



**CONVENIO entre el MINISTERIO DE VIVIENDA, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE (PROYECTO “Producción de electricidad a partir de Biomasa en Uruguay” - URU/10/G31 - PROBIO”), y EL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIA - INIA (Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal. – PNIPF)**

**Mejoramiento en la calidad de la información vinculada con la utilización de la biomasa forestal**

**INFORME FINAL RESUMEN EJECUTIVO**

**INIA Tacuarembó, Uruguay.**

**Octubre 2015**

<b>Índice:</b>	<b><u>Página</u></b>
1. Antecedentes.....	3
2. Metodología.....	5
2.1. Selección de rodales.....	5
2.2. Selección de sitios a muestrear.....	5
2.3. Muestreo de arboles.....	5
3. Sitios muestreados.....	8
4. Cuantificación de residuos.....	9
4.1 Promedio de fracciones por sistema.....	9
4.2 Promedio de fracciones en sistema pulpables.....	10
4.3 Comparación de aprovechamientos comerciales, E. grandis.....	11
4.4 Comparación de ciclos de pulpa y madera sólida, E. grandis.....	12
4.5 Promedio de fracciones en raleos y talas rasas, P. taeda.....	13
4.10 Concentración de residuos por sistema.....	14
5. Poder Calórico.....	16
6. Contenido de Cenizas.....	18
7. Nutrientes.....	20
7.1.1 P. taeda primer raleo comercial, suelos 7.....	20
8.1.2 P. taeda segundo raleo comercial, suelos 7.....	21
8.1.3 P. taeda tala rasa madera sólida, suelos 7.....	22
8.1.4 P. taeda tala rasa madera sólida, suelos 9.....	23
8.2.1 E. grandis primer raleo comercial, suelos 2.....	24
8.2.2 E. grandis tala rasa madera sólida, suelos 7.....	25
8.3.1 E. grandis tala rasa celulosa, suelos 8.....	26
8.3.2 E. globulus tala rasa fustal y tallar celulosa, suelos 2.....	27
8.3.3 E. dunnii tala rasa celulosa, suelos 8.....	28
8.3.4 E. dunnii tala rasa celulosa, suelos 9.....	29
8.3.5 E. maidenii tala rasa celulosa, suelos 2.....	30
8. Coeficientes para residuos forestales.....	31
9. Consideraciones.....	33

## **1. Antecedentes**

El Proyecto URU/10/G31“Producción de electricidad a partir de Biomasa en Uruguay” (PROBIO) tiene como objetivo fundamental promover la integración de generadores de energía a partir de biomasa a la red nacional de suministro de electricidad a través del desarrollo y la implementación de escenarios para la explotación sustentable y a gran escala de residuos forestales.

La meta del Proyecto es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a partir de la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles en Uruguay, a través de la promoción y desarrollo de la generación de energía descentralizada a partir de biomasa.

El mapeo de los recursos forestales disponibles y el desarrollo de escenarios para el uso costo-efectivo y a gran escala de residuos de biomasa son los pilares de la estrategia del Proyecto. Otros elementos importantes son el enlace con las industrias nacionales y la promoción entre desarrolladores de proyectos, inversores y el público general.

La responsabilidad de ejecución del Proyecto está a cargo del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) a través de la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA); con el involucramiento de los Ministerios de Industria, Energía y Minería (MIEM) y Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), a través de la Dirección Nacional de Energía (DNE) y la Dirección General Forestal (DGF), respectivamente.

El Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria desde el año 1992 ha desarrollado el Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal (PNIPF) con el objetivo de contribuir al desarrollo integral del sector forestal, procurando la competitividad de la cadena de la madera, su sustentabilidad y la equidad social, a través de la consolidación de un equipo de recursos humanos capacitado, del trabajo en redes y de la capacidad de articulación con el Sistema Nacional de Innovación.

El PROBIO, utilizando el marco FMAM de cinco pilares, considera a la falta de información entre las barreras que actualmente impide la introducción de aplicaciones más eficientes de la biomasa en términos de energía al mercado Uruguayo. Las bases de datos forestales incluyen escasa información sobre el volumen de residuos de biomasa producidos en las plantaciones forestales, por lo que tener la información adecuada contribuirá a diseñar políticas que incluyan el potencial de la biomasa para cada región bajo consideración.

En el marco de las actividades del PROBIO se han discutido los desafíos que significa la utilización de la biomasa forestal proveniente de residuos del bosque en Uruguay teniendo en cuenta que su aprovechamiento debe ser económicamente atractivo, ambientalmente sustentable y aceptado por la sociedad. Por tanto, su utilización con la búsqueda de sistemas de extracción, selección, acopio y posterior tratamiento supone un importante reto a la investigación

Una vez revisados los antecedentes a nivel nacional en el tema, se entendió que existían posibles áreas de colaboración entre el Proyecto y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, por lo que se propuso en este marco la realización de un Convenio para mejorar la información disponible a fin de levantar las restricciones que se han identificado para el desarrollo de la temática. Este fue firmado por el Ministro de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente y el Presidente del INIA en agosto de 2013.

El mejoramiento de la calidad de información sobre el volumen y características de los residuos de biomasa producidos en las plantaciones forestales, habilitará a hacer una evaluación realista del potencial de biomasa para cada región bajo consideración.

La propuesta tiene como finalidad el mejoramiento de la calidad de la información en cuanto a i) la valoración de la biomasa residual procedente de raleos y cosecha final; ii) la caracterización de los mismos en sus diferentes tipologías y iii) estimar la exportación de los principales nutrientes del suelo contenidos en residuos.

## **2. Metodología**

### **2.1. Selección de rodales**

Para elegir los sitios a campo se tuvieron en cuenta las variables descritas en la revisión bibliográfica, especie, suelo, manejo, destino del producto (madera), edad y nivel de crecimiento (IMA).

Para esto se tomó en cuenta que cumplieran con la condición de que la combinación de dichas variables estuviera contemplada en la tabla del acuerdo final.

### **2.2. Selección de sitios a muestrear**

Luego de tener disponible la información solicitada a las empresas forestales con las diferentes combinaciones de manejo, datos de parcelas permanentes (PP) o datos de Inventario, se procedió a elegir los sitios.

### **2.3. Muestreo de arboles**

Tipo de parcela:

Luego de realizar algunas pruebas en diferentes sitios se optó por realizar *parcelas circulares* debido a que tienen una serie de ventajas:

- Presentan la máxima relación área/perímetro, a igual área menor perímetro, por lo que se da el mínimo de situaciones dudosas en cuanto a arboles límite o borde.
- Son isotrópicas y por tanto su propia forma da lo mismo en cualquier dirección, sin influir la orientación del bosque. La simetría radial del círculo permite que resulte la figura más objetiva porque no tiene dirección.
- Quedan definidas por una sola dimensión: el radio. (Sorrentino A. 1996)

La decisión de adoptar este tipo de parcela se tomó teniendo en cuenta los diferentes tipos de diseño que encontramos a campo.

En varias situaciones nos encontramos con topografías levemente onduladas y filas en curva de nivel, (las mismas no son rectas), lo que hace difícil definir ángulos para una parcela cuadrada o rectangular. En otras, las filas se encuentran diseñadas en el sistema "espina de pescado", presentando las mismas dificultades que en la situación anterior. También la parcela circular nos dio la ventaja de usar sitios en donde había cambio de sentido de filas o filas cortadas dentro del rodal, sin perder demasiado tiempo definiendo el perímetro.

Cada parcela contiene entre 80 y 100 árboles, variando su radio de 16 a 30 metros, según la densidad encontrada, para una misma combinación (especie, suelo, edad y manejo) se usó el mismo radio, independiente del estrato (IMA) muestreado.

En cada parcela se definieron 3 o 4 clases diamétricas y se aparearon de 10 a 12 árboles. No se tomaron amplitudes de rangos para definir las clases, sino que se dividió el rango de DAPs entre 3 (o 4 para algunos casos). Se optó por esta metodología debido a que el número de individuos a procesar por parcela ya fue definido de antemano en función del tiempo de ejecución del proyecto. Al haber diferencias grandes entre los rangos de DAPs de las distintas combinaciones (ej: Pinos tala rasa vs. Eucalyptus 1<sup>er</sup> raleo) nos aseguramos de distribuir ponderadamente y con la misma metodológica todos los

individuos procesados de los diferentes sitios muestreados. Para el caso de raleos se aplica la misma metodología al total de individuos que son cosechados.

En los raleos, se distribuyeron en clases solamente los individuos marcados (por la empresa), mientras que en las talas rasas las clases se distribuyeron en el total de los árboles de la parcela.

Se eligió un individuo marca por clase, mientras que el resto de los individuos muestreados se ponderaron dentro de cada clase, tomando el DAP como variable de ponderación. Se descartaron individuos con alteraciones o deformaciones muy marcadas, no así los que presentaban rasgos más leves, ya que para el caso de los raleos siempre serán estos los que salgan en primer término, aunque comercialmente podrán ser usados de forma parcial (no todo su fuste) serán quienes realicen el mayor aporte de nutrientes y/o residuos o subproductos.

Los individuos apeados fueron desramados, y trozados hasta su altura comercial (diámetro en punta fina con corteza), siendo 15 y 19 centímetros para *Pinus taeda* (madera sólida y aserrado) y 5 - 6 centímetros para *Eucalyptus* spp. (pulpa). En la troza basal se realizó el primer corte a los 0,7 metros y luego a 1,3 metros (DAP) de ahí se siguió trozando el fuste cada 1 metro hasta la altura comercial. Se midieron todos los diámetros con y sin corteza de cada troza y se pesaron las mismas (Peso Verde). La punta sobrante desde altura comercial hasta altura total también fue pesada en todos los individuos.

Se registró la altura de poda en los casos en donde se había realizado este manejo.

En los individuos marca de clase se pesaron por separado todas las ramas y hojas. En la fracción ramas se incluyeron materiales hasta 1 centímetro de diámetro, con menores diámetros se incluyeron en la categoría de hojas. En los individuos que no eran marca de clase se pesó la copa (ramas y hojas juntas), realizando luego una estimación de la proporción de hojas y ramas, tomando como base los individuos medidos en fracciones separadas (marcas de clase). En ambos casos se pesaron por separado ramas verdes de ramas secas.

De cada árbol marca de clase se extrajeron 2 discos de aproximadamente 3 cm de espesor, al DAP, 50% y 75% de la altura comercial (HC). Uno de estos discos fue pesado de inmediato a campo, con y sin corteza con el objetivo de estimar porcentaje materia seca (MS) luego ser secado a estufa a  $103 \pm 2^{\circ}$  C. Finalmente se optó para simplificar el secado de todas las fracciones usar una temperatura de  $70^{\circ}$  C. valor que se maneja para cálculo de este parámetro en la bibliografía. El otro disco se destinó a análisis de Nutrientes, Poder Calórico y Contenido de Cenizas. Los nutrientes evaluados son: N, P, K, Ca, Mg, además de Cl y S.

De los individuos marca de clase se extrajeron muestras de aproximadamente 0,5 kg. de ramas verdes, ramas secas y hojas para análisis de Materia Seca, Nutrientes, Poder Calórico y Contenido de Cenizas. Las mismas fueron pesadas de forma inmediata a la extracción para poder determinar contenido de Materia Seca. Las ramas para Materia Seca fueron secadas a  $103 \pm 2^{\circ}$  C., mientras que las hojas a  $70^{\circ}$  C.

Para análisis de nutrientes las muestras fueron perdiendo humedad de forma gradual hasta que la operación de molido se pudo realizar de manera normal.

Las muestras de hojas para Nutrientes se extrajeron del centro de la copa, mientras que las de ramas verdes fueron compuestas de varias partes (parte baja, parte central y parte alta). Las muestras de ramas secas son de la parte baja de la copa, como generalidad las ramas bajas son las más viejas y las primeras que comienzan a secarse.

Los datos de peso verde y seco de cada una de las fracciones evaluadas (fuste, corteza, ramas, hojas y punta fina) fueron usados para estimar el porcentaje de Materia Seca de dichas fracciones y los kilogramos de cada fracción en Peso Seco, en la parcela y la hectárea.

Para armar una muestra compuesta para poder determinar las cantidades de nutrientes contenidas en cada fracción, se tuvo en cuenta el peso relativo de cada individuo en la parcela y en la hectárea.

### 3. Sitios muestreados

Tabla 1. Resumen y características de los sitios.

Departamento	Paraje	Grupo suelo CONEAT	Especie	Manejo	Destino	IMA	Sitios
Tacuarembó	Batoví	7	P. taeda	rc1	ms	a-m	2
Tacuarembó	Manuel Díaz	7	P. taeda	rc2	ms	a-a-m	3
Rivera	Tranqueras	7	P. taeda	tr	ms	a-m	2
Río Negro	Algorta	9	P. taeda	tr	ms	a	1
Paysandú	Piedras Coloradas	9	P. taeda	tr	ms	m	1
Tacuarembó	Batoví	7	P. taeda	rp**	-	a-m	2
Cerro Largo	Rincón del Coronel	2	E. grandis	rc1	c/ms	a-m	2
Rivera	Manuel Díaz	7	E. grandis	rc	ms	m	1
Rivera	Cerro Alegre	7	E. grandis	rc	ms	a	1
Rivera	Mangueras	7	E. grandis	tr	ms	a-m	2
Tacuarembó	Cerro del Arbolito	7	E. grandis	tr	c	a	1
Tacuarembó	Batoví	7	E. grandis	tr	c	m-b	2
Durazno	Tala de Mariscal	8	E. grandis	tr	c	a-m	2
Paysandú	Piedras Coloradas	9	E. grandis	tr	c	a-m-b	3
Maldonado	Molles de Garzón	2	E. globulus	tr	c	a	1
Rocha	Sierra de Rocha	2	E. globulus	tr	c	m-b	2
Lavalleja	Retamosa	2	E. globulus (t)	tr	c	a-m	2
Tacuarembó	Batoví	7	E. dunnii	tr	c	a-m-b	3
Durazno	La Paloma	8	E. dunnii	tr	c	a-m-b	3
Paysandú	Algorta	9	E. dunnii	tr	c	a	1
Río Negro	Mellizos	9	E. dunnii	tr	c	m	1
Río Negro	Piñera	9	E. dunnii	tr	c	b	1
Lavalleja	Pirarajá	2	E. maidenii	tr	c	a	1
Lavalleja	Mariscal	2	E. maidenii	tr	c	m-b	2
<b>Total</b>							<b>42</b>

ima	incremento medio anual
tr	tala rasa
rc	raleo comercial
rc1	prim. raleo comercial
rc2	seg. raleo comercial
rp**	raleo a pérdida
c	celulosa
c/ms	celulosa/mad. sólida
ms	madera sólida
a	alto
m	medio
b	bajo
(t)	tallar

\*\* Se decidió agregar 2 sitios de primer raleo a pérdida en Pinus taeda al cronograma del acuerdo final, por 2 razones fundamentales:

- a- Al ser el primer raleo a pérdida el 100% de los residuos permanecen en el campo, por lo que es acá cuando se comienza a realizar el primer aporte importante de nutrientes al suelo, con la descomposición y posterior incorporación de parte de los mismos. Consideramos de suma importancia realizarlo para poder evaluar como pesa dicha incorporación en el balance final.
- b- Son 2 sitios de muy bajo costo operativo en relación a la información que pueden aportar, los individuos procesados pertenecen a una plantación de 3 años de edad.

#### 4. Quantificación de residuos.

A continuación se muestran los principales resultados obtenidos y el análisis de los mismos.

##### 4.1 Tablas 85 y 86. Promedio de fracciones por sistema en toneladas por hectárea de peso seco y porcentaje

Especie manejo/destino	Madera	Corteza	Hojas	Ramas	Punta	Biomasa residuos	Total	Ø Altura com. cm
<i>Eucalyptus pulpa</i>	132,1	17,0	9,5	15,1	2,5	44,1	176,2	5 - 6
<i>Eucalyptus madera sólida raleos</i>	93,9	7,8	3,1	7,2	0,5	18,7	112,6	6
<i>Eucalyptus madera sólida tala rasa</i>	139,0	10,3	6,7	16,6	1,1	34,6	173,6	6
<i>Pinus raleos</i>	30,2	2,4	4,9	7,3	3,1	17,7	47,9	15 - 19
<i>Pinus tala rasa</i>	152,7	10,9	15,2	32,4	11,9	70,4	223,1	19

Especie manejo/destino	Madera	Corteza	Hojas	Ramas	Punta	Biomasa residuos	Total	Ø Altura com. cm
<i>Eucalyptus pulpa</i>	75,0%	9,6%	5,4%	8,6%	1,4%	25,0%	100%	5 - 6
<i>Eucalyptus madera sólida raleos</i>	83,4%	7,0%	2,8%	6,4%	0,5%	16,6%	100%	6
<i>Eucalyptus madera sólida tala rasa</i>	80,1%	5,9%	3,8%	9,5%	0,6%	19,9%	100%	6
<i>Pinus raleos</i>	63,0%	5,0%	10,3%	15,2%	6,5%	37,0%	100%	15 - 19
<i>Pinus tala rasa</i>	68,4%	4,9%	6,8%	14,5%	5,3%	31,6%	100%	19

En promedio los niveles de biomasa residual por hectárea son más altos en los sistemas de producción de madera sólida (con ambas especies) comparado con la madera para celulosa. Se destaca el pino con niveles que duplican al *E. grandis* concentrando los residuos en las ramas y hojas. Los residuos en *E. grandis* para madera sólida se concentran en la corteza y ramas. Similar comportamiento a este último lo presentan los eucaliptos con destino a celulosa. La fracción punta es la de menor peso relativo en todos los casos.

En las tablas se muestran los rendimientos promedios para los sistemas evaluados, en los sistemas pulpables de *Eucalyptus*, dicho promedio es de las 4 especies evaluadas con 3 niveles de crecimiento alto, medio y bajo para cada una, excepto para *E. grandis* en suelos 8 y *E. globulus* tallar en suelos 2, donde se evaluaron 2 niveles.

El promedio está compuesto por *E. grandis* en suelos 7, 8 y 9, *E. globulus* (fustal y tallar) en suelos 2, *E. dunnii* en suelos 7, 8 y 9 y *E. maidenii* en suelos 2.

Los rendimientos fueron igualados en 10 años para todas las especies usando el IMA.

En los sistemas de madera sólida para *E. grandis* se evaluaron raleos comerciales (madera para debobinado más madera pulpable) de entre 11 y 13 años y tala rasa a los 17 años. Todos los sistemas evaluados estaban sobre suelos 7.

El promedio para los raleos y para las talas rasas está compuesto por 2 niveles de crecimiento en ambos casos. Las densidades en los raleos se bajaron de 466 a 257 arb/ha. Intensidad 55,1%, mientras que las talas rasas llegaron a turno final con 165 arb/ha. en valores promedio.

En los sistemas de madera sólida de Pinus taeda se evaluó un primer raleo comercial a los 11 años, un segundo raleo comercial a los 17 años y talas rasas entre 20 y 22 años. Para los valores promedio se igualaron las talas rasas en 21 años.

El promedio para los raleos está compuesto por 2 niveles de crecimiento en ambos casos y en suelos 7, para las talas rasas también se evaluaron 2 niveles de crecimiento pero para 2 grupos de suelos, 7 y 9.

En el primer raleo comercial la densidad se bajo de 449 a 141 arb/ha. Intensidad 31,3%, mientras que en el segundo raleo comercial la densidad se bajo de 350 a 150 arb/ha. Intensidad 42,8%.

Como generalidad las empresas optaron por un raleo comercial y luego tala rasa, aunque algunas, por una oportunidad comercial que se presentó, decidieron cambiar su sistema de manejo y realizar un segundo raleo comercial.

En el Pinus taeda se marca en color gris la corteza ya que el mismo se descortezas en planta, dicho residuo no queda en el campo.

Los sistemas pulpables generan grandes cantidades de residuos al igual que los sistemas de madera sólida, en toneladas de materia seca hectárea, las talas rasas son las que generan mayores cantidades de residuos.

#### 4.2 Tablas 87 y 88. Promedio de fracciones según especie, en sistemas pulpables, en toneladas por hectárea de peso seco y porcentaje.

A excepción de E.globulus, el resto de las especies generan similares niveles de residuos por hectárea. En general las fracciones corteza y rama son las de mayor peso relativo en todos los casos.

<b>Especie manejo/destino</b>	<b>Madera</b>	<b>Corteza</b>	<b>Hojas</b>	<b>Ramas</b>	<b>Punta</b>	<b>Biomasa residuos</b>	<b>Total</b>
<b>Eucalyptus grandis</b>	142,6	<b>16,2</b>	<b>8,1</b>	<b>17,8</b>	<b>2,0</b>	<b>44,0</b>	186,7
<b>Eucalyptus dunnii</b>	153,9	<b>21,8</b>	<b>10,4</b>	<b>13,5</b>	<b>2,9</b>	<b>48,6</b>	202,5
<b>Eucalyptus globulus</b>	101,8	<b>11,5</b>	<b>8,1</b>	<b>14,0</b>	<b>1,8</b>	<b>35,4</b>	137,2
<b>Eucalyptus maidenii</b>	89,5	<b>14,0</b>	<b>12,5</b>	<b>14,6</b>	<b>4,0</b>	<b>45,1</b>	134,6

<b>Especie manejo/destino</b>	<b>Madera</b>	<b>Corteza</b>	<b>Hojas</b>	<b>Ramas</b>	<b>Punta</b>	<b>Biomasa residuos</b>	<b>Total</b>
<b>Eucalyptus grandis</b>	76,4%	<b>8,7%</b>	<b>4,3%</b>	<b>9,5%</b>	<b>1,1%</b>	<b>23,6%</b>	100%
<b>Eucalyptus dunnii</b>	76,0%	<b>10,7%</b>	<b>5,1%</b>	<b>6,7%</b>	<b>1,4%</b>	<b>24,0%</b>	100%
<b>Eucalyptus globulus</b>	74,2%	<b>8,4%</b>	<b>5,9%</b>	<b>10,2%</b>	<b>1,3%</b>	<b>25,8%</b>	100%
<b>Eucalyptus maidenii</b>	66,5%	<b>10,4%</b>	<b>9,3%</b>	<b>10,8%</b>	<b>3,0%</b>	<b>33,5%</b>	100%

Para E. grandis el promedio está compuesto por niveles de crecimiento alto, medio y bajo en suelos 7 y 9, y por los niveles alto y medio en suelos 8.

Para E. dunnii el promedio está compuesto por niveles de crecimiento alto, medio y bajo en suelos 7, 8 y 9.

Para E. globulus el promedio está compuesto por niveles de crecimiento alto, medio y bajo en suelos 2 en plantaciones fustales y niveles alto y medio en suelos 2 en plantaciones talleres.

Para el E. maidenii el promedio está compuesto por niveles de crecimiento alto, medio y bajo en suelos 2.

En el resumen de pulpable podemos ver que E. grandis, E. dunnii y E. maidenii son las especies que generan en promedio las mayores cantidades de residuos en toneladas por hectárea de peso seco.

En el total E. grandis, E. dunnii y E. globulus, tendrían porcentajes similares de residuos mientras que E. maidenii bastante más.

Podríamos decir que E. grandis y E. dunnii además de producir mayor cantidad de madera generan significativas cantidades de residuos, a su vez se muestran más eficientes en la relación de madera vs residuos.

E. maidenii a pesar de generar significativas cantidades de residuos se presenta como la especie más ineficiente en producción de madera.

#### 4.3 Tablas 89 y 90. Comparación de aprovechamientos comerciales hasta 6 y hasta 19 centímetros de diámetro, en Eucalyptus grandis.

Especie manejo/destino	Madera	Corteza	Hojas	Ramas	Punta	Biomasa residuos	Total	Ø Altura com. cm
<b>Eucalyptus madera sólida raleos</b>	93,9	<b>7,8</b>	<b>3,1</b>	<b>7,2</b>	<b>0,5</b>	<b>18,7</b>	112,6	6
<b>Eucalyptus madera sólida tala rasa</b>	139,0	<b>10,3</b>	<b>6,7</b>	<b>16,6</b>	<b>1,1</b>	<b>34,6</b>	173,6	6
<b>Eucalyptus madera sólida raleos</b>	70,4	<b>5,8</b>	<b>3,7</b>	<b>8,1</b>	<b>27,7</b>	<b>45,3</b>	115,7	19,0
<b>Eucalyptus madera sólida tala rasa</b>	109,5	<b>8,1</b>	<b>5,6</b>	<b>13,1</b>	<b>19,1</b>	<b>45,9</b>	155,3	19,0

Especie manejo/destino	Madera	Corteza	Hojas	Ramas	Punta	Biomasa residuos	Total	Ø Altura com. cm
<b>Eucalyptus madera sólida raleos</b>	83,4%	<b>7,0%</b>	<b>2,8%</b>	<b>6,4%</b>	<b>0,5%</b>	<b>16,6%</b>	100%	6
<b>Eucalyptus madera sólida tala rasa</b>	80,1%	<b>5,9%</b>	<b>3,8%</b>	<b>9,5%</b>	<b>0,6%</b>	<b>19,9%</b>	100%	6
<b>Eucalyptus madera sólida raleos</b>	60,9%	<b>5,0%</b>	<b>3,2%</b>	<b>7,0%</b>	<b>24,0%</b>	<b>39,1%</b>	100%	19,0
<b>Eucalyptus madera sólida tala rasa</b>	70,5%	<b>5,2%</b>	<b>3,6%</b>	<b>8,4%</b>	<b>12,3%</b>	<b>29,5%</b>	100%	19,0

En los sistemas de madera sólida de E. grandis el aprovechamiento comercial se realiza de la siguiente manera: la primera parte del árbol desde su base y hasta los 19 cm. con corteza, se destina a debobinado o aserrado. Una segunda parte o tercio medio, que va desde los 19 cm. hasta los 6 cm. con corteza, se destina a pulpa de celulosa.

El análisis de aprovechamientos consiste en cambiar parte del destino comercial actual en el sentido de que la parte del árbol que se destina a madera de celulosa podría ser usada para generación de energía como biomasa. Como se muestra en la tabla 89, destinando la primera parte del árbol como madera sólida hasta los 19 cm. y el resto a biomasa residual,

aumentan notoriamente las cantidades por hectárea, pasando de 18,7 a 45,3 tt/ha. en los raleos comerciales y de 34,6 a 45,9 tt/ha. en las talas rasas.

El mayor aumento se da en los raleos comerciales ya que por tener menores diámetros se destina una menor cantidad de madera a debobinado o aserrado que en las talas rasas.

Se destaca las ganancias de peso en la punta y en la biomasa de residuos, también la pérdida de madera comercial (como pulpa de celulosa) y corteza.

Este aprovechamiento como alternativa comercial podrá ser aplicado a determinados predios, en los que las distancias a las plantas de celulosa sean grandes y las distancias a eventuales plantas de energía fueran cortas.

A su vez dicha alternativa deberá tener un análisis de costos que la valide para cada situación en particular.

De poder aplicarse, la operación de cosecha solo descortezaría y desramaría hasta los 19 cm. pudiendo bajar los costos de la misma.

#### 4.4 Tabla 91. Comparación de ciclos de pulpa de celulosa y madera sólida en Eucalyptus.

Especie manejo/destino	Madera	Corteza	Hojas	Ramas	Punta	Biomasa a residuo	Edad cosecha o	TT/Ha Ciclo	TT/Ha Año	Ø Altura com.
<b>Eucalyptus pulpa</b>	132,1	17,0	9,5	15,1	2,5	44,1	10	44,1	4,4	5 - 6
<b>Eucalyptus madera sólida raleos</b>	93,9	7,8	3,1	7,2	0,5	18,7	12,5	53,3	3,1	6
<b>Eucalyptus madera sólida tala rasa</b>	139,0	10,3	6,7	16,6	1,1	34,6	17			6

En la tabla 91 se muestran las generaciones promedio de residuos, para los ciclos de pulpa celulosa con tala rasa a los 10 años, en relación a un ciclo de madera sólida con un raleo comercial a los 12,5 años y una tala rasa a los 17 años.

Se observa que la producción de residuos de un ciclo de pulpa genera un promedio de 44,1 toneladas hectárea de peso seco en 10 años. Mientras que un ciclo de madera sólida genera 53,3 toneladas hectárea de peso seco en 17 años.

Desde el punto de vista de la generación de residuos por unidad de tiempo se observa un comportamiento diferente al mencionado anteriormente. Cuando se estima la generación de residuos en un período anual, se obtiene que los sistemas para celulosa en promedio producen 4,4 tt/ha/año y la madera sólida 3,1 tt/ha/año. Esto determina que las plantaciones con destino a pulpa de celulosa generan un 29,5% más de residuos anualmente, que las plantaciones con destino a madera sólida.

**4.5 Tabla 92. Promedio de fracciones en raleos y talas rasas en sistemas de madera sólida de *Pinus taeda*, valores expresados en toneladas por hectárea de peso seco.**

<b>Especie manejo/destino</b>	<b>Madera</b>	<b>Corteza</b>	<b>Hojas</b>	<b>Ramas</b>	<b>Punta</b>	<b>Biomasa residuos</b>	<b>Edad cosecha o raleo</b>	<b>Ø Altura com. cm</b>
<b>Pinus raleo 1er comercial</b>	<b>19,1</b>	<b>1,8</b>	<b>3,7</b>	<b>7,2</b>	<b>4,0</b>	<b>16,6</b>	<b>11-13</b>	<b>19</b>
<b>Pinus raleo 2er comercial</b>	<b>37,6</b>	<b>2,8</b>	<b>5,8</b>	<b>7,4</b>	<b>2,6</b>	<b>18,5</b>	<b>17</b>	<b>19</b>
<b>Pinus tala rasa</b>	<b>152,7</b>	<b>10,9</b>	<b>15,2</b>	<b>32,4</b>	<b>11,9</b>	<b>70,4</b>	<b>21</b>	<b>19</b>

En la tabla 92 se promedian los resultados de un primer y un segundo raleo comercial y una tala rasa. En función de la metodología usada, no es posible manejar cada resultado obtenido como la suma de las intervenciones ya que los datos provienen predios diferentes. A su vez las densidades remanentes siempre fueron menores a las muestreadas en la intervención que sigue cronológicamente.

Los primeros y segundos raleos fueron evaluados en plantaciones sobre suelos 7, mientras que las talas rasas sobre suelos 7 y 9. En el primer raleo comercial la densidad se bajo de 449 a 141 arb/ha. Intensidad 31,3%, mientras que en el segundo raleo comercial la densidad se bajo de 350 a 150 arb/ha. Intensidad 42,8%.

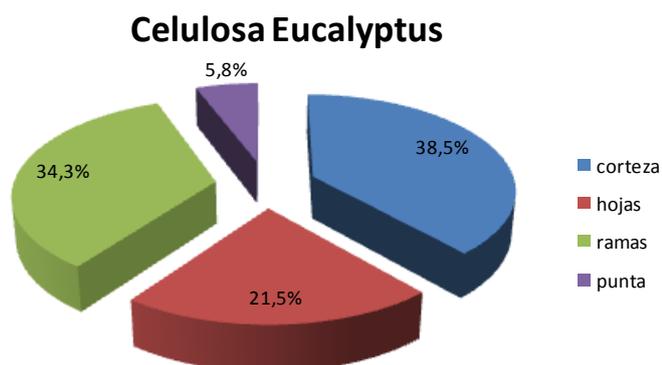
La tala rasa se realizó sobre un promedio de 380 individuos por hectárea.

Las intensidad del primer raleo comercial está enfocado en un sistema de manejo de un solo raleo y tala rasa a turno final. El segundo sistema de manejo con 2 raleos comerciales tendría un primer raleo comercial menos intenso, el mismo se realizó sobre un promedio de 350 individuos por hectárea.

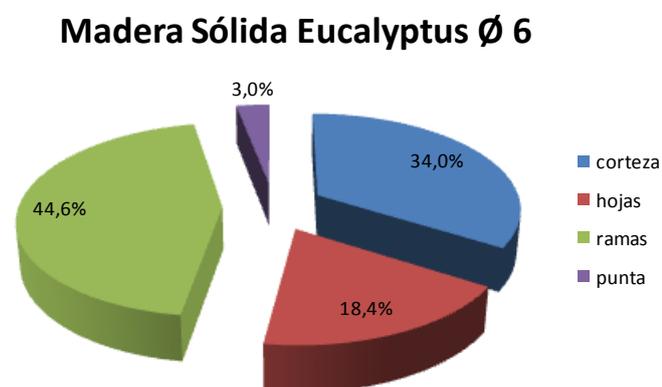
Como se puede apreciar para cualquiera de los 2 sistemas de manejo, se llegó con densidades menores a la de las talas rasas evaluadas, esto último puede estar dado en parte por la poca movilidad del mercado de la madera sólida de pino, por lo que las empresas en los últimos años, han optado por disminuir el número de intervenciones de manejo, dejando que las plantaciones lleguen a turno final con un mayor número de individuos. A su vez cuando logran alcanzar mercados tratan de colocar la mayor cantidad del producto como sucede en los raleos dejando densidades menores a turno final.

Lo que muestran los sistemas de madera sólida con 2 raleos, es que el retiro de residuos se puede hacer de manera menos concentrada en tiempo, o sea mejor distribuida.

#### 4.10 Concentración de residuos por sistema en porcentaje.

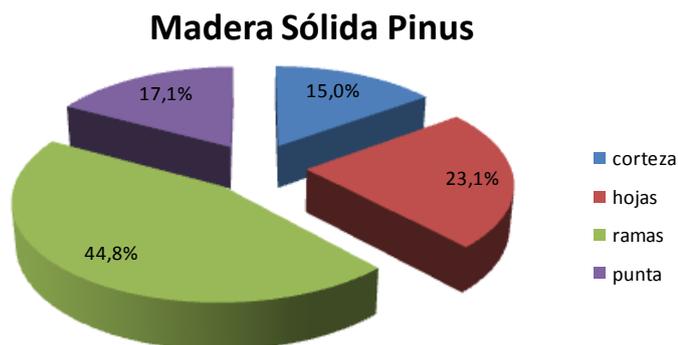


Grafica 434. Proporciones promedio de fracciones en sistemas de Celulosa de Eucalyptus



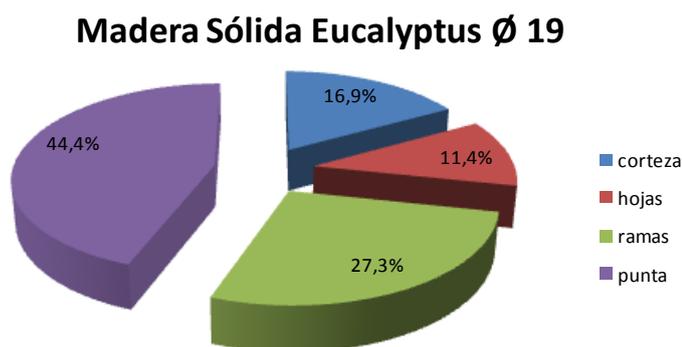
Grafica 435. Proporciones promedio de fracciones en sistemas de Madera Sólida de Eucalyptus Ø 6

De los graficos anteriores surge un comportamiento similar para la especie independientemente del sistema de manejo, presentando una mayor concentración de residuos en las fracciones de ramas y hojas. Para madera sólida es algo mayor el porcentaje de ramas, por el tamaño de los individuos..



Grafica 436. Proporciones promedio de fracciones en sistemas de Madera Sólida de Pinus

En las plantaciones de Pinus taeda con destino a madera sólida, hay una marcada concentración de residuos de ramas y en segundo lugar en hojas.,mientras que la punta, tiene porcentualmente poco peso relativo.



Grafica 437. Proporciones promedio de fracciones en sistemas de Madera Sólida de Eucalyptus Ø 19.

Para el caso de madera solida de Eucalyptus se observa que los residuos se concentran en la punta fina y las ramas.

### **5. Poder Calórico.**

El segundo objetivo de PROBIO es la caracterización de la biomasa evaluada, determinando el poder calórico y el contenido de cenizas.

En la tabla 103 se presenta un resumen de poder calórico, por especie y el grupo de suelo CONEAT.

Tabla 103. Poder calórico superior por especie y tipo suelo de las distintas fracciones

		<b>PCS en base seca de fracciones (MJ/Kg)</b>			
<b>Especie</b>	<b>Suelo CONEAT</b>	<b>Madera</b>	<b>Corteza</b>	<b>Ramas</b>	<b>Hojas</b>
<b>P. taeda</b>	7	20,6	21,3	20,6	21,3
<b>P. taeda</b>	9	20,5	21,3	20,8	21,4
	<b>Promedio</b>	<b>20,5</b>	<b>21,3</b>	<b>20,7</b>	<b>21,4</b>
<b>E. grandis</b>	2	19,9	17,3	19,5	22,3
<b>E. grandis</b>	8	19,9	16,7	19,2	21,4
<b>E. dunnii</b>	9	19,4	17,6	19,1	23,3
<b>E. globulus</b>	2	19,5	16,8	19,3	23,2
<b>E. maidenii</b>	2	19,5	17,1	18,8	22,6
	<b>Promedio</b>	<b>19,6</b>	<b>17,1</b>	<b>19,2</b>	<b>22,6</b>
Determinación según documento PEC. FOREST 0.17					
Normas DIN 51900 - 1:2000 y DIN 51900 - 2:2003					

Los valores se expresan en Mega Joules por kilogramo.

Para *P. taeda* se pueden apreciar valores muy similares en ambos grupos de suelos, presentando mayores valores promedio para corteza y hojas y valores algo menores para madera y ramas.

En los *Eucalyptus* spp. Se observa que los mayores valores se dan en la madera y las hojas.

Si comparamos *Pinus* con *Eucalyptus* podemos decir que las fracciones de madera, corteza y ramas de *Pinus* presentan mayores valores promedio de Poder Calórico Superior, siendo 4,3%, 19,7% y 7,2% superior respectivamente. Mientras que para los valores de hojas, el promedio de las especies de *Eucalyptus* es 5,3% superior al de *Pinus*.

En la tabla 104 se presenta un resumen de poder calórico, para los residuos derivados de la foresto-industria.

Tabla 104. Poder calórico superior por tipo de residuo foresto-industrial.

	<b>PCS en base seca de fracciones (MJ/Kg)</b>			
<b>Especie</b>	<b>Fracciones Foresto-Industria</b>			
	<b>Chip raleos 4 años</b>	<b>Chip residuos 23 años</b>	<b>Polines</b>	<b>Corteza</b>
<b>P. taeda</b>	20,3	21,4	20,6	20,4
	<b>Aserrín</b>	<b>Costaneros-Despuntos</b>	<b>Polines</b>	
<b>E. grandis</b>	20,0	19,9	20,1	
	<b>Chip</b>			
<b>Mezcla P.taeda-E.grandis</b>	20,5			
Determinación según documento PEC. FOREST 0.17 Normas DIN 51900 - 1:2000 y DIN 51900 - 2:2003				

Como generalidad los restos de foresto-industria derivados de Pinus presentan mayores valores promedio de poder calórico que los restos derivados de Eucalyptus, aunque algunas fracciones no son comparables entre sí, ya que no tienen su similar en la otra especie.

## 6. Contenido de Cenizas

A continuación se muestra un resumen del contenido de cenizas, la unidad de muestreo al igual que para la determinación de poder calórico es la especie y el grupo de suelo CONEAT.

Tabla 105. Contenido de cenizas por especie y tipo suelo de las distintas fracciones.

Especie	Suelo CONEAT	Contenido de cenizas en base seca de fracciones (%)			
		Madera	Corteza	Ramas	Hojas
<b>P. taeda</b>	7	0,4	1,2	0,9	3,7
<b>P. taeda</b>	9	0,3	0,7	0,6	4,2
	<b>Promedio</b>	<b>0,4</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>4,0</b>
<b>E. grandis</b>	2	0,3	6,7	1,7	5,9
<b>E. grandis</b>	8	0,4	8,3	2,1	6,0
<b>E. dunnii</b>	9	0,8	6,5	2,2	5,6
<b>E. globulus</b>	2	0,4	8,1	3,2	5,2
<b>E. maidenii</b>	2	0,4	7,9	2,2	5,0
	<b>Promedio</b>	<b>0,4</b>	<b>7,5</b>	<b>2,3</b>	<b>5,5</b>
Determinación según documento PEC. AYE 005/PEC. FOREST 0.34					
Norma ASTM 1102 - 84					

Los valores se expresan en porcentaje del peso seco.

Como era de esperarse según bibliografía, los mayores contenidos de cenizas tanto en Pinus como en Eucalyptus se dan en la corteza y hojas, pero con diferencias entre ambos.

En Pinus podemos apreciar un bajo contenido de cenizas de la madera, similares valores para corteza y ramas, y un alto valor en las hojas.

En el promedio de Eucalyptus la corteza tiene un valor bastante alto seguido por las hojas, ambos valores superan a cualquiera de los valores de las fracciones de Pinus. Luego lo siguen ramas y la madera es similar en ambos.

Tomando los valores obtenidos de Poder Calórico y contenido de Cenizas, podemos decir que el Eucalyptus tiene menores valores promedio de Poder Calórico para madera, corteza y ramas, a su vez para corteza, ramas y hojas presenta los mayores valores de contenido de Cenizas, muy marcadamente en la corteza. Como es sabido la ceniza generada luego de la quema es un problema para las plantas, porque esta debe ser retirada, generando costos, a mayor generación de cenizas mayores costos y más espacio físico para depositarla. Esto hace que el género Pinus muestre una mejor aptitud a la hora de ser usado como biomasa para generación de energía.

Tabla 106. Contenido de cenizas por tipo de residuo foresto-industrial.

Especie	Contenido de cenizas en base seca de fracciones (%)			
	Fracciones Foresto-Industria			
	Chip raleos 4 años	Chip residuos 23 años	Polines	Corteza
<b>P. taeda</b>	0,53	0,20	0,28	4,30
	<b>Aserrín</b>	<b>Costaneros-Despuntos</b>	<b>Polines</b>	
<b>E. grandis</b>	0,079	0,030	0,12	
	<b>Chip</b>			
<b>Mezcla P.taeda-E.grandis</b>	0,71			
Determinación según documento PEC. AYE 005/PEC. FOREST 0.34 Norma ASTM 1102 - 84				

Como generalidad los restos de foresto-industria derivados de Eucalyptus presentan valores promedio bastante menores porcentualmente de contenido de cenizas que los restos derivados de Pinus, aunque algunas fracciones no son comparables entre sí, ya que no tienen su similar en la otra especie.

## 7. Nutrientes

A continuación se muestran las características de los sitios y los resultados por componente.

### 7.1.1. Características de sitios, P. taeda madera sólida. Primer raleo comercial, suelos 7.

Tabla 107. Características de 2 sitios en primer raleo comercial.

Depto.	Zona	Especie	Edad	Suelo CONEAT	Manejo/destino	Nro arb/ha	Vol/ha mcsr	Vol/arb mcs	IMA	Arb ral/ha	Porc ral	Vol/ha mcsr	H Poda
Tacuarembó	Batoví	Pino taeda	13	7.2	Primer raleo com.	484	114,65	0,237	10,4 medio	143	29,50%	33,82	4,58
Tacuarembó	Batoví	Pino taeda	13	7.32	Primer raleo com.	413	126,53	0,3067	11,5 alto	138	33,40%	42,2	4,33

Tabla 108. Contenido de nutrientes para cada sitio. Kg/ha.

IMA medio					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	7,57	0,61	3,89	4,17	1,51
Hojas	38,14	1,70	3,99	7,91	2,51
Ramas Sec	0,44	0,01	0,11	0,72	0,14
Ramas Ver	20,96	1,14	9,35	22,05	5,72
Punta	12,18	0,66	5,43	12,81	3,32
<b>Total</b>	<b>79,29</b>	<b>4,13</b>	<b>22,78</b>	<b>47,66</b>	<b>13,19</b>
IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	7,72	0,59	4,75	3,25	1,16
Hojas	47,46	3,27	17,83	24,87	9,69
Ramas Sec	1,39	0,06	0,37	1,54	0,30
Ramas	12,61	0,58	3,36	14,05	2,71
Punta	7,63	0,35	2,03	8,50	1,64
<b>Total</b>	<b>76,80</b>	<b>4,86</b>	<b>28,33</b>	<b>52,21</b>	<b>15,50</b>

7.1.2. Características de sitios, P. taeda madera sólida. Segundo raleo comercial, suelos 7.

Tabla 109. Características de 3 sitios en segundo raleo comercial.

Depto.	Zona	Especie	Edad	Suelo CONEAT	Manejo/destino	No arb/ha	% Raleo	Vol/ha mcst	Vol/arb mcs	IMA	H Poda	Arb/ral	Vol/ha mcstr
Tacuarembó	Manuel Díaz	Pinus taeda	17	7.41	Segundo raleo com.	364	45%	256,1	0,7033	15,07 alto	6,57	164	93,11
Tacuarembó	Manuel Díaz	Pinus taeda	17	7.41	Segundo raleo com.	364	45%	268,42	0,7374	15,08 alto	5,61	165	98,03
Tacuarembó	Manuel Díaz	Pinus taeda	17	7.2	Segundo raleo com.	321	38%	240,49	0,7498	14,1 medio	6,21	120	67,4

Tabla 110. Contenido de nutrientes para cada sitio. Kg/ha.

IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	13,82	0,99	6,36	6,05	2,34
Hojas	105,82	9,05	41,10	32,87	11,31
Ramas Sec	3,99	0,15	0,59	5,52	0,67
Ramas Ver	51,44	1,21	5,59	15,95	3,28
Punta	27,05	0,64	2,94	8,38	1,72
<b>Total</b>	<b>202,11</b>	<b>12,05</b>	<b>56,58</b>	<b>68,77</b>	<b>19,32</b>
IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	10,57	0,58	3,64	5,35	1,60
Hojas	66,24	5,70	23,52	22,50	10,61
Ramas Sec	4,84	0,19	0,43	9,57	1,27
Ramas Ver	28,67	1,06	3,85	14,36	3,13
Punta	14,36	0,53	1,93	7,20	1,57
<b>Total</b>	<b>124,68</b>	<b>8,06</b>	<b>33,38</b>	<b>58,98</b>	<b>18,18</b>
IMA medio					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	11,15	0,90	5,41	5,06	1,70
Hojas	56,21	4,57	20,35	26,94	8,42
Ramas Sec	2,03	0,08	0,51	3,29	0,45
Ramas Ver	18,78	0,92	5,36	14,21	2,89
Punta	6,87	0,34	1,96	5,20	1,06
<b>Total</b>	<b>95,05</b>	<b>6,82</b>	<b>33,59</b>	<b>54,70</b>	<b>14,53</b>

7.1.3. Características de sitios, P. taeda madera sólida. Tala rasa, suelos 7.

Tabla 111. Características de 2 sitios en tala rasa.

Depto.	Zona	Especie	Edad	Suelo CONEAT	Manejo/destino	No arb/ha	Vol/ha mcst	Vol/arb mcs	IMA	H Poda
Rivera	Tranqueras	Pinus taeda	21	7.2	Tala rasa	357	428	1,200	20,4 alto	4,46
Rivera	Tranqueras	Pinus taeda	21	7.2	Tala rasa	343	354	1,030	16,9 medio	4,41

Tabla 112. Contenido de nutrientes para cada sitio. Kg/ha.

IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	62,09	2,69	18,13	50,14	11,20
Hojas	226,38	19,07	99,83	108,71	32,97
Ramas Sec	30,54	1,15	10,44	44,56	8,10
Ramas Ver	81,83	4,21	26,33	86,31	16,83
Punta	34,44	1,77	11,08	36,32	7,08
<b>Total</b>	<b>435,28</b>	<b>28,90</b>	<b>165,80</b>	<b>326,05</b>	<b>76,19</b>
IMA medio					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	40,76	1,77	11,90	32,92	7,35
Hojas	188,10	12,75	80,35	93,17	26,97
Ramas Sec	15,10	0,89	4,44	50,70	15,06
Ramas Ver	46,97	3,52	25,98	71,56	14,28
Punta	22,11	1,66	12,23	33,69	6,72
<b>Total</b>	<b>313,04</b>	<b>20,58</b>	<b>134,89</b>	<b>282,03</b>	<b>70,39</b>

7.1.4. Características de sitios, P. taeda madera sólida. Tala rasa, suelos 9.

Tabla 113. Características de 2 sitios en tala rasa.

Depto.	Zona	Especie	Edad	Suelo CONEAT	Manejo/destino	Nro arb/ha	Vol/ha mcst	Vol/arb mcs	IMA	H Poda
Paysandú	Piedras Coloradas	Pino taeda	20	9.3	Tala rasa	423	302,62	0,7159	15,1 medio	5,60
Rio Negro	Algorta	Pino taeda	22	9.3	Tala rasa	386	376,07	0,9755	17,1 alto	5,56

Tabla 114. Contenido de nutrientes para cada sitio. Kg/ha.

IMA medio					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	41,06	2,19	18,93	20,99	8,85
Hojas	155,05	22,23	90,25	117,53	27,43
Ramas Sec	38,53	1,37	12,73	47,40	10,30
Ramas Ver	57,67	3,91	29,66	57,83	13,23
Punta	41,29	2,80	21,23	41,40	9,47
<b>Total</b>	<b>333,59</b>	<b>32,51</b>	<b>172,80</b>	<b>285,14</b>	<b>69,29</b>
IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	32,17	2,55	16,89	27,61	7,71
Hojas	145,52	10,36	67,83	48,99	14,37
Ramas Sec	8,73	0,44	2,82	20,94	3,25
Ramas Ver	21,93	3,39	30,99	39,42	12,41
Punta	15,01	2,32	21,22	26,99	8,50
<b>Total</b>	<b>223,37</b>	<b>19,05</b>	<b>139,76</b>	<b>163,95</b>	<b>46,23</b>

7.2.1. Características de sitios, E. grandis madera sólida. Primer raleo comercial, suelos 2.

Tabla 117. Características de 2 sitios en primer raleo comercial.

Depto.	Zona	Especie	Edad	Suelo CONEAT	Manejo/destino	Nro arb/ha	Vol/ha mcst	Vol/arb mcs	IMA	Arb ral/ha	Porc ral	Vol/ha mcsr	H Poda
Cerro Largo	Rincón del Coronel	E. grandis	7	2.11b	Primer raleo com.	453	217,61	0,4801	31,1 alto	158	34,85%	57,44	6,50
Cerro Largo	Rincón del Coronel	E. grandis	7	2.11a	Primer raleo com.	407	184,23	0,4522	26,3 medio	132	32,53%	47,74	5,13

Tabla 118. Contenido de nutrientes para cada sitio. Kg/ha.

IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	7,88	0,63	19,25	68,56	8,28
Hojas	40,46	3,06	30,86	46,38	9,29
Ramas	9,70	1,12	12,76	30,25	6,97
Punta	0,72	0,08	0,95	2,25	0,52
<b>Total</b>	<b>58,76</b>	<b>4,89</b>	<b>63,82</b>	<b>147,44</b>	<b>25,07</b>
IMA medio					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	6,50	0,82	15,21	59,76	6,16
Hojas	32,83	2,23	26,17	30,62	5,42
Ramas	10,62	0,90	11,04	46,57	9,73
Punta	0,65	0,05	0,67	2,83	0,59
<b>Total</b>	<b>50,59</b>	<b>4,01</b>	<b>53,08</b>	<b>139,79</b>	<b>21,90</b>

## 7.2.2. Características de sitios, E. grandis madera sólida. Tala rasa, suelos 7.

Tabla 119. Características de 2 sitios en tala rasa.

Depto.	Zona	Especie	Edad	Suelo CONEAT	Manejo/destino	Nro arb/ha	Vol/ha mcst	Vol/arb mcs	IMA
Rivera	Mangueras	E. grandis	17	7.33	Tala rasa ms	149	263,51	1,774	15,5 medio
Rivera	Mangueras	E. grandis	17	7.33	Tala rasa ms	180	358,84	1,989	21,1 alto

Tabla 120. Contenido de nutrientes para cada sitio. Kg/ha.

IMA medio					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	30,98	3,27	56,21	350,64	20,33
Hojas	99,05	6,61	81,23	65,18	18,37
Ramas Sec	0,77	0,81	23,43	152,26	24,90
Ramas Ver	30,64	3,37	56,37	118,24	22,70
Punta	2,30	0,25	4,23	8,87	1,70
<b>Total</b>	<b>163,74</b>	<b>14,32</b>	<b>221,48</b>	<b>695,18</b>	<b>88,00</b>
IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	57,84	2,02	87,03	440,16	19,05
Hojas	87,79	4,95	71,13	60,61	14,67
Ramas Sec	0,37	0,02	0,88	2,03	0,31
Ramas Ver	37,52	1,97	55,46	104,29	20,08
Punta	2,27	0,12	3,35	6,30	1,21
<b>Total</b>	<b>185,79</b>	<b>9,09</b>	<b>217,85</b>	<b>613,39</b>	<b>55,32</b>

## 7.3.1. Características de sitios, E. grandis celulosa. Tala rasa, suelos 8.

Tabla 121. Características de 2 sitios en tala rasa.

Depto.	Zona	Especie	Edad	Suelo CONEAT	Manejo/destino	No arb/ha	Vol/ha mcst	Vol/arb mcs	IMA
Durazno	Tala de Mariscal	Eucalyptus grandis	17	8.02a	Tala rasa	825	362	0,43	20,8 medio
Durazno	Tala de Mariscal	Eucalyptus grandis	17	8.02a	Tala rasa	796	513	0,64	30,2 alto

Tabla 122. Contenido de nutrientes para cada sitio. Kg/ha.

IMA medio					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	77,69	3,14	46,92	661,97	79,57
Hojas	192,26	13,73	124,45	232,53	41,46
Ramas Sec	6,96	0,11	1,89	24,44	2,87
Ramas Ver	70,47	2,13	34,07	207,57	30,81
Punta	4,51	0,14	2,18	13,28	1,97
<b>Total</b>	<b>351,88</b>	<b>19,25</b>	<b>209,52</b>	<b>1139,79</b>	<b>156,69</b>
IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	55,20	3,56	77,99	624,44	52,41
Hojas	168,34	9,93	87,76	193,90	30,65
Ramas Sec	2,94	0,08	1,46	20,69	2,17
Ramas Ver	36,19	1,57	28,80	251,90	24,14
Punta	3,20	0,14	2,55	22,28	2,14
<b>Total</b>	<b>265,87</b>	<b>15,26</b>	<b>198,56</b>	<b>1113,21</b>	<b>111,50</b>

7.3.2. Características de sitios, E. globulus (fustal y tallar) celulosa. Tala rasa, suelos 2.

Tabla 123. Características de 5 sitios en tala rasa.

Depto.	Zona	Especie	Edad	Suelo CONEAT	Manejo/destino	Nro arb/ha	Vol/ha mcst	Vol/arb mcs	IMA
Maldonado	Molles de Garzón	E. globulus	13	2.11b	Tala rasa	1027	335,24	0,3266	25,8 alto
Rocha	Sierra de Rocha	E. globulus	14	2.11a	Tala rasa	883	297,8	0,3371	22,9 medio
Rocha	Sierra de Rocha	E. globulus	14	2.10	Tala rasa	700	182,02	0,2599	14 bajo
Lavalleja	Retamosa	E. globulus (tallar)	10	2.11a	Tala rasa	836	188	0,22	18,8 medio
Lavalleja	Retamosa	E. globulus (tallar)	10	2.11a	Tala rasa	812	219	0,27	21,9 alto

Tabla 124. Contenido de nutrientes para cada sitio. Kg/ha.

IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	74,31	10,01	125,26	704,30	67,97
Hojas	147,67	11,97	139,93	170,75	27,92
Ramas Sec	2,60	0,26	7,63	25,12	2,79
Ramas Ver	59,26	4,39	66,26	174,05	18,25
Punta	6,69	0,50	7,48	19,65	2,06
<b>Total</b>	<b>290,54</b>	<b>27,12</b>	<b>346,56</b>	<b>1093,88</b>	<b>118,99</b>
IMA medio					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	46,93	6,80	51,63	613,15	64,36
Hojas	103,00	8,10	77,49	162,51	15,49
Ramas Sec	2,25	0,04	1,00	9,78	1,20
Ramas Ver	74,55	2,36	32,56	128,48	10,41
Punta	12,62	0,40	5,51	21,75	1,76
<b>Total</b>	<b>239,34</b>	<b>17,72</b>	<b>168,20</b>	<b>935,68</b>	<b>93,23</b>
IMA bajo					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	48,50	4,47	39,47	354,57	26,03
Hojas	118,34	8,34	92,77	203,01	19,16
Ramas Sec	3,10	0,06	1,38	13,47	1,65
Ramas Ver	38,14	3,61	46,45	225,14	16,54
Punta	3,37	0,32	4,10	19,89	1,46
<b>Total</b>	<b>211,45</b>	<b>16,79</b>	<b>184,18</b>	<b>816,09</b>	<b>64,85</b>
Tallar IMA medio					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	33,47	2,19	29,97	221,68	37,80
Hojas	82,17	4,35	46,00	101,70	17,87
Ramas Sec	5,70	0,09	1,95	19,82	3,04
Ramas Ver	36,88	1,95	32,40	142,69	18,23
Punta	7,29	0,39	6,40	28,19	3,60
<b>Total</b>	<b>165,51</b>	<b>8,97</b>	<b>116,71</b>	<b>514,08</b>	<b>80,55</b>
Tallar IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	37,02	4,09	50,56	405,41	25,54
Hojas	95,32	5,92	65,97	127,59	21,64
Ramas Sec	3,83	0,09	2,29	21,48	2,03
Ramas Ver	32,03	1,86	26,65	109,47	10,36
Punta	6,23	0,36	5,18	21,29	2,02
<b>Total</b>	<b>174,43</b>	<b>12,33</b>	<b>150,66</b>	<b>685,23</b>	<b>61,59</b>

7.3.3. Características de sitios, E. dunnii celulosa. Tala rasa, suelos 8.

Tabla 125. Características de 3 sitios en tala rasa.

Depto.	Zona	Especie	Edad	Suelo CONEAT	Manejo/destino	Nro arb/ha	Vol/ha mcst	Vol/arb mcs	IMA
Durazno	Chileno Grande	E. dunnii	7,5	8.13	Tala rasa	1140	275,4	0,2417	38,5 alto
Durazno	Chileno Grande	E. dunnii	7,5	8.13	Tala rasa	1208	245,0	0,2027	35,1 medio
Durazno	Chileno Grande	E. dunnii	7,5	8.13	Tala rasa	1100	211,7	0,1924	31,1 bajo

Tabla 126. Contenido de nutrientes para cada sitio. Kg/ha.

IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	18,41	4,73	82,80	249,29	43,70
Hojas	103,21	7,98	98,55	144,02	28,80
Ramas	31,93	1,60	45,42	91,19	23,99
Punta	7,85	0,39	11,17	22,42	5,90
<b>Total</b>	<b>161,40</b>	<b>14,71</b>	<b>237,94</b>	<b>506,93</b>	<b>102,39</b>
IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	51,17	4,34	91,16	307,17	48,62
Hojas	93,36	5,71	68,71	97,87	17,63
Ramas	36,25	1,67	42,71	91,86	23,16
Punta	11,79	0,54	13,89	29,89	7,54
<b>Total</b>	<b>192,57</b>	<b>12,25</b>	<b>216,46</b>	<b>526,78</b>	<b>96,95</b>
IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	62,88	4,15	66,47	450,47	71,39
Hojas	128,90	7,47	96,04	114,91	25,40
Ramas	36,08	1,49	40,52	83,66	22,80
Punta	11,41	0,47	12,81	26,45	7,21
<b>Total</b>	<b>239,28</b>	<b>13,59</b>	<b>215,84</b>	<b>675,49</b>	<b>126,80</b>

7.3.4. Características de sitios, E. dunnii celulosa. Tala rasa, suelos 9.

Tabla 127. Características de 3 sitios en tala rasa.

Depto.	Zona	Especie	Edad	Suelo CONEAT	Manejo/destino	Nro arb/ha	Vol/ha mcst	Vol/arb mcs	IMA
Paysandú	Algorta	E. dunnii	10,7	9.3	Tala rasa	1500	408,26	0,2722	38,2 alto
Río Negro	Mellizos	E. dunnii	9,1	9.6	Tala rasa	1514	308,68	0,2039	33,9 medio
Río Negro	Piñera	E. dunnii	10,7	9.6	Tala rasa	1287	305,52	0,2373	28,6 bajo

Tabla 128. Contenido de nutrientes para cada sitio. Kg/ha.

IMA alto					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	84,62	16,15	194,76	978,59	90,01
Hojas	151,85	10,65	129,13	164,52	29,63
Ramas Sec	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ramas Ver	28,05	9,71	34,96	114,05	20,66
Punta	4,44	1,54	5,53	18,05	3,27
<b>Total</b>	<b>268,97</b>	<b>38,06</b>	<b>364,38</b>	<b>1275,21</b>	<b>143,57</b>
IMA medio					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	65,05	7,72	149,52	546,54	60,78
Hojas	146,13	16,47	127,55	139,94	23,93
Ramas Sec	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ramas Ver	24,09	5,46	30,71	89,97	18,39
Punta	6,56	1,49	8,36	24,50	5,01
<b>Total</b>	<b>241,83</b>	<b>31,13</b>	<b>316,14</b>	<b>800,95</b>	<b>108,11</b>
IMA bajo					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	65,09	5,67	135,60	417,73	46,73
Hojas	130,09	18,05	105,39	164,83	28,66
Ramas Sec	3,12	0,25	4,40	19,66	3,71
Ramas Ver	35,24	2,57	29,76	102,16	17,95
Punta	6,38	0,47	5,39	18,51	3,25
<b>Total</b>	<b>239,92</b>	<b>27,01</b>	<b>280,55</b>	<b>722,90</b>	<b>100,31</b>

**7.3.5.** Características de sitios, *E. maidenii* celulosa. Tala rasa, suelos 2.

Tabla 129. Características de 2 sitios en tala rasa.

Depto.	Zona	Especie	Edad	Suelo CONEAT	Manejo/destino	Nro arb/ha	Vol/ha mcst	Vol/arb mcs	IMA
Lavalleja	Mariscala	<i>E. maidenii</i>	9	2.11a	Tala rasa	1012	134,87	0,1313	15 medio
Lavalleja	Mariscala	<i>E. maidenii</i>	9	2.11a	Tala rasa	1071	116,39	0,10187	12,9 bajo

Tabla 130. Contenido de nutrientes para cada sitio. Kg/ha.

IMA medio					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	7,65	0,73	11,17	72,30	8,69
Hojas	14,59	1,06	15,09	30,37	3,76
Ramas	15,39	0,68	14,27	54,10	6,92
Punta	0,94	0,04	0,87	3,29	0,42
<b>Total</b>	<b>38,57</b>	<b>2,51</b>	<b>41,39</b>	<b>160,06</b>	<b>19,80</b>
IMA bajo					
Fracción	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Corteza	6,01	0,81	15,37	70,51	8,07
Hojas	35,73	2,53	33,99	40,95	4,81
Ramas	10,47	0,67	10,87	42,77	4,45
Punta	0,78	0,05	0,81	3,19	0,33
<b>Total</b>	<b>52,98</b>	<b>4,06</b>	<b>61,04</b>	<b>157,42</b>	<b>17,66</b>

**8. Coeficientes para residuos forestales, en relación a metros cúbicos de madera comercial y porcentaje de fracciones para cada sitio.**

Tabla 131. Coeficientes y porcentaje de fracciones.

Depto.	Grupo suelo CONEAT	Especie	Manejo	Destino	IMA	IMA mcst	Nro arb cosechados/ha	Edad	Coeficientes		Porcentaje por fracción				
									residuos en TT de peso seco por m3 de madera comercial		Corteza	Hojas	Ramas Verdes	Ramas Secas	Punta
Tacuarembó	7	P. taeda	rc1	ms	a	11,5	138	11	0,69		0,0%	28,8%	41,5%	4,6%	25,1%
Tacuarembó	7	P. taeda	rc1	ms	m	10,4	143	11	0,86		0,0%	20,5%	49,3%	1,5%	28,7%
Tacuarembó	7	P. taeda	rc2	ms	a	15,07	163	17	0,28		0,0%	36,1%	33,5%	12,9%	17,5%
Tacuarembó	7	P. taeda	rc2	ms	a	15,8	165	17	0,24		0,0%	31,0%	35,0%	16,8%	17,2%
Tacuarembó	7	P. taeda	rc2	ms	m	14,1	120	17	0,27		0,0%	32,0%	43,3%	8,9%	15,8%
Rivera	7	P. taeda	tr	ms	a	20,4	357	21	0,23		0,0%	30,7%	36,4%	17,5%	15,3%
Rivera	7	P. taeda	tr	ms	m	16,9	343	21	0,22		0,0%	26,3%	38,8%	16,6%	18,3%
Río Negro	9	P. taeda	tr	ms	a	17,1	386	22	0,21		0,0%	22,9%	37,0%	14,7%	25,3%
Paysandú	9	P. taeda	tr	ms	m	15,1	423	20	0,35		0,0%	21,9%	30,9%	25,1%	22,1%
Tacuarembó	7	P. taeda	rp**	-	a										
Tacuarembó	7	P. taeda	rp**	-	m										
Cerro Largo	2	E. grandis	rc1	c/ms	a	31,1	158	7	0,25		25,2%	27,5%	26,4%	17,5%	3,3%
Cerro Largo	2	E. grandis	rc1	c/ms	m	26,3	132	7	0,28		24,1%	21,1%	39,4%	12,2%	3,1%
Rivera	7	E. grandis	rc	ms	a	43,6	224	11	0,11		35,3%	21,6%	23,0%	12,8%	7,4%
Rivera	7	E. grandis	rc	ms	m	39	290	13	0,13		40,9%	13,5%	30,1%	13,2%	2,3%
Rivera	7	E. grandis	tr	ms	a	21,1	180	17	0,18		35,3%	18,4%	28,8%	12,8%	4,6%
Rivera	7	E. grandis	tr	ms	m	15,5	149	17	0,16		25,2%	21,6%	47,8%	1,8%	3,6%
Tacuarembó	7	E. grandis	tr	c	a	45,8	894	8	0,11		39,8%	17,7%	19,2%	19,2%	4,0%
Tacuarembó	7	E. grandis	tr	c	m	42,3	933	8	0,13		38,2%	11,5%	20,9%	25,9%	3,5%
Tacuarembó	7	E. grandis	tr	c	b	39,9	992	8	0,15		41,8%	17,3%	23,2%	13,5%	4,2%
Durazno	8	E. grandis	tr	c	a	30,2	796	17	0,10		35,9%	23,7%	34,3%	3,1%	3,0%
Durazno	8	E. grandis	tr	c	m	20,8	825	17	0,20		33,1%	20,2%	40,8%	3,3%	2,6%
Paysandú	9	E. grandis	tr	c	a	36,6	1231	9	0,15		35,2%	17,2%	19,7%	21,7%	6,3%
Paysandú	9	E. grandis	tr	c	m	33,3	1330	9	0,13		33,2%	22,9%	22,7%	13,7%	7,5%
Paysandú	9	E. grandis	tr	c	b	22,4	1094	9	0,23		35,5%	18,8%	19,2%	20,7%	5,8%
Maldonado	2	E. globulus	tr	c	a	25,8	1027	13	0,21		36,8%	21,7%	32,8%	4,9%	3,7%
Rocha	2	E. globulus	tr	c	m	22,9	833	14	0,16		36,4%	22,4%	33,5%	2,0%	5,7%
Rocha	2	E. globulus	tr	c	b	14	700	14	0,27		25,7%	24,0%	43,8%	2,7%	3,9%
Lavalleja	2	E. globulus (t)	tr	c	a	21,9	812	10	0,20		32,3%	24,8%	31,6%	5,2%	6,2%
Lavalleja	2	E. globulus (t)	tr	c	m	18,8	836	10	0,22		28,0%	22,6%	36,0%	6,3%	7,1%
Tacuarembó	7	E. dunnii	tr	c	a	39,5	1022	8,5	0,15		53,4%	13,1%	20,0%	7,9%	5,7%
Tacuarembó	7	E. dunnii	tr	c	m	37,9	1051	8	0,14		42,3%	22,7%	19,8%	10,7%	4,5%
Tacuarembó	7	E. dunnii	tr	c	b	36,5	845	8	0,16		41,8%	18,9%	25,3%	9,7%	4,3%
Durazno	8	E. dunnii	tr	c	a	38,5	1140	7,5	0,19		44,7%	21,6%	21,2%	4,4%	8,1%
Durazno	8	E. dunnii	tr	c	m	35,1	1208	7,5	0,19		42,7%	19,5%	21,0%	7,5%	9,3%
Durazno	8	E. dunnii	tr	c	b	31,1	1100	7,5	0,24		35,1%	24,1%	25,8%	6,9%	8,1%
Paysandú	9	E. dunnii	tr	c	a	38,2	1500	10,7	0,13		51,8%	22,9%	21,8%	0,0%	3,5%
Río Negro	9	E. dunnii	tr	c	m	33,9	1514	9,1	0,16		50,2%	26,1%	18,6%	0,0%	5,1%
Río Negro	9	E. dunnii	tr	c	b	28,6	1287	10,7	0,14		42,2%	24,7%	24,1%	4,6%	4,4%
Lavalleja	2	E. maidenii	tr	c	a	18,8	1081	8	0,30		35,5%	25,5%	30,7%	1,1%	7,2%
Lavalleja	2	E. maidenii	tr	c	m	15	1012	9	0,32		33,6%	28,9%	27,8%	2,7%	7,1%
Lavalleja	2	E. maidenii	tr	c	b	12,9	1071	9	0,42		22,6%	29,6%	28,7%	6,3%	12,7%

ima	incremento medio anual
tr	tala rasa
rc	raleo comercial
rc1	prim. raleo comercial
rc2	seg. raleo comercial
rp**	raleo a perdida
c	celulosa
c/ms	celulosa/mad. sólida
ms	madera sólida
a	alto
m	medio
b	bajo
(t)	tallar

Los coeficientes calculados hacen referencia al sitio muestreado, se recomienda prudencia al extrapolarlos a otros sitios ya que consideramos que aún se deberían ser validados estadísticamente con un mayor número de muestreos, para poder manejar un margen de error. Por esta razón se incluyen algunos datos más en la tabla, como edad y número de árboles cosechados o a cosechar.

Estos coeficientes tampoco están referidos a material genético o tipo de cosecha.

Igualmente se consideran una guía estimativa con datos reales, para sitios de similares características.

Para Pinus no se incluye el porcentaje de corteza ya que la misma está incluida en lo metros cúbicos comerciales. Este se descorteza en planta.

En los raleos se marcó en rojo el número de árboles salientes y el coeficiente está calculado en relación a los mismos y no a los arboles remanentes.

El IMA mcst. (metros cúbicos sólidos totales) hace referencia a todo el fuste, hasta la punta del árbol. El IMA comercial obviamente tiene valores menores.

Se debe tener en cuenta que para los destinos de madera sólida el IMA actual se puede considerar bajo en algunos casos, ya que como generalidad el monte ha tenido una o varias intervenciones anteriores.

Los coeficientes calculados estiman una extracción total de residuos. No están en referencia a la extracción de nutrientes o costos de cosecha, en un futuro con estos y otro tipo de datos se podrá considerar la opción de adaptar modelos que contemplen un manejo forestal sustentable.

## **9. Consideraciones.**

Se relevaron los 42 sitios acordados en el cronograma del proyecto PROBIO, también se evaluó Poder Calórico y contenido de Cenizas de residuos provenientes de la Industria maderera (co-generación).

Los sistemas de producción de madera sólida (*E. grandis* y *P. taeda*) en promedio generan mayores cantidades de residuos que las plantaciones con destino a celulosa en un ciclo de producción, aunque existe una importante variación entre las especies plantadas para tales fines (*E. grandis*, *E. globulus*, *E. dunnii* y *E. maidenii*).

Las plantaciones de *P. taeda* generan mayores cantidades de residuos por hectárea en la tala rasa con respecto a *E. grandis* con la particularidad de que los turnos de corta son diferentes para cada especie. En términos de unidad de tiempo la cantidad de residuos generados es similar entre ambas.

En *P. taeda* los residuos de la operación de tala rasa representan el 85% del total de residuos generados a lo largo del ciclo del cultivo. En *E. grandis* la proporción de los residuos resultantes de la tala rasa son del orden del 65% del total correspondiendo el resto a las operaciones de raleos comerciales. Estas determinaciones realizadas con esta especie asumen que la porción del fuste comprendida entre 19 cm y 6m de diámetro con corteza tendría un uso energético.

En las plantaciones para madera sólida los residuos en *E. grandis* están concentrados en las fracciones corteza y ramas mientras que en *P. taeda* las ramas y las hojas son las de mayor peso relativo.

En los sistemas de producción con destino a celulosa las especies con las que se obtienen la mayor cantidad de residuos son *E. grandis*, *E. dunnii* y *E. maidenii*. En estos casos los residuos están compuestos básicamente por la corteza y las ramas. Al igual que lo que ocurre con las plantaciones para madera sólida estas especies generan similares cantidades de residuos por unidad de tiempo (en un rango de 3 a 5 ton/ha/año). Esto determina que en el largo plazo la disponibilidad potencial de biomasa residual esté determinada fundamentalmente por la superficie ocupada por cada una de las especies.

Para la mayoría de las especies evaluadas se visualiza que la cantidad de residuos generados es muy similar en los diferentes grupos CONEAT.

Los valores de poder calórico están dentro de los rangos esperados para las especies de *Pinus* y *Eucalyptus* evaluadas. Las fracciones madera y ramas de *P. taeda* tienen valores algo superiores a los *Eucalyptus* debido a los mayores contenidos de lignina y extractivos además de la presencia de resina característica de esta especie. Las fracciones corteza y hojas son diferentes a las fracciones mencionadas debido a diferencias en la composición química. El alto poder calórico de las mismas se asocia a los altos contenidos de materia orgánica que incluyen compuestos como las proteínas y las grasas. Los menores valores de poder calórico de madera y ramas se explican por los mayores contenidos de algunos compuestos como celulosa y hemicelulosa con respecto a las hojas.

Teniendo en cuenta todas las fracciones de biomasa evaluadas, surge que en promedio *P. taeda* tiene un mayor contenido energético por unidad de peso que las especies de *Eucalyptus*.

Los contenidos de cenizas de la fracción madera son bajos y similares entre las especies de *Eucalyptus* y *Pinus*. Las fracciones corteza y hojas son las que presentan los más altos valores debido a los contenidos de minerales presentes asociados a la mayor actividad fisiológica de este tipo de tejidos. Considerando todas las fracciones de biomasa se observa que *P. taeda* tiene los valores más bajos de contenidos de ceniza, (excepto en los residuos de foresto-

industria). Este parámetro es un reflejo del contenido de los principales macronutrientes tales como N, P, K, Ca y Mg presentes en los diferentes tipos de tejidos que componen las diferentes fracciones de biomasa.

La cantidad de nutrientes presentes en las distintas fracciones de las especies evaluadas (expresados en Kg/ha) está asociado en buena medida a las cantidades de biomasa presentes.

Se destacan los altos niveles de N, Ca y K (en orden de importancia) presentes en la fracción hojas de *P. taeda* en particular en los residuos generados en la tala rasa. Esto, como fue mencionado, está asociado a la mayor actividad fisiológica de los tejidos que componen este tipo de materiales. Si se tienen en cuenta las cantidades de nutrientes presentes en los residuos generados por esta especie en los raleos y la tala rasa se obtienen muy altos niveles de minerales y en particular de los anteriormente mencionados. Cabe destacar que esta concentración de macronutrientes ocurre en periodos del entorno de 22 a 25 años.

En el caso de *E. grandis* para madera sólida ocurre algo similar que con *P. taeda* en el sentido que los nutrientes Ca, K y N son los que están presentes en mayor proporción. En este caso el Ca cobra una mayor importancia debido a que está contenido en una alta proporción en la corteza. En ese caso las fracciones corteza y hojas son las de mayor concentración de los nutrientes mencionados. Considerando en forma conjunta el raleo y la tala rasa se puede afirmar que en general los contenidos de nutrientes son inferiores a los obtenidos con *P. taeda* aunque como fue mencionado anteriormente esto ocurre en un periodo próximo a los 15 años.

En cuanto a las especies con destino a celulosa surge que *E. grandis*, *E. globulus fustal* y *E. dunnii* tienen muy altos contenidos de nutrientes en los residuos y en particular de Ca presente en la corteza. Al igual que en los casos anteriores también hay importante contenido de N y K en las hojas. *E. maidenii* y *E. globulus tallar* muestran menores contenidos de todos los nutrientes debido a las menores tasas de crecimiento alcanzados por estas especies.

Analizando en conjunto todas las especies surge que en términos generales *P. taeda* es la especie que concentra la menor cantidad de nutrientes comparado con las especies con destino a celulosa como *E. grandis*, *E. globulus fustal* y *E. dunnii*, mientras que *E. grandis* para madera sólida tiene un comportamiento intermedio. Si se tiene en cuenta las diferencias en los turnos de corta surge que las especies con destino a madera sólida generan residuos con menores contenidos de nutrientes en el largo plazo.

En resumen concluimos que el trabajo generó información básica muy valiosa. Es importante asegurar procesamientos adicionales como así también complementar situaciones específicas de cara a garantizar un sólido apoyo técnico a toma de decisiones en materia dendroenergética.