

O/H. 1225  
L 26

43708

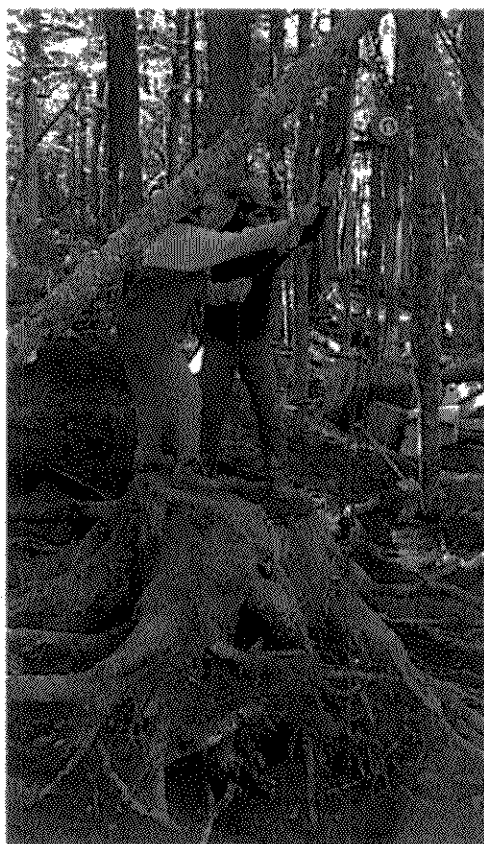
PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO, ANTÁRTIDA E ISLAS DEL  
ATLÁNTICO SUR

SUBSECRETARIA DE PLANEAMIENTO

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

DIRECCION DE PROGRAMAS

**PROYECTO "EVALUACIÓN DE LOS BOSQUES DE LENGUA DE  
TIERRA DEL FUEGO COMO SUMIDEROS DE CARBONO"**



Informe Final

**Dr. Gabriel A. Loguercio**

FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO FORESTAL, AMBIENTAL Y DEL  
ECOTURISMO PATAGÓNICO

Esquel, Noviembre

2001

Subsecretario de Planeamiento de la Provincia de Tierra del Fuego

**Ing. Ftal Jorge Ontivero**

Contraparte técnico de la Provincia de Tierra del Fuego

**Ing. Ftal Ricardo Hlopec**

Supervisor del Consejo Federal de Inversiones

**Ing. Agr. Jorge Ferrer**

## **Agradecimientos**

El presente proyecto surge de una solicitud de parte de la Provincia de Tierra del Fuego al Consejo Federal de Inversiones, para que la Fundación para el Desarrollo Forestal, Ambiental y del Ecoturismo Patagónico efectúe un estudio para la elaboración de funciones de biomasa aérea y subterránea de la lenga en Tierra del Fuego, para ser utilizadas en evaluaciones de carbono en los bosques de esta especie.

En mi carácter de responsable técnico del proyecto quiero agradecer al Ing. Forestal Jorge Ontivero, Subsecretario de Planeamiento de la Provincia de Tierra del Fuego y al Ing. Ftal Ricardo Hlopec, de la misma dependencia, por la propuesta para que realizara este trabajo, así como la colaboración recibida en la información y apoyo logístico durante todo el trabajo de campo. Al mismo tiempo quiero agradecer a los Ing. Ftales. Nestor Urquía y Luis Colombo y al Sr. Vargas de la Dirección de Bosques de la provincia, por la ayuda para la preseleccionar los lugares de muestreo. Agradezco al Ing. Ftal. Leonardo Collado de la misma Dirección por haberme facilitado los mapas e información del Inventario Forestal Provincial. Al Ing. Ftal. Fabián Boyeras, representante técnico de la empresa del Sr. Bronzovic, quiero expresarle mis gracias por habernos facilitado el apoyo logístico para la toma de muestras bajo su concesión en el Lote 91.

Otras personas que colaboraron con información fueron el Ing. Pablo Yapura quien me brindó datos de las parcelas de muestreo que estaba relevando para el estudio de Evaluación de los Cuarteles intervenidos, y al Ing. Enrique Wabo, quien me facilitó la función de altura del Inventario Forestal

Provincial, que no estaba publicada en el informe del mismo. Por último agradezco al Ing. Jorge Ferrer del Consejo Federal de Inversiones, quien, como Supervisor, supo darme las recomendaciones administrativas pertinentes a lo largo del proyecto.

Del equipo de campo quiero mencionar a la Lic. en Biología Ivonne Orellana, a los Técnicos Ftales. Pedro Rojas Arellano, Adriano Arach y Juan Carlos Salazar, a los Sres. Mariano Gómez y Francisco A. Oliva, quienes, con un gran esfuerzo físico, fueron los "motores" que permitieron alcanzar los objetivos del muestreo destructivo. El Ing. Ftal Horacio Claverie colaboró asesorándome en materia informática para el procesamiento de las imágenes digitales. A él le expreso mis gracias. Ivonne Orellana y Mariano Gómez participaron también activamente en el procesamiento de la determinación de los volúmenes de los componentes de la madera y de sus densidades básicas.

Por último quiero expresar mi gran satisfacción porque mediante la realización del presente estudio, he podido conocer y quedar maravillado por los imponentes bosques de lenga de la provincia de Tierra del Fuego.

## **INDICE**

<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
<b>3. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>6</b>
3.1 ELECCIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO.....	6
3.2 ELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES MUESTRA .....	7
3.3 MEDICIONES DE LOS ÁRBOLES EN PIE .....	8
3.4 DETERMINACIÓN DE BIOMASA MEDIANTE EL MÉTODO DE MUESTREO DESTRUCTIVO	8
<b>3.4.1 Biomasa aérea .....</b>	<b>9</b>
<b>Distribución de biomasa en los componentes de la madera del fuste e</b>	
<b>incidencia de las pudriciones.....</b>	<b>11</b>
<b><i>Volumen de cada componente</i>.....</b>	<b>12</b>
<b><i>Densidad</i> .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4.2 Biomasa subterránea .....</b>	<b>15</b>
3.5 ANÁLISIS DE REGRESIÓN .....	17
3.6 COEFICIENTES DE REDUCCIÓN Y EXPANSIÓN DE BIOMASA.....	18
3.7 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO .....	19
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>20</b>
4.1 BASE DE DATOS PARA LA CONFECCIÓN DE LAS FUNCIONES DE BIOMASA.....	20
<b>4.1.1 Características dimensionales de los árboles muestra .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1.2 Contenidos de humedad de las muestras .....</b>	<b>23</b>

4.1.3 Distribución de biomasa en los árboles muestra .....	24
4.2 ANÁLISIS DE REGRESIÓN .....	27
4.2.1 Selección de los modelos .....	27
4.2.2 Biomasa aérea .....	28
4.2.3 Biomasa radical .....	31
4.2.4 Biomasa de las pudriciones .....	31
4.2.4.1 Volumen de los componentes .....	32
4.2.4.2 Densidades .....	33
4.2.4.3 Perdidas de biomasa .....	34
4.3 CONTENIDO DE CARBONO DE LOS COMPONENTES DE LA MADERA .....	35
4.4 FACTORES DE EXPANSIÓN Y REDUCCIÓN .....	36
<b>5. DISCUSION Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>37</b>
5.1 DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA EN LOS ÁRBOLES MUESTRA .....	37
5.2 FUNCIONES DE BIOMASA .....	39
5.3 VOLUMEN Y DENSIDAD DE LOS COMPONENTES DEL FUSTE .....	40
5.4 PÉRDIDAS DE BIOMASA POR LAS PUDRICIONES .....	41
5.5 FACTORES DE EXPANSIÓN Y REDUCCIÓN .....	42
5.6 CONTENIDO DE CARBONO .....	42
5.7 ALGUNAS CONSIDERACIONES FINALES .....	43
<b>6. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>47</b>

## 1. INTRODUCCION

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMCC) reconoció en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro de 1992, que el aumento de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) es la principal causante del Cambio Climático Global. El GEI más importante es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ya que interviene en más del 55 % de las emisiones totales.

El Protocolo de Kioto, negociado durante COP-3 en 1997, contempla *Mecanismos de Flexibilización* para que los países industrializados puedan compensar parte de sus compromisos de reducción de emisiones mediante proyectos, en terceros países, que contribuyan a la mitigación del Cambio Climático. El *Mecanismo de Desarrollo Limpio* es el marco que habilitará la realización de proyectos entre países industrializados y países en vías de desarrollo, como Argentina.

Los bosques, a través de la fotosíntesis tienen capacidad de absorber CO<sub>2</sub> del aire y fijarlo en su biomasa y en el suelo, jugando un rol preponderante en el ciclo global del carbono. En el Sector de Usos del Suelo, Cambios de Usos del Suelo y las Actividades Forestales que considera la Convención de Cambio Climático, hay tres posibilidades de contribución a la mitigación del Cambio Climático, alternativas cuya utilización vienen siendo discutidas desde hace varios años en el seno de la Convención. Estas son la **reducción de emisiones**, como conservación de bosques y manejo forestal sustentable, la **absorción de carbono** a través de forestación y reforestación y la **sustitución de productos por otros de madera**, para cuya elaboración se requiere de menor cantidad de

energía fósil, además del uso de la madera como fuente de energía y biocombustible.

En la reciente Reunión de las Partes (mayo 2001) realizada en la ciudad de Bonn (Alemania), conocida como COP6-bis-, se acordó que para el primer período de compromiso establecido por el Protocolo de Kioto (2008-2012), las actividades forestales que podrán ser utilizadas en los Mecanismos de Desarrollo Limpio serán la *Forestación y Reforestación*, excluyendo la Conservación de bosques (que evitaría la *Deforestación*). Esta definición no significa, sin embargo, que esta última opción no pueda ser incorporada en el próximo período de compromiso, según la experiencia que se recoja durante el primer período y la marcha de las negociaciones.

Los bosques de lenga son los más importantes dentro de los bosques andino-patagónicos argentinos, particularmente en la Provincia de Tierra del Fuego, tanto por la superficie que ocupan (alrededor de 400.000 ha), como por su valor económico (Bava, 1997). Sus altos volúmenes de madera tanto en pie como caída y de materia orgánica en el suelo, representan grandes cantidades de carbono acumulado. Sin embargo, el servicio ambiental que pueden prestar estos bosques para la mitigación del incremento del efecto invernadero no ha sido aún cuantificado.

Recientemente se acaba de completar el Inventario Forestal de Tierra del Fuego y se está realizando otro estudio para evaluar el estado actual de los bosques aprovechados. Ambos son una base muy importante para comenzar a analizar el potencial de los lengales de Tierra del Fuego como almacenadores de carbono. Existen además en la provincia varios estudios de relevancia sobre la dinámica natural de los bosques de lenga vírgenes y tratamientos silviculturales



alternativos para su manejo (Mutarelli & Orfila 1969a, 1969b y 1973, Bava 1997); y dos investigaciones en las que se determinó la biomasa (Richter & Frangi 1992) y el carbono acumulado (Weber 1999) en el bosque virgen de la especie.

En el marco de los proyectos forestales de mitigación del Cambio Climático, es necesario determinar los cambios de stock de carbono, como diferencia entre la cantidad almacenada en el sistema bajo el uso tradicional (*línea base*) y bajo la implementación del proyecto. Como primer paso para poder realizar cuantificaciones de carbono en distintas estructuras y estados del bosque, así como para el monitoreo de los cambios producidos por el uso, es necesario contar con herramientas que, en forma simple y precisa, permitan estimar el carbono acumulado en la biomasa de los árboles.

Para este fin son recomendables ecuaciones alométricas que sirven para estimar la biomasa total de los árboles y su distribución a partir de variables de fácil medición y bajo costo. Estas, elaboradas con una sólida base de datos, tomada sobre una amplia variedad de calidades de sitios y edades, se presentan como el instrumento para realizar estimaciones de carbono a distintas escalas (proyecto, región, provincia, etc.), tanto a partir de datos disponibles de inventarios previos, como mediante nuevos relevamientos.

La lenga representa un caso particular para las estimaciones de biomasa, debido a que una parte importante de su volumen está afectado por pudriciones que degradan la madera (sobre todo en árboles maduros y sobremaduros). Las pérdidas de masa por descomposición representan emisión de carbono almacenado. Por ello es oportuno, además, contar con ecuaciones que permitan estimar estas pérdidas de biomasa en árboles de distintos tamaños.

## **2. OBJETIVOS**

Los objetivos de este proyecto fueron:

-Desarrollar ecuaciones alométricas de biomasa para cuantificar el carbono acumulado en cada compartimiento aéreo (fuste, ramas y hojas), así como las pérdidas ocasionadas por las pudriciones blanca y castaña.

-Desarrollar ecuaciones alométricas de biomasa para cuantificar el carbono acumulado en las raíces.

## **3. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1 Elección de las áreas de estudio**

La selección de las áreas de muestreo abarcaron una amplia variedad de calidades de sitio, que representan razonablemente a los bosques productivos de lenga en la provincia de Tierra del Fuego. En base a la información dasométrica disponible de inventarios forestales previos, se estableció que dichas calidades, expresada a través de la altura media de los árboles dominantes, comprenden un rango entre 15 y 30 m.

Una restricción para la selección de los sitios de muestreo en estudios de biomasa es la logística debido al traslado de instrumental y muestras de madera de mucho peso. Por ello las áreas deberían ser relativamente accesibles para llegar con vehículos. La zona elegida, en la cual se cumplen las condiciones anteriores y existe abundante información previa, se ubica en los alrededores de la localidad de Tolhuin, en la margen Este del Lago Fagnano (ver anexo, mapa 1).

### 3.2 Elección de los árboles muestra

En base a la información existente de inventarios previos se eligieron los rodales, donde se apearon los árboles muestra. La elección específica de cada árbol se realizó en base a parcelas permanentes existentes y a parcelas temporales.

- Parcelas permanentes: en el estudio "Evaluación del Estado de los Cuarteles Forestales Aprovechados y sus Areas de Influencia" (Yapura 2000), se instaló una red de parcelas permanentes para el inventario forestal continuo. De éstas se eligieron algunas, según el acceso, sitio y estructura, en las que se seleccionaron al azar dos a tres árboles en cada una para su apeo.

- Parcelas temporales: en otros Cuarteles en los que se habían realizado inventarios previos, pero que no contaban con parcelas permanentes, se ubicaron calidades de sitio que aún no estaban representadas en muestras anteriores y se midieron parcelas temporales de superficie variable. A partir de un punto tomado al azar dentro del rodal, se realizó un recuento angular con el dendrómetro de Krammer, dejando identificado cada árbol contado, para luego elegir al azar dos o tres por parcela.

El total de árboles muestra fue 50 para la parte aérea y 29 para la parte subterránea. En la tabla 1 se listan los Cuarteles Forestales muestreados y en los mapas 1 y 2 del Anexo se los ubica geográficamente.

**Tabla 1:** Distribución de los árboles muestra de la biomasa aérea y subterránea en los Cuarteles del bosque virgen y aprovechado.

Cuartel	Estado del Rodal	Número de árboles muestra	
		Aérea	Subterránea
Río Valdez -Laguna Krren-	Virgen	7	5
Río Valdéz -Arroyo Café-	Virgen	6	4
Río Valdéz-	Virgen	5	3
-Arroyo Milna-	Aprovechado	2	1
Cerro Michi	Virgen	6	5
	Aprovechado	6	5
Aguas Blancas	Aprovechado	4	2
Lote 93	Virgen	1	1
	Aprovechado	2	3
Río Valdez	Virgen	4	-
-Ea. Valdéz-	Aprovechado	7	-
<b>Total</b>		<b>50</b>	<b>29</b>

### 3.3 Mediciones de los árboles en pie

En los árboles en pie, antes de ser volteados, se realizaron los siguientes registros:

- Posición sociológica
- DAP (cm)
- Altura del inicio de copa (m): corresponde al largo del fuste hasta la primer rama a partir de la cual la copa presenta continuidad vertical
- Altura total (m)

### 3.4 Determinación de biomasa mediante el método de muestreo destructivo

La biomasa de cada árbol se dividió en la correspondiente a la parte aérea

y la de la parte subterránea. Para su determinación se utilizó el método destructivo y posterior pesada de cada compartimiento con balanza *Pesola* de 100 kg. Los árboles fueron apeados a una altura de 0,3 m desde su base, separando así la parte aérea de la subterránea.

### **3.4.1 Biomasa aérea**

La parte aérea se divide en el fuste, que va desde la altura de corte sobre el tocón hasta la altura en que el diámetro del fuste es de 10 cm y la copa, formada por ramas con diámetro < 10 cm, más las hojas. Sobre el árbol apeado se corroboraron las alturas. El fuste fue trozado en largos variables entre 1 y 2 metros, según sus dimensiones y el grado de afectación por pudriciones. En este estudio cada troza del fuste fue seccionada en unidades de hasta 100 kg, por ser el máximo peso admisible por la balanza utilizada. Para facilitar la operación de pesadas, la balanza fue colgada de un trípode confeccionado en el terreno con varas de lenga (ver figura 1). De cada cara de las trozas se tomaron probetas para determinar en laboratorio su contenido de humedad, luego de ser secadas en estufa a 75 °C, hasta peso constante.



**Figura 1:** Pesada de sección del fuste con Pesola.

Las ramas de las copas con diámetro  $< 10$  cm se separaron de las hojas en forma manual (estas últimas incluían una pequeña porción de rama de menor orden con diámetro  $< 1$  cm) y se acondicionaron en lonas para luego ser pesadas (ver figura 2). De las ramas y las hojas de cada copa se tomaron alícuotas (con tres repeticiones), para determinar en laboratorio sus contenidos de humedad, luego de ser secadas en estufa a  $75$  °C hasta peso constante. Conocida la relación peso húmedo/peso seco se determinó el peso seco total del árbol.



**Figura 2:** Acondicionamiento de ramas y hojas separadas para su pesado.

### **Distribución de biomasa en los componentes de la madera del fuste e incidencia de las pudriciones.**

Es conocido que la lenga, debido a la longevidad de los árboles que forman el bosque natural, está afectada por complejos de hongos que producen pudriciones de la madera, vulgarmente denominadas pudriciones del tipo castaña y blanca. Los principales agentes de la pudrición castaña son *Postia peliculosa* y *Piptosporos potentosus* (Cwielong & Rajchenberg, 1995), mientras que la pudrición blanca es ocasionada sobre todo por *Phellinus andinopatagonicus* (Cwielong & Rajchenberg, inédito). Estos hongos consumen la celulosa y la lignina, reduciendo la densidad de la madera, pérdida que representa CO<sub>2</sub> emitido

y por ello es importante estimar.

No existen muchos estudios que cuantifiquen la biomasa o el volumen de pudriciones en árboles en pie. En un estudio realizado en un bosque de lenga en la provincia del Chubut, se ajustó un método para estimar la participación de las pudriciones de la biomasa del fuste en base a la determinación del volumen y la densidad de cada componente (Loguercio *et al.* 2001). En el presente trabajo se utilizó esa metodología, considerando que el fuste presenta los siguientes componentes y estados sanitarios:

*-corteza*

*-albura sana*

*-duramen sano*

*-duramen con pudrición castaña*

*-duramen con pudrición blanca*

### ***Volumen de cada componente***

Los volúmenes se obtuvieron en base a un procedimiento computacional. Este consiste en la determinación digital de las superficies de cada componente y sus estados sanitarios, para luego calcular sus volúmenes mediante la fórmula de *Smalian*.