes. Este es el atributo de la biodiversidad más reconocido tradicionalmente y ha motivado la confección de listas de especies y tipos de comunidades en estado precario de conservación en muchos lugares. El atributo estructural de la biodiversidad se refiere a la constitución y disposición física de los elementos en cada nivel de organización. Por ejemplo, el aislamiento térmico está determinado por diversas estructuras en distintos grupos de organismos (en los mamíferos por los pelos, en las aves por las plumas y en los abejorros por las setas). A nivel ecosistémico ocurren variaciones fisionómicas como las diferencias entre el borde y el interior de un bosque o los estratos verticales de vegetación. El atributo funcional de la biodiversidad se refiere a la variedad de procesos biológicos y biogeoquímicos (e. g., respiración, fotosíntesis, fijación de nitrógeno) y también a las distintas maneras en que un proceso determinado ocurre. Por ejemplo, en el proceso de respiración, el intercambio gaseoso ocurre a través de la piel en los anfibios, en los alvéolos pulmonares en los mamíferos, en las branquias en los peces, en las tráqueas en los insectos o a través de los estomas en las plantas superiores.

Para cada uno de los tres atributos de la biodiversidad, Noss (1990) define cuatro niveles de organización biológica: 1. Nivel genético, 2. nivel población-especie, 3. nivel comunidad-ecosistema, y 4. nivel paisaje regional. De esta manera, la biodiversidad puede examinarse dentro de un marco jerárquico que comprende sus distintos atributos en cada nivel de organización (fig. 1). El propósito de este trabajo es aplicar este enfoque al análisis del conocimiento actual de la biodiversidad en los bosques templados de Chile, y evaluar mediante esta herramienta el estado de conservación de cada uno de los atributos de la biodiversidad en los distintos niveles de organización.

## APLICACION DEL ESQUEMA JERARQUICO A LOS BOSQUES TEMPLADOS DE CHILE

## 1. BIODIVERSIDAD COMPOSICIONAL

*Nivel genético.* Existe una abismante carencia de información respecto a la diversidad alélica en poblaciones silvestres de especies de animales o plantas del bosque chileno. Datos preliminares sobre el raulí (*Nothofagus alpina*) indican notables diferencias entre poblaciones (L. Eaton, com. pers.). Antecedentes morfoanatómicos sobre especies del género *Nothofagus* indican una amplia variabilidad entre poblaciones, asociada con posible hibridización e introgresión (Donoso, 1993).

*Nivel población/especie.* El nivel de especies es el más conocido y estudiado. Sin embargo, existen escasas listas florísticas o faunísticas completas para regiones particulares, y solamente unos pocos Parques Nacionales poseen floras publicadas (Muñoz, 1980; Villagrán, 1980; Villagrán *et al.*, 1986; Ramírez, 1978). A nivel de la composición florística y faunística una de las características más conspicuas de la flora y fauna de los bosques nativos es la alta proporción de especies endémicas (Arroyo *et al.*, 1995; Rozzi *et al.*, 1995a). Otro aporte importante son las Listas Rojas de la flora y fauna terrestres de Chile, publicadas por CONAF (1989, 1993). Estas listas permiten saber que en el bosque nativo existían, al momento de confección de las listas, 30 especies de árboles y arbustos y 78 especies de vertebrados en precario estado de conservación (Armesto *et al.*, en prensa). La ausencia de listas rojas para invertebrados, protozoarios, bacterias, hongos y plantas inferiores denota la falta de conocimiento acerca de estos grupos de organismos.

*Nivel comunidad/ecosistema.* Existen varias clasificaciones de tipos forestales y formaciones vegetales, con diferente nivel de detalle, y diseñadas con diferentes propósitos (Veblen *et al.*, 1983; Donoso, 1993; Arroyo *et al.*, 1994; Gajardo, 1994). Para fines de conservación tales clasificaciones pueden aun ser incompletas, pues ninguna fue diseñada con ese fin (ver Armesto & Smith, 1994a).

Es preciso reconocer que no existe una caracterización de la diversidad ecosistémica dentro de los bosques templados de Sudamérica, definiendo ecosistema como el conjunto de la comunidad biótica y sus conexiones funcionales con el sustrato y la atmósfera.

*Nivel paisaje.* La mayor parte de la superficie

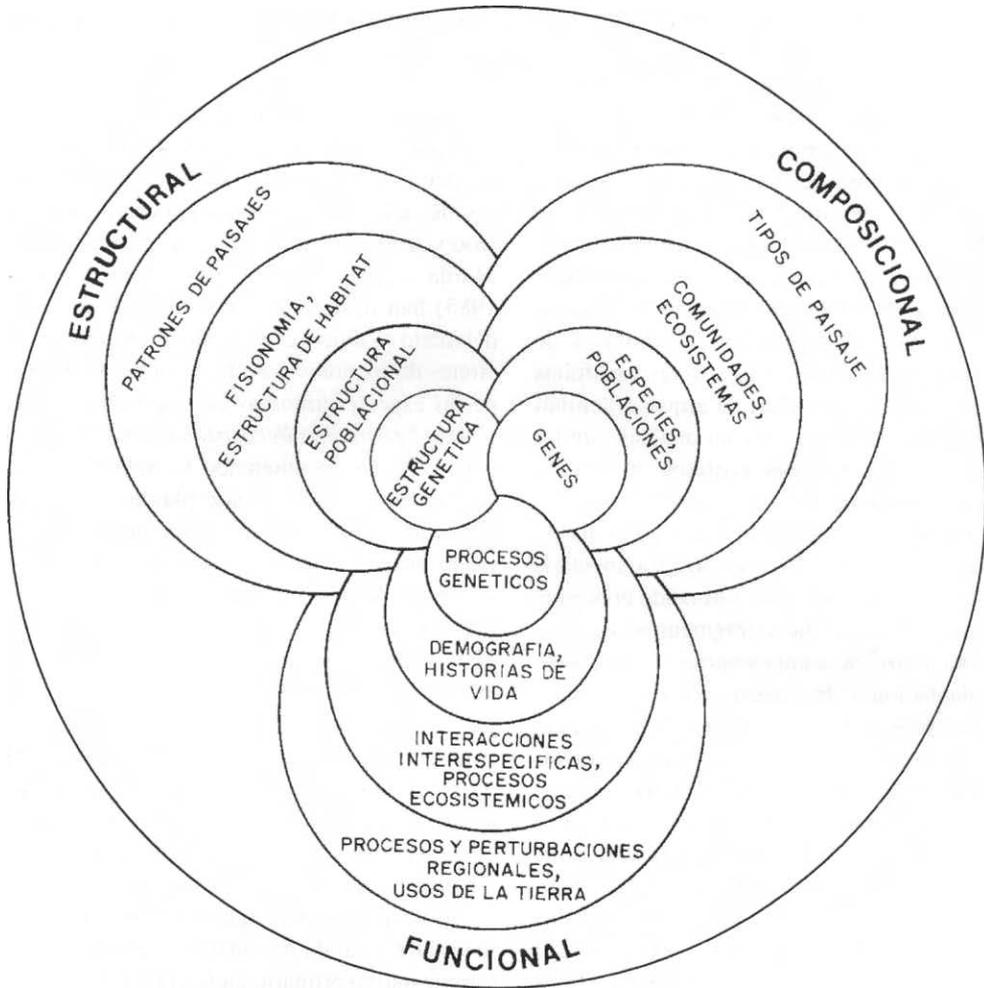


Figura 1. Biodiversidad composicional, estructural y funcional representadas como esferas interconectadas, incluyendo cada una diversos niveles de organización. Esta representación de los múltiples aspectos de la biodiversidad puede contribuir al diseño de los programas de protección ambiental. (Figura basada en Noss, 1990)

Compositional, structural and functional attributes of biodiversity represented as interconnected circles, each including four levels of organization. (Based on Noss, 1990).

forestal original del centro-sur de Chile ha sido reemplazada por otros tipos de paisaje (Donoso, 1983). Este proceso de sustitución se ha acelerado en el presente siglo, especialmente en los últimos 50 años (Lara, Veblen, 1993). En las Regiones VI, VII y VIII la mayor parte del paisaje forestal actual corresponde a plantaciones de dos especies, pinos y eucaliptos (Armesto *et al.*, en preparación), empobreciendo notoriamente la diversidad a nivel de paisaje.

## 2. BIODIVERSIDAD ESTRUCTURAL

*Nivel genético.* Este nivel incluye aspectos como la diversidad de cariotipos y de sistemas de auto-incompatibilidad genética en plantas (Willson,

1983). La información a nivel de cariotipos es abundante para ciertos grupos de plantas y animales (e.g., Díaz, Veloso, 1979). En cuanto a la incompatibilidad genética, Riveros (1991) ha determinado que estos mecanismos están presentes en una proporción importante de la flora leñosa del bosque valdiviano. La autocompatibilidad, en cambio, es predominante entre las especies herbáceas.

*Nivel población/especie.* Aspectos tales como la estructura de edades ha sido determinada para un escaso número de especies arbóreas del bosque templado (Veblen, 1985a; Lara, 1991; Armesto *et al.*, 1991; Jiménez, 1995). Más frecuentes son los análisis de estructura de tamaños (diámetros de troncos) y distribución espacial de las poblaciones (e.g.,

Veblen, 1985a,b; Donoso *et al.*, 1984, 1985; Armesto, Figueroa, 1987; Armesto, Fuentes, 1988; Pérez, 1992) en diversos tipos de bosques templados.

*Nivel comunidad/ecosistema.* Uno de los aspectos de la estructura comunitaria estudiados es la frecuencia de tamaños de claros y las especies que los originan en algunos bosques andinos y de Chiloé (Veblen 1985a,b; Armesto, Fuentes, 1988). A nivel ecosistémico, Pérez *et al.* (1991) y Ruthsatz y Villagrán (1991) han caracterizado la relación entre los suelos y la vegetación de tundras y de bosques mixtos de coníferas y especies laurifolias en la cordillera de Piuchué, Parque Nacional Chiloé. Pérez (1994) presenta un análisis similar para los suelos de bosques costeros de olivillo (*Aextoxicon punctatum*).

*Nivel paisaje.* La superficie antes continua de los bosques del sur de Chile ha sido fragmentada por la acción del hombre, transformando el paisaje en un mosaico de parches (fragmentos) de bosques en una matriz de campos agrícolas, de pastoreo y/o plantaciones de especies exóticas. La estructura del paisaje la constituyen la distribución espacial, el tamaño y la conectividad de los distintos tipos de parches. En Chiloé, el número de especies de aves asociadas al bosque nativo decrece significativamente con la disminución del área de los fragmentos de bosque (Willson *et al.*, 1994). Este efecto del área es más marcado en islas oceánicas que en parches de bosques vecinos en la Isla Grande de Chiloé (Rozzi *et al.*, 1995b), sugiriendo que la reducción del número de especies de aves es más marcada cuando aumenta el aislamiento entre los fragmentos de bosque.

### 3. BIODIVERSIDAD FUNCIONAL

*Nivel genético.* La información sobre flujo génico en poblaciones silvestres del bosque templado es inexistente. Para Chile existen sólo dos estudios que han estimado el flujo génico en especies nativas de los Andes de Chile central, a partir del movimiento de los polinizadores y agentes dispersantes de semillas (Rozzi, 1990; León, 1993). Entre las especies leñosas del bosque nativo, las que poseen frutos carnosos (un 70% del total; Armesto, Rozzi, 1989) presentan una mayor capacidad de colonizar islas en el Archipiélago de Chiloé (Villagrán *et al.*, 1986), lo que sugiere que la dispersión de semillas contribuiría en forma significativa al flujo génico entre poblaciones aisladas.

*Nivel población/especie.* Se ha comenzado a

reunir una amplia base de información sobre los requerimientos de germinación de muchas especies del bosque templado (Donoso, Cabello, 1978; Figueroa *et al.*, en preparación). Los estudios demográficos en especies forestales son escasos. Recientemente, se han iniciado estudios de demografía de árboles en parcelas permanentes (e.g., Donoso, 1989; Armesto *et al.*, en preparación). Murúa y colaboradores (1993; Murúa, González, 1985) han desarrollado por más de diez años un detallado y único estudio demográfico de poblaciones de roedores y de la producción de semillas de las especies arbóreas en el bosque valdiviano.

*Nivel comunidad/ecosistema.* Durante la última década se ha documentado la importancia de las interacciones bióticas entre plantas y animales en el bosque templado chileno, en particular las relacionadas con la polinización y la dispersión de semillas (Armesto *et al.*, 1987; Armesto, Rozzi, 1989; Correa *et al.*, 1990; Sabag, 1993; Riveros, 1991, Smith-Ramírez, 1993; Armesto *et al.*, 1995a; Willson *et al.*, 1995). Sin embargo, la multiplicidad de interacciones bióticas entre polinizadores, frugívoros, herbívoros, descomponedores y plantas en el bosque templado está recién comenzando a ser investigada. Los estudios de procesos ecosistémicos son aún más escasos y recientes. En 1993 se ha iniciado una investigación a largo plazo de los procesos de ingreso, transformación, almacenamiento y salida de nutrientes en una cuenca de bosque nativo primario en la cordillera de Piuchué, Parque Nacional Chiloé (Hedin *et al.*, 1995; Armesto *et al.*, 1995b).

*Nivel paisaje.* Los paisajes regionales son moldeados por diversos procesos físicos y bióticos. Entre los procesos físicos más relevantes en el paisaje de la región de los bosques templados, los más estudiados son los avances y retrocesos glaciales durante el Cuaternario (Villagrán, 1991; Armesto *et al.*, 1994), y los efectos de movimientos tectónicos y el vulcanismo sobre la distribución y composición de la vegetación (Veblen, Ashton, 1978; Veblen, 1985b; Lara, 1991; Veblen, 1995).

Más recientemente, se han iniciado estudios de los efectos sobre el paisaje y la biota de la sustitución a gran escala de bosques nativos por plantaciones de *Pinus radiata*. Se ha determinado que en plantaciones de pino los números de especies de aves nativas son significativamente menores que los registrados en bosques nativos adyacentes (Schlatter, Murúa, 1992; Estades, 1994), y que un número relativamente pequeño de especies de la flora nativa

son capaces de establecerse como poblaciones en el sotobosque de las plantaciones de pino (cuadro 1).

ESTADO DE CONSERVACION DE LOS BOSQUES  
TEMPLADOS CHILENOS

De acuerdo al conocimiento actual, ¿cómo es el estado de conservación de los bosques nativos de

Chile? Se abordará esta pregunta desde tres perspectivas: 1. La protección de la biodiversidad dentro del actual Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE); 2. Las propuestas del proyecto de ley sobre "Recuperación del bosque nativo y fomento forestal", actualmente en discusión en la Cámara del Senado de Chile; y 3. La contribución que puede hacer la ecología en Chile a un cambio cultural y social que promueva la preservación de la biodiversidad.

CUADRO 1

Especies frecuentes en bosque nativo y plantaciones de *Pinus radiata* en el fundo Voipir, IX Región.  
Frequent woody species in native forests and in *Pinus radiata* plantations in Voipir, IX Region, Chile.

SISTEMA NACIONAL DE AREAS SILVESTRES  
PROTEGIDAS DEL ESTADO (SNASPE)

Estudios y observaciones recientes han documentado tres aspectos que limitan seriamente la utilidad del SNASPE para proteger la biodiversidad del bosque templado en Chile: 1. El área de la mayoría de las reservas (referidas, en sentido amplio, a Parques y Reservas Nacionales) es insuficiente para mantener poblaciones viables de la mayoría de las grandes especies de vertebrados (Mella, 1994; Mella, Simonetti, 1994); 2. Un 92% de la superficie protegida en reservas del SNASPE se ubica fuera de las regiones de mayor diversidad y endemismo del bosque templado (Armesto *et al.*, 1992; Mella y Simonetti, 1994); 3. Las zonas inmediatamente adyacentes a las reservas no están sujetas a ningún tipo de control o regulación del uso de la tierra. En varias reservas (e. g., Reserva Los Ruiles, Parque Nacional Conguillío, Parque Nacional Nahuelbuta) las plantaciones comerciales de pino se extienden hasta el borde mismo del área protegida.

	Bosque nativo	Plantación de <i>Pinus radiata</i>
<b>Especies nativas:</b>		
<i>Aextoxicon punctatum</i>	+	
<i>Aristotelia chilensis</i>	+	+
<i>Asplenium dareoides</i>	+	
<i>Blechnum hastatum</i>	+	+
<i>Boquila trifoliata</i>	+	+
<i>Cissus striata</i>	+	+
<i>Chusquea quila</i>	+	+
<i>Eucryphia cordifolia</i>	+	
<i>Gevuina avellana</i>	+	
<i>Hydrocotyle poeppigii</i>	+	
<i>Lapageria rosea</i>	+	
<i>Laurelia sempervirens</i>	+	
<i>Laureliopsis philippiana</i>	+	
<i>Lomatia dentata</i>	+	
<i>Luma apiculata</i>	+	
<i>Luzuriaga radicans</i>	+	
<i>Mitraria coccinea</i>	+	
<i>Nertera granadensis</i>	+	
<i>Nothofagus obliqua</i>	+	
<i>Osmorhiza chilensis</i>	+	
<i>Persea lingue</i>	+	
<i>Rhamnus diffusus</i>	+	
<i>Rhapitamnus spinosus</i>	+	
<b>Especies exóticas:</b>		
<i>Acacia melanoxylon</i>		+
<i>Pseudoplatanus</i>		+
<i>Digitalis purpurea</i>		+
<i>Hypochaeris radicata</i>		+
<i>Pinus radiata</i>		+
<i>Rubus constrictus</i>		+

\* Se consideraron frecuentes aquellas especies que aparecieron >50% de las parcelas fitosociológicas realizadas por D. Frank (1994).

Con el fin de corregir en parte la escasa representación del bosque de la región centro-sur de Chile (36-39°S) en el SNASPE (limitante número 1) se definieron, por acuerdo de la comunidad científica y CONAF, 10 sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad (cuadro 2). Sin embargo, hasta la fecha no se han implementado medidas para mejorar la protección de estas áreas, todas las cuales se encuentran en terrenos privados. Respecto a la tercera limitante, los responsables del manejo de las áreas protegidas deben considerar los efectos de borde, tales como aumento de depredación, enfermedades y plagas, introducción de especies de malezas, aumento de la susceptibilidad a incendios, uso de pesticidas, etc., que en su mayoría resultan negativos para la sustentabilidad de la reserva.

CUADRO 2

Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en Chile (Taller de Conaf, 1993).  
Priority sites for the conservation of biodiversity in Chile (Conaf, 1993).

Sitios	Loc.*	Latitud	Región	Propiedad
Radal 7 Tazas	A	35°27'	VII	Privada (AP)
Altos de Vilches	A	35°36'	VII	Privada (AP)
Hornillos-Río Ancoa	A	35°52'	VII	Privada
Robles del Maule	C	35°50'	VII	Privada (AP)
Tregualemu-Ramadilla	C	35°59'	VII	Privada
Bullileo-Laguna Suárez	A	36°19'	VII	Privada
Cerro Cayumanque	C	36°42'	VIII	Privada
Navado de Chillán	A	36°52'	VIII	Privada
Quebrada Caramávida	C	37°40'	VIII	Privada
Cordillera Pelada	C	40°09'	X	Privada

(AP) = Area de protección.

\* Localidad: C= Cordillera de la Costa. A=Cordillera de los Andes.

Para corregir este problema se requiere introducir formas de manejo del paisaje basadas en criterios ecológicos (e.g., Noss, 1994; Franklin, 1993) que contribuyan a: 1. Crear áreas de "amortiguamiento" ("buffers") de la actividad humana alrededor de las reservas; 2. Aumentar la conectividad entre las reservas, a través de corredores de hábitat natural (fig. 2); y 3. minimizar el deterioro ambiental de la matriz (paisaje que rodea las áreas protegidas).

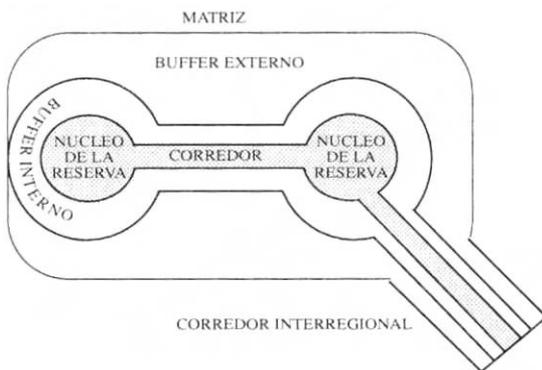


Figura 2. Diseño de un sistema de reservas regional que incluye núcleos de reserva, corredores que los interconectan, y zonas "buffer" en torno a éstos. (Figura tomada de Noss, 1994).

Design of a regional system of nature reserves, including core reserves, interconnecting corridors, and buffer zones (Noss, 1990).

Las deficiencias actuales del SNASPE hacen evidente la necesidad de desarrollar formas de conservación de la biodiversidad fuera de las áreas protegidas, en terrenos privados que podrían ser al mismo tiempo manejados con fines productivos (Armesto, Smith, 1994b).

2. PROYECTO DE LEY DE FOMENTO FORESTAL

La legislación constituye un aspecto decisivo para la regulación de las actividades humanas que afectan a los ecosistemas forestales. Desde abril de 1992 se debate en el Congreso Nacional un proyecto de ley de "Recuperación del Bosque Nativo y de Fomento Forestal".

Una discusión crítica de algunos aspectos de este proyecto de ley, fundamentada en criterios ecológicos, fue publicada en el Noticiero de la Sociedad de Biología (Armesto y Smith, 1994a). En ese trabajo se hace presente la necesidad de limitar la extensión de los monocultivos de pino y eucaliptos y se hacen recomendaciones para mejorar la efectividad de la ley en la protección de la biodiversidad y el manejo sustentable de los bosques nativos.

Un aspecto particularmente deficiente de este proyecto de ley, a la luz del enfoque jerárquico de la biodiversidad expuesto en el inicio de este trabajo, lo constituye la definición de bosque. En su artículo 2º, el citado proyecto de ley define bosque en los siguientes términos:

"...formación vegetal leñosa que ocupa una superficie de por lo menos 5.000 m<sup>2</sup>, con un ancho mínimo de 20 metros, con dominio de cobertura de copa que supera al 10% de dicha superficie total en condiciones áridas o semiáridas, y al 20% en circunstancias más favorables".

Esta definición, basada exclusivamente en la cobertura arbórea, es extremadamente inadecuada y anacrónica desde el punto de vista biológico, ya que desconoce los niveles genético, ecosistémico y de paisaje e ignora la representación de los distintos atributos de la biodiversidad en el ecosistema forestal. Si la futura ley tiene como propósito fomentar efectivamente los planes de recuperación y manejo sustentable de los bosques nativos, esta definición es claramente insuficiente. Los bosques deben ser definidos como ecosistemas dinámicos, reconociendo su enorme riqueza de clases de organismos (desde las bacterias a los grandes árboles emergentes), la compleja red de interacciones entre ellos y su relación con los flujos de materia y

energía en los ecosistemas forestales (Franklin, 1993). Estos procesos biológicos ocurren en diferentes niveles de organización, desde los genes al paisaje regional.

Respecto a la dinámica del bosque, la ley presenta un concepto estático, que excluye, por ejemplo, a la mayor parte de los bosques secundarios, bosques degradados por el raleo comercial y el mal manejo. En estos bosques la sustitución por plantaciones es favorecida como única alternativa de uso, ignorando el alto potencial de crecimiento de los bosques sucesionales. Por otro lado, la arbitraria área mínima de 5.000 m<sup>2</sup> excluiría de la definición de bosque una gran proporción de los fragmentos forestales que aún mantienen poblaciones y procesos biológicos importantes y podrían integrarse a unidades mayores de bosque a través de corredores o parches que aumentan la conectividad entre éstas. Las consecuencias negativas de este precepto son aún más graves en algunas zonas extremadamente degradadas, como la costa de las Regiones VII y VIII, donde estos pequeños fragmentos mantienen poblaciones de especies en peligro de extinción como el queule (*Gormortega keule*) y el pitao (*Pitavia punctata*).

### 3. CONTRIBUCION DE LA ECOLOGIA PARA UN CAMBIO CULTURAL Y SOCIAL

Del análisis precedente se desprende que el hombre puede determinar la configuración del paisaje forestal a través de su intervención directa o indirecta en los procesos biológicos a todos los niveles de organización: genético, población/especie, comunidad/ecosistema y paisaje (McDonnell, Pickett, 1993). La influencia humana se manifiesta a veces de maneras sutiles, tal como ocurre con el aumento de CO<sub>2</sub> de la atmósfera y la lluvia ácida, que en último término alteran la constitución genética de las poblaciones y la composición de las comunidades (Vitousek, 1994). Es entonces apropiado integrar al hombre al esquema jerárquico determinado por estos niveles de organización, definiendo un gradiente de influencia antrópica sobre los paisajes y ecosistemas (fig. 3)

La ecosfera se define como el sistema de sustentación de vida del planeta, incluyendo tres fases de creciente control antrópico: la biosfera, los sistemas silvoagropecuarios y los paisajes urbano-industriales (cf. Naveh, Lieberman, 1993). Este esquema, que define un gradiente de influencia antrópica, es más apropiado que la tradicional

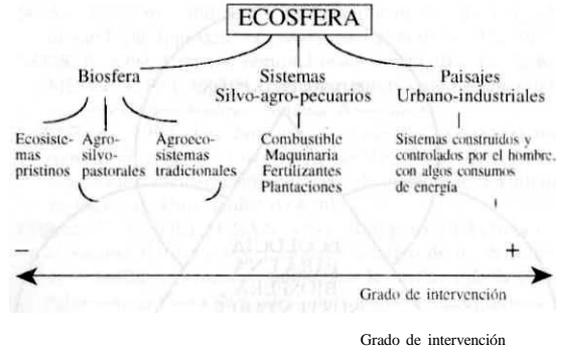


Figura 3. La ecosfera (sistema de sustentación de vida del planeta) representada como un gradiente continuo de control antrópico (cf. Naveh y Lieberman, 1993)  
The ecosphere (the planet's life sustaining system) represented as a continuous gradient of anthropogenic influence (cf. Naveh Lieberman, 1993).

clasificación dicotómica entre ambientes "naturales" y "artificiales" o antrópicos (McDonnell *et al.*, 1993). Al concebir la ecosfera como un sistema ecológico global bajo distintos grados de influencia humana, es necesario regular la actividad del hombre en función de su impacto sobre el ambiente. Esta nueva conciencia, que incorpora al hombre como parte del ambiente (Pickett *et al.*, 1993), podría contribuir en el largo plazo a promover un cambio social, modificando la escala de valores prevaleciente y el modelo de desarrollo. Este papel social de la ecología, que ha sido destacado por la Sociedad de Ecología de Estados Unidos en la presentación de Lubchenco *et al.* (1991), requiere la integración de los programas de investigación, con la educación ambiental a todos los niveles, y la aplicación del nuevo conocimiento ecológico en las esferas de planificación y toma de decisiones (fig. 4). En consecuencia, para la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas forestales de Chile se considera imprescindible promover las interacciones entre científicos, profesionales de las diversas áreas forestales, políticos y la comunidad toda.

Para lograr esta integración los autores de este artículo proponen definir y estimular tres niveles de trabajo: 1. Investigación ecológica básica y aplicada de los ecosistemas forestales chilenos; 2. Evaluación del impacto que para estos ecosistemas tienen los diferentes tipos de actividad humana; y 3. El análisis de las condiciones sociales necesarias para promover formas de actividad humana compatibles con la preservación de la biodiversidad e integridad de los ecosistemas forestales.



Figura 4. Interacciones interdisciplinarias requeridas por la Iniciativa para una Biosfera Sustentable (basada en Lubchenco *et al.*, 1991).

Inter-disciplinary interactions required by the Initiative for a Sustainable Biosphere (based on Lubchenco *et al.*, 1991).

AGRADECIMIENTOS

Las ideas presentadas en este trabajo fueron discutidas con Carmen Castor, Jaime Cuevas, Leonora Rojas y José Luis Vesperini durante los Seminarios de Botánica realizados el segundo semestre de 1994 en la Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, coordinado por la Dra. Mary Kalin. Los autores agradecen los comentarios críticos de dos revisores anónimos. Este artículo se ha elaborado con el apoyo del Proyecto Fondecyt 92-1135, la Fundación A. W. Mellon y es la contribución N° 3 del Instituto de Investigaciones Ecológicas Chiloé.

BIBLIOGRAFIA

ARMESTO, J.J., J. FIGUEROA. 1987. "Stand structure and dynamics in the temperate rain forests of Chiloé Archipiélago, Chile", *Journal of Biogeography* 14: 367-376.

ARMESTO, J.J., E.R. FUENTES. 1988. "Regeneration of main canopy and subcanopy trees in tree-fall gaps in a mid-elevation temperate rainforest in southern Chile", *Vegetatio* 74: 151 - 159.

ARMESTO, J.J., R. ROZZI. 1989. "Seed dispersal syndromes in the rain forest of Chiloé: evidence for the importance of biotic dispersal in a temperate rain forest", *Journal of Biogeography* 16: 219-226.

ARMESTO, J.J., C. SMITH-RAMIREZ. 1994a. "Propuesta de la Sociedad de Ecología de Chile respecto al proyecto de ley: Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. Una proposición para integrar los valores ecológicos del bosque", *Noticiero de Biología* 2: 2-8.

ARMESTO, J.J., C. SMITH-RAMIREZ. 1994b. "Criterios

ecológicos para el manejo del bosque nativo", *Ambiente y Desarrollo* X (3): 64-71.

ARMESTO, J.J., R. ROZZI, P. MIRANDA, C. SABAG. 1987. "Plant/frugivore interactions in South American temperate forests", *Revista Chilena de Historia Natural* 60: 321-336.

ARMESTO, J.J., I. CASASSA, O. DOLLENZ. 1992. "Age structure and dynamics of Patagonian beech forests in Torres del Paine National Park, Chile", *Vegetatio* 98: 13-22.

ARMESTO, J.J., C. SMITH-RAMIREZ, P. LEON, M.K. ARROYO. 1992. "Biodiversidad y conservación del bosque templado en Chile", *Ambiente y Desarrollo* VIII: 19-24.

ARMESTO, J.J., C. VILLAGRAN, C. DONOSO. "Desde la era glacial a la industrial: La historia del bosque templado chileno". *Ambiente y Desarrollo* X(1) : 66-72.

ARMESTO, J.J., R. ROZZI, P. LEON-LOBOS. 1995. Ecología de los bosques chilenos: síntesis y proyecciones. En: J.J. ARMESTO, C. VILLAGRAN y M.K. ARROYO (eds.). *Ecología de los Bosques Nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile, en prensa.

ARMESTO, J.J., C. SMITH-RAMIREZ, C. SABAG. 1995a. The importance of plant-bird mutualisms in the temperate rainforests of southern South America. En: R.G. LAWFORDE, P. ALABACK, E.R. FUENTES (eds.). *High latitude rain forests and associated ecosystems of the west coasts of the America: Climate, hydrology, ecology and conservation*. Springer, New York. En prensa.

ARROYO, M.T.K., J.J. ARMESTO, F. SQUEO, J. GUTIERREZ. 1994. Global change flora and vegetation of Chile. En: H.A. MOONEY, E.R. FUENTES y B.I. KRONBERG (eds.). *Earth systems responses to global change. Contrasts between North and South America*, 239-263 pp.

ARROYO, M.T.K., M. RIVEROS, A. PEÑALOZA, L. CAVIERES, A.M. FAGGI. 1995. History and regional richness patterns of the cool temperate rain forest flora of southern South America. En: R.G. LAWFORDE, P. ALABACK, E.R. FUENTES (eds.). *High latitude rain forests and associated ecosystems of the west coasts of the America: Climate, hydrology, ecology and conservation*. Springer, New York. En prensa.

CONAF. 1989. *Red List of Chilean Terrestrial Flora*. Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile.

CONAF. 1993. *Libro rojo de los vertebrados terrestres de Chile*. Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile.

CORREA, A., J.J. ARMESTO, R.P. SCHLATTER, R. ROZZI, J.C. TORRES-MURA. "La dieta del chucao (*Scelorchilus rubecula*), un Passeriforme terrícola endémico del bosque templado húmedo de Sudamérica austral". *Revista Chilena de Historia Natural*, 63: 197-202.

DIAZ, N., A. VELOSO. 1979. "Sistemática y evolución de los anfibios de Chile", *Archivos de Biología y Medicina Experimental*, 12: 59-70.

DONOSO, C. 1983. Modificaciones del paisaje forestal chileno a lo largo de la historia. En *Simposium Desarrollo y Perspectivas de las Disciplinas Forestales de la Universidad Austral de Chile*, 365-438 pp.

DONOSO, C. 1989. "Antecedentes básicos para la silvicultura del tipo forestal siempreverde", *Bosque* 10: 59-83.

DONOSO, C. 1993. *Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

DONOSO, C., A. CABELLO. 1978. "Antecedentes fenológicos y de germinación de especies leñosas chilenas". *Ciencias Forestales*: 31-41.

DONOSO, C., R. GREZ, B. ESCOBAR, P. REAL. 1984. "Estructura y dinámica de bosques de tipo forestal siempreverde en un sector de Chiloé Insular", *Bosque* 5: 82-104.

DONOSO, C., R. DEUS, J.C. COCKBAIN, C. CASTILLO. 1985. "Variaciones estructurales del tipo forestal Coigüe-Raulí-Tepa", *Bosque* 7: 17-35.

- ESTADES, C. 1994. "Impacto de la sustitución del bosque natural por plantaciones de *Pinus radiata* sobre una comunidad de aves en la Octava Región de Chile". *Boletín Chileno de Ornitología* 1: 8-14.
- FRANK, D. 1994. *Douglasienanbau in Süddeutschland: Auswirkungen auf Vegetation und Boden am Beispiel des Fundo Voipir*. Tesis de Doctorado, Universidad de Bayreuth, Alemania.
- FRANKLIN, J.E. 1993. "Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes?", *Ecological Applications* 3: 202-205.
- GAJARDO, R. 1994. *La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- HEDIN, L.O., J.J. ARMESTO, A. JOHNSON. 1995. "Patterns of nutrient loss from unpolluted, old-growth temperate forests: evaluation of biogeochemical theory", *Ecology* 76: 493-509.
- JIMENEZ, H. 1995. *Reconstrucción de la historia de un rodal de Austrocedrus chilensis (D. Don) Pic. Ser. et Biz. en la cuenca superior del río Bio-Bio*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- LARA, A. 1991. *The dynamics and disturbance regimes of Fitzroya cupressoides forest in south-central Andes of Chile*. Tesis de Doctorado, University of Colorado, Boulder, Colorado, USA.
- LARA, A., T.T. VEBLEN. 1993. Forest plantations in Chile: a successful model? En: A. MATHER (ed.). *Afforestation: Policies, Planning and Progress*, 118-139 pp. Belhaven Press, Florida.
- LEON, P. 1993. *Efecto del espaciamiento entre plantas en la producción de frutos y semillas en Kageneckia angustifolia Don., un árbol dioico del bosque esclerófilo montano de Chile Central*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago.
- LUBCHENCO, J., A.M. OLSON, R.B. BRUBAKER, S.R. CARPENTER, M.M. HOLLAND, S.P. HUBBEL, S.A. LEVIN, J.A. MACMAHON, P.A. MATSON, J.M. MELILLO, H.A. MOONEY, C.H.H. PETERSON, H.R. PULLIAM, L.A. REAL, P.J. REGAL, P.G. RISSER. 1991. "Iniciativa para una biosfera sustentable: una agenda de investigación ecológica", *Revista Chilena de Historia Natural* 64: 175-226.
- MCDONNELL, M.J., S.T.A. PICKETT. 1993. *Humans as components of ecosystems*. Springer Verlag, Nueva York.
- MCDONNELL, M.J., S.T.A. PICKETT, R.V. POUYAT. 1993. The application of the ecological gradient paradigm to the study of urban effects. En: M.J. MCDONNELL y S.T.A. PICKETT (eds.). *Humans as components of ecosystems*, 175-189 pp. Springer Verlag, Nueva York.
- MELLA, J. 1994. *Áreas silvestres protegidas y la conservación de los mamíferos terrestres en Chile*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- MELLA, J., J. SIMONETTI. 1994. "Representaciones y poblaciones viables: conservación de mamíferos en las áreas silvestres protegidas de Chile", *Ambiente y Desarrollo* X: 72-78.
- MUÑOZ, M. 1980. *Flora del Parque Nacional Puyehue*. Edit. Universitaria, Santiago.
- MURUA, R., L. GONZALEZ. 1985. "Producción de semillas de especies arbóreas en la pluviselva valdiviana", *Bosque* 6: 15-23.
- MURUA, R. 1993. Ciclos poblacionales de roedores en un bosque templado del sur de Chile. Simposio: "Estudios de largo plazo en ecología: necesidad y utilidad". XXXVI Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Chile, Puyehue, Chile.
- NAVEH, Z., A.S. LIEBERMAN. 1993. *Landscape ecology theory and applications*. (2<sup>a</sup> ed.), Springer Verlag, New York.
- NOSS, R. 1990. "Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach", *Conservation Biology* 4: 355-364.
- NOSS, R. 1994. Creating regional reserve networks. En: G.K. MEFFE, C.R. CARROLL & contributors (eds.). *Principles of conservation biology*. Sinauer Associates.
- PEREZ, C. 1992. *Los bosques de "olivillo" (Aextoxicon punctatum) de la Cordillera de la Costa de Chile: interacción-suelo-vegetación*. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.
- PEREZ, C., C. VILLAGRAN. 1994. "Influencia del clima en el cambio florístico vegetacional y edáfico de los bosques de "olivillo" (*Aextoxicon punctatum* R. et Pav.) de la Cordillera de la Costa de Chile: implicancias biogeográficas". *Revista Chilena de Historia Natural* 67: 77-90.
- PEREZ, C., J.J. ARMESTO, B. RUTHSATZ. 1991. "Descomposición de hojas, biomasa de raíces y características de los suelos en bosques mixtos de coníferas y especies laurifolias en el Parque Nacional Chiloé, Chile", *Revista Chilena de Historia Natural* 64: 479-490.
- PICKETT, S.T.A., V.T. PARKER, P.L. FIEDLER. 1992. The new paradigm in ecology: implications for conservation biology above the species level. En: P.L. FIEDLER y S.K. JAIN (eds.). *Conservation biology*. 65-88 pp. Chapman & Hall, Nueva York.
- RAMIREZ, C. 1978. "Estudio florístico y vegetacional del Parque Nacional Tolhuaca (Malleco, Chile)". Museo de Historia Natural de Santiago de Chile. *Publicación Ocasional* 24: 3-23.
- RIVEROS, M. 1991. *Aspectos sobre la biología reproductiva en dos comunidades del sur de Chile, 40°S*. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.
- ROZZI, R. 1990. *Períodos de floración y especies de polinizadores en poblaciones de Anarthrophyllum cumingii y Chuquiraga oppositifolia que crecen sobre laderas en exposición norte y sur*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago.
- ROZZI, R., D. MARTINEZ, M. WILLSON, C. SABAG. 1995a. Avifauna de los bosques templados de Sudamérica. En: J.J. ARMESTO, C. VILLAGRAN y M.K. ARROYO (eds.). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. En prensa.
- ROZZI, R., J.J. ARMESTO, A. CORREA, J.C. TORRES-MU-RA, M. SALABERRY. 1995b. "Avifauna de bosques primarios templados en islas deshabitadas del archipiélago de Chiloé", *Revista Chilena de Historia Natural*. En prensa.
- RUTHSATZ, B., C. VILLAGRAN. 1991. "Vegetation pattern and soil nutrients of a Magellanic moorland on the Cordillera de Piuchué, Chiloé Island, Chile", *Revista Chilena de Historia Natural* 64: 461-478.
- SABAG, C. 1993. *El rol de las aves en la dispersión de semillas en un bosque templado secundario de Chiloé (42°S)*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.
- SCHLATTER, R., R. MURUA. 1992. "Control biológico de plagas: bosque artificial y biodiversidad", *Ambiente y Desarrollo* VIII: 66-70.
- SMITH-RAMIREZ, C. 1993. "Los picaflores y su recurso floral en el bosque templado de la Isla de Chiloé, Chile", *Revista Chilena de Historia Natural* 66: 65-73.
- VEBLEN, T.T. 1985a. "Forest development in tree-fall gaps in the temperate rain forests of Chile", *National Geographic Research* 162-183.
- VEBLEN, T.T. 1985b. Stand dynamics in Chilean Nothofagus forests. En: S.T.A. PICKETT y P.S. WHITE (eds.). *The Ecology of natural disturbance and patch dynamics*. 35-51 pp. Academic Press, Florida.
- VEBLEN, T.T., D.A. ASHTON. 1978. "Catastrophic influences on the vegetation of the Valdivian Andes. Chile", *Vegetatio* 36: 149-167.

- VEBLEN T.T., F. SCHLEGEL. 1982. "Reseña ecológica de los bosques del sur de Chile", *Bosque* 4: 73-115.
- VEBLEN, T.T. 1995. Perturbaciones y dinámica de regeneración de bosques andinos del sur de Chile y Argentina. En: J.J. ARMESTO, C. VILLAGRAN & M.K. ARROYO (eds.). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Ed. Universitaria, en prensa.
- VILLAGRAN, C. 1980. Vegetationgeschichtliche und pflanzensoziologische Untersuchungen im Vicente Pérez Rosales Nationalpark (Chile). *Dissertationes Botanicae*, Band 54, Gantner Verlag.
- VILLAGRAN, C. 1991. "Historia postglacial del bosque templado de Chile", *Revista Chilena de Historia Natural* 64: 447-460.
- VILLAGRAN, C., J.J. ARMESTO, R. LEIVA. 1986. "Recolonización postglacial de Chiloé insular: evidencias basadas en la distribución geográfica y los modos de dispersión de la flora", *Revista Chilena de Historia Natural* 59: 19-39.
- VITOUSEK, P.M. 1994. "Beyond global warming: ecology and global change", *Ecology* 75: 1861-1876.
- WILLSON, M.F. 1983. *Plant reproductive ecology*. Wiley, New York.
- WILLSON, M.F., T. DE SANTO, C. SABAG, J.J. ARMESTO. 1994. "Avian communities of fragmented south-temperate rainforests in Chile". *Conservation Biology* 8: 508-520.
- WILLSON, M.F., C. SMITH-RAMIREZ, C. SABAG, J.F. HERNANDEZ. 1995. Mutualismos entre plantas y animales en los bosques templados de Chile. En: J.J. ARMESTO, C. VILLAGRAN y M.K. ARROYO (eds.). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Ed. Universitaria, en prensa.