



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Oferta disponible de biomasa forestal bajo restricciones de  
protección y propiedad para la producción de energía  
eléctrica en la comuna de Corral**

Patrocinante: Sra. Alicia Ortega Z.

Trabajo de Titulación presentado  
como parte de los requisitos para optar  
al Título de **Ingeniero Forestal**

**PATRICIA CAROLA ROCHA SMITS**

VALDIVIA  
2009

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		<b>Nota</b>
Profesor Guía:	Sra. Alicia Ortega Zuñiga	<u>6,7</u>
Informante:	Sr. Alfredo Aguilera León	<u>6,7</u>
Informante:	Sr. Roberto Ipinza Carmona	<u>6,7</u>

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.

---

Sra. Alicia Ortega Z.

**Agradecimientos:**

Agradezco a la comisión de profesores por sus sugerencias en especial a mi profesora Sra. Alicia Ortega por su constante ayuda.

A mi familia, en especial a mis padres por su constante apoyo y confianza

A mis amigos Felipe, Feña, Joy, Silvio; a mis amigos también y grupo de trabajos y terreno "Las Cachañas": Lucho, Carolina y Américo. A mis amigos al otro lado del Atlántico: Bárbara, Tobi, Jutta, Clau y (comunidad del Dreissam) por hacer más entretenida la estadía en Freiburg. Gracias por los momentos y vivencias buenas que tuve con Uds. y por compartir esta etapa de universidad en esta linda ciudad.

*Con cariño,  
A mis padres  
A mis abuelos*

## **RESUMEN EJECUTIVO**

Frente al nuevo panorama energético que se observa en Chile, cada vez se hace más necesario diversificar la matriz energética mediante fuentes complementarias. Una de estas opciones, es la utilización de la biomasa forestal.

Por ello en este estudio, se estimó la biomasa potencial presente en la comuna de Corral, para luego, aplicar descuentos mediante supuestos de protección y propiedad, con el fin de obtener la biomasa disponible con fines energéticos en dicha comuna. Además, con los valores de biomasa disponible se estimó el volumen actual en pie por componente.

Para la generación de energía a partir de la biomasa disponible, se consideró extraer el crecimiento anual tanto para plantaciones como también para el bosque nativo. Con estos valores se obtuvo la energía potencial provenientes de estas masas boscosas.

En base a los resultados, se obtuvo una superficie disponible de aproximadamente 20.000 ha destacándose mayormente en superficie, el bosque nativo. La energía teórica potencial proveniente de esta biomasa disponible corresponde a 197.547,29 Mw-h/año.

Palabras claves: Comuna de Corral, biomasa forestal, biomasa disponible, generación de energía.

## ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Biomasa Forestal	3
2.2 Generación de electricidad a partir de biomasa	4
2.3 Generación de electricidad en el extranjero	5
2.4 Generación de electricidad en Chile	6
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	7
3.1 Materiales	7
3.1.1 Área de estudio	7
3.1.2 Fuente de datos	7
3.2 Método	8
3.2.1 Estimación de la biomasa potencial	8
3.2.2 Estimación de la biomasa disponible	8
3.2.3 Estimación de volumen en pie de biomasa disponible	9
3.2.4 Volumen en pie de biomasa por componente	9
3.2.5 Conversión de biomasa a energía (Mw-h/año)	9
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4.1 Biomasa potencial	11
4.1.1 Uso actual	12
4.1.2 Bosque nativo según estructura y tipo de cobertura	13
4.1.3 Tipo Forestal	14
4.1.4 Plantaciones de especies exóticas	15
4.2 Biomasa disponible	15
4.2.1 Pendiente	15
4.2.2 Bosque nativo disponible según estructura y mayor a 8 m	16
4.2.3 Tipo Forestal protegido	16
4.2.4 Áreas Silvestres Protegidas	17
4.2.4 Plantaciones de exóticas disponibles	18
4.3 Energía potencial	19

4.4	Consideraciones finales	21
5.	CONCLUSIONES	22
6.	BIBLIOGRAFÍA	23
	ANEXOS	26
1	<i>Abstract</i>	
2	Poder calorífico para maderas	
3	Superficie uso actual comuna de Corral	
4	Biomasa potencial comuna de Corral	
5	Mapa de pendientes de la comuna de Corral	
6	Biomasa disponible con restricciones de estructura y altura	
7	Superficies disponibles de Áreas Silvestre Protegidas por el Estado y Privadas.	
8	Volumen total de <i>P. radiata</i> y <i>Eucalyptus spp.</i>	

## INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Generación de electricidad a partir de biomasa	4
Cuadro 2. Superficie de biomasa potencial en la comuna de Corral por uso	13
Cuadro 3. Superficie de la comuna por rangos según pendiente	15
Cuadro 4. Superficie de bosque nativo según estructura	15
Cuadro 5. Superficie de bosque nativo disponible excluyendo tipo forestal Alerce	16
Cuadro 6. Superficie de bosques disponibles para la producción de energía en Corral	17
Cuadro 7. Superficie de plantaciones de pequeños propietarios en la comuna de Corral	17
Cuadro 8. Volumen total (m <sup>3</sup> ) por estrato y componente presente en la comuna	18
Cuadro 9. Volúmenes (m <sup>3</sup> /ha) disponibles proveniente de plantaciones	18
Cuadro 10. Energía potencial disponible asociada al recurso bosque en la comuna	19
Cuadro 11. Energía potencial disponible asociadas a las plantaciones en la comuna	19



## INDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1.	Clasificación de la biomasa forestal	2
Figura 2.	Fuente de generación de electricidad en Chile	5
Figura 3.	Mapa según usos actuales en la comuna de Corral	11
Figura 4.	Mapa según estructura y tipo de cobertura en la comuna de Corral	13
Figura 5.	Distribución de plantaciones en la comuna y tenencia	14

## 1. INTRODUCCIÓN

La biomasa forestal se utiliza cada vez más para producir energía. Los elevados precios de los combustibles fósiles, junto con las nuevas políticas energéticas y medioambientales, están convirtiendo el combustible biomasa forestal en un elemento esencial de las políticas energéticas tanto en los países desarrollados como en desarrollo.

La gran variedad de biomasa existentes, unida al desarrollo de distintas tecnologías de transformación de ésta en energía, permiten plantear una gran cantidad de posibles aplicaciones entre las que destacan la producción de energía térmica, electricidad, energía mecánica y gases combustibles.

El nuevo panorama energético actual, en Chile, determina la obligación de una urgente necesidad de inversiones en materia energética, para así diversificar la matriz energética. Si bien en nuestro país, el sector forestal presenta una inmensa potencialidad para usar biomasa proveniente de plantaciones y bosque nativo, es importante señalar que no todo este insumo está disponible con este fin.

Para determinar la oferta potencial de biomasa es necesario realizar los descuentos en cuanto a terrenos de propiedad privada, terrenos de protección y a los requerimientos de la industria de la madera. Por otra parte, mucha de la biomasa producida en el sistema forestal no es utilizada para la producción de bioenergía debido a que existen diversas dificultades técnicas en su extracción, manipulación y transporte, así como insuficiente información sobre la cantidad y calidad de estos residuos.

Este último punto es fundamental, ya que impide conocer la oferta constante de biomasa que asegure la producción en las centrales termoeléctricas que la pudieran utilizar (Domínguez *et al.*, 2003). Por esta razón existe la necesidad apremiante de contar con información fiable sobre el potencial para la futura movilización de madera para la bioenergía, tanto en plano nacional como también en el regional.

El trabajo de titulación tiene como objetivo general identificar la oferta disponible de biomasa bajo restricciones legales y ambientales en la comuna de Corral. Para lograr este objetivo se pretende específicamente:

- Estimar la superficie potencial de bosques y plantaciones en la comuna de Corral.
- Estimar la superficie disponible en la comuna de Corral realizando los descuentos de protección y propiedad.
- Estimar el volumen total en pie de las superficies disponibles en la comuna
- Expresar la biomasa disponible ( $m^3$ ) en energía calórica (Mw-h/año).

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Biomasa forestal

La biomasa es un recurso que esta constituido por varios elementos como bosques, residuos forestales, cultivos energéticos, residuos agrícolas y efluentes de la agroindustria, abonos orgánicos y biogás (Rodríguez *et. al* 2003; FAO 1996; Haq 2002). No obstante de entre todos los materiales que pueden ser utilizados para el suministro de energía, los productos leñosos son los combustibles más utilizados en el mundo (Aragoneses, Sendín 2006).

La biomasa forestal es susceptible de ser aprovechada de forma industrial. Parte de ella se utiliza como materia prima para su transformación (madera, corcho, pasta de celulosa etc.), otra se utiliza cómo combustible. Los restos de la cosecha o intervenciones silvícolas generan también residuos como pueden ser ramas, ramillas, follaje, conos y tocones. La extracción de esta biomasa de los bosques se denomina también aprovechamiento forestal. Mediante un sistema de recogida bien organizado estos residuos son ampliamente utilizados, bien para la creación de subproductos o la generación de energía calorífica, empleada en las propias industrias o en plantas de generación de energía eléctrica. Los cultivos energéticos están destinados para la producción de energía y generalmente corresponde a especies de rápido crecimiento y bajo mantenimiento. Este planteamiento se muestra en la Figura 1.

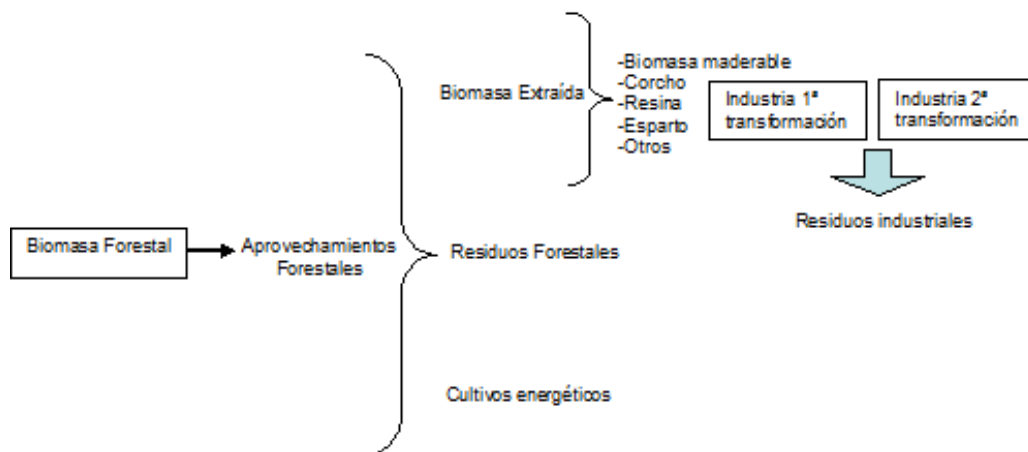


Figura 1. Clasificación de la biomasa forestal

La biomasa forestal es un recurso renovable que presenta múltiples ventajas tanto ambientales como socio-económicas. En términos medioambientales, la utilización de la bioenergía juega un doble y positivo papel. Por un lado, la combustión de la biomasa produce la misma cantidad de CO<sub>2</sub> que antes consumió, dejando al sistema en equilibrio, además de utilizarse como sustitutivo de otros combustibles que se limitan a la liberación del dióxido de carbono. Por otro lado, una potenciación de la biomasa puede ayudar a combatir el cambio climático mediante las repoblaciones y

forestaciones, aumentando así la cantidad de CO<sub>2</sub> absorbida (Renteria, 2006).

En términos socio-económicos, la extracción, transformación y utilización de la bioenergía, son actividades generadoras de empleo, particularmente en zonas rurales que en caso contrario son abandonadas, lo que conlleva una falta de aprovechamiento de los bosques, una acumulación de combustible forestal y un aumento de riesgo de incendio. En términos económicos, la biomasa forestal es un combustible cuyo precio apenas está sometido a las fluctuaciones del precio de los carburantes. Cuantas más caras están las energías fósiles, más competitiva es la biomasa forestal.

## **2.2 Generación de electricidad a partir de biomasa**

En la actualidad, la electricidad derivada de los combustibles biomásicos es considerada dentro de las nuevas y modernas formas de energía. Cabe mencionar entre éstas las calderas de recuperación de calor, los dispositivos de cogeneración para la producción de calor y energía eléctrica, y los gasógenos de recuperación de energía de alto rendimiento (FAO,2008)

El vapor producido por los cogeneradores se usa para suministrar energía para otras operaciones industriales o a redes de distribución térmica para viviendas, oficinas o industrias. La recuperación tanto de calor como de energía eléctrica puede aumentar considerablemente la eficiencia de las operaciones. Gracias a las tecnologías más recientes y mediante la recuperación y el reciclado de los humos de combustión, la eficiencia puede llegar hasta el 70 a 80 por ciento (Karlsson *et.al*, 2003).

Se ha propuesto la técnica de la gasificación como el procedimiento más adecuado para el suministro de energía en pequeña escala a las aldeas y las microindustrias (Shia *et.al*, 2007). Las instalaciones pequeñas constituyen una tecnología apropiada, ya que son más baratas, los recambios son fácilmente disponibles y las reparaciones pueden efectuarse en el lugar mismo (Knoef, 2000). Aunque mediante la gasificación de biomasa se consigue producir energía eléctrica a menor costo que con generadores de gasóleo, en Camboya, según Abe *et al.* (2007), las limitaciones principales que encontraba este procedimiento eran la falta de suministros regulares y los obstáculos para el cultivo de árboles maderables.

## **2.3 Generación de electricidad en el extranjero**

Los cambios en la política energética que han tenido lugar en distintas partes del mundo han favorecido el desarrollo de sistemas de generación de energía basada en la madera. Gracias a nuevas tecnologías, ha mejorado la factibilidad económica de la generación de energía derivada de la madera, particularmente en los países densamente boscosos en que existen industrias elaboradoras de la madera ya consolidadas (FAO,2008).

En 2001, la Unión Europea se fijó el objetivo de que en el año 2010 el 21 % de la electricidad generada en los Estados miembros de la UE procedería de fuentes

energéticas renovables. Aunque desde el último informe de hace dos años la electricidad producida a partir de fuentes renovables ha aumentado un 50 %, las cifras demuestran que la proporción global de la electricidad renovable sólo rozará el objetivo y alcanzará el 19 % en 2010 (SCADPlus, 2007). Entre los países de la OCDE, los mayores utilizadores por volumen de la madera en la producción industrial de bioenergía son, en términos absolutos, Estados Unidos, Canadá, Suecia y Finlandia, tal como se muestra en el cuadro 1. La mayor parte de la biomasa que se usa para la producción de energía en esos países se recupera de fuentes indirectas, comprendido el licor negro de la elaboración de la pasta y otros residuos madereros (Steierer *et al.*, 2007).

Cuadro 1. Generación de electricidad a partir de biomasa.

País	Generación (Twh)	Participación en la Matriz (%)
EE.UU	71,2	1,7
Japón	19,5	1,8
Alemania	16,6	2,7
Brasil	14,4	3,6
Reino Unido	12,9	3,2
Finlandia	9,7	13,7
Canadá	9,1	1,4
España	3,1	1,0
Resto del Mundo	69,03	0,7

Fuente: International Energy Agency –Statistics

En Latinoamérica, países como Brasil, Uruguay y Argentina utilizan exitosamente desde años, residuos de la industria de la madera como combustible para la generación de electricidad. Por parte de Brasil existe un proyecto para la generación de electricidad a gran escala (FAO, 1996).

Países que poseen ingenios de azúcar, como Cuba, El Salvador, Guatemala, Honduras y Panamá, aprovechan los desechos del proceso, principalmente el bagazo, para producir electricidad y en algunos casos se vende el excedente a la red eléctrica, siendo una alternativa importante para desarrollar la energización rural como fuente de sustitución (FAO, 1996).

## 2.4 Generación de electricidad en Chile

Actualmente en nuestro país la utilización de la biomasa como fuente de energía es baja. La generación de electricidad a partir de biomasa no sobrepasa el 2%, tal como se señala en la figura 2. A nivel nacional se registran algunas inversiones como la empresa “Energía Verde” que utiliza desechos forestales para producir energía para grandes aserraderos, específicamente en la VII y VIII regiones.

Desde el año 2005 empresas pioneras como Biomasa Chile Ltda. aprovechan los residuos de los procesos de la cosecha para la posterior generación de energía. Esta empresa opera en los patrimonios de plantaciones de grandes empresas, tales como MASISA, desde la VII a X Región.

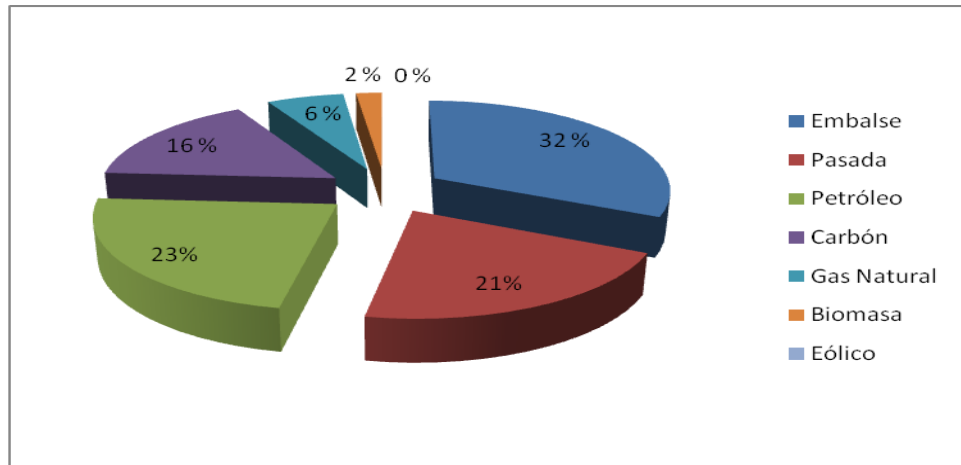


Figura 2. Fuentes de generación de electricidad en Chile  
Fuente. CDEC: SING -SIC, EDELMAG, EDELAYSSEN (CNE, 2007).

Otra aplicación de la energía de la biomasa, se encuentra en la generación de electricidad en localidades rurales aisladas. En el año 1999, la CNE en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), implementó, en el marco del Programa de Electrificación Rural, un proyecto piloto para generar electricidad, a partir de la gasificación de la biomasa y abastecer de energía eléctrica a 31 familias de la localidad de Metahue, Isla Butachauques, en la Xª Región.

La razón por la cual es poco utilizada la biomasa responde a factores tecnológicos y económicos, específicamente a una baja competitividad respecto de otras fuentes energéticas tradicionales, además su utilización a gran escala se encuentra sujeta a la legislación vigente la cual no hace distinciones reglamentarias ni económicas respecto del tipo de recurso usado en la generación de energía, por lo que el uso de la biomasa en la generación de energía presenta desventajas competitivas en términos de su producción económicamente factible (FAO, 1996).

### **3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Materiales**

##### *3.1.1 Área de estudio*

La comuna de Corral, político administrativamente pertenece a la XIV región de los Ríos, provincia de Valdivia. Su superficie total es de 766,7 Km<sup>2</sup>, lo que equivale al 4% de la superficie total de esta provincia (18.413,4 Km<sup>2</sup>). De norte a sur su territorio comprende aproximadamente 30 km, entre sus puntos más extremos; y de oriente a poniente, alcanza los 50 km. Está ubicada en la costa, donde limita por el norte con la comuna de Valdivia, al sur con la comuna de La Unión y al este con la comuna de Paillaco. Se encuentra localizada más específicamente en la desembocadura del río Valdivia a 15 km de la ciudad del mismo nombre y a un transbordo de 20 minutos vía marítima. Su acceso está dado por numerosas embarcaciones de pasajeros que diariamente efectúan el cruce desde el muelle de Niebla. También es posible el cruce de vehículos, mediante el servicio de ferry, desde un sector próximo a Niebla, en una corta travesía por la bahía de Corral.

##### *3.1.2 Aspectos físicos.*

La comuna de Corral abarca la zona costera de la Provincia de Valdivia, localizándose en la Cordillera de la Costa, la que topográficamente se caracteriza por ser variada y compleja, que conforma una red hidrográfica extensa. El modelo del área en estudio se presenta en forma de colinas que forman el macizo oriental de la Cordillera de la Costa, con alturas de 800 y más metros, y de pendientes moderadas a muy inclinadas. En su morfología ha influido el agua corriente como un importante agente que ha labrado valles de erosión en forma de cañones, desarrollando escasas terrazas en las laderas y en los fondos de los valles. Hacia la costa, la cordillera desciende hasta un sistema de terrazas laterales de canchagua formadas por erosión marina, equivalente a la curva de nivel de 15 metros constituyendo lo que se llama Costa Inmersión, la que se extiende hasta el río Colún, fuera del límite sur de la comuna (Godoy, 2003). Los suelos de la provincia de Corral se caracterizan por ser de carácter montañoso con una superficie rocosa. Éstos son principalmente de origen metamórfico, con una participación del 80% de la superficie total, lo sigue con un 13% los suelos de origen rojo arcilloso ubicados en el sector Este de la comuna, también hay pequeñas proporciones de origen aluvial mixto y de sedimentos marinos con una participación de 3,71% y 2,42% respectivamente. En lo que respecta a la fragilidad de los suelos, se puede decir que la mayoría son susceptibles a la degradación, especialmente en sectores con pendientes mayores a un 60% y con profundidades menores de 40 cm. Pero a pesar de esto se consideran estables, ya que gran parte de éstos están cubiertos por vegetación.

El Clima de la zona se define como templado lluvioso de Costa Occidental, la que por diversos factores geográficos, como la cercanía del mar, topografía circulante de cierta altura y efecto de engolfamiento de los vientos en la bahía, proporcionan una elevada precipitación distribuida irregularmente durante el año. La media anual

supera los 3.000 mm, aumentando 500 mm cada 100 m de elevación, esta además concentra el 63% de las lluvias entre los meses de abril y septiembre. Las temperaturas máximas de verano excepcionalmente pueden superar los 30°C, pero por lo general oscilan en torno a 25°C. Las mínimas de verano son de unos 5° a 10°C. En invierno, la temperatura máxima es de unos 14°C y la mínima cercana a 0°C. Gracias a la influencia del mar, las temperaturas medias anuales oscilan entre los 11° y 12°C a nivel del mar y entre los 7° y 9°C a mayor altura hacia el interior de la comuna, la humedad relativa media supera el 80% (FAO, 1995).

Debido a la conformación montañosa, existe una gran cantidad de pequeños arroyos y esteros que conforman una variada red hidrográfica. Uno de los principales es el río Chaihuín que conforma la cuenca principal del mismo nombre, la cual desemboca en el Océano Pacífico y entre sus afluentes principales están los esteros Coihuaque, Vuelta de la Zorra, Paso Malo, La Viga Lludi, Chaquihue, Quebrada Honda y La Piedra. Otro río importante es el río San Juan, que desemboca en la ensenada de mismo nombre y forma parte de la Bahía de Corral. Entre los esteros que llegan directamente al Océano Pacífico se encuentran Huape, Palo Muerto y Peña Dorada. En la Bahía de Corral desembocan los esteros Las Vigas y El Boldo, siendo el último de gran importancia, para la hoya principal del abastecimiento de agua para la población. Todos estos cursos de agua son de régimen torrencial. Además, la comuna de Corral alberga una porción de la cuenca del río Valdivia, la cual está formada por la confluencia del río Calle Calle y el Cruces.

### *3.1.2 Fuentes de datos*

La fuente de información básica se obtuvo del Proyecto “Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales de Chile” (CONAF-CONAMA, 2006), del cual se empleó información relativa a uso actual, curvas de nivel, pendientes e hidrografía.

Además se contó con información digitalizada de los principales propietarios de plantaciones del año 2008 para la Comuna de Corral facilitado por INFOR Valdivia. El procesamiento de la información digital fue realizado con el programa ARC-VIEW versión 3.2.

## **3.2 Método**

### *3.2.1 Estimación de la biomasa potencial*

Con el fin de obtener una visión global del recurso forestal en la comuna de Corral se estimó la biomasa potencial. En este caso la biomasa potencial se refiere a todos los recursos forestales sin considerar ningún tipo de condicionante para su uso. Se incluyen todas las superficies del tipo de uso actual bajo la denominación “Bosques”, las que abarcan tanto plantaciones como bosque nativo.



### 3.2.2 *Estimación de la biomasa disponible*

Con la información ya obtenida de la biomasa potencial expresada en superficie se trabajó luego para la estimación de la biomasa disponible. Los descuentos aplicados a la biomasa potencial fueron los siguientes:

#### Protección

Las restricciones de protección consideran aspectos desde índole ambiental, ecológica hasta topográfica. Las restricciones generales son:

- Exclusión de bosques establecidos en pendientes superiores al 60% debido a las restricciones legales para el manejo.
- Exclusión de bosques nativos con estructura de bosque achaparrado y los bosques con una altura menor a los 8 metros.
- Exclusión de bosques abiertos, debido a que por lo general son bosques con algún grado de alteración. Se consideran bosques abiertos aquellas que presentan una cobertura de copas (proyección de la sombra de los árboles) entre un 25% y un 50%.
- Exclusión de zonas bajo la denominación “protección” y zonas de protección especialmente asociados a curso de agua. Se estima un 5% de la superficie total (Vergara, 2005)
- Exclusión de las superficies que presentan tipo forestales legalmente protegido, en este caso, el Alerce.

#### Propiedad/ Legal

Con la biomasa disponible obtenida de los descuentos de protección, se aplicaron restricciones en cuanto a propiedad. Para tales efectos, se consideraron en los descuentos, los patrimonios de las forestales presentes en la comuna debido a que estas empresas aprovechan sus residuos para su posterior uso. Estas empresas tienen gran parte de su tenencia en las plantaciones, ubicándose mayoritariamente agrupadas al Noroeste de la comuna.

Cabe señalar, que en la comuna de Corral existen dos áreas silvestres protegidas. La Reserva Nacional Valdivia (RNV) protegida por el estado (SNASPE) y otra área privada llamada Reserva Costera Valdiviana (RCV), perteneciente a la organización no gubernamental World Wildlife Found (WWF). Ambas reservas poseen áreas aptas para el manejo sustentable de los bosques. En tanto, Rivera (2002) señala, en torno a la (RNV), que dicha reserva incorpora superficies de bosques al manejo forestal bajo criterios de sustentabilidad, en total son 1.155,8 ha con objetivos de producción de madera. De lo anterior se puede deducir que ambas Reservas, con las superficies manejables que poseen, podrían contribuir al aporte energético a partir de biomasa en la comuna de Corral.

Sin embargo existe un proyecto a futuro que pretende transformar esta última reserva en el Parque Nacional Alerce Costero de la Región de Los Ríos. Este parque

incorporaría además el Monumento Natural Alerce Costero, ubicado en el sector sur de Corral y parte del predio Fiscal Quitaluto y una propuesta de traspaso de terrenos de la RCV. Por lo cual, no queda del todo claro cuanta superficie disponible exacta se podría obtener en un futuro próximo por parte de estas dos Reservas. Es por esta razón que se han excluidos dichas áreas.

Para fines de este trabajo, la metodología se basó en dejar al último los descuentos de estas Reservas para tener una aproximación del aporte que podría realizar.

### 3.2.3 Estimación de volumen en pie de biomasa disponible

Se realizó una estimación del volumen en pie para las superficies disponibles presentes en la comuna. Esto, permite establecer la oferta actual disponible de la biomasa en la comuna.

En el caso de plantaciones se clasificó por especies; *Pinus radiata* y *Eucalyptus spp.* Para *P. radiata*, se obtuvo los volúmenes a través de “Tablas Auxiliares de Producción” (Fundación Chile, 2005), tomando como zona de crecimiento el sector costero IX - X Región y sin esquema de manejo. Con *Eucalyptus spp.* se precedió a trabajar con el software *Eucasim*.

Para superficies cubiertas con especies nativas, se realizó una clasificación por tipos forestales y estructura. Posteriormente la información de los volúmenes por hectarea se extrajo del informe “Inventario Forestal Nacional Extensivo”, en el marco del proyecto “Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, 1998”. Este inventario genera información sobre los parámetros estructurales del bosque, mediante tablas de composición volumétrica, área basal y número de árboles por especies, según clasificación tipológica del bosque y división administrativa del territorio nacional.

Por último con el volumen total de bosque nativo se aplicaron porcentajes de extracción referenciales. De acuerdo a la literatura, los porcentajes de extracción varían según el tipo forestal, grado de alteración del bosque, estado de desarrollo del rodal y variables dasométricas como DMC y densidad inicial.

De acuerdo con la legislación forestal vigente (Reglamento N° 259 del D.L. N° 701), el tipo forestal Siempreverde, en el método de corta de selección, este debe corresponder a un máximo de 35% de extracción del área basal. Si bien dicho reglamento hace referencia al área basal, para efectos de este trabajo, y como se obtuvo solo el valor expresado en volumen y la mayoría del bosque nativo corresponde al tipo forestal Siempreverde, se aplicó extraer el 35% del volumen total. Dentro de este volumen a extraer se propuso destinar, en primera instancia, toda la biomasa disponible a fines energéticos.

Para plantaciones se destinó el 60% del volumen total, debido a que la tenencia de estas superficies corresponde en exclusividad a pequeños propietarios, donde las intervenciones silvícola son escasas a nulas, por lo que se obtiene en su mayoría

productos con características de insumo combustible.

#### 3.2.4 Volumen en pie de biomasa por componente

Luego de obtener la biomasa disponible en pie expresada en volumen neto, la que incluye fuste total y copa, se procedió a separar los componentes del árbol. Los porcentajes de participación de los componentes del árbol se obtuvieron a partir del Informe Técnico llamado “Contenido de Carbono y Funciones de Biomasa” (Gayoso *et.al*, 2002)

Los materiales escogidos para la producción son biomasa leñosa, es decir, fuste total, corteza, ramas y conos. Se descarta el follaje y acículas, ya que no existe demasiada información acerca de sus densidades y poder calorífico. Por otra parte el impacto ambiental es menor si sólo se retiran troncos y ramas, ya que en el follaje es donde se encuentran las mayores concentraciones de nutrientes.

#### 3.2.5 Conversión de biomasa a energía (MWh/año)

Existen diversas formas para transformar la biomasa a energía. Una de ella es mediante la transformación a ton/ha. Para esto se necesitan las variables de incremento medio anual, y densidad de la madera. Se debe mencionar además que como supuesto para la producción energética se tomara en cuenta sólo la extracción anual de los crecimientos de la masa boscosa.

#### Estimaciones de crecimiento

Según una estimación cuidadosa y conservadora, el bosque nativo presenta un potencial de crecimiento promedio de 8 m<sup>3</sup>/ha/año (CONAF-GTZ, 1998). Complementariamente existe información de crecimientos para el tipo forestal Siempreverde, los que señalan que fluctúan entre 6,2 m<sup>3</sup>/ha/año en bosques de 80 años y 12,9 m<sup>3</sup>/ha/año en bosques de 100 años, en la Cordillera de la Costa (Donoso, 1998). Los incrementos encontrados en renovales de Roble y Raulí varían desde 5,4 hasta 18,5 m<sup>3</sup>/ha/año (De Camino *et al.*, 1977).

En el marco de este trabajo se empleó una de tasa de crecimiento de 8 m<sup>3</sup>/ha/año para especies nativas; 15 m<sup>3</sup>/ha/año para *P. radiata* y 20 m<sup>3</sup>/ha/año para *Eucalyptus spp.* Estas tasas de crecimientos se multiplicaron por la superficie disponible de bosques y plantaciones en la comuna, ya que se aplica la condición de sustentabilidad forestal, esto es: no extraer más que el crecimiento acumulado en el periodo de tiempo.

#### Densidad

La información de las densidades básicas para especies nativas y exóticas corresponden también al informe técnico “Contenido de Carbono y Funciones de Biomasa”. De acuerdo a esta información se tomó de referencia en especies nativas un promedio de 600 kg/m<sup>3</sup>. En especies exóticas; *Eucalyptus spp.* tomó el valor de

540 kg/m<sup>3</sup> y *P. radiata* 380 kg/m<sup>3</sup> (Gayoso *et.al*, 2002)

Adicionalmente es relevante analizar el contenido de humedad de la madera ya que afecta la eficiencia del proceso de combustión. La madera combustible recién cortada tiene una humedad entre 40 -60% (base húmeda) y su combustión generará sólo la mitad del calor que si estuviera seca, esto también incidirá en el poder calorífico (anexo 2). Para este trabajo se tomó de referencia una humedad de la madera de un 40% con un poder calorífico utilizable de 1.915 kcal/kg (UDT, 2006)

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Biomasa potencial

#### 4.1.1 Uso actual

La superficie de biomasa potencial de bosques en la comuna corresponde a 63.205,35 ha correspondiente al 84,1% de la superficie total de Corral (Anexo 2). El uso actual que comprende la denominación Bosque Nativo es el que posee mayor superficie con 44.684,25 ha. Esta denominación comprende Bosque Adulto, Renoval y Bosque achaparrado (Figura 3).

Dentro del Bosque nativo, los bosques adultos presenta una mayor participación con 25.665,06 ha, (cuadro 2), correspondiendo al 40,6% de la superficie total de bosques. Le sigue los renovales con un 24,3% de participación en superficie, luego la transición bosque/renoval con un 4,3% y por último bosque achaparrado con una escasa participación de 1,6%.

Las plantaciones corresponden en su mayoría a especies de *P. radiata* y *E. globulus* con una superficie de 13.078,42 ha. La incorporación del uso del suelo "Protecciones" incluye aquellas superficies de caminos, quebradas con vegetación nativa y cortafuegos provenientes de información de Plantaciones (CONAMA, 2008), para esta nueva denominación la superficie asciende a un 7,1% de la superficie total.

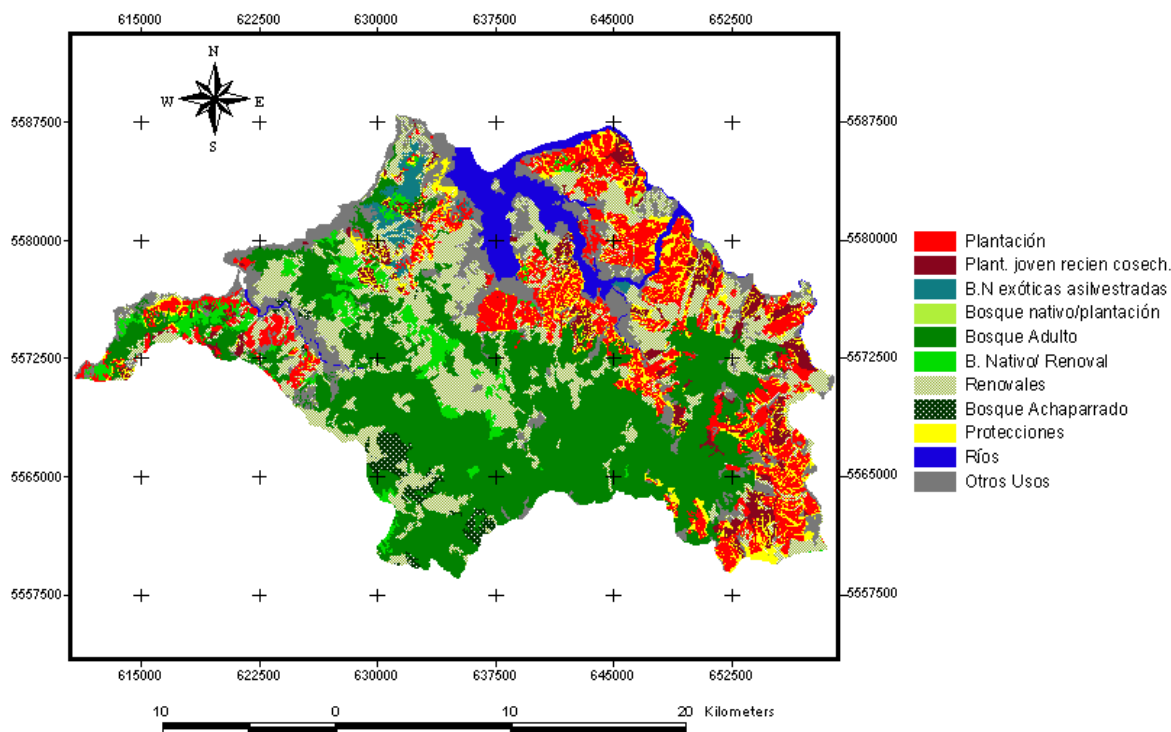


Figura 3. Mapa según usos actuales en la comuna de Corral.

Cuadro 2. Superficie de biomasa potencial en la Comuna de Corral por uso.

Uso Actual	Superficie (ha)
4. Bosques	
4.1 Plantaciones	10.017,29
4.1.1 Plantación adulta	0
4.1.2 Plantación joven o recién cosechada	3.061,13
4.2 <i>Bosque Nativo</i>	
4.2.1 Bosque adulto	25.665,06
4.2.2 Renoval	15.328,3
4.2.3 Bosque adulto/renoval	2.690,93
4.2.4 Bosque achaparrado	999,96
4.3 <i>Bosque Mixto</i>	
4.3.1 Bosque nativo/plantación	62,09
4.3.2 Bosque nativo con exóticas asilvestradas	881,98
4.4 <i>Protecciones</i>	4.498,61
Total uso	63.205,35

Fuente: Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales de Chile, 2006.

#### 4.1.2 *Bosque nativo según estructura y tipo de cobertura*

La estructura se entiende como el estado de desarrollo en que se encuentran los bosques y se clasifica en: bosque adulto, bosque adulto/renoval, renoval y bosques achaparrados. Estas 4 clasificaciones se encuentran dentro de la comuna de Corral (Figura 4).

Las estructuras adulto, adulto-renoval y renoval participan mayoritariamente en el tipo de cobertura correspondiente a “semidenso”, ésta posee una superficie de 32.404,19 ha lo que equivale aproximadamente 72,5 % de la superficie total de bosques. En este contexto, los bosques adultos, en la cobertura semidensa, participan con un 42,5%, seguido de renoval/adulto y en menor medida de renoval.

Los bosques achaparrados se presentan en la comuna sólo con cobertura abierta, donde el tipo forestal Alerce es el que más participa seguido de Siempreverde (anexo 3). En ambos casos las alturas totales de los árboles no sobrepasan los 4 m. la distribución espacial de los distintas estructuras y tipos de coberturas se observa en la figura 4 y la superficie detallada se muestra en el Anexo 3

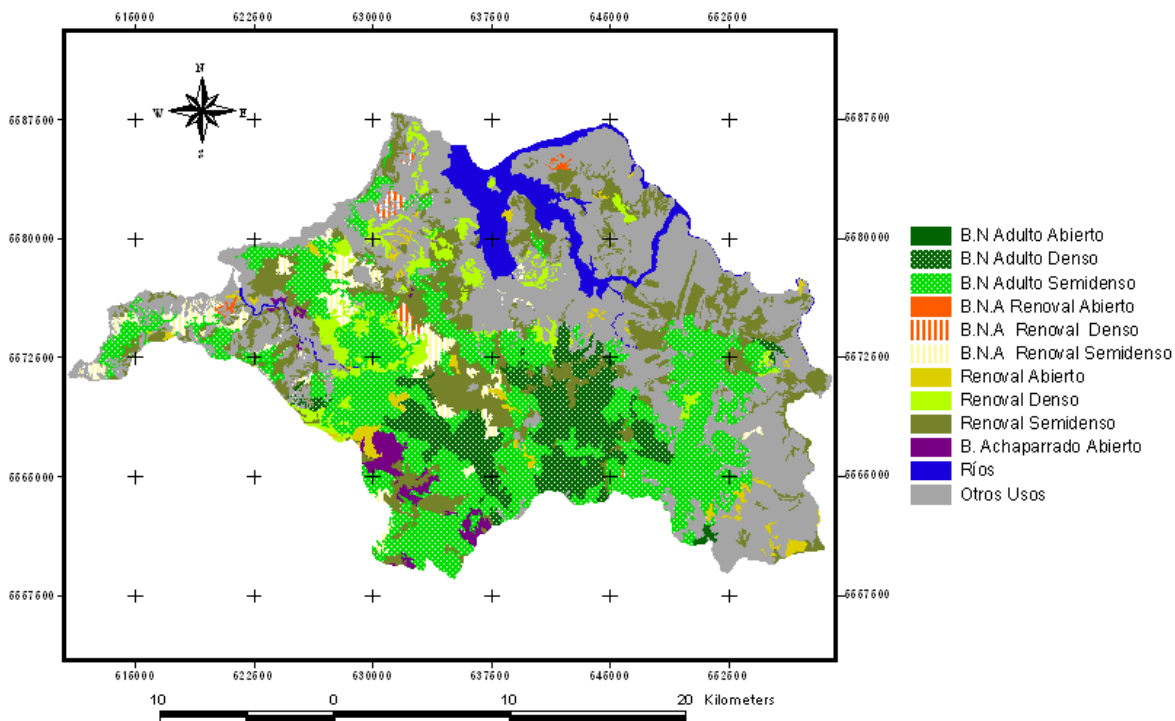


Figura 4. Mapa según estructura y tipo de cobertura en la Comuna de Corral.

#### 4.1.3 Tipo Forestal

Existen 5 tipos forestales en la comuna de Corral. El tipo forestal Siempreverde es el que posee la mayor superficie con 35.917,74 ha (Anexo 3), ocupando más de la mitad de la superficie total de la comuna, y con un 81,3 % de la superficie total de los tipos forestales. Posee un 65% de su superficie en estado adulto o adulto renoval. Está compuesto principalmente por Mañío macho (*Podocarpus nubigena*), Coihue de Chiloé (*Nothofagus nitida*), Coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), Tapa (*Laureliopsis philippiana*), Olivillo (*Aextoxicon punctatum*), Ulmo (*Eucriphia cordifolia*), Tineo (*Weinmannia trichosperma*), etc; los que van alternando en la dominancia según la altitud, las condiciones de sitio y estado evolutivo del bosque. Además normalmente existe un estrato intermedio compuesto por especies de la familia *Myrtaceae* y un estrato arbustivo abundante en *Chusquea sp.*

El tipo forestal Alerce es el segundo en participación de superficie con 11,3%. Está asociado principalmente con Coihue de Chiloé, Coihue de Magallanes y Canelo (*Drymis winteri*). Gran parte de la superficie de este tipo forestal se encuentra en la Reserva Nacional Valdivia, en la zona más septentrional de su distribución, lo que le otorga una gran importancia para la conservación biológica.

Por otra parte el tipo forestal Roble-Raulí-Coihue participa con 7,9% y está presente en el rango de altura de 0-600 m, no posee bosque adulto, ya que en el pasado fue explotado en su totalidad, debido a que se encuentra en zonas más accesibles para el ser humano, por lo que en la actualidad sólo es posible encontrar renovales de

este tipo forestal. En menor proporción se encuentran los tipos forestales Coihue-Raulí-Tepa y Coihue de Magallanes que en conjunto participan sólo con un 0,5 %.

#### 4.1.4 Plantaciones de especies exóticas

De acuerdo al “Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales de Chile” (CONAF-CONAMA, 2006) las plantaciones puras y plantaciones jóvenes o recién cosechadas corresponden a 13.078,42 ha. En plantaciones puras, que ocupan 10.017 ha de la superficie de la comuna, *Eucaliptus* spp. participa con un 50.1% y *P. radiata* le sigue con 47.2% de la superficie de plantaciones, en una menor proporción lo conforma *P. menziessi* y *E. coccineum*.

Según la información actualizada de plantaciones del 2008 del INFOR, las superficies con plantaciones exóticas son patrimonio principalmente de empresas forestales tales como Anchile Ltda., Forestal Valdivia y Sociedad. Forestal Manantial. Un porcentaje considerablemente menor esta en manos de pequeños propietarios (Figura 5).

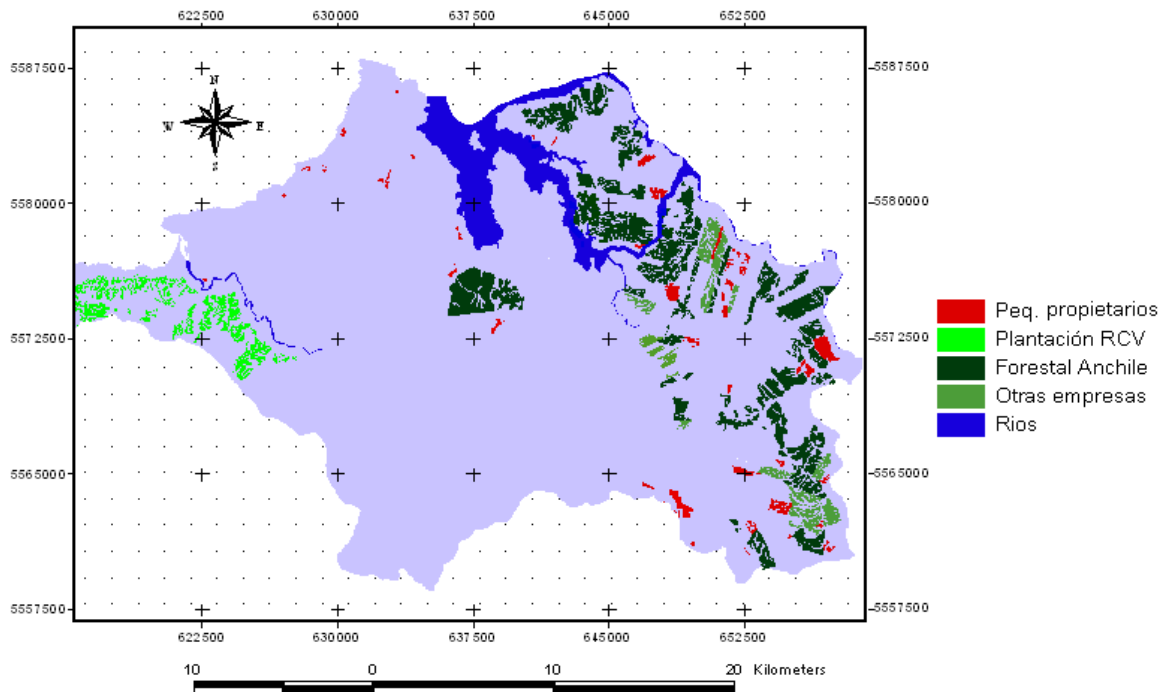


Figura 5. Distribución de plantaciones en la comuna y tenencia.  
Fuente: INFOR, 2008



## 4.2 Biomasa disponible

### 4.2.1 Pendiente

Como se detalló en la metodología, esta información fue obtenida del proyecto “Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales de Chile” (CONAF-CONAMA, 2006). A continuación (Cuadro 3) se presentan las superficies de la comuna correspondientes a cada rango de pendiente. Las superficies que se excluyen con pendientes entre los 60 y 100% se ubican, en parte, en la Reserva Nacional Valdivia y otro, en los límites norte de la RCV y límite sur de la Reserva Nacional. (Anexo 5). Para los efectos de descuentos en sectores con altas pendientes (mayor 60%), estos se realizaron al descontar las áreas protegidas por el Estado (RNV) y privadas (RCV).

Cuadro 3. Superficies de la comuna según rango de pendientes.

Rango de Pendientes	Superficie (ha)
Menor 15%	35.359,78
Entre 15 y 30 %	25.893,91
Entre 30 y 45 %	11.829,33
Entre 45 y 60 %	1.874,74
Mayor a 60 %	189,77
Total	75.147,53

Fuente: Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales de Chile, 2006.

### 4.2.2 Bosque nativo disponible según estructura y mayor a 8 m

Se descartan en primer término, bosques con estructura abierta: bosques adultos abiertos, bosques renovales adultos abiertos, renovales abiertos y bosques achaparrados. Por lo cual quedan seleccionados los bosques con estructura densa y semidensa (cobertura de copa 75% -100% y 25-50%, respectivamente).

De la superficie total de bosque nativo que asciende a 44.684,25 ha, la biomasa disponible realizando los descuentos según estructura y altura asciende a 32.174,84 ha. Los bosques nativos de la comuna de Corral según estructura están mayoritariamente representados por bosque nativo adulto denso y semidenso. Estos representan el 79,5% de la superficie total. La superficie de cada estructura se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 4. Superficie de bosque nativo según estructura

Estructura	Superficie (ha)	Porcentaje
BNA denso	6.576,36	20,4
BNA semidenso	19.001,6	59,1
BNA -Renoval denso	308,38	1,0
BNA - Renoval semidenso	2.280,54	7,1
Renoval denso	615,16	1,9
Renoval semidenso	3.392,8	10,5
Total	32.174,84	100,0

#### 4.2.3 Tipo forestal protegido

El tipo forestal Alerce está presente en la comuna con una superficie total de 5.063 ha, gran parte de esta superficie corresponde a bosques adultos semidensos. Según la estructura de este tipo forestal y alturas mayores a 8 m, bosques densos y semidensos participan con una superficie de 3.686,22 ha (Anexo 4b), equivaliendo al 11,4% de la superficie total de bosques.

A continuación en el cuadro 4 se presenta la superficie disponible de los bosques con la exclusión correspondiente a este tipo forestal según estructura.

Cuadro 5. Superficie de bosques disponible excluyendo tipo forestal Alerce

Estructura	Superficie (ha)
BNA denso	6576,36
BNA semidenso	16422,62
BNA -Renoval denso	308,38
BNA - Renoval semidenso	2149,04
Renoval denso	399,1
Renoval semidenso	2633,12
Total	28.488,62

#### 4.2.3 Áreas silvestres protegidas

##### a) Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado

La comuna de Corral está representada en el SNASPE a través de la Reserva Nacional Valdivia (RNV), con una superficie de 9.852 ha. Empleando los descuentos se obtiene una superficie disponible de 3.124,2 ha por parte de esta área protegida (anexo 7a). Cabe recordar que la anterior superficie, si bien cumple con los requisitos de los supuestos para su utilización con fines energéticos, también se descuenta de la superficie disponible total, debido a la incertidumbre del futuro de esta Reserva. Lo anterior, también se aplica a la Reserva Costera Valdivia.

##### b) Áreas Silvestres Protegidas Privadas

La Reserva Costera Valdiviana (RCV) está presente en la comuna con el Predio Chaihuin. Este predio posee una superficie total de 23.096 ha y en la comuna de Corral posee un sector con una superficie de 13,849 ha. Gran parte del uso de suelo bosque corresponden a bosques adultos seguidos de renovales (anexo 6). Existe además un sector con plantaciones de *E. globulus*. Estas plantaciones poseen una superficie de 1.545,69 ha.

Así, la superficie disponible aplicando todos los descuentos planteados anteriormente, equivale a 19.731,7 ha. En general, las mayores superficies disponibles, se encuentran en la estructura semidenso, destacándose el bosque adulto semidenso que ocupa el 55,3% de superficie en la comuna.

El tipo forestal Siempreverde es el que destaca en participación de superficie (18.584,30 ha), donde el subtipo forestal Siempreverde de tolerantes presenta el valor más alto seguido del subtipo Coihue de Chiloé (anexo 7b).

En el cuadro 5, se muestra la superficie total disponible de bosques aplicando el último descuento correspondiendo a superficies de áreas silvestres protegidas presentes en la comuna.

Cuadro 6. Superficie de bosques disponibles para la producción de energía en Corral.

Estructura	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
BNA Renoval Denso	202,38	1,0
BNA Renoval Semidenso	1.092,96	5,5
BNA Denso	5.516,59	28,0
BNA Semidenso	10.906,81	55,3
Renoval Denso	356,19	1,8
Renoval Semidenso	1.656,77	8,4
Total	19.731,70	100

#### 4.2.4 Plantaciones de exóticas disponibles

La superficie de plantaciones de pequeños propietarios correspondientes para la posible generación de energía equivale a 620 ha aproximadamente, participando en mayor medida el género *Eucalyptus* spp.(Cuadro 6). De acuerdo a la actualización del INFOR del 2008 para plantaciones en la comuna, las mayores superficies en *P. radiata* se encuentran en el rango de edad de 20 a 23 años y entre 3 a 5 años en *Eucalyptus* spp. (anexo 8). Además con esta misma información se desprende que las superficies de las plantaciones de propietarios privados varían desde 0,3 a 92 ha.

Cuadro 7. Superficie de plantaciones de pequeños propietarios en la comuna de Corral

Especie	Superficie (ha)
<i>P.radiata</i>	275,35
<i>E. globulus</i>	54,85
<i>E. nitens</i>	289,04
Total	619,24

Fuente. INFOR, 2008

#### 4.2.6 Volumen disponible en pie y por componente

##### a) Bosque nativo

Si se quisiera tener una visión de la oferta actual de biomasa que existe en la comuna, se obtendría un valor disponible de 1.330.077 m<sup>3</sup> para bosque nativo (Cuadro 7), donde el bosque adulto, es el que presenta el más alto valor en volumen total, con más de un millón de m<sup>3</sup> representado mayormente por el tipo forestal

Siempreverde. Ahora bien, estos valores de volúmenes no serán constantes para cada año.

En tanto el Reglamento N° 259 del D.L N° 701 en el tipo forestal Siempreverde dispone que se autorice una corta una vez transcurridos 5 años desde la corta anterior. Como el objetivo de este trabajo es dar una visión general de la oferta actual disponible, no se discute el flujo anual de biomasa que se debe extraer en la comuna para satisfacer la demanda que requiere una planta generadora y a su vez mantener la estructura y composición del bosque.

Cuadro 8. Volumen total (m<sup>3</sup>) por estrato y componente presente en la comuna.

Componente	BNA Adulto	BNA - Renoval	Renoval	Total
fuste comercial	563.754,52	40.252,57	47.022,84	651.029,93
fuste no comercial	298.769,30	15.692,59	22.015,63	336.477,51
ramas	168.195,81	11.075,16	13.446,31	192.717,28
corteza	131.757,72	7.969,70	10.125,27	149.852,69
Total	1.162.477,36	74.990,01	92.610,04	1.330.077,40

#### b) Plantaciones exóticas

Como queda demostrado en los cuadros anteriores de superficies de plantaciones, estos bosques artificiales participan en menor medida en la comuna, así también en los volúmenes. En el cuadro 8 se observa la biomasa disponible, si bien los volúmenes son bajos comparados con el aporte de los bosques nativos, resulta interesante de evaluar como complemento al uso de materia prima para insumo bioenergético proveniente del manejo de bosques naturales.

Cuadro 9. Volúmenes (m<sup>3</sup>/ha) disponibles proveniente de plantaciones.

Componente	<i>P. radiata</i>	<i>Eucalyptus spp.</i>	Total
fuste comercial	31.153,71	13.690,24	44.843,95
fuste no comercial	6.854,07	7.639,43	14.493,49
ramas	9.155,48	5.350,93	14.506,41
corteza	6.026,31	4.976,92	11.003,23
conos	658,44	0,00	658,44
Total	53.848,01	31.657,52	85.505,53

### 4.3 Energía potencial

Con los supuestos planteados en la metodología para transformar la biomasa disponible en energía, se obtiene la energía potencial que se podría obtener a partir de los bosques y plantaciones en la comuna de Corral. De este modo considerando una eficiencia máxima real del proceso de transformación en energía del orden de un 90%, una densidad promedio de la madera nativa de 600 kg/m<sup>3</sup> y un poder calorífico de 1915 Kcal/kg (2,27 Mw-hr/kg), tendríamos aproximadamente 187 mil Mw-hr/año

de consumo de energía que se podrían satisfacer con este recurso forestal (Cuadro 9).

Cuadro 10. Energía potencial disponible asociada al recurso bosque en la comuna.

Estructura	Superficie (ha)	Crecimiento en volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Volumen de uso energético (m <sup>3</sup> /ha)	Energía Potencial (Mw-hr/año)
BNA denso	5.516,59	44.132,72	39.719,45	53.076,58
BNA semidenso	10.766,81	86.134,48	77.521,03	103.590,35
BNA -Renoval denso	202,38	1.619,04	1.457,14	1.947,15
BNA - Renoval semidenso	1.012,96	8.103,68	7.293,31	9.745,96
Renoval denso	316,19	2.529,52	2.276,57	3.042,15
Renoval semidenso	1.616,77	12.934,16	11.640,74	15.555,37
Total	19.431,70	155.453,60	139.908,24	186.957,56

En el caso de las plantaciones el aporte en energía potencial es más bajo debido a la menor superficie disponible de éstas en la comuna y además a los valores de densidades más bajas. Como resultado se obtiene 10.589,73 Mw-h/año de plantaciones (Cuadro 10) y en conjunto con superficies de bosque nativo casi 200 mil Mw-h/año. Si consideramos que el gasto medio anual de una casa en esta comuna es de 2400 kw-h/año (2.4 Mw-h/año), se podría decir que aproximadamente 83.333 viviendas podrían ser abastecidas teóricamente a partir del manejo sustentable del bosque nativo y plantaciones presentes en Corral.

Cuadro 11. Energía potencial disponible asociadas a las plantaciones en la comuna

Especie	Superficie (ha)	Crecimiento en volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Volumen de uso energético (m <sup>3</sup> /ha)	Energía Potencial (Mw-hr/año)
P. radiata	275,35	4.130,25	3.717,23	3.145,74
Eucalyptus spp.	343,89	6.877,80	6.190,02	7.443,99
Total	619,24	11.008,05	9.907,25	10.589,73

Según Cordero (2006), en su estudio sobre la utilización de biomasa para producción de energía en la provincia de Chiloé, concluye que se podría contar con una potencia instalada de 150 Megawatt para aprovechar las 147.000 ha de renoval disponible presentes en esa zona. En la comuna de Corral la potencia actual es de 4 Mw, es decir, con la superficie disponible de bosques y plantaciones se podría contar con la potencia instalada en la comuna.

Adicionalmente en otro estudio de producción de energía a partir del bosque nativo entre las regiones VII y XII región Emanuelli (2004) concluye que en dichas regiones existe energía potencial del orden de los 19.096.268 Mw-h/ año. En términos de potencia instalada, considerando plantas eficientes que funcionen del orden de 7.500 horas/año, señala además que se podría satisfacer 2.546 Mw.

Tomando en consideración dicho ejemplo y considerando los 200.000 Mw-h/año provenientes del recurso bosque disponible, en la comuna de Corral se podría satisfacer una planta de alrededor de 25 MW.

Es importante considerar, que si se extrajera el crecimiento anual para todas las superficies disponibles con fines energéticos cada año, especialmente en el bosque, este no alcanzaría a recuperarse de la intervención anterior por lo cual, se obtendría un crecimiento constante y un bosque empobrecido.

No obstante, mediante un ordenamiento territorial y una planificación adecuada se podría abastecer los requerimientos de una pequeña planta sin tener que sacrificar la totalidad de la superficie disponible anualmente. En el caso hipotético de que se generara para algunos años deficiencia de insumos para la generación de energía, una opción serían los cultivos energéticos de especies de rápido crecimiento en la misma comuna.

#### **4.4 Consideraciones finales**

Después de este trabajo de investigación exploratorio se hace necesario realizar un estudio más exhaustivo, a fin de recoger información más detallada acerca de la oferta de biomasa en la comuna de Corral, pero puede usarse claramente como una primera aproximación de la oferta existente en la comuna.

Uno de los pasos a seguir, puede ser en el refinamiento de la información de la biomasa disponible. Esto es aplicando restricciones en cuanto a la recolección de esta mediante impedimentos tecnológicos y/o recolección de la biomasa económicamente viable.

En otro contexto, como se comentó anteriormente, se desarrollará en el futuro un parque nacional para esta comuna, que contempla las superficies de la Reserva Nacional Valdivia y donación de superficie de parte de la Reserva Costera. Aún no queda especificado si las superficies manejables de esta Reserva seguirán en el tiempo. En el caso de seguir estas áreas, estas superficies se podrían incorporar también para el aporte dendroenergético de esta comuna.

## 5. CONCLUSIONES

La superficie potencial de bosques en la comuna de Corral es de 63.205,35 ha. El uso actual con mayor superficie corresponde al bosque adulto (25.665,06 m<sup>3</sup>) correspondiendo al 40,6% de la superficie total de bosques, le sigue los renovales con un 24,3 %.

Aplicando los descuentos planteados en la metodología, se obtiene una superficie disponible por parte del bosque nativo de 19.731,70 ha. y para plantaciones 619,24 ha. provenientes de pequeños propietarios. En conjunto más de 20.000 ha estarían disponibles para ser utilizables con fines energéticos.

Gran parte de la superficie disponible corresponde al Tipo Forestal Siempreverde con 18.584,30 ha correspondiente al 84,6% del total de la superficie disponible. Dentro de este tipo forestal, el subtipo Siempreverde de tolerantes es el que se diferencia notoriamente por su gran superficie. En cuanto a las formaciones boscosas, la estructura adulta-semidensa destaca en participación de superficie con un 55,3%.

Para superficies cubiertas con bosque nativo, la oferta actual de biomasa disponible en pie, aplicando descuentos de extracción basados en criterios del tipo forestal es de 1.330.077,40 m<sup>3</sup>. En el caso de las plantaciones el volumen en pie se estima en 85.505,53 m<sup>3</sup>.

Los crecimientos anuales del bosque nativo son de 155.453,60 m<sup>3</sup>/ha/año y 11.008,05 m<sup>3</sup>/ha/año para plantaciones. Tomando en cuenta, bajo el criterio de sustentabilidad, que se extraerá sólo el crecimiento anual se estima un aporte de energía potencial por parte del bosque nativo de 186.957,56 Mw-hr/año y 9.315,67 Mw-hr/año en plantaciones.

Es importante señalar que los resultados de este trabajo se refieren únicamente a la biomasa disponible. De cara a considerar, la biomasa efectivamente utilizable, será necesario tomar en cuenta otros factores como el porcentaje de residuos recolectables, accesibilidad, la competencia de usos y el coste de aprovechamiento.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Abe, H.; Katayama, A.; Sah, B.P.; Toriu, T.; Samy, S.; Pheach, P.; Adams, M.A.; Grierson, P.F. 2007. Potential for rural electrification based on biomass gasification in Cambodia. *Biomass and Bioenergy*, 31(9): 656–664.
- Aragoneses, C.; Sendín R. 2007. El uso de la biomasa forestal con fines energéticos. Sus implicaciones ante el cambio climático y los incendios forestales. *In: Sesión temática, Wildfire*. Sevilla, España. 8 p.
- Comisión Nacional de Energía (CNE). 2007. Estadísticas Nacionales, Balance Energético, 2007. INTERNET: [http://www.cne.cl/estadisticas/nacionales/electricidad/f\\_precio.html](http://www.cne.cl/estadisticas/nacionales/electricidad/f_precio.html). Octubre 30, 2008.
- Cordero C. 2006. Utilización de combustibles para la producción de energía y la oferta de la biomasa en la provincia de Chiloé. Proyecto de comercialización de productos provenientes del manejo sustentable del bosque nativo, región de Los Lagos. Puerto Montt, Chile. 32 p.
- CONAF-CONAMA. 1999. Proyecto “Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Inventario Forestal Nacional Extensivo. Universidad Austral de Chile. 40 p.
- CONAF-CONAMA. 2006. Proyecto “Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Santiago. Chile. 89p.
- CONAF-GTZ. 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. Recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silviculturales. Proyecto Manejo Sustentable del Bosque Nativo. Publicaciones Lo Castillo S. A. 420 p.
- De Camino, R; Dake F. 1975 Estudio comparativo de renovales del género *Nothofagus* en Chile y Gran Bretaña. Informe CONAF. 28 p.
- Domínguez, J.; Ciria, P.; Esteban L.S.; Sánchez, D; Lasry, P.; 2003. Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra (España). *GeoFocus (Informes y Comentarios)*, Vol. 3: 1-10.
- Donoso, C. 1998. Bosques templados de Chile y Argentina; Variación, estructura y dinámica. 4 ed. Santiago, Universitaria. 483 p.
- Emanuelli, P.; Milla, F. 2004. Producción de energía a partir de biomasa proveniente del bosque nativo. INTERNET: <http://www.uvm.cl/congresoenergia/doc/p7.pdf>. Febrero 9, 2009.



- FAO. 1995. Impacto Ambiental de las Prácticas de Cosecha Forestal y Construcción de Caminos en Bosques Nativos Siempreverdes de la X Región de Chile. Estudio Monográfico de Explotación Forestal. Chile. 130
- FAO. 1996. Memoria - Reunión regional sobre generación de electricidad a partir de biomasa. Boletín Forestal N° 7, Santiago, Chile. 89 p.
- FAO. 2008. Estudio FAO montes. Bosques y energía, cuestiones claves. Roma Italia. 86 p.
- Fundación Chile. 2005. Tablas auxiliares de producción. Simulador del árbol individual para Pino Radiata (*Pinus radiata* D.Don): Arquitectura de copa y calidad de la madera. Santiago, Chile. 100 p.
- Gayoso, J; Guerra, J; Alarcón, D. 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Proyecto FONDEF D811076. Valdivia, Chile. 157 p.
- Godoy, M. 2003. Informe Diagnóstico Social Localidades Costeras Provincia de Valdivia Comunas de Corral y la Unión. World Wildlife Found – Programa Ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Valdivia. Chile. 79p.
- International Energy Agency. 2007. Statistics by country. INTERNET: <http://www.iea.org/Textbase/stats/prodresult.asp?PRODUCT=Electricity/Heat>. Octubre 30, 2008.
- Karlsson, Å. y Gustavsson, L. 2003. External costs and taxes in heat supply systems. *Energy Policy*, 31: 1541–1560.
- Knoef, H. A. M. 2000. The UNDP/World Bank monitoring program on small scale biomass gasifiers (BTG's experience on tar measurements). *Biomass & Bioenergy*. 18(1): 39–54.
- Haq, Z. 2002. Biomass for electricity generation. Energy Information Administration (EIA). INTERNET: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/biomass/>. Octubre 30, 2008.
- Renteria, A. 2006. El turno del aprovechamiento de la biomasa forestal. *Revista Navarra Forestal, España*. 3 (15)10-13.
- Rivera, H; Rudloff, A; Cruz P. 2002. Plan de ordenación de la Reserva Nacional Valdivia. Proyecto manejo sustentable del bosque nativo GTZ-CONAF. 1º Edición. 208 p.
- Rodríguez, M. Corvalán, P., Gutiérrez, M. 2002. La utilización potencial de la biomasa forestal en Chile como fuente de energía. INTERNET: <http://146.83.41.79/utilizacion%20potencial%20biomasa>. Octubre 30, 2008

- SCADPlus. 2007. Actividades de la Union Europa. Programa de trabajo de las fuentes de energía renovables. INTERNET: <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l27065.htm>. Octubre 30, 2008.
- Shia, X; Elmoreb, A; Lic, X ; Gorenced, N; Haiming, J; Zhangf, X; Wang, F. 2007. Using spatial information technologies to select sites for biomass power plants: A case study in Guangdong Province, China. *Biomass & Bionergy*.32(1):35-43
- Steierer, F.; Fischer-Ankern, A.; Francoeur, M.; Wall, J. y Prins, K. 2007. Wood energy in Europe and North America: a new estimate of volumes and flows. Ginebra, Suiza, CEPE/FAO, 6 de febrero. INTERNET: [www.unece.org/trade/timber/docs/statsessions/stats-29/english/report-conclusions-2007-03.pdf](http://www.unece.org/trade/timber/docs/statsessions/stats-29/english/report-conclusions-2007-03.pdf). 30 Octubre, 2008.
- Unidad de Desarrollo Técnico. 2006. Disponibilidad de biomasa en Chile. INTERNET: [http://www.lignum.cl/doc/SeminarioBiomasaFINPRO\\_LIGNUM.pdf](http://www.lignum.cl/doc/SeminarioBiomasaFINPRO_LIGNUM.pdf). Enero 23 2009.
- Vergara, C. 2004. Diagnostico Comunal de Corral para la Agenda 21. Programa eco-Region de Los Lagos sustentable. Valdivia, Chile. 144 p.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
*Abstract*

## **“Available forestry biomass supply under protection and ownership restrictions for production energy in Corral county”**

Facing the new energetic scene currently given in Chile, is getting increasingly more necessary to diversify the matrix energetic through complementary energetic sources. Using forest biomass is an option.

Taking into account this, it was carried out an estimate of the potential biomass present in county Corral as then to apply discounts on the basis of protection and ownership assumptions, with the aim to obtain the whole available bio-mass with energetics purposes in the mentioned county. Also with available bio-mass values it was estimated the currently volume per component.

As for the energy generation from the available biomass, it was considered the growing of both plantations and native forest. With this values it was obtained the potential energy coming from these forest resources.

Based on the results, the main findings indicate that 20.000 ha are the available native forest surface capable to supply the potencial needed of Corral county. Potential theoretic energy originating from this bio-mass available is 197.547,29 Mw-h/año.

Keywords: county Corral, forest biomass, available biomass, energy generation.

**ANEXO 2**  
Poder calorífico para maderas

Humedad madera %	Poder calorífico inferior (kcal/kg)	Eficiencia térmica Base anual	Poder calorífico utilizable (kcal/kg)
Base seca			
0	4700	77	3619
20	3810	79	3010
40	3172	75	2379
60	2697	71	1915
80	2329	66	1537
100	2029	63	1278

Fuente: Unidad Desarrollo Tecnológico (UDT, Chile)

**ANEXO 3**  
Superficies uso actual comuna de Corral (2006)



<b>Uso Actual</b>	<b>Superficie (ha)</b>
1. Áreas Urbanas e Industriales	117,97
2. Terrenos Agrícolas	0
3. Praderas y Matorrales	7.033,23
4. Bosques	
4.1 Plantaciones	13.078,42
4.2 Bosque Nativo	44.684,25
4.3 Bosque Mixto	944,07
4.4 Protecciones	4.498,61
<b>Sub Total Bosques</b>	<b>63.205,35</b>
5. Humedales	792,08
6. Áreas Desprovistas de Vegetación	209,51
7. Nieves y Glaciares	0
8. Cuerpos de Agua	3.789,39
<b>Total General</b>	<b>75.147,53</b>

**ANEXO 4**  
Biomasa potencial Comuna de Corral

Anexo 4a. Superficie (ha) de bosque nativo potencial presente en la comuna, según estructura-cobertura y rango de alturas

Estructura	(2.0 - 4.0) m	(4.0 - 8.0) m	(8.0 - 12)m	(12 - 20) m	(20 - 32)m	Total
B.N achaparr. abierto	999,96	-	-	-	-	<b>999,96</b>
BN abierto	-	-	-	-	87,09	<b>87,09</b>
BNA renoval denso	-	-	297,13		11,25	<b>308,38</b>
BNA renoval semid	-	-	987,94	1.255,44	37,16	<b>2.280,54</b>
BNA renoval abierto	-	-	52,26	49,75	0,00	<b>102,01</b>
BNA denso	-	-	2,65	3.737,30	2.836,41	<b>6.576,36</b>
BNA semidenso	-	-	7.223,13	6.367,47	5.411,00	<b>19.001,60</b>
Renoval abierto	522,90	262,62	298,34	114,75	-	<b>1.198,61</b>
Renoval denso	843,54	1.548,94	615,08	-	0,08	<b>3.007,64</b>
Renoval semidenso	2.721,69	5.007,56	3.025,26	367,54	0	<b>11.122,05</b>
<b>Total General</b>	<b>5.088,09</b>	<b>6.819,12</b>	<b>12.501,79</b>	<b>11.892,25</b>	<b>8.382,99</b>	<b>44.684,24</b>

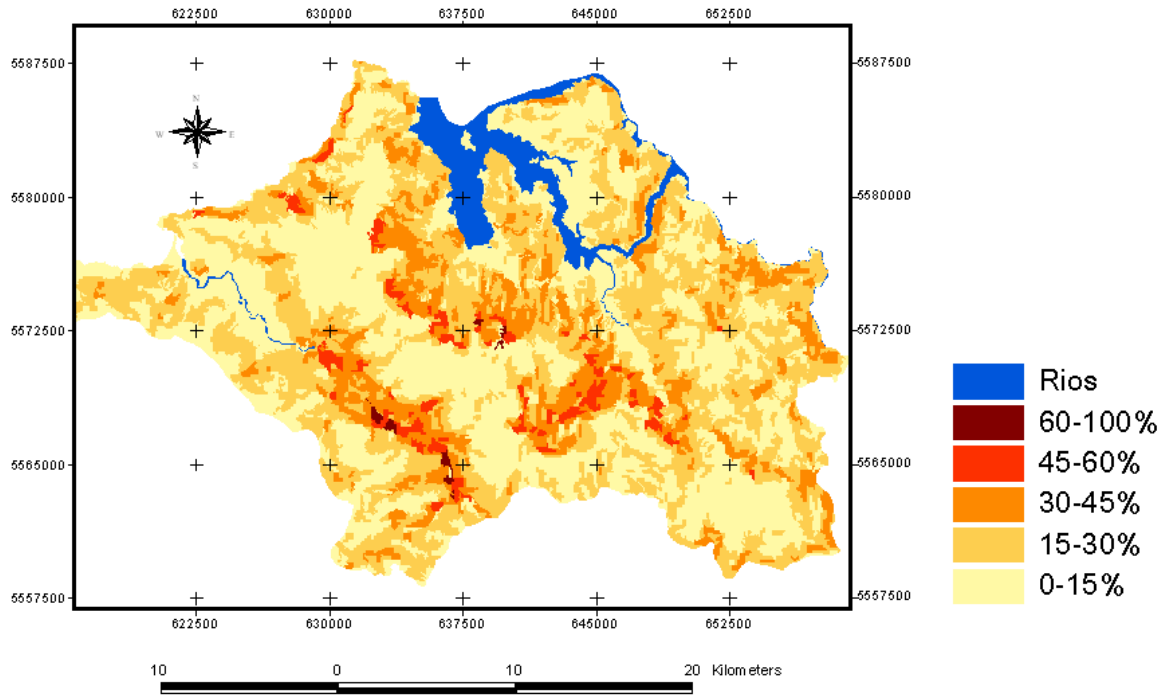
Anexo 4b. Superficie (ha) de bosque nativo potencial presente en la comuna, según tipo forestal y estructura.

Tipo Forestal	Adulto	Adulto/Renoval	Renoval	Achaparrado	Total
Alerce	2.578,98	131,50	1.424,54	928,51	<b>5.063,53</b>
Coihue-Raulí-Tepa	98,15	69,05	-	-	<b>167,20</b>
Coihue Magallanes	-	-	27,46	-	<b>27,46</b>
Roble-Raulí-Coihue	-	-	3.508,31	-	<b>3.508,31</b>
Siempreverde	22.987,92	2.490,38	10.367,99	71,45	<b>35.917,74</b>
<b>Total</b>	<b>25.665,05</b>	<b>2.690,93</b>	<b>15.328,30</b>	<b>999,96</b>	<b>44.684,24</b>

Anexo 4c. . Superficie (ha) de bosque nativo potencial presente en la comuna, según tipo forestal y rango de alturas.

Tipo Forestal	2.0 - 4.0	4.0 - 8.0	8.0 - 12	12 - 20	20 - 32	Total
Alerce	1.048,75	285,22	2.274,99	1.454,57	0,00	<b>5.063,53</b>
Coihue-Raulí-Tepa	-	-	54,02	101,93	11,25	<b>167,20</b>
Coihue Magallanes	-	-	27,46	-	-	<b>27,46</b>
Roble-Raulí-Coihue	44,13	2.029,07	985,32	449,71	0,08	<b>3.508,31</b>
Siempreverde	3.995,21	4.504,83	9.160,00	9.886,04	8.371,66	<b>35.917,74</b>
<b>Total General</b>	<b>5.088,09</b>	<b>6.819,12</b>	<b>12.501,79</b>	<b>11.892,25</b>	<b>8.382,99</b>	<b>44.684,24</b>

**ANEXO 5**  
Mapa de pendientes de la comuna de Corral



**ANEXO 6**  
Biomasa disponible con restricciones de estructura y altura

Anexo 6a. Superficie (ha) de bosque disponible (sin estructura abierta y alturas mayores a 8 m), según tipo Forestal y estructura

Tipo Forestal	Adulto	Adulto/Renoval	Renoval	Total	(%)
Alerce	2.578,98	131,5	975,74	3.686,22	11,4
Coihue-Raulí-Tepa	0,00	167,20	0,00	167,20	0,5
Coihue Magallanes	0,00	0,00	27,40	27,40	0,1
Roble-Raulí-Coihue	0,00	0,00	1.097,94	1.097,94	3,4
Siempreverde	22.987,92	2.490,38	1.906,82	27.385,12	84,6
<b>Total</b>	<b>25.566,90</b>	<b>2.789,08</b>	<b>4.007,90</b>	<b>32.363,88</b>	<b>100,0</b>

**ANEXO 7**  
Superficies disponibles de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado y Privadas



Anexo 7a. Superficie (ha) disponible en Reserva Nacional Valdivia.

Tipo forestal	Adulto	Adulto-Renoval	Renoval	Total
Coihue-Raulí-Tepa	-	-	-	-
Coihue Magallanes	-	-	-	-
Roble_Raulí-Coihue	-	-	-	-
Siempreverde (C.chiloe)	388,62	835,28	365,58	1.893,32
SV (Mirtacea)	-	-	-	-
SV (Canelo)	-	-	214,69	214,69
SV(Siempreverde)	735,28	188,62	396,13	1.287,03
<b>Total Uso</b>	<b>1123,9</b>	<b>1023,9</b>	<b>976,4</b>	<b>3.124,2</b>

Anexo 7b. Superficie (ha) disponible en Reserva Costera Valdiviana.

Tipo Forestal	Adulto	Adulto-Renoval	Renoval	Total
Coihue-Raulí-Tepa	-	-	-	-
Coihue Magallanes	-	-	21,34	21,34
Roble_Raulí-Coihue	-	-	447,45	447,45
Siempreverde (C.chiloe)	4646,6	48,73	59,43	4754,76
SV (Mirtacea)	-	-	-	-
SV (Canelo)	-	-	42,91	42,91
SV(Siempreverde)	3673,96	513,35	-	4187,31
<b>Total Uso</b>	<b>8.320,56</b>	<b>562,08</b>	<b>571,13</b>	<b>9.453,77</b>

**ANEXO 8**  
Volúmenes totales de *P. radiata* y *Eucalyptus spp.*

Anexo 8a. Volumen total y por rango de edad de la superficies de plantaciones de pequeños propietarios en la comuna para *P. radiata*

Edad	Superficie (ha)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Volumen total (m3)
4 a 7	20,79	26,75	556,13
8 a 11	34,70	117,00	4.059,90
12 a 15	45,00	260,75	11.733,75
16 a 19	79,64	420,75	33.508,53
20 a 23	95,22	574,00	54.656,28
<b>Total</b>	<b>275,35</b>		<b>104.514,59</b>

Anexo 8b. Volumen total y por rango de edad de las superficies de plantaciones de pequeños propietarios en la comuna para Eucalyptus spp.

Edad	Superficie (ha)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Volumen total (m3)
1 a 2	22,59	s.i	s.i
3 a 5	107,94	38,8	4.188,1
6 a 8	106,41	142,7	15.184,7
9 a 11	31,57	294,2	9.287,9
12 a 14	23,46	423,9	9.944,7
15 a 17	42,92	538,5	23.112,4
<b>Total</b>	<b>334,89</b>		<b>61.717,8</b>