



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales

**Comparación de atributos estructurales y
composicionales entre bosques adultos y bosques
secundarios en la depresión intermedia del centro-sur de
Chile**

Patrocinante: Sr. Pablo Donoso H.

Trabajo de Titulación presentado como parte
de los requisitos para optar al Título de
Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales

DIEGO BLAS PONCE CERDA

VALDIVIA

2013

Calificación del Comité de Titulación

	Nota
Patrocinante: Sr. Pablo Donoso Hiriart	6,5

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el Reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Pablo Donoso H.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco enormemente a mi familia y en especial a mis padres por su cariño, comprensión y apoyo incondicional en todos estos años de universidad.

A Vanessa Bustos por toda su entrega y particularmente por haber sido un pilar fundamental de esta etapa de mi vida.

A mis amigos de Valdivia, Pablo Cabrera, Diego Martínez, Marcos Rodríguez, Alejandro Uribe y Nicolás Vergara, por todos esos miles de momentos gratos que pasamos y seguiremos pasando juntos.

A mis amigos de Punta Arenas porque, a pesar de la distancia, siempre han estado ahí cuando los he necesitado.

A mi profesor patrocinante Sr. Pablo Donoso por sus comentarios, críticas y especialmente, por darme la oportunidad de trabajar en este apasionante tema. A Daniel Soto por su tiempo, paciencia y buenas vibras.

Dedicado a mis padres

Índice de materias		Página
i	Calificación del Comité de Titulación	i
ii	Agradecimientos	ii
iii	Dedicatoria	iii
iv	Resumen	iv
1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo general	3
1.2	Objetivos específicos	3
2	ESTADO DEL ARTE	3
2.1	Estructura y composición de los bosques	3
2.2	Bosques adultos	4
2.3	Estructura y composición de los bosques adultos	5
2.4	Desarrollo de índices para identificar bosques adultos	5
3	MÉTODOS	7
3.1	Áreas de estudio	7
3.2	Comparación de atributos estructurales y composicionales	8
3.2.1	Análisis de datos	8
3.2	Propuesta de índice de bosque adulto	10
4	RESULTADOS COMPROMETIDOS	11
4.1	Sobre la comparación de atributos estructurales y composicionales	11
4.2	Sobre el índice de bosque adulto	14
5	CALENDARIO DE ACTIVIDADES	17
7	REFERENCIAS	18
Anexos	1 Resumen de los valores de las variables estructurales características de un bosque adulto utilizadas por Acker et al (1998).	
	2 Ejemplo de LS Index.	
	3 Variables consideradas en el índice propuesto por Steen et al (2008).	
	4 Tabla que se utilizara para comparación de atributos estructurales y composicionales.	

Resumen

La estructura y composición de un bosque corresponden a atributos que determinan una serie de funciones ecológicas, biogeoquímicas y sociales. En bosques adultos, con múltiples especies y estratos verticales, la diversidad en estructura y composición, incluyendo madera muerta en pie y en el suelo, es importante debido a que generan hábitat para diversas especies de flora y fauna, soportan grandes reservas de carbono y regulan la producción de agua. Muchos de los bosques que hoy dominan el territorio nacional son bosques secundarios con características estructurales más simples que las de bosques adultos, pero no es bien conocido en qué medida hay diferencias o similitudes en composición y estructura como para determinar efectos en las funciones que cumplen estos ecosistemas. Es por lo mencionado anteriormente que el objetivo principal de este trabajo es determinar las diferencias estructurales y de composición existentes entre bosques secundarios y adultos característicos de la depresión intermedia del centro sur de Chile, para así poder aplicarlas en la determinación de un índice que pueda no solo identificar un estado de bosque adulto, sino que también pueda identificar en qué etapa se encuentra el bosque y que atributos le faltan para ser clasificado como bosque adulto. Para ello, en este trabajo se estudiarán cuatro tipos de bosques secundarios (Canelo (Sca), Coihue (Sco), Roble (Sro) y Siempreverde mixto (Ssvm)) y tres tipos de bosques adultos (Coihue (ACo), Roble (ARo) y Ulmo-Tepa-Olivillo (AUTO)) ubicados entre los 39 y 40°S y los 200 y 500 m de altitud en el centro-sur de Chile. A través del estudio se espera que los resultados indiquen cuales son las diferencias de estructura y composición presentes entre distintos bosques secundarios de la depresión intermedia del centro-sur de Chile y los bosques adultos comunes de la región.

Palabras clave: bosque adulto, bosque secundario, índice de bosque adulto, estructura y composición.

1. INTRODUCCIÓN

La provisión de servicios ecosistémicos, la preservación de la biodiversidad y los valores culturales y paisajísticos asociados, son aquellos atributos que hacen de los bosques adultos ecosistemas únicos y complejos. Algunos autores coinciden en que estos ecosistemas son bosques sucesionales tardíos, con escasa evidencia de perturbaciones antrópicas (Spies y Franklin, 1996; Kimmins, 2003; Wirth *et al*, 2009). Pese a ello, debido a la complejidad de estos ecosistemas, resulta difícil establecer una definición universal que abarque la condición de bosque adulto en su totalidad. En términos generales, las definiciones de bosque adulto se pueden dividir en tres grupos principales: definiciones sucesionales (Oliver y Larson, 1990), biogeoquímicas (Wirth *et al*, 2009) y estructurales y composicionales (Spies y Franklin, 1988).

Las definiciones estructurales y composicionales se construyen especialmente a partir de distribuciones de tamaños, patrones espaciales de árboles vivos y muertos y composición de especies en diferentes estratos del perfil vertical de los bosques (Donoso, 1993; Acker *et al*, 1998, Kimmins, 2003; Armesto, 2009; Wirth *et al*, 2009). Se puede decir que los bosques adultos tienen altos niveles de complejidad estructural en comparación con los bosques sucesionales tempranos (bosques secundarios), lo cual incluye, entre otras características, una amplia gama de tamaños y estructuras de los árboles vivos, presencia de árboles percha (snags) y troncos caídos y gran diversidad de especies en el sotobosque (Franklin y Van Pelt, 2004). Es importante poder identificar dichas características, ya que ellas no sólo definen cuándo un bosque se acerca más o menos a la condición de bosque adulto, sino que pueden ayudar a predecir las funciones ecosistémicas que puede estar cumpliendo dicho bosque, como la generación de hábitat para diversas especies de flora y fauna, el almacenamiento de grandes reservas de carbono y la regulación del ciclo hídrico. Por ejemplo, en estudios hechos en los bosques templados chilenos, se ha concluido que ciertas aves como el carpintero negro (*Campephilus magellanicus*), el hued-hued (*Pterotochos tarnii*) y el churrín de la mocha (*Eugralla paradoxa*) dependen de ciertas estructuras presentes sólo en bosques adultos (Diaz *et al*, 2005; Armesto *et al*, 2009; Frank, 2009). Por otro lado, en un estudio hecho en bosques siempreverdes de la provincia de Valdivia se plantea que la epífita *Fascicularia bicolor* es una especie característica de estructuras de bosque adulto (Sink, 2009).

Los bosques adultos en el centro-sur de Chile son de gran variedad y se han desarrollado como consecuencia de múltiples trayectorias de crecimiento debido a diferentes condiciones iniciales, perturbaciones naturales y artificiales, y condiciones de sitio (González *et al*. 2010, Gutiérrez *et al*.

2009, Donoso y Nyland 2005), pero tienen ciertas características estructurales comunes, como árboles de avanzada edad (>200 años), estructuras multietáneas y multiestratificadas, grandes áreas basales (> 80 m²/ha), abundante biomasa, una amplia distribución de clases de descomposición de material leñoso muerto en el suelo y en pie (árboles percha), ocurrencia frecuente de claros en el dosel, un sotobosque diverso y abundante, una alta importancia de especies sucesionales tolerantes a la sombra, y abundantes especies de epífitas y lianas (Veblen *et al.* 1981; Veblen, 1985; Aravena *et al.*, 2002; Carmona *et al.*, 2002; Donoso, 2002; Donoso, 2005; Donoso y Nyland, 2005; Donoso y Lusk, 2007; Schlegel y Donoso, 2008; Donoso *et al.* 2009; Gutiérrez *et al.* 2009; Sink, 2009; Díaz *et al.* 2010).

Recientemente, han surgido índices (“index of old-growthness”) para clasificar los bosques adultos con una mayor precisión, los cuales, además, son útiles para identificar el grado de cercanía de un determinado bosque a un estado de bosque adulto. Estos índices están contruidos a partir de atributos estructurales y composicionales característicos de los bosques adultos de una región determinada. Para construir el índice, cada una de las características identificadas es ponderada para luego clasificar el bosque con un número que por lo general va desde 0 hasta 100 (siendo el 100 el valor que identifica un bosque con atributos de bosque adulto (Spies, 1997; Acker, 1998; Kimmins, 2003; Whitman y Hagan, 2007).

Si bien en Chile ha habido investigaciones que han definido estructuralmente un bosque adulto, la mayoría de estos trabajos se han focalizado en las Cordilleras de los Andes y de la Costa o en Chiloé, salvo el trabajo de Veblen (1979), quien trabajó con bosques adultos de tierras bajas cercanas al volcán Villarrica (39°S). Por otro lado, es importante destacar que todavía no existen experiencias en la utilización de índices para la identificación y clasificación de estos bosques. Es por ello que este trabajo pretende identificar cuáles son las características estructurales y composicionales propias de bosques adultos de la depresión intermedia del centro-sur de Chile, para así poder aplicarlas en la determinación de un índice que pueda no solo identificar un estado de bosque adulto, sino que también pueda identificar en qué etapa se encuentra el bosque y que atributos le faltan para ser clasificado como bosque adulto. Dicha información podría ser de gran utilidad para futuros proyectos de restauración de atributos de bosque adulto y para conducir con mayor precisión las actividades silviculturales de raleos ecológicos o de restauración, cuyo objetivo es generar atributos de bosques adultos en bosques secundarios (Tappeiner *et al.*, 1997; Acker *et al.*, 1998; Bailey y Tappeiner, 1998; Carey *et al.*, 1999; Hunter, 2001; Muir *et al.*, 2002; Bauhus *et al.*, 2009).

1.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es determinar las diferencias estructurales y de composición existentes entre bosques secundarios y adultos característicos de la depresión intermedia del centro sur de Chile. Para ello, en este trabajo se estudiarán cuatro tipos de bosques secundarios (Canelo (Rca), Coihue (Rco), Roble (Rro) y Siempreverde mixto (Rsvm)) y tres tipos de bosques adultos (Coihue (ACo), Roble (ARo) y Ulmo-Tepa-Olivillo (AUTO)) ubicados entre los 39 y 40°S y los 200 y 500 m de altitud en el centro-sur de Chile.

1.2 Objetivos específicos

1. Determinar atributos estructurales y composicionales presentes en y característicos de bosques adultos del centro-sur de Chile en general, y en particular de bosques adultos dominados por Ulmo-Tepa-Olivillo, Coihue y Roble en la depresión intermedia del centro-sur de Chile.
2. Proponer un índice de bosque adulto que permita identificar en qué estado sucesional se encuentra un rodal y que atributos le faltan para ser clasificado como un bosque adulto propio de la depresión intermedia del centro-sur de Chile

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Estructura y composición de los bosques.

La dinámica y los procesos biofísicos que mueven los ecosistemas determinan la estructura y composición de los bosques (Spies, 1998), atributos que son determinantes para definir la etapa de desarrollo de una comunidad forestal.

La estructura y composición del rodal varían considerablemente de una región ecológica a otra, ya que están influenciadas por variaciones edafoclimáticas, fisiográficas y por el régimen de perturbaciones locales y regionales. Por otro lado, a nivel de rodal, la estructura y composición pueden variar por la ventaja de algunas especies sobre otras para colonizar luego de una perturbación, ya sea por su tolerancia a la sombra, por la densidad del sotobosque y/o por patrones de mortalidad de las especies (Donoso, 1993; Oliver & Larson 1996; Barnes *et al*, 1999). De acuerdo al origen de un bosque secundario, posteriores variaciones en la estructura y composición estarán determinadas por los patrones de la sucesión forestal, dentro de la cual se distinguen 4 etapas características y que, en

regiones de clima templado, se diferencian tanto en estructura como en composición: (1) iniciación del rodal, (2) exclusión fustal, (3) reiniciación del sotobosque, (4) bosque adulto (Oliver y Larson 1990).

2.2 Bosques adultos

Definir un bosque depende de la región en la cual se trabaje, y es por ello que existen diversas definiciones. En términos generales, es común encontrarse con definiciones que hablan que estos ecosistemas son bosques sucesionales tardíos y con escasa evidencia de perturbaciones antrópicas (Spies y Franklin, 1996). Spies (1997) considera que una definición simple de bosque adulto es: “un bosque con la presencia de árboles viejos (no necesariamente en etapa sucesional tardía) y libre de evidencia de perturbaciones humanas”. En todo caso, las definiciones de bosques adultos se pueden dividir en tres grupos principales: definiciones estructurales y composicionales (Spies y Franklin, 1988), definiciones que apuntan a procesos sucesionales (Oliver y Larson, 1990) y definiciones referentes a los procesos biogeoquímicos (Wirth *et al*, 2009).

Las definiciones estructurales se basan en características propias de cada bosque e incluyen estructuras de edad/tamaño, así como patrones espaciales de árboles vivos y muertos (Spies y Franklin, 1988; Mosseler *et al*, 2003; Franklin y Van Pelt, 2004).

Las definiciones sucesionales se basan en aspectos de la dinámica de los ecosistemas forestales. Oliver y Larson (1996) definen un bosque adulto como aquel que se ha desarrollado en ausencia de perturbaciones de gran escala.

Finalmente, las definiciones biogeoquímicas son aquellas que hacen referencia a los procesos únicos que ocurren en estos bosques. En este contexto, Wirth *et al* (2009) menciona que en términos biogeoquímicos, un bosque adulto se caracteriza por poseer un ciclaje de nutrientes cerrado, una reducida producción primaria neta, una acumulación neta de biomasa igual a cero y un incremento en la vegetación del sotobosque, lo que genera funciones diferenciadas con respecto a los bosques secundarios.

En términos prácticos, Spies (1997) plantea que las definiciones estructurales son aquellas de mayor utilidad para el desarrollo de inventarios, para definir hábitat para las distintas especies que componen el ecosistema y para la toma de decisiones con fines productivos.

2.3 Estructura y composición de los bosques adultos

Spies y Franklin (1991) identifican cuatro atributos estructurales que diferencian a los bosques adultos de los que no lo son: (1) la desviación estándar del diámetro a la altura del pecho de los árboles (≈ 30 cm), que expresa la variabilidad de los tamaños presente en el rodal y determina una mayor diversidad de micro hábitat en el rodal; (2) la densidad de los individuos de gran tamaño (>100 cm) (nicho de variadas especies de epífitas, aves, y mamíferos); (3) el diámetro medio del rodal (≈ 30 cm) y (4) la densidad de todos los árboles del rodal (>5 cm) (≈ 450 árboles ha^{-1}), como indicadores del desarrollo sucesional.

En este contexto, se puede decir que los bosques adultos tienen altos nivel de complejidad estructural en comparación con los bosques sucesionales tempranos (bosques secundarios), lo cual incluye, una amplia gama de tamaños y estructuras de los árboles vivos, presencia de árboles percha (snags) y troncos caídos y gran diversidad de especies en el sotobosque (Franklin y Van Pelt, 2004).

Otro aporte importante es el de Bauhus *et al* (2009), los cuales recopilan una serie de características estructurales mencionadas por distintos autores en relación a atributos especiales que distinguen a los bosques adultos: (1) alto número de árboles grandes (grandes diámetros y alturas), (2) gran cantidad de biomasa, (3) alto número de árboles muertos en pie, (4) gran cantidad de árboles caídos, distintos tamaños de “snags”, (5) múltiples estratos, (6) alto número de especies sucesionales tardías y especies tolerantes a la sombra, (7) presencia de muchas cohortes (alta variación en tamaños de árboles), (8) heterogeneidad espacial y distribución irregular de claros, (9) gran cantidad de especies herbáceas, diversidad de atributos espaciales (presencia de epífitas, cavidades en los árboles, árboles huecos, etc), (10) complejos sistemas de ramas, (11) compleja estructura del dosel (presencia de doseles secundarios) y presencia de regeneración avanzada.

2.4 Desarrollo de índices para identificar bosques adultos

Una de las primeras aproximaciones al desarrollo de índices para identificar atributos de bosques adultos, fue la hecha por Acker *et al* (1998), los cuales desarrollaron un índice para explorar el desarrollo de características de bosques adultos en rodales de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (Douglas-fir) en el noroeste de Estados Unidos. Este índice lo denominaron “Old-growth index (I_{og})”. Los autores se basaron en 4 características definidas por Spies y Franklin (1991), las cuales se enfocan en identificar estructuralmente un bosque adulto:

1. Desviación estándar de los DAP de los árboles
2. Densidad de árboles >100 cm de DAP (n° de árboles/ha)
3. Promedio de DAP de los árboles
4. Densidad de todos los árboles >5cm de DAP (n° de árboles/ha)

El índice propuesto por los autores computa estos atributos de la siguiente forma:

$$I_{og} = 25 \sum_i \left| \frac{x_{i,obs} - x_{i,young}}{x_{i,old} - x_{i,young}} \right| \quad (1)$$

Donde, i va de 1 a 4, representando cada una de las 4 variables estructurales, $x_{i,obs}$ es el valor observado de la i -ésima variable estructural, $x_{i,young}$ es el valor medio de la i -ésima variable estructural de los renovales; $x_{i,old}$ es el valor medio de la i -ésima variable estructural de los rodales adultos. De este modo el I_{og} va desde el valor 0 (desde una estructura de renoval) hasta el valor 100 (hasta una estructura de bosque adulto). Los autores construyeron una tabla resumen de los valores que se utilizaron para poder aplicar el índice (Anexo 1).

Otro de los índices es el “old-growth habitat index (OGHI)” propuesto por Spies y Pabst (2005), los cuales incorporan otros elementos estructurales que identifican un bosque adulto:

1. Los árboles con diámetros > 100 cm (N/ha)
2. La diversidad de tamaños de los árboles (expresada a través del índice de diversidad de diámetros DDI desarrollado por McComb *et al.* (2000))
3. Cantidad de árboles muertos en pie “Snags” > 50 cm de DAP y 15> m de altura (N°/ ha).
4. Cantidad de material leñoso muerto en suelo (CWD, m³/ha)
5. Edad de los árboles dominantes del dosel superior del rodal.

Cada uno de los cinco elementos que componen el OGHI se califica en una escala de 0 a 100. La puntuación para cada elemento se determina a partir de regresiones lineares simples o segmentadas (figura 3). El valor final del índice equivale al promedio de la puntuación de cada uno de los cinco componentes.

Por su parte, Whitman y Hagan (2007) elaboraron un índice para identificar bosques sucesionales tardíos en zonas templadas de Norteamérica. El índice incluye dos variables características de bosques sucesionales tardíos de esta región: (1) densidad de árboles >40 cm de DAP (vivos o muertos) y (2) densidad de árboles con líquenes de los géneros *Collema* y *Leptogium* (especie

característica de los bosques adultos de esa región). La puntuación del índice va de 0 a 10, siendo los valores más cercanos a 10, aquellos que indican que el bosque está en una etapa sucesional más avanzada. Cabe destacar que cada variable incorporada tiene su propia puntuación, por lo que la suma de estas puntuaciones es la que determina la evaluación final (Anexo 2).

Por último, Steen *et al* (2008) proponen un índice para identificar bosques adultos dominados por *Pseudotsuga menziesii*. Este índice incorpora 22 variables (Anexo 3) divididas en los siguientes grupos: (1) área basal de árboles grandes ($\geq 57,5$ cm de DAP), (2) densidad de árboles pequeños (< 27 cm de DAP), (3) variabilidad de tamaños de los árboles, (4) complejidad del dosel, (5) densidad de árboles muertos y árboles caídos y (6) ocurrencia de claros en el dosel. Los valores del índice indican lo siguiente: valores entre 0 y 8,0 indican una etapa sucesional temprana, entre 8,1 y 16,0 indican una etapa sucesional media, entre 16,1 y 27 indican una etapa de bosque maduro y los valores > 27 indican una etapa de bosque adulto.

3. MÉTODOS

3.1 Áreas de estudio

El estudio se llevará a cabo en dos sitios ubicados en la depresión intermedia del centro-sur de Chile. El primer sitio corresponde al predio Llancahue, administrado por la Universidad Austral de Chile y ubicado en la Provincia de Valdivia, XIV Región de Los Ríos (Cuadro 1), en el cual se estudiarán bosques secundarios de coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.), canelo (*Drimys winteri* J.R. et Forster) y siempreverde mixto, además de bosques adultos dominados por coihue (*Nothofagus dombeyi*) y dominados por las especies ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.), tepa (*Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde) y olivillo (*Aextoxicon punctatum* Ruiz et Pav.). El segundo sitio corresponde al predio Rucamanque, perteneciente a la Universidad de la Frontera y ubicado en la Provincia de Cautín, IX Región de la Araucanía (Cuadro 1), en el cual se estudiará un bosque secundario dominado por roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) y un bosque adulto con robles emergentes.

Cuadro 1. Características de los sitios de estudio.

Predio	Ubicación	Superficie (ha)	Elevación (m s.n.m)	T° media Anual*	Precipitación (mm/año)*	Tipo de Suelos**	Tipología Forestal
Llancahue, Universidad Austral de Chile (Valdivia)	39°50'S; 73° 07'O	1.320	10-360	12°	2.000	Andic Palehumult	Siempreverde
Rucamanque, Universidad de la Frontera (Temuco)	38°39'S 72°35'O	435	201-400	11,6°	1.311	Palehumult	Roble-Raulí- Coihue

*Fuenzalida 1971; *Di Castri y Hayek 1976;** CIREN 1999.

3.2 Comparación de atributos estructurales y composicionales.

Para llevar a cabo la comparación de atributos se utilizarán datos de 9 parcelas permanentes instaladas en bosques adultos de las áreas de estudio (3 para ACo, 3 para ARo y 3 para AUTO) y de 48 parcelas permanentes instaladas en los bosques secundarios (12 en RCa, 12 en RCo, 12 en RSvm y 12 en RRo). En cada parcela se midieron todos los árboles (vivos y muertos) con un DAP >5cm, a los cuales se les registró: nombre de la especie, posición sociológica (emergente, dominante, codominante, intermedio y suprimido), presencia de cavidades, diámetro a la altura de pecho (DAP, 1,3 m de altura). Cabe destacar que en cada parcela se midió la altura y diámetro basal total de los árboles muertos en pie (snags). También, se registró el diámetro, el largo y la clase de descomposición (baja, intermedia y alta) de todos los árboles caídos con más de 1 m de longitud y a lo menos 10 cm de diámetro. Además, se incluirá el muestreo del sotobosque de cada una de las 57 parcelas permanentes. Dicho muestreo se realizó en subparcelas permanentes de 2 m² distribuidas sistemáticamente dentro de cuadrantes de 900 m². Dentro de estas subparcelas se determinó la cobertura de cada especie utilizando la clasificación de Braun-Blanquet y se contaron las plántulas (<2 m de altura) y brinzales (≥2 m y < 5 m de DAP) de todas las especies arbóreas.

3.2.1. Análisis de datos

Para comparar los atributos estructurales y composicionales en cada rodal se utilizará un conjunto de 23 variables, las cuales han sido reconocidas como variables que distinguen un bosque adulto de un bosque secundario. Dichas variables se dividen en variables del rodal, variables de

sotobosque y variables del material leñoso muerto (Cuadro 2). Dentro de este conjunto se incluyen indicadores que proporcionan información resumida de algunos de los atributos de los bosques.

Cuadro 2. Conjunto de variables que se utilizarán para la comparación de atributos estructurales y composicionales.

Rodal	Sotobosque	Material leñoso muerto
- Densidad (n° árboles ha ⁻¹)	- Valor de importancia de la regeneración arbórea (IVI)	- Volumen del material leñoso muerto (m ³ ha ⁻¹)
- Área basal (m ² ha ⁻¹)	- Valor de importancia de las especies no arbóreas (IVI)	- Densidad de <i>Snags</i> (n° ha ⁻¹)
- Árboles de gran tamaño (% de árboles ≥80 cm DAP)	- Índice de Shannon-Wiener (diversidad de especies)	- DAP promedio de los <i>Snags</i>
- Altura promedio del dosel dominante	- Riqueza de especies (n° de especies)	- Altura promedio de los <i>Snags</i> (m)
- Índice de copas (CI)	- Cobertura (% de cobertura)	- Área basal de los <i>Snags</i> (m ² ha ⁻¹)
- Coeficiente de Gini (GC)	- Regeneración de especies tolerantes (n° de individuos)	
- Índice de Shannon-Wiener (diversidad de especies)		
- Densidad de especies intolerantes a la sombra		
- Densidad de especies tolerantes a la sombra		
- Frecuencia de especies en común entre bosques adultos y secundarios		
- Cavidades de árboles vivos y muertos		
- Valor de importancia de las especies (IVI)		

El índice de copas (Donoso, 2005) es un indicador de estructura vertical que es obtenido a partir de la división del área de las copas de los árboles del dosel superior por el área de copas de los árboles del dosel inferior (ecuación 2). Un índice de copas con valor promedio de 1.0 indica una estructura equilibrada, sin embargo valores > 1.0 o < 1.0 reflejan estructuras desequilibradas, con un dosel cubierto principalmente por individuos de gran tamaño o por individuos de tamaños medianos o pequeños, respectivamente.

$$CI = \frac{\frac{UMC}{UMC} + \frac{UMC}{LMC} + \frac{UMC}{BMC} + \frac{UMC}{OT}}{4} \quad (2)$$

Donde UMC representa los árboles del estrato dominante, LMC representa los del estrato codominante, BMC representa los de estrato intermedio y OT representa los del estrato suprimido.

Por otro lado, el coeficiente de Gini (ecuación 3) es un indicador de heterogeneidad estructural construido a partir del área basal de los individuos de un rodal (Lexerød y Eid, 2006). Para el cálculo del índice se debe dar un valor a todos los individuos en orden ascendente según su área basal (1, ..., n, siendo de rango 1 el individuo con menor área basal). El índice calcula la desviación de la perfecta

igualdad, siendo 0 su valor mínimo, mostrando que todos los individuos tienen el mismo tamaño y 1 su valor máximo, mostrando que todos los individuos del rodal tienen tamaños distintos. Según Lexerød y Eid, (2006) valores $\geq 0,7$ evidencian una estructura heterogénea.

$$GC = \frac{\sum_{j=1}^n (2j - n - 1) AB_j}{\sum_{j=1}^n AB_j (n - 1)} \quad (3)$$

El índice de Shannon-Wiener (ecuación 4) es un indicador de diversidad de especies. Los valores que toma el índice van de 0 a ∞ , siendo los valores más altos los que indican un ecosistema más diversos (Magurran, 2004).

$$H' = \sum_{i=1}^S \frac{ni}{N} \ln \frac{ni}{N} \quad (4)$$

Donde S es el número de especies (riqueza de especies), ni es el número de individuos de la especie i y N es el total de individuos de todas las especies.

El valor de importancia de las especies (ecuación 5) provee un estimado global de la importancia de una especie en un rodal. Sus valores van de 0 a 100.

$$IVI = \frac{Dr + Ar + FR}{3} \quad (5)$$

. Donde Dr corresponde a la dominancia relativa de las especies (a partir del área basal), Ar corresponde a la abundancia relativa y FR a la frecuencia relativa.

3.3 Propuesta de índice de bosque adulto

A partir de la comparación de atributos estructurales y composicionales, se extraerán las variables que describan mejor los bosques adultos estudiados y, a partir de estas, se construirá el índice de bosque adulto.

La selección de las variables se hará a través de un análisis multivariado (a determinar posteriormente), el cual permitirá identificar cuantas de las 24 variables utilizadas para comparar los tipos de bosques, son las que distinguen mejor un bosque adulto.

Para construir el índice se utilizara la metodología hecha por Spies y Pabst (2005), los cuales propusieron un índice de bosque adulto para los bosques templados de Estados Unidos. Esta metodología pondera las variables que mejor describen un bosque adulto, las que, para este estudio,

serán aquellas que resulten del análisis multivariado. La ponderación de estas variables se hace a través de regresiones lineales (figura 3) y cada atributo ponderado tendrá un valor que irá de 0 a 100. El índice será calculado promediando la ponderación resultante de cada variable seleccionada.

4. RESULTADOS ESPERADOS

4.1 Sobre comparación de atributos estructurales y composicionales.

Se construyó una tabla con resultados previos para los rodales de Llancahue, los cuales muestran algunas de las variables que serán utilizadas y sus valores para cada tipo de bosque. La tabla que se utilizará de forma definitiva y que incluye todas las variables se muestra en el Anexo 4. Además se muestra el valor de importancia de las especies arbóreas presentes en el dosel de cada bosque (cuadro 5).

Cuadro 4. Comparación de las principales variables estructurales y composicionales de los rodales de Llancahue. Los valores entre paréntesis representan la desviación estándar.

Rodal	Nº árboles por ha	Área basal (m2 ha-1)	Riqueza del dosel*			% de árboles >80 cm DAP	Coeficiente de Gini**
			T	St	I		
<i>AUTO</i>	1159,25 (151,3)	96,5 (15,13)	6 (0,57)	6 (1,73)	4 (1,73)	4,1 (2,14)	0,79-0,83 (0,81/0,02)
<i>ACo</i>	1429,62 (338,17)	95,29 (3,98)	3 (0,57)	6 (0)	4(0,57)	1,8 (1,05)	0,75-0,79 (0,78/0,02)
<i>RCo</i>	1586 (365,62)	67 (18,49)	6 (1,00)	10 (1,24)	8 (1,34)	0,49 (0,07)	0,58-0,75 (0,63/0,05)
<i>RSvm</i>	4671 (717,34)	60,1 (7,94)	9 (1,19)	9 (1,16)	6 (0,95)	0	0,48-0,60 (0,51/0,03)
<i>RCa</i>	2880 (743,17)	69,5 (19,33)	6 (0,71)	7 (0,86)	5 (0,99)	0,69 (0,03)	0,52-0,84 (0,58/0,08)

* corresponde al número de especies arbóreas presentes en cada rodal, T = especies tolerantes a la sombra, St = especies con tolerancia media a la sombra, I = especies intolerantes a sombra. ** los valores corresponden al valor mayor y menor resultante en cada parcela del rodal y los valores entre paréntesis corresponden al promedio y a la desviación estándar, respectivamente.

Cuadro 5. Valor de importancia de las especies de los rodales de Llancahue (a: especie ausente en el rodal; los valores destacados corresponden a los valores de importancia más altos de cada rodal).

Especie	AUTO	ACo	RCa	RSvm	RCo
<i>Laureliopsis philippiana</i>	28,46	6,47	20,15	3,68	5,50
<i>Aextoxicon punctatum</i>	17,22	14,53	5,27	1,22	4,93
<i>Eucryphia cordifolia</i>	13,63	14,45	7,71	10,18	13,95
<i>Myrceugenia planipes</i>	6,91	a	1,79	1,61	0,29
<i>Drimys winteri</i>	4,84	a	42,21	5,30	1,36
<i>Gevuina avellana</i>	4,59	8,19	4,26	16,26	6,15
<i>Amomyrtus meli</i>	4,51	1,29	0,70	13,58	1,95
<i>Laurelia sempervirens</i>	3,97	10,24	a	a	6,67
<i>Amomyrtus luma</i>	3,32	a	3,66	7,62	2,56
<i>Nothofagus dombeyi</i>	3,03	29,26	1,20	a	37,49
<i>Weinmannia trichosperma</i>	2,16	1,37	a	1,99	0,61
<i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	1,69	a	0,80	10,12	a
<i>Saxaegothaea conspicua</i>	1,44	a	a	2,69	a
<i>Lomatia ferruginea</i>	1,42	a	3,38	4,05	0,33
<i>Lomatia dentata</i>	1,41	3,32	a	3,03	1,53
<i>Persea lingue</i>	1,40	1,29	0,72	3,68	2,46
<i>Aristotelia chilensis</i>	a	a	1,41	a	0,29
<i>Caldcluvia paniculata</i>	a	a	a	1,22	0,29
<i>Embothrium coccineum</i>	a	a	a	1,70	0,45
<i>Lomatia hirsuta</i>	a	1,38	a	0,46	2,41
<i>Luma apiculata</i>	a	a	0,35	0,17	0,66
<i>Myrceugenia ovata</i>	a	a	a	0,28	a
<i>Ovidia pillopillo</i>	a	a	0,78	3,45	0,44
<i>Podocarpus nubigena</i>	a	a	a	0,77	a
<i>Podocarpus salignus</i>	a	1,57	0,35	2,81	5,42
<i>Raukaua laetevirens</i>	a	a	a	1,36	0,77
<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	a	6,62	5,25	2,75	3,21
<i>Tepualia stipularis</i>	a	a	a	a	0,31

El cuadro 6 y las figuras 1 y 2 muestran los resultados obtenidos en un estudio realizado por D'Amato, *et al* (2009) en el noreste de Estados Unidos, donde comparan la cobertura, riqueza y diversidad del sotobosque entre un bosque adulto y un bosque secundario.

Cuadro 6. Ejemplo de resultados de los valores medios y del error estándar de cobertura (%/m²) riqueza (S) y diversidad de especies (H) del sotobosque, (arbóreas, arbustivas y herbáceas) presentes en bosque adulto y en los renovales del área de estudio. Los valores están basados en la cubierta media, y la frecuencia relativa de las especies dentro de las sub-parcelas de regeneración establecidas (D'Amato *et al*, 2009).

	Bosque Adulto	Bosque secundario
Cobertura (%/m ²)	4.02 (0.41)	1.06 (0.47)
Riqueza (S)	13.56 (1.11)	6.88 (0.83)
Diversidad (H')	2.12 (0.08)	1.64 (0.11)

Species	Old-growth (n = 16)		Second-growth (n = 8)	
	Seedlings (#/ha)	Saplings (#/ha)	Seedlings (#/ha)	Saplings (#/ha)
<i>Acer pensylvanicum</i>	13747 (417-7917)	165 (0-383)	4688 (417-13750)	8 (0-25)
<i>Acer rubrum</i>	1371 (0-7917)	2 (0-25)	3177 (0-12083)	10 (0-25)
<i>Acer saccharum</i>	677 (0-9167)	18 (0-300)	-	1 (0-8)
<i>Betula alleghaniensis</i>	-	41 (0-169)	-	3 (0-17)
<i>Betula lenta</i>	-	74 (0-442)	-	20 (0-67)
<i>Betula spp.</i> ^a	5722 (0-27083)	-	2500 (417-9167)	-
<i>Betula papyrifera</i>	15 (0-250)	-	185 (0-1667)	-
<i>Fagus grandifolia</i>	820 (0-3125)	119 (0-363)	990 (0-2917)	66 (0-200)
<i>Picea rubens</i>	1169 (0-5313)	36 (0-275)	52 (0-417)	9 (0-75)
<i>Pinus strobus</i>	83 (0-500)	-	-	-
<i>Quercus rubra</i>	133 (0-1250)	1 (0-8)	313 (0-1250)	-
<i>Tsuga canadensis</i>	13760 (1250-51250)	354 (31-942)	3958 (0-15833)	189 (75-400)
Total ^b	38104 (5927)a	847 (83)a	14948 (4113)b	306 (34)b

Figura 1. Ejemplo de promedio y errores estándar de la densidad de plántulas y brinzales (N/ha) presentes en los bosques adultos y renovales. Valores totales con letras distintas indican diferencias significativas entre bosque adulto y renoval ($P < 0,05$ Wilcoxon rank-sum test) (D'Amato *et al*, 2009).

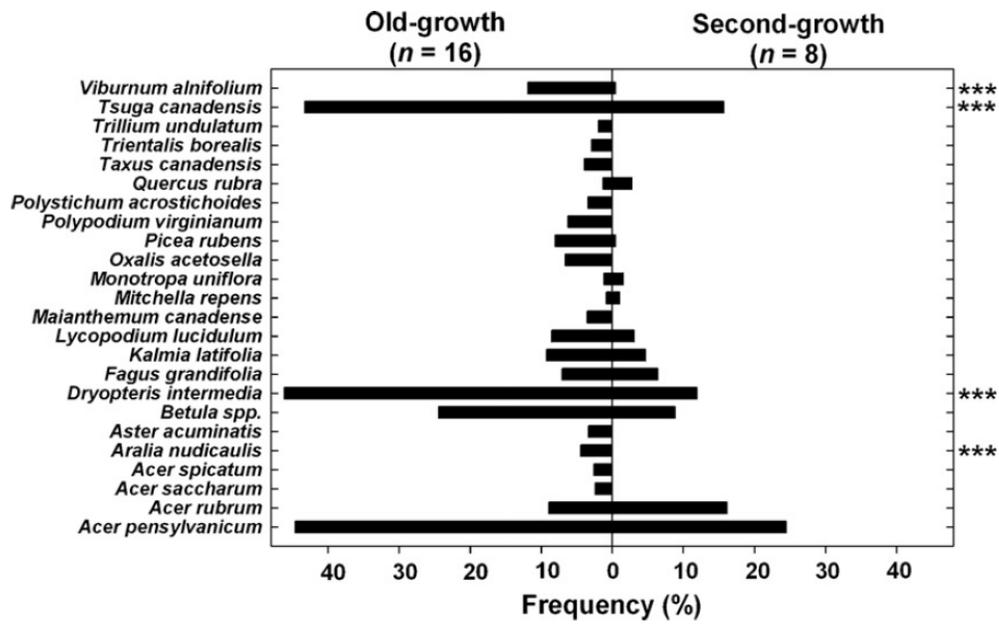
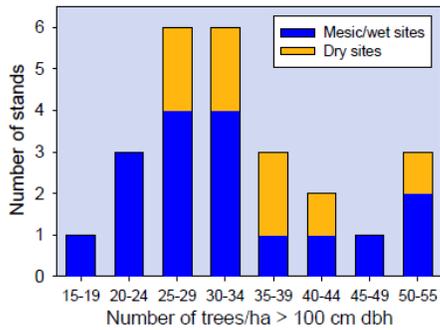


Figura 2. Ejemplo de gráfica de la frecuencia media de ocurrencia (%) de las especies vegetales comunes entre renovales y bosques adultos (D'Amato et al, 2009).

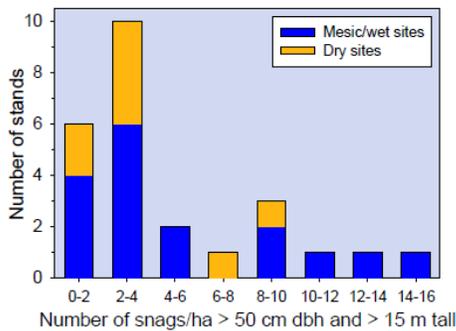
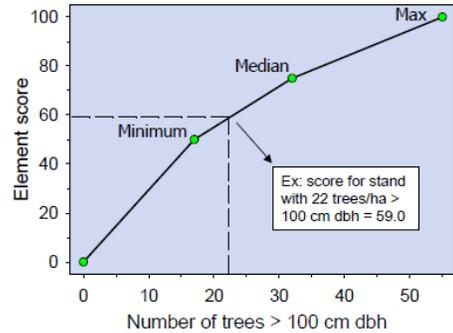
4.2. Sobre el índice de bosque adulto

Para mostrar los resultados esperados se utilizará como ejemplo el Old Growth hábitat index (OGHI) propuesto por Spies y Pabst (2005). La figura 3 muestra un ejemplo de la ponderación de las variables y del cálculo del índice. Por otro lado el cuadro 5 muestra un resumen de los resultados obtenidos por los autores en bosques del noroeste de Estados Unidos. Se puede apreciar cómo va aumentando el valor del índice a medida que la estructura del bosque se hace más compleja.

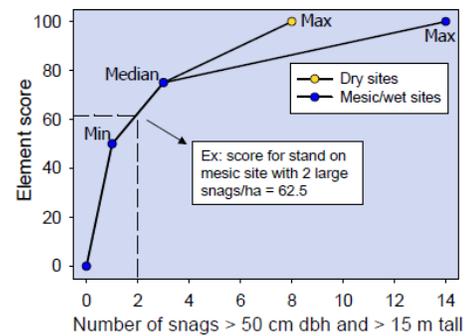
Reference Stand Characteristics



Large trees



Large snags



Example of OGHI calculation:
 $OGHI = \sum \text{element scores} / 5$
 $OGHI = (59.0 + 62.5 + 71.8 + 85.3 + 52.0) / 5 = 66.1$

Figura 3. Ejemplo de old-growth habitat index. La figura muestra las características y puntuación de 2 variables (de un total de 5). A la izquierda se muestran las características de los rodales estudiados. A la derecha se muestra la puntuación de cada atributo. Dicha puntuación se extrajo a partir de las curvas resultantes de las regresiones. Al inferior se muestra el cálculo del índice (Spies y Pabst, 2005).

Cuadro 5. Extracto de la tabla de resultados obtenidos en la aplicación del Old-growth hábitat index en un bosque del noroeste de Estados Unidos. DDI, índice de diversidad de diámetros (Spies y Pabst, 2005).

Rodal	Tipo de bosque	Puntuación de los atributos				OGHI
		Arboles grandes/h a	Grandes "snags"	Volumen de árboles caídos	Diversidad de tamaños (DDI)	
62	Secundario	0.00	62.94	64.50	32.90	35.43
67	Secundario	0.00	80.55	59.36	35.40	39.46
68	Secundario	0.00	75.09	66.08	32.10	39.45
60	Secundario	6.53	0.00	57.43	34.70	24.93
65	Maduro	13.50	0.00	56.11	48.70	30.06
42	Maduro	7.22	64.75	62.20	55.00	45.43
41	Maduro	21.19	0.00	59.93	63.20	37.26
20	Adulto	78.86	77.52	57.72	87.70	77.16
25	Adulto	79.59	92.64	77.92	100.00	90.03
27	Adulto	82.09	97.82	66.03	85.00	86.19
1	Adulto	54.21	81.84	100.00	79.20	83.05

5. CALENDARIO DE ACTIVIDADES

Actividad\Semana	nov-12				dic-12				ene-13				feb-13				mar-13				abr-13				may-13				jun-13				jul-13				ago-13				sep-13				oct-13				nov-13				dic-13			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Identificación de las características de bosque adulto																																																								
Definición de metodologías y selección de índice de bosque adulto																																																								
Análisis de datos																																																								
Escritura de resultados, figuras y cuadros																																																								
Discusión de resultados																																																								
Preparación de presentación																																																								
Presentación de la Tesis																																																								
Preparación de publicación																																																								

6. REFERENCIAS

- Acker, S.A., Sabin, T.E., Ganio, L.M., McKee, W.A., 1998. Development of old-growth structure and timber volume growth trends in maturing Douglas-fir stands. *For. Ecol. Manage.* 104, 265–280.
- Aravena J C, M Carmona, C Pérez, J Armesto, 2002. Changes in tree species richness, stand structure and soil properties in a successional chronosequence
- Armesto, J. C Smith-Ramírez, M Carmona, J Celis-Diez, I Díaz, A Gaxiola, A Gutiérrez, M Núñez-Avila, C Pérez, R Rozzi. 2009. Old-growth Temperate Rainforest of South America: Conservation, Plant-Animal Interactions, and Baseline Biogeochemical Process. In: Wirth, C. 2009. Old-growth Forest: function, fate and value.
- Barnes, B.V., D.R. Zak, S.R. Denton, and S.H. Spurr. 1999. *Forest Ecology*. IV Edition, John Wiley & Sons, New York et al., 1999.
- Bailey J, J Tappeiner. 1999. Effects of thinning on structural development in 40- to 100-year-old Douglas-fir stands in western Oregon. *Forest Ecology and Management*. 108: 99-113.
- Carey, A. J. Kershner. B. Biswell. L. Dominguez de Toledo. 1999. Ecological Scale and Forest Development: Squirrels, Dietary Fungi, and Vascular Plants in Managed and Unmanaged Forests. *The Journal of Wildlife Management* 63 (1): 3-71.
- Bauhus J., K. Puettmann, C. Messier. 2009. Silviculture for old-growth attributes. *Forest Ecology and Management*. 258: 525-537.
- CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales, CL). 1999. Descripciones de suelos. Materiales y símbolos. Estudio agrológico de la provincia de Valdivia, X Región, Chile. Santiago, Chile. 199 p.
- D'Amato, A., D. Orwig, D. Foster. 2009. Understory vegetation in old-growth and second-growth *Tsuga canadensis* forests in western Massachusetts. *Forest ecology and Management*. 257: 1043–1052
- Díaz, I., J.J. Armesto, S. Reid, K.E. Sieving & M.F. Willson. 2005. Linking forest structure and composition: avian diversity in successional forests of Chiloé Island, Chile. *Biological Conservation* 123: 91-101
- Di Castri, F., Hayek, E.R. 1976. *Bioclimatología de Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

- Donoso, C. 1993. Estructura, Variación y Dinámica de Bosques Templados de Chile y Argentina. Ecología Forestal. Ed. Universitaria, Santiago, Chile.
- Donoso P.J. 2002. Structure and growth in coastal evergreen forests as the bases for uneven-aged silviculture in Chile. Ph.D. Thesis, State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York, USA. 256pp.
- Donoso, P.J., Nyland, R.D., 2005. Seedling density according to structure, dominance and understory cover in old-growth forest stands of the evergreen forest type in the coastal range of Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 78, 51–63.
- Frank, D., M. Finckh, C. Wirth. 2009. Impacts of Land Use on habitat functions of Old-Growth Forest and their Biodiversity. In: Wirth, C. 2009. Old-growth Forest: function, fate and value.
- Franklin, J.F., Van Pelt, R., 2004. Spatial aspects of structural complexity in old-growth forests. *J. For.* 102, 22–28.
- Fuenzalida, H. 1971. Climatología de Chile. Santiago, Chile, Ed. Universitaria, Santiago, Chile.
- Gutiérrez AG, Armesto JJ, Aravena JC, Carrasco NV, Christie DA, Carmona MR, Pérez C, Peaña MP, Huth A (2009) Structural and environmental characterization of old-growth temperate rainforests of northern Chiloe' Island, Chile: regional and global relevance. *Forest Ecology and Management*, in press.
- Hilbert, J. A. Wlensczyk. 2007. Old-growth definitions and management: A literature review. *BC Journal Ecosystems and Management*.
- Kimmins, J.P. 2003. Old growth forest. An ancient and stable sylvan equilibrium, or a relatively transitory ecosystem condition that offers people a visual and emotional feast? Answer - It Depends
- Lexerød, N. T. Eid. 2006. An evaluation of different diameter diversity indices based on criteria related to forest management planning. *Forest Ecology and Management* 222 17–28.
- Mosseler, A., Lynds, J.A., Major, J.E., 2003. Old-growth forests of the Acadian Forest Region. *Environ. Rev.* 2003 (Suppl. 1), S47–S77.
- Muir P, R Mattingly, J Tappeiner II, J Bailey, W Elliott, J Hagan, J Miller, E Peterson, E Starkey. 2002. Managing for biodiversity in young Douglas-fir forests of Western Oregon. Biological Science Report. (USGS/BRD/BSR 2002 -0006). US Geological Survey, Forest and Rangeland Ecosystem Science Center: Corvallis, OR. 76 p.
- Oliver, C.D., Larson, B.C., 1990. *Forest Stand Dynamics*. Wiley, New York, USA.

- Sink, S. 2009. Managing for Old-Growth Conditions in Second-Growth Temperate Rainforests of South-Central Chile. Tesis PhD. Raleigh, North Carolina State University. 77p.
- Spies, T.A., Franklin, J.F., 1988. Old growth and forest dynamics in the Douglas-fir region of western Oregon and Washington. *Nat. Areas J.* 8, 190–201.
- Spies, T.A., Franklin, J.F., 1991. The structure of natural young, mature, and old-growth forests in Washington and Oregon. In: Ruggiero, L.F., Aubry, K.B., Carey, A.B., Huff, M.H. (Eds.) (Tech. Coords.), *Wildlife and Vegetation of Unmanaged Douglas-fir Forests*. USDA For. Serv. PNW-GTR-285, pp. 91–121.
- Spies, T., J. Franklin. 1996. The diversity and maintenance of old-growth forest. In: Szaro, R.C. and D.W. Johnston eds. 1996. *Biodiversity in Managed Landscapes: Theory and Practice*. Oxford University Press. New York. 778 p.
- Spies, T. 1997. Forest stand structure, composition, and function. In: K. Kohm and J. Franklin. 1997. *Creating a forestry for the 21st century: the science of ecosystem management*. Island Press. New York. 475 p.
- Spies, T., R. Pabst. 2005. Methodology for developing the old-growth index. Appendix 1. In: Franklin, J.F., T. Spies. R. Van Pelt. 2005. *Definition and Inventory of Old Growth Forests on DNR-Managed State Lands*
- Steen, O.A., R.J. Dawson, and H.M. Armleder. 2008. An old-growth index for Douglas-fir stands in portions of the Interior Douglas-fir zone, central British Columbia. *BC Journal of Ecosystems and Management* 9(2):31–47.
- Tappeiner J, D Huffman, D Marshall, T Spies, J Bailey. 1997. Density, ages, and growth rates in old-growth and young-growth forests in coastal Oregon. *Can. J. For. Res.* 27: 638-648.
- Veblen T.T, C Donoso, F M Schlegel, B Escobar. 1981. Forest dynamics in southcentral Chile. *Journal of Biogeography* 8:211-247.
- Veblen T.T. 1985. Forest development in tree-fall gaps in the temperate rain forests of Chile. *National Geographic Research* 1:162-183
- Wirth, C., C. Messier, Y. Bergeron, D. Frank, A. Fankhanel. 2009. Old-Growth Forest Definitions: a Pragmatic View. Chapter 2. In: Wirth, C. 2009. *Old-growth Forest: function, fate and value*.
- Whitman, A. J. M. Hagan. 2007. An index to identify late-successional forest in temperate and boreal zones. *Forest Ecology and Management* 246 144–154.

ANEXOS

Anexo 1. Resumen de los valores de las variables estructurales características de un bosque adulto utilizadas por Acker *et al* (1998).

Rodal	Desviación estándar de los diámetros (DAP)	Densidad de árboles >100 cm de DAP (árboles ha⁻¹)	Promedio de los DAP (cm).	Densidad de todos los árboles (árboles ha⁻¹)	<i>I_{og}</i>
Renoval Rodales estudiados	12	0,5	21	935	0
Mínimo	13	0	32	678	43
Promedio	17	0,6	42	373	54
Máximo	24	3	60	253	67
Bosque adulto	32	19	31	448	100

Anexo 2. Ejemplo de LS Index. A la derecha se muestra la ponderación considerada para los árboles >40 cm de Dap. A la izquierda derecha se muestra la ponderación considerada para la especie indicadora de estructura de bosque adulto.

Large-tree Score	Number of large ($\geq 16''$ DBH) trees (alive or dead)			
	Percentile of LS stands	/ plot	/ acre	/ ha
0	< 1	0	0	0
1	< 1	1-2	1-4	1-12
2	< 1	3-4	5-8	13-22
3	< 1	5-6	9-12	23-32
4	1-9	7-8	13-16	33-42
5	10-24	9-11	17-22	43-57
6	25-40	12-14	23-28	58-72
7	41-50	15-17	29-34	73-87
8	> 50	>17	>34	>87

Lichen Score	Number of trees (alive or dead) with <i>Collema/Leptogium spp.</i>			
	Percentile of LS stands	/ plot	/ acre	/ ha
0	< 9	0	0	0
1	10-50	1-3	1-7	1-15
2	> 50	>3	>7	>15

Example: Suppose you tallied up 15 trees $\geq 16''$ dbh along the 200 m (10 chain) transect, and 3 trees with either *Collema* and/or *Leptogium* spp. The corresponding large-tree score for 15 trees is '7' (table left). The corresponding lichen score is '1' (table above). Thus,

$$\text{LS Index} = 7 + 1 = 8.$$

Anexo 3. Variables consideradas en el índice propuesto por Steen *et al* (2008).

Code	Description
<i>PRIMARY ATTRIBUTES</i>	
BA	Total basal area of all trees ≥ 12.5 cm DBH
BAO57	Total basal area of all trees ≥ 57.5 cm DBH
FREQO57	Percent of plots that contain at least one tree ≥ 57.5 cm DBH
BAO37	Total basal area of all trees ≥ 37.5 cm DBH
FREQO37	Percent of plots that contain at least one tree ≥ 37.5 cm DBH
DENU28	Density (stems per hectare) of trees 12.5–27.5 cm DBH
QMD	Quadratic mean diameter of tree boles ≥ 12.5 cm DBH
STDDBH	Standard deviation of DBH of all trees ≥ 12.5 cm DBH
PCODOM	Percent of stand basal area contributed by codominant trees
CL2O57	Density (stems per hectare) of class 2 wildlife trees ≥ 57.5 cm DBH
CL2O37	Density (stems per hectare) of class 2 wildlife trees ≥ 37.5 cm DBH
SNGAO57	Density (stems per hectare) of all standing dead trees ≥ 57.5 cm DBH
SNGAO37	Density (stems per hectare) of all standing dead trees ≥ 37.5 cm DBH
SNGHO57	Density (stems per hectare) of hard standing dead trees (wildlife tree classes 3 and 4) ≥ 57.5 cm DBH
SNGHO37	Density (stems per hectare) of hard standing dead trees (wildlife tree classes 3 and 4) ≥ 37.5 cm DBH
GAPU2	Percent of sample points in canopy gaps smaller than 0.2 ha ^a
GAPO2	Percent of sample points in canopy gaps larger than 0.2 ha ^a
<i>SECONDARY ATTRIBUTES</i>	
CWDHARD	Volume (m ³ /ha) of coarse woody debris ≥ 7.5 cm in diameter in decay classes 1 and 2 (hard)
CWDINT	Volume (m ³ /ha) of coarse woody debris ≥ 7.5 cm in diameter in decay class 3 (intermediate decay)
PPLBA	Percent of basal area in lodgepole pine trees
REGO50	Percent of sample points in a thicket of small trees (< 12.5 cm DBH) with $\geq 50\%$ ground cover by needles (leaves)
VEGCALA	Percent of sample plots with > 15% ground cover of pinegrass (<i>Calamagrostis rubescens</i>)

^a A frequency measure. A canopy gap is an area larger than 25 m² that has no stems ≥ 12.5 cm DBH. A gap may include any density of regeneration (stems < 12.5 cm DBH).

Anexo 4. Tabla que se utilizara para comparación de atributos estructurales y composicionales.

	Variable	Llancahue					Rucamanque	
		AUTO	ACo	Rco	RCA	RSvm	Aro	Rro
Rodal	Densidad (n° árboles/ha)							
	Área basal (m ² /ha)							
	Árboles de gran tamaño (% de árboles ≥80 cm DAP)							
	Altura promedio del dosel dominante							
	Índice de copas							
	Coficiente de Gini							
	Diversidad de especies (Índice de Shannon)							
	Densidad de especies intolerantes (n° árboles/ha)							
	Densidad de especies tolerantes (n° árboles/ha)							
	Frecuencia de especies en común entre adultos y renovales (%)							
	Cavidades arboles vivos y muertos (presencia/ausencia)							
	Valor de importancia de las especies (IVI)							
Sotobosque	Valor de importancia de la regeneración (IVI)							
	Valor de importancia de las especies del sotobosque (IVI)							
	Diversidad de especies (Índice de Shannon)							
	Riqueza de especies (N° de especies)							
	Cobertura (% de cobertura)							
	Regeneración de especies tolerantes (N° de individuos)							
Material leñoso muerto	Volumen de material leñoso muerto (m ³ /ha)							
	Densidad de Snags (N° de snags/ha)							
	DAP Snags (promedio de Dap)							
	Altura promedio Snags (m)							
	Área basal Snags (m ² /ha)							

