



U R U G U A Y

Instituto
Nacional de
Investigación
Agropecuaria

DIA CAMPO
FORESTAL EN
ZONA SURESTE

PROGRAMA NACIONAL FORESTAL

Rocha
Abril 2011

Serie de Actividad de
Difusión No. 644
INIA Tacuarembó



Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
U R U G U A Y

INIA TACUAREMBO

DIA DE CAMPO

"FORESTAL EN ZONA SURESTE"

INIA TACUAREMBÓ
(Rocha)

29 de Abril 2011

TABLA DE CONTENIDO

	Página
- RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y DETECCIÓN DE OTRAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN <i>E. globulus</i> y <i>E. grandis</i>	1
<i>Ing. Agr. Ph.D. Carlos Perdomo</i>	
- EFECTO DE LA DEFOLIACIÓN PROVOCADA POR <i>Mycosphaerella</i> spp. EN EL CRECIMIENTO Y EN LA SOBREVIVENCIA DE <i>E. globulus</i>	5
<i>Ing. Agr. M.Sc. Gustavo Balmelli, Lic. Bio. Sofia Simeto, Ing. Agr. Ph.D. Nora Altier, Ing. Agr. Ph.D. Virginia Marroni y Dr. J. Diez</i>	
- ESTRATEGIA DE CONTROL DE TOJO – <i>Ulex europaeus</i> EN CAMPOS FORESTALES Y GANADEROS.....	13
<i>Gtor. Agrop. Francisco Castro</i>	
- DISTINTOS MARCOS DE PLANTACIÓN DE <i>Eucalyptus globulus</i> EN EL LITORAL ATLANTICO DEL URUGUAY	21
<i>Ings. Agrs. Alejandro González y Juan Mc Gregor</i>	
- INFLUENCIA DE LA EDAD DE CORTE EN LAS PROPIEDADES PULPABLES DE <i>E. globulus</i>	31
<i>Ing. Agr. Ftal. Ismael Fariña e Ing. Agr. Msc. Fernando Resquín</i>	

RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y DETECCIÓN DE OTRAS DEFICIENCIAS
NUTRICIONALES EN *Eucalyptus globulus* y *E. grandis*

Carlos H. Perdomo¹

Introducción y objetivos

El ajuste de la fertilización nitrogenada en eucaliptos debería realizarse en base a indicadores de suelo ó planta, que permitan identificar las situaciones de deficiencia donde sería rentable el agregado de fertilizante. El uso de estos indicadores evita además el agregado de nitrógeno (N) en situaciones de suministro excesivo por el suelo, donde sería más probable la ocurrencia de perdidas con los consiguientes problemas de polución ambiental que esto ocasiona. La existencia de otras deficiencias nutricionales (aparte de N), podría enmascarar también la respuesta a este nutriente. Por ello, antes de fertilizar con N sería conveniente cerciorarse de que otros nutrientes no están limitando la respuesta a N. En este artículo se presentan algunos resultados obtenidos en líneas de investigación desarrolladas para tratar de responder a estas interrogantes.

Metodología

Desde 2000 se realizaron diferentes ensayos de respuesta a la fertilización nitrogenada en plantaciones de 6 meses, 1 año y 2 años. Los ensayos se instalaron dentro de plantaciones comerciales, en los Departamentos de Rocha, Lavalleja, Soriano y Paysandú, y excepto por la fertilización, el manejo del monte fue similar a la plantación comercial. La concentración foliar se midió en hojas inferiores previo a la fertilización, y el volumen se evaluó a los 2 años post-fertilización en plantaciones fertilizadas a los 6 meses ó un año post-fertilización en plantaciones fertilizadas a los 24 meses. Se realizaron además en algunas de estas plantaciones análisis multinutrientes, los cuales se interpretaron tanto mediante la metodología DRIS como de Nivel Crítico. En el caso de DRIS se evaluaron las normas desarrolladas en Brasil y en Sudáfrica.

Resultados

Los resultados en sitios fertilizados 6 meses luego del transplante muestran una respuesta variable a la fertilización nitrogenada. La Figura 1 muestra que los sitios con valores de porcentaje de N en hoja superiores a 2.1% no responden a la aplicación de N, mientras que aquellos con valores inferiores si lo hacen, pero la respuesta es poca, y probablemente no sería rentable la aplicación aún en los sitios con respuesta. Cabe señalar que otros sitios fertilizados con similar metodología pero de *E. grandis* presentaron un comportamiento similar, aunque el incremento promedio observado a la fertilización fue de 20% en sitios de *E. grandis* y de 30% en sitios de *E. globulus*.

¹ Ing. Agr., Ph. D. - Departamento de Suelos y Aguas, Fac. de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay. Garzón 680, Montevideo, Uruguay (chperdom@fagro.edu.uy)

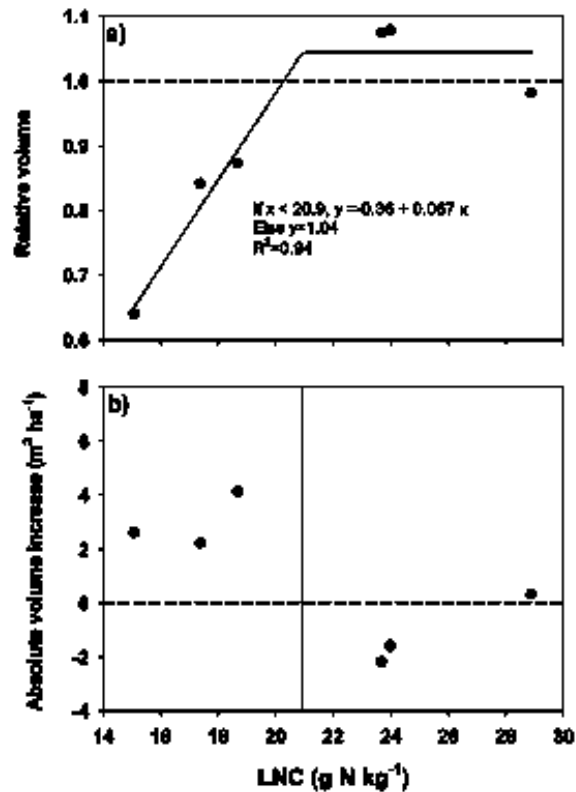


Fig. 3. Relationships between leaf N concentration (LNC) and volume response to N for *Eucalyptus globulus* sites fertilized 12 mo after planting. The two expressions of volume response shown are (a) relative volume and (b) absolute volume increase. On each plot, the horizontal dashed line represents the value where the volume response was zero. The vertical line on (b) represents the critical value determined from the model shown on (a).

Figura 1. Relación entre la concentración de N en las hojas inferiores de *E. globulus* y la respuesta relativa (A) ó absoluta (B) de volumen al agregado de N a los 6 meses años post-instalación. La respuesta relativa se estimó con el Rendimiento Relativo (Ren. Rel.) y la absoluta con el Incremento Absoluto de Rendimiento (Inc. Abs. Rend).

Posteriormente, de 2006 a 2008 se realizaron ensayos similares pero la fertilización nitrogenada se aplicó 2 años postransplante, tanto en *E. globulus* como de *E. grandis*. La mayoría de los sitios de *E. globulus* se perdieron por enfermedades, pero la respuesta en plantaciones destinadas a madera y pulpa de *E. grandis* fue similar a la observada previamente., siendo positiva en algunos sitios, pero no existió respuesta en otros, aunque la respuesta fue de menor magnitud (Figura 2). Nuevamente, y de acuerdo a lo esperado esta respuesta dependió del % de N de las hojas, pero en este caso el nivel crítico fue inferior, cercano al valor de 1.8% citado por algunos autores (Dell et al., 1995). Dos sitios mostraron depresión de volumen ante la fertilización, siendo estos los que tenían la concentración más alta de este nutriente (Rodales 3 y 8). El incremento promedio observado cuando se eliminaron estos dos rodales fue de 8% en sitios para madera y de 16% para pulpa.

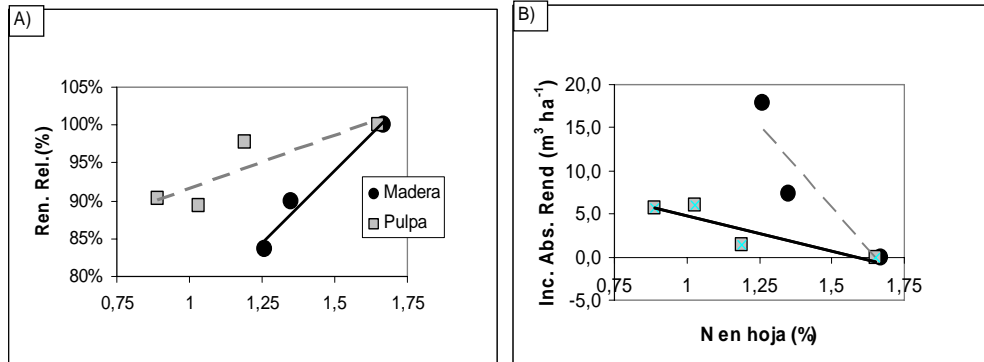


Figura 2. Relación entre la concentración de N en las hojas inferiores de *E. grandis* y la respuesta relativa (A) ó absoluta (B) de volumen al agregado de N 2 años post-instalación. La respuesta relativa se estimó con el Rendimiento Relativo (Ren. Rel.) y la absoluta con el Incremento Absoluto de Rendimiento (Inc. Abs. Rend).

Los resultados de **diagnóstico multinutricional mediante DRIS** muestran resultados variables según el país de origen de la norma (similar al Nivel Crítico), por lo cual no es posible llegar a conclusiones definitivas hasta no exista información acerca de que valores serían los más representativos para nuestras condiciones (Figura 3). Las interpretaciones según Nivel Crítico de este mismo sitio coincidió con el DRIS de Brasil, pero este se debió a que los niveles críticos fueron los empleados en Brasil y no a que las normas de este país sean necesariamente las más adecuadas para nuestras condiciones. De todas maneras, a pesar de estas interrogantes, los análisis mediante DRIS tienen la ventaja de que muestran mucha consistencia entre zonas de un mismo rodal, lo cual sugiere que puede en el futuro ser una herramienta adecuada para realizar análisis multinutricionales (Figura 4).

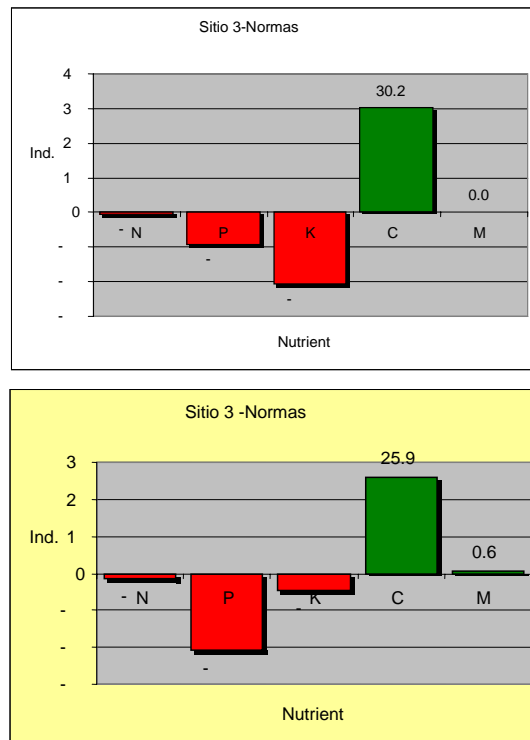


Figura 3. Evaluación de deficiencias multinutricionales en una plantación de *E. grandis* mediante DRIS utilizando normas provenientes de diferentes países.

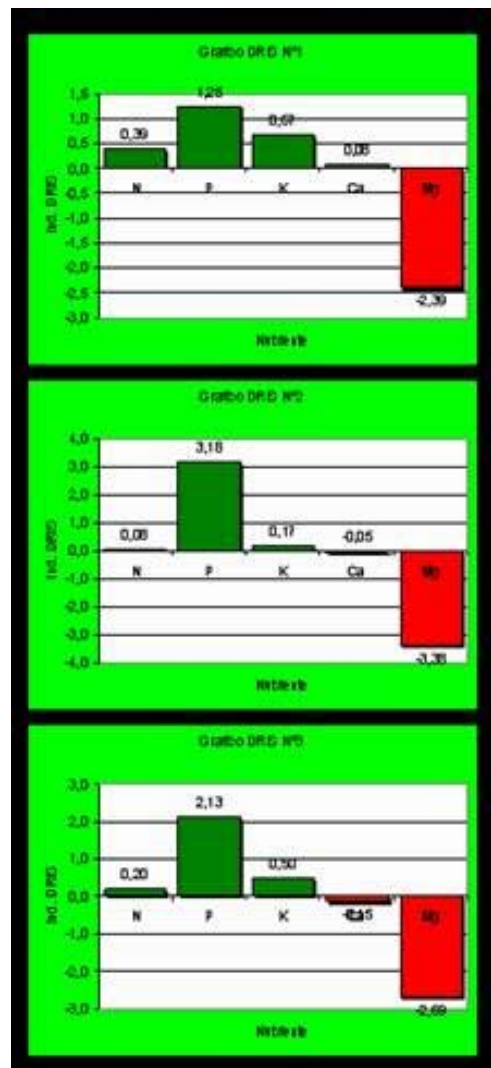


Figura 4. Evaluación de deficiencias multinutricionales en una plantación de *E. grandis* mediante DRIS en diferentes áreas de un mismo rodal.

Referencias

- Crucci, M. 2007. Evaluación de DRIS y nivel crítico en el diagnóstico nutricional de *Eucalyptus grandis*. Tesis de Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.
- Noble, K. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada en el pH y en aluminio intercambiable del suelo en plantaciones de eucaliptos. Tesis de Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.
- Perdomo, C; J. Durán y P. Llovet. 2007. Soil and plant indices for predicting eucalypt response to nitrogen in Uruguay. Soil Science Society of American Journal. 71: 1708-1718.

EFFECTO DE LA DEFOLIACIÓN PROVOCADA POR *Mycosphaerella* spp. EN EL CRECIMIENTO Y EN LA SOBREVIVENCIA DE *Eucalyptus globulus*

Balmelli, G.², Simeto, S³, Altier, N⁴, Marroni, V.⁵, Diez, J.⁶

INTRODUCCIÓN

La susceptibilidad del *Eucalyptus globulus* a diversas enfermedades constituye la principal limitante productiva de esta especie en nuestro país, lo que ha restringido su plantación a las zonas de mejor aptitud (región Sureste). A partir del año 2007 se han venido registrando importantes daños foliares en plantaciones jóvenes de *E. globulus* (Balmelli *et. al.* 2009a y 2009b; Simeto *et. al.* 2010) provocadas principalmente por *Teratosphaeria nubilosa* (Pérez *et. al.* 2009), una de las especies más agresivas dentro de las que provocan la enfermedad de las hojas conocida como *Mycosphaerella*. Los síntomas producidos por esta enfermedad son manchas necróticas en las hojas (más o menos circulares y de color beige) y posteriormente defoliación prematura, pudiendo en caso de infecciones severas producir la muerte de brotes apicales, ramillas y ramas. Sin embargo en nuestro país las pérdidas productivas ocasionadas por enfermedades foliares aún no han sido adecuadamente cuantificadas. En el presente trabajo se analiza el efecto de diferentes niveles de defoliación, provocados durante el primer año por *Mycosphaerella* spp., sobre la mortalidad y sobre el crecimiento hasta el séptimo año en un ensayo de *E. globulus* instalado en Rocha, Uruguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio y población evaluada

La evaluación se realizó en una prueba de progenies de *E. globulus*, instalada en Octubre de 2002 sobre un suelo 2.12, en el Departamento de Rocha. La densidad de plantación fue de 1370 plantas por hectárea (3.65 metros entre filas y 2 metros entre plantas). La preparación del suelo consistió en: herbicida pre-laboreo (Glifosato, 3 lt/ha), laboreo en fajas (subsulado, excéntrica, cincel, excéntrica y disquera) y herbicida pre-plantación (Glifosato, 2.25 lt/ha). Inmediatamente a la plantación se aplicaron 140 g/planta de fertilizante ISUSA (16/27/2 + Microelementos) y se aplicó herbicida pre y post emergente (Goal + Arnes: 1.5 + 1.5 lt/ha) en la faja plantada (1.4 metros de ancho). En el otoño siguiente se aplicó Glifosato (a 3 lt/há) en toda el área por debajo de los árboles, con máquina de bajo volumen (Micromax). El material genético está conformado por 230 familias de polinización abierta, de diferentes fuentes de semilla (población de cría de INIA, selecciones locales e introducciones de Australia y Chile). El diseño experimental utilizado es de bloques completos al azar, con 24 repeticiones y parcelas de 1 planta.

Cuantificación del daño foliar y medición del crecimiento

Durante el primer otoño se registraron niveles importantes de defoliación provocados por *Mycosphaerella* spp., por lo que en Mayo de 2003 (a los 8 meses de edad), se cuantificó la severidad de la infección. El nivel de defoliación (% de hojas caídas prematuramente) se evaluó en cada uno de los 4550 árboles vivos, utilizando una escala visual de 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% y 80% o más (Figura1). El crecimiento en altura

² Programa Nacional Forestal. INIA-Uruguay. Ruta 5, Km 386, Tacuarembó, Uruguay

³ Programa Nacional Forestal. INIA-Uruguay.

⁴ Protección Vegetal. INIA-Uruguay

⁵ Plant and Food Research. Private Bag 92169. Auckland 1142, New Zealand

se midió en Mayo 2003 (a los 8 meses de edad, en el mismo momento que la evaluación sanitaria) y en Mayo 2005 (a los 2 años de la evaluación de daño). El diámetro a la altura del pecho (DAP) se midió en Mayo 2005, Junio 2007 y Junio 2009 (a los 2, 4 y 6 años de la evaluación del daño, respectivamente).



Figura 1. Diferentes niveles de defoliación: 0% (izquierda), 50% (centro) y 80% (derecha).

Análisis de datos

Para evaluar los efectos del nivel de defoliación sobre el crecimiento posterior se consideró a la población como una unidad genéticamente heterogénea. Los valores de altura y DAP en cada medición fueron utilizados para calcular el crecimiento a partir del momento de la evaluación sanitaria: incremento en altura en los primeros 2 años e incremento en DAP entre los 2 y los 4 años y entre los 4 y los 6 años posteriores al daño. Los valores de sobrevivencia registrados en cada medición se utilizaron para calcular la mortalidad en cada uno de los períodos transcurridos entre dos mediciones. Para analizar el efecto del nivel de daño foliar inicial sobre el crecimiento y sobre la mortalidad posterior se realizaron análisis de varianza para los incrementos en altura y DAP y para los incrementos en mortalidad media de los diferentes niveles de defoliación. Para realizar los contrastes de medias se utilizó el test de Tukey, al 5% de significación.

RESULTADOS

Efecto de la defoliación sobre el crecimiento posterior

A los 8 meses de edad la altura media del ensayo fue de 2.5 metros, la sobrevivencia media fue de 83% y se registró una defoliación promedio de 37%. El crecimiento posterior a la evaluación de daño, es decir los incrementos promedio en altura y en DAP para cada nivel de defoliación, se presentan en la Figura 2. Se encontraron diferencias significativas en el crecimiento en altura entre los diferentes niveles de defoliación. Los árboles que a los 8 meses no presentaban daños (defoliación 0%) tuvieron hasta el tercer año un incremento medio en altura de 7.3 m. Los incrementos fueron similares en los árboles que tuvieron valores de defoliación de hasta 40% y fueron menores, difiriendo significativamente, en los árboles con mayores niveles de defoliación.

⁶ Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales. Universidad de Valladolid. España

El incremento en DAP entre el tercer y quinto año no se vio afectado por el nivel de defoliación, mientras que entre el quinto y séptimo año sólo se registró un efecto significativo en los árboles que presentaron niveles de defoliación de 60 y 70%, los cuales tuvieron menores incrementos en DAP que los árboles que sin defoliación.



Figura 2. Efecto del nivel de defoliación (evaluada a los 8 meses) sobre el incremento en altura en los 2 años posteriores a la evaluación de daño (izquierda), sobre el incremento en DAP entre los 2 y los 4 años (centro) y entre los 4 y 6 años posteriores a la evaluación del daño (derecha). En cada período medias con diferente letra difieren significativamente entre sí ($P < 0.05$).

Se encontraron diferencias significativas en el crecimiento acumulado al séptimo año entre los diferentes niveles de defoliación (Figura 3). Los árboles que a los 8 meses presentaron una defoliación del 50% o mayor alcanzaron al séptimo año un menor DAP que los árboles que no presentaban defoliación. A esta edad, cercana al turno de corta para producción de celulosa, los árboles que durante el primer otoño sufrieron defoliación severa (80% o mayor) presentan, en relación a los que no sufrieron daño (defoliación 0%) una pérdida en DAP de 20%. Varios autores han reportado, para niveles de daño de solo 20%, pérdidas de crecimiento en *E. globulus* de entre 6 y 17% (Smith 2006; Milgate *et al.* 2005; Carnegie & Ades 2002). Smith (2006) sugiere que las diferencias entre los resultados de estos estudios pueden deberse a la influencia de factores de sitio, tales como la disponibilidad de agua y nutrientes. En este sentido, para Pinkard (2003) los efectos del daño causado por *Mycosphaerella* podrían verse reducidos en sitios de alta productividad debido a que los árboles poseen mayor capacidad recuperación después de una defoliación (Pinkard 2003). Esto ha sido demostrado por Carnegie & Ades (2002) y por Pinkard *et al.* (2006), quienes reportan, respectivamente, un menor efecto de *Mycosphaerella* en árboles fertilizados con fósforo y con nitrógeno respecto a aquellos no fertilizados. El ensayo evaluado en este trabajo se instaló sobre un buen suelo y recibió un manejo silvicultural muy intensivo, lo que podría haber contribuido a reducir los efectos del daño producido por *Mycosphaerella*.

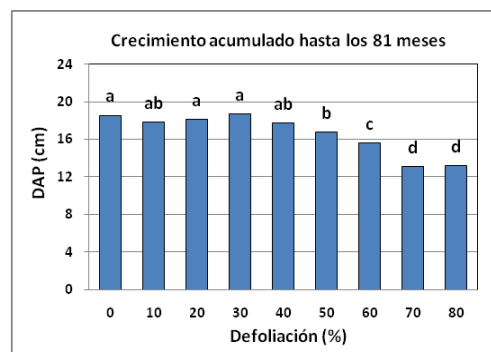


Figura 3. Efecto del nivel de defoliación, a los 8 meses, sobre el crecimiento (DAP) acumulado hasta el año 7 (6 años posteriores a la evaluación del daño). Medias con diferente letra difieren significativamente ($P < 0.05$).

Efecto de la defoliación sobre la mortalidad posterior

La mortalidad media de los árboles que presentaron diferentes niveles de defoliación durante cada período evaluado se presenta en la Figura 4. Se encontraron diferencias significativas en la mortalidad media de los diferentes niveles de defoliación. En los 2 años siguientes a la evaluación de daño los árboles sin defoliación tuvieron en promedio una mortalidad de 3.3%. La mortalidad fue similar en los árboles que tuvieron valores de defoliación de hasta 60% y aumentó, difiriendo significativamente, en los niveles de defoliación mayor. Entre los 2 y los 4 años posteriores a la evaluación de daño se encontraron diferencias significativas en la mortalidad solamente entre los árboles que presentaban mayor nivel de defoliación (80% o más) y los que no presentaron defoliación. En el último período analizado, es decir entre los 4 y los 6 años posteriores a la evaluación del daño, no se encontraron diferencias significativas en la mortalidad de los diferentes niveles de defoliación.

El marcado efecto de la defoliación sobre la mortalidad en los 2 años posteriores al daño indica que ese es el período crítico para los árboles. Si bien en los primeros 2 años la mortalidad no se vio afectada en aquellos árboles que presentaron bajos niveles de defoliación, cuando el nivel de daño fue superior al 60%, la mortalidad aumentó marcadamente (llegando a valores superiores al 50% en árboles severamente defoliados). En otras palabras, un 60% de defoliación parece ser el límite de tolerancia para mortalidad, es decir el nivel de daño por encima del cual la sobrevivencia de los árboles comienza a verse comprometida.

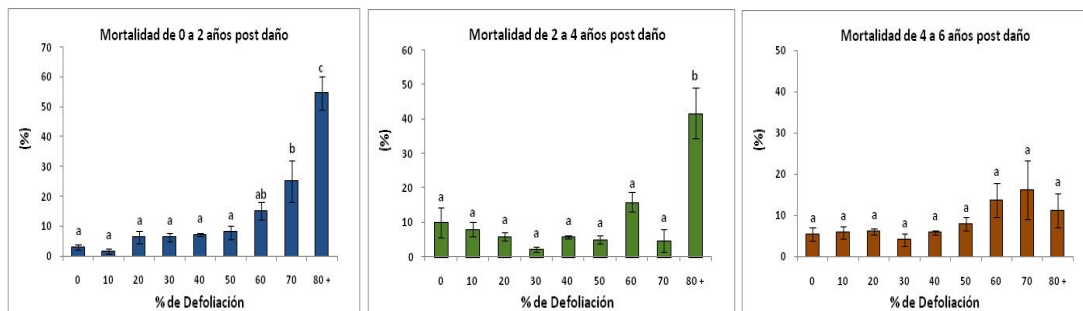


Figura 4. Efecto del nivel de defoliación a los 8 meses sobre la mortalidad posterior: primeros 2 años (izquierda), entre los 2 y los 4 años (centro) y entre los 4 y 6 años (derecha). En cada período medias con diferente letra difieren significativamente ($P < 0.05$).

Se encontraron diferencias significativas en la mortalidad acumulada hasta el séptimo año para los diferentes niveles de defoliación (Figura 5). Los árboles que a los 8 meses presentaron una defoliación de al menos 60% tuvieron mayor mortalidad acumulada que los árboles que no presentaban defoliación o que presentaban una defoliación moderada. Carnegie *et al.* (1994), sugieren que la pérdida de área foliar provoca una reducción de la tasa de crecimiento y esto a su vez deja al árbol no solo en desventaja para competir con sus vecinos sino con mayor predisposición a otros patógenos y/o factores abióticos adversos. Esto podría explicar la mayor mortalidad de los árboles con defoliaciones severas, principalmente la mortalidad de los árboles con 80% de defoliación que al séptimo año superó el 70%, siendo 4 veces mayor que la de los árboles sin daño. Este aspecto es de gran importancia en Uruguay, ya que la productividad en *E. globulus* depende principalmente del número de árboles por hectárea que sobreviven hasta la edad de cosecha (Balmelli & Resquin, 2005).

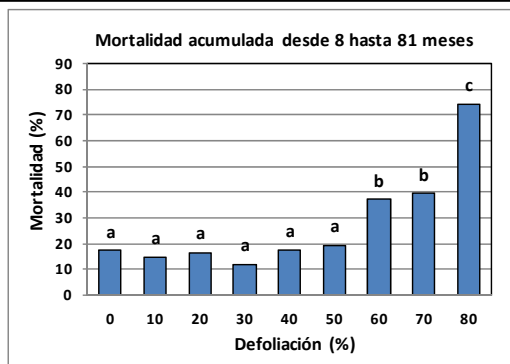


Figura 5. Efecto del nivel de defoliación a los 8 meses sobre la mortalidad media acumulada hasta el séptimo año (6 años posteriores a la evaluación del daño). Medias con diferente letra difieren significativamente ($P < 0.05$).

Efecto del genotipo sobre la defoliación y sobre el comportamiento productivo

Los efectos de la defoliación analizados precedentemente corresponden al promedio general del ensayo. Sin embargo interesa conocer el efecto del genotipo sobre la defoliación y sobre el comportamiento productivo. En la Figura 6 se presentan los valores medios de defoliación al primer año en cada familia y los correspondientes valores de DAP y mortalidad hasta el séptimo año.

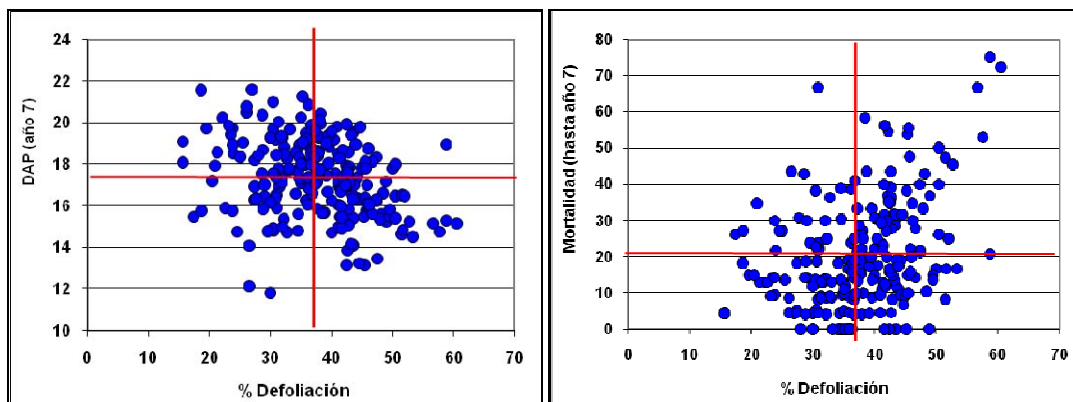


Figura 6. Rango de valores a nivel de familias para defoliación y DAP al año 7 (izquierda) y para defoliación y mortalidad hasta el año 7 (derecha). Cada punto corresponde al valor medio de una progenie (o familia) y las líneas rojas representan la media del ensayo.

La amplia variación observada entre familias sugiere que es posible seleccionar genotipos de baja susceptibilidad a *Mycosphaerella*. En teoría, mediante la utilización de un adecuado material genético (baja susceptibilidad), puede lograrse un cultivo con baja defoliación en las etapas iniciales, lo cual asegura un buen comportamiento posterior. Sin embargo, como puede observarse en las Figura 6, el hecho de que una familia haya presentado baja defoliación no siempre se tradujo en un buen crecimiento o en una baja mortalidad. El caso opuesto también fue frecuente, muchas familias con un nivel relativamente alto de defoliación alcanzaron buenos crecimientos y tuvieron baja mortalidad, es decir que tuvieron buena tolerancia a la defoliación. En otras palabras, la productividad de un genotipo no puede inferirse directamente de su susceptibilidad/resistencia a la defoliación, siendo por lo tanto imprescindible evaluar el comportamiento productivo, al menos hasta el tercer o cuarto año, antes de decidir su utilización a nivel comercial.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que defoliaciones menores al 50% no afectan el crecimiento posterior, mientras que la sobrevivencia se ve afectada recién cuando la defoliación supera el 60%. Si bien los mayores efectos de la defoliación, tanto sobre el crecimiento como sobre la mortalidad, se manifestaron en los primeros años, las diferencias entre el grupo de árboles severamente defoliados respecto a los que no presentaron defoliación continuaron aumentando hasta el séptimo año. Con defoliaciones severas (80%) el crecimiento acumulado hasta el séptimo año se reduce en forma marcada (hasta un 20% en diámetro) y la sobrevivencia se ve seriamente comprometida (la mortalidad promedio llega al 74%). Se concluye que si bien durante el primer año los árboles toleran niveles relativamente importantes de daño foliar, defoliaciones severas afectan tanto el crecimiento como la sobrevivencia posterior.

La gran variabilidad observada entre familias en los niveles de defoliación es una clara indicación de la posibilidad de seleccionar y utilizar genotipos de baja susceptibilidad a enfermedades. Aunque no se encontró una estrecha relación entre la resistencia o tolerancia a la defoliación y el comportamiento productivo posterior, los resultados demuestran la importancia de utilizar materiales genéticos resistentes a enfermedades foliares en plantaciones de *E. globulus*.

Estos resultados deben tomarse con suma cautela ya que corresponden a un único evento de defoliación, ocurrido durante el primer año de la plantación. La situación actual es diferente ya que *Teratosphaeria nubilosa* también provoca defoliaciones, y en general aún más importantes, en el segundo año de la plantación. Por lo tanto es necesario evaluar tanto el impacto de la enfermedad como la variabilidad de la resistencia en las actuales condiciones productivas.

CONSIDERACIONES FINALES

El crecimiento del área forestada en Uruguay ha generado y continuará generando un aumento en los problemas sanitarios, lo cual, sumado al probable ingreso de nuevas enfermedades y plagas, constituye una de las mayores amenazas para la sostenibilidad del sector forestal. La complejidad de los problemas sanitarios forestales, dados por la dispersión geográfica, la diversidad de especies, de problemas sanitarios y de disciplinas involucradas, hace que la temática sanitaria muy difícilmente pueda ser encarada por una sola institución o empresa. Por tal motivo la articulación y coordinación de esfuerzos del sector público (INIA, UdelaR, MGAP) y del sector privado (empresas forestales) mediante proyectos de investigación y acuerdos de trabajo conjuntos serán imprescindibles para avanzar en el conocimiento y en la solución de los problemas sanitarios del sector forestal.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa forestal Redalco por proporcionar el predio, realizar la preparación del suelo y el mantenimiento posterior del ensayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balmelli, G. y Resquin, F. 2005. Evaluación productiva de orígenes de *Eucalyptus globulus* en zonas Litoral y Norte. Serie Técnica INIA N° 149. Montevideo, Uruguay. 16p.
- Balmelli, G.; Simeto, S.; Martínez, G.; Torres, D.; Pérez, C.; Fros, D. y Bentancur, O. 2009a. Incidencia y severidad de enfermedades y plagas en plantaciones jóvenes de *Eucalyptus globulus* en las regiones Sureste y Litoral Oeste de Uruguay. SAD N° 567. INIA. pp. 51-65.
- Balmelli, G.; Simeto, S.; Martínez, G.; Torres, D.; González, P.; Fros, D.; Bentancur, O. y Pérez, C. 2009b. Relevamiento sanitario de otoño en plantaciones jóvenes de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus dunnii* en el Sureste y Litoral Oeste. Serie Actividades de Difusión N° 594. INIA. pp. 49-70.
- Carnegie, A.J. & Ades, P.K. 2002. *Mycosphaerella* leaf disease reduces growth of plantation-grown *Eucalyptus globulus*. *Australian Forestry* 66:113-119.
- Carnegie, A.J., Keane, P.J., Ades, P.K. & Smith, I.W. 1994. Variation in susceptibility of *Eucalyptus globulus* provenances to *Mycosphaerella* leaf disease. *Canadian Journal of Forest Research* 24:1751-1757.
- Milgate, A.W.; Potts, B.M.; Joyce, K.; Mohammed, C. & Vaillancourt, R.E. 2005. Genetic variation in *Eucalyptus globulus* for susceptibility to *Mycosphaerella nubilosa* and its association with tree growth. *Australasian Plant Pathology* 34:11-18.
- Pérez, G.; Hunter, G; Slippers, B; Pérez, C; Wingfield, B; & Wingfield, M. 2009. *Teratosphaeria* (*Mycosphaerella*) *nubilosa*, the causal agent of *Mycosphaerella* leaf disease (MLD), recently introduced into Uruguay. *European Journal of Plant Pathology* 125:109-118.
- Pinkard, E.A. 2003. Physiological and growth responses related to pattern and severity of pruning in young *Eucalyptus globulus*. *Forest Ecology and Management* 182:231-245.
- Pinkard, E.A.; Baillie, C.C.; Patel, V.; Battaglia, M.; Smethurst, P.J.; Mohammed, C.; Wardlaw, T. & Stone, C. 2006. Growth responses of *Eucalyptus globulus* Labill. to nitrogen application and severity, pattern and frequency of artificial defoliation. *Forest Ecology and Management* 229:378-387.
- Simeto, S.; Balmelli, G.; Martínez, G.; Torres, D.; González, P.; Fros, D.; Bentancur, O. y Pérez, C.A. 2010. Relevamiento sanitario de *Eucalyptus* spp. en el Sureste y Litoral Oeste del país. Serie Actividades de Difusión N° 629. INIA. pp. 41-51.
- Smith, A. 2006. The Development of Strategies for the Management and Research of Foliar Pathogens on Eucalypt Plantations: Using *Mycosphaerella* as a Case of Study. PhD Thesis, University of Tasmania.

ESTRATEGIA DE CONTROL DE Tojo - *Ulex europaeus* EN CAMPOS FORESTALES Y GANADEROS

Francisco Castro⁷

Introducción

El Tojo (*Ulex europaeus* L.) es una leguminosa arbustiva nativa originaria de Europa Occidental, perteneciente a la familia de las Fagáceas, subfamilia Faboideae. Las hojas de los individuos maduros están modificadas en espinas de hasta 4 cm de longitud, lo cual le da a la planta un aspecto espinoso.

Tiene flores amarillas muy vistosas, muchas veces la forma más fácil de identificar las poblaciones de esta maleza es en la época de floración ya que desde lejos se puede visualizar las plantas a causa de sus flores, también nos da la magnitud de la infestación que tenemos en el campo. Florece dos veces al año (Otoño y Primavera), es de destacar que tiene una floración escalonada de esta forma podemos ver flores inclusive en invierno y parte de verano.

El fruto es una legumbre pilosa de color marrón, cada fruto puede contener 5 semillas de color verde Oliva, este se abre y libera las semillas cuando es sometido a temperaturas altas dispersando las semilla hasta 12 metros de distancia de la planta que las origino, esta característica es una de las razones de su rápida dispersión. Cada planta puede producir hasta 20.000 semillas por año, por esta razón se dice que cuanto más vieja es la planta el banco de semillas de su área de influencia es más numeroso y cada año que dejemos de controlar esta maleza la cantidad de semillas por metro cuadrado irá aumentando así como el potencial de infestación del campo. Investigaciones realizadas en España sobre el banco de semilla de esta especie pudieron contabilizarse entre 645 y 1045 semillas por metro cuadrado, estando ubicadas a no más de 8 cm. de profundidad, siendo el 95 % viables, esto explicaría porque después de años de haber controlado la población original vuelven a aparecer nuevas plantas.

La raíz primaria de *Ulex europaeus* es muy profunda y gruesa desde los primeros meses y presenta nódulos de *Rhizobium* fijadores de nitrógeno.

Su propagación es principalmente por semilla pero también lo hace vegetativamente, ya sea por raíces o tallo. Se desarrolla a plena luz del sol y a media sombra, no tolera bien sitios muy sombreados. Se adapta muy bien a suelos pobres y secos.

Este arbustos espinoso crecen entre 1 y 4 metros de altura, formando densas poblaciones y desplazando a las demás especies a su alrededor (alelopática). Los tallos producen abundantes brotes vegetativos, principalmente cuando son cortados o quemados.

La planta en general pero en especial las ramas necesitan de luz para un correcto desarrollo. Esto causa que las ramas inferiores, sombreadas por las superiores, mueran y permanezcan secas bajo los matorrales, causando una acumulación de ramas muertas la cual arde con facilidad siendo un potencial riesgo de incendio. También podemos decir que esta característica es una herramienta útil para realizar quemas controladas ya que arde muy rápido.

El Tojo (*Ulex europaeus* L.) Maleza Exótica Invasora

Debido a sus características y rápida dispersión El Tojo (*Ulex europaeus* L.) es considerada en Uruguay una especie exótica invasora, está incluido en la lista 100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Las especies incluidas en este listado han sido seleccionadas de acuerdo con dos criterios: la severidad de su impacto sobre la diversidad biológica y/o las actividades humanas.

⁷ Exp. Gest. Agrop. – Agroempresa Forestal

Naturalmente existen barreras para la dispersión de este tipo de malezas, cuando no existen este tipo de barreras las especies invasoras se desarrollan y se dispersan de forma muy rápida estableciendo poblaciones muy numerosas y ocupando superficies importantes. Mientras las condiciones sean favorables y no se haga nada para controlarlas la tendencia es que estas poblaciones sigan creciendo. En la gran mayoría de las veces este tipo de malezas es introducida por el hombre, al principio tiene un objetivo específico, en el caso del Tojo puede ser para uso ornamental y construcción de cercos, pero por falta de control pasa a ser una maleza dañina e invasora causando problemas y pérdidas de diversa índole.



A nivel mundial el ritmo de extinción de especies nativas se está incrementando a un ritmo sin precedentes. Las especies exóticas invasoras están contribuyendo a que esto suceda, actualmente son la segunda causa de amenaza y extinción de especies nativas, precedida sólo por la pérdida de hábitat.

El Tojo (*Ulex europaeus* L.) debido: A) Gran capacidad reproductiva ya sea por semilla y además la vegetativa a través de raíces y tallo. B) Prolongada latencia de la semilla la cual puede llegar aproximadamente 50 años a más. C) Largo período vegetativo. D) Rápido crecimiento, E) Ausencia o baja incidencia en Uruguay de enemigos naturales, F) Propiedades combustibles que favorecen la ocurrencia de incendios, lo cual beneficia la germinación de nuevas semillas, el Tojo (*U. europaeus*) se ha constituido en una de las plagas más severas de la región este del país.

Esta especie tiene la capacidad no sólo de moverse a través de un gran número de vías, sino también de establecerse, prosperar y dominar nuevos lugares.

Distribución geográfica en Uruguay

Hoy día está distribuida en la zona Este del país, la cual está comprendida por los siguientes departamentos: Maldonado, Rocha, Lavalleja, Treinta y Tres y Cerro Largo, pudiéndose encontrar ejemplares aislados en otros departamentos como Rivera y Tacuarembó.

La población es variable en los distintos departamentos y localidades dentro del departamento. Se han identificado superficies importantes con presencia de Tojo en las localidades de Castillo y sus alrededores en Rocha, Battle y Ordóñez y Zapicán en Lavalleja y con menor área afectada pero si igualmente problemáticas en otras localidades.

Estrategias para el control de Tojo (*Ulex europaeus* L.)

El presente artículo tiene por objetivos compartir la experiencia que venimos logrando en 6 años de trabajo en el control de Tojo.

Al principio dado que era una especie con pocos años de presencia en Uruguay, contábamos con poca información local por lo cual tuvimos que recurrir a experiencias de otros países en el control de esta maleza. Hemos encontrado trabajos interesantes en Chile donde la conocen y combaten hace varios años. Con estas experiencias y otras de Europa empezamos a diseñar un paquete tecnológico local para el control de Tojo.

En general la experiencia local mostraba que el control de Tojo era muy difícil. Las alternativas que estaban disponibles como ser herbicidas, corte, arranque y quema, no solucionaban el problema, no lograban la erradicación del Tojo y en muchos casos teníamos que convivir con esta maleza.

En este tiempo hemos comprobado que el control de Tojo no es sencillo, no se logra con una sola intervención y en situaciones donde la población está muy desarrollada es dificultoso el control y el costo es elevado. También hemos observado que el control de esta maleza es posible y que para ello es imprescindible la aplicación de un correcto paquete tecnológico y en los momentos adecuados.

General:

Es importante destacar que el control de Tojo es un trabajo a mediano plazo y que debemos manejar una estrategia de control que integre varias intervenciones ya que no es posible su control con una sola intervención debido a sus características anteriormente nombradas.

Todos estos factores son importantes para definir el momento óptimo para realizar el control de esta maleza invasora. Los estados de crecimiento vegetativo son los más favorables para el control ya que es donde las raíces tienen un menor crecimiento (órganos de reserva).

La estrategia debe estar orientada al control de plantas provenientes de semilla y no de reproducción vegetativa, en pleno desarrollo vegetativo, con una altura entre 30 y 80 cm. y en lo posible que no este en floración.

La mejor época para el control sería fines de verano, comienzo de otoño y principios de primavera. No es recomendable controlar directamente plantas en estado adulto, es decir, más de 1,5-2 metros de altura ya que son difíciles de erradicar y el costo económico es elevado.

Hay que tener en cuenta que por mas que tengamos una planta aislada debemos controlarla y además evaluar el área de influencia de esta ya que según se ha detectado pueden haber plántulas originadas por esta en un radio de 12 metros.

Usar el control químico en el momento de crecimiento vegetativo joven, con una planta de color verde pálido es cuando logramos los mayores porcentajes de control.

En campos con destino Forestal, Agrícola, etc. siempre debemos apuntar a controlar el Ulex pre-plantación/siembra y no post-plantación/siembra ya que una vez que este implantado el monte y/o cultivo todas las actividades son mas dificultosas, posiblemente más caras ya que se debe utilizar más mano de obra con un control menos eficiente.

Pasos a seguir para lograr un efectivo control de Tojo (Ulex europaeus L.)

- 1) Identificar las zonas del campo que tienen presencia de Tojo.
- 2) Caracterizar la situación de cada zona, como ser: a) Altura de las plantas, En que estado se encuentra (por ej.: Vegetativo, Reproductivo), edad de las plantas ya que cuanto más viejas sean más difícil es el control y el banco de semilla es mayor, etc.
- 3) Medir estas zonas con el fin de manejar en que número de hectáreas está presente esta maleza y proyectar los costos.
- 4) Una vez mapeado el campo e identificadas las diferentes situaciones definir la estrategia de control para cada zona y adaptar el paquete tecnológico según la situación que tengamos en el campo. A continuación detallamos 4 alternativas de control que difieren entre sí según la situación inicial:

N°	Act.	Situación	Estrategia de control	Producto químico	Dosis/ Ha respect.	Época	Consideraciones
1	A	Plantas entre 5 y 20 cm Altura	Pastoreo alta dotación, en especial ovinos			Primavera, Verano y Otoño	
	B		Control químico al Rebrote	Triclopir, Glifosato y Aceite Vegetal	0,5% + 5% + 5%	Fines Verano, Principio de Otoño y Primavera	Densidades altas y rebrote muy rápido
2	A	Plantas entre 30 y 100 cm Altura	Control químico al Rebrote	Triclopir, Glifosato y Aceite Vegetal	1-2% + 5% + 5%	Fines Verano, Principio de Otoño y Primavera	Dosis en función del desarrollo de las plantas
	B		Control químico al Rebrote	Triclopir, Glifosato y Aceite Vegetal	1% + 5% + 5%	Fines Verano, Principio de Otoño y Primavera	Re-aplicación aprox. 15 a 20% que esperamos rebrote.
3	A	Plantas entre 100 y 200 cm Altura	Control mecánico - Rotativa - Desbrozadora - Motosierra			Todo el año	Ideal fines Otoño, Invierno
	B		Una vez rebrotado - Control químico al Rebrote	Triclopir, Glifosato y Aceite Vegetal	1 a 2% + 5% + 5%	Fines Verano, Principio de Otoño y Primavera	Plantas entre 30 y 80 cm Altura
	B		Control químico al Tocón	Triclopir y Aceite Vegetal	7-10% + 5%	Todo el año	Al tocón luego del corte. Usar colorante
	C		Control químico al Rebrote	Triclopir, Glifosato y Aceite Vegetal	0,5% + 5% + 5%	Fines Verano, Principio de Otoño y Primavera	Re-aplicación aprox. 15 a 20% que esperamos rebrote. Plantas entre 30 y 50 cm Altura
4	A	Plantas más de 150 cm Altura	Control mecánico - Motosierra - Buldózer			Todo el año	Ideal fines Otoño, Invierno
	B		Control químico al Rebrote	Triclopir, Glifosato y Aceite Vegetal	1% + 5% + 5%	Fines Verano, Principio de Otoño y Primavera	Plantas entre 30 y 80 cm Altura
	B		Control químico al Tocón	Triclopir y Aceite Vegetal	5-8% + 5-10%	Todo el año	Al tocón luego del corte. Usar colorante
	C		Control químico al Rebrote	Triclopir, Glifosato y Aceite Vegetal	0,5% + 5% + 5%	Fines Verano, Principio de Otoño y Primavera	Re-aplicación aprox. 15 a 20% que esperamos rebrote. Plantas entre 30 y 50 cm Altura

Siempre que sea posible es recomendable tener en las zonas con presencia de Tojo pastoreo permanente ya que las malezas que no se controlaron y estén chicas, en estado de plántula pueden ser comidas por el ganado (en especial ovinos). Luego hay que volver a controlar el rebrote

El en caso del control químico aplicar un caldo entre 150 y 300 Lts/ha en función de tamaño de las plantas, la distribución del caldo tiene que ser homogénea por toda la planta.

No sería recomendable realizar quemas de Tojo, debido a: a) riesgo de incendio de otras áreas de influencia ya que las plantas son altamente combustibles, b) ruptura de la latencia de semillas en el suelo, c) daños ambientales, etc. Si podemos decir que es una alternativa para aquellas situaciones donde la población de malezas este muy densa, muy alta, es decir impenetrable, esta tarea debería hacerse cumpliendo todas las normas de seguridad y prevención de incendio. Tener en cuenta que no es una solución, de igual manera debemos llevar adelante un plan de control.

En caso de quemar los residuos que se cortaron realizarlo lejos de las fuentes de agua ya que la quema puede hacer que las semillas que se encontraran en estado latente se activen y el agua es un medio de diseminación de esta maleza muy importante, lo ideal es realizar esta tarea en un lugar libre de malezas, lo mas plano posible y con un mínimo de pendiente.

Otro factor clave para lograr el éxito en el control de Tojo es la calidad de los servicios tanto contratados como recursos propios. Por más que hubiéramos realizado una correcta evaluación de las situaciones que tenemos en el campo y diseñado un buen plan de control si la calidad de la ejecución de los mismos no es buena los resultados no son los esperados. Es fundamental contar con gente que tenga experiencia en la realización de este tipo de tarea.

Zonas sin Control



Zonas con Control



Cuando estemos preparando un campo para forestar, luego de realizar el control de Tojo en el área total y de preparado el suelo para plantar es conveniente incorporar herbicidas residuales previniendo futuras emergencias de semillas de Tojo. Ejemplos de herbicidas residuales que podemos usar serian Oxifluorfen, Acetoclor y Diclosulam según la especie que vayamos a plantar. Según la situación del campo aplicar en la franja de plantación o en el área total. Muchas veces este tratamiento no sería un costo extra ya que esta dentro del nuestro esquema de control de malezas en el año de plantación.

Una vez instalada la plantación podemos controlar el Tojo en la entrefila con el tratamiento Glifosato + Triclopir y Aceite vegetal. En la línea de plantación en casos de plantas chicas podemos usar Clorpiralid o Glifosato + Triclopir + Aceite a dosis bajas.

Cuando tengamos una plantación joven, por ejemplo 3-4 años o inclusive adulta de 7-9 años también podemos realizar el control de Tojo presente tanto en el interior como afuera del monte. Lo más importante es al momento de realizar un control químico no tocar el tronco del árbol comercial y no aplicar las plantas de Tojo que estén muy próximas al árbol por seguridad. Para estos casos debemos realizar un control mecánico, por ejemplo con desmalezadora de disco. En aquellas situaciones que el Tojo se encuentre a una altura que impida o dificulte demasiado la aplicación del herbicida es conveniente que se rebaje hasta que quede a una altura donde el operario pueda hacer una buena aplicación y sin riesgo para los árboles adyacentes..

Costos del Control de Tojo (*Ulex europaeus* L.)

Los costos para el control de Tojo son variables, básicamente porque encontramos en el campo diferentes situaciones y en cada una ejecutamos un plan de control diferente con su costo correspondiente.

Lo más económico sería controlar plantas entre 40 y 80 cm de altura donde aplicamos al follaje y sin árboles comerciales alrededor. Esta sería una situación de aplicación pre-plantación o en caminos vecinales, caminos internos del campo, cortafuegos, zonas bajas, etc.

La siguiente situación más económica de control sería plantas de 1 a 2 metros de altura y la más costosa sería plantas de más de 2 metros de altura.

Tomando en cuenta grandes números y una situación promedio podemos decir que el control total de Tojo (*Ulex europaeus* L.) está entre 150 y 180 USD/ha.

Dado que no tenemos el 100% de nuestros campos con presencia de Tojo preferimos tomar como referencia el costo que tenemos para controlar esta maleza invasora por metro cuadrado. Estimamos entonces que el costo es de aproximadamente USD 0,0165 por metro cuadrado, en función de los metros cuadrados que tengamos con esta maleza será el costo para controlarlo.

Consideraciones Finales

En función de los resultados que hemos logrado en los 6 años de ensayos y trabajos operativos en control de Tojo (*Ulex europaeus* L.) podemos afirmar que su control total es posible. Para esto debemos realizar una correcta evaluación de la situación inicial antes de determinar qué hacer, combinar diferentes tecnologías disponibles en función de la situación a campo y realizar una correcta operativa para lograr el resultado esperado, es decir, el control total.

El mejor momento para realizar el control es con plantas jóvenes, entre 40 y 80 cm de altura, en esta situación el control es más eficiente y económico.

Si tenemos situaciones con mayor desarrollo, tenemos que diseñar una estrategia de control específica para esas zonas, pero igualmente el control de tojo es posible.

Es un trabajo a mediano plazo, en 2 años, dedicando un tiempo importante al control de Tojo. Igualmente luego tenemos que ir monitoreando la situación a campo debido al importante banco de semillas que deja esta maleza. En el caso que se identifiquen nuevas apariciones de esta maleza priorizar controlarla en estado juveniles.

Referencia Bibliográfica

Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. (2000). 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database

Panizza C, Castro F, (2009). Ensayo Agro Empresa Forestal control de *Ulex europaeus*.

DISTINTOS MARCOS DE PLANTACIÓN PARA *Eucalyptus globulus* EN EL LITORAL ATLANTICO DEL URUGUAY

Alejandro González⁸, Juan Mac Gregor⁹

1. INTRODUCCIÓN

Para que un genotipo pueda expresar su potencial de crecimiento es necesario levantar aquellos factores bióticos y abióticos que lo limiten. En tal sentido, la densidad de plantación ha sido identificada como uno de los factores determinantes en la productividad forestal (Daniel *et al.*, 1982). Según éste, la densidad del rodal es el segundo factor en importancia (después de la calidad del sitio) para la determinación de la productividad de una masa forestal, con lo cual es muy importante el manejo correcto de la misma. En rotaciones cortas y sin raleos intermedios, la densidad de plantación es muy importante, afectando no solo el volumen final del rodal o el de las trozas, sino también el turno de corta, trayendo por tanto implicancias económicas directas e indirectas (por ej. costos de implantación o de aprovechamiento; Coetzee, 1991).

En general, el aumento en la densidad de plantación afecta el crecimiento individual de los árboles, disminuyendo sobre todo el diámetro de los mismos, pero contrastándose hasta cierto punto con un aumento de la biomasa por hectárea. Esta tendencia general ha sido reportada en distintas investigaciones, para distintas especies de *Eucalyptus*: *globulus* (Pinilla y Ulloa, 2001), *grandis* (Coetzee, 1991), *nitens* (Neilsen y Gerrand, 1999), entre otros.

Independientemente de esto, el máximo de producción forestal está condicionado además de la especie, al sitio e incluso a la preparación del mismo. Por tanto, la elección de un espaciamiento determinado no es una decisión sencilla, puesto que depende de muchos factores como ser: especie elegida, características específicas del sitio, preparación del mismo, destino de la producción, entre otras.

Investigaciones sobre *E. grandis* en la Provincia de Buenos Aires (Chagas Campos *et al.*, 1990), establecen que espaciamientos mayores (menor densidad de plantación) mantienen el crecimiento de los árboles individualmente por un mayor período de tiempo que aquellos espaciamientos menores, pero en estas circunstancias la producción total por superficie es menor hasta que todo el espacio disponible para el crecimiento sea plenamente utilizado.

El objetivo del presente trabajo es evaluar y analizar el efecto de cinco densidades iniciales de plantación a los 8 ½ años de edad, sobre el diámetro medio, altura media, volumen medio individual, volumen total por hectárea y supervivencia. Las densidades iniciales ensayadas fueron: 800, 1100, 1400, 1700 y 2000 árboles por hectárea.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

- Región: Atlántico, depto. de Rocha
- Establecimiento: Agrocampo
- Ubicación: latitud: 34° 10' 46" S; longitud: 54° 17' 38" W
- Tipo de Suelo: CONEAT 2.11a (bloques 1 y 2), 2.12 (bloque 3)
- Fecha de instalación: octubre de 2001
- Material vegetal: *E. globulus*, clon 334-1-AR
- Tamaño total: 7500 m²
- Repeticiones: 3

⁸ Ing. Agr. Forestal, I+D, Montes del Plata

⁹ Ing. Agr. Forestal, I+D, Sierras Calmas

- Parcelas: 500 m²
- Plantación: manual
- Fertilización: 80 gramos/planta de 13:40:0 al momento de la implantación
- Programa estadístico usado: Statgraphics Plus 5.1
- Densidades ensayadas:
 - 1- 800 árboles por ha: 3.67 m entre plantas * 3.4 m entre filas
 - 2- 1100 árboles por ha: 2.67 m entre plantas * 3.4 m entre filas
 - 3- 1400 árboles por ha: 2.10 m entre plantas * 3.4 m entre filas
 - 4- 1700 árboles por ha: 1.73 m entre plantas * 3.4 m entre filas
 - 5- 2000 árboles por ha: 1.47 m entre plantas * 3.4 m entre filas

3. RESULTADOS

Para los análisis de los resultados se usó el siguiente modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + TB_{ij} + e_{ij}$; donde:

Y es la variable analizada (diámetro individual medio, altura individual media, volumen individual medio, volumen por hectárea, supervivencia)

μ es la media general

T es el efecto tratamiento (distintas densidades de plantación)

B es el efecto bloque

TB es el efecto interacción tratamiento- bloque

e es el error experimental

Como fue dicho anteriormente, las variables analizadas son: diámetro individual medio, altura individual media, volumen individual medio, volumen total por hectárea y supervivencia. En la tabla 1 se describen las densidades al momento de la instalación, 4, 6 ½ y 8 ½ años:

Tabla N° 1

Tratamiento	Distancia de plantación (m)	Densidad original (plantas ha ⁻¹)	Densidad a los 4 años (plantas ha ⁻¹)	Densidad a los 6 ½ años (plantas ha ⁻¹)	Densidad a los 8 ½ años (plantas ha ⁻¹)
1	3.67 * 3.4	800	655	635	584
2	2.67 * 3.4	1100	1000	970	901
3	2.10 * 3.4	1400	1302	1275	1233
4	1.73 * 3.4	1700	1555	1475	1399
5	1.47 * 3.4	2000	1825	1760	1599

Puede observarse que en los últimos 2 años se han perdido en promedio de los 5 tratamientos alrededor del 6.5% de los árboles vivos a los 6 ½ años.

3. A. Diámetro individual medio

El análisis de varianza para diámetro individual medio determina que el modelo es altamente significativo ($P < 0.05$), siendo también significativo el efecto Tratamiento (o sea que se presentan diferencias estadísticas entre ellos para esta variable). La media general del experimento a los 8 ½ años es de **179 mm**; a continuación se presenta la tabla de comparaciones múltiples correspondientes según tratamiento.

Comparaciones múltiples para Diámetro (mm) según Densidad

Método: 95.0 porcentaje LSD

Densidad	Recuento	LS Media	LS Sigma	Grupos Homogéneos
2000 (T5)	238	161.925	2.78491	a
1700 (T4)	209	165.685	2.9637	ab
1400 (T3)	185	173.989	3.15136	b
1100 (T2)	136	185.716	3.67488	c
800 (T1)	89	208.052	4.5386	d

*letras distintas indican diferencias significativas

Se observa claramente que el diámetro medio individual aumenta a medida que disminuye el número de plantas por hectárea, es decir, el menor diámetro se ve en las parcelas de mayor densidad (161.9 mm para 2000 plantas originales ha⁻¹) y el mayor diámetro en las parcelas de menor densidad (208.1 mm para las parcelas de 800 plantas originales ha⁻¹).

Se establecen varios grupos con diferencias significativas entre ellos. Por un lado el tratamiento 1 (800 plantas originales ha⁻¹) presenta un crecimiento significativamente superior al resto; el tratamiento 2 (1100 plantas ha⁻¹) crece para esta variable significativamente menos que el T1 pero más que el resto; asimismo, el T5 presenta un crecimiento significativamente inferior a todos los demás con excepción del T4.

Las diferencias en diámetro entre los distintos tratamientos son muy importantes, siendo un 28.5% superior en el tratamiento 1 respecto al tratamiento 5 (tomando este último como base 0). La figura 1 muestra lo anterior,

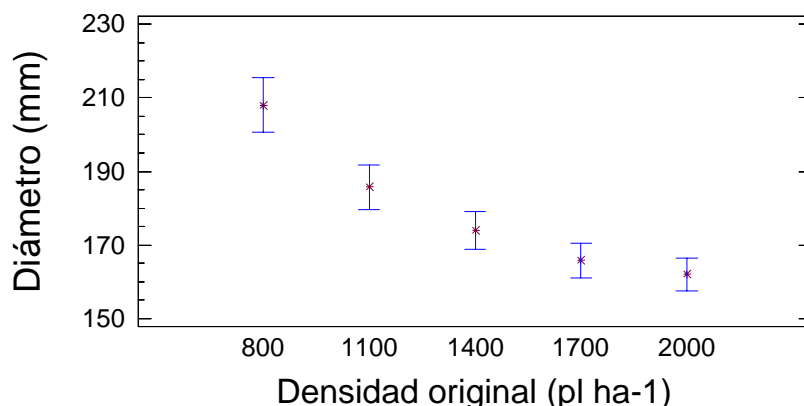


Figura 1- Diámetro medio (mm) según tratamiento

3. B. Altura individual media

El análisis de varianza para altura individual determina que el modelo es altamente significativo ($P < 0.05$). Si bien el mismo no determina significancia para el efecto tratamiento, las comparaciones múltiples (LSD) si las establecen, esto es un hecho destacable ya que la altura de los árboles es un indicador de calidad de sitio y por tanto, en principio, independiente de los tratamientos experimentados; de hecho en la evaluación anterior (6 ½ años de edad) no se registraban para esta variable diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Al

momento de esta evaluación (8 ½ años), algunos árboles del T5 (2000 árboles originales ha¹) han comenzado a quedar suprimidos respecto al resto y consecuentemente además de reducir sensiblemente los incrementos en diámetro también lo han hecho para la variable altura, lo que determina que este tratamiento difiera significativamente de al menos uno de los otros (T3). La media general del experimento para esta variable es de 22.4 m.; a continuación, la tabla de comparaciones múltiples correspondientes según tratamiento.

Comparaciones múltiples para Altura (mm) según Densidad

Método: 95.0 porcentaje LSD

Densidad	Recuento	LS Media	LS Sigma	Grupos Homogéneos
2000 (T5)	238	2193.36	24.2021	a
1700 (T4)	209	2223.91	25.7558	ab
1100 (T2)	136	2244.77	31.9363	ab
800 (T1)	89	2248.33	39.4424	ab
1400 (T3)	185	2293.85	27.3867	b

*letras distintas indican diferencias significativas

Se puede observar que por lo expuesto anteriormente, el T5 (2000 plantas originales ha⁻¹) tiene un crecimiento significativamente inferior al T3, aunque este último presenta una altura media solo un 4.6% mayor respecto al primero (1m exacto). En la figura 2 se observa lo dicho.

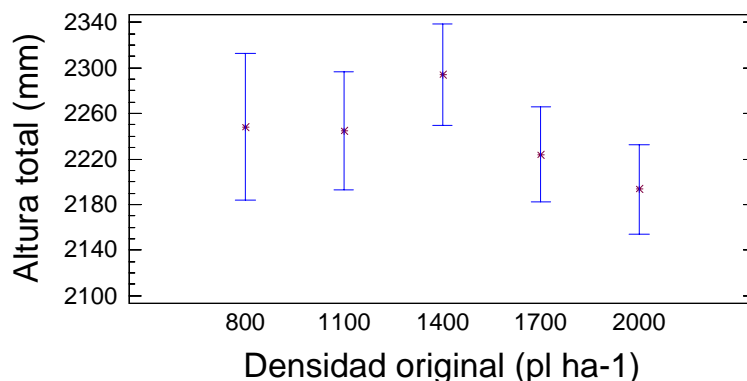


Figura 2- Altura media (mm) según tratamiento

3. C. Volumen individual medio

Para las estimaciones de esta variable se usaron funciones de volúmenes para *E. globulus* en Uruguay. El análisis de varianza determina al igual que para las anteriores que el modelo es altamente significativo ($P < 0.05$), como así también lo es el efecto Tratamiento. La media general de todo el ensayo para esta variable es de 0.179 m³, a continuación se presenta la tabla de comparaciones múltiples correspondientes según tratamiento.

Comparaciones múltiples para VOLUMEN Individual (m³) según Densidad

Método: 95.0 porcentaje LSD

Densidad	Recuento	LS Media	LS Sigma	Grupos Homogéneos
2000 (T5)	298	0.144083	0.00495031	a
1700 (T4)	254	0.158756	0.0053618	a
1400 (T3)	210	0.187659	0.00589673	b
1100 (T2)	166	0.192541	0.00663257	bc
800 (T1)	122	0.212972	0.00773848	c

*letras distintas indican diferencias significativas

Al igual que para la variable diámetro, se observa para el volumen medio individual que el mismo aumenta a medida que disminuye la densidad de plantas por hectárea (el menor volumen individual medio se da en las parcelas de mayor densidad: 0.144 m³ para 2000 plantas originales ha⁻¹ y los mayores ocurren en las parcelas de menor densidad: 0.213 m³ para las parcelas de 800 plantas originales ha⁻¹).

El tratamiento de menor densidad (T1) presenta un crecimiento significativamente superior al resto, excepto respecto a T2; al mismo tiempo, los tratamientos 4 y 5 (1700 y 2000 plantas originales ha⁻¹ respectivamente) tienen para esta variable un crecimiento significativamente inferior a los demás y sin diferencias significativas entre ellos.

Las diferencias en crecimiento individual de los árboles para los distintos tratamientos son muy importantes, siendo un 48% mayor en el tratamiento 1 respecto al tratamiento 5 (tomando este último como base 0); básicamente estas grandes diferencias se explican por las existentes en cada caso para la variable diámetro. La figura 3 muestra lo dicho.

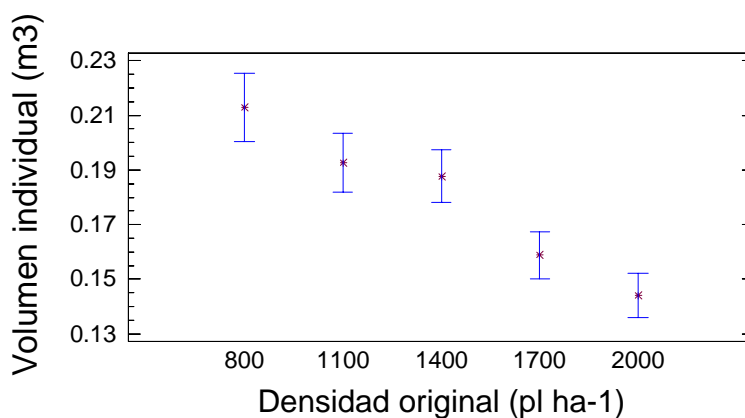


Figura 3- Volumen individual medio (m³) según tratamiento

3. D. Volumen total por hectárea

Las evaluaciones para esta variable se hicieron usando las densidades reales existentes actualmente (8 ½ años), o sea, los volúmenes por hectárea están calculados a partir de la sumatoria de los volúmenes en cada parcela y extrapolados luego a la hectárea. Las ecuaciones de volúmenes en este caso son las mismas usadas en ítem 3. C.

Al igual que para las variables anteriores, el análisis de varianza determina que el modelo es altamente significativo ($P < 0.05$), así también el efecto Tratamiento. La media general de todo el experimento es para esta variable de $196.2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, a continuación se presenta la tabla de comparaciones múltiples correspondientes según tratamiento.

Comparaciones múltiples para VOLUMEN (m^3) ha^{-1} según Densidad

Método: 95.0 porcentaje LSD

Densidad	Recuento	LS Media	LS Sigma	Grupos Homogéneos
800 (T1)	122	124.163	8.39176	a
1100 (T2)	166	173.48	7.1925	b
1700 (T4)	254	221.941	5.81444	c
2000 (T5)	298	230.1	5.36821	c
1400 (T3)	210	231.383	6.39453	c

*letras distintas indican diferencias significativas

Puede observarse en este caso que se diferencian 3 grupos con diferencias significativas entre ellos; los 3 tratamientos de mayor densidad original (y actual) presentan un crecimiento significativamente superior respecto a los otros dos tratamientos de menor densidad, los que a su vez, difieren entre sí. La figura 4 lo muestra claramente.

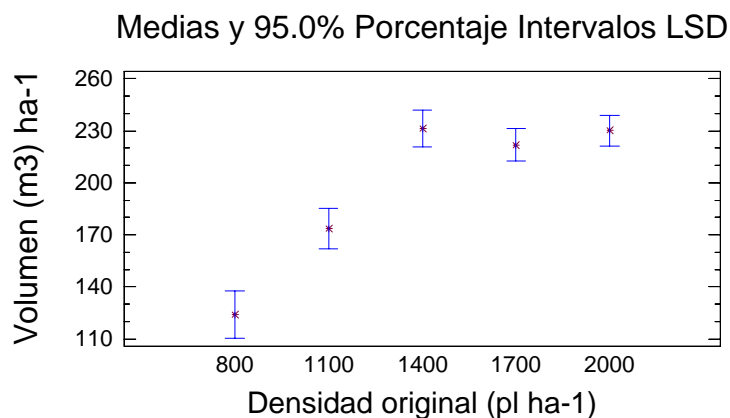


Figura 4- Volumen total medio por ha (m^3) según tratamiento

Puede observarse que los tres tratamientos de mayor densidad original y actual (T3, T4 y T5) tienen un crecimiento volumétrico por hectárea muy superior a los otros dos (T1 y T2) y sin diferencias significativas entre ellos.

Consecuentemente, dado que no existe diferencias entre ellos, el tratamiento de 1400 plantas por hectárea (T3) es sin dudas el mejor para esta especie y sitio dentro de las densidades testeadas, pues presenta respecto a los otros dos con crecimiento similar (T4 y T5), un menor costo de implantación (menor cantidad de plantas por hectárea) así como un menor costo de cosecha (mayor volumen individual de los árboles y por tanto menor tarifa de cosecha).

A continuación se gráfica las tarifas de cosecha según los volúmenes individuales medios de los árboles. Es importante resaltar que las tarifas presentadas no son exactamente reales (información reservada de c/empresa) pero si mantienen las respectivas proporciones respecto a los volúmenes individuales de los árboles.

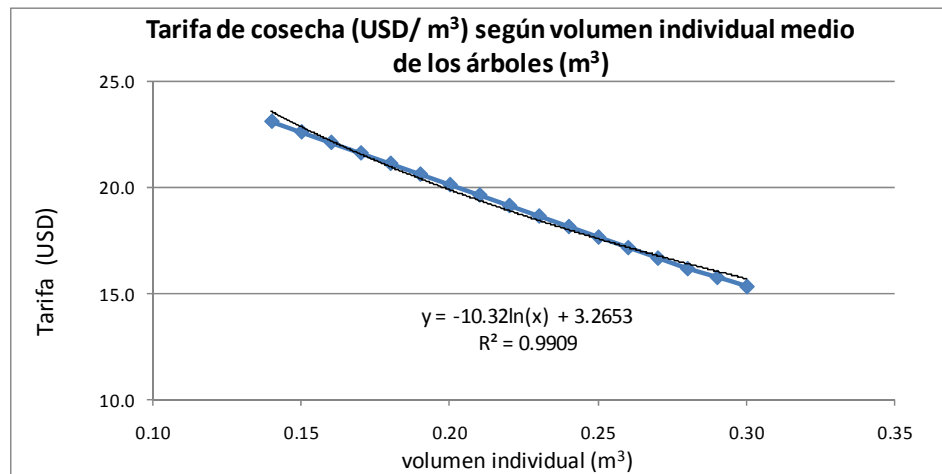


Figura 5. Evolución de tarifas de cosecha según volumen individual medio de los árboles

Puede observarse claramente lo dicho, esto es, que los volúmenes individuales de los árboles influyen directamente en los costos directos de la cosecha, siendo estos menores a medida que aumentan los volúmenes individuales de los árboles.

3. E. Supervivencia

Por último se analiza la supervivencia, para detectar eventuales diferencias significativas entre los tratamientos que podrían estar influyendo en los volúmenes finales por hectárea.

El modelo es altamente significativo ($P < 0.05$), y al igual que para la variable altura, si bien el mismo no determina significancia para el efecto tratamiento, las comparaciones múltiples (LSD) si las establecen. La supervivencia media de todo el ensayo es de **81.1%**, a continuación se presenta la tabla de comparaciones múltiples correspondientes según tratamiento.

Comparaciones múltiples para SUPERVIVENCIA (%) según Densidad

Método: 95.0 porcentaje LSD

Densidad	Recuento	LS Media	LS Sigma	Grupos Homogéneos
800 (T1)	122	73.0159	4.42585	a
2000 (T5)	298	79.9388	2.83122	ab
1100 (T2)	166	81.9156	3.79336	ab
1700 (T4)	254	82.2969	3.06656	ab
1400 (T3)	210	88.0952	3.3725	b

*letras distintas indican diferencias significativas

El análisis determina que T1 presenta la menor supervivencia (800 plantas ha⁻¹ originales, 584 actuales) mientras que el tratamiento 3 (1400 plantas ha⁻¹ originales, 1233 actuales) es quien presenta la mayor supervivencia. Al mismo tiempo, los tratamientos 4 (1700 plantas ha⁻¹ originales, 1399 actuales), 2 (1100 plantas ha⁻¹ originales, 901 actuales) y 5 (2000 plantas ha⁻¹ originales, 1599 actuales) presentan una supervivencia muy similar entre ellos. Estadísticamente solamente puede aseverarse (95% de confianza) que los tratamientos 3 y 1 se diferencian significativamente entre sí. La figura 6 lo muestra,

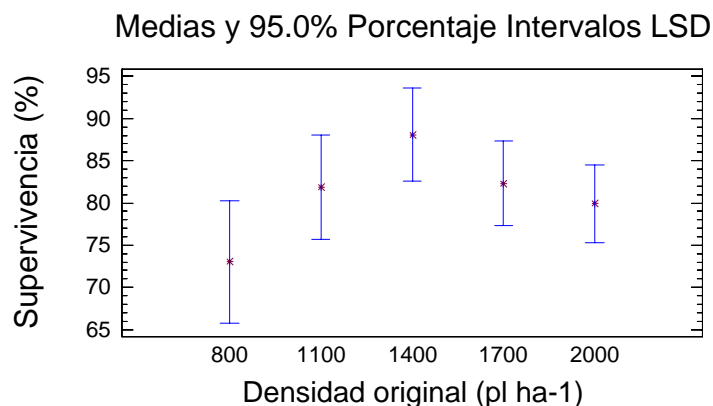


Figura 6- Supervivencia (%) según tratamiento

4. CONSIDERACIONES FINALES

- El diámetro individual medio del experimento es de **179 mm**, éstos aumentan a medida que disminuye la densidad de plantas por hectárea, o sea que los menores diámetros se observan en las parcelas de mayor densidad y los de mayor diámetro en aquellas de menor densidad. Las diferencias en crecimientos individuales para diámetro entre los distintos tratamientos son muy importantes, siendo un **28.5%** mayor en el tratamiento 1 respecto al tratamiento 5 (tomando este último como base 0).
- Si bien la altura es un indicador de la calidad de sitio y no depende normalmente del tratamiento recibido, al momento de la evaluación (8 ½ años) varios árboles del tratamiento más denso (T5, 2000 árboles originales ha⁻¹, 1599 árboles actualmente) están suprimidos respecto al resto y consecuentemente además de verse reducidos sus diámetros, también tienen un menor crecimiento en altura. Esto determina que este tratamiento difiera significativamente de al menos uno de los otros (T3), siendo esta diferencia de 1m exactamente (**4.6%**). La media general del experimento para esta variable es de **22.4 m**.

- El volumen medio individual, al igual que el diámetro, aumenta a medida que disminuye la densidad de plantas por hectárea. La media general del experimento para esta variable es 0.179 m^3 , siendo las diferencias en crecimiento individual entre tratamientos muy importantes. El T1 tienen para esta variable un crecimiento del 48% superior respecto al T5 (tomando este último como base 0).
- El crecimiento medio del rodal para todo el ensayo es de $196.2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. A los 8 ½ años, se determinan 3 grupos con diferencias significativas entre ellos; los 3 tratamientos de mayor densidad original (y actual) presentan un crecimiento significativamente superior respecto a los otros dos tratamientos de menor densidad (a su vez estos últimos también se diferencian significativamente entre ellos). Los tratamientos 3, 4 y 5 no difieren significativamente entre ellos, con lo cual claramente el T3 (1400 plantas ha^{-1} , IMA= $27 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) es el mejor dentro de los testeados para esta especie y lugar pues presenta un menor costo de implantación (ej. menor cantidad de plantas por hectárea respecto a T4 y T5, aun considerando iguales costos de preparación de suelos, control de malezas e incluso fertilización por ha), como así también de cosecha (por mayor volumen individual de los árboles respecto a los tratamientos 4 y 5).
- La supervivencia media a los 8 ½ años es de 81.1%, existiendo diferencias entre tratamientos, teniendo el T1 (menor densidad inicial) una supervivencia significativamente inferior respecto a T3. Sin embargo, podría aseverarse que la menor supervivencia del T1 no se debe a efectos del tratamiento en sí mismo que conlleve a más muertes de árboles, sino que dada la menor cantidad de individuos originales hace que algunas faltas repercuta considerablemente en la supervivencia.

5. BIBLIOGRAFIA

DANIEL P., HELMS U., BAKER F., 1982. Principios de Silvicultura, 492 pp.

COETZEE J., 1991. The influence of stand density on the yield of *Eucalyptus grandis*. IUFRO Symposium. Durban, South Africa. Vol.2. pp. 901- 916.

NEILSEN W., GERRAND A., 1999. Growth and branching habit of *Eucalyptus nitens* at different spacing and the effect on final crop selection. For Ecol Manag, pp 217- 229.

PINIILLA SUAREZ J, ULLOA I, 2001. Nuevos resultados en un ensayo de espaciamiento y raleo con *Eucalyptus globulus* en Constitución (VII Región). IUFRO. Valdivia, Chile.

SCHONAU A, COETZEE J, 1989. Initial Spacing, stand density and thinning in *Eucalyptus* plantations. For Ecol Manage 29(4), 245- 266.

**INFLUENCIA DE LA EDAD DE CORTE EN LAS PROPIEDADES
 PULPABLES DE *Eucalyptus globulus***

Javier Doldan¹⁰, Ismael Fariña¹¹, Agustín Rava¹², Fernando Resquin¹³, Cecilia Rachid¹⁴

Introducción

E. globulus es una especie que ha presentado serios problemas sanitarios y por tanto se ha reducido en forma notoria su área de plantación en los últimos años. Esto ha sido más evidente en la zona litoral, motivo por el cual se ha ido substituyendo en forma progresiva por especies como *E. grandis* y *E. dunnii*. Esto ha provocado que hoy en día esté en duda la continuidad del uso de esta especie en nuestro país y principalmente en esta zona.

Por otro lado, existe una importante área ocupada por ésta especie que está próximo a los turnos comerciales de cosecha y que por esta razón han sufrido relativamente pocos daños sanitarios. En función de esto, resulta de interés determinar el mejor momento de cosecha teniendo en cuenta que de acuerdo a la información existente las propiedades pulpables de la madera tienen un cambio importante con un incremento del turno de corta.

Materiales y métodos

La estrategia de este proyecto consiste en la evaluación de dos materiales genéticos de esta especie (Jeeralang y Chivilingo) a lo largo del ciclo del cultivo instalados en las zonas litoral y sureste.

En una primera etapa se identificaron parcelas consideradas representativas en cuanto a crecimiento, sobrevivencia y sanidad dentro de la plantación comercial para evitar que tanto la productividad como las propiedades tecnológicas de la madera se vean afectadas por algún otro factor no controlado como por ejemplo el efecto año, sitio o algún factor biótico.

- Características de las parcelas

En el cuadro 1 se describen las principales características evaluadas.

Cuadro 1. Principales características de las parcelas en evaluación

	Jeeralang				Chivilingo			
	Litoral		sureste		Litoral		Sureste	
dist plant.	3,3 x 2,1		3,8 x 1,9		4 x 2,6		3,7 x 1,8	
arb/ha iniciales	1364		1415		960		1664	
Area evaluada (ha)	1,1		0,97		1,3		0,9	
Arboles muestreados	15		15		15		15	
Suelo	9,1		2,12		9,3		2,12	
Edad (años)	8,6	10,7	7,6	9,8	6,9	9,1	6,6	8,7
Laboreo	Subsolado agrícola + dos excéntricas		Subsolado D8+excéntrica +disquera		Subsolado agrícola + dos excéntricas		Excéntrica+ Subsolado D6 + excéntricas+disquera	
Fertilización	80 gr 15/40/0				80 gr 15/40/0		80 gr 7/40/40/0	

¹⁰ Departamento de Productos Forestales - LATU

¹¹ Ing. Agr – Departamento de Productos Forestales - LATU

¹² Ing. Agr – Departamento de Productos Forestales - LATU

¹³ Ing. Agr. MSc – Programa Nacional Forestal – INIA Tacuarembó

¹⁴ Ing. Agr. – Programa Nacional Forestal – INIA Tacuarembó

- Muestreo de árboles

Cada dos años (aproximadamente) se midió el DAP de todos los árboles y la altura total de aprox. 1/3 de los mismos. Con esos datos y el DAP se estimó las alturas del resto de los árboles de la parcela y la sobrevivencia. El volumen individual y por hectárea fue estimado a partir de ecuaciones de volumen hasta un diámetro con corteza de 6 cm. Fueron utilizadas las ecuaciones que se presentan en el cuadro 2 citadas por Crechi, et.al. 2006.

Cuadro 2. Ecuaciones de volumen utilizadas en cada muestreo

Sitio	Muestreo	Modelo	Función
Chivilingo Litoral	1	Naslund	$Volumen=0,321-0,0003771DAP^2-0,00000615DAP^2*H+0,00011015DAPH^2-0,00195H^2$
Jeeralang Litoral	1	Schumacher-Hall	$LN\ Volumen = -7,04256+2,58361LNDAP-0,68834 LNH$
Jeeralang Sureste	1	Schumacher-Hall	$LN\ Volumen = -11,11994+1,80129LNDAP+1,41272 LNH$
Chivilingo Sureste	1	Schumacher-Hall	$LN\ Volumen= -10,7624+1,97601LNDAP+1,12332 LNH$
Chivilingo Litoral	2	Schumacher-Hall	$LN\ Volumen = -9,82226+1,86401LNDAP+0,92478 LNH$
Jeeralang Litoral	2	Meyer	$Volumen = 0,22303-0,04036DAP+0,00144DAP^2+0,00049869H^2$
Jeeralang Sureste	2	Schumacher-Hall	$LN\ Volumen = -10,24458+1,85247LNDAP+1,08074LNH$
Chivilingo Sureste	2	Naslund	$Volumen = -0,12404-0,00028134DAP^2-0,00000231DAP^2*H+0,00002188DAPH^2+0,00014108H^2$

También se registraron los síntomas visibles de daño en el fuste provocados por agentes patógenos o climático. Con estos valores se estimó la sobrevivencia, el volumen por árbol y por hectárea y el IMA.

A partir de los valores de DAP se determinó el área basal (AB) con los cuales se estableció un ranking que fue dividido en 5 categorías a partir de las respectivas clases diamétricas. Estas 5 clases son las que representan la mayor parte del volumen total de la parcela ya que para el muestreo de árboles no fueron considerados los individuos de menor DAP relativo. De cada una de estas 5 clases se seleccionaron los 20 árboles con DAP más próximo a la media de cada clase para medirlos con pilodyn. De esos 100 árboles se seleccionaron 15 para ser apeados. El número de árboles que se muestreó en cada clase es determinado por la proporción de AB que cada una de las clases representa sobre el total de AB de la parcela. Para la elección de los 15 árboles muestreados se tomaron en cuenta aquellos que presentaron valores altos, medios y bajos de penetración del pilodyn.

Una vez apeados los árboles se midió la altura total y la altura comercial hasta un diámetro con corteza de 6 cm. Se realizaron cortes transversales en el fuste a alturas de 0.1, 0.7, 1.3 metros y partir de esta altura cada 1 metro hasta la altura comercial. En estos puntos fue medido el diámetro con y sin corteza, calculando posteriormente la proporción de corteza. A las alturas del DAP, 50 y 75% de la altura comercial fueron extraídos discos de aprox. 3 cm. de espesor para determinar la densidad básica. A partir de 1.3 m fue extraída una troza de 1 m de largo para los análisis de pulpeo.

- Análisis de laboratorio

De los discos extraídos al Dap, 50% y 75% de la altura comercial se elaboraron probetas para la determinación de densidad aparente básica y longitud de fibra. De cada disco se tomaron 3 probetas en el radio (médula-corteza) presentando leño con características normales (sin madera de reacción). La nomenclatura usada fue A, B y C, ubicando la probeta A en la zona cercana a la médula, la B en la zona intermedia y la C contra la corteza. El procedimiento se realizó para cada disco en las tres alturas estudiadas; resultando en nueve probetas por árbol.

Densidad aparente básica

La densidad aparente básica fue determinada siguiendo el protocolo de ensayo LATU PEC.FOR.011 "Peso específico aparente básico de piezas de madera para pulpa por inmersión en agua" basado en Norma Tappi T258om-02 "Basic density and moisture content of pulpwood".

Longitud de fibras

Para la medición de la longitud de fibra las muestras fueron tomadas de las probetas A, B y C para las tres alturas. Se realizó un macerado colocando cada muestra en un recipiente con una solución de ácido acético y peróxido de hidrógeno (relación 1:1 en volumen) en estufa a 60 °C durante 48 horas. Posteriormente se enjuagó con agua 2 veces. La longitud de fibras se midió mediante software de adquisición de imágenes adjunto a un microscopio Nikon Eclipse E800.

- Análisis de pulpeo, blanqueo y propiedades papeleras

Chipeo y tamizado

Las trozas fueron chipeadas en una chipera de disco vertical marca KUMAGAI. Los chips obtenidos de las 15 trozas de cada parcela fueron mezclados para lograr una muestra homogénea y representativa mediante el método de cuarteos. Posteriormente se realizó un tamizado entre bandejas de orificios de 10 mm y 29 mm de diámetro con el cometido de descartar finos y sobre-tamaños.

Cocción Kraft

Previo clasificación de los chips se condujeron los ensayos de pulpeo kraft en un digestor rotativo con cuatro cápsulas, cada una para un contenido de 200 g de chips secos. Las condiciones de cocción, tratando de obtener un Índice Kappa de 20 ± 1 , fueron las siguientes:

Temperatura máxima (°C) 165
Sulfidez (%) 25
Tiempo hasta temp. Máxima (min) 90
Tiempo a la max. Temp. (min) 50
Relación licor/madera 3.5/1
Alcali activo (% como Na₂O) variable

Una vez obtenidas las pulpas se determinó:

- Rendimiento bruto (Rd)
- Proporción de rechazo (Norma TAPPI T 204 om 88)
- Índice Kappa (Norma TAPPI T-236 om 85- 1998)

Con el valor de densidad y rendimiento fue estimado el consumo específico de madera. Con el valor de volumen por hectárea, densidad básica y rendimiento bruto fueron estimados los valores de producción de pulpa por hectárea.

Delignificación con Oxígeno y Blanqueo ECF (O-A/D1EpD2P)

La delignificación con oxígeno y la etapa ácida (A) fueron realizadas en base a la pulpa obtenida en sucesivas cocciones. El blanqueo de la pulpa fue realizado en el laboratorio de la Unidad Tecnológica Fray Bentos y se utilizó una secuencia de blanqueo ECF (Elemental Chlorine Free) con las etapas listadas a continuación y detalladas en el cuadro 3:

- Etapa Ácida (A)
- Dióxido de Cloro (D1)
- Extracción con Peróxido (Ep)
- Dióxido de Cloro (D2)
- Peróxido (P)

Cuadro 3. Principales características de las etapas de blanqueo

	A	D1	Ep	D2	P
PULPA c %	10%	10%	10%	10%	10%
T (°C)	95	85	85	80 a 85	85
tiempo (min)	110	10	60	180	120
H2SO4 (kg/ADt)	10	-	-	-	-
NaOH (kg/ADt)	-	-	7,5	-	1,5
fkappa	-	0,21	-	0,21	-
kappa inlet	-	8,3	-	2,4	-
ClO2 (kg/ADt)	-	15,6	-	4,4	-
H2O2 (kg/ADt)	-	-	4,5	-	3,6
pHfinal	3,5	2,0	9 a 10	4 a 4,5	> 10
MgSO4.7H2O (kg/ADt)	-	-	-	-	1

Refinado

Para refinar la pulpa se utilizó el método PFI según el PRD.PFOFB.002 "Pulpa de celulosa – Refinación método PFI". Se utilizaron 3 intensidades de refinado, 0, 1000 y 3500 revoluciones. Posteriormente se determinó para cada intensidad los índices de drenabilidad (CSF y SR°).

Formación de hojas manuales

Para la determinación de las hojas manuales se utilizó el PRD.PFOFB.003 "Pulpa de celulosa – Formación de hojas de laboratorio para ensayos físicos".

Determinación de Propiedades papeleras

Se determinaron las siguientes propiedades:

- Gramaje (ISO 5270:1998)
- Espesor (ISO 5270:1998)
- Grado de blanco difuso (ISO 2470:1999)
- Opacidad difusa (ISO 2471:1999)
- Dispersión de la luz (ISO 9416:1998)
- Resistencia a la tracción (ISO 5270:1998)
- Resistencia al desgarro (ISO 5270:1998)

Para comparar los resultados de resistencia de las hojas se utilizó un indicador determinado por el producto del Índice de tracción (Tensile Index) y el Índice de desgarro (Tear Index).

- Análisis estadístico

Con los datos de DAP, altura comercial y densidad básica se realizó un análisis de varianza comparando en cada una de las parcelas la primera vs la segunda evaluación.

- Análisis económico

Con los datos de crecimiento, propiedades pulperas y algunos costos de producción se estimó la TIR para las dos edades de cosecha en algunas de las parcelas evaluadas. Los valores asumidos fueron:

Costo de implantación y mantenimiento inicial (U\$/ha): 600
Costo de mantenimiento anual (U\$/ha): 30
Costo de cosecha y extracción (U\$/m³): 14-18
Costo de flete: (U\$/m³/km): 0.072
Precio de madera en puerto: (U\$/m³): 45
Costo de oportunidad: 8%

Resultados

- Crecimiento

De los datos de crecimiento se observa que ocurre un incremento significativo (en un plazo aproximado de 2 años) de los valores de DAP y altura comercial en todas las parcelas evaluadas excepto para la altura de Jeeralang en litoral (Cuadro 4). No obstante esto, los incrementos son relativamente reducidos salvo para el caso de Chiviingo en la zona de Rocha. En este caso ocurrió un aumento de 1.5 cm en el DAP y 2.2 m en la altura comercial en un período de 25 meses

Esto podría estar explicado por la mejor adaptación de esta especie a las regiones más próximas a la influencia marítima. Estos pequeños incrementos individuales en el crecimiento determinaron que los incrementos de volumen hayan permanecido prácticamente constantes en relación a la medición anterior. Estos crecimientos son relativamente altos para esta especie teniendo en cuenta los importantes problemas sanitarios que la misma ha tenido en los últimos años. Cabe destacar que, los principales agentes patógenos que afectan esta especie tienen su mayor incidencia cuando el árbol está en sus etapas juveniles que no es el caso de las parcelas que están siendo evaluadas en este caso.

Del análisis de los resultados se obtiene que los mayores y menores incrementos relativos se observan con Chiviingo en las zonas sureste y litoral respectivamente, indicando que Jeeralang tendría un comportamiento más "estable" en las dos zonas (Figuras 1 y 2).

Cuadro 4. Valores de crecimiento de las parcelas evaluadas

	ORIGENES							
	Jeeralang				Chivilingo			
	Litoral		Sureste		Litoral		Sureste	
Edad (años)	8,6	10,7	7,6	9,8	6,9	9,1	6,6	8,7
arb/ha	1013	1013	1217	1190	644	622	1177	1156
DAP (cm)	18,2 a	19 b	16,3 a	17,2 b	19,3 a	20 b	16,6 a	18,1 b
Alt (m)	22,2 a	22,4 a	19 a	20,2 b	17,5 a	19 b	19,2 a	21,4 b
Vol/ha (m3)	228	258	190	223	139	148	181	254
IMA (m3/ha/año)	25	24,1	25	23,3	20,1	16,1	30,5	29
Corteza (%)	17,8	19,2	16,6	17,2	16,7	17	16,3	13,9
sobrevivencia (%)	74	74	86	84	67	65	71	69

En todos los casos los valores de sobrevivencia se han mantenido casi sin cambios y relativamente altos en el período de evaluación, a pesar de la ocurrencia de algunos síntomas de podredumbre en la troza basal y canchros a lo largo del fuste.

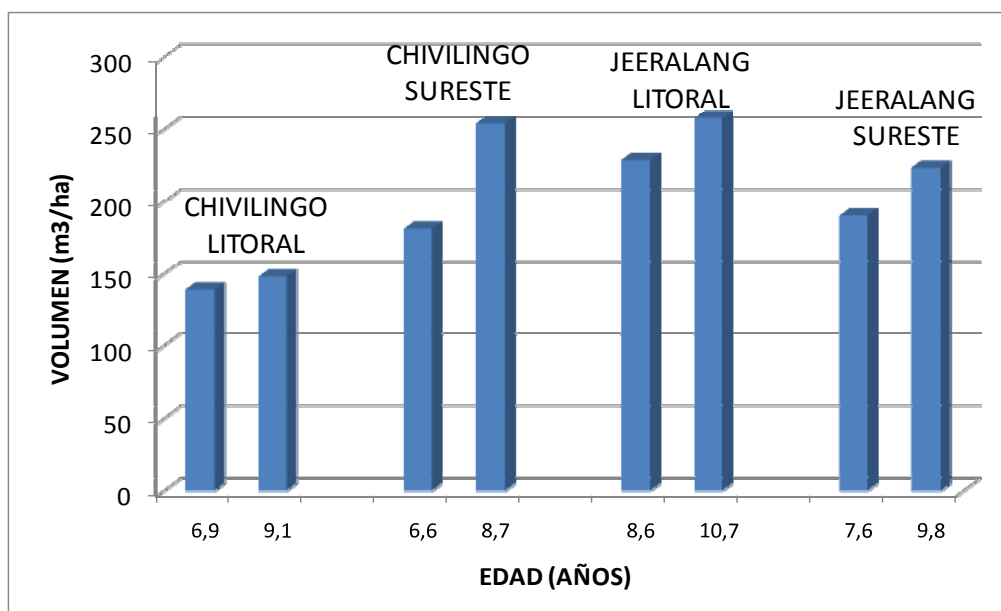


Figura 1. Volumen acumulado de ambas fuentes de semilla en los sitios y edades evaluadas

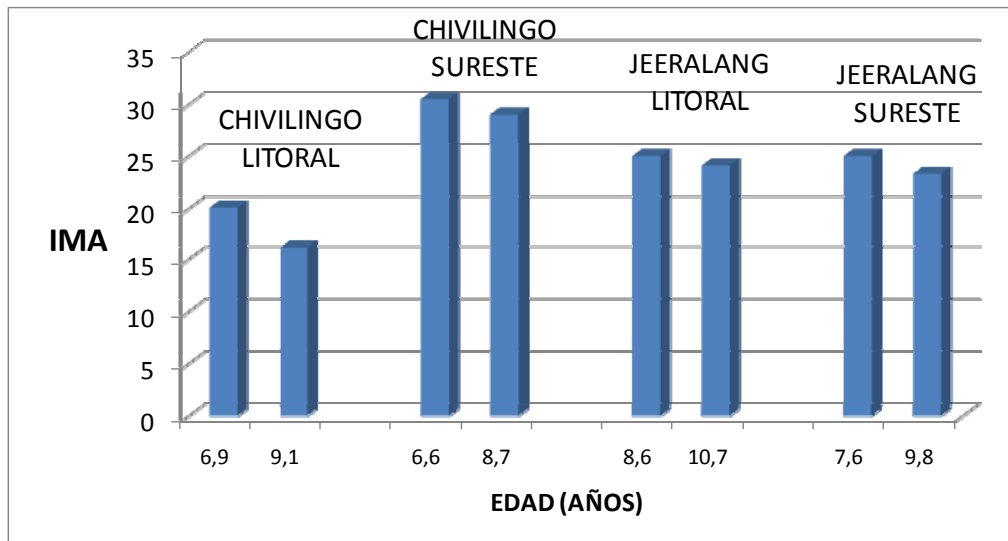


Figura 2. Incremento medio anual del volumen (m³/ha) de ambas fuentes de semilla en los sitios y edades evaluadas

- Propiedades pulpables

El análisis estadístico de los datos de la densidad básica muestra que no existen diferencias entre las dos edades en las parcelas evaluadas a excepción de la parcela de Chivilingo en la zona sureste (Cuadro 4 y Figura 3). Esto indica que no ocurren cambios en esta variable con los aumentos de los turnos de cosecha analizados salvo en el sitio mencionado. Esto coincide con la literatura en el sentido que las maderas con estas edades (7 a 11 años) se encuentran en un proceso de transición de "jóvenes" a "adultas" periodo en cual no ocurrirían grandes cambios (Foelkel, 1978). A esto hay que sumarle el hecho que dos años es un periodo relativamente corto para el ciclo de especies de eucaliptos.

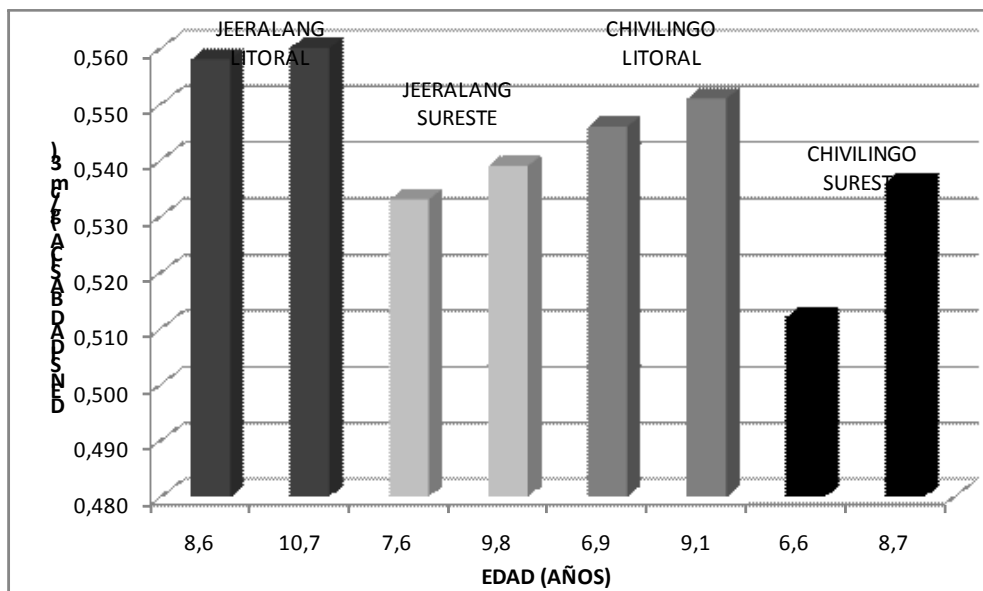


Figura 3. Valores de densidad de la madera de las fuentes de semilla en los sitios y edades evaluadas

Al mismo tiempo se observa un aumento en el rendimiento de celulosa que podría estar asociado a una mejora en la facilidad de remoción de algunos componentes como la lignina o los extractivos, aunque esto debería ser

confirmado con otro tipo de evaluaciones. Estos incrementos, salvo para la parcela de Jeeralang en el litoral, son entre 1.5 a 2 puntos porcentuales de rendimiento en un periodo aproximado de 2 años (Figura 4). De acuerdo a algunos autores el tenor de lignina tiende a disminuir con la edad debido a que las maderas más jóvenes tienden a poseer una mayor proporción de madera juvenil que posee más lignina que la madera madura (Vital, et.al., 1984; Alencar, 2002). Esto determina en todos los casos una disminución del valor de consumo de madera con un máximo de 8.5% en la parcela de Chivilingo en la zona de Rocha (Cuadro 5 y Figura 5).

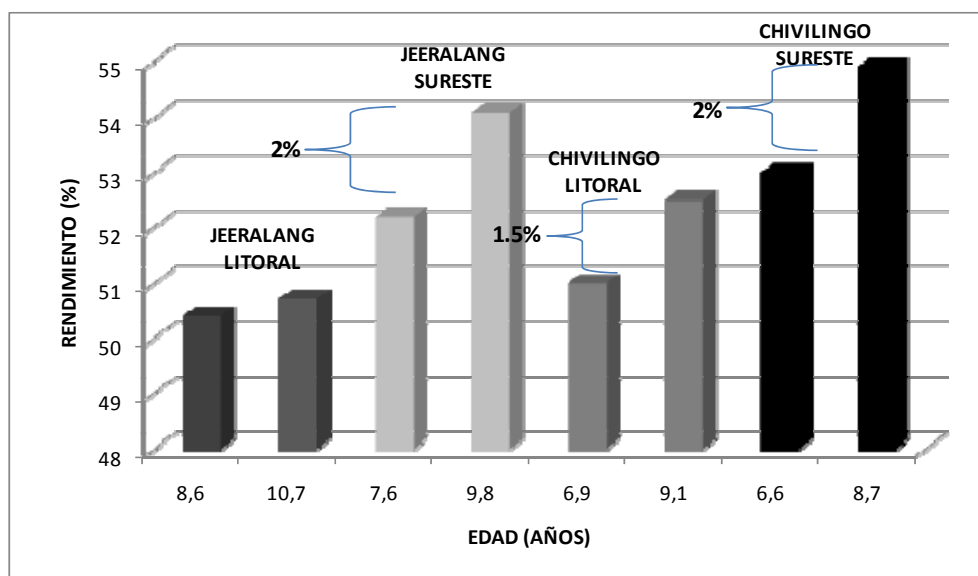


Figura 4. Valores de rendimiento en pasta de las fuentes de semilla en los sitios y edades evaluadas

Cuadro 5. Valores de propiedades de la madera y pulpa de las parcelas evaluadas

	Jeeralang				Chivilingo			
	Litoral		sureste		Litoral		Sureste	
Edad (años)	8,6	10,7	7,6	9,8	6,9	9,1	6,6	8,7
Densidad básica (g/cm³)	0,558a	0,56a	0,533a	0,539a	0,546a	0,551a	0,512a	0,536b
Rendimiento (%)	50,4	50,7	52,2	54,1	51	52,5	53	54,9
Consumo (m³/ton cel)	3,20	3,17	3,23	3,09	3,23	3,11	3,32	3,06
Prod. Cel (ton/ha)	64,1	73,3	52,8	65,0	38,7	42,7	49,1	74,7
Prod. Cel (ton/ha/año)	7,5	6,8	6,9	6,6	5,6	4,7	7,4	8,6

Como resultado de los valores de crecimiento, densidad de la madera y rendimiento pulpable se observa en todos los casos un aumento en la producción de celulosa por hectárea. Esto es más notorio en la parcela de Chivilingo en Rocha con un incremento de 50% (49.1 vs 74.7 ton/ha) cambiando el momento de cosecha de 6.6 a 8.7 años, respectivamente. Los mayores incrementos en la productividad de celulosa por hectárea ocurren en la zona sureste como resultado de la ya conocida mejor adaptación de esta especie a este tipo de sitios.

En todos los casos se observa que el incremento en la productividad de celulosa por hectárea está explicado en mayor medida por el crecimiento que por la densidad y el rendimiento debido, como fuera señalado anteriormente, al poco cambio relativo en las propiedades pulperas de la madera.

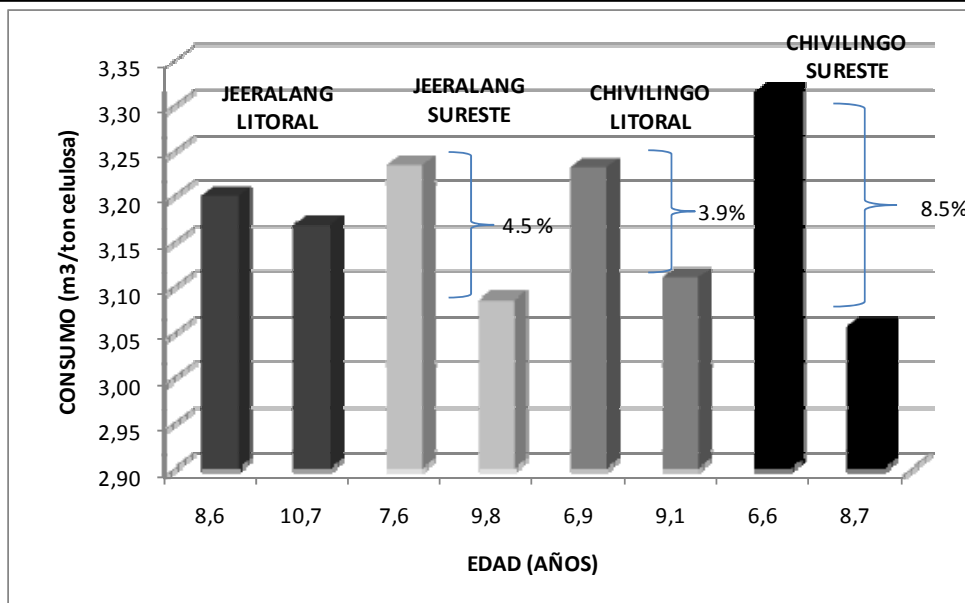


Figura 5. Valores de consumo de madera de las fuentes de semilla en los sitios y edades evaluadas

Desde el punto de vista de la producción de una planta como la instalada en el país (1.000.000 ton. celulosa/año) la posibilidad de reducir el consumo de madera por ejemplo en 8.5% implica una reducción en el volumen anual de madera de 25.500 m³ para el abastecimiento de la misma (3.32 vs 3.06 m³/ton). Con los valores actuales del precio de la madera (U\$S 68/m³) de esta especie, se bajarían los costos por este concepto en el entorno de U\$S 1.700.000 por año.

Por otro lado, esto también tiene efectos sobre el área necesaria de plantación para abastecer una industria de esas características. Para el caso del origen Chivilingo en la zona de Rocha un cambio en el turno de cosecha de 6.5 a 8.5 años (aprox.) significa una disminución del área de plantación próxima a 15.000 ha lo cual representa 16% menos superficie (131000 vs 116000 ha respectivamente) para una planta de esas dimensiones.

- Longitud de fibras

En la Figura 6 se presenta en la totalidad de las medidas (32400 fibras) realizadas en las 4 parcelas correspondientes a los muestreos realizados en 2010. La dispersión de los datos muestra un amplio rango que va desde 550 micras hasta 1300 micras.

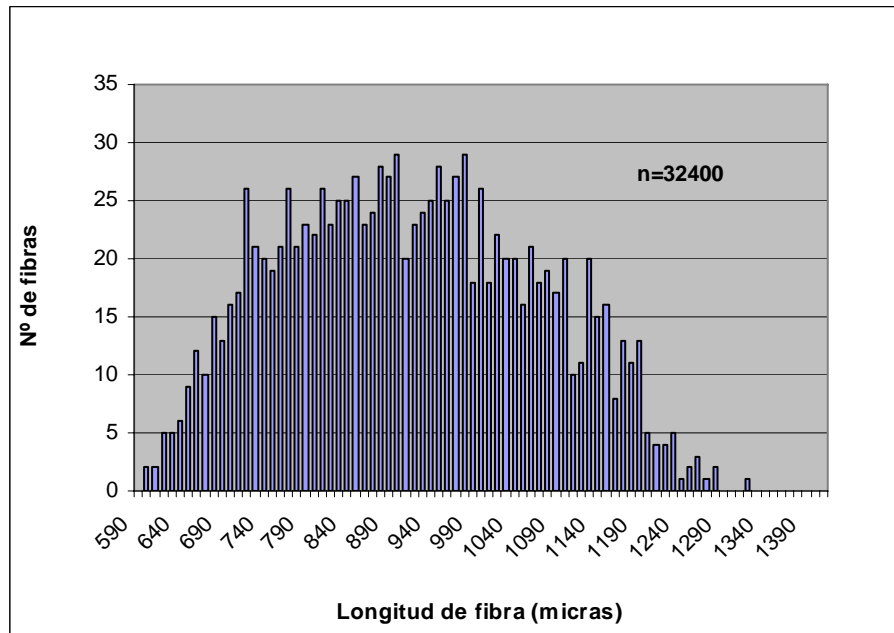


Figura 6: Histograma de longitud de fibra para todas las parcelas.

En la Figura 7 se presentan los datos obtenidos para una muestra discriminados por la posición en el radio del fuste donde es posible visualizar el aporte de cada posición en la longitud de fibras total. Es importante tener en cuenta que cada muestra obtenida de médula a corteza corresponde a un volumen diferente y por consiguiente aporta una cantidad de fibras determinada.

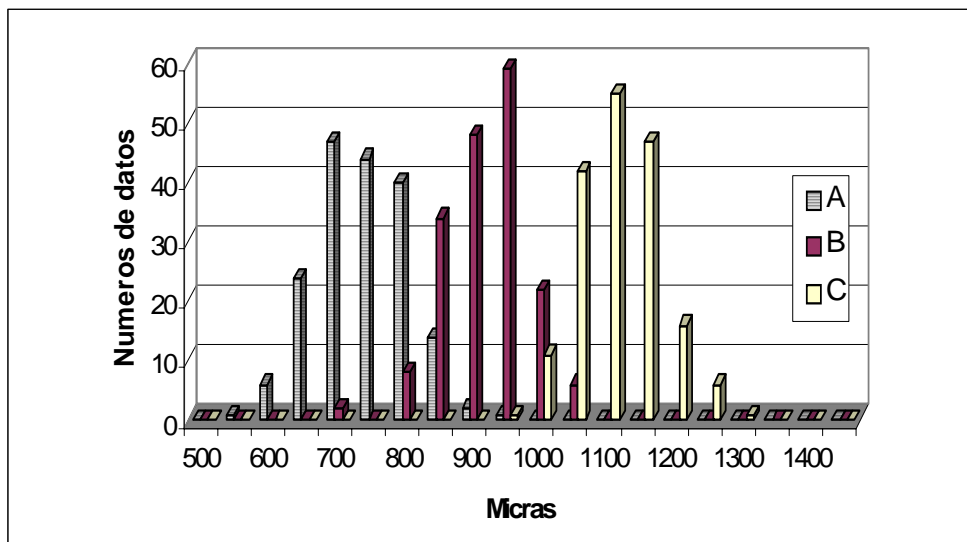


Figura 7. Frecuencias de longitud de fibra para las distancias A, B y C

Analizando los valores de longitud de fibra obtenidos para las dos edades de cada sitio se observa un incremento en la longitud de fibra promedio lo cual debería provocar una mejora de las propiedades papeleras (Cuadro 6).

Cuadro 6. Promedios ponderados de longitud de fibras para los dos momentos de cosecha

	Momentos de cosecha	
	1	2
Jeeralang – Litoral	969	1012
Chivilingo – Litoral	956	1026
Jeeralang – Sureste	962	1046
Chivilingo – Sureste	930	1039

Los valores promedios de largo de fibra obtenidos para las probetas A y B son muy similares en todas las parcelas evaluadas. La diferencia observada en los valores de longitud de fibra ponderada es atribuible al cambio en la longitud de fibra promedio en la probeta C (más cercana a la corteza), como producto del crecimiento experimentado en los 2 años. En la Figura 8 se presenta la distribución de las fibras en la probeta C para la parcela de Chivilingo cuando se comparan las 2 edades. En este caso, a los 6.6 años se observó una distribución más expandida que la que se observa para la edad 8.7 años, lo cual indica que esta última no sólo contiene fibras más largas sino que además menor variabilidad en el largo de las mismas.

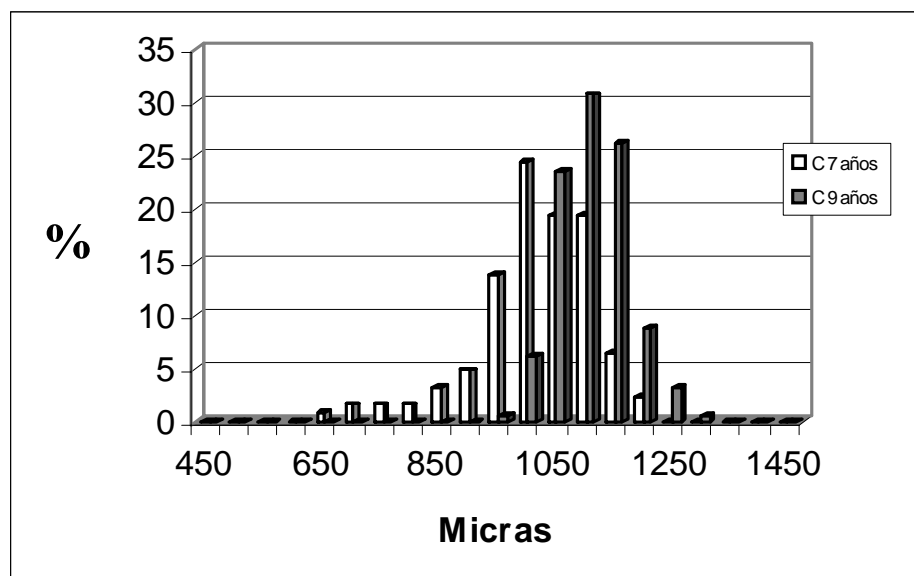


Figura 8. Frecuencias de longitud de fibra para la probeta C en la parcela de Chivilingo

- Propiedades papeleras.

En el cuadro 7 se muestran los resultados del índice tracción x desgarro y la evolución de este parámetro en los dos momentos de cosecha, para las pulpas blanqueadas sin refinar (0 rev) y refinadas para valores prefijados de drenabilidad de CSF 400 y SR° 25. La evolución de la resistencia de las fibras es en todos los casos positiva (%DIF > 0), lo cual indica que existirá en todos los casos una mejora en la performance del papel formado. Ésta mejora es atribuible mayormente al aumento en la longitud de fibra y es corroborado al analizar que la mayor diferencia se encuentra en las pulpas sin refinar disminuyendo al ser refinadas.

Cuadro 7. Propiedades papeleras de resistencia a diferentes niveles de refinado para las parcelas evaluadas en los dos momentos de cosecha

	Jeeralang Litoral		Chivilingo Litoral		Jeeralang Sureste		Chivilingo Sureste		Momento de cosecha
	Tracción desgarro	%DIF	Tracción desgarro.	%DIF	Tracción desgarro	%DIF	Tracción desgarro	%DIF	
0	156		189		164		153		1
0	244	56	256	35	237	45	236	54	2
CSF 3000	696		714		664		606		1
400	2873	1,5	879	23	761	15	847	40	2
S°R 2370	644		679		620		577		1
25	1929	5,2	824	21	710	15	777	35	2

Nota: CSF-Canadian Standard Freeness

SR°-Schopper Riegler

Al comparar los materiales provenientes de los momentos de cosecha con pulpas comerciales provenientes de mezclas de *Eucalyptus* y ensayadas en las mismas condiciones (Cuadro 8) se observa que para las edades relevadas, se ha llegado aún a alcanzar valores aceptables de resistencia para las fibras sin refinar. Sin embargo, se aprecia una recuperación al realizar el proceso de refinación.

Cuadro 8. Porcentaje de diferencia con pulpa blanqueada comercial.

Refinado (revs)	Momentos de cosecha							
	1				2			
	Jeeralang Litoral	Chivilingo Litoral	Jeeralang Sureste	Chivilingo Sureste	Jeeralang Litoral	Chivilingo Litoral	Jeeralang Sureste	Chivilingo Sureste
0	-37,4	-24,3	-34,5	-38,7	-2,4	2,4	-5,0	-5,7
CSF 400	3,1	5,9	-1,6	-10,1	4,7	30,2	12,8	25,5
S°R 25	3,6	9,2	-0,4	-7,2	9,0	32,6	14,2	25,0

Los valores obtenidos en el segundo momento de cosecha presentan mínimas diferencias en los valores de tensión x desgarro cuando la intensidad de refinado es cero. Esto indica que la calidad de la fibra se vio incrementada con respecto a 2 años antes y que se encuentra al mismo nivel que las pulpas de origen comercial. La respuesta al incremento de la intensidad de refinado indica que el Chivilingo consigue desarrollar mejores aptitudes (mayores a 25% de pulpa comercial obtenida de mezclas).

- Aspectos económicos

Considerando la TIR se observa que con Chivilingo en la región sureste ocurre un efecto positivo en términos de rentabilidad por el hecho de aumentar en aprox. 2 años los turnos de cosecha (Cuadro 9). Esto es debido al alto incremento de volumen en ese período. En cambio Jeeralang en la zona sureste también alcanza un volumen acumulado similar pero con 1 año más de crecimiento lo cual se traduce en estancamiento en términos de ingresos. En las parcelas del litoral en cambio se observa que incrementar el turno de cosecha (en los períodos analizados) implica una pérdida de rentabilidad la cual es mayor en los sitios con menores incrementos de volumen en el período considerado.

Cuadro 9. Valores TIR de las parcelas evaluadas

	ORIGENES							
	Jeeralang				Chivilingo			
	Litoral		Sureste		Litoral		Sureste	
Edad (años)	8,6	10,7	7,6	9,8	6,9	9,1	6,6	8,7
TIR	13%	12%	15%	15%	9%	8%	14%	18%

Conclusiones:

Con el incremento el turno de cosecha en aprox. 2 años se observa:

- un aumento en el crecimiento tanto individual como por hectárea siendo más notorio para el caso de Chivilingo
- en todas las parcelas los valores de IMA se mantienen con pocos cambios
- la densidad de la madera permanece incambiada salvo para Chivilingo que muestra un incremento de casi 5%.
- el rendimiento pulpable muestra una mejora sustancial en las parcelas del Sureste (aprox. 2%).
- debido al aumento de la densidad de la madera e incremento de rendimiento Chivilingo mostró mayor reducción en los niveles de consumo específico (8.5%).
- se observa para todos los muestreos un incremento en la longitud de fibra ponderada
- la evolución de la resistencia de las fibras es en todos los casos positiva produciéndose una mejora en la performance del papel formado. Ésta mejora es atribuible mayormente al aumento en la longitud de las fibras.
- la comparación realizada con pulpas de origen comercial indica que la calidad de la fibra se vio incrementada en todos los casos. En cuanto a la respuesta a la intensidad de refinado, el Chivilingo consigue desarrollar mejores aptitudes (mayores a 25% de pulpa comercial obtenida de mezclas).
- Chivilingo muestra el mayor incremento de rentabilidad. En el resto de los sitios los valores de la TIR permanecen incambiados o con una leve disminución.

Bibliografía

ALENCAR,G.S.B. 2002. Estudo da qualidade da madeira para produção de celulose relacionada a precocidade na seleção de um híbrido *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*. Piracicaba, 2002, 73p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo.

CRECHI, E.; FASSOLA, E. H.; BARTH, S.; KELLER, A. COSTA, J. Comparación para la mesopotamia y ajuste para Misiones -NE de Corrientes Argentina, de ecuaciones de volumen total para *E. grandis* Hill ex Maiden. 12as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. 2006. UNam-INTA, Argentina.

FOELKEL.C.E. Madeira do eucalipto: da floresta ao digestor. Belo Oriente: CENIBRA, 1978. 25p

VITAL,B.R.; PEREIRA, A.R.; DELLA LUCIA,R.M.; ANDRADE,D.C. 1984. Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* cultivado na região do cerrado de Minas Gerais. Boletim Técnico IBDF, n.8, p.49-52, ago.1984

Agradecimientos

Agradecemos a las empresas Redalco, Montes del Plata, Sierras Calmas y Cambium por la colaboración en la instalación y seguimiento de los ensayos.

INIA Dirección Nacional	Andes1365 P. 12, Montevideo	Tel. 598 29020550	Fax: 598 29023633	iniadn@dn.inia.org.uy
INIA La Estanzuela	Ruta 50 km 11, Colonia	Tel. 598 45748000	Fax: 598 45748012	iniale@le.inia.org.uy
INIA Las Brujas	Ruta 48 km. 10, Canelones	Tel. 598 23677641	Fax: 598 23677609	inia_lb@lb.inia.org.uy
INIA Salto Grande	Camino al Terrible, Salto	Tel. 598 47335156	Fax: 598 47329624	inia_sg@sg.inia.org.uy
INIA Tacuarembó	Ruta 5 Km 386, Tacuarembó	Tel. 598 46322407	Fax: 598 46323969	iniatbo@tb.inia.org.uy
INIA Treinta y Tres	Ruta 8 Km 281, Treinta y Tres	Tel. 598 44522023	Fax: 598 44525701	iniatt@tyt.inia.org.uy

www.inia.org.uy