

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**ESTUDIO DE DESCOMPOSICIÓN DE
RESIDUOS DE COSECHA DE *Eucalyptus
grandis* BAJO DIFERENTES MANEJOS**

por

**Marcelo HITTA MONTEVERDE
Marcos LORENZO VILARIÑO**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2012**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Jorge Hernández

Ing. Agr. Amabelia del Pino

Ing. Agr. Pablo Carballo

Lic. Bioq. Gimena Arrarte

Fecha: 6 de agosto de 2012

Autor: -----

Marcelo Hitta

Marcos Lorenzo

AGRADECIMIENTOS

A los Ingenieros Jorge Hernández y Amabelia del Pino por guiarnos durante la elaboración de esta tesis.

A la empresa Forestal Oriental, que facilito el sitio experimental y el apoyo logístico.

A todos los integrantes del Departamento de Suelos y Aguas por la atención y ayuda brindada en todo momento.

Agradecemos especialmente a nuestras familias por el apoyo recibido durante todo este tiempo y a la Facultad de Agronomía por la formación recibida.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCION</u>	1
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	3
2.1 EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN LA BIOMASA COSECHADA Y EXPORTACIÓN EN TROZAS COMERCIALES.....	3
2.2. DESCOMPOSICIÓN DE RESTOS DE COSECHA.....	5
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	8
3.1 UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	8
3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS.....	9
3.2.1 <u>Evaluación de la biomasa al momento de la cosecha</u>	9
3.2.2 <u>Experimento de campo de manejo de restos</u>	10
3.2.3 <u>Evaluación de parámetros de planta</u>	11
3.2.4 <u>Experimento de descomposición de restos de cosecha</u>	11

3.3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS QUÍMICO	
DE MUESTRAS DE PLANTA.....	12
3.3.1 <u>Preparación de muestras de planta para análisis químico...</u>	12
3.3.2 <u>Determinación de fósforo y bases</u>	13
3.3.3 <u>Determinación de nitrógeno total</u>	13
3.4 PROCESAMIENTO Y ANALISIS QUIMICO	
DE MUESTRAS DE SUELO.....	14
3.4.1 <u>Preparación de muestras de suelo para análisis químico...</u>	14
3.4.2 <u>Análisis químicos de suelo</u>	14
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	15
4.1. PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y EXTRACCION	
DE NUTRIENTES.....	15
4.2 DESCOMPOSICION DE RESTOS DE COSECHA.....	18
4.3 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN	
PARÁMETROS DE RENDIMIENTO.....	23
4.4. CONCENTRACION DE NUTRIENTES EN EL SUELO.....	25
5. <u>CONCLUSIONES</u>	28
6. <u>RESUMEN</u>	29
7. <u>SUMMARY</u>	31

8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	33
------------------------------	----

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de perfil de suelo en Laderas Altas del sitio Experimental Ibirapitá.....	8
2. Descripción de perfil de suelo en Ladera Baja del sitio experimental Ibirapitá.....	9
3. Datos analíticos de los perfiles de suelo del sitio experimental Ibirapitá.....	9
4. Producción de biomasa aérea, concentración y extracción de los diferentes componentes de la cosecha de una plantación de <i>E. grandis</i>	15
Figura No.	
1. Distribución porcentual de los distintos componentes de la biomasa aérea total para una plantación de <i>E. grandis</i>	16
2. Proporción de nutrientes potencialmente reciclables presentes en los restos de cosecha de una plantación de <i>E. grandis</i>	17
3. Proporción de nutrientes exportados por hectárea con y sin corteza.....	18
4. Evolución de la biomasa remanente de los restos descompuestos en superficie, como porcentaje de la cantidad inicialmente dejada en el sitio.....	19

5. Evolución de la biomasa remanente de los restos enterrados, como porcentaje de la cantidad inicialmente dejada en el sitio.....	19
6. Evolución de los contenidos de nutrientes en los diferentes restos de cosecha para los tratamientos de descomposición en superficie y enterrado.....	21
7. Efecto de los tratamientos de manejo de restos en la altura de la plantación de <i>E. grandis</i>	24
8. Efecto de los tratamientos de manejo de restos en el DAP de la plantación de <i>E. grandis</i>	24
9. Concentración de Ca, Mg y K en las profundidades de 0-10 y 10-20 cm de suelo sin laborear, con el retiro de los restos de cosecha (SR-EF), con los restos distribuidos en superficie (RS) y con los restos acumulados en rameros (RR-EF).....	26
10. Concentración de Ca, Mg y K en los primeros 20 cm de suelo para los diferentes tratamientos de gestión de restos: sin restos (en entrefila: SR-EF; en fila: SR-F), con los restos distribuidos en superficie (RS), con los restos incorporados con disquera (RD), y con los restos acumulados en rameros (en la entrefila: RR-EF; en la fila: RR-F).....	27

1. INTRODUCCION

La actividad forestal en nuestro país se ha expandido en los últimos años, siendo el género más plantado *Eucalyptus*. Los objetivos de producción son principalmente madera para aserrado y celulosa, siendo para este último destino común las rotaciones entre 8 y 12 años. Según Goya et al. (1997) sistemas de producción de rotaciones cortas y elevadas densidades presentan una alta extracción de nutrientes del suelo.

El reciclaje potencial de nutrientes a partir de los restos de cosecha tiene una directa relación con el mantenimiento de la productividad de los bosques. Debido a ello cobra gran importancia la cuantificación de los nutrientes extraídos por parte de las plantaciones forestales (González, 2008).

El tipo de cosecha y manejo de residuos inciden en el contenido de nutrientes en el suelo y la productividad forestal. Como afirman Raison y Crane, citados por Thiers et al. (2007) la exportación de elementos nutritivos depende de la biomasa cosechada la cual obedece al tipo de cosecha practicada (árbol completo, tronco con corteza o descortezados) y también de la edad de rotación.

Luego de la cosecha forestal quedan en el sitio restos vegetales de la misma (hojas, ramas, corteza), los cuales inician un proceso de descomposición dando como resultado el retorno de los nutrientes al suelo en cantidades y velocidades variables. Es entonces que la cuantificación del contenido de nutrientes y la relación entre la exportación y lo que queda disponible en el sitio son importantes a la hora de diseñar estrategias para un manejo sustentable del ecosistema (Spangenberg et al., citados por Santana et al., 1999).

Los objetivos del trabajo fueron: i) Cuantificar la producción de biomasa y el contenido de nutrientes en trozas comerciales y restos de cosecha de una

plantación de *Eucalyptus grandis*; ii) Caracterizar el proceso de descomposición de los restos de cosecha bajo dos modalidades de gestión: dejados sobre la superficie y enterrados con un laboreo; iii) Caracterizar los cambios posibles en parámetros de producción en una replantación del sitio, y propiedades químicas de suelo asociadas a la descomposición de los restos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN LA BIOMASA COSECHADA Y EXPORTACIÓN EN TROZAS COMERCIALES

Thiers et al. (2007) señalan que el tipo de cosecha según la extracción de biomasa que ocasione incidirá diferencialmente sobre el balance nutritivo del ecosistema. En ese sentido, estudios realizados para *Eucalyptus dunnii* de 9 años en nuestro país señalan que del total de biomasa cosechada se exportó un 61% como trozas comerciales, permaneciendo el resto en el sitio (Hernández et al., 2009). La mayor concentración de nutrientes fue encontrada en las hojas y corteza seguidas por las ramas. Del total del N presente un 37% se encontraba en las hojas, las cuales además contenían un 25% del total de P y K, y un 13% de Ca y Mg. La mayor concentración de Ca fue encontrada en la corteza con un 52% del total, presentando también una elevada concentración de K del orden del 28%.

González (2008) por su parte realizando estudios con *E. globulus* y *E. maidenii* de 10 años de edad reveló que un 77% y 72% de la biomasa total respectivamente fue exportada del sitio. Para *E. globulus* la biomasa remanente se distribuyó de la siguiente manera: 12% corteza, 7% rama gruesa, 2% hoja y 2% rama fina y gruesa. En el total de la biomasa exportada se encontraba el 45% de P, 33% de Mg, 32% de N, 19% de K y 18% de Ca. De la biomasa remanente, la corteza y hojas presentaron la mayor proporción de nutrientes. Para corteza se hallaron valores del 26% de N, 33% de P, 48 % de K, 63% de Ca y 48% de Mg; mientras que en hoja el 23% de N, 15% de P, 6% de K, 4% de Ca y 3% de Mg.

Para *E. globulus* de edades comprendidas entre los 6 y 18 años en España, Brañas et al. (2000) indicaran que la madera representa un 73% del

peso seco, acumulando casi la mitad de P, K y S del total de la biomasa aérea, y entre el 20 y 30% de N, Ca y Mg. Por otro lado la corteza, que presenta el 11% de la biomasa contenía el 50% del Ca y Mg, así como el 20% del N, P y K. Las hojas con un 6% de la biomasa total acumulan la mitad del N, el 30% de P y 20% de Ca, Mg y K. González et al. (2005) trabajando con la misma especie pero con edades comprendidas entre los 13 y 24 años en Galicia reporta valores de biomasa de 82%, 7% y 11% para madera, corteza y copa respectivamente. El estudio además indica que existe un aumento de la proporción de madera en relación a la biomasa total a medida que el árbol envejece. Varios trabajos afirman lo anteriormente expuesto, indicando además que la proporción de hojas y ramas disminuye con respecto a la biomasa total mientras que la corteza después de algunos años se mantiene relativamente constante (Bonomelli y Suárez, Aparicio, Saavedra, citados por Geldres et al., 2006).

La bibliografía sobre el tema es consistente entonces en que la mayor parte del N se acumula en las hojas, mientras que el Ca y Mg se concentra en mayor medida en la corteza. Por lo tanto, el descortezado en el sitio resulta ser una práctica recomendable debido a la elevada concentración de nutrientes que posee esta fracción, evitando de esta forma la exportación de los mismos. Así lo indica Santana et al. (1999) demostrando que de esta manera se evitaría la exportación de un 58% del Ca, 47% del Mg, 27% del P, 22% del K y 14% del N trabajando con *E. grandis* y *E. saligna* en Brasil. En cuanto a estudios nacionales se registraron tasas anuales promedio de exportación por hectárea para *E. globulus* de 4.4 kg de N, 0.5 kg de P, 3.5 kg de K, 13.8 kg de Ca y 2.6 kg de Mg. Por su parte en *E. maidenii* las tasas fueron de 9.1 kg de N, 1.3 kg de P, 6.5 kg de K, 32.2 kg de Ca y 4.9 kg de Mg (González, 2008). Con respecto a *E. dunnii* fueron registradas por Hernández et al. (2009) las siguientes tasas anuales: 14.6 kg de N, 2.1 kg de P, 9.5 kg de K, 26.7 kg de Ca y 10.9 kg de Mg.

En cuanto a la distribución de nutrientes a lo largo del fuste Giosa (2009) evaluando *E. grandis* observó que existe una tendencia definida hacia la concentración de N, K, P y Mg en el ápice, mientras que para Ca el comportamiento es inverso, acumulándose en la base de los árboles. Resultados similares fueron reportados por Zen et al. (1981) para *E. saligna*.

2.2. DESCOMPOSICIÓN DE RESTOS DE COSECHA

La tasa a la cual los nutrientes son liberados durante la descomposición puede diferir marcadamente entre ellos y es influenciada por las características físicas y bioquímicas de los residuos, por la demanda heterotrófica de los organismos descomponedores, así como por la localización y contacto de los residuos con el suelo (Alcaraz, 2007). En tal sentido Coûteaux et al. (1995) señalan de igual forma, que el proceso de descomposición está influenciado por el macro y microclima, la calidad de los residuos, y la calidad de los organismos descomponedores.

González (2008) trabajando con *E. globulus* en Uruguay observó que la mayor tasa de descomposición se dio en hojas (68.3% en 24 meses). La constante de descomposición anual para este componente fue de 0.50 año^{-1} , valor similar al 0.59 año^{-1} reportado por Rezende et al. (2001) para *E. grandis* bajo condiciones de laboratorio. Se atribuye la mayor velocidad a contenidos de componentes inestables (C soluble) más altos, así como a relaciones C/N menores con respecto a los componentes más gruesos (corteza, ramas finas y ramas medias).

Estudios realizados en nuestro país en *E. dunnii* por Hernández et al. (2009) indicaron también una reducción en la biomasa de todos los componentes con diferencias significativas en las tasas de descomposición, excepto para ramas y despuntes. También se concluyó que la mayor tasa de descomposición se dio en hojas (83% en 24 meses) y la menor en corteza

(22%). Las constantes de descomposición anual calculadas mediante un modelo de decrecimiento exponencial de la biomasa fueron 0.81 año^{-1} y 0.12 año^{-1} para hojas y corteza respectivamente.

La mayoría de la literatura coincide en los efectos positivos que genera la conservación de los residuos de cosecha en el sitio. Gonçalves et al., citados por Fernandez et al. (2002) indican la conveniencia que dicha práctica puede ejercer sobre las características determinantes de la fertilidad, entre ellas la oferta de nutrientes, el contenido de materia orgánica, así como la condición física y la disponibilidad de agua del suelo.

La combinación de los factores latitud, temperatura media anual, relación C/N y contenidos de nutrientes representan el 87.54% de la variación en las tasas de descomposición de restos. Sin embargo, la combinación de nutrientes totales y la relación C/N explicaron la mayor parte de dicha variación con un 70.2% (Zhang et al., 2008). Otros factores determinantes en la descomposición de restos de hojas como la precipitación fueron indicados por Costa et al. (2005) trabajando con *E. grandis*, señalando que existe una alta correlación entre la pérdida de masa y la precipitación acumulada. Por su parte Brandt et al. (2010) estudiaron el efecto positivo de la radiación ultravioleta (UV) en la fotodegradación de restos en superficie, señalando además que la misma actuaría en forma independiente de los factores que afectan las tasas de descomposición biológica, incluidos la lignina, contenido de N y la actividad enzimática extracelular.

La aceleración del proceso de descomposición dependerá en gran medida de la gestión de residuos que se realice, existiendo varios tratamientos posibles para los mismos luego de la cosecha, entre ellos la quema, retirarlos completamente del suelo, distribuirlos homogéneamente o con alguna distribución especial (rameros) sobre la superficie o el enterrado. Respecto a

este último, Blanco (1993) realizando estudios de incorporación al suelo de residuos astillosos de *Pinus pinaster* y *Pinus pinea* en España, concluye que el hecho que los despojos orgánicos se entierren o no, es mucho más determinante para su evolución que la opción de añadir urea al principio de las operaciones.

Mulvaney et al. (2008) trabajando con varias especies (principalmente leguminosas) indican que los residuos enterrados exhiben pérdidas de biomasa más rápidas para las dos porciones (lábil y estable) en relación a los restos en superficie, señalando además una liberación más rápida de N y C. Por su parte, Gréggio et al. (2008) realizando estudios de descomposición para el árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*) encontrando un efecto significativo de la profundidad de enterrado de las hojas. Reportan valores al final del ensayo de 55% de pérdida de biomasa acumulada para hojas en superficie contra 74% para enterradas a 10 cm de profundidad en un suelo de bosque forestal.

Ghidey y Alberts (1993) estudiaron la descomposición de residuos de maíz, soja, trigo, sorgo y algodón durante dos años en las ubicaciones por encima de la superficie, sobre la superficie y enterradas a 15 cm de profundidad. Los residuos con altas relaciones C/N como el trigo presentaron las menores tasas de descomposición. Para todos los casos, los residuos enterrados mostraron mayores tasas de pérdida de biomasa en comparación a los restos sobre superficie y por encima. La descomposición en el segundo año de estudio fue relativamente lenta, explicándose este hecho por la pérdida inicial del material más descomponible.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El sitio experimental del trabajo se encuentra localizado en el Predio “Ibirapitá”, cercano al poblado Gallinal, Dpto. de Paysandú, situado a 57° 30' W y 31° 52' S. La zona del experimento presenta una temperatura media de 17.9 ° C, con una temperatura media en el mes más cálido (enero) de 24.3° C y de 11.7° C en el mes más frío (junio). La precipitación media anual es de 1015,1 mm (URUGUAY. MDN. DNM, 1995).

El suelo corresponde a un Argisol Dístrico Ócrico de la Unidad Chapicuy, perteneciente al grupo CONEAT 9.6. En dicha unidad los suelos dominantes son Brunosoles Subéutricos Típicos y Argisoles Subéutricos Ocricos, donde el suelo del sitio ocurre como suelo asociado (Altamirano et al., 1976).

En los cuadros 1 y 2 se presenta la descripción de dos perfiles de suelo del experimento (Perfil 1 corresponde a los bloques 1, 2 y 3 del experimento, y perfil 4 corresponde al bloque 4 del experimento), y en el cuadro 3 los datos analíticos del mismo.

Cuadro 1. Descripción de perfil de suelo en Laderas Altas del sitio experimental Ibirapitá.

Ladera Alta				
Horiz.	Prof.	Textura	Color	
Ap	0-20	F	7,5 YR 3/2	Con clastos
Bt	20-35	FAC-Ac	5 YR 3/3	
Bc	35-45	FAC	2,5 YR 4/8	
C	45+	F	2,5 YR 5/8	

Cuadro 2. Descripción de perfil de suelo en Ladera Baja del sitio experimental Ibirapitá.

Ladera Baja			
Horiz.	Prof.	Textura	Color
Ap	0-30	FAr	10 YR 3/2
Bt1	30-60	AcAr-Ac	10 YR 2/2
Bt2	60-78	AcAr-Ac	10 YR 4/4
BC	78+	AcAr-Ac	10 YR 5/4

Moteados 10YR 5/8, 2-5 mm, abundantes, netos, borde difuso
Moteados 10YR 6/8, 5YR 5/8 hacia el centro, 5-10 mm, abundantes, netos, borde claro

Cuadro 3. Datos analíticos de los perfiles de suelo del sitio experimental Ibirapitá.

Posición	Horiz.	pH		Corg g kg ⁻¹	Ca	Mg	K	Na cmol _c kg ⁻¹	Al	BT	°CIC	SB %
		H ₂ O	KCl									
Ladera Alta	Ap 0-20	5.12	4.15	11.40	7.62	1.00	0.16	0.41	0.33	9.19	9.52	97
	Bt 20-35	5.20	3.89	11.14	13.80	1.28	0.25	0.41	0.11	15.74	15.85	99
	Bc 35-45	5.75	4.26	10.78	20.54	1.77	0.33	0.70	0.04	23.34	23.38	100
	C 45+	6.56	5.01	10.33	24.51	1.81	0.25	0.41	0.01	26.98	26.97	100
	Ladera Baja	Ap 0-30	4.82	3.55	11.36	4.88	0.86	0.14	0.37	0.83	6.25	7.08
	Bt ₁ 30-60	5.55	4.20	10.97	10.96	0.88	0.23	0.38	0.11	12.45	12.56	99
	Bt ₂ 60-78	5.70	4.27	10.71	13.29	1.02	0.27	0.37	0.05	14.95	15.00	100
	BC 78+	5.90	4.54	10.62	12.61	1.00	0.27	0.40	0.02	14.28	14.30	100

* CIC a pH del suelo

3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

3.2.1. Evaluación de la biomasa al momento de la cosecha

En el sitio experimental seleccionado se estaba realizando la cosecha de una plantación de *Eucalyptus grandis* de 11 años de edad. En una zona del rodal aún en pie se delimitó el área total del experimento y de las futuras parcelas. Posteriormente se realizó el inventario de los ejemplares en pie (DAP

y altura). Luego fue seleccionado un árbol de cada parcela con medidas promedio para ser apeado. Una vez realizada dicha operación, de los mismos se obtuvieron 3 trozas de 7.20 m y una troza terminal de longitud variable. Se registró el diámetro basal y terminal a cada una de ellas, y se cortaron dos discos basales contiguos de cada troza, a los efectos de la determinación de la densidad básica y del contenido de nutrientes. A continuación se pesaron las ramas de los árboles seleccionados. Un árbol tipo de todo el sitio fue elegido para la estimación de las proporciones de los diferentes componentes de restos de cosecha: ramas finas (diámetro < 1 cm), ramas gruesas (diámetro > 1 cm) y hojas. Se pesaron cada una de las fracciones mencionadas por separado y se tomaron muestras para el cálculo de materia seca y posterior análisis químico. En función del número de ejemplares por parcela se pudo estimar el volumen de restos totales, así como su discriminación en los diferentes componentes.

3.2.2. Experimento de campo de manejo de restos

Previo a la cosecha del rodal se tomaron muestras compuestas de suelo de los cuatro bloques a cuatro profundidades: 0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 cm.

La cosecha del rodal se realizó con cosechadora, procurando distribuir homogéneamente los restos en toda la superficie cosechada, tarea que fue completada manualmente. Posteriormente se instaló el experimento, el cual consistió en cuatro tratamientos dispuestos en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron:

RS: Restos homogéneamente distribuidos en superficie, sin enterrar, sin laboreo pre-plantación, y plantación al pozo.

RE: Restos homogéneamente distribuidos en superficie, enterrados con disquera excéntrica, sin laboreo pre-plantación, y plantación al pozo.

RR: Restos homogéneamente distribuidos en superficie, sin enterrar, manejados posteriormente en rameros ubicados sobre las filas de plantación cosechadas (pasaje de despejador, disquera en la entrefila, alomador y plantación).

SR: Restos retirados de la parcela, con posterior laboreo con disquera excéntrica en la entrefila, alomador y plantación.

El tamaño de las parcelas es de 12 m de ancho (4 filas de plantación) y 30 m de largo (10 plantas por fila). La disquera en los tratamientos indicados fue pasada el 28/07/2010. La plantación fue realizada el 15/10/10 con el clon 2326 de *E. grandis*. El marco de plantación fue de 3 x 3 m. La fertilización fue de 113 g de 14-24-00 (N-P₂O₅-K₂O)+ 6% S + 0,2% B + 0,3% Zn por planta en 2 hoyos a ambos lados.

Transcurridos 12 meses de la instalación del experimento (agosto, 2011) se realizó un muestreo de suelos de los bloques 1 y 2 a cuatro profundidades (0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 cm) en los tratamientos sin laboreo en la fila o en la entrefila no laboreada, y de 0-20 cm en la fila laboreada.

3.2.3. Evaluación de parámetros de planta

A los 12 meses se realizó la evaluación del DAP y la altura de todos los árboles de las dos filas centrales de cada parcela, a los efectos de evaluar el efecto de los tratamientos en parámetros de crecimiento.

3.2.4 Experimento de descomposición de restos de cosecha

Con el objetivo de cuantificar la tasa de descomposición y pérdida de nutrientes de los restos en superficie y enterrados (simulando la práctica de enterrado de restos con disquera), se implementó un experimento de descomposición de restos en el sitio. Para ambos tratamientos evaluados

(superficie y enterrado) se colocaron muestras de pesos conocidos de hojas, ramas finas (diámetro < 1 cm), ramas gruesas (diámetro > 1 cm) y cortezas. Las hojas (100 g) y ramas finas (150 g) fueron colocadas en bolsas de malla. Por su parte, las ramas gruesas y cortezas fueron pesadas e identificadas individualmente antes de ser instaladas. El conjunto de restos fue colocado sobre el suelo (tratamiento en superficie) o enterrado en la fila de plantación (tratamiento enterrado). Se realizaron tres repeticiones de dichas exclusiones. A los 3, 6, y 12 meses se tomaron muestras de cada uno de estos restos, para ambos tratamientos y repeticiones, las cuales fueron llevadas al laboratorio para su secado y cálculo de pérdida de biomasa, y posterior análisis químico de su contenido en N, P, K, Ca y Mg.

3.3. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS QUÍMICO DE MUESTRAS DE PLANTA

3.3.1. Preparación de muestras de planta para análisis químico

Luego del apeo de los 16 árboles representativos seleccionados en el sitio del experimento se obtuvieron 4 trozas de las cuales se extrajeron dos discos contiguos del extremo basal de cada una de ellas. El primer juego de discos (uno de cada troza) fue descortezado y utilizado para la determinación de la densidad básica según norma TAPPI T-258 om -94. Los restantes fueron utilizados para la determinación de nutrientes por lo cual se procedió de la siguiente manera; primeramente se descortezaron para obtener el peso fresco y seco de ambos componentes por separado (madera y corteza) colocando todo el material en estufa a 65 °C durante 48 horas. Las cortezas una vez secas fueron pesadas y molidas en molino de cuchillas, previa reducción de tamaño con machete. Las muestras de madera de los discos secos se obtuvieron con taladro, practicando orificios en sentido radial y la viruta resultante posteriormente molida. En el caso de la muestras de ramas finas y ramas gruesas también se redujo el tamaño con machete previo al molido, mientras

que las hojas fueron molidas directamente. Todas estas fracciones también fueron secadas previamente a 65 °C. en estufa hasta peso constante. En todos los casos se obtuvieron tamaños de partículas menores a los 0.5 mm.

Para las muestras provenientes del estudio de descomposición se procedió de similar manera. A las muestras de planta provenientes del tratamiento con enterrado se les realizó posteriormente al secado una limpieza con pincel para retirar las partículas de tierra adheridas, luego se procedió de igual forma a la descripta anteriormente.

3.3.2. Determinación de fósforo y bases

Se realizó la determinación de los contenidos de P, Ca, Mg y K de las muestras correspondientes a cada fracción. Para ello se colocó 1 g de muestras molidas de ramas finas, gruesas, corteza y hojas en crisoles de porcelana; para las muestras de madera se utilizaron 2 g. Las mismas se calcinaron durante 5 horas en mufla a 500 °C. Las cenizas resultantes fueron disueltas en HCl al 20 % y llevadas a un volumen de 25 ml con agua desionizada para la fracción madera y 50 ml para todas las restantes. La determinación de Ca y Mg del extracto se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica, mientras que para K se realizó la determinación mediante espectrofotometría de emisión. En el caso de P a partir de una alícuota de 2 ml de la dilución en HCl al 20 % se determinó el contenido mediante el método colorimétrico del ácido ascórbico, utilizando para ello la lectura de absorbancia en 712 nm.

3.3.3 Determinación de nitrógeno total

Se realizó una digestión por vía húmeda de 0.5 g de muestra de cada fracción con H₂SO₄ y mezcla de catalizadores (CuSO₄ y K₂SO₄) a 360 °C durante 90 minutos. Posteriormente se destiló por Kjeldhal con NaOH al 50%

recogiendo el destilado en H_3BO_3 . El porcentaje de N fue calculado por titulación directa del destilado con HCl 0.1 M.

3.4. PROCESAMIENTO Y ANALISIS QUIMICO DE MUESTRAS DE SUELO

3.4.1 Preparación de muestras de suelo para análisis químico

Consistió en el secado previo de las muestras en estufa durante 48 horas a $45\text{ }^\circ\text{C}$ y posterior molienda.

3.4.2 Análisis químicos de suelo

La determinación de bases se realizó mediante extracción con una solución de acetato de amonio 1N a pH 7, y posterior determinación de Ca y Mg mediante espectrofotometría de absorción atómica, mientras que K se realizó mediante espectrofotometría de emisión. La determinación de P se realizó por el método Bray No. 1. La determinación de materia orgánica se realizó por el método de Walkley-Black, mientras que el pH fue determinado potenciométricamente en solución con H_2O y KCl (relación suelo:solución 1:2.5).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y EXTRACCION DE NUTRIENTES

En el cuadro 4 se presenta la producción de biomasa de cada componente de cosecha (trozas, corteza, ramas finas, ramas gruesas y hojas). También se indica la concentración de nutrientes de los mismos y cantidades absolutas extraídas por la plantación de *E. grandis*.

Cuadro 4. Producción de biomasa aérea, concentración y extracción de los diferentes componentes de la cosecha de una plantación de *E. grandis*. Para cada fracción y parámetro se indica el valor promedio (en negrita) y el desvío standard correspondiente.

Componente	Biomasa Mg ha ⁻¹	g kg ⁻¹					kg ha ⁻¹				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Hojas	7,4	16,6	1,4	7,2	12,7	2,6	122,6	10,5	53,0	94,2	19,3
	1,3	2,0	0,3	1,8	3,5	0,6	15,0	2,6	13,0	26,0	4,5
Rama fina	7,0	2,3	0,2	3,3	9,3	1,1	16,1	1,7	23,2	64,8	7,6
	1,3	0,4	0,1	0,7	2,2	0,3	2,5	0,8	5,2	15,8	2,4
Rama gruesa	15,5	1,1	0,2	1,4	8,2	0,6	17,3	2,4	21,3	127,6	9,7
	2,8	0,4	0,1	0,4	1,7	0,3	6,3	1,2	6,3	25,7	3,9
Corteza	13,2	2,1	0,3	3,3	47,2	1,3	26,9	2,9	35,2	623,7	13,9
	4,0	0,4	0,2	0,9	8,8	0,4	6,0	3,0	14,5	118,2	8,9
Madera comercial	140,0	0,7	0,2	1,0	3,6	0,4	97,4	22,3	139,0	504,2	58,1
	43,7	0,3	0,2	0,6	1,4	0,2	37,3	32,8	79,0	203,1	29,2
Total	183,1						280,3	39,8	271,7	1414,4	108,6

Como se puede apreciar el total de biomasa producida fue de 183,1 Mg ha⁻¹, correspondiendo un 76% a la madera comercial (trozas), 8% a rama gruesa, 7% a corteza, y el restante 8% entre hojas y rama fina (Figura 2). De este modo se puede afirmar que un 76% de la biomasa total fue exportada mientras que el 24% quedó en el sitio.

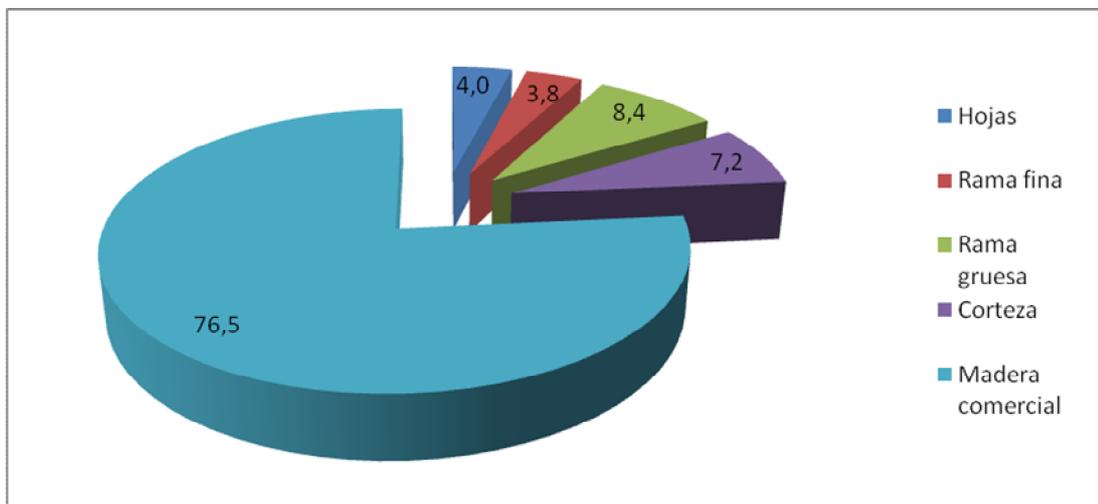


Figura 1. Distribución porcentual de los distintos componentes de la biomasa aérea total para una plantación de *E. grandis*.

Otros estudios relacionados revelaron resultados similares. Según González (2008), del total de biomasa producida para *E. globulus* se exportaba un 77% del total, y un 72% para *E. maidenii*. Para otras especies como el caso de *Eucalyptus dunnii*, un 67% del total lo constituyeron las trozas comerciales (Hernández et al., 2009). Se debe tener en cuenta que al no tratarse de la misma especie, estas variaciones son esperables ya que las características de la copa varían. En la plantación de *E. dunnii*, por otra parte, las trozas comerciales fueron cortadas hasta un diámetro mínimo mayor, lo cual determinó un menor porcentaje de las mismas en el total de biomasa.

La distribución de los nutrientes de las distintas fracciones posee una gran variabilidad. La madera comercial presenta una menor concentración de todos los nutrientes si se la compara con el resto de las fracciones. En el cuadro 4 se puede apreciar que las hojas poseen las mayores concentraciones de N ($16,6 \text{ g kg}^{-1}$), P ($1,4 \text{ g kg}^{-1}$), K ($7,2 \text{ g kg}^{-1}$) y Mg ($2,6 \text{ g kg}^{-1}$). En cuanto al Ca, la corteza es la fracción que tiene mayor concentración ($47,2 \text{ g kg}^{-1}$), seguido por

las hojas (12.7 g kg^{-1}). De esta forma se puede afirmar que si bien se exporta la mayor parte de la biomasa, esto no necesariamente implicaría que se exporte en esa misma proporción los distintos nutrientes.

En la figura 2 se afirma lo anteriormente presentado, indicándose la contribución individual de cada fracción en el potencial reciclaje de nutrientes

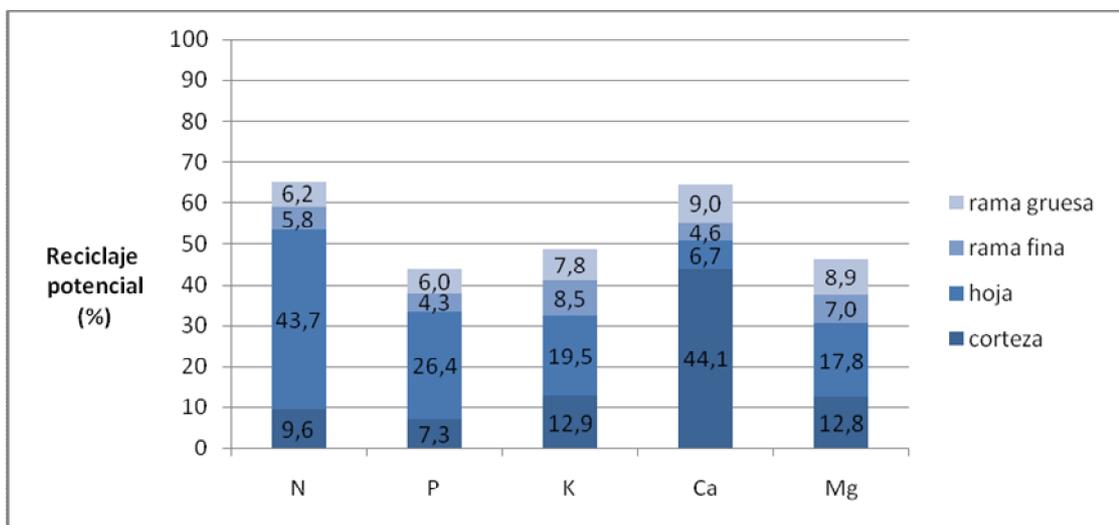


Figura 2. Proporción de nutrientes potencialmente reciclables presentes en los restos de cosecha de una plantación de *E. grandis*.

En la figura 3 se presentan las proporciones de los distintos nutrientes contenidos en madera y corteza. Considerando únicamente el producto comercial, los contenidos exportados de ninguno de los nutrientes llega al 60%, siendo las menores proporciones las registradas para Ca y N (aproximadamente un 35%). Cuando se considera el efecto de no descortezar las trozas en el sitio, la exportación de nutrientes se incrementa; especialmente para Ca, pasando de 36% a un 80%.

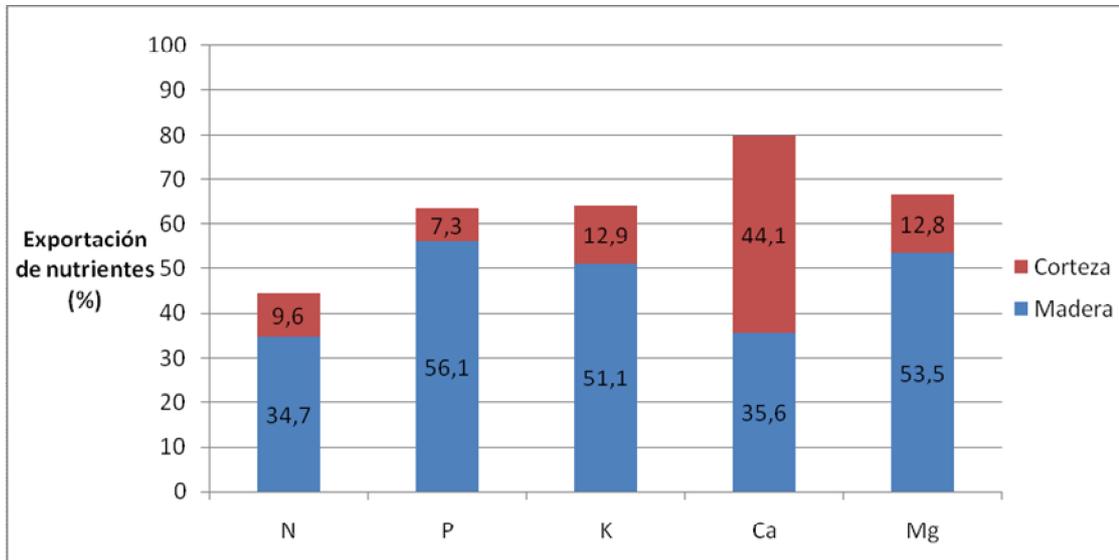


Figura 3. Proporción de nutrientes exportados por hectárea con y sin corteza.

4.2. DESCOMPOSICION DE RESTOS DE COSECHA

En las figuras 4 y 5 se muestra la evolución de la biomasa de los distintos componentes en superficie y enterrado respectivamente. Se observa una tendencia a la pérdida de biomasa en ambas situaciones, siendo más acentuada para los restos enterrados en general. Si se analiza la descomposición de los componentes individualmente, las hojas son las que muestran la mayor tasa de descomposición. Luego de transcurridos 6 meses presentaron una biomasa remanente del 81% para restos en superficie, mientras que enterradas el valor fue del 53% aproximadamente. Son notorias las diferencias entre ambos tratamientos para este componente. No fue posible la cuantificación para el siguiente muestreo en el caso del tratamiento enterrado, ya que no se pudo separar las hojas descompuestas de las partículas de suelo. Debe destacarse que esto se debe a que la descomposición de las hojas enterradas se encontraba muy avanzada, por lo que puede especularse que se mantuvo la tendencia de pérdida de biomasa.

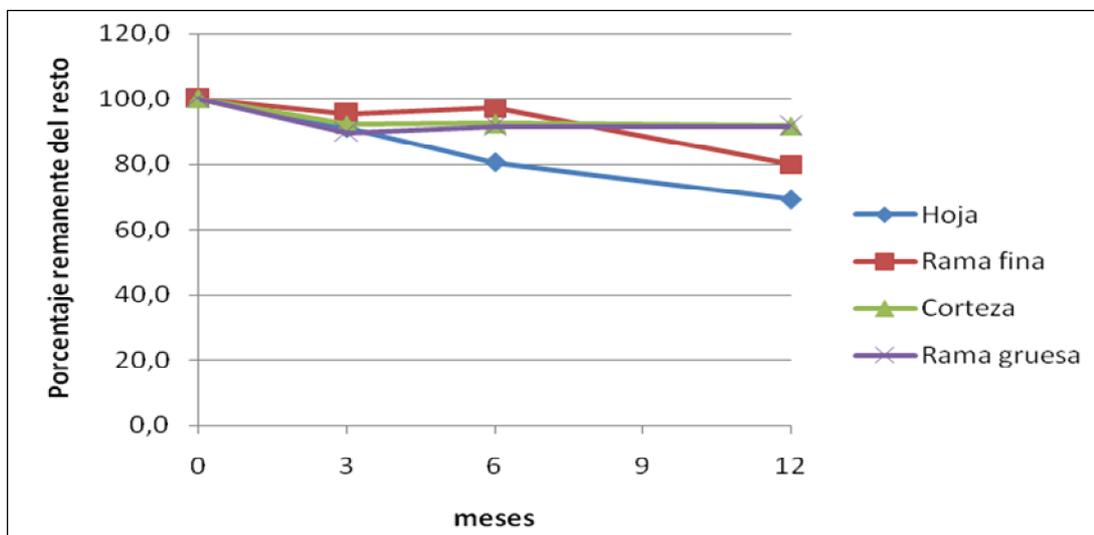


Figura 4. Evolución de la biomasa remanente de los restos descompuestos en superficie, como porcentaje de la cantidad inicialmente dejada en el sitio.

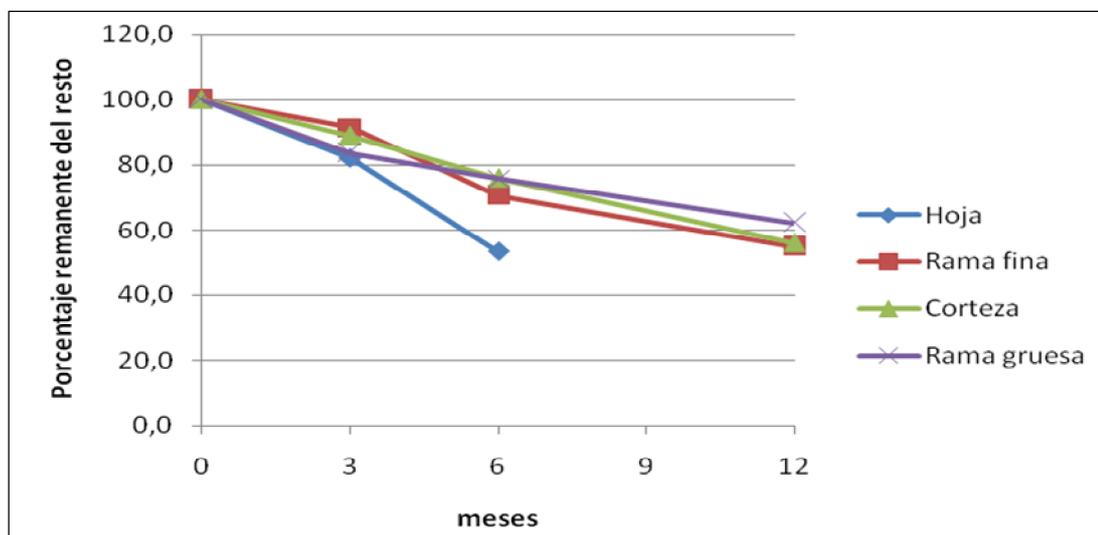


Figura 5. Evolución de la biomasa remanente de los restos enterrados, como porcentaje de la cantidad inicialmente dejada en el sitio.

Los componentes que registran la menor pérdida de biomasa en superficie son corteza y rama gruesa mostrando una evolución muy similar entre sí, presentando una biomasa remanente del 92% al cabo de 12 meses. La fracción rama fina también presenta bajas pérdidas, acentuándose en el segundo semestre del experimento. Para todas estas fracciones, cuando son enterradas se llega a valores remanentes en torno al 60% al final del ensayo. Jones et al. (1999) trabajando con *E. globulus* en España y Portugal concluyen que todos los residuos se descomponen más rápidamente cuando son enterrados que permaneciendo en superficie.

En la Figura 6 se presenta la evolución de los contenidos de nutrientes en diferentes restos para los tratamientos superficie y enterrado.

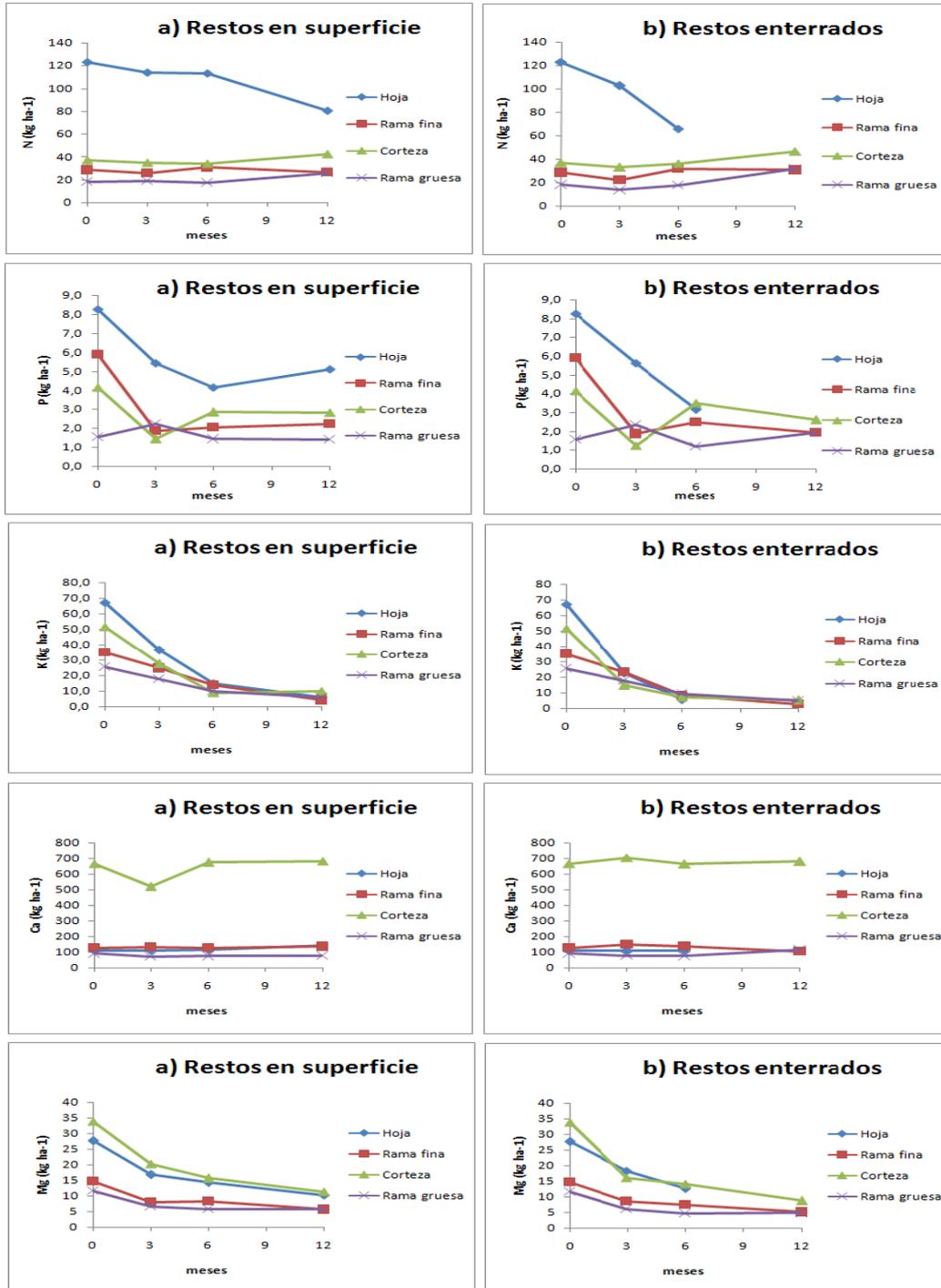


Figura 6. Evolución de los contenidos de nutrientes en los diferentes restos de cosecha para los tratamientos de descomposición en superficie y enterrado.

La evolución del N en la fracción hoja es la que presenta la mayor tasa de disminución del contenido de dicho nutriente, siendo mucho más pronunciada para el tratamiento enterrado. Esta caída se encuentra asociada a la pérdida de biomasa que experimenta el componente durante los 12 meses (30%) y no necesariamente a una disminución de la concentración del nutriente que se mantuvo relativamente constante. En la corteza se registra un leve aumento del contenido de N para las dos situaciones estudiadas. La misma se puede atribuir a la inmovilización de N mineral realizada por los microorganismos del suelo que degradan el resto y se encuentran adheridos a los materiales vegetales, dados los bajos contenidos de N de dicho componente. Similar comportamiento fue observado en las ramas gruesas.

En cuanto al P no se constatan grandes diferencias en las descomposiciones de todos los componentes entre ambos tratamientos. Con excepción de las ramas gruesas, el resto de las fracciones presenta una rápida disminución en los primeros meses.

La pérdida de K fue muy rápida para todas las fracciones, no mostrando grandes diferencias para los tratamientos. Este comportamiento puede ser explicado porque el mismo no forma parte de las estructuras orgánicas de las plantas encontrándose en forma iónica en los tejidos vegetales. No obstante, la tasa de disminución del contenido en los restos fue ligeramente superior cuando estos estuvieron enterrados. Estos resultados coinciden con los encontrados por Hernández et al. (2009) en estudios de campo y por Sánchez et al. (2010) trabajando con *E. grandis* y *Pinus taeda* en un experimento de incubación. En ambos trabajos se observa una rápida libreción del K atribuyéndose la misma al lixiviado en lugar de la descomposición de los residuos.

Al existir una pérdida de biomasa en función del tiempo (Figuras 4 y 5), se produce un aumento de la concentración de Ca en los restos a medida que

transcurre el tiempo. Ouro et al., citados por Sánchez et al. (2010) explica este comportamiento indicando que el Ca es un componente estructural de los tejidos vegetales y a consecuencia de esto su concentración en residuos tiende a incrementar a medida que avanza la descomposición, siendo liberado únicamente en etapas muy avanzadas.

Con respecto al Mg se observó una disminución paulatina para todos los componentes a lo largo de los 12 meses de estudio, siendo similar para los dos tratamientos evaluados. Las pérdidas de Mg estarían asociadas a las pérdidas de biomasa (Hernández et al., 2009).

Shammas et al. (2003) en un estudio de descomposición de restos en *E. globulus* de dos años de duración en Australia reveló que durante la misma el K se lixivió rápidamente en todas las fracciones, el Mg y P se liberaron a tasas similares a la pérdida de peso seco, mientras que el Ca y N se liberaron a una tasa mas lenta. Las hojas fueron las que mas contribuyeron al reciclaje de nutrientes aportando prácticamente todo el N y Ca liberado y la mitad o más del resto los nutrientes. Cunha et al. (2005) también señaló a las hojas como el componente que más contribuye a la descomposición de nutrientes en el suelo.

4.3. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN PARÁMETROS DE

RENDIMIENTO

Se evaluó el efecto de los tratamientos en la altura y el DAP del monte al año de plantación. Los resultados se indican en las Figuras 7 y 8.

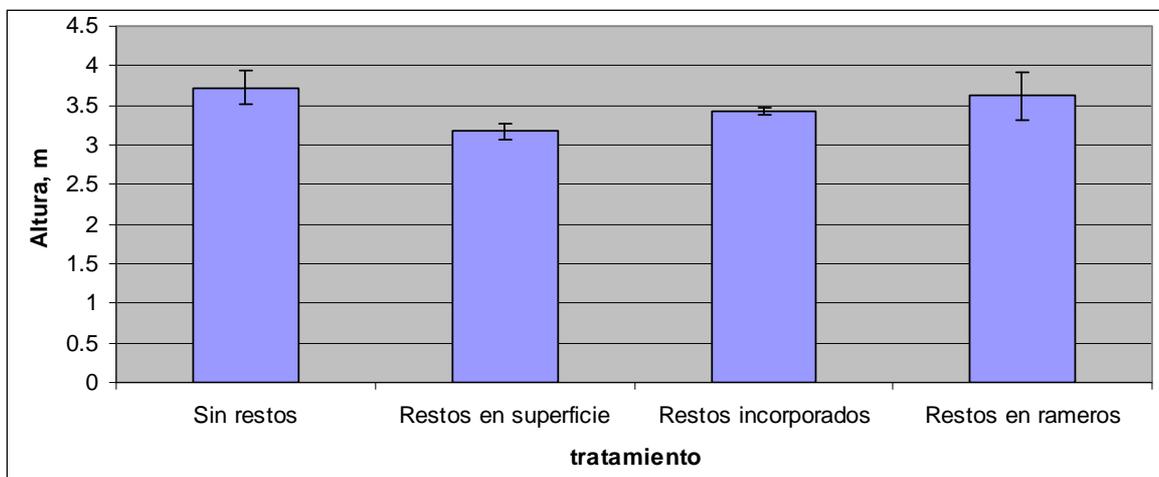


Figura 7. Efecto de los tratamientos de manejo de restos en la altura de la plantación de *E. grandis*.

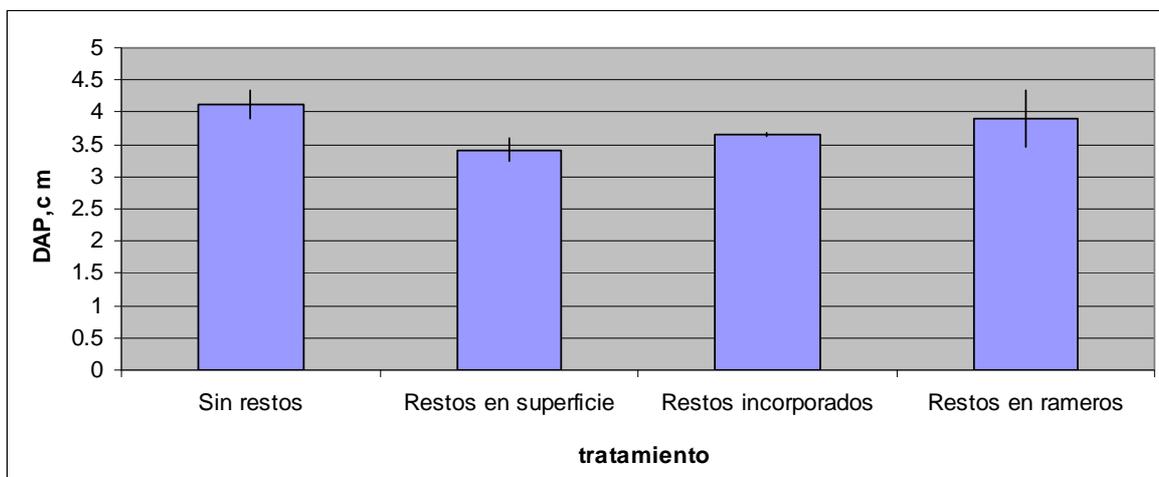


Figura 8. Efecto de los tratamientos de manejo de restos en el DAP de la plantación de *E. grandis*.

Los resultados muestran diferencias entre los tratamientos de manejo de restos y laboreo en la altura y el DAP. El tratamiento que mostró menores alturas y valores de DAP fue el tratamiento con restos en superficie, el cual presentó diferencias significativas con los restantes. Por el contrario, los

tratamientos sin restos y el manejo con rameros fueron superiores a los restantes, pero no mostraron diferencias significativas entre sí. El tratamiento con restos incorporados sólo fue significativamente diferente del tratamiento sin restos. El mayor valor de los parámetros de crecimiento en los tratamientos sin restos y el manejo con rameros podría estar explicado por la mejor preparación del suelo a través del laboreo (pasaje de excéntrica y alomador), y consecuente mejores condiciones de crecimiento inicial que en los tratamientos con restos en superficie y con incorporación de restos, donde se realizó la plantación al pozo.

4.4. CONCENTRACION DE NUTRIENTES EN EL SUELO

La concentración de Ca, Mg y K en el suelo al año de iniciado el experimento, bajo las modalidades de no incorporación de restos se indican en la Figura 9. En los tratamientos sin restos (SR) y manejo de restos con ramero (RR) se muestreó en la entrefila de plantación el suelo no perturbado por el laboreo, para que no hubiera un efecto confundido con el laboreo.

Si bien los resultados no resultaron significativos, los datos muestran una tendencia a que mantener los restos en superficie tuvo un efecto positivo en el aumento de los cationes Ca, Mg y K del suelo, no sólo en los primeros 10 cm, sino también a mayor profundidad (10-20 cm).

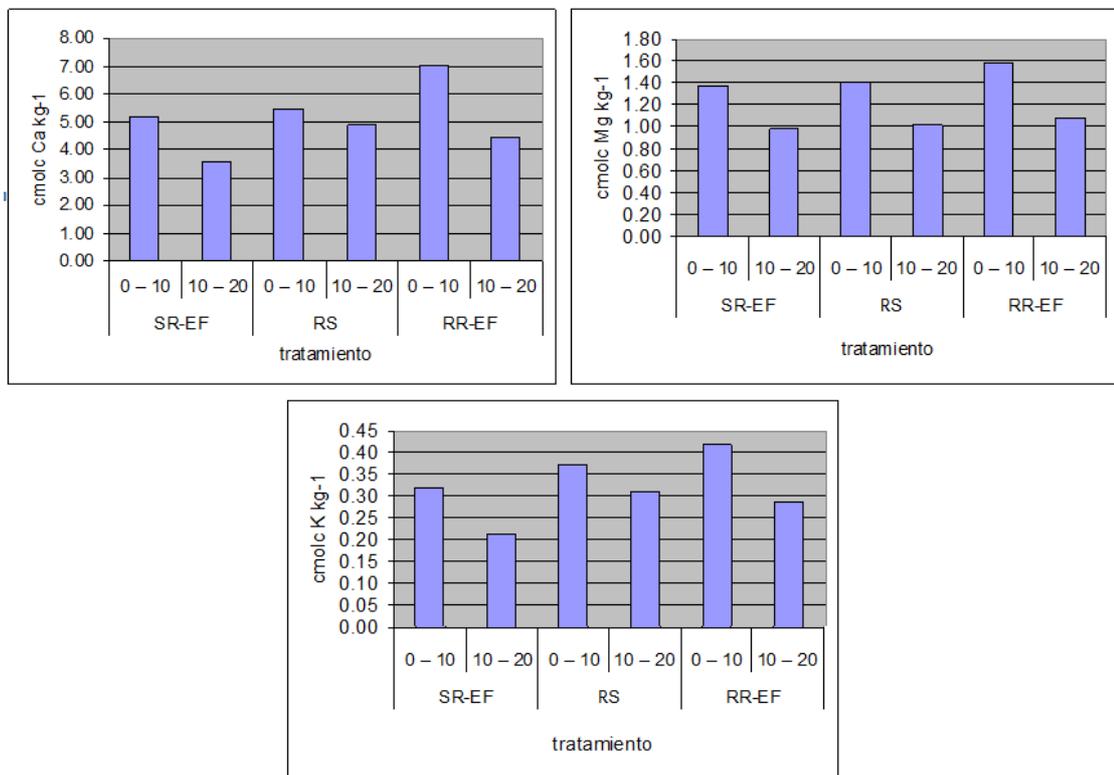


Figura 9. Concentración de Ca, Mg y K en las profundidades de 0-10 y 10-20 cm de suelo sin laborear, con el retiro de los restos de cosecha (SR-EF), con los restos distribuidos en superficie (RS) y con los restos acumulados en rameros (RR-EF).

Las comparaciones entre los contenidos de Ca, Mg y K del suelo cuando los restos fueron dejados en superficie y cuando fueron enterrados se indican en la Figura 10. Si bien se observaron diferencias entre ambos manejos, las mismas no resultaron significativas. No obstante, se observa una tendencia a que la incorporación de los restos con disquera (RD) aumentó las concentraciones de Ca y Mg en los primeros 20 cm respecto al manejo con restos en superficie (RS), aunque no así la de K. El tratamiento de manejo clásico con rameros mostró mayores concentraciones de Ca y Mg en la entrefila

de plantación (RR-EF) que en la fila (RR-F), lo cual puede estar asociado a que los restos fueron acumulados en ella. Dicha tendencia no fue constatada para el K. Finalmente, el tratamiento donde hubo un retiro de los restos de cosecha mostró una tendencia a menores concentraciones de Ca, Mg y K que los tratamientos con rameros o disquera, aunque resultó poco clara la tendencia hacia mayores concentraciones de Ca y Mg en la fila (SR-F) que en la entrefila (SR-EF). Una posible explicación es que al realizar el laboreo con excéntrica y encanterador, fue incorporado al suelo el mantillo del bosque, el cual aun contiene Ca y Mg, generándose condiciones favorables para su degradación.

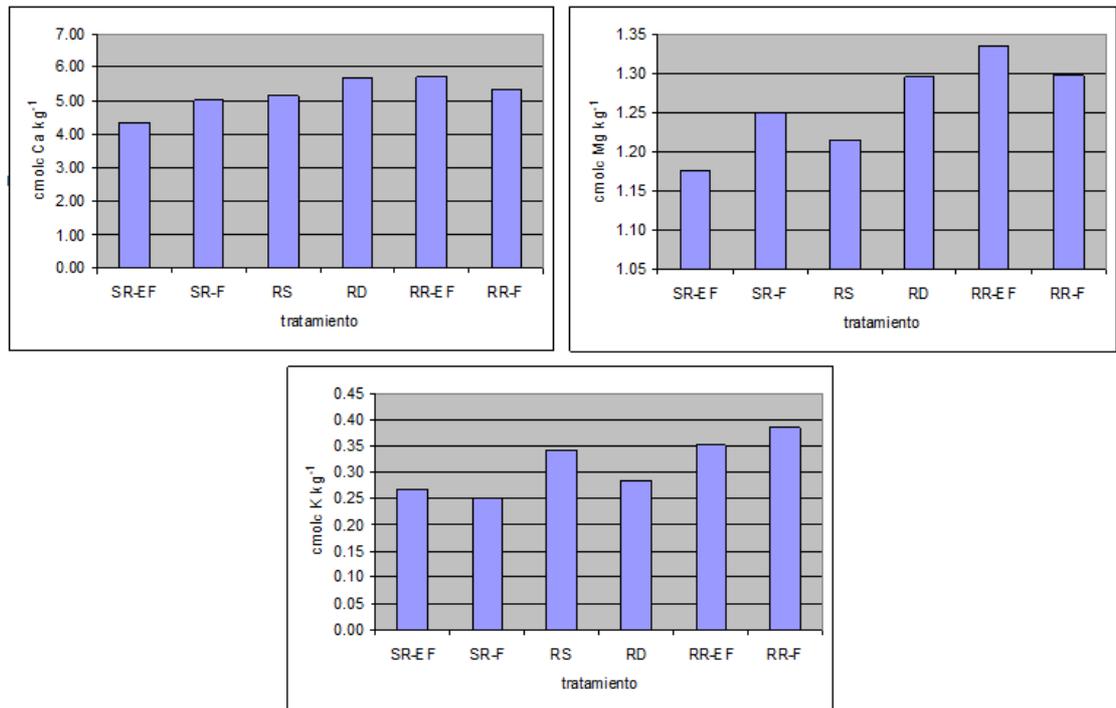


Figura 10. Concentración de Ca, Mg y K en los primeros 20 cm de suelo para los diferentes tratamientos de gestión de restos: sin restos (en entrefila: SR-EF; en fila: SR-F), con los restos distribuidos en superficie (RS), con los restos incorporados con disquera (RD), y con los restos acumulados en rameros (en la entrefila: RR-EF; en la fila: RR-F).

5. CONCLUSIONES

En una plantación de *E. grandis* si bien se exporta más del 75% de la biomasa en trozas comerciales, la exportación de nutrientes nunca excede el 60%. Dentro de los restos de cosecha las hojas presentan las mayores concentraciones de N, P, K y Mg. La corteza contiene las mayores concentraciones de Ca (44%), siendo por lo tanto el descortezado en el sitio una práctica recomendable.

Cuando se realiza el enterrado de restos en términos generales se observa una mayor velocidad de descomposición. Al cabo de 12 meses las hojas son el componente que presenta las mayores pérdidas de biomasa tanto si son dejadas en superficie como si son enterradas, por otro lado, la corteza y las ramas gruesas son los componentes que se descomponen más lentamente. Este comportamiento estaría explicado por el grosor del resto, siendo los componentes más gruesos los de más lenta descomposición. La lenta descomposición de algunos restos puede resultar beneficioso al liberar progresivamente los nutrientes acompañando el crecimiento del bosque.

Existe una tendencia al aumento de los cationes Ca, Mg y K en suelo cuando los restos son manejados en superficie y no son retirados. El enterrado de restos no mostró una mayor conveniencia ya que no se encontraron diferencias significativas al cabo de un año.

6. RESUMEN

Luego de la cosecha forestal quedan en el sitio restos vegetales (hojas, ramas, corteza), los cuales a través de su descomposición permiten el retorno de los nutrientes al suelo en cantidades y velocidades variables, dependiendo de la gestión diferencial de dichos restos. Los objetivos del trabajo fueron: i) Cuantificar la producción de biomasa y contenido de nutrientes en trozas comerciales y restos de cosecha de una plantación de *Eucalyptus grandis*; ii) Caracterizar el proceso de descomposición de los restos de cosecha bajo dos modalidades de gestión: sobre la superficie del suelo y enterrados con un laboreo; iii) Caracterizar los cambios posibles en parámetros de producción en una replantación del sitio, y propiedades químicas de suelo asociadas a la descomposición de los restos. Se cosechó un rodal de *E. grandis*, cuantificando la materia seca de la biomasa área y la concentración de los distintos nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en las trozas, ramas gruesas, ramas finas, corteza y hojas. Posteriormente se instaló un experimento de manejo de restos en una replantación del sitio con *E. grandis*, con 4 tratamientos: restos homogéneamente distribuidos en superficie (RS); restos enterrados con disquera (RE); restos manejados en rameros (RR) y restos retirados de la parcela (SR). Paralelamente se llevó a cabo un estudio de descomposición “in situ” de los restos de cosecha, evaluando su pérdida de biomasa y evolución de su contenido en nutrientes durante 12 meses, bajo dos alternativas: sobre la superficie del suelo y enterrados. De la biomasa total de cosecha (183 Mg ha⁻¹), las trozas comerciales representaron un 76%, exportándose en las mismas el 35% del N, 56% del P, 51% del K, 36% del Ca y 54% del Mg. El no descortezar en el campo aumentó sensiblemente la exportación de nutrientes. El estudio de descomposición de restos mostró una tendencia a la pérdida de biomasa en ambas situaciones, siendo en general más acentuada para los restos enterrados. La pérdida de biomasa en hojas fue superior a la correspondiente a

los demás restos, alcanzando casi un 50% al cabo de 6 meses de enterradas. En cambio, cuando se mantuvieron en superficie la pérdida de biomasa fue del 20%. Por otro lado, la corteza y ramas gruesas fueron las fracciones de más lenta descomposición cuando se mantuvieron en superficie, perdiendo menos del 10% al año. Para todas estas fracciones, cuando fueron enterradas se llegó a valores de materia seca remanentes en torno al 60% a los 12 meses. La mayor disminución del contenido de N se observó en hojas, en cambio en los componentes de más lenta degradación se observa un leve aumento en su contenido. En cuanto al P no se constatan grandes diferencias en las descomposiciones de todos los componentes entre ambos tratamientos. La pérdida de K fue muy rápida para todas las fracciones, no mostrando diferencias importantes entre restos enterrados y en superficie. Para ambos tratamientos y todos los componentes, el Ca se mantiene relativamente constante a lo largo de los 12 meses del experimento. Con respecto al Mg se observó una disminución paulatina para todos los componentes, estando esto asociado a la pérdida de biomasa. Las medidas de DAP y altura de los árboles luego de un año mostraron los menores valores para el tratamiento RE. Se observó una tendencia a que mantener los restos en el sitio y no retirarlos tuvo un efecto positivo en el aumento de los cationes intercambiables del suelo. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en el contenido de cationes entre enterrar o mantener los restos en superficie.

Palabras clave: Residuos de cosecha forestales; Tasa de descomposición; *Eucalyptus grandis*; Contenido de nutrientes; Reciclaje de nutrientes.

7. SUMMARY

After the harvest of forest plantations different residues (leaves, branches and bark) are left in the site, which through decomposition, promote the nutrient return to the soil, in variable amounts and velocity, depending on the different managements of the residues. The objectives of this work were: i) To quantify the biomass production and nutrient content in commercial logs and harvest residues of a *Eucalyptus grandis* plantation; ii) To characterize the decomposition process of the harvest residues under two different managements: on the soil surface and buried with the tillage. iii) To characterize the possible changes in production parameters in a re-plantation of the site, and the soil chemical properties associated to the residue decomposition. The *E. grandis* plantation was harvested, and the aerial biomass and nutrient concentration (N, P, K, Ca and Mg) in the logs, coarse branches, fine branches, bark, and leaves were quantified. After that a residue management experiment was conducted in a re-plantation of the site with *E. grandis*, with 4 treatments: residues homogeneously distributed on the soil surface (RS); residues incorporated with disc till (RE); residues concentrated in the interrows (RR); and residues removed from the site (SR). At the same time an "in situ" decomposition study was conducted, where biomass loss and evolution of nutrient contents were evaluated during 12 months, under two alternative management: residues on the soil surface and buried. The commercial logs represented 76 % of the total biomass at harvest (183 Mg ha^{-1}), with an exportation of 35% of the N, 56% of the P, 51% of the K, 36% of the Ca, and 54% of the Mg in the harvested biomass. The lack of debarking in the field produced a sensible increase in nutrient exports. The residue decomposition study showed a trend of biomass and nutrient losses in both situations, being generally more emphasized for the buried residues. The biomass loss was superior in leaves than in the other residues, reaching almost 50% after 6

months of burying. In contrast when they remained on the soil surface the biomass loss was 20%. On the other hand, the bark and coarse branches were the least decomposed fractions, with a a 10% loss after 1 year. For all these fractions, when they were buried, the remaining biomass was around 60% at 12 months. The highest decrease in N content was observed in leaves, while in the low degradation fractions a small increase in N content was observed. Regarding to P, there were not important differences between both treatments in decomposition of all the components. The K loss was very fast for all fractions, without great differences between treatments for all the components, nor between buried and surface treatments. For both treatments and all components Ca was relatively constant throughout the 12 months of the experiment. Regarding to Mg it was observed a slow decrease in amount in all components, which was associated to the biomass loss. The DBH and height of the trees, one year after planting, showed the lowest values for the RE treatment. It was observed a positive trend in soil exchangeable cation content when residues were maintained in the site. However no significant differences were found between the residues buried or maintained on the soil surface.

Key words: Forest harvest residues; Decomposition rate; *Eucalyptus grandis*; Nutrient content; Nutrient recycling.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ALCARAZ, M. L. 2007. Liberación/mineralización de nitrógeno en hojarasca de *Eucalyptus grandis* y leguminosas herbáceas, su relación con la calidad física y química del residuo y su efecto sobre el crecimiento de plantas jóvenes de eucalipto. (en línea). In: Encuentro de Becarios de la Universidad Nacional de La Plata, en el marco de la Expo Universidad (2º., 2007, La Plata, Argentina). Libro de resúmenes y CD Rom. Consultado 18 jun. 2012. Disponible en http://secyt.presi.unlp.edu.ar/cyt_hm/ebec07/pdf/alcaraz.pdf .
2. ALTAMIRANO, A.; DA SILVA, H.; DURÁN, A.; ECHEVERRÍA, A.; PANARIO, D.; PUENTES, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
3. BLANCO, A. 1993. Incorporación de residuos astillosos al suelo: análisis de su evolución y consecuencias sobre el medio edáfico en los suelos de rañas de los montes de Toledo. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales. 2: 135-149.
4. BRAÑAS, J.; GONZALEZ-RIO, F.; MERINO, A. 2000. Contenido y distribución de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus globulus* del noroeste de la Península Ibérica. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 9: 316-335.

5. BRANDT, L. A.; KING, J. Y.; HOBBIE, S. E.; MILCHUNAS, D. G.; SINSABAUGH, R. L. 2010. The role of photodegradation in surface litter decomposition across a grassland ecosystem precipitation gradient. *Bosque (Chile)*. 28(3): 256-262.

6. COSTA, G.; GAMA-RODRIGUES, A.; CUNHA, G. 2005. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. *Revista Árvore*. 29: 563-570.

7. COÛTEAUX, M.; BOTTNER, P.; BERG, B. 1995. Litter decomposition climate and litter quality. *Trends in Ecology and Evolution*. 10: 63-66.

8. CUNHA, G.; GAMA-RODRIGUES, A.; COSTA, G. 2005. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no Norte Fluminense. *Revista Árvore*. 29(3): 353-363.

9. FERNANDEZ, R.; LERY, H.; LUPI, A.; PAHR, N.; MARTIARENA, R.; FRIEDL, A.; DELGADINO, H.; VON VALLIS, A. 2002. Técnicas de manejo de residuos de cosecha forestal y sus impactos en el suelo. In: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (18º., 2002, Argentina.). Proceedings. s.n.t. s.p.

10. GELDRES, E.; GERDING, V.; SCHLATTER, J.E. 2006. Biomasa de *Eucalyptus nitens* de 4-7 años de edad en un rodal de la X Región, Chile. *Bosque*. 27(3): 223-230.
11. GHIDEY, F.; ALBERTS, E. 1993. Residue type and placement effects on decomposition; field study and model evaluation. *Transactions of the ASAE*. 36: 1611–1617.
12. GIOSA, C. 2009. Cuantificación del contenido de nutrientes en trozas comerciales de *Eucalyptus grandis* con destino a la fabricación de pulpa y su relación con el tipo de suelo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 62 p.
13. GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F.; STAPE, J.L.; SERRANO, M.I.P.; MELLO, S.L.M.; MENDEZ, K.C.F.S.; JORGE, L.A.C. 1997. Efeito das práticas de cultivo mínimo e intensivo do solo sobre a ciclagem de nutrients, fertilidade do solo, configuração do sistema radicular e nutrição mineral de povoamentos de *Eucalyptus grandis*. Piracicaba. sistema radicular e nutrição mineral de povoamentos de *Eucalyptus grandis*. Relatório final de Pesquisa, FAPESP, proceso No. 1994/4248-4. Piracicaba, s.e. s.p.
14. GONZALEZ, J.; BALBOA, M.; MERINO, A.; RODRIGUEZ, R. 2005. Estimación de la biomasa arbórea de *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster* en Galicia. *Recursos Rurais*. no. 1: 21-30.

15. GONZALEZ, A. 2008. Extracción y reciclaje de nutrientes por cosecha de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii*. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 49 p.
16. GOYA, J.; FRANGI, J.; DALLA TEA, F.; MARCO, M.; LAROCCA, F. 1997. Biomasa, productividad y contenido de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en la provincia de Entre Ríos. In: Jornadas Forestales de Entre Ríos (12as., 1997, Concordia, Entre Ríos). Memorias. s.n.t. pp. 1-19.
17. GREGGIO, T.; ASSIS, L.; NAHAS, E. 2008. Decomposition of the rubber tree *Hevea brasiliensis* litter at two depths. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 68: 128-135.
18. HERNANDEZ, J.; DEL PINO, A.; SALVO, L.; ARRARTE, G. 2009. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a *Eucalyptus dunnii* Maiden Plantation in temperate climate of Uruguay. *Forest Ecology and Management*. 258: 92-99.
19. JONES, H.E., MADEIRA, M., HERRAEZ, L., DIGHTON, J., FABIÃO, A., GONZÁLEZ-RIO, F., FERNANDEZ-MARCOS, M., GOMEZ, C., TOMÉ, M., FEITH, H., MAGALHÃES, M.C., HOWSON, G. 1999. The effect of organic matter management on the productivity of *Eucalyptus globulus* stands in Spain and Portugal: tree growth and harvest residue decomposition in relation to site and treatment. *Forest Ecology and Management*. 122: 73-86.

20. MULVANEY, M.; WOOD, W.; WOOD, B. 2008. Nutrient release rates from organic mulches and cover crops. In: Southern Conservation Agricultural Systems Conference (30th., 2008, Tifton, Georgia). Proceedings. s.n.t. pp. 119 – 123.
21. REZENDE, J.; GARCIA, Q.; SCOTTI, M. 2001. Laboratory decomposition of *Dalbergia nigra* All. ex. Benth. and *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden leaves in forest and eucalypt plantation soils. *Acta Botânica Brasileira*. 15: 305-312.
22. SANCHEZ, G.; DEL PINO, A.; HERNANDEZ, J. 2010. Nutrient release from *Eucalyptus grandis* and *Pinus taeda* harvest residues. In: World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World (19th., 2010, Australia). Proceedings. s.n.t. pp. 94 – 97.
23. SANTANA, R.; FELIX DE BARROS, N.; LIMA NEVES, J.C. 1999. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*. 56: 155-169.
24. SHAMMAS, K. A. M.; O'CONNELL, T. S.; GROVE, R.; MCMURTRIE, P.; DAMON, P.; RANCE, S. J. 2003. Contribution of decomposing harvest residues to nutrient cycling in a second rotation *Eucalyptus globulus* plantation in south-western Australia. *Biology and Fertility of Soils*. 38: 228–235.

25. THIERS, O.; GERDING, V.; SCHLATTER, J. E. 2007 Exportación de nitrógeno y calcio mediante raleo en un rodal de *Eucalyptus nitens* de 5 años de edad. *Bosque (Chile)*. 28(3): 256-262.
26. URUGUAY. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. DIRECCIÓN NACIONAL DE METEOROLOGÍA. 1995. Normales climatológicas 1961-1990. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 18 jun. 2012 Disponible en <http://www.meteorologia.gub.uy>.
27. ZEN, S.; POGGIANI, F.; COUTO, H. 1981. Variação na concentração de nutrientes ao longo do caule de *Eucalyptus saligna*; implicações na utilização energética dos resíduos florestais. Piracicaba, IPEF. 7 p. (Circular Técnica no. 136).
28. ZHANG, D.; HUI, D.; LUO, Y.; ZHOU, G. 2008. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems; global patterns and controlling factors. *Journal of Plant Ecology*. 1: 85–93.