



TEPUALES

Tesoro de Chiloé y la Patagonia Insular



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

TEPUALES

Tesoro de Chiloé y la Patagonia Insular

Bannister, Jan¹



INSTITUTO FORESTAL
2018

¹ Ingeniero Forestal. Dr. Investigador. Oficina Chiloé, Sede Los Ríos, Instituto Forestal. Chile, jbannister@infor.cl



Instituto Forestal, Chile

Sucre 2397, Ñuñoa

Santiago, Chile

F. 223667115

www.infor.cl

ISBN N° 978 956 318 141 - 8

Registro de Propiedad Intelectual N° A - 290310

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Bannister, Jan, 2018. Tepuales. Tesoro de Chiloé y la Patagonia Insular. Instituto Forestal, Chile. p. 74



Dedicatoria

A mi hijo Simón Guillermo y mi amada esposa Natalia, quienes son mi tesoro más preciado. A mi gran Billy que se fue al cielo durante esta investigación y desde ahí me acompaña. A todo el clan Bannister Hepp que hacen que la vida diaria sea increíble. A todos los árboles, musgos, animales pequeños, espíritus y seres extraños de los bosques de Chiloé, quienes permiten investigar sus dominios bajo una mirada atenta y en relativa paz y armonía.



INDICE

AGRADECIMIENTOS	8
PRÓLOGO	9
Capítulo 1 INTRODUCCIÓN	11
Capítulo 2 HISTORIA NATURAL DE UN BOSQUE ÚNICO	15
Formación del Paisaje Actual	15
Expansión de los Bosques	19
Los Tepuales han Sorprendido a Grandes Viajeros	20
Capítulo 3 FLORA DE LOS TEPUALES	23
Flora de los Bosques de Chiloé en el Contexto Nacional	23
La Especie <i>Tepualia stipularis</i>	24
Composición Florística de los Tepuales de Chiloé	26
Capítulo 4 ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE LOS TEPUALES	31
Teoría de Sucesión y Dinámica de Bosques	31
Dinámica Sucesional en Tepuales	32
Estructura de los Tepuales de Chiloé	33
Influencia de la Estructura en la Riqueza de Especies y Nichos de Regeneración	40
Capítulo 5 USO TRADICIONAL DE LOS TEPUALES Y PROBLEMÁTICA AMBIENTAL	45
Importancia de los Tepuales para la Vida en los Archipiélagos Australes	45
Estado Actual y Principales Amenazas en los Tepuales de Chiloé	46
Uso Tradicional y Cosecha Controlada	48
Regeneración de Especies Arbóreas luego de Tala Rasa en Fajas Alternas	50
Capítulo 6 HACIA UN MANEJO ALTERNATIVO DE TEPUALES	53
Hacia Métodos Silviculturales Alternativos en Tepuales de Chiloé	53
Importancia de la Retención de Biomasa Residual para Favorecer la Regeneración Natural Postcosecha en Tepuales	56
Manejo Forestal de Tepuales en Chiloé	57
Capítulo 7 REFLEXIÓN FINAL	65
Manejo Sustentable o Cosecha Controlada	65
Hacia un Nuevo Paradigma de Uso de los Tepuales	68
REFERENCIAS	70

AGRADECIMIENTOS

INFOR y el autor agradecen el apoyo del Fondo de Investigación del Bosque Nativo de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el cual financió durante los años 2013 a 2017 la investigación aquí presentada.

Igualmente se agradece a Parque Tantauco y a MASISA que brindaron apoyo logístico a la investigación en bosques inalterados y pusieron a disposición sus terrenos para el establecimiento de ensayos silviculturales.

Este documento no habría sido posible sin la ayuda constante de Nicole Galindo, Klaus Kremer y Natalia Carrasco, quienes apoyaron con análisis de datos, elaboración de cuadros y figuras y el aporte de comentarios técnicos.

Se agradece también a Victor Gerding, Jean Pierre Francois, Pablo Donoso, Daniel Soto, Klaus Kremer, Rodrigo Vargas, Natalia Carrasco y Rodrigo Mujica por revisar los diferentes capítulos proponiendo cambios y correcciones que sin duda los mejoraron significativamente y validaron la información del documento desde sus valiosas experiencias.

La investigación contó con el apoyo de un gran número de trabajadores, estudiantes, practicantes y amigos que fielmente aportaron en cada etapa del proyecto, pese a las inclemencias climáticas. Entre ellos se agradece en especial a Guillermo Fullá, Edgar Quiroga, Andrés Caracciolo, Dimitrios Samaras, Javiera Urrutia, Carlos Zurita y Viviana Claramunt. Por último se agradece a Alan Bannister, gran protector de los bosques y ecosistemas del sur de Chiloé, quien facilitó de forma entusiasta la logística de esta investigación desde el primer día.

Este trabajo se espera sea una contribución al programa de investigación en restauración de ecosistemas del Instituto Forestal.



PRÓLOGO

Los tepuales, o bosques dominados por tepú, son bosques profundamente arraigados en la historia, cultura y diario vivir de los habitantes de Chiloé y la zona insular austral. Son bosques de gran complejidad y por esto son el hábitat de decenas de especies vasculares y no vasculares, y de animales e insectos que necesitan de estos bosques para poder existir. Además, al ser bosques pantanosos, son reservorios de agua de calidad para los habitantes de los archipiélagos australes, territorios que al no tener glaciares dependen de ellos para aprovisionarse de este importante recurso en época estival.

A lo largo de la historia, famosos viajeros, como Conrad Martens (1834), Charles Darwin (1835) y Carl Alexander Simon (1852), han mostrado a través de sus pinturas o escritos un gran interés por las características únicas de estos bosques.

Pese a esto, a lo largo de los siglos estos bosques han concentrado históricamente la presión por los recursos forestales en el territorio insular, ya sea al ser quemados extensivamente para tener mejor acceso para la obtención de postes y durmientes de ciprés de las Guaitecas, especie que cohabita en estos bosques, o en los últimos años como fuente inagotable de su máspreciado producto actual, la leña para calefacción y cocina.

En diciembre del año 2013, el Instituto Forestal (INFOR) inició la ejecución del proyecto de investigación Métodos Silviculturales Alternativos para Bosques Adultos Dominados por Tepú (*Tepualia stipularis*) en la Isla Grande de Chiloé, el cual fue financiado por el Fondo de Investigación de Bosque Nativo de la Corporación Nacional Forestal.

En el presente documento se resumen los principales hallazgos científicos durante los últimos años para los tepuales, en la búsqueda de poner en valor estos bosques únicos de los archipiélagos australes y de la isla de Chiloé en especial.

Este es un libro con el que se busca llegar a estudiantes universitarios y a profesionales del sector forestal, y a todos quienes estén interesados en la ecología y manejo de estos bosques nativos desde un punto de vista científico y práctico. Si bien está escrito en un lenguaje técnico, que requiere cierta base de conocimiento previo, se espera que el trabajo sea un aporte para la valoración y conservación de los tepuales en la Patagonia Insular al alcance de todos los grupos de interés.



Fernando Raga Castellanos
Director Ejecutivo
Instituto Forestal





Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

Los humedales boscosos de agua dulce, entre ellos los bosques pantanosos, cubren extensas superficies, desde zonas tropicales hasta zonas boreales o australes (Lugo *et al.*, 1988; Correa-Araneda *et al.*, 2011; Bannister *et al.*, 2012). Estos ecosistemas forestales, además de tener un alto valor ecológico (composición, estructura y función), contribuyen significativamente a la productividad de las áreas en que se ubican debido a una serie de servicios ecosistémicos que proveen a la sociedad, como regulación hídrica, protección del suelo, hábitat para flora y fauna endémica, sumideros de carbono y otros (Lugo *et al.*, 1988; Brinson and Malvárez, 2002; Correa-Araneda *et al.*, 2011).

A pesar de su importancia ecológica, económica y geográfica, para estos ecosistemas generalmente solo abunda información sobre las especies que allí habitan (Lugo *et al.*, 1988). Aunque hay estudios sobre estructura y dinámica de bosques pantanosos, estos se han concentrado en el hemisferio norte y en zonas tropicales (Sherman *et al.*, 2000; Koponen *et al.*, 2004; Duberstein and Conner, 2009), y son escasos en el hemisferio sur (Veblen and Stewart, 1980; Stewart and Veblen, 1982), especialmente en bosques pantanosos de zonas templadas del Cono Sur Sudamericano (Bannister, 2015).

En Chile, el estudio de los bosques pantanosos se ha concentrado en la zona mediterránea (Correa-Araneda *et al.*, 2011). Sin embargo, muchos de estos bosques se encuentran dentro del tipo forestal Siempreverde (*sensu* Donoso, 1981), el más extenso del país con aproximadamente 4 millones de hectáreas (aprox. 30 % del total de bosques nativos de Chile). El tipo forestal Siempreverde concentra su distribución en las regiones templadas del sur de Chile (Bannister *et al.*, 2012; CONAF, 2016) y desde un punto de vista forestal se divide en cinco subtipos: siempreverde de intolerantes emergentes, siempreverde de tolerantes, olivillo costero, renovales de canelo y ñadi (Donoso, 1981; Donoso, 1993). Desde un punto de vista fisionómico el tipo forestal Siempreverde se puede dividir también en dos tipos de formaciones; el bosque valdiviano en terrenos bajos (< 600 msnm) y de buen drenaje y hasta aproximadamente los 42°-43°S, y el bosque nordpatagónico, en terrenos más altos y condiciones bajas de drenaje restringido, desde aproximadamente los 42°S hasta los 47°S (Gutiérrez *et al.*, 2009).

Los tepuales o bosques dominados por tepú (*Tepualia stipularis* (Hook et Arn.) Griseb), uno de los principales bosques pantanosos de Chile, no corresponden estrictamente a ninguno de los cinco subtipos forestales antes mencionados, aunque son más comunes en los subtipos renovales de canelo y ñadi, ya que estos se asocian a condiciones de mal drenaje. Es más, los tepuales se encuentran también presentes en los tipos forestales Alerce y Ciprés de las Guaitecas, en los cuales también son comunes las situaciones de suelos con mal drenaje. Debido a esto, los tepuales se encuentran mayoritariamente dentro de los bosques nordpatagónicos (Gutiérrez *et al.*, 2004; Gutiérrez *et al.*, 2009), y corresponden a una de las formaciones más importantes y frecuentes de la región de Los Lagos (41°S - 44°S), en especial en las provincias de Llanquihue, Chiloé y Palena.

En estos bosques, tepú desarrolla estructuras muy complejas, acumulando gran cantidad de biomasa en el sotobosque debido a su hábito de crecimiento horizontal, el cual forma frecuentemente suelos aéreos y redes de troncos casi impenetrables, por lo cual presentan una muy baja resiliencia a disturbios catastróficos (Bannister *et al.*, 2012b).



La compleja estructura de estos bosques, su difícil acceso y dificultad de medición, han inhibido su estudio, por lo que su conocimiento es muy limitado, siendo tepú quizás la especie arbórea dominante de bosques de la cual menos información se tiene en el Cono Sur de Sudamérica, en particular en bosques adultos e inalterados. Debido a la gran cantidad de biomasa que acumulan y a la densidad y poder calorífico de la madera de tepú, estos bosques han sido históricamente explotados para la extracción de leña, principal combustible para calefacción y cocina utilizado en el sur de Chile (Neira y Bertín, 2009; Sanzana, 2012).

Los tepuales se encuentran así bajo una alta y constante presión de uso en el sur de Chile. Un ejemplo concreto es la ciudad de Puerto Montt, que con una población de 228.118 habitantes (INE, 2012) consume 586.301 m³/año de leña, equivalente a un mercado de 19,5 millones de USD/año. Un 21% del volumen de leña consumido corresponde a tepú (Neira e Iturriaga, 2008).

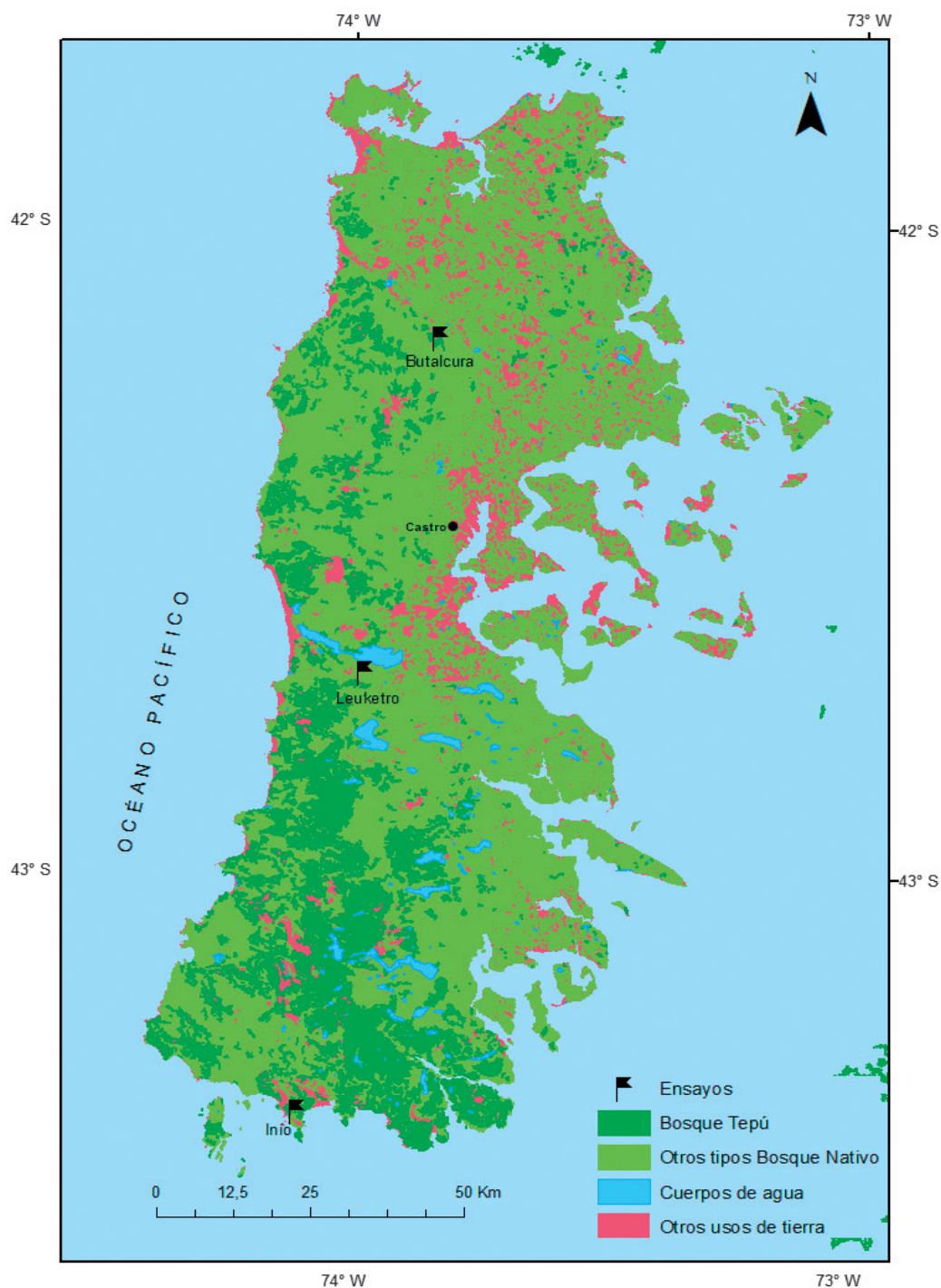
En Chiloé el consumo de leña de tepú se acentúa aún más. Según datos de CONAF (2016), en el Archipiélago de Chiloé existe un total de 632.200 ha de bosque nativo, lo que representa un 68% del total de la superficie provincial. Los bosques dominados o con presencia de tepú en la provincia de Chiloé alcanzan 385.406 ha, es decir un 61% de los bosques nativos del archipiélago (Figura N° 1). La ciudad de Castro, con solo 43.306 habitantes (INE, 2012), consume cerca de 130 mil m³/año de leña, correspondientes a un mercado con una magnitud de ventas que supera los 4,2 millones de USD/año. Un 27% del volumen de la leña que se consume en Castro corresponde a tepú (Neira y Bertín, 2009).

Gran parte de la extracción se realiza de manera informal, por ejemplo a través de talas ilegales o manejo de bosques sin bases ecológicas que garanticen su sostenibilidad luego de intervenidos. Luego de estas cortas, las cuales generalmente consisten en tala rasa en fajas, la regeneración post-cosecha ha sido muy baja (Sanzana, 2012). Debido a esto, cada año la superficie de tepuales degradados aumenta en el sur de Chile, peligrando a mediano plazo su continuidad, su integridad estructural y los servicios que proveen (Ramos-Jiliberto *et al.*, 2009; Sanzana, 2012).

A pesar del uso intensivo de tepú para combustible en el archipiélago, en toda el área sur y oeste de Chiloé existe una gran superficie de bosques siempreverdes que, como se mencionara anteriormente, albergan importantes superficies de tepuales. Estos bosques, ubicados en la Cordillera de Pirulil y los faldeos de la Cordillera de Piuchué, han podido persistir a través del tiempo en buen estado de conservación y han sido escasamente estudiados, tal vez debido al mal acceso y a que la población isleña se ubica mayoritariamente en la costa oriental y más al norte (Ther-Ríos, 2008), una situación contrastante con la grave fragmentación que existe en la zona norte de la isla (Echeverría *et al.*, 2008).

Esta situación provee una gran oportunidad para estudiar tepuales que aún no tienen intervención, tanto desde el punto de vista ecológico como con respecto al uso de sistemas silviculturales apropiados para garantizar la sostenibilidad de estos ecosistemas, asegurando a futuro el gran potencial de producción de leña de estos bosques.





(Basado en CONAF, 2016).

Figura N° 1
DISTRIBUCIÓN DE BOSQUE NATIVO EN EL ARCHIPIÉLAGO DE CHILOÉ

En el presente trabajo se resumen los principales resultados obtenidos durante los últimos años de investigación en tepuales a lo largo de todo Chiloé. El libro se ha estructurado en 7 capítulos que pretenden introducir gradualmente al lector a entender la ecología de estos bosques, luego los impactos antrópicos sobre ellos, y finalmente las alternativas de manejo sostenible para ellos. De esta forma, en el Capítulo 2 se resume la historia natural del paisaje de Chiloé para entender los bosques del archipiélago como el resultado de miles de años de transformaciones y cambios de distribución de especies. En el Capítulo 3, se presenta una descripción de la flora vascular que crece en estos bosques para entender que los tepuales son el hábitat de una gran riqueza de especies no arbóreas. En el Capítulo 4, se entrega una descripción de la estructura y dinámica regenerativa de los tepuales para comprender la gran complejidad de estos bosques y las causas de su baja resiliencia (cantidad de disturbio que puede ser absorbida por un ecosistema antes de cambiar de estado). En el Capítulo 5 se analiza el uso tradicional que se le ha dado a estos bosques y se plantea la problemática ambiental asociada a este uso. En el Capítulo 6 se explora y compara distintos métodos silviculturales alternativos al uso tradicional que se le da a los tepuales, de tal forma de tener evidencia científica para tomar decisiones de manejo basada en principios ecológicos. Finalmente, en el Capítulo 7 se reflexiona sobre la necesidad de un cambio de paradigma para el uso de los tepuales, donde se propone un cambio de uso, desde un uso principalmente maderero a un uso enfocado en los importantes servicios ecosistémicos que entregan a la sociedad y que sin los cuales no es posible el desarrollo del territorio “Chiloense”.



Capítulo 2

HISTORIA NATURAL DE UN BOSQUE ÚNICO

Formación del Paisaje Actual

El paisaje actual de las islas del archipiélago de Chiloé es producto de la acción conjunta durante millones de años de grandes fuerzas de la naturaleza, como lo son la tectónica, el hielo y el clima. Por lo tanto, para avanzar en el entendimiento de muchas de las características del paisaje actual en Chiloé es importante buscar en la historia natural del territorio, la cual se manifiesta en tipos de suelos de distintos orígenes y antigüedades que se relacionan con la geología y geomorfología regional.

En el archipiélago de Chiloé existen varios tipos de suelos (Figura N° 2a) que se diferencian en su origen geológico (Watters and Flemming, 1972; SERNAGEOMIN, 2003). En primer lugar están los suelos, quizás de mayor distribución en el territorio, que se originaron a partir de rocas del Paleozoico-Triásico (aprox. 260 a 220 millones de años AP) y que corresponden a esquistos y rocas metamórficas (Duhart and Adriasola, 2008). Estos suelos se ubican en Chiloé en lo alto de la península de Quetalmahue y desde el río Chepu hasta el extremo sur de Chiloé sobre las Cordilleras de Piuchué y Pirulil. Menos frecuentes y antiguos son los suelos formados desde rocas del Eoceno (52 a 33 millones de años AP), los cuales se encuentran específicamente en un pequeño sector al oeste de la Cordillera de Piuchué frente a isla Metalqui y en Gamboa, y los formados de materiales del Oligoceno-Mioceno (20 a 23 millones de años AP). Dentro de estos últimos se encuentra el complejo volcánico de Ancud, ubicado entre Ancud y el río Chepu, el cual está conformado por lavas, brechas y rocas piroclásticas, y el complejo volcánico Guapi-Quilán y sector Tepuhueico, los cuales son ricos en basaltos (Muñoz *et al.*, 2000; Duhart and Adriasola, 2008).

Otro suelo muy frecuente en Chiloé tuvo su origen en el Mioceno (aprox. 23 a 7 millones de años AP) a partir de sedimentos marinos transgresivos plataformales compuestos en general por areniscas. Estos suelos se ubican en el lado occidental de Chiloé, discretamente en algunos sectores de la península de Quetalmahue, río Chepu, y de forma muy frecuente en el occidente de la Cordillera de Pirulil, entre Cucao y Punta Pabellón, bordeando la costa del Océano Pacífico (SERNAGEOMIN, 2003; Duhart and Adriasola, 2008). Sin embargo, muchas de las características del paisaje actual de Chiloé, se originan en la historia natural de los últimos 2,5 millones, período conocido como Cuaternario.

El Cuaternario se encuentra dividido en dos épocas: el Pleistoceno que comprende el periodo entre 2,5 millones a 11.000 años AP y el Holoceno que abarca los últimos 11.500 años. Esta subdivisión se relaciona intrínsecamente con la historia climática del Cuaternario, la cual se caracteriza por la ocurrencia de múltiples periodos glaciales (fríos) e interglaciales (cálidos), siendo por lo tanto el actual periodo cálido que vivimos (Holoceno) el ultimo interglacial (Moreno y Varela, 1985). Sumado a esta variabilidad climática, que en el área de Chiloé se expresa como condiciones frías y húmedas durante el glacial y relativamente más templadas durante los interglaciales, se debe considerar además el avance y retroceso de las masas de hielo durante dichos periodos y la constante actividad volcánica. Ambos fenómenos, explican muy bien las características y distribución de los diferentes tipos de suelos ubicados en la zona oriental del archipiélago, los cuales son considerablemente más nuevos que los previamente descritos y se



asocian por lo general a depósitos morrénicos, fluvio-glaciales y glacialacustres formados en la última glaciación. Ejemplo de esto son los suelos trumaos y ñadis, que predominan en la zona oriental desde Chacao a Quellón, en la isla grande, como en las islas del archipiélago, con algunas extensiones en valles hacia el occidente de la isla, como en el río Chepu y en el sector de los lagos Huillínco, Tarahuín y Tepuhueico (SERNAGEOMÍN, 2003; Duhart and Adriasola, 2008).

La última glaciación en el sur de Chile, llamada Llanquihue, tuvo su máxima extensión en el área de Chiloé entre 24.000 y 18.000 años AP (Denton *et al.*, 1999). Como consecuencia, gran parte de Chiloé fue cubierto por los hielos, siendo la Cordillera de Piuchué (900 msnm) y el extremo norte de Chiloé los únicos lugares que no fueron cubiertos por los glaciares en este territorio (Figura N° 2b). Entre 18.000 y 11.500 años AP, y en respuesta a un cambio en el clima (condiciones más templadas), las masas de hielo comenzaron a retroceder moldeando el paisaje de Chiloé y las islas interiores, lo cual a su vez dejó extensas superficies descubiertas en las cuales el agua proveniente de los deshielos fluía lentamente por sectores planos acumulándose en lagos en formación, o bien escurría rápidamente en sectores con pendiente por nuevos ríos y torrentes hacia el mar (Moreno y Varela, 1985; Luzio, 2010).

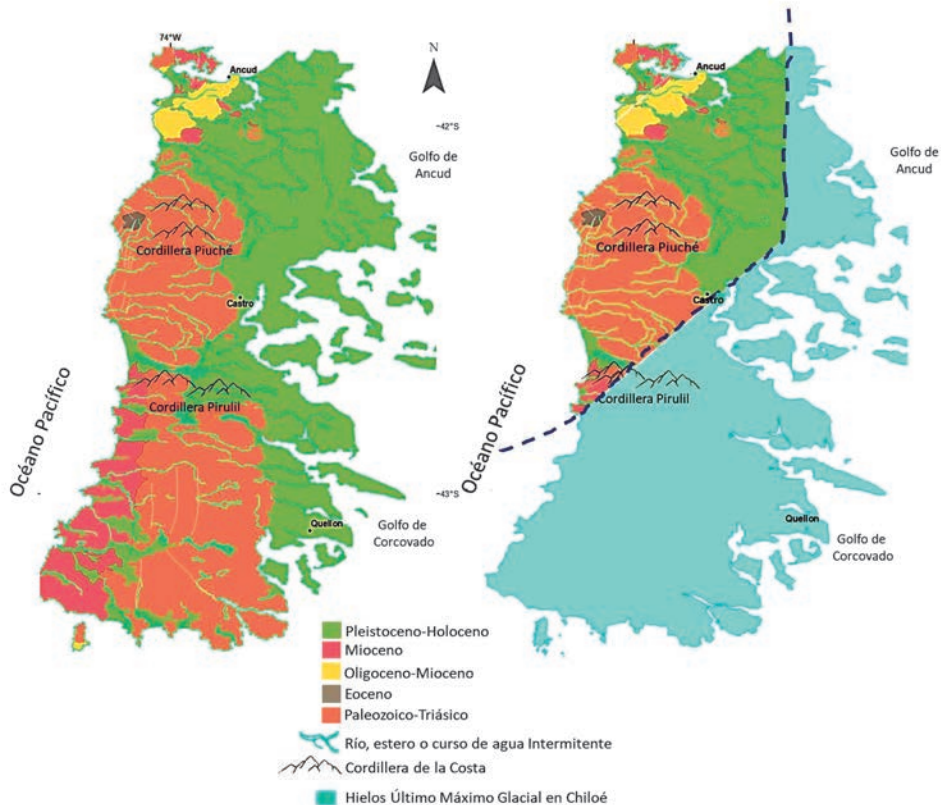
En este contexto histórico, que incluye el periodo de la desglaciación del territorio, es importante mencionar el rol que cumplieron las erupciones volcánicas en la formación de los suelos Cuaternarios presentes en la actualidad en el área de Chiloé. Durante este período, la actividad volcánica en Los Andes de Chile fue de gran intensidad con emisiones de grandes volúmenes de materiales piroclásticos (Moreno y Varela, 1985). Estos materiales volcánicos (lapilli, arena, ceniza), al depositarse sobre los sedimentos desnudos post-glaciación, fueron los responsables de la formación del suelo actual en la zona, el cual es vital para la conformación de la vegetación de los archipiélagos.

Actualmente existen dos hipótesis que ayudan a explicar la formación de los suelos en el sur de Chile durante el postglacial (Besoain, 1985). Primero, según Wright (1965), los suelos se formaron a partir de cenizas que se depositaron de cinco formas: a) depósito eólico directo (ceniza traída por el viento), b) depósito aluvial (material transportado por aluviones luego de depósito masivo de cenizas en los ríos y cursos de agua luego de erupciones volcánicas), c) mediante corrientes de barro o depósito lahárico (súbito derretimiento de la nieve y hielo de los conos volcánicos que arrastró enormes volúmenes de piroclastos), d) retransporte aéreo en forma de loess volcánicos o loess tefríticos (corresponden a depósitos secundarios provenientes de cenizas volcánicas transportadas por ríos a zonas bajas y luego, al secarse, fueron llevadas por el viento en forma de nubes de polvo, redistribuyéndose en el lugar), y e) transporte glacial (cenizas o loess volcánicos cayeron en un paisaje cubierto por hielo glacial el cual, al desplazarse, habría sido el vehículo que transportó el material hasta su emplazamiento actual).

Complementariamente, existe una segunda hipótesis, la cual sugiere que el transporte glacial explicaría el depósito y distribución de las cenizas volcánicas parentales de trumaos y ñadis (Langohr, 1974). Según este autor, durante la última glaciación, las cenizas se depositaron mezcladas con nieve sobre los glaciares andinos en sitios cercanos a los volcanes, incorporándose al hielo. Durante el movimiento normal de los glaciares, estas fueron depositadas como morrenas de ablación a la retirada del glaciar. Según Langohr (1974) los sedimentos fluvio-glaciales de las llanuras de acumulación o lavaje deben haber sido depositados bajo la cubierta de hielo que cubría la región y no en el frente de los glaciares que ocupan actualmente los lagos del sur (Besoain, 1985).



Pese a lo importante de este período para entender el paisaje que se ve en la actualidad, faltan estudios para comprender con claridad cómo ocurrieron los fenómenos de transporte y localización de las cenizas volcánicas que formaron los suelos. Es muy probable que no haya sido solo uno, sino que varios los agentes y procesos que actuaron de acuerdo a las condiciones determinadas por el ambiente, el relieve y el tiempo (Wright, 1965; Besoain, 1985). Esto terminó una vez que la vegetación se estableció en las tierras despejadas (Wright, 1965; Besoain, 1985).



(SERNAGEOMÍN, 2003)
(Modificado de Denton *et al.*, 1999).
(Figura: Nicole Galindo)

Figura N° 2

MAPA GEOLÓGICO DE LOS SUELOS DEL ARCHIPIÉLAGO DE CHILOÉ (a)
UBICACIÓN APROXIMADA DE LOS HIELOS DEL ÚLTIMO MÁXIMO GLACIAL 24.000 - 18000 AP (b)

Como resultado de miles de años de formación, al momento de la recolonización de la vegetación, la cual llegó desde diversos refugios de biodiversidad que no fueron cubiertos por el hielo, esta se encontró con una gran diversidad de suelos, entre ellos, los de origen Cuaternario. Dentro de los suelos de origen Cuaternario, uno de los más frecuentes en Chiloé son los llamados “ñadis”. Los ñadis corresponden a suelos de cenizas volcánicas modernas (del Holoceno) que por



su ubicación en terrenos planos de sectores bajos del paisaje, se desarrollaron en condiciones de drenaje impedido o con inundación estacional. Están formados principalmente por depósitos fluvioglaciales cementados e impermeables (Besoain, 1985). Estos suelos, de acuerdo con su taxonomía, son llamados Andisoles con régimen ácuico (Aquands) (Moreno y Varela, 1985; Luzio, 2010) y, según Besoain (1985), no tienen equivalentes conocidos en otros lugares del mundo.

Una de las características de algunos suelos ñadis es la presencia de una fina capa cementada (de algunos milímetros de espesor), de óxidos de hierro, manganeso y sílice, en la zona de contacto entre la ceniza y el relleno fluvioglacial, glacial o lacustre subyacente. Esta capa, comúnmente llamada “fierrillo”, es extremadamente firme y cementada, y agrava los problemas de drenaje de estos suelos, los cuales están gran parte del año saturados de agua (Figura N° 3). La mayoría de estos suelos son fuertemente ácidos y presentan profundidades variables, aunque generalmente menores a 50 cm. Dependiendo de la topografía y la morfología del suelo, el nivel freático se puede encontrar cercano a la superficie en invierno y puede descender bajo 1 m en verano. En cambio, en otros lugares permanecen saturados todo el año (Moreno y Varela, 1985; Luzio, 2010). En este contexto, los suelos ñadis presentan las características edáficas necesarias para el crecimiento de tepuales (drenaje restringido, poca profundidad, nutritivamente pobres), por lo que representan el principal suelo en que crecen estos bosques en Chiloé. Sin embargo, muchas veces es posible ver estos bosques también en suelos de origen metamórfico u otros sedimentarios sujetos a las mismas condiciones restrictivas de drenaje.



(Foto: Victor Gerding)



(Foto: Jan Bannister)

Figura N° 3

**HORIZONTE GLEY CARACTERÍSTICO DE SUELOS ÑADI EN LA ZONA DE FRUTILLAR (a).
SUELO ÑADI ANEGADO EN TEPUAL DE LA ZONA DEL RÍO BUTALCURA EN ISLA GRANDE DE CHILOÉ, SE
APRECIA EL DRENAJE RESTRICTIVO EN INVIERNO DEBIDO AL HORIZONTE GLEY (b)**

Otro tipo de suelo frecuente de origen cuaternario es el llamado “trumao”, que fue formado por los mismos materiales de los ñadis, es decir por cenizas volcánicas depositadas sobre sedimentos fluviales, fluvioglaciales o lacustres, pero en paisajes de topografías onduladas que le otorgan buen drenaje al suelo. Los trumaos presentan condiciones de fertilidad superiores a los ñadis y permiten la producción agropecuaria en el archipiélago.



Expansión de los Bosques

Como se mencionó en la sección anterior, durante el último periodo glacial (24.000 -18.000 años AP) extensas áreas de Chiloé fueron cubiertas por el hielo. No obstante, áreas de Chiloé ubicadas inmediatamente al oeste de la Cordillera de Piuchué y norte de la Isla Grande no se vieron afectas por la última glaciación, convirtiéndose en zonas de refugio para la flora y fauna durante los miles de años que duró este último periodo glacial (Figura N° 2). Con el comienzo de la desglaciación, hace aproximadamente 18.000 años, las poblaciones de especies vegetales y animales que se habían refugiado en estas zonas comenzaron a colonizar el territorio que los glaciares iban abandonando (Villagrán, 2001; Villagrán e Hinojosa, 2005). En este lento y paulatino proceso, y bajo particulares condiciones climáticas y edáficas, diversos tipos de bosques se desarrollaron y sucedieron uno tras otro en un *continuum* que dio por resultado entre otras cosas una alta riqueza de especies no vasculares (briófitas) en Chiloé. Esto como una consecuencia de la mezcla de especies pertenecientes a las diferentes comunidades que ocuparon sucesivamente esta área durante miles de años (Villagrán e Hinojosa, 2005; Rozzi *et al.*, 2008).

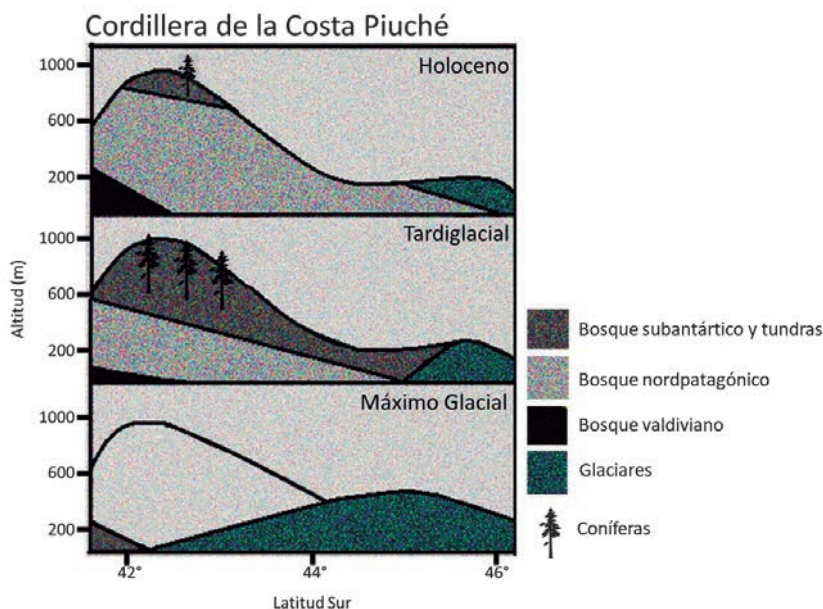
Retomando el objetivo central de este capítulo, el cual es indagar en la historia natural de los tepuales de Chiloé, resulta interesante examinar el Holoceno, que comprende los últimos 11.500 años. Estudios palinológicos desarrollados en el territorio de Chiloé, que han permitido examinar la historia de la vegetación durante este periodo de tiempo (Villagrán, 2001; Villagrán e Hinojosa, 2005), indican que tepú experimentó importantes cambios en su abundancia y distribución en respuesta a fluctuaciones climáticas ocurridas durante el periodo en cuestión. Como primer punto se puede señalar que, si bien la especie se encontraba formando parte de los bosques presentes en Chiloé durante el periodo previo al Holoceno, fue solo durante este último periodo que esta especie se torna más abundante.

Los estudios indican que durante el periodo anterior al Holoceno, que comprende a la deglaciación (18.000 - 11.500 años AP), los bosques presentes en Chiloé se componían principalmente de especies del género *Nothofagus* y coníferas. Solo fue al comienzo del Holoceno cuando junto con otras especies de características más termófilas, como el tineo (*Weinmannia trichosperma*), se registra un importante cambio en la vegetación, proceso que culmina con la instauración de bosques muy similares al actual bosque nordpatagónico. Este cambio vegetacional pareciera responder a un sostenido incremento en las temperaturas ocurrido desde la culminación del último periodo glacial, el cual durante el holoceno-temprano (11.500 - 8.000 años AP) se vio acompañado además por una disminución en las precipitaciones. Como consecuencia de este período caluroso y seco, el cual pareciera no tener aún un análogo en la actualidad, se registró una notable expansión hacia el sur del bosque valdiviano, el cual en la actualidad se distribuye principalmente en el área norte de la isla (Abarzúa *et al.*, 2004; Villagrán e Hinojosa, 2005). De este modo, las poblaciones de tepú ubicadas en la porción norte de la isla disminuyeron considerablemente su abundancia, quedando mayormente confinadas a bordes de lagos y turberas. Posteriormente (4000 años AP a la actualidad) y en respuesta a una disminución en las temperaturas y aumento en las precipitaciones a nivel regional, dichas poblaciones pudieron volver a expandirse y formar parte de del paisaje actual (Figura N° 4).

En resumen, se puede concluir que la actual distribución y composición de los bosques presentes en Chiloé es el resultado de un largo proceso natural, que incluye la colonización vegetal luego del derretimiento de los glaciares al final del Pleistoceno y la sucesión natural de



diferentes tipos de bosques mediados por el clima y los tipos de suelos durante el postglacial (Figura N° 4). Como legado de esta historia, Chiloé alberga uno de los *hotspots* mundiales de riqueza no vascular (Rozzi *et al.*, 2008). Quizás los tepuales también pueden ser considerados un legado si se considera su capacidad de habitar áreas de mal drenaje, asociadas mayormente a suelos ñadis, donde otras especies u otros bosques no pueden crecer. También durante los periodos secos estos bosques pudieron persistir y fueron desarrollando una estructura tan plástica que ha cautivado a muchos observadores a lo largo de la historia.



(Figura: Nicole Galindo. Modificada de Villagrán e Hinojosa (2005) y Villagrán (2001). Durante el último máximo glacial los bosques subantárticos y tundras conformaban la cubierta vegetal de los sectores no glaciados y de baja altitud de la Isla de Chiloé. El bosque nordpatagónico habría colonizado este territorio durante el Tardiglacial, a medida que la flora glacial de tundras y coníferas ascendía en altura y hacia zonas más australes. El bosque valdiviano, habría llegado al Archipiélago de Chiloé durante el Holoceno temprano a medio, probablemente desde refugios costeros situados más al norte.

Figura N° 4
MODELO DE LA DINÁMICA HISTÓRICA DE LA VEGETACIÓN EN CHILOÉ DURANTE EL ÚLTIMO CICLO GLACIAL-POSTGLACIAL

Los Tepuales han Sorprendido a Grandes Viajeros

A partir del siglo XIX, con el desarrollo económico y el aumento de la población en la Patagonia Norte, empezaron a llegar grandes viajeros, los cuales se vieron impresionados por los tepuales, no por sus bondades como fuente de biomasa (Capítulo 5), sino más bien por su estética única en el mundo. Existen registros de al menos tres viajeros que sorprendidos por los tepuales dejaron constancia en sus bitácoras u obras artísticas.



En 1834, Charles Darwin visitó la Isla de Chiloé y en uno de sus viajes por la zona, cuando iba rumbo al Archipiélago de los Chonos, visitó un tepual ubicado en isla San Pedro. Al estar fondeado en un puerto seguro de aquella isla, el 6 de diciembre del 1834, trató de subir a la cima de la isla San Pedro. En su bitácora escribió una reseña de los tepuales con una interesante descripción de estos bosques; “la selva es tan impenetrable, que quien no la haya visto no puede figurarse aquella maraña de árboles muertos y murientes, puedo afirmar que a menudo y durante más de 10 minutos no hemos tocado el suelo, algunas veces nos hallábamos a 3 o 4,5 metros de este, tanto que los marinos se divertían indicando las profundidades”, Además señaló “otras veces nos veíamos obligados a arrastrarnos a gatas para pasar por debajo de un tronco de árbol podrido” (Yudelevich y Castro, 1995). Finalmente, nunca llegó a la cima de la isla San Pedro, rindiéndose ante lo complejo de dicha expedición.

Esta descripción de los tepuales de isla San Pedro, por parte de Charles Darwin, es muy interesante, ya que, fuera de describir lo que siente cualquier persona que se adentra en estos bosques, permite entender la sensación que causó a este naturalista la compleja y característica estructura de los tepuales, la cual es única en el mundo (Bannister *et al.*, 2017). La isla San Pedro, hasta el día de hoy, cuenta con una extensa superficie de Tepuales.

Otro viajero que se mostró sorprendido por estos bosques fue Conrad Martens, quién acompañó la expedición de Fitz Roy a bordo del Beagle y tuvo una estadía invernal en la ciudad de Ancud en 1834. Durante esa estadía, realizó 17 bosquejos relacionados al paisaje, naturaleza y cultura característicos de ese tiempo en Chiloé. Uno de estos bosquejos se llama “Escena de Bosque en Chiloé” y muestra un bosque húmedo, probablemente un tepual, con presencia de individuos de tepú, cipreses quemados y presencia de *Chusquea quila* y helechos.

También al artista alemán Karl Alexander Simon llamó la atención la estética de los tepuales. Luego de embarcarse en 1850 en Hamburgo con la idea romántica y científica de formar una comunidad en el sur de Chile, arribó a Valdivia, vía Cabo de Hornos, donde fue contratado como dibujante de la expedición a Magallanes de Bernardo Phillipi. En 1851, sin recursos y desengañado por no haber podido organizar la comunidad planeada, se trasladó a la isla de Chiloé, donde realizó dibujos y vivió gracias a la caridad.

Muchos de los trabajos de Simon se encuentran en el Álbum de Vicente Pérez Rosales, pero lo interesante es que muestran, desde la sensibilidad del autor, diversos aspectos de la vida en Chiloé por aquellos años, entre ellos, paisajes selváticos, casas de los primeros colonos, ríos, volcanes, flora y fauna local (Van Meurs, 2016). Una de sus pinturas se llamó “Entrada a la Selva de los Tepuales” y en ella queda de manifiesto la compleja estructura de estos bosques, caracterizada por una gran diversidad de formas que en conjunto forman una red de troncos.

Los tepuales no solo han llamado poderosamente la atención de viajeros que han llegado al territorio de Chiloé en el pasado, sino que están profundamente arraigados en la historia, cultura y diario vivir de los habitantes de Chiloé y la zona insular austral. Por ejemplo, uno de los senderos más visitados del Parque Nacional Chiloé, por más de 53.000 personas al año (www.conaf.cl), es justamente un sendero llamado “El Tepual”. Además, el principal aeropuerto regional, ubicado en Puerto Montt, se llama “El Tepual”, por encontrarse en una zona cubierta originalmente por este tipo de bosques.



Capítulo 3

FLORA DE LOS TEPUALES

Como se señaló en el Capítulo 2, sobre la historia natural de los bosques de Chiloé, la biodiversidad de los bosques del archipiélago no se debe principalmente a las condiciones climáticas actuales, sino que a los profundos cambios de distribución que han experimentado los bosques durante los ciclos glaciales-interglaciales ocurridos durante miles de años (Villagrán e Hinojosa, 2005).

Luego del derretimiento de los hielos durante el Holoceno, los tepuales se desarrollaron en las áreas planas o de mal drenaje donde otras especies u otros bosques no podían crecer. Así, durante miles de años, estos bosques se fueron desarrollando hasta tener la compleja estructura que se puede observar en la actualidad.

La estructura desarrollada durante miles de años, permitió que decenas de especies colonizaran estos bosques utilizando hábitats que permitieran su desarrollo. Estas especies que necesitan condiciones especiales de gran humedad, sombra y baja frecuencia de alteraciones catastróficas, han logrado persistir durante milenios en estos bosques y representan uno de sus más grandes valores.

Flora de los Bosques de Chiloé en el Contexto Nacional

En Chile, la zona de mayor riqueza de especies vasculares está ubicada entre los paralelos 33° y 42° S (Figura N° 5), aproximadamente entre Valparaíso y Ancud. El máximo de riqueza de especies vasculares se ubica en la latitud correspondiente a las ciudades de Coronel y Lota, en la región el Bio Bio (37°S).

El archipiélago de Chiloé (41°46' S - 43°26' S) se encuentra localizado casi completamente fuera del área de mayor riqueza de especies vasculares del país. Sin embargo, lo que hace única a la flora vascular de Chiloé es su ubicación en la transición de las regiones biogeográficas templadas norte y sur (Bannister *et al.*, 2012), por lo que en esta zona se mezcla flora de dos regiones biogeográficas distintas.

Esto concuerda con lo señalado en el Capítulo 2 respecto al origen de los bosques de Chiloé y la prevalencia de los bosques nordpatagónicos (dominados generalmente por coigue de Chiloé, tepa, mañío, tinea, tepú o ciprés de las Guaitecas) en el sur de Chiloé y en el norte por bosques valdivianos (dominados generalmente por coigue, ulmo, olivillo, arrayán o patagua). Los límites entre estos bosques son más bien difusos, existiendo incrustaciones de uno en el otro en los ecotonos respectivos.

Si bien Chiloé no se encuentra en la zona de mayor riqueza de flora vascular del país, según Rozzi *et al.* (2008) en Chiloé se localiza uno de los *hotspots* mundiales de flora no vascular. Esto se debe probablemente a que la alta complejidad estructural de los bosques de Chiloé y de los archipiélagos australes es el hábitat ideal para una enorme cantidad de especies.





(Modificado de Bannister et al., 2012).

Figura N° 5
DISTRIBUCIÓN DE LA RIQUEZA DE ESPECIES VASCULARES A LO LARGO DE CHILE

La Especie *Tepualia stipularis*

La especie *Tepualia stipularis* (Hokk et Arn.) Griseb, conocida como tepú, es la especie dominante y da el nombre a los tepuales o bosques dominados por ella. Esta especie crece desde la región del Maule a la región de Magallanes, pero su abundancia es mayor desde Valdivia hacia el sur, sobretodo en sitios húmedos, de mal drenaje y generalmente con horizonte Gley (Donoso, 2006).

Tepú es un árbol siempreverde de la familia de las mirtáceas, familia de arbustos y árboles ampliamente distribuidos en las zonas tropicales y subtropicales. Nativa del sur de Chile y Argentina, se la puede identificar por sus hojas de forma elíptica, con estipulas glandulosas transparentes a trasluz y algo leñosas en la base de los peciolo. Sus hojas se agrupan en los extremos de las ramas, lo que les da un aspecto rectangular (Riedemann y Aldunate, 2003),



con muchas cicatrices de hojas caídas. Sus flores son blancas, con un cáliz de 5 pétalos redondeados, solitarias o agrupadas de a tres. Las flores poseen numerosos estambres y un pistilo que sobresale al ser más largo que los estambres (Figura N° 6). El fruto es una cápsula leñosa que aloja en su interior semillas alargadas y anguladas. Su madera es rojiza y posee una alta densidad que le confiere una gran dureza (Donoso, 2006).



(Foto: Klaus Kremer)

Figura N° 6
DETALLE DE LAS HOJAS Y FLORES DE TEPÚ (*Tepualia stipularis*)

Tepú ha sido definido erróneamente solo como un arbusto pionero e intolerante a la sombra que puede alcanzar 4 a 5 m de altura y 20 cm de diámetro, pero puede ser un árbol de varios metros de altura (Donoso, 2006).

Dependiendo de la zona del país, la floración de tepú empieza en diciembre y termina en abril, concentrándose en los meses de febrero y marzo (Smith-Ramírez *et al.*, 1998). La fructificación ocurre entre junio y octubre, con un máximo entre agosto y septiembre, y las semillas presentan una tasa de germinación de aproximadamente un 30%, germinando mayoritariamente en septiembre (Smith-Ramírez *et al.*, 1998). Si bien los ensayos de germinación han mostrado que



la especie es indiferente a cambios en luminosidad (Figueroa and Lusk, 2001), se ha observado que tepú crece mejor bajo cierta cobertura de arbustos (Díaz y Armesto, 2007).

Composición Florística de los Tepuales de Chiloé

En una reciente investigación sobre tepuales inalterados (Bannister *et al.*, 2017), se estudiaron dos tepuales de Chiloé (Figura N° 7). Uno ubicado en Butalcura, norte de Chiloé (42°09' LS; 73°50' LW) y el otro en Iníó, sur de Chiloé (43°21' LS; 74°07' LW). Este estudio identificó a nivel general, un total de 51 especies vasculares (Cuadro N° 1) de las cuales un 82,4% fueron nativas, un 13,7% fueron endémicas y un 3,9% eran de origen desconocido. No se encontraron especies exóticas en los dos sectores de estudio.

La mayor cantidad de especies se encontró en la categoría herbáceas y helechos (20 especies) y en la categoría arbóreas (18 especies). Ambos sectores, Iníó y Butalcura, presentaron similares valores de riqueza total y media, con las mismas tendencias de riqueza por forma de vida (Cuadro N° 1). Sin embargo, un análisis de *cluster* (Figura N° 7) mostró dos grandes grupos correspondientes a cada uno de los sectores de estudio (Iníó y Butalcura).

Cuadro N° 1
RIQUEZA TOTAL Y MEDIA DE ESPECIES VASCULARES EN TEPUALES
DE LOS SECTORES DE INÍO Y BUTALCURA

Riqueza	Iníó	Butalcura	Total
Total (N° especies)			
Total	37	37	51
Arbóreas	14	12	18
Arbustivas	6	7	9
Subarbustivas	3	3	4
Herbáceas, anuales y helechos	14	15	20
Media (N° especies/parcela)			
Total	16,6 (±3,9) ^b	19,0 (±2,5) ^a	17,8 (±3,5)
Arbóreas	5,8 (±1,6) ^a	6,7 (±1,5) ^a	6,2 (±1,6)
Arbustivas	3,2 (±1,0) ^b	3,9 (±0,8) ^a	3,6 (±1,0)
Subarbustivas	1,3 (±0,8) ^a	1,2 (±0,7) ^a	1,2 (±0,8)
Herbáceas, anuales y helechos	6,3 (±2,0) ^a	7,2 (±1,3) ^a	6,8 (±1,7)

(Modificado de Bannister *et al.*, 2017)

Tamaño muestral: 5 m² en 30 parcelas por sector.

Letras diferentes indican diferencias significativas entre sectores (minúscula: p≤0,05; mayúscula: p≤0,01).

Las mayores diferencias de composición entre sectores se dieron a nivel arbóreo, encontrándose las especies olivillo (*Aextoxicon punctatum*), pitra (*Myrceugenia exsucca*), fuinque (*Lomatia ferruginea*), arrayán (*Luma apiculata*) y notro (*Embothrium coccineum*) solo en

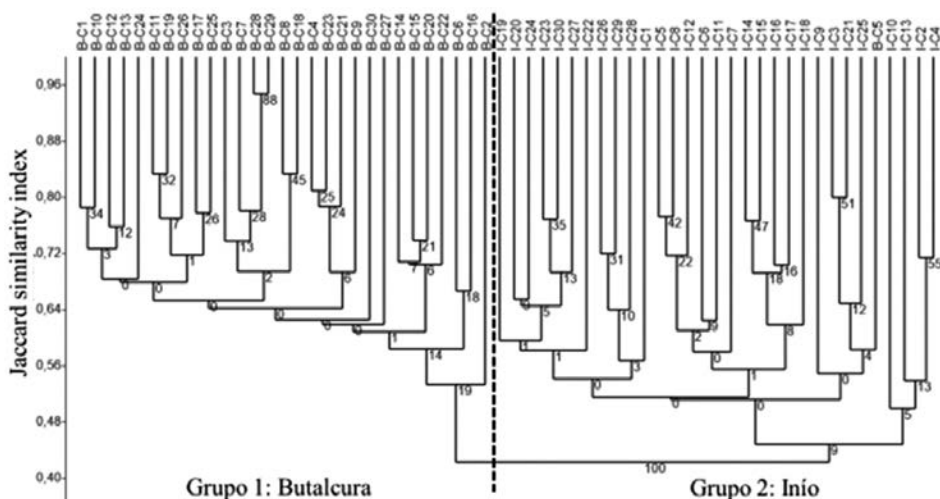


el sector de Inío y pataguilla (*Myrceugenia parviflora*), ulmo (*Eucryphia cordifolia*) y chaquihue (*Crinodendron hookerianum*) solo en Butalcura.

A nivel arbustivo, las especies coicopihue (*Phylesia magellanica*) y mirteola (*Myrteola nummularia*) solo se encontraron en Inío y patagua (*Myrceugenia planipes*), chaura (*Gaultheria phillyreifolia*) y voqui (*Campsidium valdivianum*) solo en Butalcura.

En la categoría subarborescente, medallita (*Sarmienta scandens*) solo se encontró en Inío y estrellita (*Asteranthera ovata*) solo en Butalcura. Por último, en la categoría herbáceas y helechos las especies chupalla (*Fascicularia bicolor*), chupón (*Greigia landbeckii*) y rucachucao (*Nertera granadensis*) solo se encontraron en Inío, en cambio, las especies *Carex sp.* e *Hymenophyllum tortuosum* solo se encontraron en Butalcura (Cuadro N° 2).

En este contexto, los bosques dominados por tepú en la isla de Chiloé son bosques típicamente nordpatagónicos (Gutiérrez *et al.*, 2009), con una baja influencia antrópica (no se encontraron especies vasculares de origen exótico) y con una importante riqueza de especies (37 especies por sector, Cuadro N° 1). Es más, los tepuales estudiados presentaron mayor riqueza de especies arbóreas que varios bosques pantanosos adultos o maduros alrededor del mundo (Lugo *et al.*, 1988), pero menor riqueza arbórea que bosques pantanosos de Guyana Francesa (Koponen *et al.*, 2004). Resalta la gran cantidad de especies de herbáceas y helechos (Figura N° 8), que en conjunto presentaron una riqueza similar al grupo de especies arbóreas. Por ejemplo, se registraron 12 de las 18 especies del género *Hymenophyllum* (Ponce *et al.*, 2002), cuyo hábitat ideal es la compleja estructura de troncos horizontales y suelos aéreos que caracterizan a los tepuales.



(Modificado de Bannister *et al.*, 2017).

Números cercanos a nodos representan el soporte *bootstrap*.

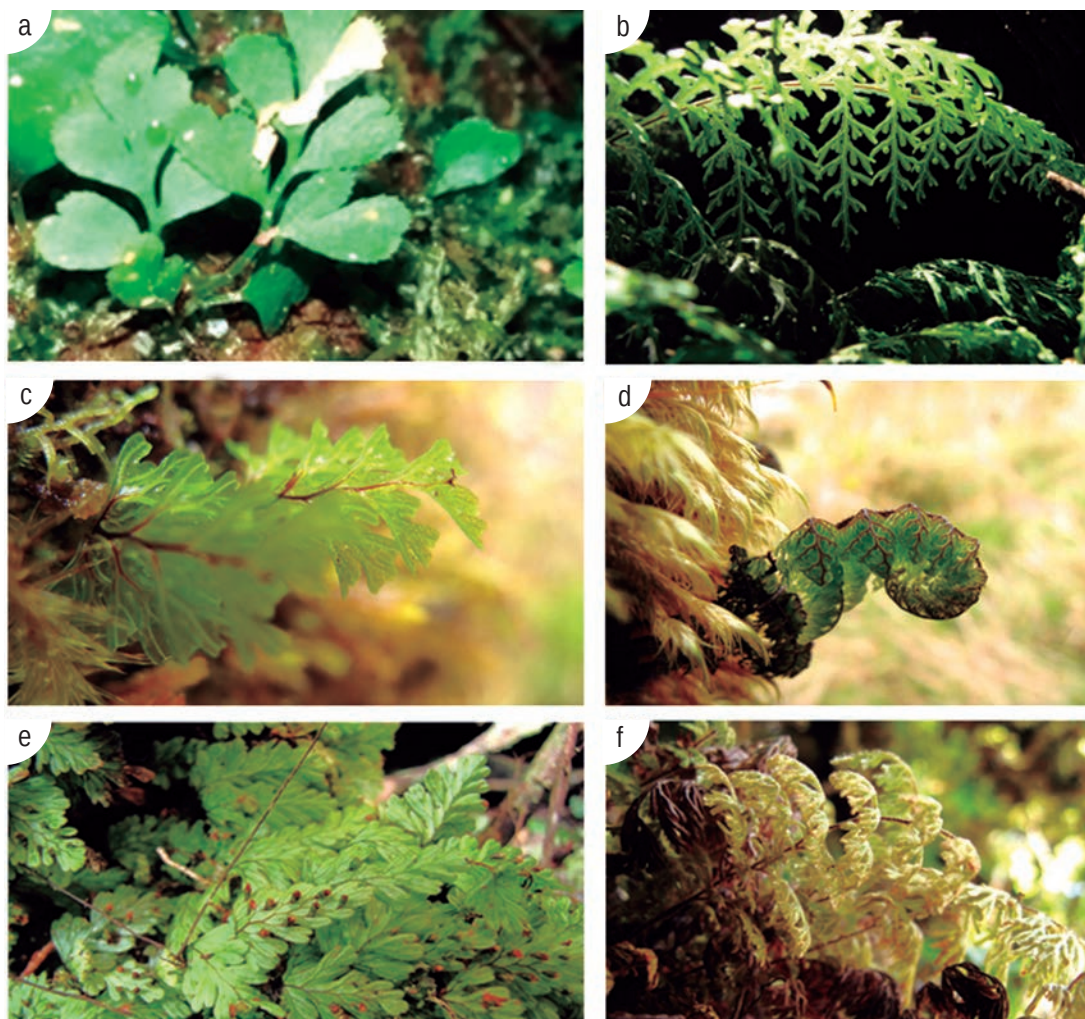
La línea punteada representa la división entre los dos grupos.

Figura N° 7

**ANÁLISIS DE CLUSTER BASADO EN LA COMPOSICIÓN DE ESPECIES VASCULARES
DE LAS 60 PARCELAS ESTABLECIDAS EN TEPUALES DE CHILOÉ**



Pese a que los dos sectores de estudio mostraban drenajes restringidos y una riqueza vascular similar, presentaron una composición diferente (Figura N° 7), lo que probablemente se debe a su ubicación geográfica (135 km de diferencia) y a las diferentes condiciones de sitio (Butalcura: origen fluvio-glaciar, suelo delgado; Iníó: origen sedimentario, suelo profundo). Las distintas condiciones de sitio permiten el desarrollo de algunas especies de bosque valdiviano en Butalcura. De esta forma, los tepuales de Butalcura, pese a ser como los de Iníó, bosques nordpatagónicos, presentan ciertas incrustaciones de bosques valdivianos, lo que los diferencia en su composición.



(Fotos: Natalia Carrasco)

a) *Asplenium dareoides*, b) *Hymenophyllum caudiculatum*, c) *Hymenophyllum cuneatum*,
d) *Hymenophyllum dentatum* e) *Hymenophyllum dicranotrichum* f) *Hymenophyllum ferrugineum*.

Figura N° 8

ALGUNAS DE LAS 20 ESPECIES DE HELECHOS Y HERBÁCEAS IDENTIFICADAS EN LOS TEPUALES DE CHILOÉ, ESPECIES QUE NECESITAN DE LA COMPLEJA ESTRUCTURA DE ESTOS BOSQUES PARA VIVIR



Cuadro N° 2

FRECUENCIAS RELATIVAS POR ESPECIE Y POR FORMA DE VIDA PARA CADA SECTOR DE ESTUDIO Y PARA EL ÁREA DE ESTUDIO COMPLETA

Forma de Vida	Especie	Abreviación	Inio	Butalcura	Total
			(%)		
Arbóreas	<i>Aextoxicom punctatum</i>	Ap	3,3	0,0	1,7
	<i>Amomyrtus luma</i>	Al	100,0	100,0	100,0
	<i>Amomyrtus meli</i>	Am	56,7	3,3	30,0
	<i>Caldcluvia paniculata</i>	Cp	96,7	96,7	96,7
	<i>Crinodendron hookerianum</i>	Ch	0,0	3,3	1,7
	<i>Drimys winteri</i>	Dw	100,0	100,0	100,0
	<i>Embothrium coccineum</i>	Ec	30,0	0,0	15,0
	<i>Eucryphia cordifolia</i>	Euc	0,0	30,0	15,0
	<i>Gevuina avellana</i>	Ga	20,0	66,7	43,3
	<i>Laureliopsis philippiana</i>	Lp	23,3	3,3	13,3
	<i>Lomatia ferruginea</i>	Lf	33,3	0,0	16,7
	<i>Luma apiculata</i>	La	20,0	0,0	10,0
	<i>Myrceugenia exsucca</i>	Me	23,3	0,0	11,7
	<i>Myrceugenia parviflora</i>	Mp	0,0	63,3	31,7
	<i>Nothofagus nitida</i>	Nn	80,0	90,0	85,0
	<i>Podocarpus nubigena</i>	Pn	40,0	46,7	43,3
	<i>Tepualia stipularis</i>	Ts	86,7	100,0	93,3
	<i>Weinmannia trichosperma</i>	Wt	26,7	53,3	40,0
Arbustivas	<i>Campsidium valdivianum</i>	CaVa	0,0	66,7	33,3
	<i>Chusquea quila</i>	ChQu	6,7	66,7	36,7
	<i>Gaultheria insana</i>	GaIn	26,7	40,0	33,3
	<i>Gaultheria phillyreifolia</i>	GaPh	0,0	13,3	6,7
	<i>Griselinia racemosa</i>	GrRa	93,3	93,3	93,3
	<i>Mitraria coccinea</i>	MiCo	70,0	10,0	40,0
	<i>Myrceugenia planipes</i>	MYPI	0,0	3,3	1,7
	<i>Myrteola nummularia</i>	MyNu	3,3	0,0	1,7
	<i>Phylesia magellanica</i>	PhMa	23,3	0,0	11,7
Subarbustivas	<i>Asteranthera ovata</i>	AsOv	0,0	23,3	11,7
	<i>Blechnum magellanicum</i>	BlMa	6,7	16,7	11,7
	<i>Raukava laetevirens</i>	RaLa	76,7	76,7	76,7
	<i>Sarmienta scandens</i>	SaSc	43,3	0,0	21,7



Cuadro N° 2
(continuación)

Herbáceas y helechos	<i>Asplenium dareoides</i>	AsDa	16,7	3,3	10,0
	<i>Carex sp</i>	CaSp	0,0	36,7	18,3
	<i>Fascicularia bicolor</i>	FaBi	16,7	0,0	8,3
	<i>Greigia landbeckii</i>	GrLa	23,3	0,0	11,7
	<i>Hymenoglossum cruentum</i>	HyCr	73,3	30,0	51,7
	<i>Hymenophyllum caudiculatum</i>	HyCa	100,0	16,7	58,3
	<i>Hymenophyllum cuneatum</i>	HyCu	56,7	93,3	75,0
	<i>Hymenophyllum dentatum</i>	HyDe	33,3	53,3	43,3
	<i>Hymenophyllum dicranotrichum</i>	HyDi	96,7	100,0	98,3
	<i>Hymenophyllum ferrugineum</i>	HyFe	40,0	13,3	26,7
	<i>Hymenophyllum krauseanum</i>	HyKr	20,0	13,3	16,7
	<i>Hymenophyllum pectinatum</i>	HyPe	60,0	100,0	80,0
	<i>Hymenophyllum peltatum</i>	HyPe	6,7	10,0	8,3
	<i>Hymenophyllum plicatum</i>	HyPl	43,3	33,3	38,3
	<i>Hymenophyllum secundum</i>	HySec	16,7	100,0	58,3
	<i>Hymenophyllum seselifolium</i>	Hy Ses	10,0	3,3	6,7
	<i>Hymenophyllum tortuosum</i>	HyTo	0,0	30,0	15,0
	<i>Luzuriaga polyphylla</i>	LuPo	100,0	100,0	100,0
	<i>Nertera granadensis</i>	NeGr	10,0	0,0	5,0
	<i>Serpyllopsis caespitosa</i>	SeCa	6,7	83,3	45,0
Musgos			100,0	100,0	100,0
Hepáticas			3,3	0,0	1,7
Líquenes			66,7	73,3	70,0

(Modificado de Bannister *et al.*, 2017)

Tamaño muestral: 5 m² en 30 parcelas por sector.



ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE LOS TEPUALES

En los capítulos previos se presentó información sobre la historia natural de los bosques de Chiloé y la formación de los tepuales, además de una descripción detallada de la composición florística de estos bosques. En el presente capítulo se trata el que quizás es uno de los aspectos más interesantes sobre los tepuales, su estructura y dinámica sucesional.

Teoría de Sucesión y Dinámica de Bosques

La estructura de un bosque puede ser definida como la organización en el espacio de los individuos que forman un tipo de vegetación o asociación de plantas (Dansereau, 1957; Donoso, 2015). Según Donoso (2015) generalmente la estructura se puede interpretar desde tres componentes, la estructura vertical (ordenamiento de la vegetación en capas, estratos o doseles), la estructura horizontal (distribución espacial de los individuos o especies en el plano horizontal), y la estructura cuantitativa (abundancia de cada especie expresada de diferentes formas). La estructura y composición de un bosque se pueden analizar también desde una perspectiva temporal. En esto se basa la dinámica sucesional de bosques, que puede ser definida como el cambio en estructura y composición de los bosques a través del tiempo (Oliver and Larson, 1996).

Para comprender la dinámica de bosques es muy importante entender la existencia de disturbios, o pérdidas repentinas y discretas de biomasa, estructura o funciones (Walker, 2011), las cuales se relacionan continuamente con el concepto de estabilidad-resiliencia. El hombre altera los regímenes de perturbación de gran forma, aumentando su escala y severidad, y reduciendo la resiliencia de los ecosistemas (Walker, 2011).

La resiliencia de un ecosistema ha sido definida como la cantidad de disturbio que puede ser absorbida por un ecosistema antes de cambiar de estado, o como el tiempo necesario luego de una perturbación para que un ecosistema retorne a su estado previo. Por este motivo, una posible medida de la resiliencia es qué tanto se ha movido un ecosistema desde su equilibrio y cuánto tiempo necesita para regresar a este luego de un disturbio (Holling, 1973; Gunderson, 2000).

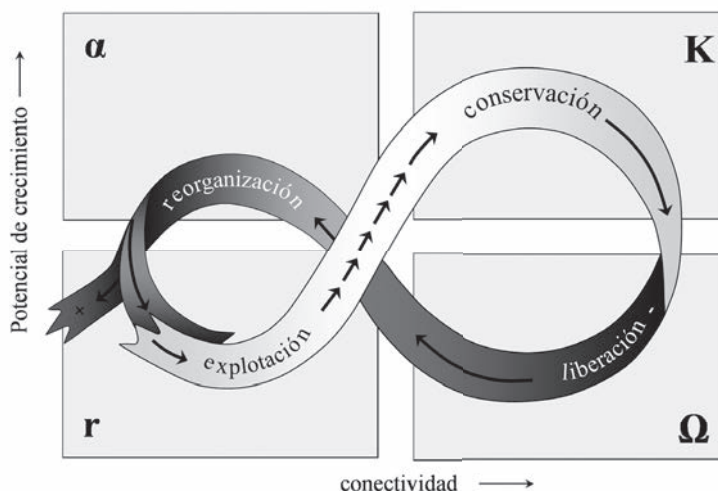
Además, la resistencia de un ecosistema representa su capacidad para absorber disturbios y mantenerse sin grandes cambios frente a ellos (Holling, 1973). La resistencia está fuertemente relacionada con el concepto de estabilidad, que es la capacidad de un ecosistema de persistir o mantenerse dentro de un equilibrio dinámico en el tiempo mientras resiste cambios (Holling, 1973; Thompson *et al.*, 2009).

Basado en lo anterior, en las últimas décadas se ha desarrollado una teoría integral para tratar de entender las transformaciones de los sistemas naturales y humanos complejos (Lara *et al.*, 2014), basada en la existencia de una "panarquía", que corresponde a una estructura jerárquica en la cual sistemas naturales, humanos y sociales y sus combinaciones, estarían interconectados en interminables ciclos adaptativos de crecimiento, acumulación, reestructuración y renovación



(Figura N° 9). Dichos ciclos ocurrirían desde escalas mínimas, como una hoja, hasta escalas globales como la biosfera, por períodos de días hasta épocas geológicas, y desde niveles de organización social como familias hasta países (Holling, 2001; Lara *et al.*, 2014).

Una de las propiedades ecosistémicas más importantes de los ciclos adaptativos complejos es su resiliencia. En el caso de los bosques, en la lenta acumulación de biomasa entre las fases de explotación (“fase r”) y conservación (“fase k”) (Figura N° 9), la resiliencia se iría perdiendo hasta convertirse en un “accidente esperando suceder” (Holling, 2001).



(Modificada de Lara *et al.*, 2014).

Representación aplicada a un rodal, las diferentes fases del ciclo panárquico serían:
 α) iniciación del rodal, matorral o inicio de la sucesión; r) bosque renoval en pleno crecimiento; k) bosques avanzados; Ω) disturbio.

Figura N° 9
REPRESENTACIÓN DE LAS CUATRO FASES DE UN CICLO ADAPTATIVO (HOLLING, 2001)

Dinámica Sucesional en Tepuales

Los tepuales y bosques adultos costeros de Chiloé y los archipiélagos australes se caracterizan por la ausencia de grandes alteraciones durante períodos de miles de años (Lumley and Switsur, 1993), conduciendo esto a grandes acumulaciones de biomasa. Estas estructuras, extremadamente densas, complejas y extremadamente combustibles, presentan una muy baja resiliencia frente a incendios de gran intensidad (Bannister *et al.*, 2012; Bannister and Donoso, 2013; Bannister *et al.*, 2017). Luego de la liberación de recursos (“fase Ω”) que suele suceder luego de alteraciones catastróficas se entra en una rápida etapa de reorganización (“fase α”), la cual es muy difícil de predecir y donde pueden ocurrir nuevas re combinaciones para dar origen a un nuevo ciclo (colonización por nuevas especies por ejemplo).

Luego de la fase de liberación (“fase Ω”) y sobre todo en la fase de reorganización (“fase α”), la sobrevivencia de árboles semilleros, bancos de semillas, regeneración avanzada y la



presencia de estructuras como troncos caídos o árboles muertos en pie, tendrían un efecto clave en el desarrollo futuro del ecosistema, determinando si este retorna a la estructura y composición florística que existía previamente, o bien se desarrolla hacia estados alternativos (Lara *et al.*, 2014). Particularmente en el caso de los tepuales, como se verá más adelante, las cuatro fases del ciclo adaptativo se ven reflejadas en una dinámica de claros, que generalmente se extiende durante miles de años y que tiene como resultado la “maraña” de troncos característica de estos bosques.

En el ambiente altamente lluvioso y húmedo de los archipiélagos australes, los incendios están mayoritariamente restringidos a la actividad humana, aunque a veces, árboles individuales o en pequeños grupos pueden ser afectados por relámpagos (Holz and Veblen, 2009). Sin embargo, desde la llegada de colonos europeos y chilenos a la zona insular en los siglos XVIII y XIX, ha habido un incremento significativo de la frecuencia de incendios en este territorio (Holz, 2010).

Dado que las principales especies arbóreas de estos ambientes no han evolucionado bajo la influencia de incendios catastróficos, estas no presentan estructuras para soportar el fuego (por ejemplo corteza gruesa), como sí sucede con algunas coníferas chilenas (Bannister, 2015). De esta forma, los incendios históricos a gran escala o las grandes aperturas del dosel producto de talas rasas han causado cambios drásticos permanentes en la estructura y composición de estos bosques, las que difícilmente pueden recuperarse en el tiempo (Cruz y Lara, 1981; Bannister *et al.*, 2014, 2017).

Estructura de los Tepuales de Chiloé

El conocimiento sobre los tepuales es limitado e incipiente, lo que sumado al uso extensivo de su madera y a su importancia como recurso forestal genera una clara amenaza para la sostenibilidad de su aprovechamiento. Las dificultades en el acceso a estos bosques, producto de su lejanía y las condiciones climáticas en que se desarrollan, así como su compleja estructura, muchas veces impenetrable, han relegado hasta ahora su estudio.

Es más, es muy probable que el tepú sea la especie arbórea nativa dominante de bosques de la cual menos información se tiene en Chile. Aun así, los escasos estudios existentes señalan que la especie crece en sitios de drenaje restringido y extremadamente pobres en nutrientes (Zarin *et al.*, 1998; Bannister *et al.*, 2012), presentando un crecimiento estimado en diámetro menor a 1 mm/año (Cruz y Lara, 1981).

En respuesta a la variabilidad de condiciones de sitio en los archipiélagos australes, los tepuales presentan diferentes patrones estructurales y de composición a lo largo de su distribución. En los mismos tepuales inalterados abordados en el capítulo anterior, uno ubicado en el norte de Chiloé en Butalcura y el otro en Iníó en el sur de Chiloé (Figura N° 1), se realizó una investigación sobre su estructura y dinámica sucesional (Bannister *et al.*, 2017).

Según este estudio, pese su baja altura, ambos tepuales presentan una estructura extremadamente compleja caracterizada por elevadas densidades y áreas basales (Cuadro N° 3), muy superior a la de otros bosques húmedos de áreas tropicales (Sherman *et al.*, 2000; Koponen *et al.*, 2004) y a la de la mayoría de otros bosques húmedos del mundo (Lugo *et al.*, 1988).



Si bien ambos tepuales ocupan terrenos planos con drenaje restringido y saturados de agua durante gran parte del año, el tepual de Butalcura se ubica a ± 50 msnm, en un sitio de origen fluvio-glaciario con presencia de un horizonte *Gley*. En cambio, el tepual de Inío se ubica solo a ± 10 msnm, en un sitio de origen sedimentario, con suelo más profundo. Asimismo, y posiblemente en respuesta a tales diferencias, ambos tepuales presentan estructuras ostensiblemente diferentes. Las condiciones más favorables de Inío permiten que en este sector se desarrolle una estructura de mayor complejidad, y con ello una mayor área basal que Butalcura (94,7 m²/ha frente a 61,6 m²/ha).

Este último corresponde a un tepual de tipo “rastrero” o “arrastrado”, caracterizado por una mayor presencia de árboles con hábito de crecimiento horizontal y oblicuo, los que representan un 44% del área basal.

El tepual de Butalcura, en cambio, corresponde a un tepual del tipo “levantado”, caracterizado por el predominio de árboles con crecimiento vertical, los que representan un 72,6% del área basal. (Figura N° 10 y Cuadro N° 3).



Cuadro N° 3
ATRIBUTOS ESTRUCTURALES Y PROPIEDADES DEL SUELO DE LOS TEPUALES
DE INÍO Y BUTALCURA

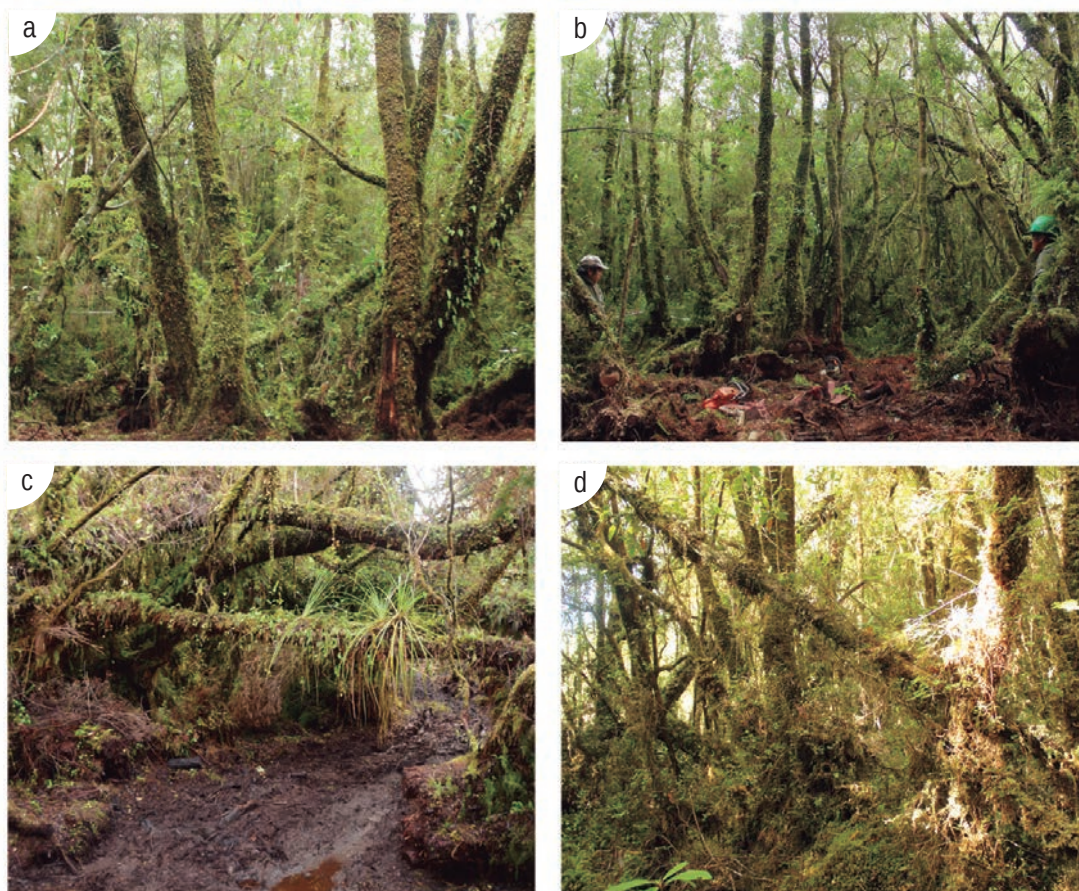
Atributos y Propiedades	Iníio	Butalcura
Árboles		
DMC (cm)	18,2 ($\pm 4,1$) ^a	15,0 ($\pm 3,3$) ^a
H (m)	9,6 ($\pm 1,1$) ^a	9,3 ($\pm 1,3$) ^a
H _{dom} (m)	13,65 ($\pm 2,30$) ^a	15,64 ($\pm 2,98$) ^a
H _{max} (m)	19,0 ($\pm 4,9$) ^a	22,50 ($\pm 5,89$) ^a
Densidad (N/ha)	3.644 ($\pm 797,7$) ^a	3.508 (± 1241) ^a
Área basal (m ² /ha)	94.7 ($\pm 29,7$) ^a	61.6 ($\pm 24,0$) ^b
Densidad / hábito		
Vertical (%)	61,0 ($\pm 13,6$) ^a	69,0 ($\pm 15,8$) ^a
Oblicuo (%)	32,3 ($\pm 11,3$) ^a	22,8 ($\pm 11,2$) ^a
Horizontal (%)	6,4 ($\pm 3,3$) ^a	7,9 ($\pm 9,9$) ^a
Área basal / hábito		
Vertical (%)	56,0 ($\pm 14,5$) ^b	72,6 ($\pm 17,0$) ^a
Oblicuo (%)	32,5 ($\pm 10,4$) ^a	18,8 ($\pm 8,9$) ^b
Horizontal (%)	11,5 ($\pm 9,1$) ^a	8,5 ($\pm 9,5$) ^a
Propiedades del suelo		
Profundidad (cm)	>100	25 - >100
pH	4,9 ($\pm 0,1$) ^A	4,6 ($\pm 0,2$) ^B
Ntot (%)	0,27 ($\pm 0,09$) ^B	0,87 ($\pm 0,09$) ^A
P (mg/Kg)	6,5 ($\pm 1,4$) ^a	5,4 ($\pm 2,6$) ^a
B (mg/Kg)	0,61 ($\pm 0,12$) ^a	0,72 ($\pm 0,11$) ^a
K (mg/Kg)	105,9 ($\pm 45,1$) ^b	143,8 ($\pm 60,0$) ^b

Letras diferentes indican diferencias significativas entre sectores (minúscula: $p \leq 0,05$; mayúscula: $p \leq 0,01$).

DMC: diámetro medio cuadrático; H: altura; H_{dom}: altura de los árboles dominantes;

H_{max}: altura máxima.





(a) y (b) Estructura de tepuales “levantados” (c) Estructura de tepuales “rastreros” (d) Situación mixta

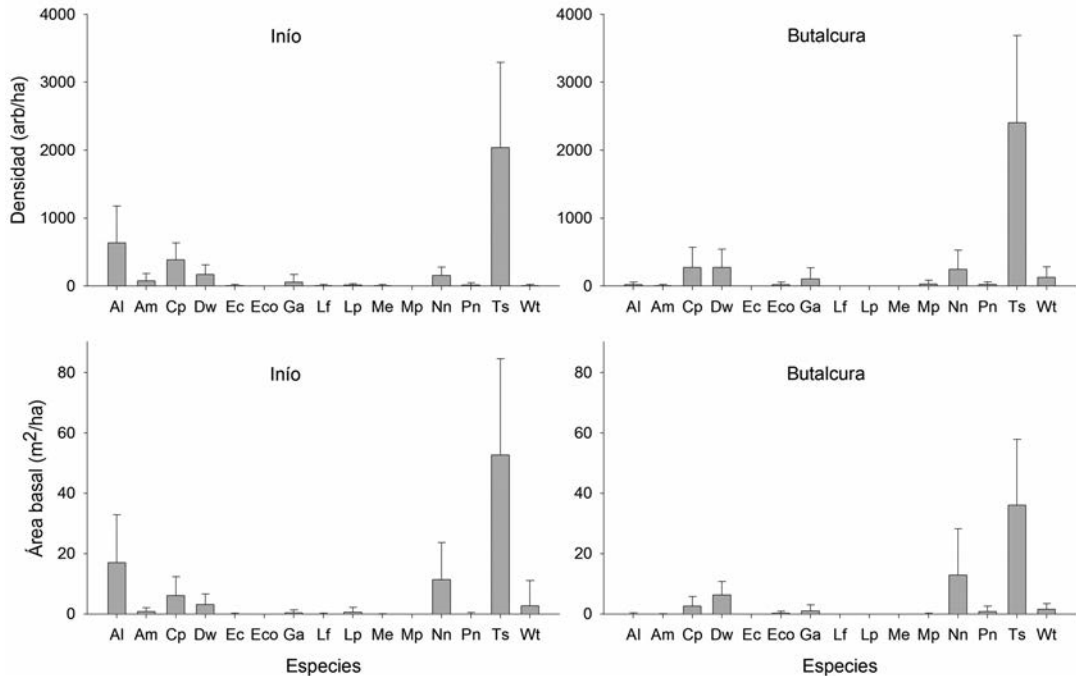
Figura N° 10
ESTRUCTURA DE TEPUALES DE CHILOÉ

En ambos sitios la especie más importante tanto en densidad como en área basal es tepú, la cual le da el nombre a estos bosques, ocupando el dosel medio e inferior junto a luma (*Amomyrtus luma*), tiaca (*Caldcluvia paniculata*) y canelo (*Drimys winteri*). De forma emergente, sobresalen algunos individuos de coigue de Chiloé (*Nothofagus nitida*) y tineo (*Weinmannia trichosperma*) (Figura N° 11).

La estructura multiestratificada de los tepuales está caracterizada por una distribución diamétrica exponencialmente negativa, con un amplio rango de diámetros (10 a 80 cm), presentando mayor cantidad de individuos en clases diamétricas menores (>80% de individuos bajo 25 cm de diámetro), y valores del factor c de Weibull que muestran una leve asimetría positiva (c: 1-2), lo que indica que estos bosques están sujetos a una dinámica de claros (Figura N° 12).



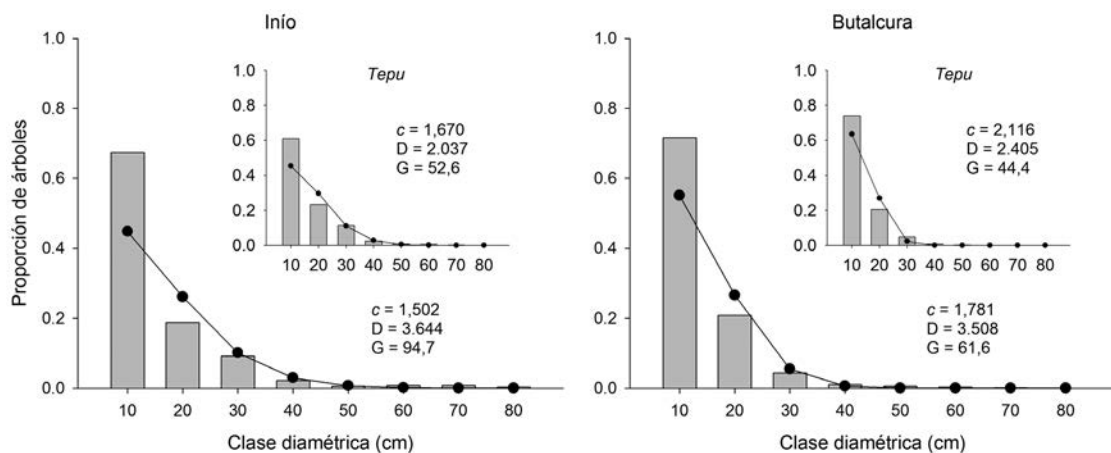
Lo anterior permite que coexistan durante siglos tanto especies tolerantes como intolerantes a la sombra (Gutiérrez *et al.*, 2008; Bannister and Donoso, 2013). Esto concuerda con lo señalado por Bond (1989) y Coomes *et al.* (2005), en cuanto a que algunas especies arbóreas están adaptadas para crecer y persistir pese a las desfavorables condiciones que puede presentar un sitio. Esto queda demostrado en que todas las especies dominantes a nivel arbóreo, tanto tolerantes como intolerantes a la sombra (luma, tiaca, canelo, coigue de Chiloé y tino), presentan abundante regeneración en todas las clases de altura (Figura N° 13).



(Modificado de Bannister *et al.*, 2017) (Detalle de abreviaciones en Cuadro N° 2)

Figura N° 11
DENSIDAD MEDIA Y ÁREA BASAL MEDIA DE LAS ESPECIES ARBÓREAS
EN LOS TEPUALES DE INÍO Y BUTALCURA



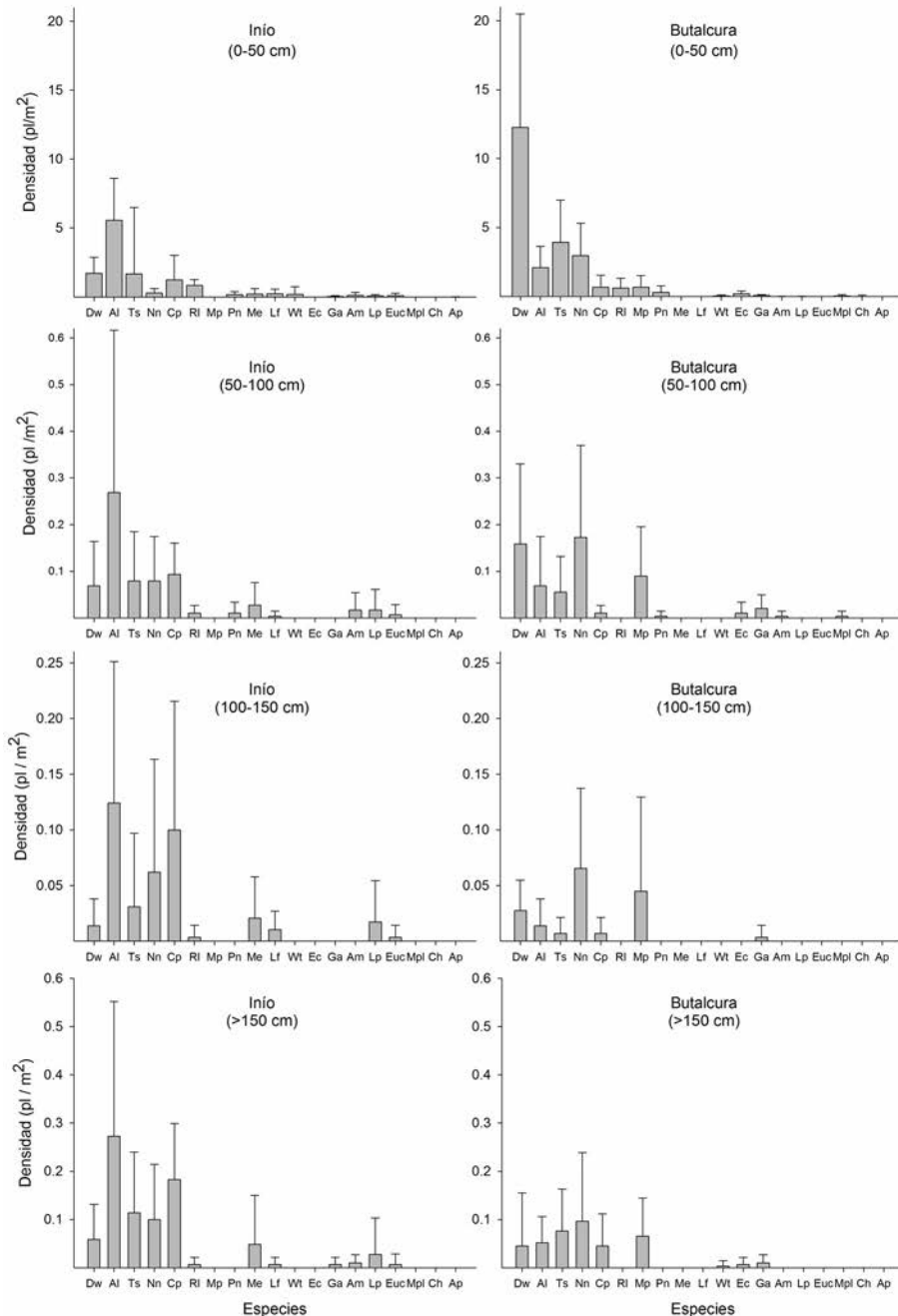


(Modificado de Bannister *et al.*, 2017)

La línea de la función Weibull indica el ajuste de la distribución de tamaños. c = Parámetro de forma de la función Weibull, D = densidad media (árboles/ha), G = área basal media (m^2/ha). Recuadro en cada gráfico muestra estructura diamétrica de tepú.

Figura N° 12
ESTRUCTURA DIAMÉTRICA PARA CADA SECTOR DE ESTUDIO
INCLUYENDO EL TOTAL DE ESPECIES ARBÓREAS





(Modificado de Bannister *et al.*, 2017) (Detalle de abreviaciones en Cuadro N° 2)
(Nótese las diferente escalas en los ejes verticales)

Figura N° 13
DENSIDAD DE LA REGENERACIÓN POR CLASE DE ALTURA Y ESPECIE EN LOS
TEPUALES DE INÍO Y BUTALCURA



La regeneración dentro de ambos tepuales es abundante, con un promedio de 14,3 plantas por m² en Iníó (tepual arrastrado) y de 25,0 plantas por m² en Butalcura (tepual levantado). La mayor parte de la regeneración es de baja altura, con un 86,5% en Iníó y un 95,3% en Butalcura bajo 50 cm de altura. En ambos tepuales, las especies con regeneración más abundante en todas las clases de altura fueron luma, tepú, canelo, coigue de Chiloé y tiaca. Al tomar en cuenta la regeneración de mayor altura (>50cm), especies como coigue de Chiloé, tiaca, tepa (*Laureliopsis philippiana*) y pitra (*Myrceugenia exsucca*) adquieren mayor importancia. En el caso específico del tepual levantado de Butalcura se observó además una mayor abundancia relativa de canelo y patagua, y una menor abundancia relativa de luma y tepú, al aumentar en clase de altura (Figura N° 13).

Influencia de la Estructura en la Riqueza de Especies y Nichos de Regeneración

Diversos estudios realizados en bosques pantanosos del hemisferio norte han encontrado evidencia respecto de la influencia de la heterogeneidad de micrositios sobre la densidad y distribución de especies arbóreas, y de esta forma sobre su dinámica regenerativa (Vivian-Smith, 1997; Sherman *et al.*, 2000; Koponen *et al.*, 2004; Duberstein and Conner, 2009).

Por ejemplo, dentro de un bosque pantanoso, muchas especies arbóreas se desarrollan mejor sobre montículos que en hondonadas, posiblemente debido a que los primeros representan sitios libres de anegamiento (Duberstein and Conner, 2009).

En el caso de los tepuales, existe escasa información documentada sobre el proceso de germinación de semillas y posterior establecimiento de plantas. Algunos estudios abarcan la fenología de tepú y la germinación de sus semillas bajo distintas condiciones de luz (Figueroa *et al.*, 1996; Smith-Ramírez *et al.*, 1998; Figueroa and Lusk, 2001; Díaz y Armesto, 2007).

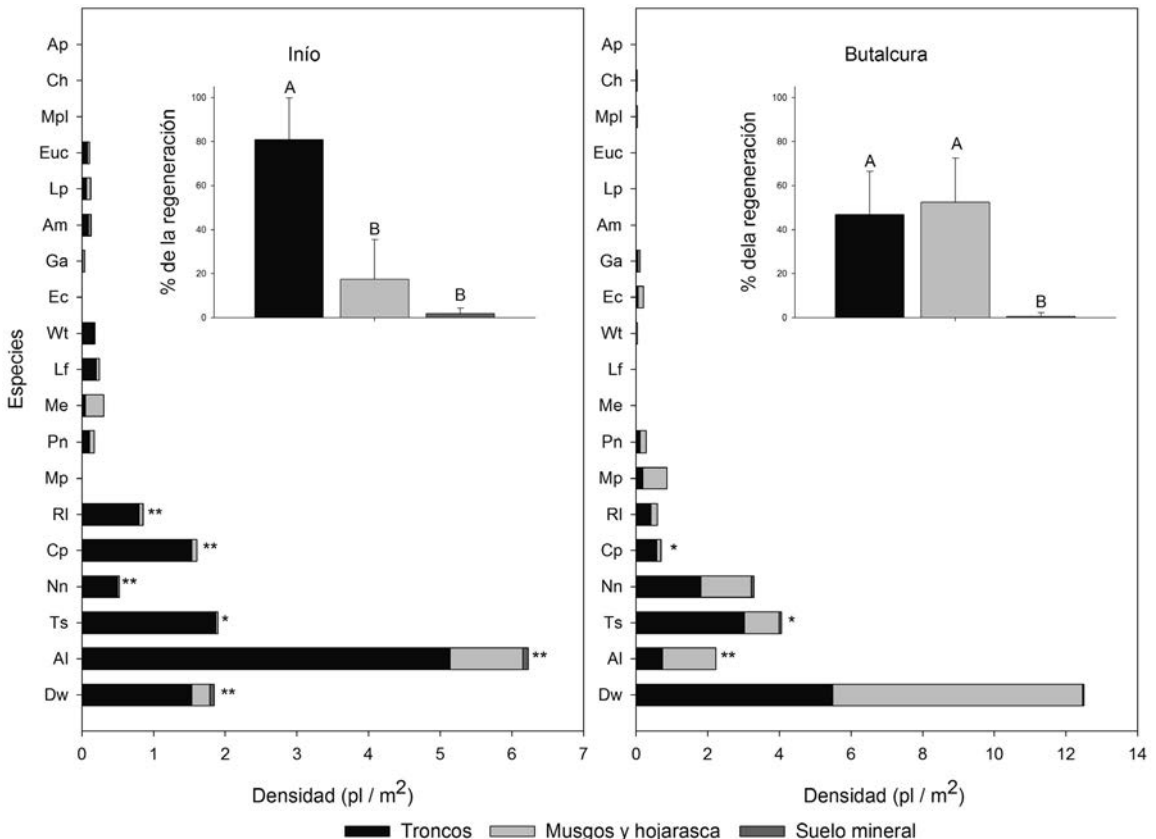
Si bien en ensayos de germinación se ha apreciado que la especie es indiferente a cambios en luminosidad (Figueroa and Lusk, 2001), se ha observado que crece mejor bajo cierta cobertura de arbustos (Díaz y Armesto, 2007). Además, y de acuerdo con la tendencia en bosques pantanosos, se ha evidenciado que los micrositios elevados favorecen el desarrollo de la regeneración en estos bosques de drenaje restringido, tanto de tepú como de otras especies arbóreas presentes (Christie and Armesto, 2003; Bannister *et al.*, 2017).

Según Bannister *et al.* (2017), un 80,8% y un 46,8% de la regeneración de los tepuales de Iníó y Butalcura, respectivamente, se encuentra sobre troncos orientados en forma horizontal u oblicua (Figura N° 14). En Iníó este patrón se repite a nivel de especies, donde todas las especies, excepto pitra y avellano, presentaron una mayor densidad de regeneración sobre troncos que sobre otro tipo de sustratos, tales como musgo y hojarasca.

En Butalcura, por su parte, la mayoría de las especies arbóreas presentan mayor regeneración sobre musgo- hojarasca que sobre tronco (Figura N° 14), lo que bien puede deberse a las condiciones de sitio más restrictivas y por consiguiente al menor desarrollo estructural (menor área basal en todas sus formas). Esto dejaría mayor espacio para sustratos compuestos por musgos y hojarasca. Sin embargo, especies como tepú, coigue de Chiloé, tiaca, sauco y avellano presentan igualmente mayor regeneración sobre troncos.



Al mismo tiempo, si bien la estructura de los tepuales no influencia de gran forma la riqueza total de especies arbóreas, esta sí tiene un efecto (ya sea positivo o negativo) sobre la abundancia de varias especies (Bannister *et al.*, 2017).



(Modificado de Bannister *et al.*, 2017) (Detalle de abreviaciones en Cuadro N° 2)
 Letras indican diferencias significativas entre sectores ($p \leq 0,01$). Asteriscos indican diferencia significativas entre sectores (un asterisco: $p \leq 0,05$; dos asteriscos: $p \leq 0,01$)

Figura N° 14

DENSIDAD DE LA REGENERACIÓN POR TIPO DE MICROSITIO (TRONCOS, MUSGOS Y HELECHOS, SUELO MINERAL), PARA EL TOTAL Y CADA UNA DE LAS ESPECIES ARBÓREAS EN LOS TEPUALES DE INÍO Y BUTALCURA

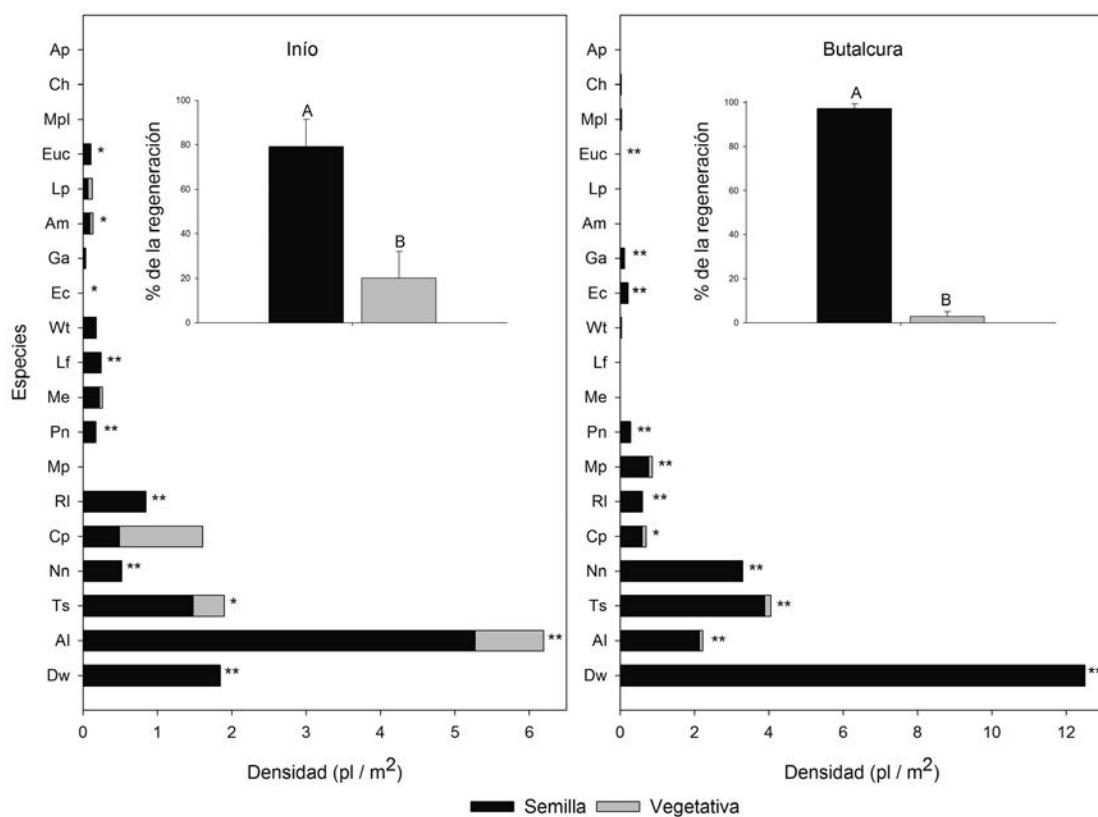
Es importante mencionar que en ambos sectores de estudio se encontró una mayor cantidad de regeneración por semilla que vegetativa, tanto para el total como para cada una de las especies arbóreas (Figura N° 15). La única excepción fue tiaca en Iníó.

Lo anterior indica que los troncos sobre los que se establece la regeneración no solo constituyen fuentes de regeneración vegetativa (Figura N° 16a), sino que también representan sustratos ideales para la germinación de semillas.

Es más, especies como tepú y luma presentan adaptaciones para desarrollarse y persistir sobre estas estructuras, tales como raíces adventicias que pueden crecer sobre 1 m hasta alcanzar suelo mineral (Figura N° 16b).

En el caso de tepú, estos resultados contrastan con lo reportado por Donoso (2006), quien señala que esta especie presenta una regeneración mayoritariamente vegetativa.

Aun así, es necesario tener en cuenta que la reproducción vegetativa podría tener ventajas competitivas al presentar un mayor potencial de crecimiento inicial, lo que se traduciría en una ocupación del sitio más rápida (Figura N° 16cd).



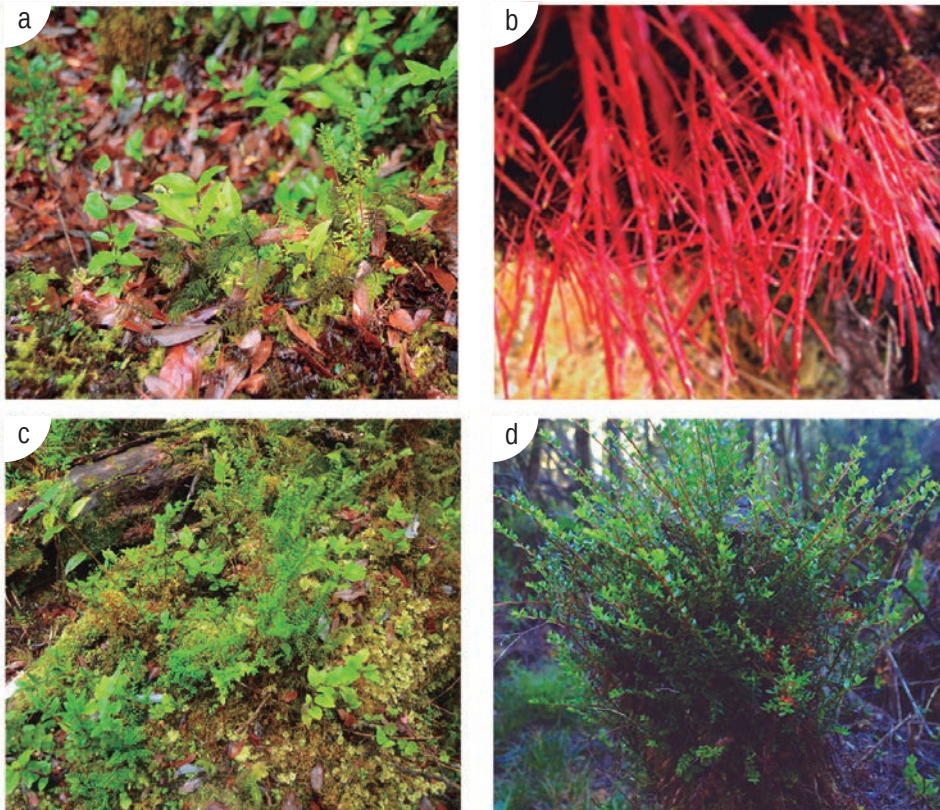
(Detalle de abreviaciones en Cuadro N° 2)

Letras indican diferencias significativas entre sectores ($p \leq 0,01$). Asteriscos indican diferencias significativas entre sectores (un asterisco: $p \leq 0,05$; dos asteriscos: $p \leq 0,01$).

Figura N° 15

DENSIDAD DE LA REGENERACIÓN POR TIPO DE ORIGEN (SEMILLA/VEGETATIVO), PARA EL TOTAL Y PARA CADA UNA DE LAS ESPECIES ARBÓREAS EN LOS TEPUALES DE INÍO Y BUTALCURA





(a): Gran parte de la regeneración se establece por semilla en suelos aéreos cubiertos de musgos y helechos. (b): Al crecer, la regeneración forma raíces adventicias que descienden desde estos suelos aéreos hacia suelo mineral. (c y d): Troncos horizontales y tocones presentan gran potencial de reproducción vegetativa y de crecimiento.

Figura N° 16
ASPECTOS PROPIOS DE LA ECOLOGÍA DEL TEPÚ





USO TRADICIONAL DE LOS TEPUALES Y PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

En los capítulos anteriores se presentaron las principales características en cuanto a la historia natural, composición florística, estructura y dinámica natural de los tepuales de Chiloé. En el presente capítulo se analiza el estado actual de estos bosques y los problemas ambientales derivados de su uso tradicional.

Los tepuales han sido usados desde hace muchos años como si fueran una fuente inagotable de leña para calefacción. Sin embargo, la tasa actual de extracción no tiene precedentes y amenaza la sostenibilidad de estos importantes ecosistemas.

Importancia de los Tepuales para la Vida en los Archipiélagos Australes

Como se indicó inicialmente, los tepuales son considerados dentro del grupo de los humedales boscosos de agua dulce o bosques pantanosos, que ocupan grandes extensiones de terrenos a nivel mundial, desde zonas tropicales hasta boreales o australes (Lugo *et al.*, 1988; Correa-Araneda *et al.*, 2011; Bannister *et al.*, 2012). Estos ecosistemas forestales tienen un alto valor ecológico, dado por una serie de servicios ecosistémicos que proveen a la sociedad, y especialmente por su significativa contribución a la productividad de las áreas en que se ubican (Lugo *et al.*, 1988; Brinson and Malvárez, 2002; Correa-Araneda *et al.*, 2011). Particularmente los tepuales son considerados como bosques únicos en el mundo que, debido a su alta complejidad estructural y de composición, generan una variedad de servicios ecosistémicos entre los más importantes de los cuales están (Figura N° 17):

Regulación de aguas y protección de cuencas hidrográficas: Bosques como los tepuales son clave para la regulación y protección de las cuencas hidrográficas (Bullock and Acreman, 2003). Esto es especialmente relevante en el caso de las islas de los archipiélagos de Chiloé, Guaitecas y Chonos (Bannister *et al.*, 2017).

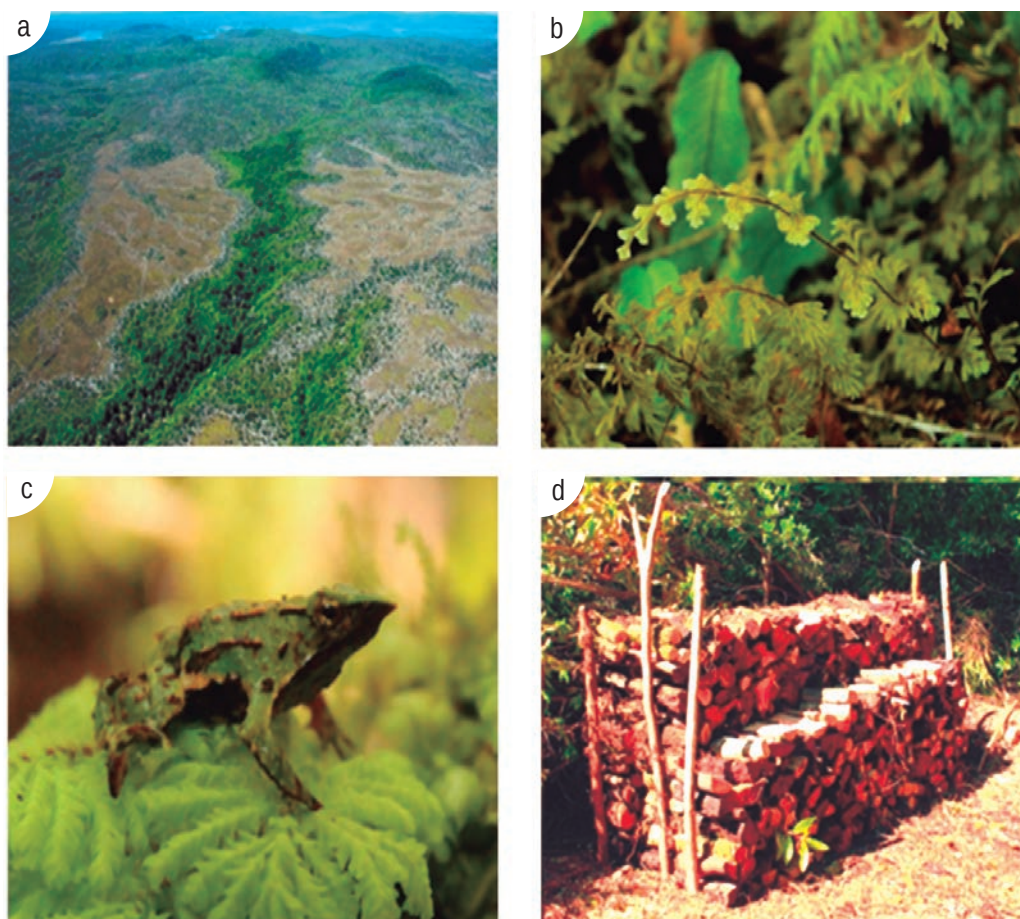
Hábitat para flora y fauna endémica: Los tepuales representan el hábitat ideal de diversas especies endémicas de flora y fauna (Soto-Azat *et al.*, 2013; Bannister *et al.*, 2017). Además, forman parte de uno de los *hotspots* mundiales de flora no vascular (Rozzi *et al.*, 2008).

Carbono: Un tercio del carbono mundial está captado en turberas y los bosques pantanosos aledaños a ellas (Shaw *et al.*, 2003).

Provisión de leña para calefacción: Gran parte de la leña que se consume a nivel regional proviene de los tepuales (Neira e Iturriaga, 2008; Neira y Bertín, 2009).

Recreación y turismo: La singularidad y belleza de los tepuales atrae cada día a más visitantes a los diferentes senderos que emprendedores turísticos y CONAF han hecho para recorrerlos.

Sin embargo, como se verá a continuación el uso tradicional de estos bosques ha puesto en peligro gran parte de los servicios ecosistémicos que proveen a la sociedad.



Los bosques pantanosos y turberas son importantes sumideros de carbono (a), constituyen el hábitat de flora y fauna endémica (b,c), y además proveen leña para calefacción (d).

Figura N° 17

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PROVENIENTES DE LOS TEPUALES

Estado Actual y Principales Amenazas en los Tepuales de Chiloé

Debido a la gran cantidad de biomasa que acumulan los tepuales y a la densidad y poder calorífico de la madera de tepú, estas formaciones han sido históricamente explotadas para la extracción de leña, principal combustible para calefacción utilizado en el sur de Chile (Neira y Bertín, 2009; Sanzana, 2012). Como consecuencia, los bosques de tepú se encuentran bajo una alta y constante presión de uso. Un ejemplo concreto se da en la ciudad de Puerto Montt que, con una población de 228.118 habitantes (INE, 2012), consume 586.301 m³/año de leña y un 21% de este volumen corresponde a tepú (Neira e Iturriaga, 2008).

En Chiloé el consumo de leña de tepú se acentúa aún más, según datos de CONAF (2016) en Chiloé existe un total de 632.200 ha de bosque nativo, lo que representa un 68% del total de la superficie provincial (incluyendo tipos forestales siempreverde, alerce y ciprés de las



Guaitecas). Los bosques dominados por tepú o con presencia de esta especie en la provincia de Chiloé alcanzan a 385.406 ha, es decir un 61% de los bosques nativos del archipiélago. La ciudad de Castro, con solo 43.306 habitantes (INE, 2012), consume cerca de 130 mil m³/año de leña y un 27% de este volumen corresponde a tepú (Neira y Bertín, 2009).

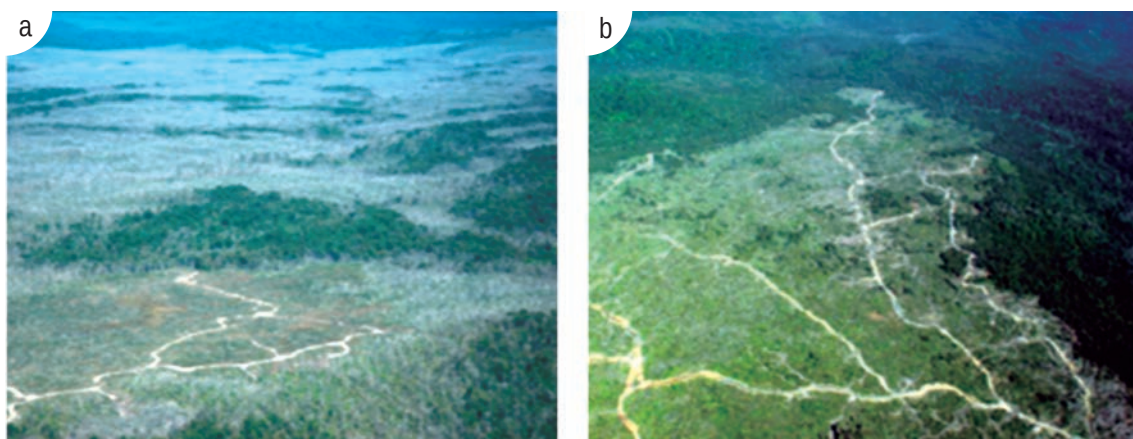
Gran parte de la extracción de leña se realiza de manera informal, a través de talas ilegales o prácticas sin bases ecológicas que garanticen la sostenibilidad de estos bosques luego de intervenidos. Debido a esto, cada año la superficie de tepuales degradados aumenta en el sur de Chile, peligrando a mediano plazo su continuidad, su integridad estructural y los servicios que proveen (Ramos-Jiliberto *et al.*, 2009; Sanzana, 2012).

Se suma a lo anterior que en los últimos años la frecuencia e intensidad de los incendios provocados por el hombre en Chiloé han aumentado a un nivel más allá del rango de variabilidad natural de los ecosistemas que allí se ubican (Holz and Veblen, 2011). Hasta hace unas décadas, en toda el área sur de Chiloé existía una gran superficie de bosques siempreverdes y tepuales inalterados.

Estos bosques, ubicados en la Cordillera de Pirulil, habían persistido durante largo tiempo en buen estado de conservación, probablemente a causa de su condición remota y a que la población isleña se ubica mayoritariamente en la costa oriental y más al norte (Ther-Ríos, 2008; Bannister and Donoso, 2013), donde existe una grave fragmentación de los bosques (Echeverría *et al.*, 2008).

Esta situación ha cambiado radicalmente en los últimos 10 años debido al rápido y permanente avance de caminos forestales a través de la Cordillera de Pirulil, que la atraviesan casi hasta llegar al Océano Pacífico. Actualmente no existen datos confiables sobre el estado de estos bosques, pero basta con sobrevolar la zona para dimensionar la magnitud de la catástrofe ambiental que tiene lugar, sin que ninguna autoridad haga algo significativo al respecto (Figura N° 18).





Luego de la quema de grandes extensiones de bosques nativos (a), una extensa red de caminos forestales empieza a extenderse en la cordillera, con la subsecuente devastación de los bosques nativos de la zona (b).

Figura N° 18

**VISTAS AÉREAS DEL ESTADO ACTUAL DE LOS BOSQUES EN LA CORDILLERA DE PIRULIL
EN EL SUR DE CHILOÉ**

Actualmente el paradigma de uso de los tepuales está orientado exclusivamente a uno de los servicios mencionados, la provisión de leña para calefacción. El manejo actual aplicado para satisfacer la demanda por este servicio compromete seriamente la provisión de los otros servicios del bosque, al transformar estas formaciones de gran complejidad estructural y de composición en bosques coetáneos y de baja complejidad. Además, hasta ahora no existe información sobre el crecimiento de estos bosques, punto clave para orientar su manejo sustentable. Sin embargo, algunas inferencias advierten de valores extremadamente bajos (< 1 mm por año en diámetro) (Cruz y Lara, 1981). Tal vez, más que hablar de “manejo sustentable de tepuales” por el momento se debería hablar de “cosecha controlada”, la cual no necesariamente está basada en criterios de sustentabilidad.

La simplificación de los tepuales a través de su explotación tiene una serie de externalidades negativas hasta ahora ignoradas por la sociedad. Particularmente relevante resulta el hecho que en su condición de renovales, los bosques secundarios de alta densidad que se desarrollan luego de las talas rasas tienen un consumo de agua superior a los bosques adultos, factor que bien podría explicar en parte la alarmante escasez hídrica en el archipiélago, que en amplios sectores de la sociedad es atribuida tajantemente a la cosecha de pompón (*Shpagnum* sp) y a las plantaciones dendroenergéticas de *Eucalyptus nitens*. De esta manera, la degradación de bosques pantanosos, la simplificación de estructuras y el cambio de uso del suelo desde bosques hacia praderas quedan totalmente fuera de la discusión pública.

Uso Tradicional y Cosecha Controlada

La explotación de los tepuales para la extracción de leña se concentra fundamentalmente en las especies tepú y luma (*Amomyrtus luma*). Normalmente, las especies acompañantes no se



aprovechan, exceptuando individuos de canelo (*Drimys winteri*) o mañío (*Podocarpus nubigena*) de buena calidad, que son utilizados generalmente para obtener madera aserrada (Sanzana, 2012).

En general, el aprovechamiento maderero de bosques dominados por tepú se realiza de manera informal, a través de talas ilegales o manejo de bosques sin base ecológica. Cuando es legal, se aplica el reglamento técnico N° 259 del decreto ley 701.

Según este reglamento, y dependiendo de en qué tipo forestal se encuentre el rodal a intervenir, se pueden autorizar desde cortas selectivas o entresaca (aplicables a los tipos forestales Siempreverde y Ciprés de las Guaitecas) a cortas de protección (aplicables al tipo Siempreverde). En el tipo forestal Alerce no se especifican métodos de corta, debido a la condición de protección de la especie que le da nombre (*Fitzroya cupressoides*).

En esta normativa se define como corta de protección la explotación gradual del rodal en una serie de cortas parciales para dar origen a un rodal coetáneo a través de regeneración natural, la cual se inicia bajo la protección del dosel remanente. Luego de la corta, el propietario deberá asegurar la presencia de 3.000 plantas por hectárea como mínimo, homogéneamente distribuidas, de las mismas especies intervenidas.

La corta selectiva o entresaca se define como la extracción individual de árboles o de pequeños grupos en una superficie no superior a 0,3 ha, debiendo mantenerse en este caso una faja boscosa alrededor de lo cortado de mínimo 50 m. Mediante este método, solamente podrá extraerse hasta el 35% del área basal del rodal, debiendo establecerse como mínimo 10 plantas de la misma especie por cada individuo cortado, o bien 3.000 plantas por hectárea del tipo correspondiente; en ambos casos homogéneamente distribuidos. Estas cortas selectivas se pueden realizar cada 5 años.

Debido a los malos resultados en la práctica de este tipo de métodos de cosecha controlada, la Corporación Nacional Forestal (CONAF) ha estado utilizando en los últimos años el artículo N° 25 del mismo decreto para buscar otras alternativas para el manejo de los bosques dominados por tepú.

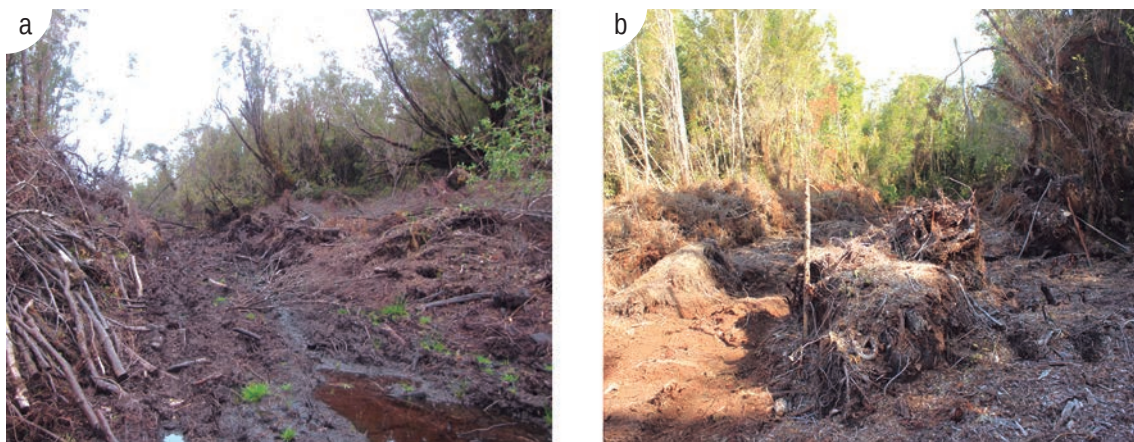
Así, CONAF ha fomentado el uso de otros métodos de cosecha controlada, tales como la tala rasa en fajas alternas y tala rasa en hoyos de luz, de tal forma de apoyar la regeneración natural, lo que hasta el momento no ha dado resultados (Sanzana, 2012).

Tala rasa en hoyos de luz: Consiste en cosechar el bosque en pequeños hoyos de luz, de entre 30 y 50 m de diámetro, en los cuales se extraen todos los individuos (tala rasa). Estos hoyos de luz son distribuidos homogéneamente en el bosque con una cantidad de entre 6 y 9/ha. El resto del bosque puede ser intervenido una vez establecida la regeneración en los hoyos de luz (Sanzana, 2012).

Tala rasa en fajas alternas: Consiste en cosechar fajas de bosque en forma alterna y con un ancho variable, que por lo general corresponde a dos veces la altura máxima promedio de los árboles que constituyen el rodal. Mediante las fajas no cosechadas se pretende proveer de semillas para el establecimiento de regeneración en las fajas cosechadas.



Para facilitar la dispersión de las semillas, las fajas se establecen perpendiculares a la dirección predominante del viento. Una vez establecida la regeneración natural en la faja cosechada, las fajas de resguardo pueden ser cosechadas (Sanzana, 2012). Cuando se aplican planes de manejo, este es el método de cosecha controlada más frecuentemente utilizado en la actualidad (Figura N° 19).



Tala rasa en fajas es uno de los esquemas de cosecha controlada que la ley permite en los tepuales de Chiloé (a). En las fajas se extrae la mayor parte de la biomasa existente, incluyendo las raíces de los árboles (b).

Figura N° 19
TALA RASA EN FAJAS ALTERNAS

Como resultado de estos métodos de cosecha controlada se obtiene una estructura horizontal homogénea que contrasta enormemente con la compleja estructura original multietánea y multiestratificada de los tepuales.

Regeneración de Especies Arbóreas luego de Tala Rasa en Fajas Alternas

La baja efectividad de métodos tradicionales para asegurar la regeneración de tepú post-cosecha compromete la sostenibilidad de este recurso a futuro y plantea el desafío de explorar métodos alternativos de manejo, basados en la autoecología de las especies.

En la búsqueda de métodos alternativos, en un reciente estudio en distintos sectores de Chiloé (Bannister *et al.*, 2017b), se comparó la respuesta de la regeneración natural a talas rasas en fajas alternas (Leuquetro, centro de Chiloé), con la respuesta a cosechas en claros de 5 - 15 m de diámetro, con y sin retención de biomasa residual en Butalcura e Iníó (Figura N° 20 y Figura N° 21).

Los resultados de este estudio indican que la regeneración natural en las fajas estudiadas presentó baja diversidad de especies arbóreas, siendo tepú la especie más abundante (96 % del total de individuos). El 97 % de la regeneración presentó <5 cm de altura y además tuvo origen de semilla, lo que permite inferir que existe una buena producción de semillas y condiciones

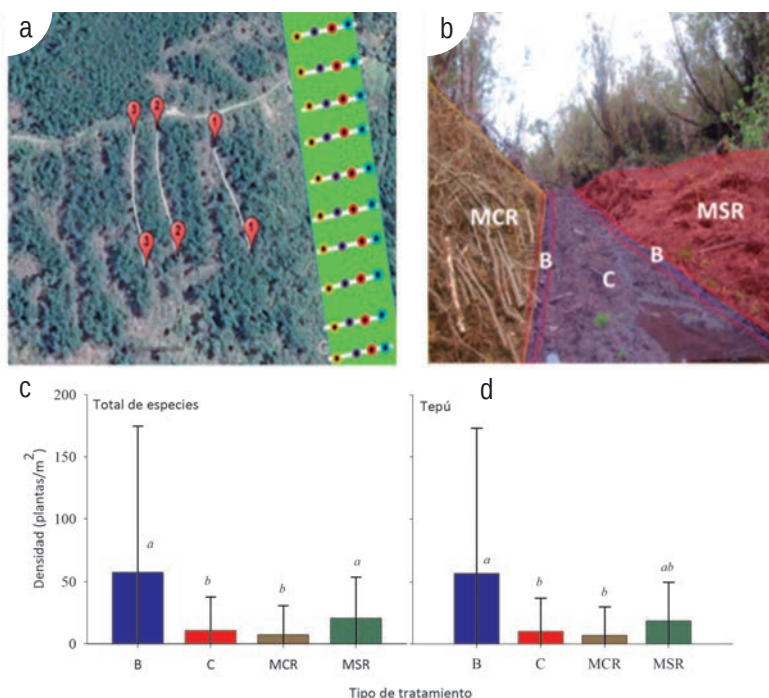


favorables para la germinación de tepú luego de la cosecha en fajas.

Si bien la prescripción del método de tala rasa en fajas no lo especifica así, comúnmente la faja es utilizada como vía de extracción mediante bueyes y como resultado se observan principalmente 4 tipos de sustrato en el terreno. El centro de la faja, por donde circulan los bueyes, los bordes de la faja, y los montículos que se producen a cada lado de esta como resultado del roce de la vegetación para abrir la faja.

Cuando el terreno presenta pendiente, los desechos finos de la cosecha y del roce son acumulados sobre el montículo ubicado al costado inferior de la faja (montículo con ramas), mientras que el montículo ubicado al costado superior de ella queda descubierto (montículo sin ramas) (Figura N° 20).

Se monitoreó la regeneración natural en 3 fajas de 100 m de largo luego de 2 años de realizada la cosechada en el sector de Leuquetro, comuna de Chonchi (Figura N° 20a). Los micrositios estudiados fueron (Figura N° 20b): borde de faja ("B"), centro de faja ("C"), montículos sin ramas ("MSR") y montículos con ramas ("MCR"). Se presentan datos de regeneración total por micrositios (Figura N° 20c) y para tepú (Figura N° 20d). Cabe destacar que el 97% de la regeneración observada es < 5 cm de altura (Bannister *et al.*, 2017b).

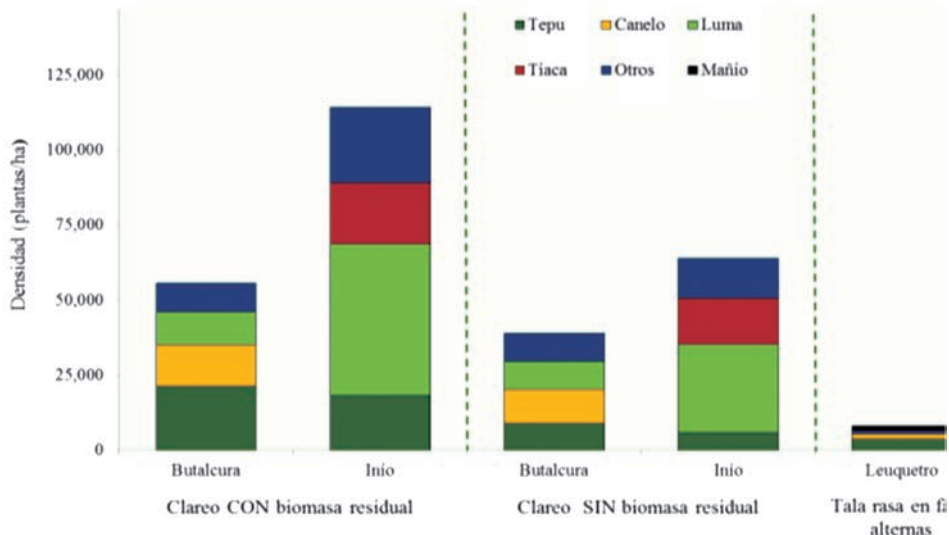


(Modificado de Bannister *et al.*, 2017b)

Figura N° 20
RESPUESTA DE LA REGENERACIÓN NATURAL DE ESPECIES NATIVAS LUEGO
DEL MÉTODO DE COSECHA EN FAJAS ALTERNAS

De acuerdo a lo observado, en respuesta a este método de cosecha la regeneración de plantas mayores a 5 cm fue inferior a la obtenida en respuesta a los métodos aplicados en Inio y Butalcura, que además tuvieron para esa altura de planta una regeneración más bien multiespecífica (Figura N° 21). Contrario a lo que generalmente se presume, el comportamiento de la regeneración en las fajas no estuvo determinado por variaciones en la disponibilidad de luz, sino más bien por el tipo de sustrato resultante del manejo en las fajas cosechadas. La mayor cantidad de regeneración se presentó en los bordes de la faja y en los montículos sin ramas, mientras que la regeneración en sustratos como el centro de la faja y los montículos con ramas fue muy escasa (Figura N° 20). En estos sustratos, evidentemente inapropiados para la regeneración post-cosecha, radica la falencia del método de cosecha, ya que posterior a ella son los que mayor superficie representan a lo largo de la faja.

En el caso específico de tepú, esta especie no se comportó mayormente como una especie intolerante a la luz, siendo que así es considerada en otros estudios (Donoso, 2006). En las fajas estudiadas existió una baja regeneración vegetativa (3%), lo que probablemente se debe a que, al no dejar biomasa residual, no se aprovechó la gran capacidad de regeneración vegetativa de esta especie, como pudo observarse en los ensayos establecidos para evaluar el efecto de esta variable (Figura N° 21). Si bien en las fajas efectivamente se obtuvo la densidad de regeneración exigida en el reglamento técnico N°259 del Decreto Ley 701, es criticable este método en cuanto a su sustentabilidad, dado que tanto la diversidad de especies como las densidades de regeneración obtenidas mediante métodos silviculturales en base a claros, más cercanos a la ecología y dinámica natural de los tepuales, son muy superiores (Figura N° 21).



(Modificado de Bannister *et al.*, 2017b).
Se consideran plantas > 5 cm de altura.

Figura N° 21

**RESPUESTA DE LA REGENERACIÓN NATURAL DE ESPECIES NATIVAS A DIFERENTES
MÉTODOS DE COSECHA APLICADOS EN DISTINTOS SECTORES DE CHILOÉ
LUEGO DE 1 AÑO DE REALIZADA LA INTERVENCIÓN**



Capítulo 6

HACIA UN MANEJO ALTERNATIVO DE TEPUALES

La silvicultura, técnica fundamental para el manejo sustentable de bosques, está basada en la ecología forestal (Donoso y Lara, 1999; Röhrig *et al.*, 2006). Consecuentemente, el manejo sustentable de los bosques debe basarse necesariamente en el conocimiento de la autoecología de las principales especies que los conforman, así como en la ecología y dinámica de las comunidades forestales, de tal forma de asegurar su estabilidad y resiliencia a lo largo del tiempo. Como queda demostrado en los capítulos anteriores, históricamente los bosques nativos templados de Chiloé y Chile han sido sometidos a fuertes procesos de destrucción, degradación y fragmentación, donde la silvicultura ha estado prácticamente ausente (Donoso y Lara, 1999; Armesto *et al.*, 2010).

La escasa información ecológica existente para los tepuales dificulta la prescripción de métodos silvícolas que permitan un manejo sustentable acorde. Sin embargo, con la información existente es posible vislumbrar que el manejo de tepuales debe evitar métodos silviculturales que intervengan drásticamente el dosel, para no simplificar y transformar la compleja estructura original de estos bosques. En este contexto, el presente capítulo explora cómo debiera planificarse un método de cosecha alternativo para tepuales en Chiloé.

Hacia Métodos Silviculturales Alternativos en Tepuales de Chiloé

Si se desea fomentar un uso silvícola adecuado para tepuales, este se debe basar en una imitación de las alteraciones naturales que ocurren en estos bosques (Donoso y Lara, 1999; Röhrig *et al.*, 2006). Debido a la estructura multietánea, la alta heterogeneidad estructural y la diversidad de estos bosques, es esencial que sean tratados como sistemas adaptativos complejos (Puettmann *et al.*, 2013).

Se trata de desarrollar métodos silviculturales que incrementen la habilidad de las distintas especies para reorganizarse y para adaptarse a las nuevas condiciones de manejo, aumenten así su resiliencia a las intervenciones y aseguren su estabilidad a futuro. Con este cambio de enfoque en el manejo silvícola se podría solucionar el gran problema que actualmente ocurre después de la intervención que es la escasa regeneración de tepú, lo cual determina una consiguiente conversión de estos bosques multiespecíficos y multietáneos a renoales simples de otras especies.

En este contexto, incorporar dentro de las actividades de manejo la teoría de ciclos adaptativos complejos (Capítulo 4) puede ayudar a plantear métodos silviculturales alternativos para tepuales. En estas formaciones los incendios son muy poco frecuentes (Holz and Veblen, 2011) y dado que estos bosques presentan árboles de baja estatura (< 10 -15 m) y con gran cantidad de raíces, no existen caídas masivas o de gran extensión por tormentas de viento u otros factores (Bannister, 2012).

En tepuales inalterados del sur de Chiloé, se ha observado frecuentemente la ocurrencia de pequeños claros formados por la caída de individuos de tepú, coigue de Chiloé o teпа, entre otras especies (Bannister *et al.*, 2017), que caen por su propio peso, dejando una densa red



de troncos en el suelo, sobre los cuales pueden regenerar la mayoría de las especies arbóreas presentes (Christie and Armesto, 2003; Bannister *et al.*, 2017).

Así, la información existente indica que la dinámica de los bosques dominados por tepú está asociada a alteraciones de pequeña escala, donde el suelo generalmente no queda descubierto y donde la especie se establece en su mayoría sobre troncos creciendo a bajos niveles de luminosidad. Por este motivo, no se debieran proponer ni recomendar métodos silviculturales como los aplicados en la actualidad, ya que abren demasiado el dosel y además extraen la totalidad de la biomasa (Capítulo 5). Los métodos silviculturales utilizados actualmente en tepuales impedirían la fase de reorganización de un ciclo adaptativo complejo, lo cual dificulta que estos bosques vuelvan a desarrollar una estructura dominada por tepú (Capítulo 4). En este contexto, se deben explorar sistemas y métodos silviculturales alternativos a los tradicionales los cuales promuevan condiciones para el establecimiento y desarrollo de regeneración de tepú, promoviendo la acumulación y transformación de recursos con la presencia de esta especie en la comunidad.

En la actualidad existen a nivel internacional varios sistemas alternativos a los tradicionales, entre ellos la silvicultura cercana a lo natural en Europa (Hatzfeldt, 1996; Gamborg and Larsen, 2003; Bauhus *et al.*, 2013) o los sistemas de selección en Estados Unidos (Schütz *et al.*, 2012; Messier *et al.*, 2013), sistemas que fomentan la heterogeneidad estructural y de composición a través del manejo, considerando generalmente una cobertura continua. Debido a las características estructurales propias de los tepuales y su dinámica basada en alteraciones de pequeño tamaño, métodos silviculturales acordes a la silvicultura cercana a lo natural (SCN) pueden ser una real alternativa a considerar.

La aplicabilidad de la SCN en bosques chilenos ha sido explorada desde una perspectiva teórica (Bannister y Pyttel, 2010) y práctica (Siebert, 1999), pero a diferencia de Europa, no ha sido aplicada a la mayoría de los tipos de bosques. La SCN busca fomentar la estabilidad, productividad, diversidad y continuidad de diferentes características de bosques manejados, intentando integrar múltiples objetivos de manejo a pequeñas escalas espaciales (Bauhus *et al.*, 2013). Existen 10 principios generales en los cuales se debe basar el diverso rango de alternativas silvícolas a ocupar en el bosque (Cuadro N° 4).

En el caso de los tepuales, que presentan alta heterogeneidad estructural y crecen sobre sitios con fertilidad limitada, los principios clave de la SCN a considerar en la búsqueda de alternativas silvícolas serían la mantención y protección de la productividad del suelo, la vegetación y los ciclos minerales-energéticos (principios 1, 2 y 3), y los principios relativos a los métodos de cosecha y diámetro límite (principios 9 y 10).

Para esto, no es necesario crear nuevos y complicados métodos silviculturales sino que adecuar o corregir algunos métodos ya utilizados en Chile y aplicarlos a nivel espacial de forma distinta, fomentando la retención de atributos estructurales a nivel espacial (Bauhus *et al.*, 2009).

En este sentido, métodos permitidos por el reglamento técnico N°259 del Decreto Ley 701, como la corta selectiva, o por las normas de manejo para el tipo forestal siempreverde, como la corta en bosquetes, podrían ser reestructurados para asistir o apoyar la regeneración de tepú y mantener la heterogeneidad y estabilidad de estos bosques a futuro.



Otros métodos permitidos, pero que buscan crear bosques coetáneos y homogéneos, como es la corta de protección o las talas rasas en fajas alternas, deberían ser evitados, dado que tienden a transformar la estructura y composición de estos bosques

Cuadro N° 4
PRINCIPIOS DE LA SILVICULTURA CERCANA A LO NATURAL SEGÚN LA FEDERACIÓN EUROPEA DE SILVICULTORES PRO SILVA

Principio 1	Productividad del Suelo	Mantener y proteger la productividad del suelo a través de cobertura continua y mantención de la biomasa forestal (incluida madera muerta).
Principio 2	Vegetación	Mantener la vegetación natural, aun cuando el bosque se ocupe para fines productivos.
Principio 3	Ciclos minerales y energéticos	Mantener los ciclos energéticos y minerales naturales, y mejorar el <i>stock</i> de carbono y microclima.
Principio 4	Regeneración	Usar los procesos dinámicos naturales incluyendo la renovación espontánea (regeneración natural).
Principio 5	Bosques mixtos	Promover los bosques mixtos (no mono-específicos) con atención a las especies raras.
Principio 6	Pesticidas y fertilizantes	Minimizar el uso de fertilizantes, pesticidas y obras de drenaje.
Principio 7	Uso de especies exóticas	Restringir el uso de especies exóticas a estrictos casos de necesidad económica, mezclándose con especies nativas las cuales se vean favorecidas.
Principio 8	Biodiversidad	Sumar valor y favorecer diversidad de especies en la regeneración, tratamientos intermedios y cosecha, de modo de obtener nichos favorables para la biodiversidad en el espacio y el tiempo.
Principio 9	Métodos de cosecha	Usar métodos de selección para evitar talas rasas y otros métodos que destruyen las condiciones internas del bosque.
Principio 10	Diámetro límite de cosecha	Abolir las rotaciones como instrumento para determinar cuándo el árbol debe ser cortado y adoptar criterios basados en diámetros límite de cosecha.

(Bannister y Pyttel, 2010)

Debido a la fragilidad de los sitios donde crecen los bosques dominados por tepú, en los que talas rasas pueden tener un significativo efecto negativo en la disponibilidad de fósforo y nitrógeno (Bannister *et al.*, 2013), se debiera tener especial consideración en incorporar en el manejo métodos de cobertura continua, donde se retenga biomasa luego de la intervención (principios 1 y 3 de SCN). Esto se lograría creando claros de pequeño diámetro y dejando cierto porcentaje de individuos vivos y muertos de crecimiento horizontal sobre el suelo. Este método,



basado en una mezcla de los métodos alemanes “Femelschlag” y “Niederwald” (Röhrig *et al.*, 2006), mantendría cubierto el suelo y crearía condiciones de micrositio necesarias para el establecimiento y desarrollo de plantas de una gran diversidad de especies arbóreas, tanto de semillas como vegetativamente a partir de tocones y troncos horizontales. Con este método se podría extraer leña de individuos de hábito horizontal y oblicuo, y madera aserrada de individuos de especies de crecimiento vertical y mejor forma, como canelo, coigue de Chiloé, tepa y mañío. El método permitiría mantener la estructura heterogénea, incrementando la habilidad de tepú y otras especies de interés para reorganizarse y adaptarse a las nuevas condiciones de manejo, aumentando su resiliencia a las intervenciones y asegurando su estabilidad a futuro.

Importancia de la Retención de Biomasa Residual para Favorecer la Regeneración Natural Postcosecha en Tepuales

Para definir un método alternativo de manejo de tepuales basado en los aspectos mencionados en la sección anterior, Bannister *et al.* (2017b) evaluaron en terreno el tamaño ideal de los claros a crear, la biomasa residual a dejar y el efecto de estas variables en la regeneración de las distintas especies arbóreas. Luego de dos años de monitoreo postcosecha de los ensayos de Butalcura e Inío (Capítulos 4 y 5) ambos sectores presentaron grandes densidades de regeneración natural total (promedio 209.000 pl/ha en Butalcura y 1.304.000 pl/ha en Inío) incluyendo la mayoría de las especies arbóreas.

Los tratamientos aplicados en los ensayos tuvieron efectos diferentes según sector de estudio y por especie. Gran parte de la regeneración arbórea < 5 cm de altura ocurre por semilla, en cambio las plantas de > 5 cm de altura son de origen vegetativo, especialmente tepú, tiaca y tineo. La regeneración por semilla < 5cm se establece en general sobre suelos de hondonadas cubiertos de musgos ya que presentan camas de semillas ideales para la germinación, sin embargo también presentan los mayores problemas por anegamiento invernal. Por el contrario la regeneración de semilla y vegetativa > 5 cm de altura se estableció en montículos sobre troncos (con y sin musgos). Este patrón es similar al observado en la situación preintervención (Capítulo 4) y resalta a nivel de micrositio la importancia de las estructuras horizontales. Además, es importante la distancia a los límites del claro, la cobertura del suelo por troncos, la luminosidad y la relación Carbono/Nitrógeno.

En general la regeneración de tepú se vio favorecida positivamente por una mayor distancia al borde del claro y una mayor luminosidad, y por un pH más alcalino. Salvo algunas excepciones, casi la totalidad de las especies arbóreas originales de estos bosques, se encontraron presentes en la regeneración de los claros generados en las intervenciones. Sin embargo al considerar la enorme riqueza de especies no arbóreas en los bosques preintervención (áreas control) es necesario mayor estudio sobre el efecto de las intervenciones en especies vasculares con otra forma de vida (no arbórea).

En este contexto, los resultados de Bannister *et al.* (2017b) confirman que un método silvicultural basado en alteraciones de pequeña escala, mantiene las condiciones de micrositio necesarias para la regeneración de tepú, incrementando la habilidad de la especie para reorganizarse y adaptarse a las nuevas condiciones postmanejo. Además, confirman que la regeneración natural post-cosecha de tepú es afectada positivamente por una mayor biomasa residual retenida. Sin embargo, las intervenciones realizadas no mantienen las condiciones



nutritivas del sitio lo que confirma la fragilidad de estos sitios.

Comprobar que estos métodos mantienen la resiliencia de tepú a alteraciones, asegurando su estabilidad a futuro, no ha sido posible hasta ahora por lo que se necesitan más estudios.

Es importante señalar que a través de cualquier tipo de intervención, ya sean estas tradicionales (cosecha en fajas) o alternativas (por claros), se está simplificando un bosque extremadamente complejo, lo que pone en riesgo la estabilidad del bosque a futuro.

Manejo Forestal de Tepuales en Chiloé

Resumiendo los capítulos anteriores, la dinámica de los tepuales está asociada a alteraciones de pequeña escala (claros) donde el suelo generalmente no queda al descubierto, y donde la mayoría de las especies dominantes se establecen sobre troncos germinando y creciendo en bajos niveles de luminosidad (Bannister *et al.*, 2017; Bannister *et al.*, 2017b).

En el Capítulo 5 se comprueba que el uso de tala rasa en fajas no favorece la regeneración natural. Es más, se ha demostrado que no existe una relación entre el ancho de faja, altura del bosque colindante ni la radiación incidente sobre la densidad de la regeneración natural, como se creía hasta ahora. Esto se debería a que los factores que principalmente fomentan la regeneración de tepú actúan a nivel de micrositio y no de un macrositio como es la faja. Además, usualmente las fajas se prestan para un mal uso siendo empleadas como vías de saca permanente, pese a que tienen por objetivo la regeneración natural.

En este contexto, la silvicultura a usar en estos bosques debe reconocer la diversidad de especies y estructuras que se encuentran en ellos y la relación entre la estructura y los nichos de regeneración de las distintas especies que allí coexisten.

De esta forma, se debiera fomentar métodos de cobertura continua en base a la creación de claros en vez de la práctica de talas rasas y la retención de estructuras (troncos, biomasa) que sirvan de micrositios elevados para la germinación y establecimiento de las distintas especies arbóreas. Esto incrementará la habilidad de las distintas especies (y en especial de tepú) para reorganizarse y para adaptarse a nuevas condiciones de manejo.

Durante el año 2016, la Corporación Nacional Forestal (CONAF) creó una nueva pauta de manejo de tepuales basada en el método de tala rasa en fajas alternas. Según los resultados de esta investigación, ese método no asegura una regeneración adecuada en estos bosques, sin embargo las medidas de protección incluidas son un gran avance en la dirección correcta.

A continuación se propone una pauta de manejo alternativa basada en la creación de claros y que incluye algunos puntos de la pauta usada por CONAF desde el año 2016.

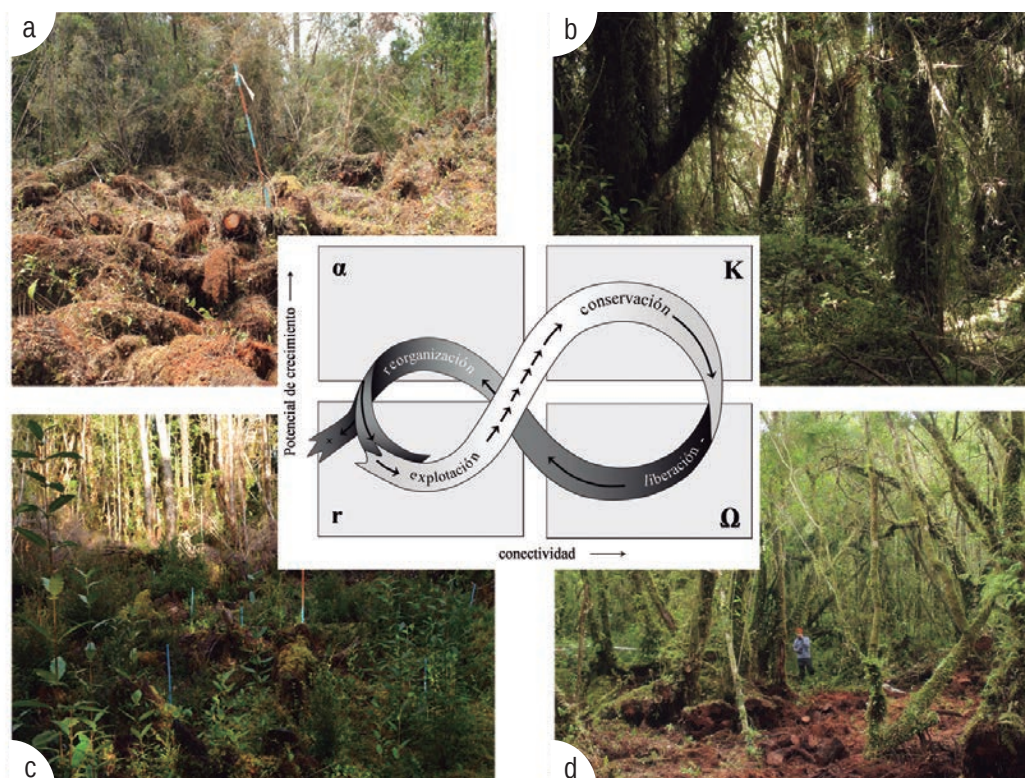
- Visión de la Pauta de Manejo

Para el manejo de tepuales se deberá usar un método de creación de claros con retención de biomasa que está basado en los principios de la Silvicultura Cercana a lo Natural (SCN)

(Cuadro N° 4). Se buscará favorecer la regeneración natural de las distintas especies originales, permitiendo al sistema entrar luego de la intervención en una nueva fase de acumulación y transformación de recursos con la presencia de tepú (Figura N° 22).

La SCN busca fomentar la estabilidad, productividad, diversidad y continuidad de diferentes características de bosques manejados, intentando integrar múltiples objetivos de manejo a pequeñas escalas espaciales (Bauhus *et al.*, 2013).

Esta pauta busca la sostenibilidad del uso de los tepuales para la obtención de recursos forestales, sin embargo debido a la fragilidad de estos bosques, sigue enmarcándose más bien en el concepto de “cosecha controlada” y no en “manejo sustentable”. Por este motivo, esta pauta debiera usarse con el fin de disminuir la degradación extrema en estos bosques mientras se trata de cambiar su paradigma de uso (Capítulo 7).



Se consideran las fases de un ciclo adaptativo complejo: fase de conservación (b), liberación (d), reorganización (a), y explotación (c).

En el centro de la figura se presenta el modelo conceptual del ciclo adaptativo.

Figura N° 22

**CICLO DE MANEJO ALTERNATIVO DE TEPUALES EN BASE A LA CREACIÓN DE CLAROS
Y RETENCIÓN DE BIOMASA RESIDUAL**

Esta pauta de manejo está dirigida al manejo de tepuales. Se entiende por tepual un bosque en el que al menos un 40 % de la densidad de árboles verticales y oblicuos es de la especie tepú.

- Inventario Forestal

La pauta de manejo debe estar basada en la descripción del recurso con una descripción, tanto cualitativa como cuantitativa, que es necesario realizar mediante un recorrido exhaustivo del área afecta de manera de reflejar adecuadamente sus características estructurales y de composición.

El inventario a realizar deberá incluir a lo menos:

Parcelas de muestreo en las que se cuantifique la totalidad de los individuos verticales y oblicuos de forma de obtener el porcentaje de participación de cada especie arbórea.

Identificación cualitativa del bosque respecto de al menos origen (primario, secundario), estructura (coetáneo, multietáneo, multietáneo en bosquetes) y hábito de crecimiento (Vertical: ≥ 70 % de los árboles crecen de manera vertical, Mixto: ≥ 30 % y < 70 % de los árboles crecen de manera vertical, Tendido: < 30 % de los árboles crecen de manera vertical) (Figura N° 23).

Delimitación y marcación en terreno de las superficies a intervenir. Se debe exigir marcas mediante jalones (al menos 1.5 m de alto) a lo largo de la vía de saca principal cada 20 m y en el centro de cada claro a intervenir.

- Diseño de la Extracción

El diseño de cosecha en tepuales deberá tener las siguientes características:

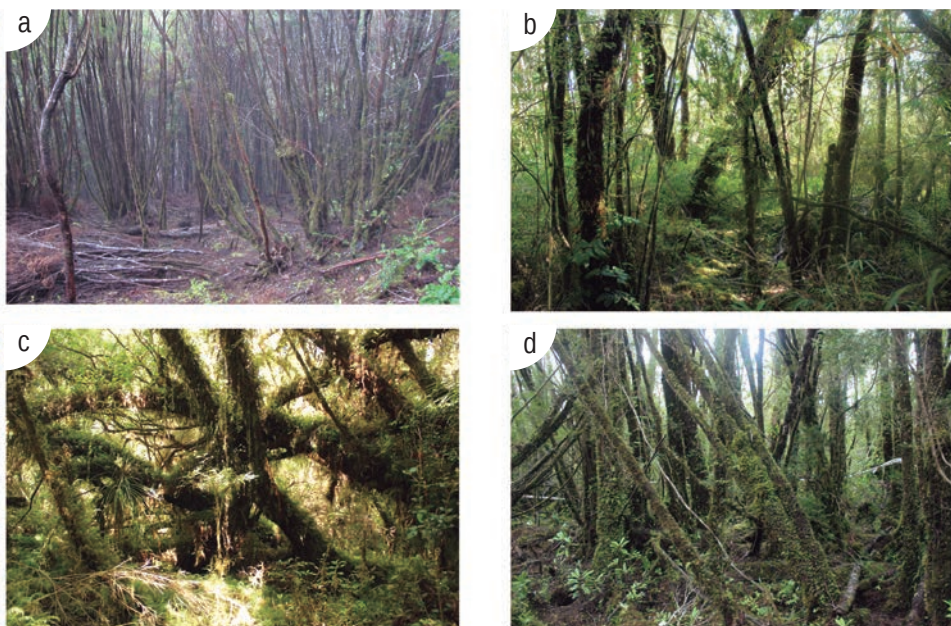
Generar claros de 15 m de diámetro, con un área *buffer* (sin intervenir) de 5 m y con una separación entre áreas *buffer* contiguas de 25 m para proporcionar semilla al área intervenida.

Los claros deben ser unidos a la vía de saca principal a través de vías de saca secundarias de máximo 1 m de ancho.

La vía de saca principal, es la única vía permanente y debe tener un ancho máximo de 4 m. Cada 50 m puede tener un ancho superior, que permita el giro de una yunta de bueyes o trabajos varios de maderero (por ejemplo maderocarril).

El segundo ciclo de corta en claros se puede efectuar una vez que la regeneración comprometida (ver siguiente punto) presenta una cobertura de copas del 100 % y se debe realizar según Figura N° 24.





Vertical secundario (a), Vertical primario (b), Tendido primario (c), Mixto primario (d).

Figura N° 23
HÁBITOS DE CRECIMIENTO Y ORÍGENES DE TEPUALES



(Esquema: Nicole Galindo)

Figura N° 24
PRIMER Y SEGUNDO CICLO DE CORTA DE LA PAUTA DE MANEJO DE TEPUALES
EN BASE A CLAROS CON BIOMASA RESIDUAL



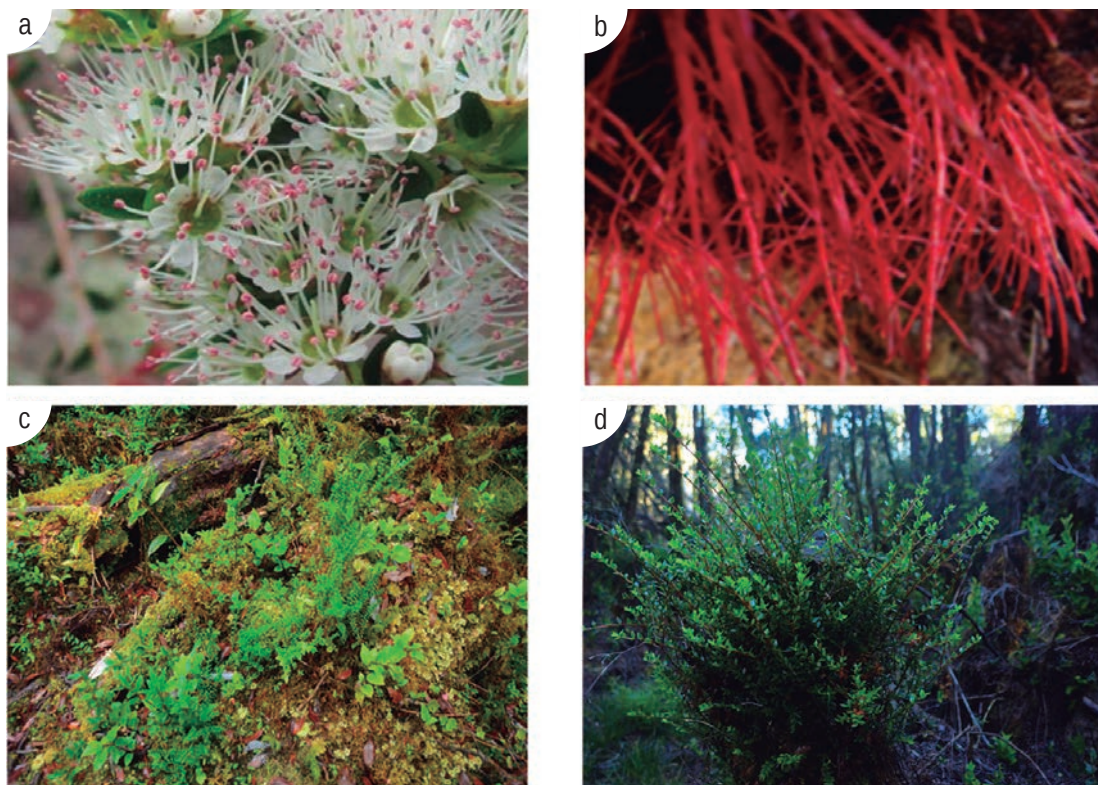
- Medidas de Protección

Las intervenciones silvícolas a realizar en tepuales deberán considerar la autoecología del tepú y contemplar las siguientes medidas de protección:

Establecimiento de la Regeneración

Las intervenciones deben realizarse en la época del año en que los frutos de tepú están maduros (julio-Noviembre), ya que esta especie no forma un banco de semillas en el suelo (Figura N° 25).

Se debe asegurar luego de 4 años desde la intervención una densidad de al menos 3.000 pl/ha de > 50 cm de altura, compuesta del total de especies arbóreas originales preintervención, y asegurando una densidad relativa de la regeneración de 25 % para tepú, 20 % para luma o melí (juntos), 10 % de canelo, 10 % de coigue o tineo (juntos) y un 35 % de otras especies arbóreas. Lo anterior es entendido como la regeneración comprometida.



La floración y fructificación de tepú es en diciembre-abril y julio-noviembre, respectivamente (a). Tepú presenta diversas estrategias de regeneración entre ellas la formación de raíces adventicias desde troncos horizontales (b), la germinación por semilla sobre troncos cubiertos por musgos y la regeneración vegetativa desde tocones (c y d)

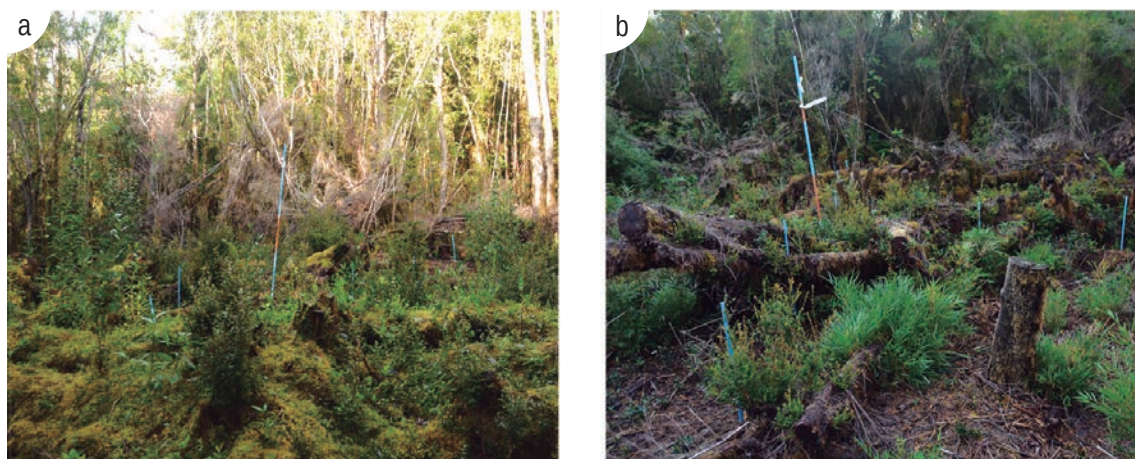
Figura N° 25
AUTOECOLOGÍA DE TEPÚ

Madereo

Para el transporte de leña entre los claros y la vía de saca principal se debe usar carretillas sobre tablones de tal forma de no dañar el suelo, dado el alto riesgo de destrucción de la estructura del suelo por su fragilidad.

Se debe fomentar el uso de sistemas tipo maderocarril en la vía de saca principal. El uso de maderocarril o yunta de bueyes solo se podrá utilizar en la vía de saca principal.

Desde los claros no puede salir más de una vía de saca secundaria.



Para favorecer la regeneración por semilla y vegetativa se debe dejar biomasa residual en el suelo, tanto horizontal (a) como tocones de árboles verticales (b)

Figura N° 26
BIOMASA RESIDUAL EN EL SUELO

Tratamiento de Desechos

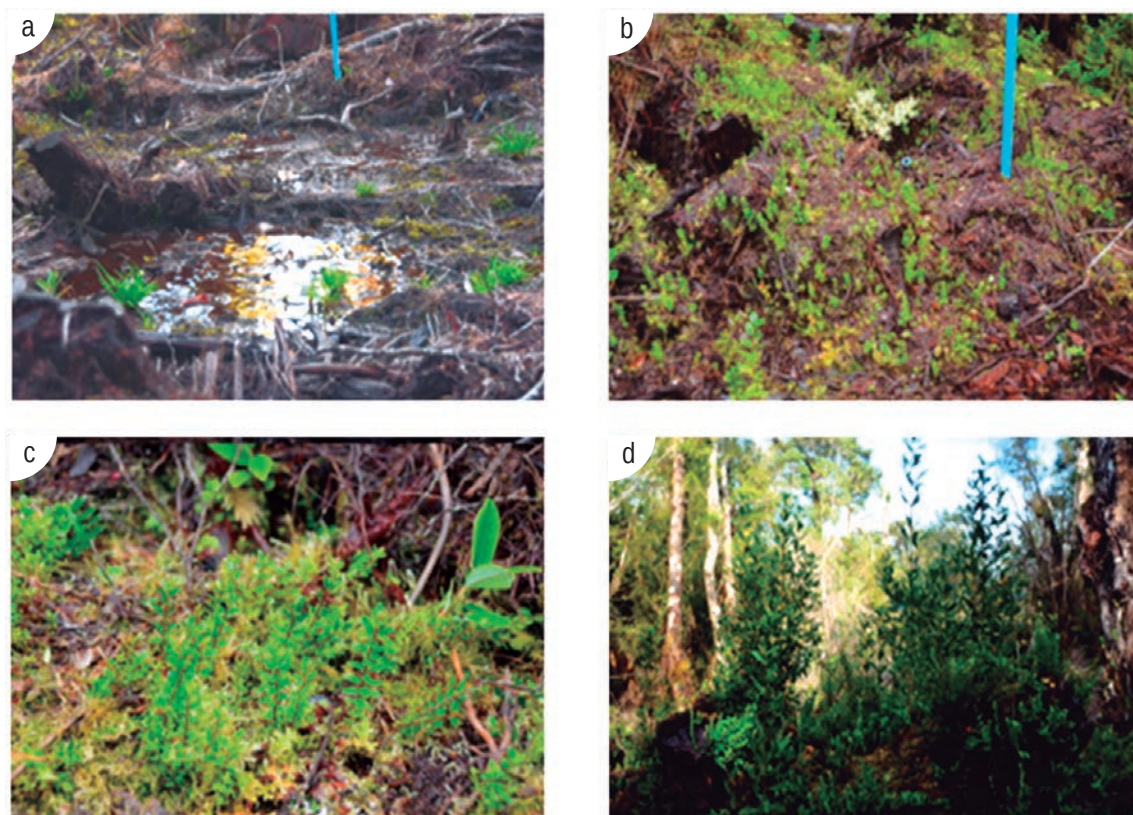
En cada claro se debe extraer solamente los árboles con hábito vertical dejando tocones de al menos 30 cm de altura.

Todos los troncos horizontales y oblicuos de hasta 1 m de altura deben quedar en el suelo como biomasa residual de tal forma de fomentar la existencia de micrositios adecuados para la regeneración natural por semilla y vegetativa (Figura N° 27).

Hasta asegurar la regeneración comprometida se deberá hacer control manual de brotes de quila durante los primeros 4 años desde la cosecha.

Los desechos finos (ramas y ramillas) deben ser acumulados en el perímetro del claro para que no dificulten la regeneración proveniente de semilla y vegetativa.





Dentro de los claros existen microsítios que gran parte del año permanecen inundados (a) los cuales pese a ser buenos para la germinación de semillas no lo son para su desarrollo posterior. Los microsítios elevados, ya sean troncos cubiertos de musgos (b y c) o tocones (d) son excelentes microsítios para la regeneración de tepú y otras especies arbóreas de estos bosques.

Figura N° 27
MICROSITIOS EN LOS CLAROS

Cursos de Agua

Se prohíbe la corta de árboles en bosques ubicados a menos de 10 m de cursos naturales de agua o a menos de 50 m de humedales, turberas y pomponales. Estos últimos no pueden ser usados como vía de saca o tránsito, ni tampoco como lugar de acopio de desechos de explotación o del producto extraído.

Áreas Frágiles

La presente pauta es válida solamente en terrenos con pendientes iguales o inferiores a 15 %.

Se prohíbe el uso del presente instrumento para efectuar corta de bosque nativo ubicado en terrenos con suelos de profundidad inferior a 50 cm.

La profundidad del suelo debe ser medida mediante un bastón pedológico, de forma sistemática (al menos cada 3 m) en el rodal a ser manejado.

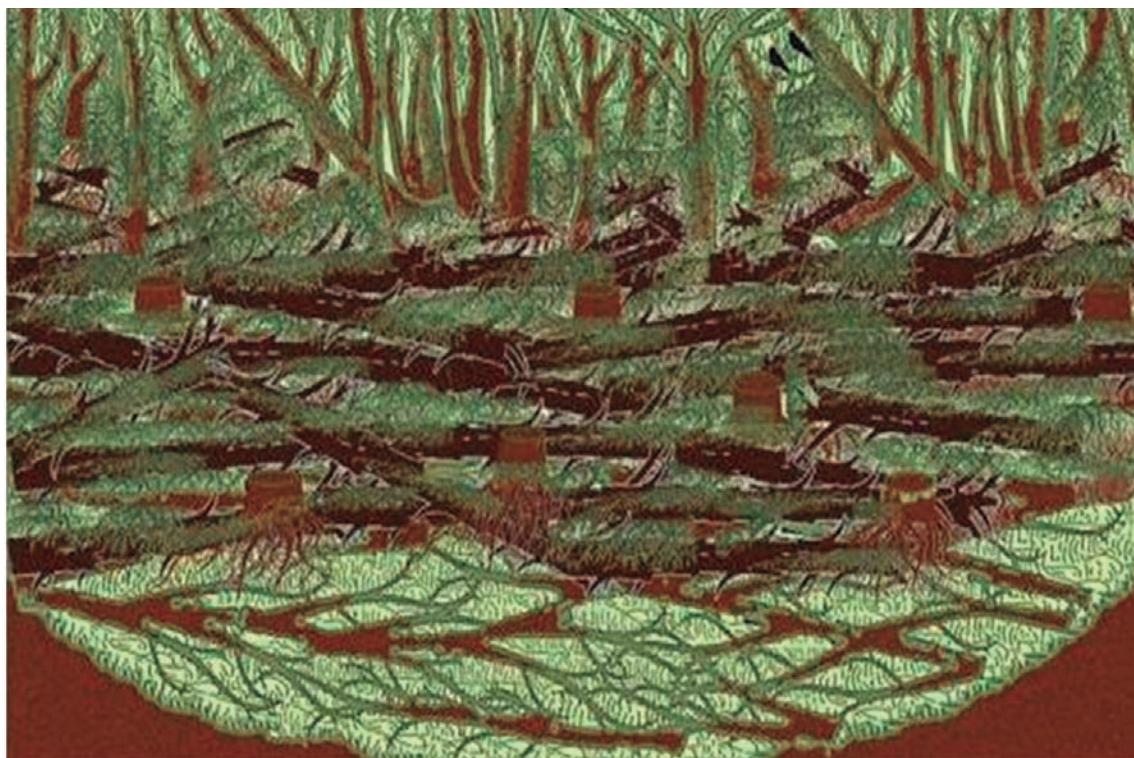
Exclusión de Ganado

Se deberá excluir el ganado en los rodales afectados en todo momento, incluso una vez que se haya establecido la regeneración.

El uso de bueyes está solamente autorizado en la vía de saca principal.

Uso del Fuego

Se prohíbe el uso del fuego en las faenas forestales de los rodales adheridos a esta pauta de manejo.



(Dibujo: Nicole Galindo)

En el claro se extraen solamente los árboles con hábito vertical dejando tocones de al menos 30 cm de altura y los troncos horizontales y oblicuos de hasta 1 m de altura para favorecer la regeneración

Figura N° 28
CLARO CON BIOMASA RESIDUAL



En este trabajo se han resumido los principales resultados y hallazgos científicos obtenidos durante los últimos años de investigación sobre los tepuales de Chiloé. En primer lugar, se resumió la historia natural del paisaje de Chiloé de tal forma de entender sus bosques como el resultado de miles de años de transformaciones y cambios de distribución de especies.

Luego, se presentó una descripción de la flora vascular que crece en estos bosques para entender que los tepuales son diversos y son el hábitat de una gran riqueza de especies no arbóreas.

Posteriormente se entregó una descripción de la estructura y dinámica regenerativa de los tepuales para entender la gran complejidad de estos bosques y las causas de su baja resiliencia a alteraciones catastróficas. Además, se analizó el uso tradicional a que se les ha sometido, planteando los problemas ambientales derivados de esta forma de uso.

Finalmente, se explora un método silvicultural alternativo al uso tradicional de forma de tener evidencia científica para tomar decisiones de manejo basadas en principios ecológicos.

En este capítulo, se reflexiona sobre la necesidad de un cambio de paradigma para el uso de los tepuales, donde se propone un cambio desde un uso principalmente maderero, a uno enfocado en los importantes servicios ecosistémicos que estos bosques entregan a la sociedad.



Manejo Sustentable o Cosecha Controlada

Como se ha comentado, los tepuales o bosques dominados por tepú, están profundamente arraigados en la historia, cultura y diario vivir de los habitantes de Chiloé y la zona insular austral. A lo largo de la historia, famosos viajeros como Conrad Martens (1834), Charles Darwin (1835) o Carl Alexander Simon (1852) se han mostrado sorprendidos, a través de sus pinturas o escritos, por las características únicas de estos bosques.



Los tepuales son bosques de una complejidad inigualable y, por esto, hábitat de decenas de especies vasculares y no vasculares, así como de animales e insectos que necesitan de estos bosques para poder existir (Bannister *et al.*, 2017). Además, al ser bosques pantanosos, son reservorios de agua de calidad para los habitantes de los archipiélagos australes, territorio que al no tener glaciares, depende de ellos para aprovisionarse de este importante recurso en época estival.

Lamentablemente, los tepuales se encuentran bajo una alta y constante presión de uso, principalmente para la obtención de leña. Como se ha dicho, del total de superficie con presencia de tepú en la provincia de Chiloé, 160.385 ha (41,6%) son consideradas realmente como tepuales (CONAF, 2016). Descontando los tepuales ubicados dentro de las mayores áreas de conservación de Chiloé (Parque Nacional Chiloé y Parque Tantauco), la superficie potencial para extracción de leña baja a 105.940 ha.

Actualmente existen escasos estudios sobre el mercado de la leña en este territorio. Sin embargo, se puede señalar que anualmente se consumen 842.217 m³ en Chiloé (Universidad de Los Lagos, 2014). En la comuna de Castro, principal consumidora de leña en Chiloé, el 68,6% de la leña empleada es luma o tepú, que corresponden justamente a las especies más dominantes en los tepuales (Neira y Bertin, 2009). Si se considera el consumo por especie de Castro como una muestra representativa del territorio, se puede estimar un consumo total de 577.760 m³/año proveniente de tepuales, correspondientes a 901.305 mst de leña (1m³ = 1,56 mst). Para tener una idea de lo que representa este volumen, se debe pensar que equivale 45.065 camiones de leña transitando anualmente por los caminos de Chiloé (considerando 20 mst por camión).

Al observar estos volúmenes, surge la pregunta sobre qué superficie de tepuales se pierde anualmente con estas tasas de consumo. Lamentablemente no hay estudios al respecto. Sin embargo, según Bannister *et al.* (2017b), desde un tepual rastrero de la zona de Iníio en el sur de Chiloé cosechado a tala rasa se puede extraer en promedio 656 mst por hectárea, esto significaría que el consumo indicado equivaldría a una superficie de 1.374 ha cortadas a tala rasa al año. De esta forma, en el mejor de los casos, considerando la superficie de tepuales (105.940 ha) y un supuesto en que la totalidad de estos presentan una estructura rastrera como la del sector Iníio (con gran volumen), en solo 77 años se acabaría este tipo de bosques fuera de áreas de conservación. Como una proporción importante de los tepuales son verticales y no rastreros, es muy probable que el volumen este sobrestimado y por este motivo el período de tiempo sea mucho menor (tal vez solo un par de décadas).

En este contexto, hace 4 años, el Instituto Forestal (INFOR) inició la ejecución del proyecto de investigación FIBN-2013/008 Métodos Silviculturales Alternativos para Bosques Adultos Dominados por Tepú en la Isla Grande de Chiloé, el cual fue financiado por el Fondo de Investigación de Bosque Nativo de la Ley 20.283, el que es administrado por la Corporación Nacional Forestal, según mandato de esta normativa. Este proyecto tuvo por objetivo desarrollar un método de manejo alternativo para tepuales, de tal forma de asegurar y apoyar el crecimiento de la regeneración natural postcosecha de las distintas especies arbóreas.

Este proyecto de investigación, que es la base del presente documento, es el primer estudio científico 100% enfocado al estudio de la ecología, dinámica y regeneración de estos bosques, y en él se demuestra entre otras cosas que los tepuales son bosques nordpatagónicos



con una baja influencia antrópica y con una importante riqueza de especies arbóreas, la cual es mayor que la presentada por varios bosques pantanosos adultos alrededor del mundo.

En los tepuales ocurre una dinámica de claros y la compleja estructura existente en ellos influencia los nichos de regeneración de las distintas especies arbóreas que allí coexisten, las cuales prefieren mayoritariamente troncos para germinar y establecerse. En este contexto, si se desea fomentar un uso silvícola adecuado para los bosques dominados por tepú, este se debe basar en una imitación de las alteraciones naturales que ocurren en estos bosques. De esta forma, la silvicultura a usar debe reconocer la diversidad de especies y estructuras que se encuentran en estos bosques, diferentes a lo largo de su distribución, y la relación entre la estructura y los nichos de regeneración de las distintas especies que allí coexisten.

Existen dos temas fundamentales sobre los bosques de Chiloé para los cuales aún existe una gran carencia de información. En primer lugar, son muy escasos los estudios sobre procesos de cambio de uso del suelo y recuperación pasiva de bosques (proceso inverso a la pérdida de bosques), los cuales permitirían dimensionar el proceso de recuperación natural, de tal forma de poder contrastarlo con la constante destrucción de los mismos. En segundo lugar, es lamentable que casi no existan estudios sobre el crecimiento de las distintas especies nativas, lo que imposibilita determinar ciclos de corta para planes de manejo y ordenamiento territorial, base mínima para un manejo forestal sustentable.

El manejo forestal sustentable corresponde al ordenamiento, en el tiempo y el espacio, del uso de los bosques en un territorio (bienes y servicios) para satisfacer objetivos de propietarios, de una comunidad o del Estado, de forma continua y a largo plazo (Donoso y Navarro, 2014). Por este motivo, actualmente más que hablar de manejo sustentable de tepuales se debiera hablar de cosecha controlada, la cual no está basada en criterios de sustentabilidad y simplemente sirve para desacelerar la tasa de degradación en un lugar específico o en otras palabras, posponer la desaparición de los tepuales primarios.

En este contexto, el aprovechamiento maderero que se realiza actualmente de los tepuales en Chiloé, y en general en las islas de los archipiélagos australes, está transformando bosques de enorme complejidad estructural y de composición en bosques coetáneos y de baja complejidad estructural.

La actual simplificación de los tepuales a través de su aprovechamiento maderero tiene una serie de externalidades negativas que hasta ahora han sido ignoradas por la sociedad. Por ejemplo, se transforma bosques adultos en renovales secundarios de alta densidad que tienen un consumo de agua indudablemente superior a los bosques adultos. Esto es muy interesante ya que actualmente la sociedad chiloense, por falta de información, responsabiliza de la crisis actual de disponibilidad estival de agua potable exclusivamente a la cosecha de pon pon (*Sphagnum magellanicum*) y a las plantaciones dendroenergéticas de *Eucalyptus nitens*, estando totalmente fuera de la discusión pública la degradación de bosques pantanosos, su simplificación de estructuras y el cambio de uso del suelo desde bosques hacia praderas.



Hacia un Nuevo Paradigma de Uso de los Tepuales

Como se ha podido observar a lo largo de todo este documento, los tepuales presentan a nivel mundial características históricas, culturales y ecosistémicas únicas (composición, estructura, función). Actualmente el paradigma de uso de los tepuales está orientado exclusivamente a la provisión de leña para calefacción y cocina. Esta situación ha puesto en peligro la gran diversidad de servicios ecosistémicos que estos bosques proveen a la sociedad, como son entre otros la regulación de aguas y la protección de cuencas hidrográficas, la provisión de hábitat para flora y fauna endémica, la captura de carbono atmosférico, la recreación y el ecoturismo.

La actual destrucción de los tepuales de Chiloé obliga a pensar en un cambio de paradigma en el uso de estos bosques, así más que hablar de tepuales para uso maderero se debería hablar de tepuales para provisión de agua, uno de los servicios más demandados por la sociedad chilense actualmente.

Cuando se plantea la urgencia de este cambio de paradigma, muchas veces se critica la falta de opciones alternativas que den solución a las demandas y necesidades económicas de los propietarios de tepuales, sobre todo si estos son pequeños. Si bien este tema es real y complejo, y lamentablemente existe escasa información documentada, actualmente hay algunos datos que pueden dar luces del potencial no maderero de estos bosques.

Por ejemplo, un importante uso alternativo de los tepuales que puede apoyar significativamente a los propietarios es el potencial de estos bosques para la recreación y ecoturismo. El 80% de las 53.552 personas que visitaron el Parque Nacional Chiloé el año 2016, realizaron una caminata por un sendero ubicado en un tepual (Francisco Delgado, administrador PN Chiloé, comunicación personal). Considerando una entrada promedio de \$2.000 pesos por visitante esto generó aproximadamente ingresos por \$8.480.000 pesos/ha/año. Otro ejemplo es el tepual del predio Bosquepiedra, en la comuna de Chonchi, el cual hasta noviembre 2017 lo habían visitado 565 personas (Elena Bocheti, propietaria predio, comunicación personal). Considerando una entrada promedio de \$8.500 pesos por visitante ha generado durante el 2017 aproximadamente ingresos por \$1.600.833 pesos/ha/año.

El uso maderero, suponiendo que la totalidad de los tepuales presentan una estructura rastrera con gran volumen, permitiría extraer 407 mst/ha de leña si son cosechados de manera controlada reteniendo biomasa en el suelo (Bannister, 2017b). Asumiendo un valor promedio de \$35.000 pesos/mst y que el propietario es el que hace la venta directa (cosa que no ocurre generalmente), se logra en el mejor de los casos un ingreso total de \$14.245.000/ha. Esta cifra sube a \$22.960.000/ha si se cosecha a tala rasa (656 mst/ha).

Claramente el propietario obtiene mayores ingresos del uso maderero, pero al considerar un criterio de sostenibilidad, en pocos años el uso alternativo de recreación y turismo equipara al maderero, sin perder su capital y permitiendo la provisión de una gran variedad de servicios ecosistémicos que este tipo de bosques otorga a la sociedad.

El potencial no maderero de los tepuales sería aún mayor si se pudiera apoyar a los propietarios para que protejan sus tepuales al encontrarse en zonas abastecedoras de agua. Esto podría lograrse a través de incentivos del Estado (por ejemplo a través de la Ley 20.283) o



a través de la creación de un sistema de pago por servicios ambientales como el diseñado por INFOR en las cuencas de Mechaico y Quilahuilque en la comuna de Ancud (Cabrera y Rojas, 2009). Esto permitiría reducir la alta inversión que se realiza anualmente en camiones aljibes en Chiloé.

Los ejemplos presentados están basados en experiencias aisladas y en una serie de supuestos, lo que destaca sin duda la falta de estudios respecto al potencial uso no maderero de estos bosques para contar con evidencia científica para la toma de decisiones.

Dentro del nuevo paradigma, el uso maderero de los bosques de la región de Los Lagos, y en específico Chiloé, debiera estar orientado solamente al manejo de los bosques que crecen en sitios productivos, es decir actualmente los renovales secundarios, bosques adultos degradados (rehabilitación) y en el establecimiento de plantaciones dendroenergéticas. Los bosques adultos primarios, y en general todos los tepuales, se ubican en sitios muy poco productivos y debieran ser destinados a la provisión de los servicios ecosistémicos no madereros.

La información presentada en este trabajo constituye un primer avance en el conocimiento ecológico de este tipo de bosques pantanosos, únicos en el mundo, que se encuentran bajo una gran presión de uso y cuya sostenibilidad a futuro se encuentra amenazada.

Se requiere con urgencia mayor investigación sobre la sustentabilidad de este recurso forestal, de tal forma de sustentar un cambio de paradigma de uso para estos bosques, los cuales son clave para la sostenibilidad de la vida en la región patagónica insular y sin duda representan uno de sus principales tesoros.



REFERENCIAS

- Abarzúa, A. M.; Villagrán, C. and Moreno, P. I., 2004.** Deglacial and postglacial climate history in east-central Isla Grande de Chiloé, southern Chile (43°S). *Quaternary Research* 62: 49-59.
- Armesto, J. J.; Manuschevich, D.; Mora, A.; Smith-Ramirez, C.; Rozzi, R.; Abarzúa, A. M. and Marquet, P. A., 2010.** From the holocene to the anthropocene: A historical framework for land cover change in southwestern South America in the past 15,000 years. *Land Use Policy* 27: 148-160.
- Bannister, J., 2012.** Dynamics and restoration of *Pilgerodendron uviferum* forests on Chiloé Island, North Patagonia, Chile. Freiburg, Alemania: Albert-Ludwigs Universität Freiburg.
- Bannister, J. R., 2015.** Recuperar bosques no es solo plantar árboles: lecciones aprendidas luego de 7 años restaurando bosques de *Pilgerodendron uviferum* (D. Don) Florin en Chiloé. *Anales del Instituto de la Patagonia* 43: 35-51.
- Bannister, J. R. y Pyttel, P., 2010.** Silvicultura cercana a lo natural (SCN): ¿Una nueva visión para el sector forestal chileno? *Bosque Nativo* 46: 26-34.
- Bannister, J. R.; Donoso, P. J. and Bauhus, J., 2012.** Persistence of the slow growing conifer *Pilgerodendron uviferum* in old-growth and fire-disturbed southern bog forests. *Ecosystems* 15: 1158-1172.
- Bannister, J. R.; Vidal, O. J.; Teneb, E. and Sandoval, V., 2012b.** Latitudinal patterns and regionalization of plant diversity along a 4270 km gradient in continental Chile. *Austral Ecology* 37: 500-509.
- Bannister, J. R. and Donoso, P. J., 2013.** Forest typification to characterize the structure and composition of old-growth evergreen forests on Chiloé Island, North Patagonia (Chile). *Forests* 4: 1087-1105.
- Bannister, J. R.; Coopman, R.; Donoso, P. J. and Bauhus, J., 2013.** The importance of microtopography and nurse canopy for successful restoration planting of the slow-growing conifer *Pilgerodendron uviferum*. *Forests* 4: 85-103.
- Bannister, J. R.; Wagner, S.; Donoso, P. J. and Bauhus, J., 2014.** The importance of seed trees in the dioecious conifer *Pilgerodendron uviferum* for passive restoration of fire disturbed southern bog forests. *Austral Ecology* 39: 204-2013.
- Bannister, J. R.; Kremer, K.; Carrasco-Farías, N. and Galindo, N., 2017.** Importance of structure for species richness and tree species regeneration niches in old-growth Patagonian swamp forests. *Forest Ecology and Management* 401: 33-44.
- Bannister, J. R.; Mujica, R. y Martin, M., 2017b.** Métodos silviculturales alternativos para bosques adultos dominados por tepú (*Tepualia stipularis*) en la Isla Grande de Chiloé. Informe final, Fondo de Investigación de Bosque Nativo. Instituto Forestal, Castro, Chile. 104p.
- Bauhus, J.; Puettmann, K. and Kühne, C., 2013.** Close to nature forest management in Europe: Does it support complexity and adaptability of forest ecosystems? In: *Managing Forests as Complex Adaptive Systems: Building Resilience to the Challenge of Global Change*. New York USA: Routledge Chapman & Hall, pp. 187-213.
- Bauhus, J.; Puettmann, K. and Messier, C., 2009.** Silviculture for old-growth attributes. *Forest Ecology and Management* 258: 525-537.
- Besoain, E., 1985.** Los suelos. En: *Suelos Volcánicos de Chile*. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, pp. 24-107.
- Bond, W. J., 1989.** The tortoise and the hare: Ecology of angiosperm dominance and gymnosperm persistence. *Biological Journal of the Linnean Society* 36: 227-249.
- Brinson, M. M. and Malvárez, A. I., 2002.** Temperate freshwater wetlands: Types, status, and threats. *Environmental Conservation* 29: 115-133.



Bullock, A. and Acreman, M., 2003. The role of wetlands in the hydrological cycle. *Hydrology and Earth System Sciences* 7: 358–389.

Cabrera, J. y Rojas, Y., 2009. Pago por servicios ambientales: Conceptos y aplicación en Chile. Informe Técnico N° 177. Instituto Forestal. Valdivia, Chile. 150 p.

Christie, D. A. and Armesto, J. J., 2003. Regeneration microsites and tree species coexistence in temperate rain forests of Chiloe Island, Chile. *Journal of Ecology* 91: 776–784.

Coomes, D. A.; Allen, R. B.; Bentley, W. A.; Burrows, L. E.; Canham, C. D.; Fagan, L.; Forsyth, D. M.; Gaxiola-Alcantar, A.; Parfitt, R. L.; Ruscoe, W. A.; Wardle, D. A.; Wilson, D. J. and Wright, E. F., 2005. The hare, the tortoise and the crocodile: The ecology of angiosperm dominance, conifer persistence and fern filtering. *Journal of Ecology* 93: 918–935.

CONAF, 2016. Superficies catastros usos de suelos y recursos vegetacionales, Enero 2016. Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales. Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile.

Correa-Araneda, F.; Urrutia, J. y Figueroa, R., 2011. Estado del conocimiento y principales amenazas de los humedales boscosos de agua dulce de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 325–340.

Cruz, G. y Lara, A., 1981. Tipificación, cambio de estructura y normas de manejo para Ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum* D. Don Florin) en la isla Grande de Chiloé.

Dansereau, P., 1957. Biogeography. An ecological perspective. Ronald Press Company. New York, EEUU.

Denton, G. H.; Heusser, C.; Lowell, T. V.; Moreno, P. I.; Andersen, B. G.; Heusser, L. E.; Schlüchter, C. and Marchant, D. R., 1999. Interhemispheric linkage of paleoclimate during the last glaciation. *Geografiska Annaler* 81A: 107–153.

Díaz, M. y Armesto, J. J., 2007. Limitantes físicos y bióticos de la regeneración arbórea en matorrales sucesionales de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 13–26.

Donoso, C., 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. CONAF/PNUD/FAO, Santiago, Chile.

Donoso, C., 1993. Bosques templados de Chile y Argentina: variación, estructura y dinámica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Donoso, C., 2015. Estructura y dinámica de los Bosques del Cono Sur de América, Universidad Mayor. Santiago, Chile.

Donoso, C., 2006. *Tepualia stipularis* (Hook et Arn.) Griseb. En: Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina, Autoecología. Valdivia, Chile: Marisa Cuneo, pp. 591–592.

Donoso, C. y Lara, A., 1999. Silvicultura de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

Donoso, C. y Navarro, C., 2014. Manejo de Ecosistemas Forestales. En: Ecología Forestal: Bases Para El Manejo Sustentable y Conservación de Los Bosques Nativos de Chile. Ediciones UACH, Valdivia, Chile, pp. 505–527.

Duberstein, J. A. and Conner, W. H., 2009. Use of hummocks and hollows by trees in tidal freshwater forested wetlands along the Savannah River. *Forest Ecology and Management* 258: 1613–1618.

Duhart, P. and Adriasola, A. C., 2008. New time-constraints on provenance, metamorphism and exhumation of the Bahía Mansa Metamorphic Complex on the main Chiloé Island, south-central Chile. *Revista Geológica de Chile* 35: 79–104.

Echeverría, C.; Coomes, D. A.; Hall, M. and Newton, A. C., 2008. Spatially explicit models to analyze forest loss and fragmentation between 1976 and 2020 in southern Chile. *Ecological Modelling* 212: 439–449.



Figueroa, J.; Armesto, J. J. y Hernández, J. F., 1996. Estrategias de germinación y latencia de semillas en especies del bosque templado de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 243–251.

Figueroa, J. A. and Lusk, C. H., 2001. Germination requirements and seedling shade tolerance are not correlated in a Chilean temperate rain forest. *New Phytologist* 152: 483–489.

Gamborg, C. and Larsen, J. B., 2003. Back to nature: A sustainable future for forestry? *Forest Ecology and Management* 179: 559–571.

Gunderson, L. H., 2000. Ecological resilience - in theory and application. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31: 425–439.

Gutiérrez, A. G.; Armesto, J. J. and Aravena, J. C., 2004. Disturbance and regeneration dynamics of an old-growth North Patagonian rain forest in Chiloé Island, Chile. *Journal of Ecology* 92: 598–608.

Gutiérrez, A. G.; Aravena, J. C.; Carrasco-Farías, N. V.; Christie, D. A.; Fuentes, M. and Armesto, J. J., 2008. Gap-phase dynamics and coexistence of a long-lived pioneer and shade-tolerant tree species in the canopy of an old-growth coastal temperate rain forest of Chiloé Island, Chile. *Journal of Biogeography* 35: 1674–1687.

Gutiérrez, A. G.; Armesto, J. J.; Aravena, J. C.; Carmona, M.; Carrasco, N. V.; Christie, D. A.; Peña, M. P.; Pérez, C. and Huth, A., 2009. Structural and environmental characterization of old-growth temperate rainforests of northern Chiloé Island, Chile: Regional and global relevance. *Forest Ecology and Management* 258: 376–388.

Hatzfeldt, H., 1996. *Ökologische Waldwirtschaft: Grundlagen-Aspekte-Beispiele*. C.F. Müller Verlag, Heidelberg Alemania.

Holling, C. S., 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 1–23.

Holling, C. S., 2001. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems* 4: 390–405.

Holz, A., 2010. Climatic and human influences on fire regimes and forest dynamics in temperate rainforests in southern Chile. Colorado University, USA.

Holz, A. and Veblen, T. T., 2009. *Pilgerodendron uviferum*: The Southernmost tree-ring fire recorder species. *Ecoscience* 16: 322–329.

Holz, A. and Veblen, T. T., 2011. The amplifying effects of humans on fire regimes in temperate rainforests in western Patagonia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology* 311: 82–92.

INE, 2012. Resultados Preliminares Censo de Población y Vivienda 2012. Instituto Nacional de Estadísticas. Chile.

Koponen, P.; Nygren, P.; Sabatier, D.; Rousteau, A. and Saur, E., 2004. Tree species diversity and forest structure in relation to microtopography in a tropical freshwater swamp forest in French Guiana. *Plant Ecology* 173: 17–32.

Langohr, R., 1974. The volcanic ash soils of the central valley of Central Chile. The parent materials of the Trumao and Ñadi soil of the Lake District in relation with the geomorphology and quaternary geology. *Pedologie* XXIV: 238–255.

Lara, A.; Amoroso, A.; Bannister, J. R.; Donoso, C.; Gonzalez, M.; Vargas, R.; Smith-Ramirez, C.; Arellano, G. y Gutiérrez, A. G., 2014. Sucesión y dinámica de bosques templados en Chile, En: *Ecología Forestal: Bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile*. Ediciones UACH, Valdivia, Chile, pp. 323–411.

Lugo, A. E.; Brown, S. and Brinson, M. M., 1988. Forested wetlands in freshwater and salt-water environments. *Limnology and Oceanography* 33: 894–909.

Lumley, S. and Switsur, R., 1993. Late quaternary chronology of the Taitao Peninsula, southern Chile. *Journal of Quaternary Science* 8: 161–165.



Luzio, W., 2010. Los suelos de Chile. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 364 p.

Messier, C. H.; Puettmann, K. J. and Coates, K. D., 2013. Managing Forests as complex adaptive systems: Building resilience to the challenge of global change, Routledge Chapman & Hall.

Moreno, H. y Varela, J., 1985. Geología, volcanismo y sedimentos piroclásticos cuaternarios de la región central y sur de Chile. En: Suelos Volcanicos de Chile. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, pp. 492-526.

Muñoz, J.; Troncoso, R.; Duhart, P.; Crignola, P.; Farmer, L., and Stern, C. R., 2000. The relation of the mid-Tertiary coastal magmatic belt in south-central Chile to the late Oligocene increase in plate convergence rate. *Revista Geológica de Chile* 27: 177-203.

Neira, E. y Bertin, R. A., 2009. Hábitos del uso de la leña en Castro, Isla de Chiloé. *Bosque Nativo* 45: 3–8.

Neira, E. e Iturriaga, C., 2008. Utilización residencial de leña como combustible en la ciudad de Puerto Montt. *Bosque Nativo* 43: 3–8.

Oliver, C. and Larson, B., 1996. Forest stand dynamics. John Wiley & Sons, Inc., USA.

Ponce, M.; Mehltreter, K. y De la Sota, E., 2002. Análisis biogeográfico de la diversidad pteridofítica en Argentina y Chile continental. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 703–717.

Puettmann, K.; Messier, C. H. and Coates, K. D., 2013. Managing forests as complex adaptive systems: Introductory concepts and applications. En: Managing forests as complex adaptive systems: Building resilience to the challenge of global change. Routledge Chapman & Hall, pp. 3–16.

Ramos-Jiliberto, R.; Albornoz, A. A.; Valdovinos, F. S.; Smith-Ramírez, C.; Arim, M.; Armesto, J. J. and Marquet, P. A., 2009. A network analysis of plant-pollinator interactions in temperate rain forests of Chiloé Island, Chile. *Oecologia* 160: 697–706.

Riedemann, P. y Aldunate, G., 2003. Flora nativa de valor ornamental. Editorial Andres Bello, Santiago, Chile.

Röhrig, E.; Bartsch, N. and Von Lüpke, B., 2006. Waldbau auf ökologischer Grundlage 7 Auflage, Eugen Ulmer KG. Stuttgart, Alemania:.

Rozzi, R.; Armesto, J. J.; Goffinet, B.; Buck, W.; Massardo, F.; Silander, J.; Arroyo, M. T.; Russell, S.; Anderson, C. B.; Cavieres, L. A. and Callicott, J. B., 2008. Changing lenses to assess biodiversity: Patterns of species richness in sub-Antarctic plants and implications for global conservation. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6: 131–137.

Sanzana, J., 2012. Silvicultura en bosques dominados principalmente por Tepú (*Tepualia stipularis*). *Bosque Nativo* 51: 25–29.

Schütz, J. Ph.; Pukkala, T.; Donoso, P. and Gadow, K., 2012. Historical emergence and current application of CCF. In: Continous Cover Forestry, Managing Forest Ecosystems. Springer. pp.1-28.

SERNAGEOMIN, 2003. Mapa Geológico de Chile: versión digital. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Digital, No. 4 (CD-ROM, versión 1.0, 2003). Santiago, Chile.

Siebert, H., 1999. La silvicultura alternativa: Un concepto silvícola para el bosque nativo chileno. En: Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile. Santiago, Chile: Editorial Universitaria, pp. 381–407.

Shaw, A. J.; Cox, C. J. and Boles, S. B., 2003. Global patterns in peatmoss biodiversity. *Molecular Ecology* 12: 2553–2570.



Sherman, R. E.; Fahey, T. J. and Battles, J. J., 2000. Small-scale disturbance and regeneration dynamics in a neotropical mangrove forest. *Journal of Ecology* 88: 165–178.

Smith-Ramírez, C.; Armesto, J. J. and Figueroa, J., 1998. Flowering, fruiting and seed germination in Chilean rain forest *Myrtaceae*: ecological and phylogenetic constraints. *Plant Ecology* 136: 119–131.

Soto-Azat, C.; Valenzuela-Sánchez, A.; Collen, B.; Rowcliffe, J. M.; Veloso, A. and Cunningham, A. A., 2013. The population decline and extinction of Darwin's frogs. *PLOS ONE* 8:e66957.

Stewart, G. H. and Veblen, T. T., 1982. Regeneration patterns in Southern Rata (*Metrosideros umbellata*) - Kamahi (*Weinmannia racemosa*) forest in central Westland, New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* 20: 55–72.

Ther Ríos, F., 2008. Prácticas cotidianas e imaginarios en sociedades litorales. El sector de Cucao, Isla Grande de Chiloé. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 40: 67–80.

Thompson, I.; Mackey, B.; McNulty, S. and Mosseler, A., 2009. Forest resilience, biodiversity, and climate change a synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems. Technical Series. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.

Universidad de Los Lagos, 2014. Caracterización del consumo de leña en la región de Los Lagos. 4ª Mesa de Calefacción Eficiente y Dendroenergía – Región de Los Lagos. Secretaría Técnica, Castro, Chile.

Van Meurs, M., 2016. Carl Alexander Simon en Chiloé, 1852. Ediciones Museo Regional de Ancud, Chiloé. Santiago, Chile. 94 p.

Veblen, T. T. and Stewart, G. H., 1980. Comparison of forest structure and regeneration on Bench and Stewart Islands, New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology* 3: 50–68.

Villagrán, C., 2001. Un modelo de la historia de la vegetación de la Cordillera de La Costa de Chile central-sur: La hipótesis glacial de Darwin. *Revista Chilena de Historia Natural* 74: 793–803.

Villagrán, C. e Hinojosa, L. F., 2005. Esquema biogeográfico de Chile. En: Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines. Ediciones de la Universidad Nacional Autónoma de México, Jiménez Editores, México, pp. 551–577.

Vivian-Smith, G., 1997. Microtopographic heterogeneity and floristic diversity in experimental wetland communities. *Journal of Ecology* 85, 71–82.

Walker, L. R., 2011. Integration of the study of natural and anthropogenic disturbances using severity gradients. *Austral Ecology* 36: 916–922.

Waters, W. A. and Flemming, C. A., 1972. Contributions to the geology and palaeontology of Chiloé Island, Southern Chile. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences* 263: 369–408.

Wright, C., 1965. The volcanic ash soils of Chile. Report to the Government of Chile. FAO, Rep. N°2017. 201p.

Yudilevich, D. y Castro, E., 1995. Darwin en Chile (1832-1835). Viaje de un naturalista alrededor del mundo. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 347 p.

Zarin, D. J.; Johnson, A. H. and Thomas, S. M., 1998. Soil organic carbon and nutrient status in old-growth montane coniferous forest watersheds, Isla Chiloé, Chile. *Plant and Soil* 201: 251–258.





INFOR

www.infor.cl