



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

EXISTENCIAS DE NECROMASA EN BOSQUES VÍRGENES Y
MANEJADOS DE LENGUA (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.)
Krasser) EN LA XII REGIÓN

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

KATHERINE DENISSE ALARCÓN JARA

Profesores Guías: Dr. Juan Caldentey Pont. Ingeniero Forestal
Dra. Karen Peña Rojas. Ingeniero Forestal

Santiago, Chile

2009

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

EXISTENCIAS DE NECROMASA EN BOSQUES VÍRGENES Y
MANEJADOS DE LENGUA (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.)
Krasser) EN LA XII REGIÓN

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

KATHERINE DENISSE ALARCÓN JARA

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Dr. Juan Caldentey Pont	6,3
Prof. Guía Dra. Karen Peña Rojas	6,2
Prof. Consejero Dr. Harald Schmidt Van Marle	5,5
Prof. Consejero Dr. Guillermo Julio Alvear	6,0

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN

SUMMARY

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. Antecedentes generales de la especie.....	2
2.1.1. Distribución y descripción.....	2
2.1.2. Requerimientos ecológicos.....	3
2.2. Antecedentes generales de los bosques de lenga en Magallanes.....	4
2.2.1. Sanidad de los bosques de lenga.....	4
2.3. Antecedentes generales de biomasa y necromasa.....	5
2.4. Funciones de la necromasa en los bosques.....	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
3.1. Rodales estudiados.....	7
3.1.1. Selección de los rodales.....	7
3.1.1.1. Antecedentes generales del bosque virgen (BV).....	8
3.1.1.2. Antecedentes generales del bosque con cortas de regeneración realizadas 9 años atrás (CR+9), año 1997.....	9
3.1.1.3. Antecedentes generales del bosque con cortas de protección realizadas hace 15 años atrás (1991) y con corta final realizada el año 2001 (CF)....	10
3.2. Métodos.....	11
3.2.1. Método de muestreo.....	13
3.2.1.1. Muestreo de necromasa en el bosque virgen.....	13
3.2.1.2. Muestreo de necromasa en el bosque después de 9 años de realizada la corta de regeneración.....	17
3.2.1.3. Muestreo de la necromasa en el bosque con corta final.....	18
3.2.2. Métodos utilizados en la estimación de montos de necromasa.....	18
3.2.2.1. Macro-necromasa.....	18
3.2.2.2. Micro-necromasa.....	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1. Bosque virgen.....	20
4.2. Bosque con cortas de regeneración realizadas hace 9 años atrás (CR+9), año 1997.....	22

4.3. Bosque con corta final (CF).....	25
5. CONCLUSIÓN.....	29
6. BIBLIOGRAFÍA.....	30

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

1. ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Volúmenes y porcentajes de pérdidas por pudriciones en función de la edad en un bosque de Lengua en Monte alto.....	5
Cuadro 2: Existencias del bosque virgen y los bosques intervenidos.....	7
Cuadro 3: Densidades según grados de descomposición.....	19
Cuadro 4: Volumen de macro-necromasa, (trozas en el suelo y árboles muertos en pie), en el bosque virgen, según grados de descomposición.....	20
Cuadro 5: Macro-necromasa, en t/ha, (trozas en el suelo y árboles muertos en pie), según grados de descomposición, en el bosque virgen.....	21
Cuadro 6: Volumen de macro-necromasa acumulada en tocones y trozas en el suelo en el bosque CR+9 (m ³ /ha), según grados de descomposición.....	22
Cuadro 7: Macro-necromasa, en t/ha, acumulada en el bosque CR+9 (trozas en el suelo y árboles muertos en pie), según grados de descomposición.....	23
Cuadro 8: Volumen de macro-necromasa acumulado en tocones y trozas en el suelo en el bosque CF (m ³ /ha), según grados de descomposición.....	25
Cuadro 9: Macro-necromasa, en t/ha, acumulada en el bosque CF (trozas en el suelo y árboles muertos en pie), según grados de descomposición.....	26

2. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema con las etapas de los tres bosques estudiados.....	8
Figura 2: Bosque virgen de Lengua.....	9
Figura 3: Bosque de lenga intervenido hace 9 años con una corta de Regeneración.....	10
Figura 4: Bosque de lenga con corta final realizada el año 2001.....	11
Figura 5: Representación gráfica: disposición, dimensiones y formas de las parcelas y sub-parcelas de muestreo (micro y macro-necromasa).....	14
Figura 6: Sub-parcela de micro-necromasa de 1 m ² de superficie.....	14
Figura 7: Recolección y etiquetado de la micro-necromasa de la sub-parcela.....	15
Figura 8: Clasificación de los diferentes componentes de micro-necromasa en hojarasca, sotobosque, corteza y ramas.....	15
Figura 9: Sub-parcela de micro-necromasa antes de realizar la recolección.....	16
Figura 10: Sub-parcela de micro-necromasa después de realizar la recolección.....	16
Figura 11: Representación de una troza medida bajo los parámetros de la formula de Smalian.....	19
Figura 12: Micro-necromasa acumulada (t/ha) y reparto porcentual, según grados de descomposición en el bosque virgen.....	22
Figura 13: Micro-necromasa acumulada (t/ha) y reparto porcentual, según grados de descomposición en el bosque CR+9.....	24
Figura 14: Micro-necromasa acumulada (t/ha) y reparto porcentual, según grados de descomposición en el bosque CF.....	27

RESUMEN

Los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) de la XII Región, son susceptibles a ser atacados por diferentes agentes biológicos, generalmente hongos e insectos, por lo cual un alto porcentaje de madera se pierde por descomposición.

En la actualidad, estos bosques se están manejando mediante el método de cortas de protección, técnica atractiva desde el punto de vista comercial y que no deteriora el recurso forestal a futuro.

Se debe considerar que, aún en los bosques manejados, inevitablemente se perderá madera por muerte natural y por intervenciones silviculturales que dejan desechos. La cantidad de ella y su estado sanitario dependerá de: la edad del rodal, estructura del mismo, fase de desarrollo, calidad del sitio y otros.

Esta investigación tiene como objetivo general, el estimar los montos acumulados de necromasa existente en bosques de *Nothofagus pumilio*, vírgenes y manejados, en la XII Región. Para esto, se estimó las proporciones volumétricas de madera muerta en diferentes estados de pudrición, en tres bosques de lenga.

Para ello, se seleccionaron tres bosques de lenga: Uno virgen de lenga (BV), uno sometido a una corta de regeneración hace 9 años (CR+9) y un tercero sujeto a una corta final 5 años atrás (CF). En cada uno de ellos, en parcelas de 10 m x 10 m, se determinó la existencia de toda la necromasa mayor a 10 cm de diámetro (macro-necromasa). Además, en cada vértice de esta parcelas se realizaron subparcelas de 1 m x 1 m donde se obtuvo la necromasa menor a 10 cm de diámetro (micro-necromasa), clasificándola en: hojarasca, cortezas, sotobosque y ramas menores.

Se estimó una existencia de 70,5 t/ha de macro-necromasa en el bosque virgen, 116,2 t/ha en el bosque CR+9 y 157,2 t/ha en el bosque CF, considerando: árboles muertos en pié, trozas en el suelo y tocones con diferentes grados de descomposición. La micro-necromasa se estimó en 9,2 t/ha en el bosque virgen, 22,3 t/ha en el bosque CR+9 y 17,8 t/ha en el CF.

Palabras Claves: Necromasa, *Nothofagus pumilio*, Chile.

SUMMARY

The lenga forests of XII region are susceptible of being attacked by different biological agents, generally fungi and insects, due to which a high percentage of wood is lost to rotting.

In present times, these forests are being managed by the protective cuttings method, a commercially attractive technique that does not deteriorate the future forest resource.

It must be considered that, even in managed forests, wood will inevitably be lost by natural death and silvicultural intervention waste. The quantity and sanitary state will depend on stand age, stand structure, development stage, site quality and other factors.

This investigation has a general objective of estimating cumulated amounts of necromass on *Nothofagus pumilio* forests, virgin and managed, on the XII region. To that end, volumetric proportion of death wood were estimated, in different rotting states, in three lenga forests.

For this, the selection was three lenga forests: a virgin (VF), one submitted to a regeneration cutting nine years ago (RC+9) and a third submitted to a final cutting five years ago (FC). On each one of them, in lots of 10 m x 10 m, the existence of all necromass bigger than 10 cm (macro-necromass) was determined. Furthermore, in each vertex of these lots there was sub lots of 1 m x 1 m where necromass smaller than 10 cm (micro-necromass) was obtained, categorized as litter, cortex, understory and minor branches.

An existence of 70,5 t/ha of macro-necromass for virgen forest, 116,2 t/ha for the RC+9 forest and 157,2 t/ha for the FC forest was estimated, taking into consideration death trees standing, logs on the floor, and stumps presenting different degrees of rotting. Micro-necromass was estimated 9,2 t/ha for virgin forest, 22,3 t/ha for RC+9 forest, and 17,8 t/ha for FC forest.

Key words: Necromass, *Nothofagus pumilio*, Chile.

AGRADECIMIENTOS

Finalizando una etapa, quiero agradecer a varias personas que de una u otra manera son parte importante en todo el camino recorrido.

En primer lugar doy gracias a mi familia, por su apoyo incondicional. A mis padres y hermana por entregarme energías y fuerzas para seguir adelante, especialmente a mi ma' por brindarme la posibilidad y seguridad para estudiar.

A mis profesores guías Juan Caldentey y Karen Peña por la paciencia, disposición, conocimientos y dedicación prestados en el transcurso de la realización de esta memoria.

A mis profesores consejeros Harald Schmidt y Guillermo Julio por los valiosos aportes y comentarios realizados.

A la empresa "Forestal y Ganadera Monte Alto Ltda." por permitirme trabajar en sus bosques, en especial a Don Federico Hechenleitner por sus valiosos conocimientos, comentarios y opiniones.

A Claudia, Antonio, Daniel, Félix, entre otros por la ayuda en la toma de muestras y procesamiento de éstas.

A Don Eric Campos por sus palabras de aliento y gran disposición brindada.

A Herminia, Mariela, Giannina, Panchita, Marilú por su buena disposición y siempre resolución de todas mis dudas en el transcurso de mis estudios.

A mis amigos, Giannina Álvarez, Tania Mundaca, David Pavéz, Sebastián Lataste, Vania Leal y muchos más; Gracias por los consejos, confianza, ayuda y todos los buenos momentos que compartimos.

Finalmente, pero no menos importante, a Simón Díaz, por el amor, apoyo y confianza durante todos los años que han transcurrido desde que estamos juntos.

1. INTRODUCCIÓN

La lenga (*Nothofagus pumilio*), es una de las especies nativas de mayor importancia económica para Chile, principalmente en las Regiones de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y de Magallanes y Antártica Chilena. Cerca de un 75% de la superficie de las regiones mencionadas anteriormente, esta cubierta por el Tipo Forestal Lenga (CONAF, 1997). Según varios autores, en Argentina la lenga también es una especie que está presente en una gran superficie en el país (Martínez-Pastur *et al.*, 2002; Cuevas, 2002).

Los bosques de lenga son susceptibles de ser afectados por diferentes agentes biológicos (insectos, hongos, etc.). Como consecuencia de esto, un porcentaje considerable de la madera en pie no se comercializa, ya que se encuentra con diversos grados de pudrición.

En estos bosques, la madera muerta es un componente importante, debido a que juega un rol relevante como elemento estructural, hábitat y fuente de alimento para muchos organismos, y como parte de la cadena trófica del ecosistema.

Por otra parte, es importante considerar las existencias de necromasa, las que pueden llegar a representar cantidades significativas de biomasa de los ecosistemas, tanto en el vuelo como a nivel del suelo. Al contar con estimaciones de las existencias de necromasa, se tiene una referencia de la madera que se pierde por pudriciones y se puede proyectar posibles usos para ésta, tales como: residuos para protección del suelo, o para usos productivos como combustión directa y producción de biocarburantes, entre otros.

En esta memoria se han caracterizado las existencias de necromasa acumulada en bosques vírgenes e intervenidos de lenga ubicados en la XII Región, proponiendo un protocolo de medición de necromasa a seguir en terreno y en el posterior procesamiento y análisis de la información.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes generales de la especie

2.1.1. Distribución y descripción

Nothofagus pumilio, pertenece al grupo caducifolio de las especies del género *Nothofagus*, que habitan el territorio chileno. Este género se inserta en la división Fanerógamas, subdivisión Angiospermas, orden Fagales y en la familia de las Fagáceas (Rodríguez *et al.*, 1983).

Según Quintanilla (1974), es un árbol de tronco cilíndrico, que alcanza alturas entre 18 a 20 m. Otros autores, señalan que la especie alcanza alturas de 30 m en las mejores condiciones de sitio, y de 15 m en las peores, considerando un promedio de 20 - 24 m (Martínez Pastur *et al.*, 1997, 2002). Sus hojas son de color verde claro, tienen entre 2 a 4 cm de largo, extendidas y de borde groseramente almenado (CONAF, 1997).

Sobre suelos móviles y como consecuencia del efecto mecánico de la nieve, los troncos tienen un aspecto torcido (Quintanilla, 1974).

La especie tiene una distribución muy amplia, extendiéndose latitudinalmente por alrededor de 2.200 km, desde la localidad de Altos Vilches (35° 35' S), en la precordillera andina de la Provincia de Talca, Región del Maule, hasta el sur de la Isla Hoste (55° 31' S) en la Región de Magallanes (CONAF, 1997).

El Tipo Forestal Lenga representa el 25,3% (3.391.552 ha) de la superficie total de bosque nativo del país, siendo el segundo en importancia a nivel nacional. En Magallanes, estos bosques representan el 42,8% de la superficie total de los bosques de la Región, con 1.124.564 ha, de las cuales el 9,4% (105.380 ha) se encuentran protegidas en el SNASPE (CONAF *et al.*, 1999).

2.1.2. Requerimientos ecológicos

Los climas que caracterizan las áreas de distribución de lenga son variados, dada la extensión de ésta. En cualquier caso, existen denominadores comunes tales como: bajas temperaturas, copiosas nevazones invernales, disminución de las precipitaciones durante los meses estivales y presencia de fuertes vientos (Rodríguez, 1969).

A partir de los 38° S, el efecto mediterráneo desaparece y no se tienen períodos secos (Quintanilla, 1974). Hacia el sur, principalmente en las Regiones de Aysén y de Magallanes, la lenga crece bajo las condiciones del clima trasandino con degeneración esteparia (Fuenzalida, 1965; citado por Donoso, 1981).

Respecto a la temperatura del aire, se puede indicar que los valores medios mensuales son inferiores a los 18° C. Por otra parte de los mapas sinópticos entregados por Almeida y Sáez, citados por CONAF (1997), se constatan temperaturas medias anuales de 14 °C en el extremo norte de la distribución del tipo forestal y de 6° C en el extremo sur. En la Región de Magallanes, la temperatura media anual es de 6° C, la temperatura media máxima en verano varía de 9 a 10° C y la mínima media en invierno es de poco más de 0° C (Mutarelli y Orfila, 1971; citado por Donoso, 1981). Hay una alta incidencia de heladas (Donoso, 1978 citado por Donoso, 1981).

Las precipitaciones en Magallanes, por efecto del clima trasandino con degeneración esteparia que presenta la zona, disminuyen considerablemente en el sentido oeste a este, desde 600 hasta 150 mm, pues las masas de aire llegan con poco contenido de humedad después de atravesar las cumbres cordilleranas (Ortega *et al.*, 1969; Pisano 1977; y Donoso, 1978 citados por Donoso 1981).

Un elemento de gran importancia en el rango de dispersión de lenga es el viento, el cual constituye un importante factor limitante de el crecimiento de las estructuras remanentes, especialmente en verano (Donoso, 1981; Rebertus *et al.*, 1997).

La especie prospera en suelos cordilleranos, delgados y rocosos, expuestos a erosión una vez desprovistos de la cubierta arbórea (Rodríguez, 1969 citado por CONAF, 1997). En la Región de Magallanes, los bosques de lenga se desarrollan sobre suelos pardos podzólicos, originados sobre el material de arrastre de las glaciaciones. Son medianamente profundos a profundos, pero con escasa profundidad útil. Presentan

texturas francas a franco arenosas o gravosas, relativamente densas, con pH ligero a fuertemente ácido y drenaje pobre a mediano (Contreras *et al.*, 1975 citado por CONAF, 1997).

2.2. Antecedentes generales de los bosques de Lenga en Magallanes

La superficie de bosques aptos para la producción de madera, en la Región de Magallanes, es del orden de 500.000 a 600.000 ha, correspondientes mayoritariamente a lenga. La mitad de esta superficie son bosques vírgenes y las otras son áreas intervenidas en el pasado (Schmidt *et al.*, 2003).

2.2.1. Sanidad de los bosques de lenga

Los rendimientos en la cosecha tradicional de trozas aserrables, en los bosques de lenga en Magallanes, pueden considerarse relativamente bajos, ya que en promedio se aprovecha el 30% de las existencias en pie¹. Uno de los factores de mayor incidencia en el bajo aprovechamiento es la alta proporción de árboles con algún grado de pudrición.

Uno de los factores de incidencia directa en el estado sanitario de los árboles es la estructura de los bosques. Pesútic (1978), estimó en la Reserva Forestal Skyring, que las pérdidas volumétricas por pudrición eran de 45% y 7% para los bosques de Lenga-Maitén (*Maytenus disticha*) y Lenga-Montano, respectivamente. Los bosques de Lenga-Maitén crecen bajo los 450 – 500 m.s.n.m, se caracterizan por presentar mayores dimensiones y existencias volumétricas, y se desarrollan bajo condiciones más favorables, factor que contribuye, junto a su estructura, a la proliferación de organismos fúngicos. Los bosques de Lenga-Montano, se desarrollan sobre los 600 m.s.n.m, presentan uno o dos estratos claramente coetáneos y las condiciones ecológicas donde se desarrolla son más desfavorables, esto incide en el menor desarrollo de organismos fungosos, por ende menores ataques, lo que se traduce en una disminución significativa de pérdida de biomasa por pudrición.

Según investigaciones realizadas en el predio Monte Alto, Provincia de Última Esperanza, se demostró que la proporción de volumen de pudrición depende fundamentalmente de la

¹ Comunicación personal: Sr. Federico Hechenleitner C. Ing. Forestal, Universidad de Chile. Administrador Sociedad Ganadera y Forestal Monte Alto Ltda.

edad o fase de desarrollo en que se encuentra el árbol (cuadro 1) (Bown, 1992; Schmidt y Urzúa, 1982).

Cuadro 1: Volúmenes y porcentajes de pérdidas por pudriciones, en función de la edad en un bosque de lenga en Monte alto.

Fase	Edad (años)	Árboles (Nº árb/ha)	DAP (cm)	Volumen (m ³ /ha)	Volumen pudrición (%)
Regeneración	64	88	11	11	0%
Crecimiento óptimo	96	1.569	20	303	2%
Envejecimiento	155	706	32	314	3%
Desmoronamiento	201	375	36	220	17%
Desmoronamiento	250	13	46	12	43%

Fuente: Schmidt y Urzúa (1982).

Estos aspectos son importantes de considerar en los estudios de necromasa, porque dependiendo de factores como: estructura de los bosques, edad y fase de desarrollo de los árboles, variarán las características de los montos acumulados de necromasa en los bosques. Éstos incidirán directamente en los usos futuros de este componente de la biomasa.

2.3. Antecedentes generales de biomasa y necromasa

Se define biomasa como la cantidad total de materia viva presente en un momento dado en un sistema biológico. Constituida por fitomasa y zoomasa. Generalmente se expresa en unidades de peso seco por unidad de superficie (Newbould, 1967, citado por Bown, 1992).

El conocimiento de la fitomasa es una base necesaria para la planificación de la producción, debido a que entrega información respecto a magnitudes, calidades y distribución de los productos del bosque (Teller, 1988, citado por Bown, 1992). Su conocimiento también es importante desde un punto de vista ecológico, porque permite estimar la producción real de un sitio forestal (Ribalta, 1983).

La importancia de los estudios de biomasa vegetal obedece, de acuerdo a Pardé (1980), citado por Bown (1992), a razones comerciales, científicas y energéticas.

La necromasa se entiende como la parte de la biomasa de un ecosistema, que se compone de madera y órganos muertos, en ocasiones unidos aún a los árboles en pie, como es el caso de las ramas, hojas e inflorescencias muertas. A lo anterior, se suma la materia orgánica en diverso grado de descomposición, que se encuentra en el suelo de los ecosistemas, llegando en sus últimas etapas a la formación del humus. Aunque muchas veces se integra la necromasa dentro de la biomasa total de un ecosistema. También el término se aplica en oposición a biomasa, que en estos casos designa exclusivamente a la materia orgánica viva (Paypal, 2004).

Según MacDicken (1997), los detritos vegetales o necromasa se definen como la materia orgánica que reposa en la superficie del suelo, generalmente en estado fresco y con bajo grado de descomposición. Los detritos vegetales pueden separarse en hojarasca fina y detritos no finos o detritos de madera gruesa. (Herrera, 2001). La hojarasca fina esta conformada por hojas, flores, frutos, semillas y fragmentos de estos, ramitas y material leñosos con diámetros variablemente definidos según Proctor (1983). En este estudio se considerará diámetro límite de las ramillas igual o menor a 2 cm, para clasificarlas como parte de la hojarasca, al igual que lo propuesto por Scott *et al.* (1992) y Moran *et al.* (2000).

No existen muchos antecedentes de estudios específicos de necromasa, siempre se ve asociada y tratada muy superficialmente en investigaciones de cuantificación de carbono, residuos en el manejo del fuego u otros temas relacionados.

2.4. Funciones de la necromasa en los bosques

Ecológicamente, la madera muerta juega un rol relevante como: elemento estructural, hábitat, estructura a la biodiversidad y fuente de alimento para muchos organismos (vertebrados, invertebrados, hongos, especies acuáticas, líquenes y hepáticas). Su rol en geomorfología de pendientes y la importancia en el almacenamiento de carbono a largo plazo, como parte de la cadena trófica del ecosistema; y también es importante en la productividad de los bosques. (Stevens, 1997; Delgado y Pedraza, 2002). Otros autores consideran además, su rol en los flujos de energía y ciclos de nutrientes como modificador del suelo en el transporte y almacenaje de sedimentos y en protección física para el establecimiento de las semillas (Pulido *et al.*, 2000).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Rodales estudiados

En esta investigación se estudió la necromasa acumulada en tres bosques de lenga, en Magallanes, con y sin intervenciones silviculturales. Se consideró: un bosque virgen (BV), un bosque después de 9 años de realizada la corta de regeneración (CR+9) y un bosque con corta final en el año 2001 (CF+5), sometido hace 15 años a una corta de regeneración.

El bosque con corta de regeneración y el bosque con corta final, están ubicados en el predio Estancia Jerónima (Lote 2-B), de la empresa “Constructora SALFA S.A.”, en la Comuna de Puerto Natales, Provincia de Última Esperanza, entre las coordenadas UTM 19 F 0313805 y 4226271. El bosque virgen se encuentra en el predio Monte Alto, de la empresa “Forestal y Ganadera Monte Alto Ltda.”, colindante con el anterior.

3.1.1. Selección de los rodales

En el Cuadro 2, se presentan los valores de densidad (Nha), área basal (Gha) y volumen (Vha) del bosque original, para el bosque virgen y las dos situaciones intervenidas (CR+9 y CF).

Cuadro 2: Existencias del bosque virgen y los bosques intervenidos.

Bosque original	Bosques	Virgen	CR+9	CF
	Nha (árb/ha)	755	400	415
	Gha (m ² /ha)	64	74	82
	Vha (m ³ /ha)	653	734	811
Cosecha	Nha (árb/ha)	-	184	367
	Gha (m ² /ha)	-	24	55
	Vha (m ³ /ha)	-	244	553
Dosel de protección original	Nha (árb/ha)	755	216	48
	Gha (m ² /ha)	64	50	27
	Vha (m ³ /ha)	653	490	258

Fuente: Silva (2005).

En la figura 1, se puede apreciar un esquema que muestra las etapas de los bosques de lenga estudiados, el rodal sin intervenir (bosque virgen), bosque con 9 años después de la corta de regeneración y a 15 años después de la corta de regeneración (corta final hace 5 años).

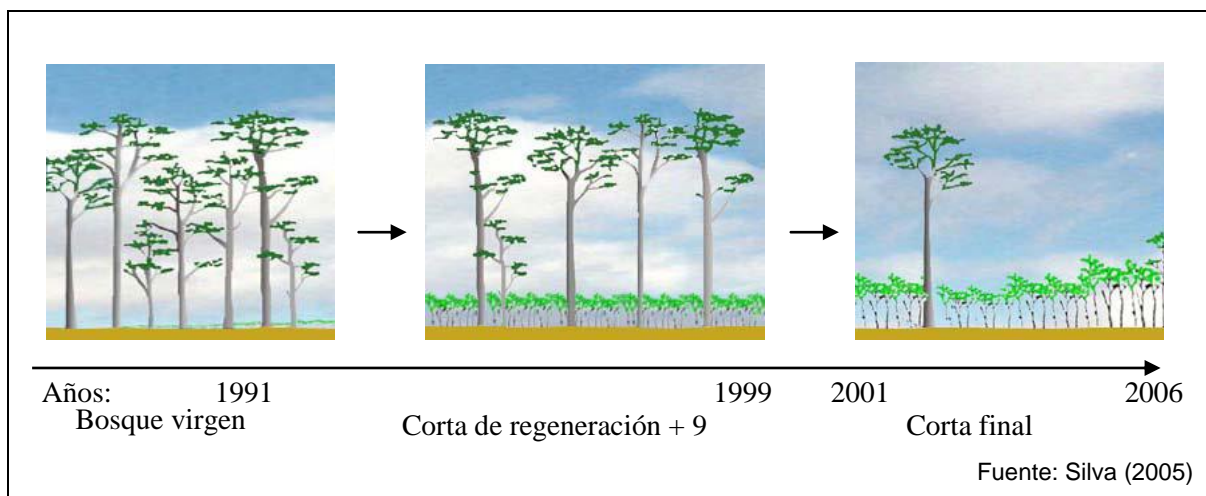


Figura 1: Esquema con las etapas de los tres bosques estudiados.

3.1.1.1. Antecedentes generales del bosque virgen (BV)

El bosque virgen, es un rodal de lenga puro que no presenta intervención silvícola, con un índice de sitio de 22 m, exposición SE y pendiente de 8°. La estructura corresponde a la de un rodal coetáneo, en fase de desmoronamiento con crecimiento óptimo (Figura 2). Respecto a la regeneración, existe un banco natural de plántulas que se va renovando continuamente con 490.000 plantas/ha, con más del 90% de la regeneración con altura inferior a 20 cm y promedio de la regeneración dominante de 48 cm, edades entre 3 y 28 años con un promedio de 16,2 años Silva (2005).



Figura 2: Bosque virgen de lenga.

3.1.1.2. Antecedentes generales del bosque con cortas de regeneración realizadas 9 años atrás (CR+9), el año 1997

El rodal CR+9, es un bosque puro de lenga, con índice de sitio 24 m, exposición NE y pendiente de 5°. Presenta un volumen mayor de sotobosque que el bosque virgen y dado que las copas están abiertas se desarrolla una regeneración más vigorosa con aproximadamente 300.000 plantas/ha y 55% de ella con altura inferior a 20 cm, el promedio de la regeneración dominante es de 139 cm y las edades de esta fluctúan entre 7 y 35 años con un promedio de 18,9 años Silva (2005), (Figura 3).



Figura 3: Bosque de lenga intervenido hace 9 años con una corta de regeneración

3.1.1.3. Antecedentes generales del bosque con cortas de protección realizadas hace 15 años atrás (1991) y con corta final realizada el año 2001 (CF)

El rodal CF es un bosque puro de lenga que fue intervenido mediante una corta final el año 2001. Presenta índice de sitio de 24 m, está ubicado en una exposición NE y tiene una pendiente de 3°. La regeneración es de aproximadamente 250.000 plantas/ha y se distribuye en clases de altura de manera más homogénea que la existente en bosques mencionados anteriormente, el 35% está en la clase de altura de 51 a 100 cm y el 31% está ubicado en la clase de 101 a 200 cm. La altura promedio de la regeneración dominante según Silva (2005) es de 242 cm, con edades entre 10 y 42 años y en promedio 20 años (Figura 4).



Figura 4: Bosque de lenga con corta final realizada el año 2001.

3.2. Métodos

A pesar de la diversidad de información existente en relación a métodos utilizados para medir y estimar la madera muerta en diferentes bosques, no se encontró una metodología propuesta como un protocolo en el que se señale específicamente los parámetros y formas de medir la necromasa en terreno. Debido a ello, en base a investigaciones y experiencias realizadas por otros investigadores que trabajan en temas relacionados, se utilizó la siguiente metodología:

En los tres bosques estudiados se clasificó la macro-necromasa (necromasa mayor a 10 cm de diámetro), de acuerdo a sus grados de descomposición. Con el fin de fijar un criterio homogéneo y reproducible, y además de facilitar la clasificación en terreno, se utilizaron los parámetros de clasificación propuestos por Schlegel *et al.* (2001), quienes definen las siguientes cinco categorías de descomposición:

- Grado de descomposición 1: Se refiere a aquel material recientemente caído, que no presenta signos de descomposición. Puede reconocerse por la presencia de corteza y por su color, además de las características físicas de la madera.

- Grado de descomposición 2: Se refiere al material que visualmente presenta indicios de algún grado de descomposición, en la mayoría de los casos aún presenta corteza, color y características físicas de la madera más acordes con estados primarios de descomposición. Se caracteriza porque al golpearlo se constata que sus componentes están fuertemente agregados.
- Grado de descomposición 3: Se refiere al material que visualmente presenta indicios de descomposición, pérdida de corteza (no atribuible a daño físico), color y características físicas de la madera. Se reconoce porque al golpearlo sus componentes siguen estando agregados, y al levantar un trozo con la mano éste no se deshace, permaneciendo cohesionado.
- Grado de descomposición 4: esta categoría considera el material descompuesto que aún mantiene la forma original de caída. Puede reconocerse fácilmente por su avanzado estado de descomposición y por su color. Se desmorona fácilmente al someterlo a un esfuerzo de presión, con caída de secciones. Presenta madera blanda y al levantar un trozo éste se desagrega en pequeños trozos.
- Grado de descomposición 5: esta categoría considera el material descompuesto que aún puede mantener la forma original de caída o encontrarse un poco disgregado. Puede reconocerse fácilmente por su avanzado estado de descomposición y por su color. Se desmorona fácilmente al someterlo a un esfuerzo de presión. A diferencia del estado de descomposición anterior, se desagrega en partículas de madera, trozos pequeños e incluso, a veces, sólo polvo.

3.2.1. Método de muestreo

El muestreo de necromasa se realizó de igual manera en los tres bosques. La única diferencia en el muestreo fue la no consideración de restos de cosecha en los bosques CR+9 y CF.

3.2.1.1. Muestreo de necromasa en el bosque virgen

La toma de muestras y datos se inició con la delimitación de 10 parcelas de 1/100 ha cada una (Figura 5), metodología empleada por otros autores tales como, Lastres y Frances (1992), Anderson e Ingram (1993) y Álvarez (1993). En cada parcela se censó la totalidad de los árboles caídos y fustes que estaban en el suelo, con un diámetro mayor o igual a 10 cm, obteniendo la estimación de la macro-necromasa presente en el sector. El censo consistió en identificar cada troza, midiendo el diámetro mayor, el diámetro menor y el largo, para posteriormente estimar el volumen (mediante la fórmula de Smalian), existente por unidad de superficie (ha).

Una vez que se censó la macro-necromasa (diámetros mayores a 10 cm), en cada parcela se determinaron las existencias de necromasa de menor dimensión, la que se denomina micro-necromasa. Para ello, dentro de cada parcela de 100 m², se realizaron 4 sub-parcelas, de 1 m² de superficie, distribuidas sistemáticamente (Figuras 5, 6 y 7). En cada sub-parcela se clasificaron todas las ramas con diámetro mayor de 2 cm y menor de 10 cm, según grado de descomposición (GD1 hasta GD5) además, se separó la hojarasca, corteza y sotobosque de todo el material colectado (Figura 8). Todo este material clasificado fue pesado en verde, y posteriormente se tomaron sub-muestras y se secaron a 65° C hasta llevar a peso constante, con los resultados de peso verde y seco de las ramas se obtuvieron las t/ha de micro-necromasa.

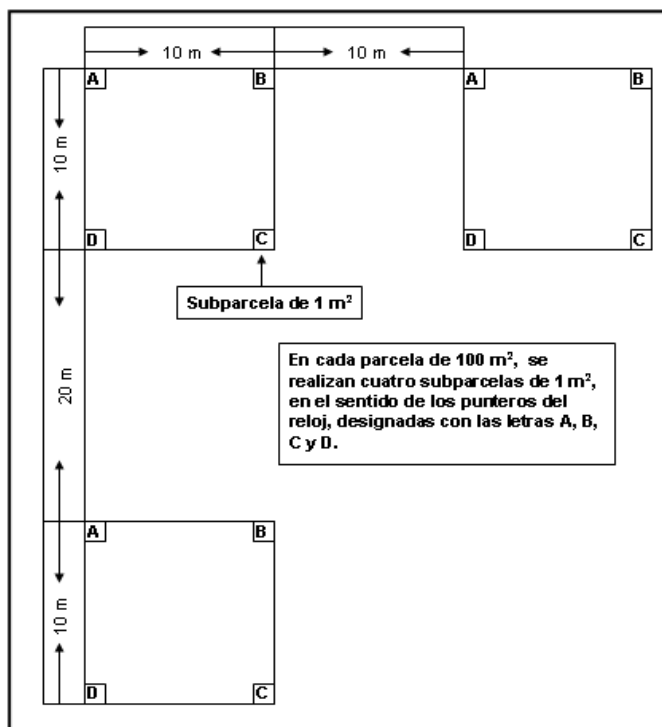


Figura 5: Representación gráfica de la disposición, dimensiones y formas de las parcelas y sub-parcelas de muestreo (micro y macro-necromasa).



Figura 6: Sub-parcela de micro-necromasa de 1 m² de superficie.



Figura 7: Recolección y etiquetado de la micro-necromasa de la sub-parcela.



Figura 8: Clasificación de los diferentes componentes de micro-necromasa en hojarasca, sotobosque, corteza y ramas.

En la figura 9 se observa una de las sub-parcelas de micro-necromasa muestreadas donde están presentes hojarasca, ramas de diferentes diámetros, corteza y sotobosque.

Todo lo presente en 1m² fue recolectado clasificado y pesado. Una vez que se recolectó todo lo presente en la superficie delimitada, la sub-parcela quedó como se muestra en la figura 10.



Figura 9: Sub-parcela de micro-necromasa antes de realizar la recolección.



Figura 10: Sub-parcela de micro-necromasa después de realizar la recolección.

Para este caso específico, la necromasa, de individuos muertos en pie, se utilizaron ecuaciones de biomasa de árboles vivos de lenga, elaboradas para bosques ubicados en la misma zona de estudio (Bown, 1992). Esto, basado en Schlegel *et al.* (2001), Zapata (2001) y Márquez y Roy (2000) que señalan que para los árboles muertos en pie se pueden utilizar las funciones de biomasa de los árboles vivos, pero considerando un factor de descuento que se determinará para cada caso (alrededor de 70% de la biomasa viva). Esto se debe a que los árboles muertos pierden parte de su biomasa, como las hojas, las ramas, la corteza y parte de las raíces, dependiendo del grado de descomposición en que se encuentren.

Para los troncos caídos, el procedimiento consistió en estimar el volumen con la fórmula de Smalian y después se ponderó con la densidad de la madera, para calcular las toneladas acumuladas por hectárea de necromasa. En algunos casos, en que el estado de descomposición no permitía un análisis de densidad, la dendromasa se obtuvo en forma directa al determinar el peso seco de ella.

El análisis estadístico de los datos se realizó calculando parámetros básicos tales como media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, etc. y además aplicando un análisis de varianzas, para comprobar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, cuando existieron diferencias significativas se realizó una comparación múltiple de medias (Duncan), para especificar las diferencias entre los tratamientos.

3.2.1.2. Muestreo de necromasa en el bosque después de 9 años de realizada la corta de regeneración

En esta situación no se consideró la necromasa proveniente de los restos de las intervenciones pasadas, sólo se muestreó la necromasa de árboles caídos. Para diferenciar una de otra se examinaron huellas de motosierra. Se procedió de igual manera que en el bosque virgen, 10 parcelas de 100 m² para censar macro-necromasa y 4 sub-parcelas de 1 m² para censar la micro-necromasa (Figura 1). La determinación de la necromasa de árboles muertos en pie y caídos se realizó de igual forma y teniendo las mismas consideraciones descritas en el punto anterior para bosque virgen.

3.2.1.3. Muestreo de necromasa en el bosque con corta final

Los procedimientos para realizar las mediciones de macro y micro-necromasa, fueron los mismos utilizados para los bosques CR+9 y virgen.

3.2.2. Métodos utilizados en la estimación de montos de necromasa

3.2.2.1. Macro-necromasa

Con los diámetros (mayor y menor) y largo de la troza se calculó el volumen en m³/ha presente en los diferentes bosques, para ello se utilizó la fórmula de Smalian:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} * L$$

Donde:

V: Volumen de la troza en m³ (Figura 8)

A1: $(\pi * r_1^2) / 10.000$

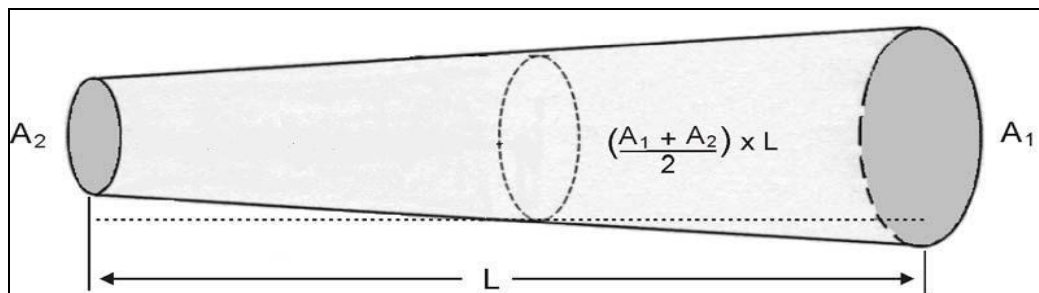
A2: $(\pi * r_2^2) / 10.000$

L: Largo de la troza (m)

π : 3,141592

r_1^2 = Radio menor de la troza al cuadrado (cm)

r_2^2 = Radio mayor de la troza al cuadrado (cm)



Fuente: Laton. (2007)

Figura 11: Representación de una troza medida bajo los parámetros de la fórmula de Smalian.

Este cálculo se realizó en las trozas mayores a 10 cm que se encontraban en el suelo de los tres bosques, en los tocones presentes en el bosque C+9 y CF, y en los árboles muertos en pie presentes en los tres bosques, en este último calculo los resultados se corroboraron con las ecuaciones de biomasa de árboles vivos de lenga considerando un factor de corrección de alrededor de 70% de la biomasa viva. (Márquez y Roy., 2000 y Zapata., 2001).

Posteriormente, se ocuparon las densidades descritas para lenga para los diferentes grados de descomposición, para obtener las toneladas por hectárea de macro-necromasa (cuadro 3).

Cuadro 3: Densidades medias según grados de descomposición

Grados de descomposición	Densidad g/cm ³
I	0,52
II	0,40
III	0,37
IV	0,20
V	0,17

Fuente: Richter y Dallwitz (2000) y Heim (2006).

3.2.2.2 Micro-necromasa

Los resultados de micro-necromasa se obtuvieron al pesar en verde las muestras obtenidas en terreno (el material recolectado en la sub-parcela de 1m² de superficie), posteriormente se tomaron sub-muestras y se secaron a 65° C hasta llevar a peso constante. Con los resultados de peso verde y seco de las sub-muestras se calculó las toneladas de micro-necromasa por hectárea. Este procedimiento fue empleado en los tres bosques estudiados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Bosque virgen

El volumen de macro-necromasa acumulada en el bosque virgen es de aproximadamente 248 m³/ha del cual un 92% corresponde a trozas en el suelo y un 8% a árboles muertos en pie (Cuadro 4).

Cuadro 4: Volumen de macro-necromasa, (trozas en el suelo y árboles muertos en pie), en el bosque virgen, según grados de descomposición.

Tipo de macro-necromasa (m ³ /ha)	Grados de descomposición					Total acumulado (m ³ /ha)
	I	II	III	IV	V	
Trozas en el suelo	22,825	11,764	38,539	101,934	49,727	228,789
Árboles muertos en pie	14,486	1,842	1,765	1,539	0	19,633
Total	37,311	17,606	40,304	103,474	49,727	248,421

El grado de descomposición IV es la categoría que tiene mayor incidencia, lo que se explica porque en una de las parcelas de macro-necromasa se encontró un árbol caído de gran diámetro que atravesaba toda la parcela de 100 m² (Cuadro 4). Si bien esto sólo ocurrió en una de las parcelas, es representativo de la situación general del bosque y por eso se consideró como un antecedente valedero en el análisis.

El volumen de madera muerta mayor a 10 cm de diámetro, en diferentes grados de descomposición es bastante elevado, aproximadamente 38% del volumen fustal total si se compara por lo manifestado por Silva (2005) para bosques vírgenes de similares características (653 m³/ha). Este elevado porcentaje se explica por el alto número de los árboles maduros y sobremaduros en el bosque, alrededor del 65% entre las dos categorías, lo que coincide con antecedentes de Silva (2005) en bosques vírgenes con 39% en árboles sobremaduros en fase de desmoronamiento, 29% en árboles maduros en fase de envejecimiento y 32% en árboles juveniles en fase de crecimiento óptimo.

Al ponderar los diferentes grados de descomposición con sus densidades promedios respectivas, se obtiene la macro-necromasa (Cuadro 5), expresada en toneladas por hectárea.

Cuadro 5: Macro-necromasa, en t/ha, (trozas en el suelo y árboles muertos en pie), según grados de descomposición, en el bosque virgen.

Tipo de macro-necromasa (t/ha)	Grados de descomposición					Total acumulado (t/ha)
	I	II	III	IV	V	
Trozas en el suelo	11,869	6,306	14,278	20,387	8,454	61,293
Árboles muertos en pie	7,533	0,737	0,653	0,308	0	9,231
Total	19,402	7,042	14,931	20,696	8,454	70,523

Se estima una acumulación total de 70,5 t/ha (Cuadro 5), valor superior a las aproximadamente 50 t/ha señaladas por Richter y Frangi (1992) y muy cercano a las cerca de 70 t/ha mencionadas por Weber (2001), ambas referencias para bosques similares.

Al realizar una análisis de medias de Duncan para la macro-necromasa en el bosque virgen, se manifiesta que las categorías grado de descomposición IV y II presentan diferencias significativas, considerando $\alpha=0,05$, respecto a todas las categorías de descomposición y entre sí.

En la estimación de la micro-necromasa se obtienen 9,3 t/ha, donde las categorías más representadas son las de grado de descomposición II y III con 5,1 t/ha y 2,9 t/ha respectivamente, abarcando en conjunto el 86% de la micro-necromasa presente en el bosque (Figura 12). Al realizar el análisis de medias Duncan, considerando $\alpha=0.05$, se encuentran diferencias significativas entre todos los tratamientos, es decir, entre las cinco medias de grados de descomposición. La micro-necromasa según grados de descomposición se distribuye mayoritariamente en los grados de descomposición II y III con un 55% y 31% respectivamente (Figura 12).

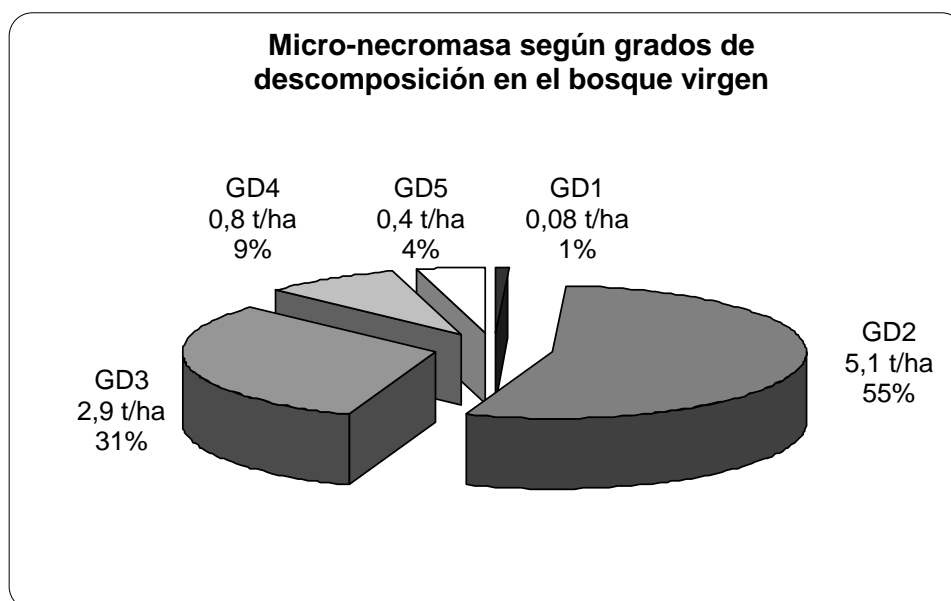


Figura 12: Micro-necromasa acumulada (t/ha) y reparto porcentual, según grados de descomposición en el bosque virgen.

Considerando la micro (sólo ramas) y macro-necromasa presente, en forma conjunta, en el bosque virgen se obtiene un total de 79,8 t/ha de necromasa, en diferentes grados de descomposición.

4.2. Bosque con cortas de regeneración realizadas hace 9 años atrás (CR+9), año 1997

El volumen de macro-necromasa acumulada en el bosque CR+9 se estima en 337,4 m³/ha, 94,7% de las trozas en el suelo y 5,3% de tocones. El reparto de esta necromasa según su grado de descomposición se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 6: Volumen de macro-necromasa acumulada en tocones y trozas en el suelo en el bosque CR+9 (m³/ha) según grados de descomposición.

Tipo de macro-necromasa (m ³ /ha)	Grados de descomposición					Total acumulado (m ³ /ha)
	I	II	III	IV	V	
Trozas en el suelo	47,732	97,890	67,630	73,266	32,991	319,510
Tocones	0,797	14,557	1,402	1,163	0	17,920
Total	48,530	112,448	69,032	74,429	32,991	337,430

La categoría de descomposición II es la que tiene la mayor incidencia, representando el 33% del volumen de macro-necromasa acumulado por unidad de superficie (Cuadro 6).

El volumen de madera muerta en diferentes grados de descomposición encontrado en el bosque estudiado es bastante elevado, aproximadamente 46% del volumen fustal, considerando el volumen fustal promedio de 734 m³/ha.

Al ponderar los volúmenes con las densidades promedio de los diferentes grados de descomposición, se obtienen la macro-necromasa, expresada en t/ha, acumulada en el bosque CR+9. (Cuadro 7).

Cuadro 7: Macro-necromasa, en t/ha, acumulada en el bosque CR+9 (trozas en el suelo y árboles muertos en pie), según grados de descomposición.

Tipo de macro-necromasa (t/ha)	Grados de descomposición					Total acumulado (t/ha)
	I	II	III	IV	V	
Trozas en el suelo	24,821	39,156	25,023	14,653	5,608	109,262
Tocones	0,415	5,823	0,519	0,233	0	6,989
Total	25,236	44,979	25,542	14,886	5,608	116,251

Las categorías de descomposición más representadas son la I y la II, sumando el 60% del total (Cuadro 7). Situación que se explica ya que al someter el bosque a una corta de protección inevitablemente quedan desechos de la faena. Estos se confunden con la necromasa natural puesto que se hace muy difícil distinguir madera muerta natural de los restos de corta.

Los tocones acumulan cerca de 7 t/ha, en ellos la categoría II es la más representada con aproximadamente el 76% (Cuadro 7). Lo anterior, debido a que la corta de protección se realizó en el año 1997, estando los tocones, en los años aproximadamente 9 años posteriores, sometidos a factores biológicos y ambientales condicionantes de la descomposición.

Al realizar el análisis de varianzas, de la macro-necromasa por grado de descomposición, considerando un $\alpha=0,05$, se encuentran diferencias significativas entre los tratamientos;

Según Duncan, las diferencias están en el grado de descomposición II y V en relación a los restantes grados de descomposición.

La micro-necromasa acumulada en el bosque CR+9 alcanza a las 22,3 t/ha (ramas en diferentes grados de descomposición), siendo el grado de descomposición II el más representado, con 8,5 t/ha (Figura 14). El análisis de medias de Duncan, indica que existen diferencias significativas, considerando $\alpha=0,05$, entre los cinco grados de descomposición.

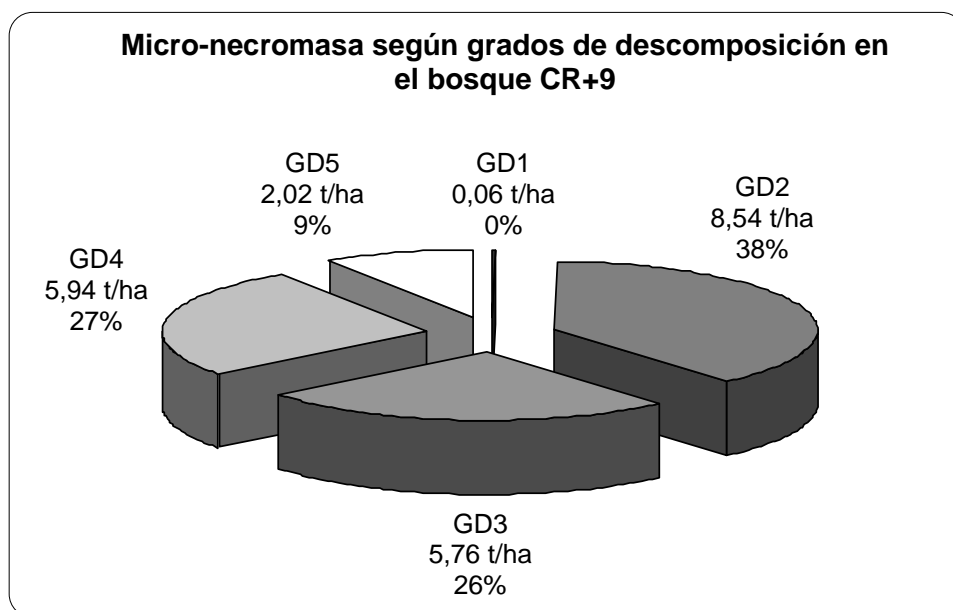


Figura 13: Micro-necromasa acumulada (t/ha) y reparto porcentual, según grados de descomposición en el bosque CR+9.

Al considerar la micro (sólo ramas) y la macro-necromasa acumuladas en el bosque CR+9 se alcanza un total de 138,6 t/ha de necromasa, en diferentes grados de descomposición.

4.3. Bosque con Corta final (CF)

En el bosque CF se estima un volumen total acumulado de macro-necromasa de 461,7 m³/ha, repartido en diferentes grados de descomposición (Cuadro 8).

Cuadro 8: Volumen de macro-necromasa acumulado en tocones y trozas en el suelo en el bosque CF (m³/ha) según grados de descomposición.

Tipo de macro-necromasa (m ³ /ha)	Grados de descomposición					Total acumulado (m ³ /ha)
	I	II	III	IV	V	
Trozas en el suelo	0	169,681	152,369	114,254	0	436,304
Tocones	0	22,24	3,31	0	0	25,391
Total	0	191,324	155,680	114,254	0	461,695

Las categorías de grado de pudrición con mayores volúmenes estimados son las categoría II (41%), III (34%) y IV (25%). Las categorías extremas I y V, no acumularon montos significativos de macro-necromasa (Cuadro 8).

Silva (2005), señala que un bosque con cortas de regeneración de similares características presentaba un volumen promedio fustal de 811 m³/ha. El bosque estudiado presenta un volumen de madera muerta, en diferentes grados de descomposición, notablemente elevado. El monto acumulado alcanza, aproximadamente, el 57% del volumen fustal señalado por Silva (2005), esto se explica porque las intervenciones pasadas realizadas en el bosque, una corta de regeneración y una corta final, dejaron muchos residuos en el piso del suelo que aportan al total de necromasa acumulada.

Al ponderar los volúmenes acumulados con las densidades promedio que presenta la madera en los diferentes grados de descomposición, se obtiene la macro-necromasa acumulada en el bosque CF, expresada en t/ha (Cuadro 9).

Cuadro 9: Macro-necromasa, en t/ha, acumulada en el bosque CF (trozas en el suelo y árboles muertos en pie), según grados de descomposición.

Tipo de macro-necromasa (t/ha)	Grados de descomposición					Total acumulado (t/ha)
	I	II	III	IV	V	
Trozas en el suelo	0	67,872	56,377	22,851	0	147,100
Tocones	0	8,897	1,225	0	0	10,123
Total	0	76,770	57,602	22,851	0	157,222

El mayor monto de macro-necromasa (t/ha), existente en este bosque, se debe a los residuos que quedaron en las intervenciones silvícolas anteriores que lo afectaron (corta de regeneración y corta final). Producto de ellas se encuentra muchos residuos de gran tamaño y tocones en diferentes grados de descomposición (mayoritariamente en el II grado de descomposición).

Según el análisis de medias de Duncan, en la macro-necromasa de CF, se obtienen diferencias significativas, considerando $\alpha=0,05$, entre los grados de descomposición II, III y IV.

La micro-necromasa estimada que se acumula en el bosque es de 17,9 t/ha de ramas, en diferentes grados de descomposición. Siendo el grado de descomposición II el más representado posteriormente los grados III, IV y V y I. Los montos y el reparto porcentual en cada categoría se aprecian en la figura 14.

Existen diferencias significativas en todos los grados de descomposición para los datos de micro-necromasa, considerando $\alpha=0,05$.

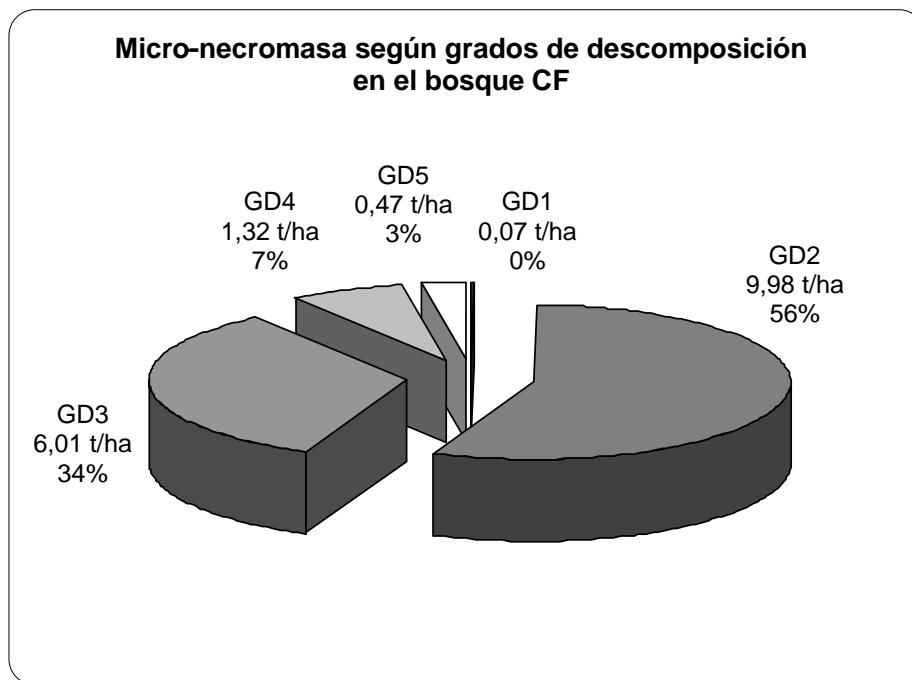


Figura 14: Micro-necromasa acumulada (t/ha) y reparto porcentual, según grados de descomposición en el bosque CF.

Al igual que en el bosque virgen y en el bosque con cortas de regeneración realizadas hace 9 años, la categoría de descomposición más representada es la II, en este caso con aproximadamente el 56%, y luego la categoría III, con el 34% (Figura 12, 13 y 14).

El total de necromasa acumulada en el bosque CF, considerando macro y micro-necromasa, se estima en 175,9 t/ha.

En relación a los resultados expuestos, uno de los factores que incide directamente en los montos de necromasa acumulada estimada, es el número y tipo de intervenciones aplicadas al bosque, esto quedó reflejado en los resultados obtenidos, puesto que al aumentar el número de intervenciones (cortas de regeneración y corta final), aumenta también la necromasa acumulada en el suelo, como restos de explotación.

Se ha señalado la importancia que tiene este recurso en el mantenimiento de la biodiversidad y en el adecuado funcionamiento de los ecosistemas, de aquí también la necesidad de regular el uso en los programas de manejo integral de bosques, de modo de aprovechar el recurso de manera sostenible.

Un factor que puede mermar actualmente la cantidad de madera muerta, es su uso como material combustible, en particular por la población rural que depende de la leña como principal combustible para su vida cotidiana, la solución está en regular el mercado de la leña que hasta el momento ha sido un mercado bastante informal, esto podría servir para controlar el uso y evitar el abuso del recurso.

Debido a los altos montos de necromasa obtenidos y en comparación a los resultados expuestos por Richter y Frangi (1992) ó Weber (2001) en bosques de similares características, se recomienda estudiar el uso adecuado de este material, económica, ecológica y socialmente.

Se debe considerar, que las existencias expuestas en este trabajo, y en general la disponibilidad total de biomasa, pueden destinarse a múltiples usos (calor, electricidad, biocombustibles, etc.). Dependiendo de análisis costo-beneficio que se realicen en investigaciones paralelas se podrá considerar el o los usos mas adecuados para el recurso. Además, el aprovechamiento de la necromasa y biomasa en general, implica beneficios ambientales, mejoras productivas y generación de energía que es un tema sensible en Chile y en todo el planeta.

5. CONCLUSIÓN

El protocolo de medición específico para necromasa, demostró ser una buena guía para realizar las mediciones en terreno y en laboratorio.

Las características específicas (montos y composición) de la necromasa dependen de varios factores tales como: especies que constituyen el bosque, edad del bosque, índice de sitio, número y tipo de intervenciones, silvicultura aplicada, método de cortas, tipo de metodología empleada en el muestreo, entre otros.

En los tres bosques estudiados se obtienen altos montos de necromasa acumulada, en comparación a bosques de similares características.

Las existencias de necromasa en el piso del bosque aumentan en la medida que se realizan un mayor número de intervenciones.

En los tres bosques estudiados se encuentran diferencias significativas en los grados de descomposición de macro y micro-necromasa. Siendo el más representado el grado de descomposición II en las tres situaciones.

Las existencias de necromasa expuestas en este trabajo, pueden destinarse a múltiples usos (calor, electricidad, biocombustibles, etc.), este aprovechamiento implica beneficios ambientales, mejoras productivas y generación de energía que es un tema sensible en Chile y en todo el planeta.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, E. 1993.** Composición florística, diversidad, estructura y biomasa de un bosque inundable, en la Amazonía Colombiana. Trabajo de tesis para optar por al título de Magíster en Biología, Áreas Ecología. Universidad de Antioquia. Medellín. 473 p.
- ANDERSON, J. e INGRAM, J. 1993.** Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. CAB international, UK. 240 p.
- BOWN, H. 1992.** Biomasa en bosques de Lenga (*Nothofagus pumilio*) (Poepp. et Endl.) Krasser) en la Provincia de Ultima Esperanza, XII Región. Memoria de título Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago. Chile. 63 p.
- CONAF. 1997.** Monografía de la Lenga, *Nothofagus pumilio*. Potencialidad de especies y sitios para una diversificación silvícola nacional. Santiago. Chile. 101 p.
- CONAF, CONAMA y BIRF. 1999.** Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales. U. Austral de Chile, Pontificia U. Católica de Chile y U. Católica de Temuco. Santiago Chile. 90 p.
- CUEVAS, J. 2002.** Episodic regeneration at the *Nothofagus pumilio* alpine timberline in Tierra del fuego. *Ecology*. 90: 52–60.
- DELGADO, L. y PEDRAZA, R. 2002.** La madera muerta en los ecosistemas forestales. Foresta Veracruzana. Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Vol 4, 002: 59-66.
- DONOSO, C. 1981.** Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Documento de Trabajo 38. CONAF-FAO. Santiago, Chile. 70 p.
- HEIM, M. 2006.** Das Aufkommen von Totholz in *Nothofagus pumilio* - Waldbeständen in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsform in Patagonien, Chile. Universität Münster. Münster. Alemania. 73 p.

- HERRERA, M. 2001.** Biomasa de la vegetación herbácea y leñosa pequeña y necromasa en bosques tropicales primarios y secundarios de Colombia. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad nacional de Colombia, Sede Medellín. 18 p.
- LASTRES, L. y FRANCES, R. 1992.** El bosque tropical semideciduo del parque de La Güira, Cuba. III. Distribución espacio-temporal de la madera muerta. Ciencias Biológicas 24: 25-33 p.
- LATON, J. 2007.** Gross Measurement Procedures. Smalian's Formula. Capitulo 4. Ministry of Forests and Range. [En línea]. <http://www.gov.bc.ca/bvprd/bc/channel.do?action=ministry&channelID=8385.nav=NAV_ID_province.htm>. [Consultado: 28 de agosto, 2007].
- MACDICKEN, K. 1997.** A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Arlington.
- MARTINEZ-PASTUR, G; PERI, J.; VUKASOVIC, R.; VACARRO, S. y PIRIZ CARRILLO, V. 1997.** Site index equations for *Nothofagus pumilio* Patagonian forest. *Phyton* 61: 55-60.
- MARTINEZ-PASTUR, G.; LENCINAS, V.; CELLINI, J.; DIAZ, B.; PERI, P. y VUKASOVIC, R. 2002.** Herramientas disponibles para la construcción de un modelo de producción para lenga (*Nothofagus pulmilio*) bajo manejo en un gradiente de calidades de sitio. *Bosque* 23: 69-80 p.
- MÁRQUEZ, L. y ROY, A. 2000.** Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. Fundación Solar, Guatemala. 31 p.
- MORAN, J.; BARKER, A.; MORAN, A.; BECKER, P. y ROSS, S. 2000.** A comparison of the soil, water, nutrient status, and litterfall characteristics of tropical heath and mixed-dipterocarp forest site in Brunei. *Biotropica* 32: 2-13 p.
- PAYPAL. 2004.** Diccionario de ayuda para Ingeniero ambiental. [En línea]. <http://www.ingenieroambiental.com.ar/dic_amb/letra_n.htm>. [Consultado: 23 de diciembre, 2005].

- PESÚTIC, S. 1978.** Análisis de estructura – estado sanitario en un bosque de Lengua. Memoria de título de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago. Chile. 63 p.
- PROCTOR, J. 1983.** Tropical forest litterfall I. Problems of data comparison. In S.L. Sutton, T.C. Withmore and A.C. Chadwick (Eds.). Tropical rain forest: Ecology and Management, Blackwell Scientific, Oxford. 267-273 p.
- PULIDO, F.; DIAZ, B. y MARTINEZ-PASTUR, G. 2000.** Incidencia del ramoneo del guanaco (*Lama guanicoe*) sobre la regeneración temprana en bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) de Tierra del Fuego, Argentina. Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales 9: 381-394 p.
- QUINTANILLA, V. 1974.** La representación cartográfica preliminar de la vegetación chilena. Un ensayo fitoecológico del sur de Chile. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso. Editorial Universitaria S.A. Santiago. Chile. 74 p.
- REBERTUS, A.; KITZBERGER, T.; VELEN, T. y ROOVERS, L. 1997.** Blowdown history and landscape patterns in *Nothofagus* forest in southern Andes, Tierra del Fuego. Ecology 78: 678-692 p.
- RIBALTA, E. 1983.** Evaluación de la producción y productividad del monte bajo de *Eucalyptus globulus lab.*, V Región. Memoria de título de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. 87 p.
- RICHTER, L. y FRANGI, J. (1992):** Bases ecológicas para el manejo del bosque de *Nothofagus pumilio* de Tierra del Fuego. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata. 68: 35-52 p.
- RICHTER, H. y DALLWITZ, M. 2000.** Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. [En línea]. <<http://www.deltaintkey.com>>. [Consultado: 20 abril 2006].

- RODRÍGUEZ, G. 1969.** Antecedentes botánicos y silvícolas de las especies chilenas: coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb) Oerst), lenga o roble blanco (*Nothofagus pumilio* (Poepp et Endl.) Krasser), ñirre o guindo (*Nothofagus Antarctica* (Forst) Oerst). Notas informativas 3. Universidad de Concepción. Los Angeles, Chile. 29 p.
- RODRÍGUEZ, R.; MATTHEI, O. y QUEZADA, M. 1983.** Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción. Concepción. Chile. 408 p.
- SCHLEGEL, B.; GAYOSO, J. y GUERRA, J. 2001.** Manual de procedimientos para inventarios de carbono para ecosistemas forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. 15 p.
- SCHMIDT, H. y URZUA, A. 1982.** Transformación y manejo de los bosques de Lenga en Magallanes. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Departamento de de Silvicultura y Manejo. Santiago, Chile. Ciencias Agrícolas N° 11. 62 p.
- SCHMIDT, H.; CRUZ, G.; PROMIS, A. y ALVAREZ, M. 2003.** Transformación de los bosques de Lenga vírgenes e intervenidos a bosques manejados. Guía para los bosques demostrativos. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Publicaciones Misceláneas Forestales N° 4. Santiago. Chile. 60 p.
- SCOTT, D.; PROCTOR, J. y THOMPSON, J. 1992.** Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá island, Romaira, Brazil. II. Litter and nutrient cycling. *The Journal of Ecology*. 80: 705-717 p.
- SILVA, C. 2005.** Evolución de las existencias y desarrollo de la regeneración en bosques de lenga (*nothofagus pumilio*) después de la corta de regeneración. Memoria de título de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago. Chile. 34 p.
- STEVENS, V. 1997.** The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests. Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Work. 30 p.

WEBER, M. (2001): Kohlenstoffspeicherung in Lenga - (*Nothofagus pumilio*) Primärwäldern Feuerlands und Auswirkungen ihrer Überführung in Wirtschaftswald auf den C-Haushalt. Verlag Dr. Robert Kessel. Remagen-Oberwinter. 119 p.

ZAPATA, M. 2001. Ecuaciones de biomasa aérea para los boques primarios del área de influencia de la Central Hidroeléctrica Porce II. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín 20 p.