

Tecnologías para el establecimiento de plantaciones de eucalipto en Entre Ríos

María de los Ángeles García, Carlos de la Peña,
Dante Bedendo y Ana M. Lupi



Tecnologías para el establecimiento de plantaciones de eucalipto en Entre Ríos

*María de los Ángeles García, Carlos de la Peña,
Dante Bedendo y Ana M. Lupi*



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina

*INTA Ediciones
Estacion Experimental Agropecuaria (EEA) Concordia
2020*

634.0.2 Tecnologías para el establecimiento de plantaciones de eucalipto en Entre
T22 Ríos / María de los Ángeles García... [et al.]. – Buenos Aires : Ediciones
INTA; Estación Experimental Agropecuaria Concordia, 2020.
49 p. : il. (en PDF)

Otros autores: Carlos de la Peña, Dante Bedendo y Ana M. Lupi

ISBN 978-987-8333-59-5 (digital)

i. García, María de los Angeles. ii. Peña, Carlos de la. iii. Bedendo, Dante. iv. Lupi, Ana M.

EUCALYPTUS – PLANTACIONES – TECNOLOGIA APROPIADA – ENTRE RIOS

DD-INTA

Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto, queda sujeto al cumplimiento de la Ley N° 26.899.

Se enmarca dentro del Proyecto Estructural PE I016 "Desarrollo de una silvicultura sostenible de bosques implantados de alta productividad".

*Diseño: Mariano Masariche
Fotografía de tapa: Federico Caniza.*

*Este libro
cuenta con licencia:*



Indice

PRÓLOGO	7
1 INDICADORES DE CALIDAD DE SITIO PARA EL CULTIVO DEL EUCALIPTO	8
Indicadores de calidad de sitio para eucaliptos	8
La productividad del suelo en la determinación de la calidad de sitio	9
Bibliografía	10
2 APTITUD DEL SUELO PARA EL CULTIVO DEL EUCALIPTO	12
Metodología empleada en la evaluación	12
Interpretación de datos del mapa básico de suelos	12
Bibliografía	15
3 PREPARACIÓN Y LABOREO DEL SUELO EN PLANTACIONES FORESTALES	17
Prácticas e implementos utilizados en la preparación de diferentes suelos	18
Bibliografía	21
4 CONTROL DE MALEZAS	22
Factores que afectan el control de malezas	22
Control químico de malezas	22
Resultados de evaluaciones de herbicidas preemergentes utilizados para el control de malezas en plantaciones forestales	23
Bibliografía	26
5 REFORESTACIÓN DE EUCALIPTO EN ENTRE RÍOS: COSECHA Y MANEJO DE LOS RESIDUOS, Y SUS EFECTOS SOBRE EL SUELO Y EL CRECIMIENTO	26
Características de la cosecha	27
Manejo de los residuos de cosecha	29
Efectos del manejo de los residuos en el crecimiento de las reforestaciones de eucalipto	32
Efectos del manejo de los residuos en las propiedades del suelo	34
Bibliografía	39
6 CALIDAD DE LOS PLANTINES DE EUCALIPTO	41
La calidad de los plantines en los viveros de la región	41
Bibliografía	43
7 FERTILIZACIÓN DE ESTABLECIMIENTO	44
Fertilización como práctica para reducir el daño por heladas	46
Fertilización de plantaciones clonales	47
Bibliografía	47





Agradecimientos

A Roberto Fernández, Diana Díaz, Cesar Quintero, Graciela Boschetti, Néstor Grigolatto, Margarita Echezarreta.

A las empresas CODEPAC S.A., Forestal Argentina S.A., Forestadora Tapebicuá S.A., Pomera Maderas, Beyga Humaitá S.A., El Potrero de San Lorenzo (Grupo Bermejo), Ekserciyán Bogos Asadur.

A los proyectos INTA PNFOR 1104073 "Bases silvícolas para sustentar la productividad de las plantaciones y los recursos del ambiente", Proyecto Universidad de Buenos Aires UBACyT 20020150200175BA, INTA PE-E1-I016-001 Desarrollo de una silvicultura sostenible de bosques implantados de alta productividad. A la UCAR – Dirección de Producción Forestal Componente Plantaciones Forestales Sustentables Proyecto SRN BIRF 7520 AR Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca por la financiación de actividades en los Proyectos de Investigación Aplicada PIA 14073 "Fertilización al establecimiento del *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden en diferentes ambientes de la Mesopotamia. Efectos sobre el crecimiento y la tolerancia a estrés ambiental" y PIA 12047 "Desarrollo de una Tipología Regional de los contratistas de cosecha de la cuenca del Eucalipto desde una perspectiva social, tecnológica y productiva".





Prólogo

Los proyectos forestales se caracterizan por el largo tiempo que transcurre entre el inicio y el retorno de lo invertido. Sin embargo, las decisiones tomadas y tareas realizadas entre la elección del sitio y la plantación son las que mayor inversión requieren, y de las que depende el logro exitoso del establecimiento de la plantación. De ellas depende también la calidad futura de la masa forestal y el cuidado del suelo para sucesivos ciclos productivos.

Este libro presenta una recopilación de información generada por INTA en 20 años de investigación. Se abordan temas relacionados con la aptitud de suelos para la forestación, las prácticas de preparación de suelos y sus efectos en el crecimiento de las plantaciones de eucalipto, técnicas de manejo de los residuos en reforestaciones luego de ciclos con manejo de rebrotes, control de malezas y fertilización, así como criterios para controlar la calidad de los plantines. Se desarrollan también aspectos referidos a los impactos de las técnicas de establecimiento en relación con las propiedades del suelo.

La información ha sido cuidadosamente seleccionada y adaptada para que técnicos asesores, administradores y productores puedan tomar esta obra como material de consulta y guía para la toma de decisiones en las etapas de planificación y establecimiento de un proyecto forestal con eucaliptos en Entre Ríos.

Los contenidos se han organizado en capítulos que siguen el orden lógico de las etapas necesarias para el logro de plantaciones de eucalipto. De manera resumida, sencilla y directa se desarrolla cada tema para que quien consulte esta obra pueda acceder a los principales resultados obtenidos de la evaluación de diversas técnicas.

1. INDICADORES DE CALIDAD DE SITIO PARA EL CULTIVO DEL EUCALIPTO

■ Dante J. Bedendo

El nordeste de la provincia de Entre Ríos, y más precisamente la costa del Río Uruguay, se ha caracterizado por el predominio de la producción forestal y cítrica por sobre los demás sistemas productivos de la región debido a sus condiciones de clima, fisiografía y suelos.

Las plantaciones forestales se extienden preferentemente sobre las terrazas del mencionado río, en una franja de unos 20 km paralela a la costa. La especie más frecuentemente utilizada en las forestaciones comerciales es *Eucalyptus grandis* y, en menor medida, *Eucalyptus dunni*, *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* y *Eucalyptus globulus*.

Con el objetivo de estimar el estado y distribución de las plantaciones forestales en la parte continental de Entre Ríos, el volumen existente, y el potencial de abastecimiento a industrias forestales de la región, la Dirección de Producción Forestal (DPF) del Ministerio de Agroindustria de la Nación realizó en 2015-2016 un inventario que abarcó los departamentos Federación, Concordia, Colón, San Salvador, Concepción del Uruguay y Gualeguaychú. El informe del Inventario indica que: a) de las 131.600 ha forestadas, aproximadamente 90% correspondían a especies de *Eucalyptus* y 10% a especies de *Pinus*; b) de las 126.158 ha con 3 o más años de edad, aproximadamente 90% se encontraban en los departamentos Colón, Concordia y Federación; c) se estimó un volumen total de madera de 24,4 y de 2,9 millones de m³ en plantaciones de *Eucalyptus spp.* y de *Pinus spp.*, respectivamente.

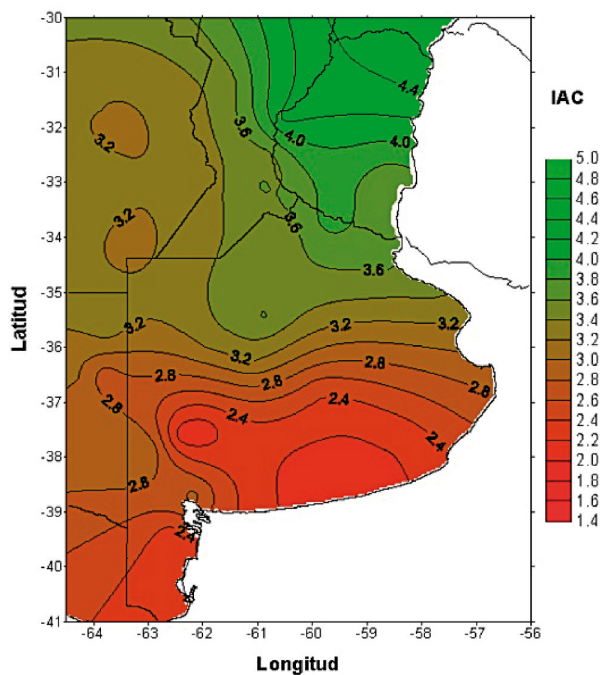
Indicadores de calidad de sitio para eucaliptos

Los principales factores ambientales que determinan la calidad de un sitio forestal son: el clima, la fisiografía y el suelo. Los últimos dos factores están estrechamente relacionados de manera tal que, a los fines del presente análisis, ambos se han agrupado como "factor edáfico".

Factores climáticos

En un trabajo realizado para la determinación de

la aptitud física potencial de las tierras de la provincia de Buenos Aires para el uso forestal se elaboraron mapas del potencial agroclimático de dicha provincia para diversas especies de eucalipto, teniendo en cuenta los distintos requerimientos edafoclimáticos del mismo. Este trabajo incluyó parte de las provincias circundantes, abarcando en el caso de Entre Ríos la totalidad de su territorio. Se delimitaron áreas aptas para la implantación de 9 especies en base a la determinación de un índice de aptitud climática (IAC), el cual considera el efecto de 5 factores ambientales: distribución anual de las lluvias, precipitación y temperatura media anual, días con heladas y temperatura máxima media del mes más cálido. La serie de mapas resultantes fue elaborada procesando información meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del INTA entre 1970-1997. En el mapa de los valores obtenidos para *Eucalyptus grandis* dentro de la región estudiada (Figura 1.1) puede apreciarse el decrecimiento de dichos valores en sentido norte-sur, lo cual destaca la escasa tolerancia de esta especie a las bajas temperaturas, especialmente en el año de implantación:



■ Figura 1.1. Potencial agroclimático para *Eucalyptus grandis* (Nakama et al., 2000).

Según el mapa, el valor crítico para la provincia de Entre Ríos estaría alrededor del IAC 4.0, cubriendo, en la práctica, la porción norte de la misma. La superficie restante (valores inferiores a 4.0) representaría una zona de mayor restricción climática, cuyo límite estaría ubicado aproximadamente al sur del departamento Colón, en coincidencia con el límite estimado por técnicos del INTA Concordia como crítico para la evaluación/zonificación del cultivo de *E. grandis* en Entre Ríos.

Teniendo en cuenta la mayor aptitud edáfica (suelos de textura arenosa y menos alcalinos) de los sectores ribereños del río Uruguay, la especie *E. grandis* aprovecha las ventajas de un régimen de heladas benigno (inferior a 10 días anuales promedio) y una buena disponibilidad hídrica (precipitación anual promedio por encima de 1.200 mm) de ese sector del nordeste provincial, coincidente con la extensión de los departamentos Federación, Concordia y Colón (Figura 1.2).



■ **Figura 1.2.** Departamentos de la provincia de Entre Ríos, en color gris los departamentos de mayor aptitud forestal (Bedendo *et al.*, 2012).

Factores edáficos

Las forestaciones de eucalipto del nordeste de la provincia de Entre Ríos se encuentran distribuidas en tres tipos de suelos: arenosos rojizos (orden *Entisol*), arenosos pardos - localmente se los conoce como "mestizos" - (órdenes *Inceptisol* y *Molisol*) y vertisoles hidromórficos. De acuerdo con investigadores locales, los mejores suelos para las plantaciones de eucalipto son los mestizos, más fértiles y con mayor capacidad de retención de agua que suelos arenosos profundos, y donde los incrementos medios anuales en volumen pueden ser mayores que 50 m³ por hectárea. Los suelos mestizos presentan una capa de arcilla a profundidad variable, que limita la productividad y la reduce cuanto menos profunda se encuentra.

En plantaciones comerciales es frecuente la aparición de un mosaico conformado por estos órdenes de suelos, lo que determina importantes diferencias de producción. Cuando se planta en suelos arenosos el incremento medio anual en volumen (IMA) puede variar entre 25 y 30 m³ ha⁻¹, mientras que en suelos arcillosos (*Vertisol*), el IMA se halla entre 20 a 25 m³ ha⁻¹ año⁻¹.

Asimismo, otros estudios evaluaron diferencias en la biomasa aérea y área foliar de plantaciones de *Eucalyptus grandis* ubicadas sobre suelos *Quartzipsamente óxico* ("arenoso"), *Haplumbrepte fluvéntico* ("mestizo") y *Argiacuol vértico* ("arcilloso"), observando en el sitio mestizo diámetros, alturas, área basal, volumen e IMA significativamente mayores que en los sitios arenoso y arcilloso, concluyendo que la producción de madera depende del tipo de suelo.

La productividad del suelo en la determinación de la calidad de sitio

En años recientes, en un contexto de aplicación de la metodología de determinación de índices de productividad (IP), experiencias locales de elaboración, interpretación y utilización de la información de los mapas de suelos de Entre Ríos a escala 1:100.000 posibilitaron cuantificar con mayor precisión qué propiedades de los suelos tienen mayor o menor influencia en la determinación de la aptitud de un sitio para su uso forestal. El procedimiento para el cálculo del IP consiste en reemplazar en la fórmula las valoraciones correspondientes (índices) al estado real de las variables de los suelos presentes en el área de estudio. Estas valoraciones

varían en una escala de 20 a 100, y son interpretadas como una proporción del rendimiento máximo esperable del eucalipto en la zona.

La combinación de esta metodología cuantitativa, en conjunto con la interpretación cualitativa de la aptitud de las tierras para uso forestal, constituye una fuente de información básica para la definición de los mejores sitios para la implantación de eucaliptos, así como una herramienta realmente eficaz para la zonificación de suelos forestales. En Entre Ríos, durante los relevamientos de suelos realizados para la publicación de las distintas Cartas de Suelos de los 17 departamentos provinciales se realizaron avances que permitieron obtener IP potenciales (IPp) y también específicos (IPe) para maíz, trigo, soja, arroz, citrus, forestales y arándanos. La publicación de las Cartas de Suelos de los tres departamentos de mayor aptitud forestal incluyó avances en las modificaciones de puntajes y rangos que permitieron generar IP específicos para eucaliptos y pinos. La evaluación se realizó analizando los perfiles modales de las series y fases de suelos descriptas en los departamentos Colón, Concordia y Federación, asumiendo la incorporación de igual tecnología para todos los casos. Los valores obtenidos de IPe para eucaliptos a nivel taxonómico (IPtE) variaron entre 21 y 72.

En un estudio estadístico especial realizado con posterioridad a la publicación de las Cartas de Suelos de los tres departamentos, con el objetivo de utilizar los valores de IPe para la definición de los mejores sitios para la implantación de eucaliptos, se obtuvieron coeficientes de correlación/probabilidad de Pearson entre los valores que son determinantes del IPtE para cada uno de los suelos. En el análisis, las diferencias existentes entre las valoraciones numéricas estuvieron explicadas principalmente a través del drenaje ($r:0,39$), la textura del horizonte subsuperficial ($r:0,39$), la textura del horizonte superficial ($r:0,36$) y el anegamiento ($r:0,33$), que mostraron correlación positiva y significativa ($p<0,05$). El análisis permitió arribar a las siguientes conclusiones:

- La elección del sitio para la implantación de eucalipto es de suma importancia, ya que de ello dependerá su productividad.
- El cultivo de eucalipto presenta una alta sensibilidad a los factores que reducen el crecimiento de la planta, como la profundidad a la capa arcillosa, la que está relacionada con el almacenaje de agua y restricciones físicas, entre otras propiedades utilizadas para la estimación del IP específico para eucalipto.

- Las respuestas del eucalipto a los índices de productividad estarían asociadas a su comportamiento y adaptación a los diferentes ambientes, así como a los factores ambientales que determinan el crecimiento y la productividad.
- Los valores de IPe permiten ajustar sustancialmente los métodos subjetivos de clasificación de tierras hasta ahora utilizados en Entre Ríos y definir mejor los sitios para la implantación de eucaliptos.

Bibliografía

- Aguerre, M., L. Carpineti, F. Dalla Tea, G. Denegri, J. Frangi, y col. 1995. Elección del sitio de plantación. En: Carpineti L., F. Dalla Tea, J. Glade y M. Marcó M. (Eds.). Manual para productores de eucaliptos de la Mesopotamia argentina. SAGyP – INTA, 1995, 162 pp.
- Bedendo, D. J. 2013. La aptitud forestal de los suelos como herramienta de zonificación en el contexto de una silvicultura de precisión. En: Actas XXVII Jornadas Forestales de Entre Ríos (Concordia, octubre 2013): 11-27.
- Dirección de Producción Forestal. 2017. Inventario Nacional de Plantaciones Forestales. Inventario Forestal Permanente de los Bosques Implantados. Entre Ríos, área continental. Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca del Ministerio de Agroindustria de la Nación, 35 pp.
- Dalla Tea, F. 1995. Factores del Suelo que afectan la productividad del *Eucalyptus grandis*. Información Forestal INTA EEA Concordia, C.9. 1-6.
- Díaz, D. y N. Tesón. 2002. Unidades de Manejo Forestal en los Departamentos Federación, Concordia y Colón, del nordeste de Entre Ríos. Criterios e Indicadores de Manejo Sustentable en Plantaciones forestales de Entre Ríos. Centro Regional Entre Ríos. Concordia.
- Goya, J. F., J. L. Frangi y F. Dalla Tea. 1997. Relación entre biomasa aérea, área foliar y tipos de suelos en plantaciones de *Eucalyptus grandis* del NE de Entre Ríos, Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, Argentina, 102 (2): 11-21.
- Marcó, M. A. 1988. Crecimiento del *Eucalyptus grandis* en diferentes suelos de Concordia. Resultados a los 10,5 años. Actas VI Congreso Forestal Argentino (Santiago del Estero): 510-511.
- Nakama, V., A. Alfieri y J. Rodríguez Traverso. 2000. Aptitud de las tierras para Eucaliptos con fines de planeamiento regional en la provincia de Buenos Aires. PIA 17/96. SAGPyA Forestal 16: 2-11.
- Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos. 1993. Carta de Suelos de la República Argentina. Departamento Concordia, Provincia de Entre Ríos. Acuerdo Complementario del Convenio INTA-Gobierno de Entre Ríos, EEA Paraná, Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 10, 197 pp.
- Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos. 2002. Carta de Suelos de la República Argentina. Departamento Co-

- lón, Provincia de Entre Ríos. Acuerdo Complementario del Convenio INTA - Gobierno de Entre Ríos, EEA Paraná, Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 21, 276 pp.
- Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos. 2007. Carta de Suelos de la República Argentina, Departamento Federación, Provincia de Entre Ríos. 2^{da} Ed. Acuerdo Complementario del Convenio INTA - Gobierno de Entre Ríos, EEA Paraná, Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 8, 261 pp.
- Sepliarsky, F. y F. Dalla Tea. 1993. Crecimiento de *Eucalyptus grandis* en relación con factores edáficos. Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. AFOA. Paraná, Entre Ríos.
- Tasi, H. A. 1981. Agrupamiento de suelos de la provincia de Entre Ríos a nivel de orden. Publ. Téc. N° 5. EEA INTA Paraná. 8 pp.
- Tasi, H.A., G. A. Schulz y D. J. Bedendo. 2012. Índices de productividad específicos para eucaliptos en tres departamentos de Entre Ríos. IX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo & XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina, 16 al 20 de abril de 2012. Resúmenes, 6 pp.

2. APTITUD DEL SUELO PARA EL CULTIVO DEL EUCALIPTO

■ Dante J. Bedendo

Para la provincia de Entre Ríos, la determinación de calidad de sitios para la implantación de especies de eucaliptos de adaptación local está basada en el sistema de evaluación aplicado regionalmente en la elaboración de las Cartas de Suelos (y los respectivos mapas temáticos derivados de las mismas) a escala 1:100.000, publicadas entre 1986 y 2011, disponibles digitalmente en formato vectorial utilizando un sistema de información geográfica (SIG) que cubre la totalidad del territorio provincial.

Este sistema de interpretación tiene en cuenta aquellas características específicas (“condiciones agropecuarias”) evaluadas para cada serie de suelos, las cuales tienen directa y/o indirectamente una influencia crítica en los requerimientos de ambos cultivos y, a diferencia del criterio utilizado en Corrientes y Misiones, no discrimina áreas en función de la sensibilidad o adaptabilidad de ambas especies a condiciones de un drenaje restringido. La evaluación se concentra en los departamentos Federación, Concordia y Colón, considerados entre los de mayor aptitud forestal, donde las áreas con este tipo de limitantes no son significativamente extensas dada la topografía ondulada característica de los paisajes adyacentes a la costa del Río Uruguay.

Metodología empleada en la evaluación

En esta evaluación se empleó una metodología que utiliza los conceptos de forma y de sistema específico de utilización de la tierra: el concepto de forma de utilización se refiere principalmente al destino que se le da a la tierra y su aplicación se hace en términos de proceso productivo, como ser uso mixto ganadero-agrícola, agrícola, ganadero. En este caso, se considera un proceso de uso agrícola. El concepto de sistema de utilización de las tierras es un segundo nivel de generalización y se refiere al método de utilización, el cual surge del análisis de las condiciones agroecológicas y socioeconómicas de la región. Bajo las citadas premisas, se definió un sistema agrícola específico forestal, que comprende la utilización de especies adaptadas al medio, buen

manejo del monte aplicando técnicas que posibiliten el mejoramiento de la calidad maderera y la reducción del turno.

Interpretación de datos del mapa básico de suelos

La base de la evaluación de las tierras está dada por las características y las condiciones agroecológicas que influyen en el uso de las mismas. En consecuencia, los datos obtenidos deben ser interpretados tanto en su forma individual como en conjunto, así como también, y muy en particular, sus interacciones.

Para la evaluación se tuvieron en cuenta dos aspectos fundamentales: por un lado se analizaron las necesidades específicas del sistema de utilización y, por el otro, se determinaron y clasificaron las características de las tierras que satisfacen las necesidades específicas de dicho sistema.

Respecto del primer aspecto mencionado, este análisis se realizó en base a lo observado a campo y a consultas con técnicos del INTA (EEA Concordia, agencias de extensión, etc.), de la actividad privada y productores del medio, que posibilitó contar con información local durante la etapa de relevamiento de los suelos de los departamentos Federación, Concordia y Colón.

En cuanto al otro aspecto importante en la evaluación, la selección y clasificación de las características de las tierras que sirvieron como criterios diagnósticos, se requiere que cada unidad de tierra esté caracterizada por un número bastante extenso de propiedades físicoquímicas, geomorfológicas, hidrológicas, climáticas y otras. El mapa de suelos a escala de reconocimiento (1:100.000) provee, aproximadamente, de 30 a 40 características y propiedades individuales para cada unidad taxonómica componente de las diferentes unidades de mapeo.

Estas características no siempre deben ser consideradas individualmente; debe dedicarse especial atención a las interacciones que existen entre las mismas, debido a que son justamente ellas las que, en la mayoría de los casos, determinan la diferencia en el comportamiento de una tierra respecto de otra.

Por un lado, debe tenerse en cuenta que el peso relativo de cada una de las características que inci-

den en las interacciones es variable, y depende del grado con que graviten las características individuales intervinientes en una determinada interacción. Este aspecto es particularmente importante en la evaluación después de la introducción de obras mayores de mejoramiento. Un cambio en una característica (por ejemplo: el peligro de erosión hídrica) puede generar cambios en otra característica (fertilidad, drenaje, etc.); por lo tanto, dicho cambio altera generalmente el equilibrio entre las características individuales y el grado con que gravitan las interacciones.

Por otro lado, el peso de una característica o interacción varía según el uso considerado, por lo

que es normalmente necesario tomar un número reducido de dichas características e interacciones como criterios diagnósticos (también llamados “condiciones de uso” o “condiciones agropecuarias”) que permitan realizar la evaluación para las alternativas de uso. Las interacciones consideradas fueron las siguientes:

- **disponibilidad de agua para la planta:** interacción de características como clima, capa freática y su fluctuación, permeabilidad, capacidad de retención de agua, rango de agua útil, escurrimiento, inundaciones.
- **erosión hídrica actual y susceptibilidad a la misma:** interacción de características como

Condiciones de uso			
Grado	Disponibilidad de agua		
	Exceso (de oct.-abr.)	Déficit (de oct.-abr.)	Anegamiento
0	sin exceso	sin déficit	sin peligro
1	leve exceso después de fuertes lluvias	déficit después de un mes sin lluvias	leve peligro (poca agua, corto tiempo o en años excepcionales)
2	exceso después de la mayoría de las lluvias	déficit después de 10-15 días sin lluvias	moderado peligro (cantidad moderada y tiempo intermedio)
3	exceso por lapsos importantes		severo peligro (agua estancada por lapsos prolongados)
Erosión hídrica			
	Actual	Susceptibilidad	
0	Sin erosión	Prácticamente no susceptible	
1	Erosión leve	Levemente susceptible	
2	Erosión moderada	Moderadamente susceptible	
3	Erosión severa	Altamente susceptible	
X	Acumulación	Acumulación y posterior erosión	
Disponibilidad de nutrientes			
0	muy provisto, sin respuesta al fertilizante		
1	provisto, con alguna respuesta a algún elemento		
2	moderadamente provisto, respuesta conveniente de varios elementos en la mayoría de los cultivos		
3	muy poco provisto, fertilización necesaria		
Estado físico			
	Penetración de raíces		Facilidad de Labranza
0	sin impedimento		sin limitaciones
1	leve impedimento (horizontes subsuperficiales densos)		levemente limitada
2	moderado impedimento (subsuelos densos, estructura poco favorable, profundidad efectiva reducida)		moderadamente limitada
3	penetración difícil (suelos muy densos, profundidad efectiva muy reducida)		muy limitada

■ **Tabla 2.1. Grados de severidad establecidos para las distintas condiciones agropecuarias consideradas (van Barneveld, 1973).**

relieve, clima, estabilidad estructural, permeabilidad.

- **disponibilidad de nutrientes para las plantas:** contenidos de distintos elementos, respuesta a la fertilización, presencia de elementos tóxicos.
- **estado físico:** interacción de características como horizontes superficiales arcillosos, microrelieve gilgai, horizonte subsuperficial denso, relieve, heterogeneidad del terreno, relativas a la facilidad para la penetración y desarrollo del sistema radicular y condiciones de suelo para la labranza mecanizada.

La aplicación de las condiciones de uso como criterio diagnóstico no solo aumenta la objetividad del procedimiento; en algunos casos puede usarse como base para métodos paramétricos de evaluación. Además, para cada condición de uso se establecen entre tres y cinco niveles, los que se definen independientemente del sistema de utilización.

La delimitación y definición de los diferentes niveles se debe a que una característica o interacción puede ser limitante para un tipo de uso, mientras que la misma puede ser una condición óptima para otro. En la Tabla 2.1 se describen los “grados de severidad” establecidos para las distintas condiciones agropecuarias descritas anteriormente.

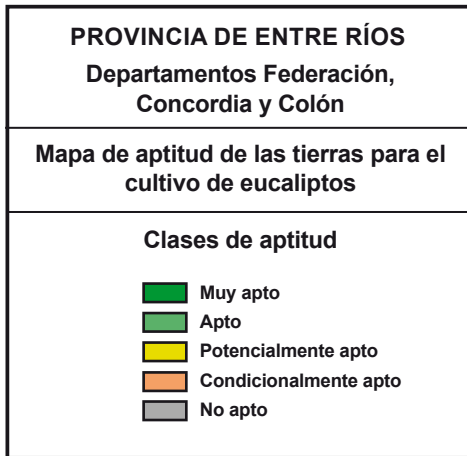
Categorías de interpretación utilizadas en esta evaluación

La clasificación de las tierras se realizó por unidad cartográfica, en base a las condiciones agropecuarias definidas en cada Carta de Suelos. La categoría de interpretación utilizada fue solamente la de la clase de aptitud, que indica la aptitud relativa o el grado de aptitud de una unidad de tierra para un determinado sistema de utilización, que para este trabajo se modificó y se redujo a 5 clases (Tabla 2.2).

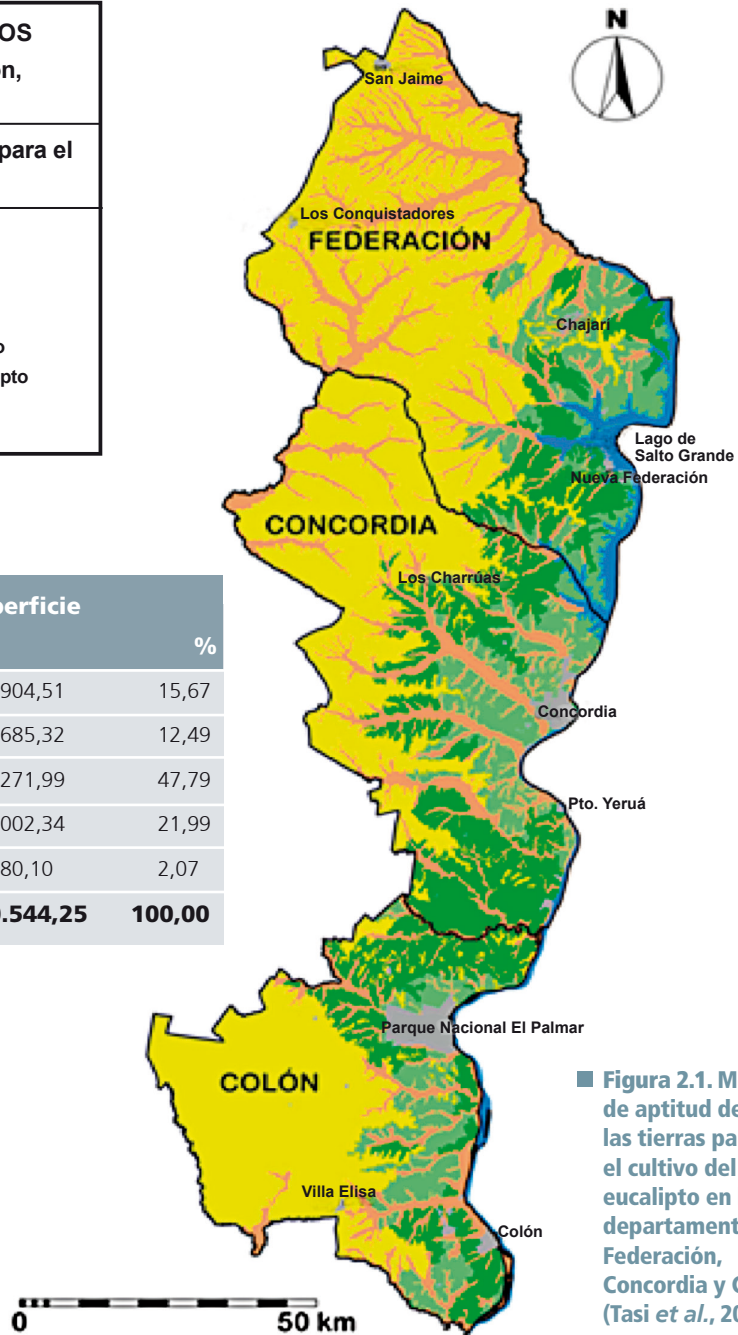
Categoría	Descripción
MA Muy apto	Tierras muy aptas para el uso sostenido del sistema en consideración, sin limitantes para el mismo, o solamente con limitaciones menores que no reducen los niveles de producción, no requiriendo un manejo especial.
A Apto	Tierras aptas para el uso sostenido del sistema en consideración, con leves limitaciones para el mismo (principalmente erosión hídrica), que reducen leve o moderadamente los niveles de producción y/o requieren prácticas o un manejo especial, realizables con solo gastos y/o esfuerzos adicionales menores.
PA Potencialmente apto	Tierras con aptitud restringida para el uso sostenido del sistema de utilización en consideración, con moderadas y/o severas limitaciones para el mismo (principalmente altos contenidos de arcillas expandibles, drenaje interno impedido, drenaje superficial deficiente, erosión hídrica, fertilidad reducida), que reducen considerablemente los niveles de producción y/o requieren prácticas o un manejo especial, que significan la aplicación de mayores gastos y esfuerzos especiales. Las posibilidades del uso en esta clase dependen especialmente de la tecnología aplicada
CA Condicionalmente apto	Tierras con limitaciones severas, que pueden ser corregibles a través de obras o mejoras mayores especiales (sistematización de ríos y arroyos, obras de infraestructura en zonas inundables, etc.), pero que en las condiciones actuales, no lo son. Por lo tanto en la situación actual no son aptas para el uso sostenido del sistema de utilización en consideración.
NA No apto	Áreas misceláneas urbanas y otras, cursos de agua, etc.

■ **Tabla 2.2. Definición de las clases de aptitud (Tasi y Bedendo, 2001).**

Resultados



Clases de aptitud	Superficie ha	%
Muy apto	148.904,51	15,67
Apto	118.685,32	12,49
Potencialmente apto	454.271,99	47,79
Condicionamente apto	209.002,34	21,99
No apto	19.680,10	2,07
TOTAL	950.544,25	100,00



■ **Figura 2.1. Mapa de aptitud de las tierras para el cultivo del eucalipto en los departamentos Federación, Concordia y Colón (Tasi et al., 2012).**

Bibliografía

Barneveld, G.W. van. 1973. Evaluación de las tierras. Propuesta de una metodología estandarizada para múltiples fines rurales. Plan Mapa de Suelos Provincia de Entre Ríos. Proyecto PNUD/FAO/INTA ARG/68/526 (mimeografiado), 37 pp.

Bedendo, D.J. 2013. La aptitud forestal de los suelos como herramienta de zonificación en el contexto de una silvicultura de precisión. Actas XXVII Jornadas Forestales de Entre Ríos (Concordia, octubre 2013), pp. 11-27. INTA EEA Concordia – AIANER.

Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos. 1993. Carta de Suelos de la República Argentina. Departamento Concordia, Provincia de Entre Ríos. Acuerdo Complementario

- del Convenio INTA-Gobierno de Entre Ríos, EEA Paraná, Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 10, 197 pp.
- Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos. 2002. Carta de Suelos de la República Argentina. Departamento Colón, Provincia de Entre Ríos. Acuerdo Complementario del Convenio INTA - Gobierno de Entre Ríos, EEA Paraná, Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 21, 276 pp.
- Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos. 2007. Carta de Suelos de la República Argentina, Departamento Federación, Provincia de Entre Ríos. 2^{da}. Ed. Acuerdo Complementario del Convenio INTA - Gobierno de Entre Ríos, EEA Paraná, Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 8, 261 pp.
- Tasi, H. A. 2005. Aptitud de las tierras para distintos usos. Carta de Suelos de la República Argentina. Departamento Gualeguaychú, Provincia de Entre Ríos. Acuerdo Complementario del Convenio INTA - Gobierno de Entre Ríos, EEA Paraná del INTA, Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 23, 218 pp.
- Tasi, H. A. y D. J. Bedendo. 2001. Aptitud agrícola de las tierras de la Provincia de Entre Ríos. EEA Paraná, Centro Regional Entre Ríos, Serie Extensión N° 19, 10 pp.
- Tasi, H. A. y D. J. Bedendo. 2008. Aptitud agrícola de las tierras de la Provincia de Entre Ríos. 2^{da} Ed. Proyecto Regional Agrícola. Ediciones INTA – Centro Regional Entre Ríos. EEA Paraná, Serie Extensión n° 47, 24 pp.
- Tasi, H. A. y J. Bourband. 1990. Suelos de la Provincia de Entre Ríos (escala 1:500.000). En: Atlas de Suelos de la República Argentina. Tomo I. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca, Proyecto PNUD Argentina 85/019 Área Edafológica. 591-640 pp.
- Tasi, H. A., G. A. Schulz y D. J. Bedendo. 2012. Índices de productividad específicos para eucaliptos en tres departamentos de Entre Ríos. IX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo & XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina, 16 al 20 de abril de 2012. Resúmenes, 6 pp.

3. PREPARACIÓN Y LABOREO DEL SUELO EN PLANTACIONES FORESTALES

■ Carlos de la Peña, María de los A. García y Ana M. Lupi

Gran parte del éxito de las plantaciones de eucaliptos se define en la etapa de establecimiento. Este período abarca desde la plantación hasta el cierre de las copas y puede extenderse de 2 a 3 años, en función de la densidad de plantación, la calidad de sitio, y las prácticas silvícolas utilizadas, entre las que la preparación del terreno, el control de malezas y la fertilización son las de mayor influencia e impacto.

Las plantaciones forestales con especies de rápido crecimiento, como los pinos y eucaliptos, responden favorablemente al laboreo del suelo, que favorece la liberación de nutrientes por mineralización y mejora el acceso de las plantas al agua y a los nutrientes en los primeros meses de la plantación,

permitiendo un buen desarrollo del sistema radicular, un mayor crecimiento inicial y desarrollo de la copa en comparación con plantaciones en sitios sin laboreo del suelo.

Las prácticas e implementos utilizados para la preparación del suelo se fueron modificando a lo largo del tiempo. En los inicios de la actividad forestal, a mediados de 1950, las labores consistían en labranza total del terreno con arado de reja o disco, posteriormente se dejaba orear la tierra por alrededor de 2 meses, luego se realizaban varias pasadas de rastra de discos para refinar y controlar malezas, y cuando las condiciones de humedad eran las adecuadas se realizaba la plantación. A partir de 1990, ante la necesidad de reducir costos, disminuir la erosión, y la generalización del uso de herbicidas (barbecho químico), comienza gradualmente a utilizarse la preparación del terreno con rastra de discos solo en la banda de plantación (Figura 3.1)



■ Figura 3.1. Preparación de la línea de plantación, con doble pasada de rastra.

Otras variables que inciden y marcan diferencias en la intensidad de las labores de preparación del terreno e implementos utilizados son la pendiente y la posición en el paisaje, y la textura, que varía según los suelos destinados a plantaciones en la región.

Prácticas e implementos utilizados en la preparación de diferentes suelos

Debido a la diversidad en cuanto a textura de los suelos y topografía de los lotes destinados a las plantaciones forestales, resulta inconveniente aplicar las mismas labores en todas las situaciones. En las últimas décadas se han evaluado diferentes implementos y prácticas de laboreo para ajustarlas según los tipos de suelo, y se ha demostrado que la roturación tiene un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas a medida que aumenta el porcentaje de arcilla de los suelos, dado que disminuye la resistencia al crecimiento de las raíces y facilita el ingreso de agua al perfil.

Los suelos de textura arenosa y francoarenosa, conocidos como mestizos, con escasas limitaciones para la exploración de las raíces, son los que menos complejidad y dificultad presentan para su preparación para la plantación. Las labores pueden consistir en el uso de un implemento de roturación como el arado de discos o rastra de discos, a una profundidad que permita fácilmente el ingreso del bastón plantador o pala (30-40 cm). La preparación del suelo puede complementarse con una rastra liviana antes de plantar, para reducir el tamaño de los terrones y evitar bolsas de aire que dañen las raíces de los plantines, así como para favorecer la eficiencia de los herbicidas preemergentes.

Los suelos arcillosos presentan naturalmente limitantes físicas para el desarrollo de las raíces. En estos suelos las labranzas se realizan con el objetivo lograr un suelo suelto, mejorar la disponibilidad de agua y aire y mejorar las condiciones para el desarrollo y exploración de las raíces, y se asume que las labranzas profundas benefician el crecimiento, por lo que es común subsolar hasta 40-80 cm de profundidad. Los implementos para realizar esta labor requieren un considerable aumento de potencia para su aplicación en comparación con la preparación superficial con rastras de discos. En este sentido, es muy importante analizar en qué

medida las prácticas consiguen el efecto esperado y la perdurabilidad del mismo.

Por otro lado, en suelos más bajos, con exceso de humedad, la preparación del terreno con camellones es una práctica cada vez más utilizada, que aumenta el volumen tierra disponible para el desarrollo del sistema radicular, con un efecto positivo en el crecimiento.

Para realizar la preparación del suelo se utilizan diferentes implementos en función del tipo de suelo, posición topográfica, y condiciones de humedad del perfil al momento de llevar adelante la tarea. Otro aspecto importante en la preparación del terreno cuando la plantación se realiza en sitios con ciclos forestales previos es la disposición de los residuos, los que pueden ser quemados o conservados en el sitio.

Los implementos utilizados con mayor frecuencia en las plantaciones de la región son:

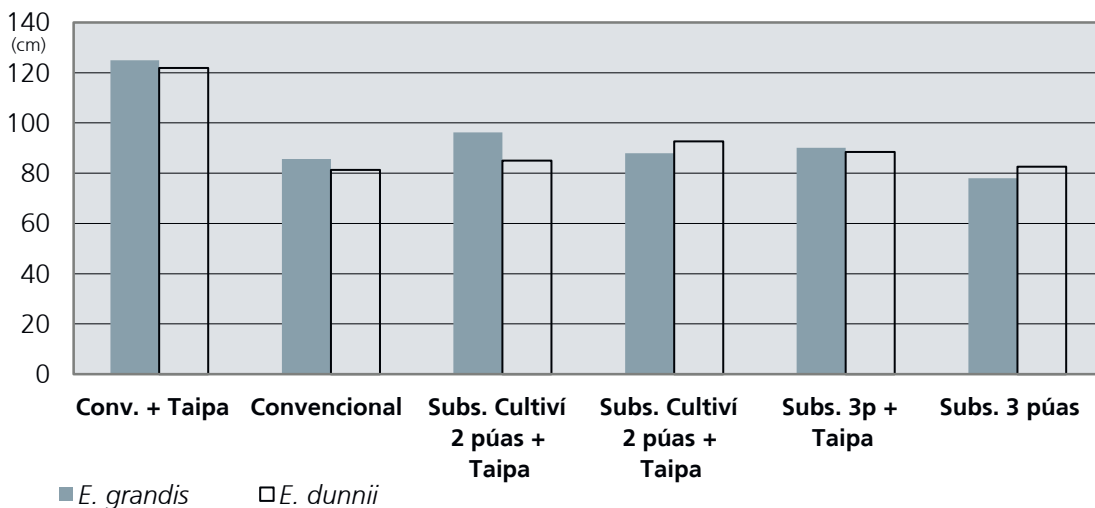
- **Rastra de discos:** la más utilizada es la de arrastre, robusta y pesada. Pueden clasificarse según la disposición de los cuerpos que sostienen los platos o discos en rastras de simple acción, doble acción o excéntricas. El ancho de labor es variable; las de uso agrícola, que se utilizan cuando se hace una labranza total del terreno, pueden alcanzar 3,5- 4 m de ancho, según el número de platos. Actualmente, para trabajar la línea de plantación se usan implementos más angostos, de 1,2 a 2 m con 8 a 12 platos dispuestos de diversas formas, y que pueden incluir subsolador. La profundidad de trabajo de las rastras está determinada por el peso, diámetro de los discos y su concavidad, velocidad de trabajo (a menor velocidad, mayor penetración), y el ángulo entre los cuerpos de la rastra (Figura 3.2).
- **Subsolador:** implemento utilizado para roturar capas de suelo con mayor contenido de arcilla o con resistencia por compactación, a mayor profundidad sin producir la inversión del perfil, para favorecer la acumulación de agua, facilitar el drenaje, la aireación y la exploración de raíces. Existen varios tipos de subsoladores, con una o varias púas que se sujetan a un bastidor robusto, y pueden ser rectas o casi verticales, inclinadas hacia adelante o con perfil parabólico, y con una punta aguzada que es reemplazable en la parte inferior. Este implemento puede ser de arrastre o sujetado por el enganche tres puntos del tractor, y requiere alta potencia (mínimo 80-100 CV), que aumenta a medida que se desea mayor profundidad de labor. La profundidad de subsolado oscila entre 35-70 cm.

- Arado “taipero” o rastra “acamellonadora”:** se utiliza en suelos con drenaje deficiente o afloramiento de napas por posición en el terreno (bajos). Permite preparar camellones o taipas, camas de plantación que pueden tener una altura de 15 a 50 cm, para elevar el terreno por encima de la napa aumentando el volumen de suelo que puede ser explorado por las raíces. Este tipo especial de laboreo se puede realizar con rastra de discos enfrentando los mismos y cruzándolos lo suficiente para preparar el camellón de la altura deseada, o con implementos diseñados especialmente para esta labor, que pueden subsolar, rastrear y realizar el camellón al mismo tiempo. Diversos ensayos se llevaron a cabo para evaluar

el efecto de diferentes implementos usados para la preparación del suelo sobre el crecimiento de las plantaciones de eucaliptos en Entre Ríos, donde se evaluaron también otras variables. En un ensayo de preparación de suelo arcilloso, donde se aplicaron diferentes implementos y se plantaron *Eucalyptus grandis* y *E. dunnii*, el tratamiento donde se alcanzó mayor altura media a los 10,5 meses fue el de preparación convencional (arado+rastra) y taipa, en comparación con todos los demás tratamientos (convencional y subsolado con diferentes implementos y combinados con taipa) que mostraron un crecimiento inicial menor, sin observarse diferencias entre el crecimiento inicial de las dos especies plantadas (Figura 3.3). En los tratamientos sin laboreo superficial



■ Figura 3.2. Rastra de discos utilizada comúnmente en la labranza del suelo para plantación de eucalipto.



■ Figura 3.3. Altura media de dos especies a los 10,5 meses de edad, según el tratamiento de preparación de suelo aplicado.

Contenido humedad promedio (%)	Profundidad de la muestra (cm)			
	10	20	30	40
Labranza convencional	10	20	30	40
Conv.+ taipa	29,39	26,32	25,97	25,96
Subs. Cultiví 2 púas	27,16	26,54	25,42	26,55
Subs. Cultiví 2 púas + taipa	24,35	24,59	21,40	25,07
Subs. 3 púas	29,64	25,23	27,17	24,89
Subs. 3 púas + taipa	27,76	25,77	24,75	24,71

■ Cuadro 3.1. Contenido de humedad en la banda de plantación según tipo de preparación del suelo y profundidad, a los 27 meses.

las taipas no alcanzaron la dimensión deseable y eventualmente desaparecieron.

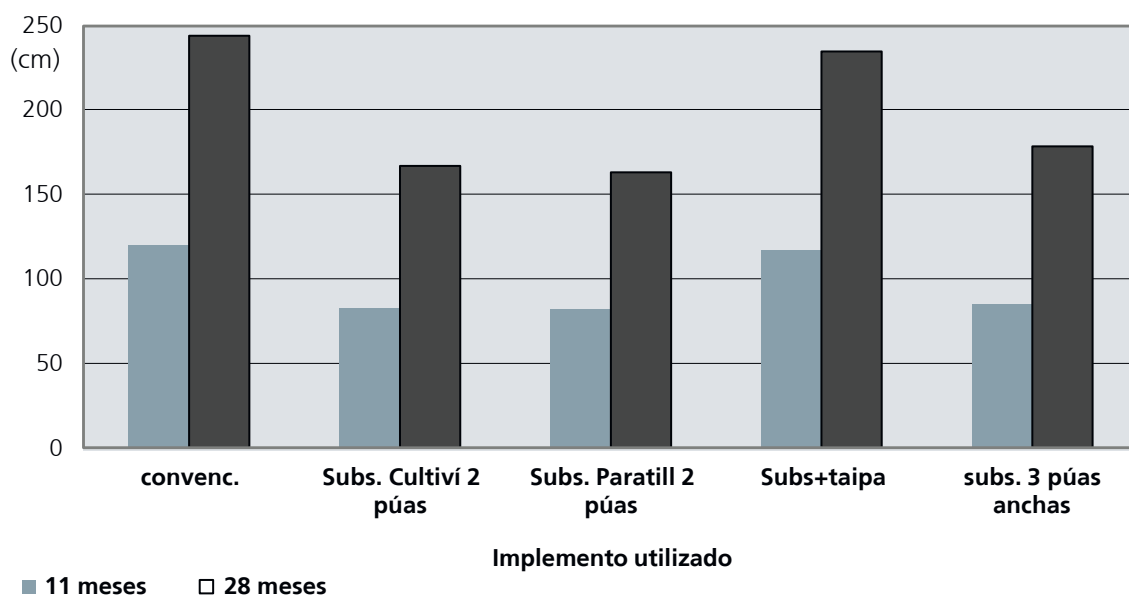
El contenido de humedad (Cuadro 3.1) y la resistencia mecánica a la penetración, medidos a los 27 meses de edad, no mostraron diferencias significativas entre labranzas.

En otro ensayo, también en suelo arcilloso, donde se plantaron las mismas especies, la altura media resultó mayor donde se realizó la preparación convencional y donde se hizo subsolado + taipa (Figura 3.4), resultado que se mantuvo por más de 2 años.

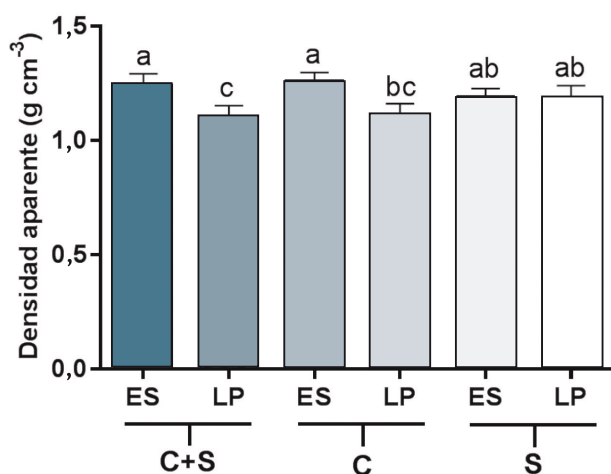
En otro ensayo en un suelo arcilloso, luego de la cosecha y quema de residuos se compararon subsolado superficial con cincel en la línea de plantación, hasta 20-30 cm de profundidad (S), camellón de

un metro de ancho (C), y camellón sobre subsolado superficial (C+S). A los tres años de aplicar los tratamientos se observó que C+S y C presentaron en las entrelíneas los valores más altos de densidad aparente del suelo, diferenciándose de la línea de plantación (Figura 3.5). En el tratamiento S no se observaron diferencias en la densidad aparente entre ambas posiciones, las que presentaron valores intermedios de esa variable en comparación con los valores de los tratamientos C+S y C.

La conductividad hidráulica saturada (Ks) medida a campo fue mayor en C y menor en S (Figura 3.6), mientras que no hubo diferencias estadísticas entre Ks en las líneas o entrelíneas de plantación en los tratamientos.



■ Figura 3.4. Altura media alcanzada según la preparación del suelo para plantación de *E. grandis* y *E. dunnii* en suelo arcilloso.

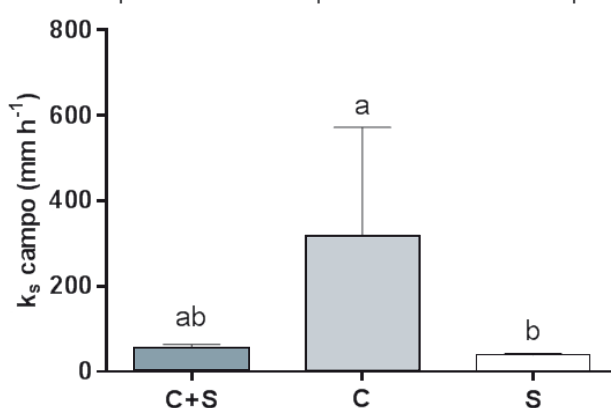


■ **Figura 3.5.** Densidad aparente (g cm^{-3}) para los tratamientos camellón y subsolado (C+S), camellón (C) y subsolado (S), y para las posiciones entrelínea (ES) y línea de plantación (LP). Diferencias estadísticas ($p < 0,05$) se indican con letras distintas.

De los resultados se desprende que a los tres años de realizar la preparación del terreno, el armado de camellones, con o sin subsolado, resulta una práctica que mejora la densidad aparente y la conductividad hidráulica saturada en la línea de plantación.

Por otro lado, también hay resultados del efecto de la preparación de suelos arcillosos con diferentes implementos sobre el contenido de humedad y resistencia mecánica a la penetración en la banda de plantación. En una medición a 6 meses de la labranza se observó menor resistencia mecánica a la penetración en las capas subsuperficiales ($\geq 10\text{-}40$ cm de profundidad) donde se preparó el suelo con subsolador RR (central+2 púas laterales) en comparación con la preparación con otros implementos: convencional (rome+rastra de dientes), convencional+camellón, y cincel. La preparación convencional y la con camellón mostraron la mayor resistencia a la penetración, probablemente debido a la escasa acumulación de agua, resultado del tipo de labranza.

Los resultados de los ensayos de preparación de suelos arcillosos muestran la importancia de realizar una labranza que garantice las mejores condiciones para el establecimiento y crecimiento inicial de los eucaliptos.



■ **Figura 3.6.** Conductividad hidráulica saturada a campo (k_s campo) (mm h^{-1}) para los tratamientos: camellón y subsolado (C+S), camellón (C), y subsolado (S). Diferencias estadísticas ($p < 0,05$) se indican con letras distintas.

Bibliografía

- Aparicio, Jorge L., F. Dalla Tea, F. Larocca, M. A. Marcó, C. Romero y M. Sanchez Acosta. 2004. Evaluación de aspectos silvícolas y de manejo en plantaciones y replantaciones de Entre Ríos y S.E. de Corrientes. Informe Final PIA 03/01.
- Aparicio J., F. Larocca y F. Dalla Tea. 2005. Silvicultura de establecimiento de *Eucalyptus grandis*. IDIA XXI, Revista de información sobre investigación y desarrollo agropecuario, 2005, 5 (8):66-69.
- Currie, H., M. Rujana y L. Bartra Vásquez. 2004. Influencia del subsolado en suelos forestales de la provincia de Corrientes. Revista Científica Agropecuaria 8(2):7-14 (2004), Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER.
- Donaq N., F. Larocca, J. Rosemberger, M. A. Marcó, J. Dupleich, E. Riegelhaupt, E. Scotta, H. Tassi y R. Sabatini 2001. Evaluación de las posibilidades de desarrollo forestal de los suelos del área ganadera del norte de Entre Ríos. Informe Final PIA 33/97.
- Fernandez P. L., L. A. Urriola, F. Behrends Kraemer, M. G. Castiglioni, A. M. Lupi, C. Álvarez. 2018. Evaluación de variables hidrofísicas en preparaciones de suelo para plantación de *Eucalyptus grandis*. XXVI Congreso Argentino de la ciencia del suelo. Tucumán, p. 78-83.

4. CONTROL DE MALEZAS

■ Carlos de la Peña y María de los Á. García

Uno de los principales factores que afecta el crecimiento de las plantaciones forestales en la región es la competencia por luz, agua y nutrientes con otras especies de plantas que se consideran malezas. Especies como *Eucalyptus grandis*, que tienen como estrategia de crecimiento la rápida ocupación del sitio mediante el desarrollo de un gran sistema radicular lateral, son muy susceptibles a la competencia por los recursos disponibles. En esta región, tradicionalmente se realizaba el control de malezas de manera intensiva, en toda la superficie del suelo a plantar, y se extendían los cuidados hasta el primer año. Actualmente se tiende a reducir el control a las bandas de plantación. El control de malezas antes y después de la plantación, en la línea hasta el cierre de copas y durante el primer año en las entrelíneas, es fundamental para obtener mayor crecimiento, homogeneidad y alta supervivencia de las plantas.

Factores que afectan el control de malezas

El control de malezas es una de las labores que tienen mayor relevancia en la planificación de las tareas pre y posplantación. En general, la estrategia de control de malezas debe definirse según la historia de uso del lote, el cultivo anterior, y el tipo y estadio de las malezas presentes. Además, se debe tener en cuenta para garantizar la calidad de aplicación, la calibración del equipo a utilizar (tipo de picos, altura de la barra, velocidad de trabajo), y el uso de herbicidas registrados para eucalipto, en las dosis recomendadas.

La mayoría de los contratistas y técnicos de la región reconocen la dificultad para lograr un efectivo control de las malezas, atribuida principalmente a problemas de disponibilidad de personal al momento de tener que realizar las aplicaciones de herbicida; es común aplicar cuando las malezas se encuentran en un estadio donde presentan estructuras resistentes a los productos. Otro problema para lograr un buen control es que las malezas más problemáticas se hacen evidentes cuando presentan tal desarrollo que ya no son susceptibles a un control químico. En

muchas ocasiones, además, el período con condiciones meteorológicas adecuadas para la aplicación de herbicidas es reducido.

Otras causas de malos resultados en el control químico de las malezas son la forma de aplicación, los implementos usados, y errores en la calibración y preparación de los caldos, entre otros. Las aplicaciones de herbicida en forma manual con mochila en muchos casos resultan ineficientes por la dificultad de lograr una aplicación uniforme. Sin embargo, es la opción más viable en situaciones de reforestaciones, donde los controles mecanizados resultan muy complicados o imposibles.

Control químico de malezas

El control de malezas durante el establecimiento puede realizarse de forma manual, mecánica o química. Hasta mediados de la década de 1980 las prácticas más difundidas eran las carpidas manuales en la taza de plantación, combinadas con el control mecánico con rastra de discos, fundamentalmente por el bajo costo de la mano de obra y del combustible. Con los años, se ha observado un marcado aumento en el costo de la mano de obra y de los combustibles, como así también una mayor disponibilidad y diversidad de herbicidas. Por ese motivo, a partir de la década de 1990 se comenzó a utilizar ampliamente el control químico de malezas, que permite adecuarse a diferentes situaciones y aumentar la capacidad operativa. En esos años se consolidó la utilización de herbicidas, tanto sistémicos, de contacto como preemergentes, en un esquema basado en el control de la banda de plantación de 1 m de ancho (50 cm a cada lado de la planta) con herbicida preemergente y el resto de la superficie con herbicida total, protegiendo a las plantas de la deriva. Este esquema aun hoy, con algunas variantes, continúa siendo el más utilizado por los productores y contratistas de la zona.

Aunque actualmente existe una gran variedad de herbicidas en el mercado, muchos de los cuales han sido probados en plantaciones forestales, y se han evaluado según su eficiencia y costos, son muy pocos los herbicidas que en nuestro país se encuentran registrados para uso forestal (Cuadro 4.1).

Principio activo	Características y recomendaciones de uso
Glifosato	Para áreas no cultivadas. Aplicar en plantas en activo crecimiento, alcanzando los puntos de crecimiento. Requiere 6 a 8 horas sin lluvia luego de su aplicación para penetrar en las malezas a controlar
Isoxaflutole	Preemergente selectivo para eucalipto. Controla malezas de hoja ancha y gramíneas anuales. Puede actuar en malezas recién germinadas y de hasta 3 cm. Permanece en superficie y se incorpora al suelo con lluvias superiores a 13 mm
Oxifluorfen	Preemergente selectivo para eucalipto. Forma una barrera químico-residual en la superficie del suelo y actúa por contacto con el follaje sobre malezas de hasta 3 cm. Se lava por lluvias posteriores a su aplicación.
Indaziflam	Preemergente de prolongado efecto residual. Controla malezas anuales gramíneas y de hoja ancha en germinación. No selectivo para eucalipto.

■ **Cuadro 4.1. Herbicidas preemergentes y posemrgentes registrados en Argentina para especies forestales y áreas no cultivadas.**

En las plantaciones forestales de la región los herbicidas que mayor adopción han tenido son los preemergentes, que permiten controlar las malezas antes de su emergencia y hasta los primeros estadios, además de que algunos son selectivos para *E. grandis*, lo que facilita su aplicación posplantación.

Resultados de evaluaciones de herbicidas preemergentes utilizados para el control de malezas en plantaciones forestales

En un ensayo de control de malezas en reforestación de *E. grandis* entre tocones (Figura 4.1), don-

de se quemaron los residuos y se laboreó con rastra la línea de plantación, se aplicaron herbicidas preemergentes (Cuadro 4.2) en la banda de plantación a los 15 días de efectuada la plantación.

A los 2, 3,5 y 7 meses de la aplicación de los tratamientos de control de malezas se midió altura total de las plantas de eucalipto (Figura 4.2), y se determinó el nivel de cobertura de malezas (Figura 4.3) y el porcentaje de control (Figura 4.4).

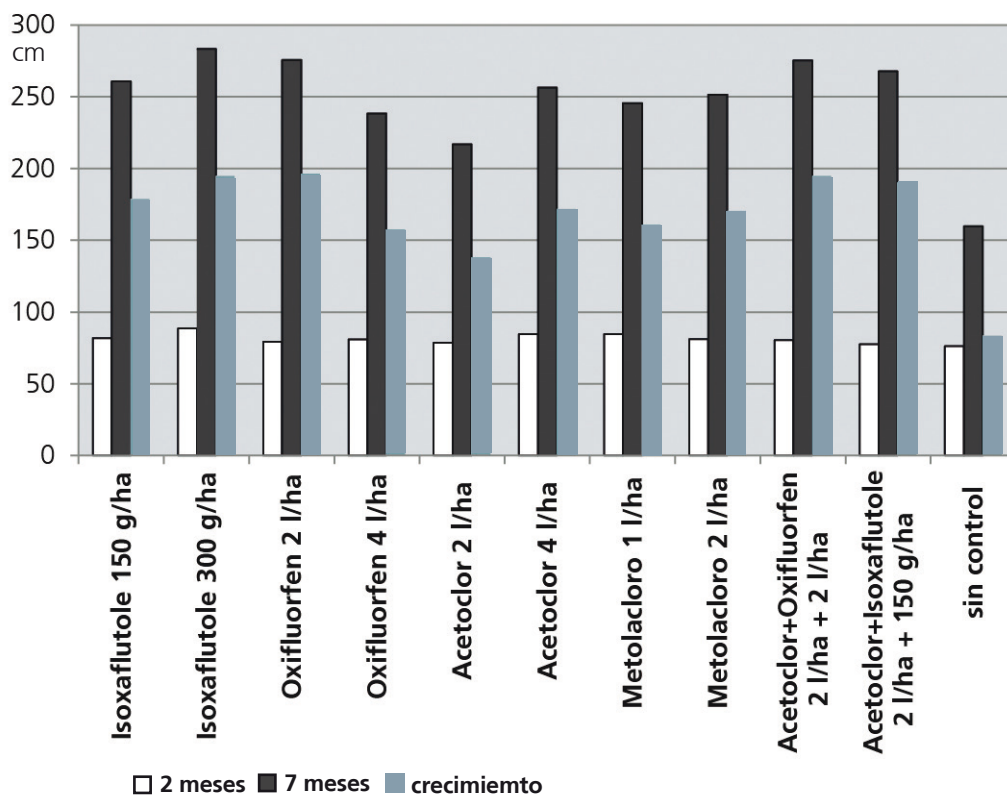
Las especies vegetales competidoras que se observaron en el ensayo fueron *Panicum* sp., rama negra (*Conyza* sp.), *Cyperus* sp., yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*), *Commelina* sp., *Cynodon* sp., *Digitaria* sp., flechilla, abrojo (*Xhantium* sp.), amor seco (*Bidens pilosa*), entre otras.



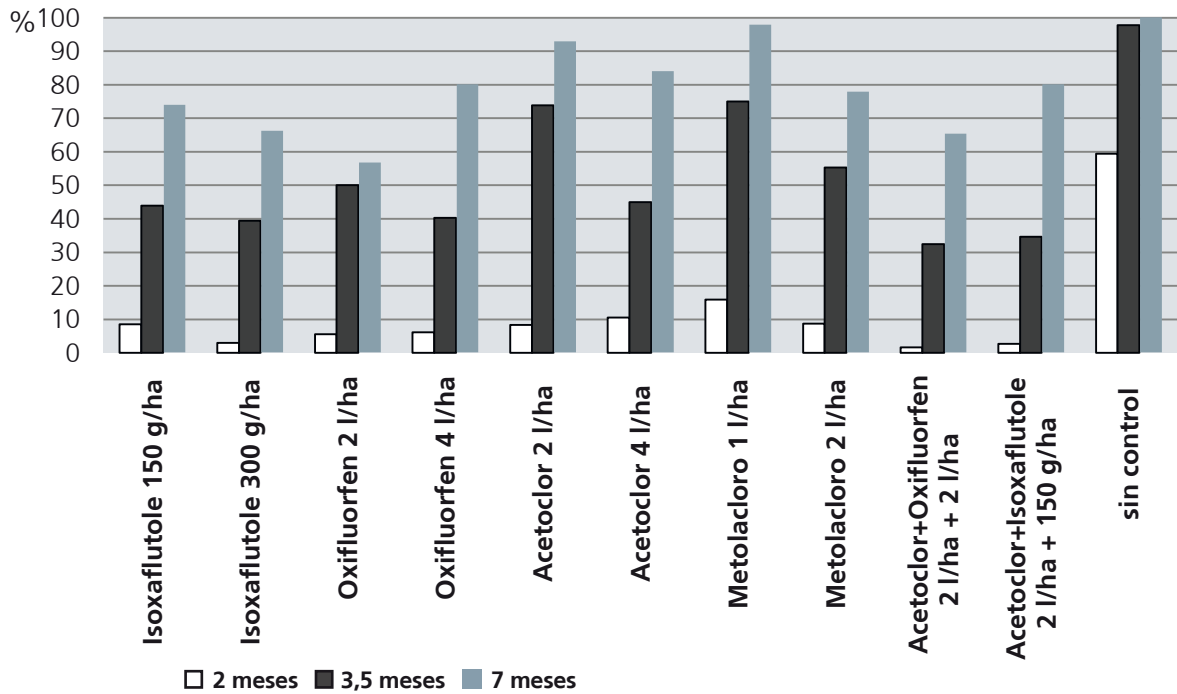
■ **Figura 4.1. Estado del lote al momento de la aplicación de los herbicidas preemergentes.**

Principio Activo (PA)	Malezas que controla	Dosis PA (g/ha)	Tratamiento	Dosis PC
Isoxaflutole	Gramíneas (pobre en raigrás) y dicotiledóneas (coniza control regular)	112,5	1	150 g/ha
		225	2	300 g/ha
Oxifluorfen	Buen control de dicotiledóneas y poco control de gramíneas	480	3	2 l/ha
		960	4	4 l/ha
Acetoclor	Gramíneas anuales y algunas latifoliadas	1800	5	2 l/ha
		3600	6	4 l/ha
Metolacloro	Malezas de hoja angosta y algunas de hoja ancha (control de <i>Cyperus</i> sp.)	960	7	1 l/ha
		1920	8	2 l/ha
Acetoclor + Oxifluorfen		1800 + 480	9	2 l/ha + 2l/ha
Acetoclor + Isoxaflutole		1800 + 112.5	10	2 l/ha +150 g/ha
Testigo (sin control de malezas)		-	11	-

■ Cuadro 4.2. Herbicidas preemergentes y dosis evaluados en el ensayo. PC= producto comercial.



■ Figura 4.2. Altura total de las plantas de eucalipto a los 2 y 7 meses de edad e incremento en altura en 5 meses de crecimiento.

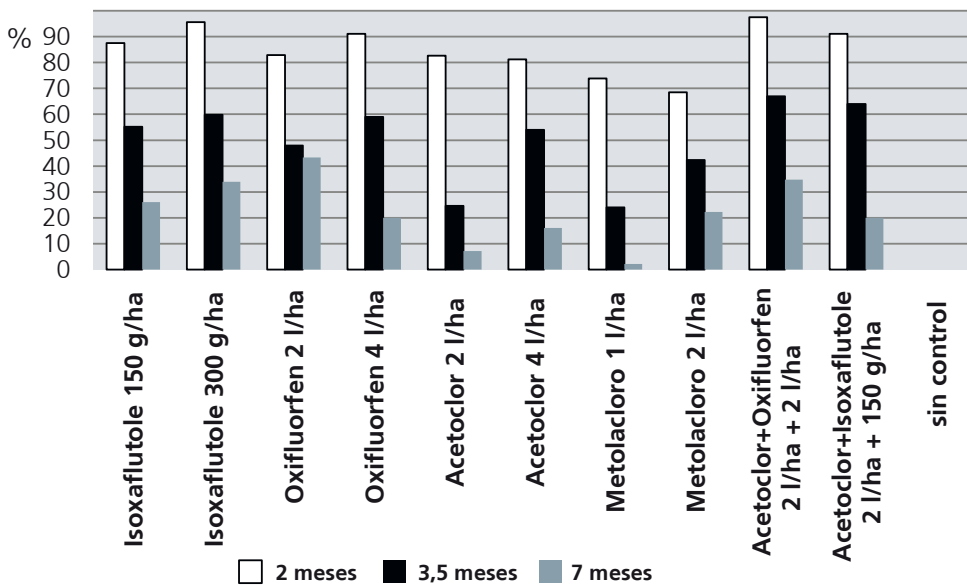


■ Figura 4.3. Cobertura de malezas promedio de las parcelas de los tratamientos en cada momento de evaluación.

Los resultados muestran que la cobertura de malezas en el testigo (sin control) fue de 60 % a los dos meses, y 98 % y 100 % en las evaluaciones a los 3,5 y 7 meses, respectivamente (Figura 4.3). En esas parcelas se observó menor crecimiento en altura de las plantas de *E. grandis* (Figura 4.2) en comparación con las plantas donde se aplicaron los herbicidas preemergentes. Este resultado muestra la

susceptibilidad de esta especie a la competencia por los recursos del sitio (agua, luz y nutrientes).

Los tratamientos que presentaron los mayores incrementos en altura total y mantuvieron los mayores porcentajes de control en el tiempo fueron en los que se aplicó Isoxaflutole y Oxifluorfen, y la mezcla Oxifluorfen+Acetoclor (Figura 4.4). En la evaluación visual de toxicidad,



■ Figura 4.4. Control de malezas (%) a los 2, 3,5 y 7 meses de la aplicación de herbicidas, calculado en base a la cobertura de malezas del testigo (valor de referencia).

a los 2 meses de aplicados los tratamientos, se observaron síntomas de toxicidad en las plantas de eucalipto en donde se aplicaron Metolacolor y Acetoclor.

En otros ensayos donde se evaluaron diversos principios activos que se utilizan como preemergentes en agricultura, se observó mejor control de malezas, crecimiento inicial y supervivencia en las parcelas donde se aplicaron Isoxaflutole y Oxifluorfen, y las mezclas de Acetoclor+Fluorocloridona y Acetoclor+Diclosulam. En esos ensayos se menciona fitotoxicidad temporal en los tratamientos con Oxifluorfen, Acetoclor y Fluorocloridona, mientras que donde se aplicó Atrazina, en algunos sitios se observó mortalidad de un elevado porcentaje de plantas.

La evaluación del efecto del ancho de control de malezas en la banda sobre el desarrollo y homogeneidad de las plantaciones de eucaliptos muestra que a mayor ancho controlado, mayor crecimiento. A partir de esos resultados se recomienda un ancho de control de malezas de la banda de plantación de aproximadamente 2 m.

También para evaluar el efecto del control de malezas en la entrelínea sobre el crecimiento de los eucaliptos y los efectos de las heladas, se realizaron controles mecánicos (disco, pastera) y químico (glifosato). Se encontró mayor crecimiento donde se desmalezó con glifosato y con disco. Por el contrario, el tratamiento de corte mecánico mantuvo siempre gramíneas en estadios de mayor demanda de recursos y competencia con las plantas forestales. Con respecto a la incidencia de las heladas,

donde se pasó la pastera las heladas tuvieron mayor duración; en cambio, donde se pasó el disco se registraron las heladas más tenues y cortas.

Bibliografía

- Dalla Tea F. 1995. Respuesta del *Eucalyptus grandis* a la aplicación de herbicidas. En: Asociación Latinoamericana de Malezas. Congreso Latinoamericano de Malezas, 12. 21-23 MARZO 1995, Montevideo (Uruguay). Ríos, A. y G. Fernández (Eds.). Conferencias y trabajos. Montevideo: INIA, 1995. p. 464-469 (INIA Serie Técnica, 56).
- Dalla Tea F., D. Díaz, S. Jaime, F. Larocca y col. 2002. PIA 20/98 "Evaluación del efecto de distintas prácticas de control de malezas en la implantación de forestaciones del nordeste de Entre Ríos y sureste de Corrientes", Informe final, Concordia, Entre Ríos, junio de 2002.
- De la Peña C., M. A. García, C. Gómez, J. Alejandro y M. Flores. 2013. Evaluación de diferentes herbicidas preemergentes en plantaciones de *Eucalyptus grandis* y su incidencia en el crecimiento. Cartilla Día de campo, XXVII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, octubre de 2013.
- García M. A., C. de la Peña, M. Martínez, M. Flores y S. Alberti. 2016. Información sobre resultados de ensayos de herbicidas. Jornada Taller "Identificación de problemas para el efectivo control de malezas en forestaciones", 29 de abril de 2016, EEA Concordia (INTA). Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_concordia_informacion_sobre_productos_para_control_de_malezas_en_forestaciones_0.pdf. Consulta: 18/12/2018.
- Villalba J., C. Montouto, J. Cazaban, P. Caraballo y O. Bentancur. 2010. Efecto del laboreo sobre la eficacia de herbicidas y el crecimiento de *Eucalyptus* spp. Agrociencia Uruguay, 14 (2):45-54, julio-diciembre 2010.

5. REFORESTACIÓN DE EUCALIPTO EN ENTRE RÍOS: COSECHA Y MANEJO DE LOS RESIDUOS, Y SUS EFECTOS SOBRE EL SUELO Y EL CRECIMIENTO

■ **María de los A. García, Carlos de la Peña y Ana M. Lupi**

En Entre Ríos la zona de mayor aptitud para el cultivo de eucaliptos se concentra en los departamentos Federación, Concordia y Colón, sobre tres tipos de suelos, diferentes en sus propiedades, distribuidos en mosaicos, algunas veces con cambios en pocos metros en cuanto a la profundidad efectiva, el contenido de arcillas o la fertilidad. Hacia el sur se presentan restricciones climáticas para el cultivo de eucaliptos, mientras que hacia el oeste la limitante principal es el suelo, con elevado contenido de arcillas expandibles, drenaje deficiente y problemas de erosión.

Las densidades de plantación varían entre 1000 y 1200 plantas por hectárea, según el objetivo de producción y el posterior manejo; los espaciamientos más usados son 4 m x 2,5 m, 4 m x 2,25 m, 4 m x 2 m, 3 m x 3 m. Las forestaciones en esta región han sido tradicionalmente manejadas para aprovechar los rebrotes en varios cortes, llegando al final de la rotación con elevada mortalidad de las cepas y material genético de la plantación original, además de menor rendimiento por grandes tocones y mayores alturas de corte. El último inventario forestal nacional, publicado en diciembre de 2017, indica que en Entre Ríos hay 112,8 mil hectáreas de eucaliptos, de las que aproximadamente el 40% consiste en plantaciones manejadas con rebrotes sucesivos. Este sistema de producción, que mantiene los espaciamientos de las plantaciones originales, de 2 m x 2 m a 3 m x 3 m, aprovecha hasta tres ciclos de rebrotes en turnos de 10 a 15 años, con 40 - 60% de las cepas vivas al final de la rotación.

Las incipientes plantaciones clonales se manejan en base a los mismos esquemas silvícolas aplicados a las plantaciones de semilla. Ensayos en plantaciones clonales evaluados en la zona indican que con espaciamientos de 4 m x 4 m, 4 m x 5 m y 4 m x 6 m (densidades iniciales de 400 a 800 plantas por hectárea) se alcanza mayor rentabilidad por hectárea que con los distanciamientos tradicionales, por el tipo de productos que se obtienen -rollizos de mayores dimensiones-, aunque el volumen total disminuye a medida que la densidad es menor.

Características de la cosecha

En esta región las tareas relacionadas a la actividad forestal, como preparación de suelo, plantación, podas, raleos, y cosecha se realizan en muchos casos a través de contratistas. Los sistemas de cosecha aplicados pueden agruparse en tres tipos, según el sistema de apeo y extracción:

1. **Manual:** apeo con motosierra, extracción con tractor con cadenas o manual, y carga manual o con cargadora. Lo utilizan 16% de los contratistas.
2. **Semimecanizado:** apeo con motosierra, extracción con tractor con cadenas o arrastrador (de garra, cadena, etc.), y carga con cargadora frontal o grúa forestal. Corresponde al sistema que usan 61% de los contratistas.
3. **Mecanizado:** apeo con cosechadora forestal, extracción con arrastrador y carga con trineumático o grúa forestal. Usan este sistema 23% de los contratistas.

El sistema de cosecha afecta la futura reforestación por la dificultad operativa que implica operar entre tocones, el volumen de residuos que queda en el lote y la compactación que genera la circulación de maquinaria pesada. La mayoría de los contratistas de la región realizan el volteo, desrame y trozado con motosierra, y las ramas se escolleran (se apilan en el sentido de las líneas de plantación) cada 3, 4 o 5 entrelíneas. A partir de ahí la operación de cosecha es variable en función del sistema de extracción de madera utilizado: si se realiza por arrastre, sea con tractor agrícola con cadenas o lingas para enganchar los fustes, o con arrastrador, el fuste del árbol apeado se transporta hasta la zona de acopio y carga localizada en una cabecera del lote, donde se troza en distintos largos y diámetros mínimos requeridos según el destino industrial de la materia prima. Cuando la extracción se realiza con cargadora, el trozado se realiza dentro del monte, y las trozas se clasifican de manera similar al caso anterior.

El apilado de la madera se realiza en algunos casos en forma manual, o bien con una grúa; los contratistas más pequeños utilizan cargadoras frontales. Una vez armadas las pilas, la madera se transporta hasta la playa y allí se carga directamente sobre el camión (Figura 5.1), o se acopia para su posterior carga.



■ **Figura 5.1.** Carga sobre camión de madera apilada en playa.



■ **Figura 5.2.** Tocones que comúnmente quedan después del aprovechamiento de rebrotes de eucalipto.

En general la cosecha implica un aprovechamiento integral del monte, de donde se obtienen productos diversos, como vigas para aserradero, vigas cortas para cajonería, y la madera fina para trituration, con o sin corteza. También es usual que se realice una selección de postes -150 a 300 unidades por hectárea- que se elaboran y extraen previo a la tala rasa.

Los residuos de cosecha incluyen despuntes, hojas, ramas y frutos, partes de fustes defectuosos y tocones. La cantidad de residuos depende principalmente del destino de la madera, de la historia de manejo del rodal y de la calidad de los fustes. Fustes defectuosos por cuestiones genéticas, por factores abióticos (efectos de viento fuerte, granizo, heladas) o por problemas sanitarios ocasionan pérdidas en el volumen aprovechable. Además, a mayor número de ciclos con manejo de los rebrotes, mayores las alturas de corte, de lo que resultan tocones de grandes dimensiones (más de 1 metro de altura y más de 60 centímetros de diámetro), que permanecen durante muchos años sin descomponerse (Figura 5.2). Aunque todavía no se aprovechan los residuos con fines energéticos, es probable que a futuro se pueda reducir la cantidad de residuos de la cosecha de las forestaciones mediante su aplicación para generar energía (Figura 5.3).



■ **Figura 5.3.** Extracción de leña de los residuos de un lote de eucalipto recién cosechado.

Manejo de los residuos de cosecha

Las tareas necesarias para preparar el sitio a reforestar -laboreo del suelo, control de malezas y hormigas- y la plantación están condicionadas por las dimensiones de los tocones y el espaciamiento original de la plantación, y la cantidad y tipo de residuos de la cosecha, factores que pueden obstaculizar e incluso impedir realizar labores mecanizadas.

En Entre Ríos la cosecha forestal deja gran cantidad de residuos, sobre todo después de la primera corta, en los siguientes ciclos con rebrotes. La que-

ma es la herramienta más aplicada para acondicionar los lotes a reforestar, pues reduce el volumen de residuos, facilita el control de hormigas y favorece el crecimiento inicial debido al aumento temporal de nutrientes fácilmente disponibles en las cenizas (Figura 5.4). Sin embargo, muchos estudios indican que la quema puede ocasionar pérdida de nutrientes por volatilización y transporte aéreo de cenizas, erosión del suelo por pérdida de cobertura, cambios temporales en la disponibilidad de nutrientes, pérdida de materia orgánica, y afectación de la actividad biológica, entre otros aspectos. Esos



■ **Figura 5.4.** Quema de los residuos de la cosecha. Izquierda: en escollera; derecha: residuos desparramados en toda la superficie.

efectos dependen de la intensidad de la quema, es decir de la temperatura alcanzada y del tiempo que dura el fuego. Aunque el fuego es una herramienta eficaz para el manejo de los residuos en reforestaciones, es necesario buscar opciones que permitan lograr una adecuada condición para el establecimiento del cultivo y el uso sostenible de los recursos.

Una alternativa a la quema es escoger los residuos sin quemarlos. Aunque menos difundida entre los contratistas, se utiliza en algunas reforestaciones de esta región, principalmente cuando por algún motivo no se puede quemar (Figura 5.5).

Las plantaciones de eucalipto, por su rápido crecimiento, acumulan en pocos años gran cantidad de nutrientes en la biomasa. Con la cosecha se exportan los nutrientes contenidos en la madera que se extrae, situación que puede afectar la capacidad productiva de los sitios en los ciclos sucesivos y a medida que se acortan los turnos. Además, las diferencias en productividad de las plantaciones según la calidad de los sitios se observan también en la cantidad de nutrientes exportada en la madera. Por ejemplo, una estimación en base al volumen en pie y a la concentración de nutrientes en muestras

de árboles de sitios con diferentes suelos e historias de manejo, indicó que las cantidades exportadas de nitrógeno, fósforo y potasio son mayores en sitios de mayor productividad (Tabla 5.1). Esto significa que en esos sitios, donde en general se definen turnos más cortos, la extracción de nutrientes contenidos en la madera ocurre en un período menor de tiempo que en los sitios menos productivos, volviéndolos más susceptibles a procesos de deterioro cuando el uso de los recursos no tiene en cuenta los efectos de las prácticas a largo plazo.

Además, es importante analizar la cantidad y tipo de residuos que quedan en el campo luego de la tala rasa, y los nutrientes contenidos en ellos. Con ese objetivo, en 5 sitios se cuantificaron el mantillo acumulado antes de la cosecha, los residuos poscosecha ($Mg\ ha^{-1}$) y los nutrientes en el mantillo y en los residuos poscosecha, separados en material grueso (ramas mayores a 1 cm de diámetro, despuntes y restos de fustes, y frutos), fino (hojas, ramitas de hasta 1 cm de diámetro y mantillo) y corteza. La Tabla 5.2 muestra la cantidad de mantillo y residuos por hectárea (en base seca y por tipo de material), y los nutrientes contenidos en ellos.



■ **Figura 5.5. Conservación de residuos de la cosecha. Izquierda: en escolleras; derecha: residuos despejados.**

Sitio	Volumen en pie ($m^3\ ha^{-1}$)	Biomasa de fustes ($Mg\ ha^{-1}$)	Nutrientes exportados en la madera cosechada ($Kg\ ha^{-1}$)			
			N	P	K	Ca
1	543,7	235	261	22	167	673
2 y 3	300 – 326	130 – 141	168 - 183	14 - 15	82 - 89	660 - 718
4	206	89	116	10	56	454

■ **Tabla 5.1. Nutrientes que se exportan en la madera ($Kg\ ha^{-1}$) según los sitios estudiados.**

		Residuos poscosecha + mantillo (Mg ha ⁻¹)				Nutrientes en residuos poscosecha + mantillo (Kg ha ⁻¹)			
Sitios agrupados por suelos	Mantillo pre-cosecha (t ha ⁻¹)	Material fino	Material grueso	Corteza	Total	N	P	K	Ca
Mestizos	23 -30	33	31	4,5	15- 68	51-234	3 -140	15-67	96 -447
Arcillosos	46	32	33	3,2	57 -68	427-506	14 -16	29 -35	541 -642

■ **Tabla 5.2. Nutrientes en el mantillo y los residuos.**

Si bien la diferencia en la cantidad de residuos totales, tal como se explicó, se debe a diversas causas, llama la atención que aproximadamente la mitad de ellos corresponde a material grueso, aprovechable para uso energético (leña, chips). Sin embargo, la extracción de leña generalmente no se realiza debido a las dificultades para comercializarla.

Por otro lado, las diferencias texturales de los suelos de los sitios evaluados afectan también la dinámica de descomposición e incorporación del mantillo en cada sitio, que se evidencia en la cantidad de mantillo acumulado durante todo el ciclo, que representa de 34 a 68% de la biomasa de residuos. Por otro lado, la corteza es la componente de menor importancia relativa en la composición de los residuos de cosecha, ya que, en general, solo se descortezaba a campo lo que por su destino industrial lo requiera.

Para estimar cambios en la cantidad de residuos

de la cosecha por descomposición e incorporación al suelo, se compararon los residuos remanentes en dos sitios inmediatamente después de la cosecha y un año después. La pérdida de peso de los residuos fue de 21,6-23,6% (Tabla 5.3) y se identificaron solamente materiales grueso y fino, lo que indica que un barbecho antes de la reforestación podría resultar conveniente para reducir la cantidad de residuos pos-cosecha y los problemas asociados a su manejo y labores posteriores, además de favorecer la disponibilidad de nutrientes por descomposición de los residuos en ese período.

Cuando los residuos se queman, además de reducirse el volumen, ocurren pérdidas de nutrientes por diversos procesos. En base a estudios que indican las proporciones de cada nutriente que se pierden al quemar los residuos, se estimó la pérdida ocasionada por la aplicación de esta práctica (Tabla 5.4), y se

Fracción	Sitio 1		Sitio 2	
	Poscosecha	12 meses después	Poscosecha	12 meses después
Fino	32,6	33	31,9	24
Grueso	31	19	32,5	29
Corteza	4,5	-	3,2	-
Total	68,1	52	67,6	53

■ **Tabla 5.3. Residuos de cosecha (t ha⁻¹) en dos momentos de evaluación.**

		Nutrientes en residuos de la cosecha (Kg ha ⁻¹)				Pérdida de nutrientes por quema de los residuos (Kg ha ⁻¹)			
Sitios	Suelo	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca
1, 2 y 3	mestizo	51-234	3-13	15-67	96-447	45-206	1,0-4,4	4,4-20	45-210
4 y 5	Arcilloso	427-506	14-16	29-35	541-642	376-445	4,6-5,4	9-10,4	254-302

■ **Tabla 5.4 Nutrientes en los residuos de la cosecha y pérdida estimada al quemar los residuos.**

calculó a cuánto fertilizante equivalen. La pérdida estimada de nitrógeno en sitios de suelo mestizo es equivalente a 98-448 Kg ha⁻¹ de Urea, y a 817-967 en sitios de suelo arcilloso. Cuando se considera el calcio, quemar los residuos equivale a perder 263-1228 kg ha⁻¹ de Superfosfato triple de calcio en sitios de suelo mestizo, y 1486-1767 kg ha⁻¹ en los sitios de suelo arcilloso, mientras que el fósforo que se pierde con la quema es equivalente a 4-17 y 17-20 kg ha⁻¹ de Superfosfato triple de calcio, en sitios de suelo mestizo y arcilloso respectivamente. El potasio que se pierde por quema de los residuos, por su parte, equivale a 8-38 kg ha⁻¹ de Cloruro de potasio en sitios de suelo mestizo y a 17-20 kg ha⁻¹ de ese mismo fertilizante en los sitios de suelo arcilloso.

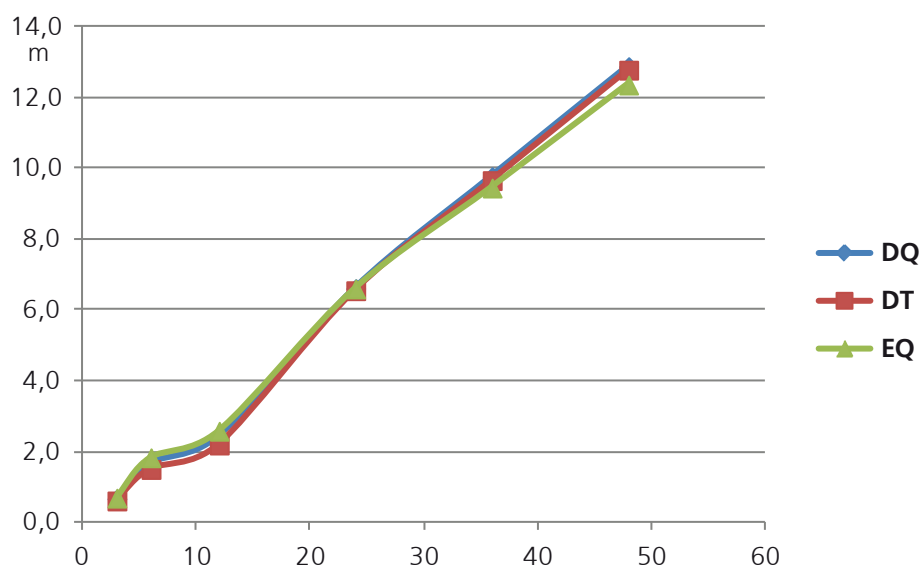
Efectos del manejo de los residuos en el crecimiento de reforestaciones de eucalipto

Entre las prácticas que afectan el establecimiento y productividad de las plantaciones de eucalipto, la preparación del suelo es una de las más importantes, porque permite mejorar las condiciones para la exploración de raíces y anclaje de las plantas y facilitar el acceso al agua y a los nutrientes. En los sitios de suelo arcilloso la preparación del suelo es más intensiva, donde se emplean rastras pesadas y subsolador, mientras que lo más usado en sitios de suelo arenoso es la rastra liviana. El espacio entre

tocones y el manejo de los residuos también determinan el tipo de labor e implemento a utilizar en la preparación del suelo.

En diversos ambientes de la provincia de Entre Ríos se han evaluado los efectos de la quema y de la conservación de los residuos de cosecha en lotes reforestados, de plantaciones originales y de rebrotes sobre distintos suelos, donde luego de la disposición de los residuos se laboreó el suelo con implementos e intensidad variables de acuerdo con la textura y se fertilizó con 100 g de fosfato diamónico por planta. La comparación de la quema de los residuos (distribuidos en la superficie, DQ, y en escolleras cada 3 filas, EQ) y conservación de los residuos triturados (DT), en evaluaciones hasta los 4 años, indicó que el manejo de los residuos afecta la altura de las plantas solamente durante el primer año (Figura 5.6), período en el que la altura resultó mayor donde se quemaron los residuos escolleros (EQ) (Figura 5.7) y menor donde se conservaron los residuos (DT) (Figura 5.7). En esas condiciones el menor crecimiento podría deberse a la lenta descomposición de los residuos de eucalipto, que limita la disponibilidad inicial de los nutrientes. En otros sitios con suelos y manejos similares donde se comparó la supervivencia inicial, no se encontraron diferencias debidas al manejo de residuos.

Los resultados encontrados en evaluaciones en sitios de suelos mestizo y arcilloso, al comparar quema (EQ, DQ) y conservación de residuos (DT, DT_r) muestran diferencias en las respuestas según el tipo de suelo. En el sitio de suelo arcilloso la altu-



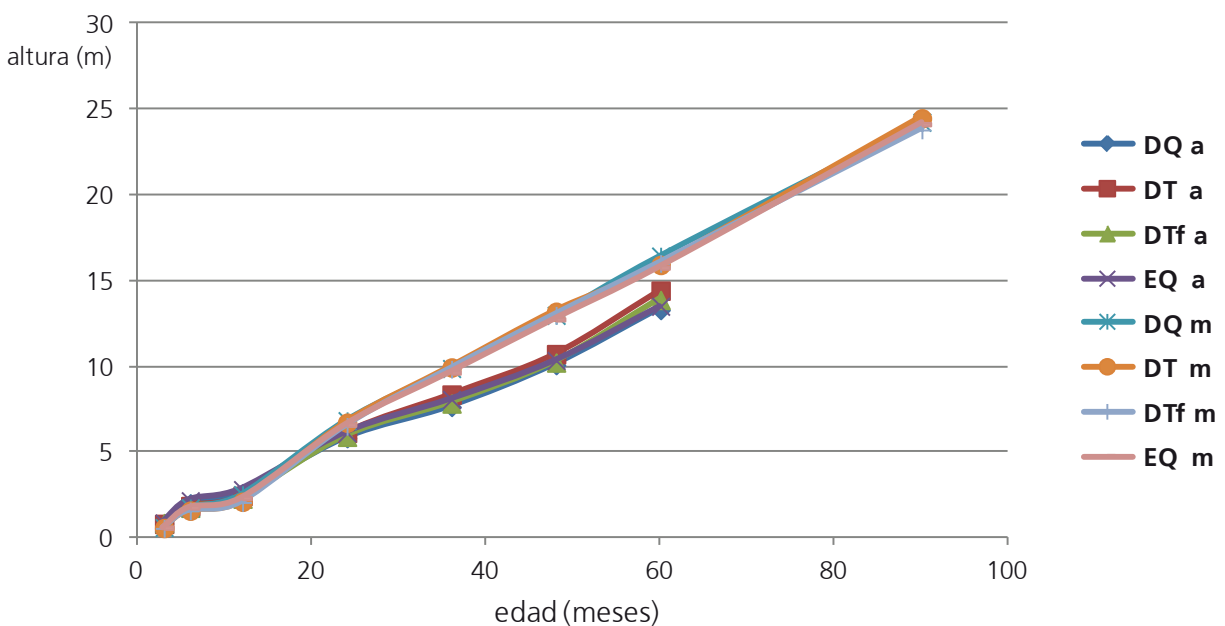
■ Figura 5.6. Altura media hasta los 4 años, según manejo de los residuos.



■ **Figura 5.7. Medición de crecimiento en altura al año de instalado el ensayo de manejo de residuos. Izquierda: parcela del tratamiento de quema de los residuos escollerados (EQ); derecha: parcela de conservación y trituración de los residuos (DT), en un sitio de suelo mestizo.**

ra en el primer año de edad fue mayor en EQ que en las parcelas con conservación de residuos, pero no se diferenciaron en las siguientes mediciones; en cuanto al diámetro, no se encontraron diferencias entre los manejos de residuos en los 5 años

medidos (Figura 5.8). La reforestación en el sitio de suelo mestizo, en cambio, no presentó diferencias entre las plantas según los manejos de residuos en ninguna de las mediciones de DAP y altura que se hicieron hasta los 7,7 años (Figura 5.8).



■ **Figura 5.8. Altura en dos sitios, según manejo de los residuos. Todas las plantas se fertilizaron con 100 gramos de fosfato diamónico, y en DTf se fertilizaron adicionalmente con 20 gramos de Basacote 6 M (liberación teórica de los nutrientes en 6 meses).**

Efectos del manejo de los residuos en las propiedades del suelo

Conocer el efecto que el manejo de los residuos tiene sobre la productividad de los sitios es de gran interés para predecir posibles consecuencias sobre la calidad del suelo. Uno de los aspectos más discutidos del manejo de residuos es su efecto temporal. En algunos casos, los efectos negativos de corto plazo pueden desaparecer o amortiguarse, aunque el número de rotaciones tiene un fuerte impacto. Numerosos estudios señalan que el aprovechamiento forestal sucesivo, especialmente de especies de rápido crecimiento y en turnos cortos, causa la disminución de la reserva de carbono y nutrientes, que por un lado se exportan con la madera cosechada, y por el otro se pierden debido a las prácticas utilizadas para reducir la cantidad de residuos y preparar el suelo, como la quema y la labranza.

Con la quema, los nutrientes contenidos en los residuos y el mantillo son transformados a formas minerales fácilmente aprovechables por las plantas, pero según la temperatura alcanzada una parte se pierde por volatilización, además de otros procesos como la lixiviación y transporte aéreo de las cenizas. Por el contrario, cuando los residuos de la cosecha se conservan en el sitio los nutrientes se incorporan al suelo lentamente por descomposición, forman compuestos orgánicos que integran la reserva de nutrientes del suelo y favorecen otras propiedades edáficas como la formación de agregados estables y la infiltración. En particular, los residuos de la cosecha de eucaliptos, con altas concentraciones de compuestos químicos complejos, de lenta degradación, promueven la humificación.

Luego de la disposición y tratamiento de los residuos de la cosecha, y siempre que el espacio entre tocones lo permita, se laborea el suelo con diferentes implementos, profundidad e intensidad, según

el tipo de suelo y el manejo aplicado a los residuos. Esto ocasiona una alteración en los primeros centímetros del perfil del suelo hasta la profundidad de labor, debida en parte a la inversión del horizonte superficial. Por el disturbio, cuando se comparan propiedades del suelo medidas antes de la cosecha con las determinaciones en el suelo después de la preparación del suelo y plantación, hay que considerar que en el ancho de labor de la línea de plantación, donde se establecen y desarrollan inicialmente las plantas, los suelos ya no presentan las propiedades de sus horizontes característicos, sino que son el resultado de una mezcla de horizontes. Durante un tiempo, y hasta estabilizarse, pueden observarse valores diferentes a los del suelo antes de la cosecha, los que se deben en parte al tratamiento de los residuos (quema, trituración, despejado) y en parte a la preparación del suelo.

En sitios con quema (EQ, DQ) y con conservación de residuos triturados (DT), donde posteriormente se laborearon los suelos para prepararlos para la plantación, se evaluaron algunas propiedades del suelo antes de la cosecha y después del manejo de residuos y plantación. En esos sitios no se observaron diferencias significativas en la concentración de carbono orgánico del suelo (CO%) según el manejo de los residuos, aunque CO% mostró un descenso significativo en la capa superficial del suelo (0 a 10 cm) después de la cosecha (Tabla 5.5).

Con respecto al nitrógeno total (Nt%), no se encontraron diferencias según los manejos de residuos aplicados en ninguno de los momentos de muestreo, mientras que su concentración fue significativamente mayor en la capa de 0 a 10 cm (Tabla 5.6).

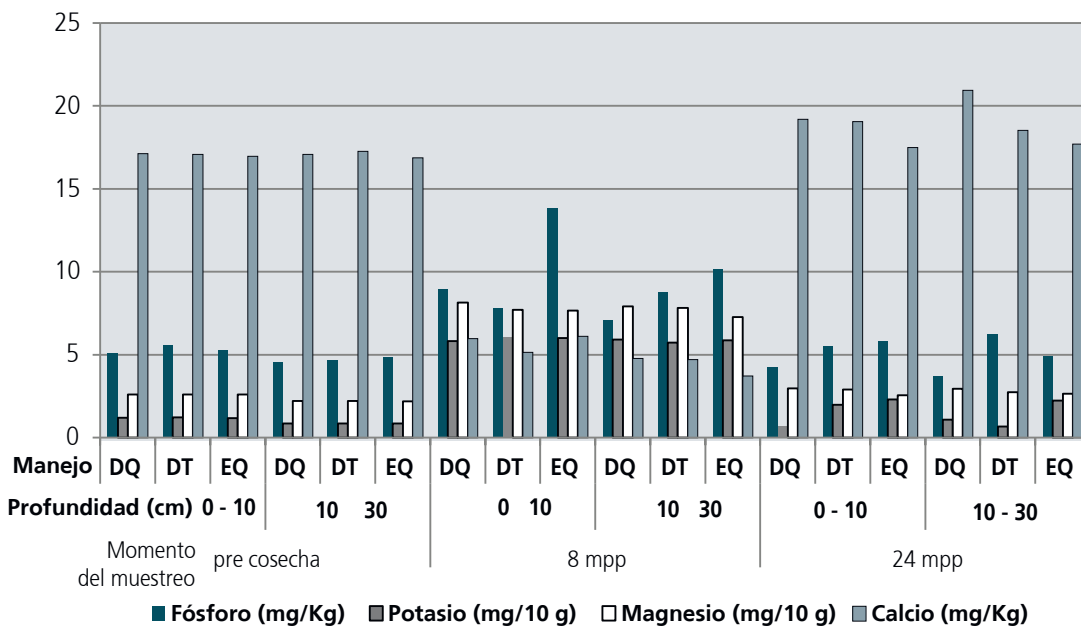
Las concentraciones de fósforo extractable, potasio, calcio y magnesio no se diferenciaron según el manejo de los residuos en ninguno de los momentos de muestreo. Sin embargo, se observó un aumento en las concentraciones de fósforo extrac-

	Profundidad	0 - 10 cm			10 - 30 cm		
	Manejo de los residuos	DQ	EQ	DT	DQ	EQ	DT
Momento de muestreo	Antes de la cosecha	2,35	2,33	2,39	1,28	1,3	1,36
	8 meses	2,01	2,02	2,19	1,5	1,29	1,55
	24 meses	2,12	1,83	2,29	1,59	1,31	1,48

■ **Tabla 5.5. Carbono orgánico a dos profundidades del suelo, en muestras tomadas en 5 sitios, antes de la cosecha y a 8 y 24 meses de edad de la plantación en lotes donde se aplicaron distintos manejos de residuos.**

	Profundidad	0 - 10 cm			10 - 30 cm		
	Manejo de los residuos	DQ	EQ	DT	DQ	EQ	DT
Momento de muestreo	Antes de la cosecha	0,16	0,17	0,16	0,1	0,1	0,1
	8 meses	0,15	0,14	0,16	0,12	0,1	0,12
	24 meses	0,17	0,14	0,17	0,13	0,1	0,12

■ **Tabla 5.6. Concentración de nitrógeno total (%) a dos profundidades del suelo, en muestras tomadas en lotes con distintos manejos de residuos, antes de la cosecha y a 8 y 24 meses de edad de la plantación**



■ **Figura 5.9. Concentración promedio de fósforo extractable, potasio, magnesio y calcio a dos profundidades del suelo, en muestras tomadas en parcelas con distintos manejos de residuos, antes de la cosecha y a 8 y 24 meses posplantación (mpp).**

table, potasio y magnesio y un descenso en la concentración de calcio (Figura 5.9) 8 meses después de la replantación. Esos cambios resultaron significativos y temporales, pues a los 24 meses ya no se observaron diferencias con respecto a las concentraciones de esos nutrientes antes de la cosecha.

El pH no mostró cambios significativos entre los distintos manejos, tampoco entre los valores antes de la cosecha y luego del manejo de los residuos y la plantación.

En otras situaciones, cuando la distancia entre tocones no permite laborear el suelo, no hay inversión de los horizontes del suelo, pero los efectos de la quema y de la conservación de los residuos pueden evidenciarse por cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo, como la infiltración del agua, la estabilidad estructural, las formas químicas

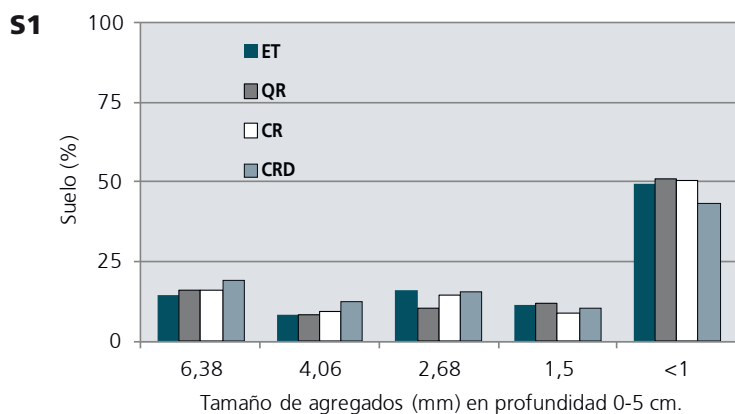
de los nutrientes contenidos en la materia orgánica.

En dos sitios con suelos de diferente textura (S1, vertisol, y S2, molisol), donde se reforestó sin laboreo, se evaluaron algunas propiedades del suelo 18 y 22 meses después de aplicarse diferentes manejos a los residuos. Las determinaciones se hicieron en las capas de 0-5 cm y 5-10 cm en parcelas con quema de los residuos distribuidos en la superficie (DQ), conservación de los residuos en superficie (CR), conservación en doble cantidad (CRD) y extracción total (ET). Los resultados mostraron diferencias en la estabilidad estructural de los agregados y la conductividad hidráulica saturada entre los sitios debido a las diferencias texturales.

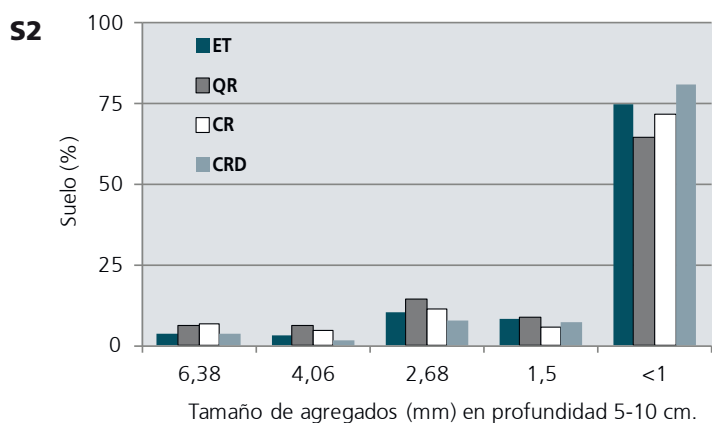
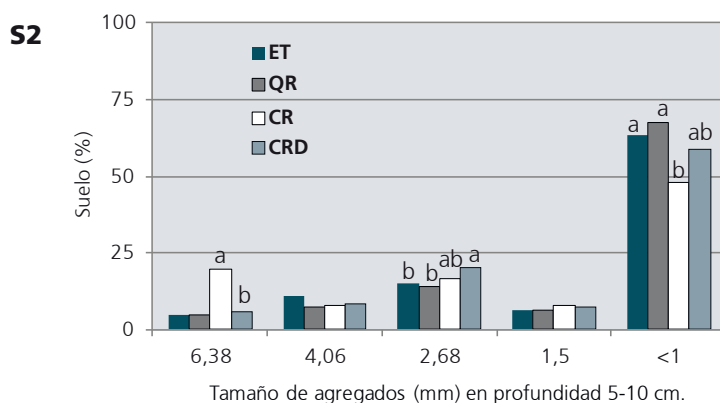
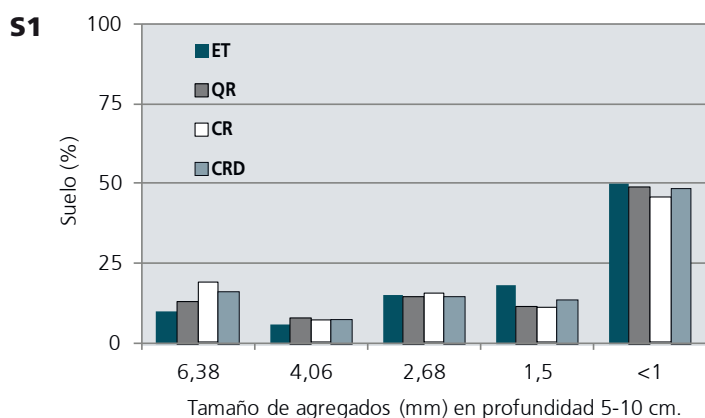
La distribución de tamaños de agregados refleja la estabilidad de los mismos frente a agentes exter-

nos (por ej, la erosión hídrica). La distribución de tamaño de agregados luego del tamizado en agua (Figura 5.10) muestra que se produjo una ruptu-

ra de los agregados grandes y la acumulación de suelo en el tamiz de abertura <1 mm. La desintegración de agregados grandes fue mayor en S2



■ **Figura 5.10. Distribución de tamaño de agregados en un sitio con suelo Vertisol (S1) y en un Molisol (S2) para las profundidades 0-5 cm y 5-10 cm. Letras distintas difieren estadísticamente.**



que en S1: en S2 se acumuló 70 % del suelo en el tamiz de <1 mm, mientras que en S1 sólo 50 %. Esto se asocia al tipo de suelo, e indica que S2 es más susceptible a la degradación estructural. En S2 el efecto de colapso y disgregación de los agregados de 6,38 mm y 2,68 mm fue mayor en la profundidad 0-5 cm de los tratamientos sin residuos (DQ y ET) (Figura 5.10). El tratamiento CR mantuvo una cantidad significativamente mayor de agregados grandes.

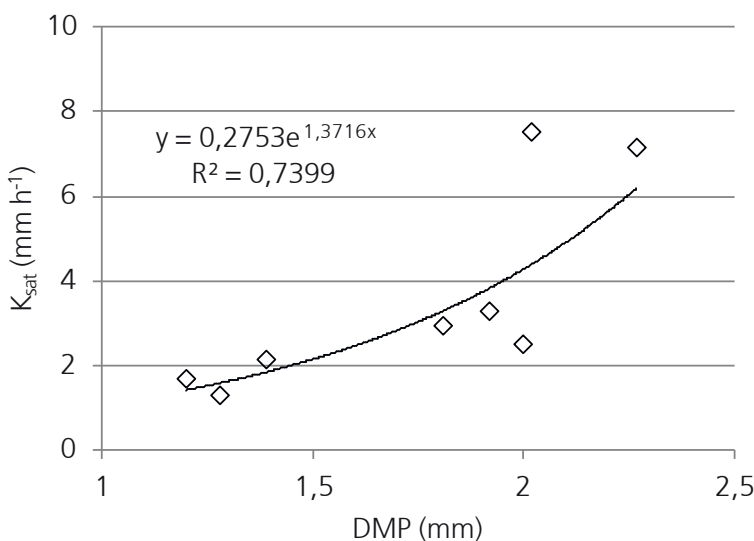
La conductividad hidráulica saturada (K_{sat}) refleja la velocidad de transmisión del agua por los macroporos dentro del perfil del suelo, en nuestro estudio la velocidad de ingreso del agua al perfil, y se asocia a la calidad física del suelo y a la estabilidad y continuidad del sistema poroso. En S1 los valores oscilaron entre 0,75 mm h⁻¹ y 28,7 mm h⁻¹; en tanto en S2 variaron entre 0,023 mm h⁻¹ y 11,14 mm h⁻¹. Ambos suelos son clasificados con K_{sat} baja a muy baja; sin embargo, la conductividad promedio del suelo en S1 resultó aproximadamente 3 veces superior a la del suelo en S2. Estos resultados ponen en evidencia las diferencias que presentan estos

sitios, donde la mayor proporción de limo y arcilla en S1 genera agregados más grandes y más estables. Además, a elevados contenidos de humedad en estos suelos con arcillas expandibles se produce el hinchamiento de la matriz del suelo y disminuye la cantidad de macroporos, modificando la transmisión de agua en la matriz edáfica. El efecto de los tratamientos sobre el ingreso del agua al suelo fue más evidente en S1: donde se conservaron los residuos (CR y CRD) se observaron los valores promedio más altos y con mayor rango de variación en los registros observados de K_{sat} ; en ET y QR descendió aproximadamente 50 % respecto de CR y alcanzó valores similares a todos los tratamientos de S2 (Tabla 5.7). La alta variabilidad observada en la K_{sat} expresa la variación horizontal intrínseca del sistema poroso del suelo, que se acentúa en aquellas situaciones donde el suelo está protegido por residuos, evitando el sellado y taponamiento de los poros que ocurre comúnmente en situaciones sin cobertura.

En la Figura 5.11 se muestra la relación entre la estructura del suelo, medida a través del diámetro medio ponderado de los agregados, y la conduc-

	S1		S2	
	Media	Rango	Media	Rango
DQ	2,52	0,29-7,78	2,15	0,549-4,883
ET	3,28	0,863-12,15	1,30	0,0789-7,40
CR	7,52	0,747-28,71	2,94	0,8-5,058
CRD	7,14	1,34-16,9	1,69	0,62-5,38

■ **Tabla 5.7. Conductividad hidráulica saturada superficial (mm h⁻¹) para diferentes sistemas de manejo de residuos en dos sitios.**



■ **Figura 5.11. Relación entre el tamaño de los agregados del suelo y la conductividad hidráulica saturada superficial.**

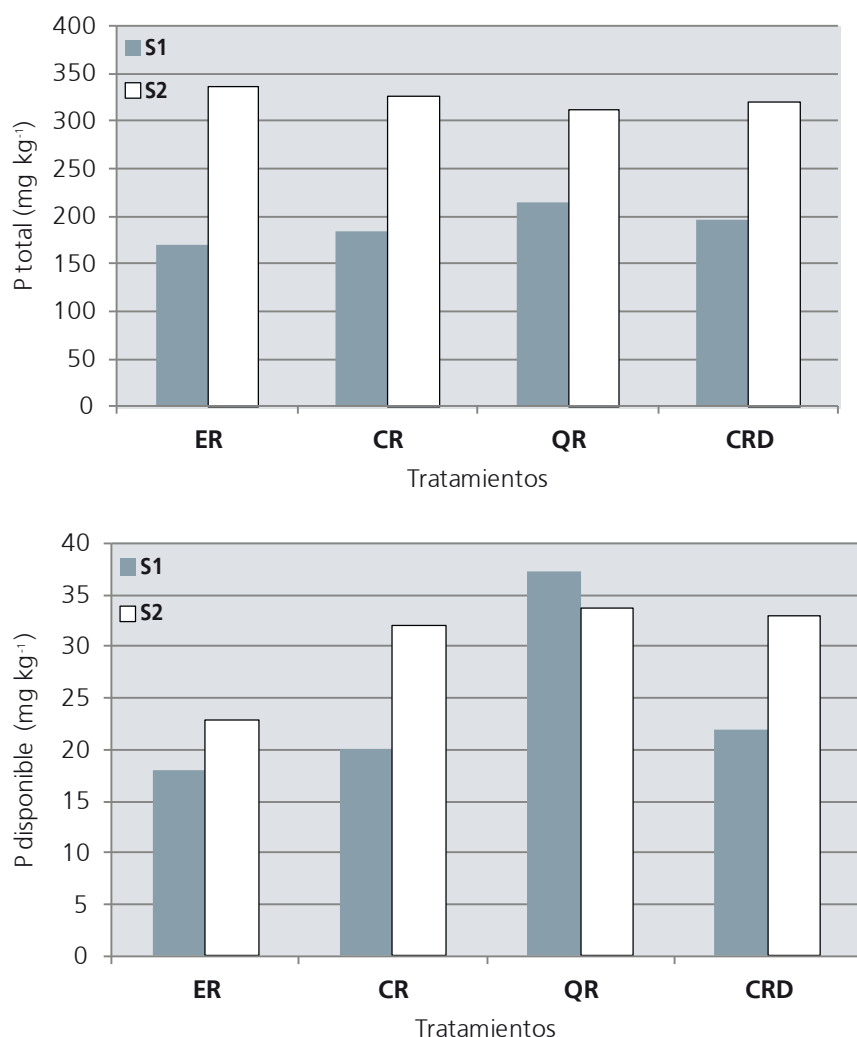
tividad hidráulica, donde más de 70% de la variación de la conductividad hidráulica del suelo se explica a partir de la estabilidad de los agregados. Esto demuestra la importancia de contar con agregados estables en la interface suelo-atmósfera para favorecer la recarga de agua del perfil del suelo.

En esos sitios no se encontraron diferencias significativas en el carbono orgánico total ni en la fracción particulada del carbono orgánico, variable que se asocia positivamente con el aporte de residuos, la disponibilidad de nutrientes en el corto plazo (particularmente N), y la formación de agregados estables (cuanto más carbono orgánico particulado acumule el suelo, mayor será la estabilidad de los agregados).

En cuanto al fósforo (P), generalmente limitante del crecimiento de los eucaliptos, en los dos sitios se analizaron los cambios en las fracciones de este nutriente en el suelo según los tratamientos. S1

presentó una mayor reserva de P total en comparación con S2 (Figura 5.12). En el corto plazo no se hallaron cambios en la reserva de P total luego de aplicar los tratamientos, en ninguno de los dos sitios. Se analizaron además diferentes fracciones de P. En S1 la concentración de la fracción disponible para las plantas (más sensible a disturbios del suelo) y otras formas del P inorgánicas (más resistentes y que no intervienen en la nutrición del cultivo a corto plazo) resultaron mayores donde se quemaron los residuos (DQ). La ausencia de cambios en S2 puede relacionarse a procesos como el mayor tiempo sucedido entre la quema y el muestreo, absorción del P disponible por los plantines y las malezas, entre otros.

Con respecto a las propiedades microbiológicas del suelo, cuando se queman los residuos y la superficie queda expuesta, aumenta la mineralización de la materia orgánica por el aumento de



■ **Figura 5.12 Fósforo total (superior) y disponible (inferior) en la profundidad 0-5 cm, bajo diferentes sistemas de manejo de residuos aplicados en diferentes sitios.**

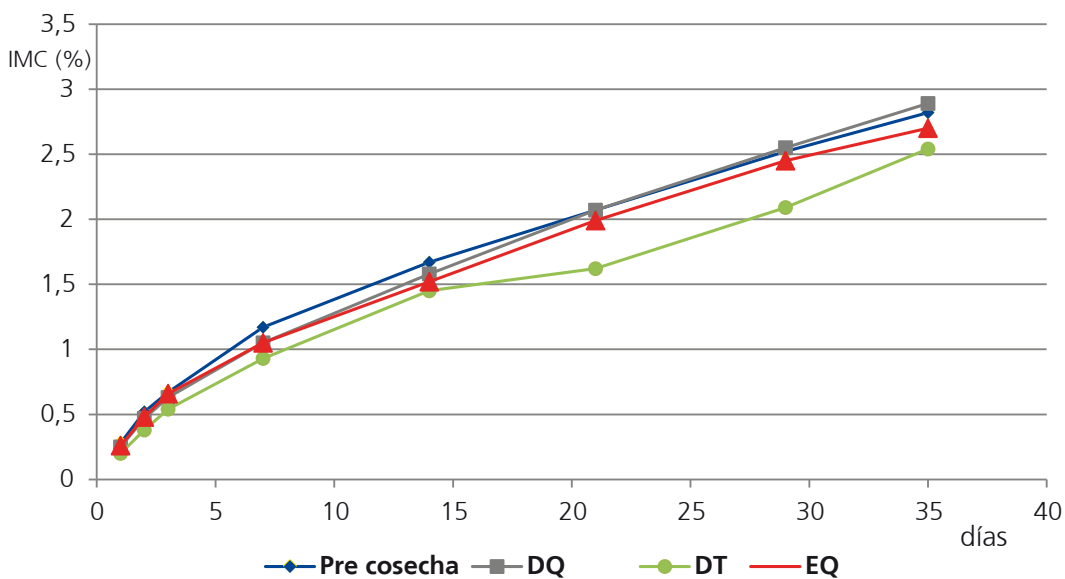
la actividad microbiana durante un corto tiempo. La mineralización del carbono orgánico del suelo es un proceso sensible a cambios en el pH, la humedad y la temperatura edáficas, y se ve afectado por el manejo cultural del suelo. La tasa potencial de mineralización del carbono orgánico se determina por medición del CO₂ acumulado al incubar muestras de suelo. Del cociente entre el carbono mineralizado y el carbono orgánico del suelo se calcula el índice de mineralización de carbono (IMC = C-CO₂ acum/CO). Hay estudios que señalan que el cultivo intensivo del suelo y el establecimiento de la plantación aceleran la mineralización de la materia orgánica. En un estudio de mineralización potencial del carbono del suelo realizado en esta región, en muestras tomadas antes de la cosecha y después del manejo de residuos y reforestación de eucalipto, el IMC antes de la cosecha y en sitios con quema de los residuos (EQ y DQ) resultó significativamente mayor que en sitios con conservación de los residuos (DT) (Figura 5.13).

Valores altos del IMC indican mayor actividad biológica y rápida descomposición de residuos orgánicos. En este trabajo las diferencias en IMC indican que la conservación de residuos de cosecha de eucalipto y su incorporación al suelo mediante laboreo reduce significativamente la actividad de los microorganismos y la consecuente mineralización de carbono en el corto plazo. Probablemente esa disminución de la mineralización se deba a la cubierta cerosa de las hojas de eucalipto (que repe-

le el agua y dificulta la disolución de compuestos solubles), al alto valor de la relación C/N (30-50), y a la composición química con altos contenidos de compuestos orgánicos resistentes en los residuos. En los tratamientos con quema, en cambio, la inmediata disponibilidad de nutrientes causa un aumento temporal de la actividad microbiana, aunque parte de la población de microorganismos del suelo haya probablemente disminuido por efecto del fuego. Esa podría ser la causa de que no se observen diferencias en estos tratamientos (EQ y DQ) con respecto al IMC del suelo antes de la cosecha.

Bibliografía

- De la Peña, C. A., G. Sosa y L. Román. PIA 12047: Desarrollo de una tipología regional de los contratistas de cosecha de la cuenca del eucalipto, desde una perspectiva social, tecnológica y productiva. Informe final. En: Investigación Forestal 2011-2015, Los Proyectos de Investigación Aplicada. Gingsins M., G. Alvarez y C. Llavallol (Eds.), Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria. Unidad para el cambio rural -UCAR, KLMV. Libro digital. https://www.maggyp.gob.ar/sitio/areas/proyectos_forestales/pias/PIAS%20BAJA_con%20tapas.pdf. Consulta: 14/03/2019.
- García M. A., C. de la Peña, L. Ingaramo. 2011. Efecto del manejo de residuos en supervivencia y crecimiento iniciales de replantaciones de *Eucalyptus grandis* en Entre Ríos. Póster. XXV Jornadas Forestales de Entre Ríos, Octubre de 2011, Concordia Entre Ríos.
- García M. A., L. Ingaramo, D. Díaz y A. Lupi. 2007. Efecto del manejo de los residuos de cosecha sobre la supervivencia



■ **Figura 5.13.** Curvas de IMC (%) según manejo de los residuos, obtenidas por incubación de muestras de suelo de 0-10 cm tomadas antes de la cosecha y 8 meses después de la replantación.

- y crecimiento de *Eucalyptus grandis* en dos sitios de Entre Ríos. 2007. Póster. XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos, 25 y 26 de octubre de 2007, Concordia (Entre Ríos, Argentina).
- Lupi A. M., J. Aparicio, T. Boca, D. Díaz, M. A. García, L. Ingaramo, C. Quintero y G. Boschetti. 2011. Manejo del fósforo en sitios contrastantes de la Región Mesopotámica argentina bajo uso forestal. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica 4:7-13.
- Lupi A. M., R. Fernández, R. Martiarena, N. Pahr, A. von Wallis, M. A. García y J. Aparicio. 2014. Avances en el conocimiento sobre los impactos del manejo de residuos de cosecha forestal sobre la calidad de los suelos del NE de Argentina. RCN Conference on Pan American Biofuels and Bioenergy Sustainability, July 22-25, 2014. Recife, Brazil.
- https://www.researchgate.net/publication/302907418_Avances_en_el_conocimiento_sobre_los_impactos_del_manejo_de_residuos_de_cosecha_forestal_sobre_la_calidad_de_los_suelos_del_NE_de_Argentina [accessed Apr 07 2020]. Consulta: 07/04/2020.
- Lupi A. M., T. Boca, M. A. García, D. Díaz, L. Ingaramo. 2017. Manejo de residuos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en sitios contrastantes. Ciência Florestal 27(3):767-782.
- Lupi A. M., M. A. García, D. Díaz, L. Ingaramo, C. Quintero, G. Boschetti y T. Boca. 2008. Manejo de residuos forestales. Efecto sobre las fracciones de fosforo en el suelo. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 13 al 16 de mayo de 2008 Potrero de los Funes (SL), Argentina.

6. CALIDAD DE LOS PLANTINES DE EUCALIPTO

■ María de los A. García

El logro de una plantación depende, entre otros factores, de la calidad de los plantines, que deben sobrevivir y crecer satisfactoriamente. Cuando las plantas presentan condiciones deficientes (en cuanto a su estado sanitario, vigor, rusticidad, signos de deficiencias nutricionales, senescencia) pueden observarse baja supervivencia y crecimiento inicial, problemas que también pueden deberse a condiciones del suelo (preparación deficiente, baja fertilidad, escasez de agua en el perfil al momento de la plantación) o a condiciones meteorológicas al momento de la plantación (temperatura, precipitaciones).

La calidad de los plantines en los viveros de eucalipto de la región

En cuanto a la calidad de los plantines, en el sector forestal de esta región prevalecen criterios contradictorios y falta de claridad respecto de las variables que definen la calidad de un plantín y sus valores óptimos. Algunos productores forestales exigen plantines de ciertas características, variables según los resultados a campo que cada uno

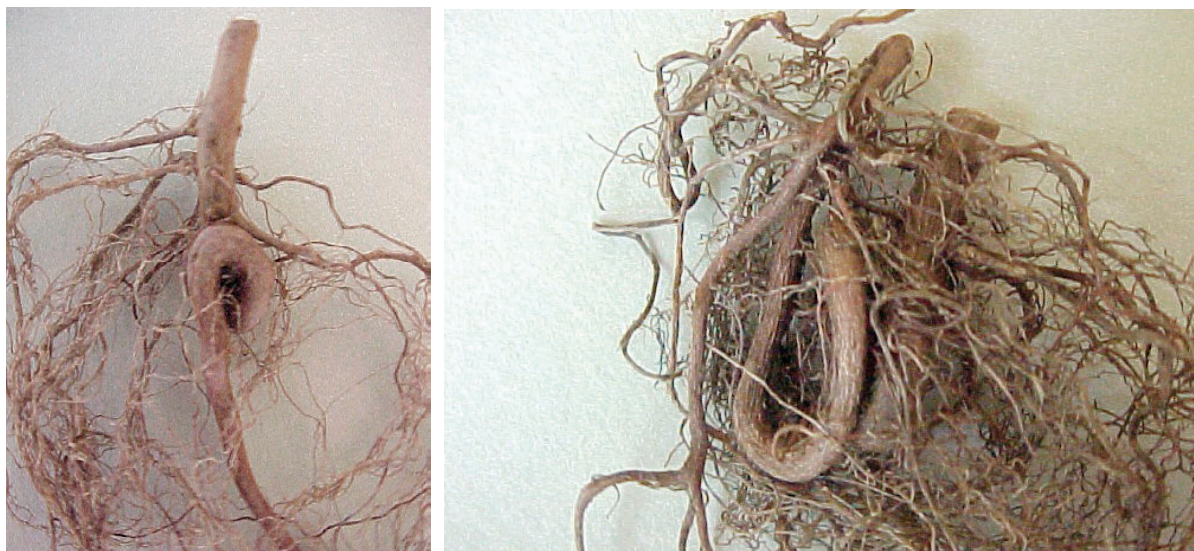
ha observado. Según viveristas, asesores técnicos y productores de esta región el plantín de eucalipto debe ser de 20-45 cm de altura y con un diámetro del cuello de 2 a 3,5 mm, mientras que la mayoría no menciona la raíz. El control de la forma de las raíces de los plantines antes de la comercialización no es habitual.

¿Cómo se evalúa la calidad de los plantines?

Para evaluar la calidad de los plantines se tienen en cuenta variables morfológicas (tamaño, cantidad de hojas, color del follaje), fisiológicas (estado nutricional, azúcares de reserva) y sanitarias. La calidad lograda depende de la calidad genética de los materiales de propagación y de las condiciones y técnicas de cultivo en vivero.

De las variables de calidad la más usada en la clasificación de los plantines es la altura. Sin embargo, en un muestreo en viveros forestales de esta región, de todos los atributos medidos a los plantines de lotes clasificados para la comercialización, la altura resultó el más variable, con valores entre 9 y 60 cm.

En cuanto a la raíz, el 18% de las plantas presentaron alguna deformación en las raíces, ocasionada por el repique o por el tamaño de los materiales en la mezcla del sustrato (cortezas de pino parcialmente compostadas o de granulometría gruesa) (Figura



■ Figura 6.1. Detalles de nudos en raíces de plantines de *Eucalyptus grandis*.

6.1). Se observó que la granulometría del sustrato afecta el desarrollo de las raíces (Figura 6.2) y de los plantines en general, pues definen la porosidad y la retención de agua. Los defectos y daños de la raíz de los plantines pueden no ser evidentes en la etapa de vivero, pero eventualmente pueden ocasionar vuelco y desarrollo deficiente de las plantas a campo. En plantaciones de eucalipto de esta región se han observado vuelcos y muerte de plantas en pie en los primeros años de la plantación a causa de deformaciones en las raíces (Figura 6.3).

Otras variables morfológicas para evaluar la calidad de los plantines son el diámetro del cuello (Dc), la esbeltez (cociente altura/diámetro de cuello), el desarrollo de las raíces y la consistencia del cepellón, entre otros. El diámetro del cuello es una variable que afecta el crecimiento y la supervivencia a campo, y su relación con la altura influye en el desempeño temprano de la plantación. Sin embargo, plantines de eucalipto clasificados según altura y Dc (Tabla 6.1) no presentaron diferencias en su

pervivencia ni crecimiento inicial de la plantación, aunque se observó que las plantas de menor altura y Dc fueron las más afectadas por las heladas.

Por otra parte, se observaron diferencias en crecimiento y supervivencia entre plantas de una misma clase morfológica, pero procedentes de viveros distintos, lo que indica que probablemente al momento de la plantación presentaban diferencias en el estado interno de las plantas (nivel nutricional, reservas) lo que no se evalúa en la clasificación por tamaño. El estado fisiológico varía entre plantas provenientes de diferentes viveros, ya que depende de las condiciones de cultivo, del tiempo de permanencia en el vivero, del riego y la fertilización, entre otros factores. Por eso, plantas de un mismo tamaño pero de distinto vivero de origen pueden mostrar diferencias en el establecimiento a campo.

Para evaluar la calidad fisiológica de un lote de plantas deben medirse diversas variables, como la actividad radicular, el estado hídrico, el nivel de nutrientes minerales, el nivel de carbohidratos de



■ **Figura 6.2.** Izquierda: raíz de *E. grandis* producido en corteza de pino compostada utilizada por vivero de la zona. Derecha: raíz de *E. grandis* producido en la misma corteza de pino compostada, molida y tamizada a 5 mm.



■ **Figura 6.3.** Fallas en plantación de 20 ha de *Eucalyptus grandis* en Cnia, La Gloria (Federación, Entre Ríos). Izquierda: a 4 meses de la plantación se detectó el problema; derecha: a 10 meses el lote se ve casi totalmente afectado.

reserva, y el índice de daño por frío. La mayoría de esas variables son de difícil determinación e interpretación, además de requerir laboratorios especializados que brinden ese servicio. Sin embargo, algunas pueden evaluarse a simple vista, como las puntas blancas de las raíces que indican meristemas activos, o el color del follaje que indica el estado nutricional y el grado de rusticidad (pigmentos rojo-violáceos, fotoprotectores, indican plantas rústicas) (Figura 6.4).

Para asegurar la calidad de las plantas que se utilizarán en la plantación se sugiere controlar al azar en el lote de plantas listas para cargar en el vivero: la forma, desarrollo y puntas blancas (tejido de crecimiento) en las raíces, adecuada rusticidad (que el color de la planta no sea violáceo oscuro, lo cual indica endurecimiento excesivo y plantín estresado) y relación entre altura de la parte aérea y

Altura (cm)	Dc (mm)
41 – 60	2 – 4,5
37 – 40	2 – 2,5
26 – 36	2 – 3,5
21 – 25	2 – 3,0
15 – 20	1,5 – 2,5

■ **Tabla 6.1. Clases de plantines de eucalipto evaluados a campo.**

cepellón no mayor a dos veces y media, para asegurar una planta balanceada. Es importante también que se planifique la plantación de manera de contar con plantas de buena calidad, evitar plantaciones tardías y largos períodos de espera de las plantas en el campo, ya que pueden presentarse cambios negativos en el estado de la planta y en su capacidad de soportar el estrés de plantación.

Bibliografía

Burdett A. N. 1983. Quality control in the production of forest planting stock. *For. Chron.* June: 132-138.

García M. A. 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. En: Actas de las XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, octubre de 2007. Accesible en la web: https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_concordia_importancia_de_la_calidad_del_plantin_forestal.pdf. Agregar: Consulta: 02/04/2020.

Gomes J. M., L. Couto, H. G. Leite, A. Xavier y S. L. R. Garcia. 2002. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Rev. Árvore* 26 (6):655-664.

Paiva H. N. y J. M. Gomes. 1995. Viveiros florestais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 56 pp.

Parviainen J. V. 1981. Qualidade e avaliação da qualidade de mudas florestais. Seminário de sementes e viveiros florestais, 1. Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

Thompson B. E. 1984. Seedling morphological evaluation - What you can tell by looking. En: Duryea M.I. (Ed.). Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major tests, pp. 59-72. Workshop Oct. 16-18, 1984, Forest Research Laboratory, Oregon State Univ.



■ **Figura 6.4. Evaluación visual de plantines. Izquierda: control de actividad de las raíces; derecha: color rojo-violáceo del follaje que indica rusticidad.**

7. FERTILIZACIÓN DE ESTABLECIMIENTO

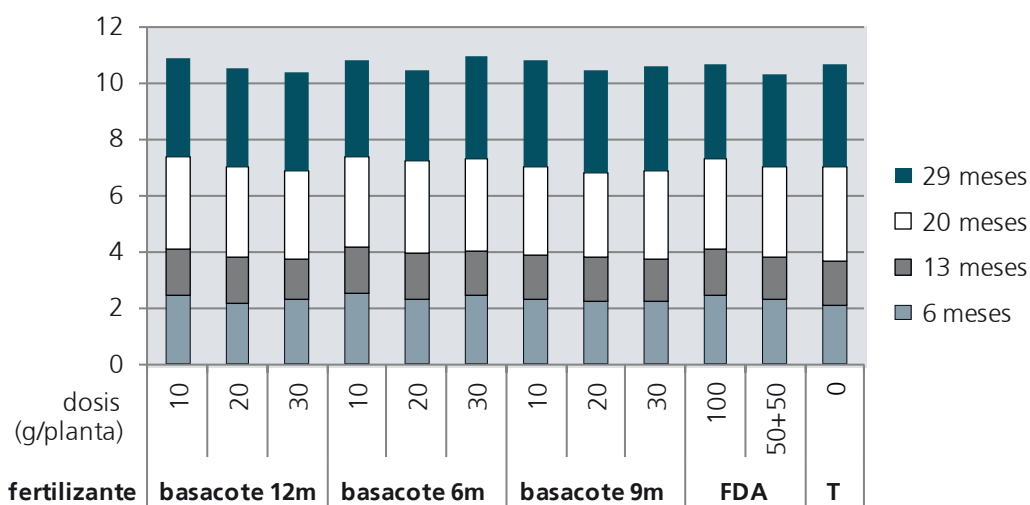
■ María de los Á. García y Carlos de la Peña

La fertilización de establecimiento provee de nutrientes a los plantines hasta que logran estabilizar la actividad fotosintética, suple la escasez de nutrientes de algunos sitios, y favorece la supervivencia y el crecimiento inicial. En la provincia de Entre Ríos los fertilizantes más utilizados en el establecimiento de las forestaciones son fosfato diamónico, superfosfato triple, triple 15, en dosis de 80 a 100 gramos por planta. Son fertilizantes hidrosolubles de alta disponibilidad de nutrientes, que se aplican al momento de la plantación o en el primer mes de plantadas, en una sola dosis, esparcida superficialmente a unos 20 cm del cuello de la planta o enterrada a poca profundidad. También se usan desde hace varios años fertilizantes de liberación controlada de diferentes tiempos teóricos de solubilización de nutrientes, principalmente de 6 y 12 meses, en dosis de 10 a 30 gramos por planta, los que por su bajo efecto salino pueden aplicarse en el hoyo de plantación, con lo que se evita el reingreso al campo para fertilizar. El tiempo de liberación de los nutrientes de este tipo de fertilizantes depende del espesor de la cubierta que recubre los gránulos, de la temperatura y de la humedad del suelo.

Antecedentes sobre fertilización inicial en suelos

arcillosos y mestizos de la región indican un efecto positivo en el crecimiento de los eucaliptos respecto de las plantas sin fertilizar, que se aprecia desde pocos meses después de la aplicación y se mantiene durante los primeros años. En esas experiencias los mejores resultados se obtuvieron cuando se aplicó fosfato diamónico repartido en dos veces.

En una reforestación de eucalipto en suelo mestizo, donde los residuos se quemaron en escolleras y se fertilizó con Basacote y fosfato diamónico al momento de la plantación y en dosis repartida (con la plantación y tres meses después), se compararon las respuestas de las plantas durante los primeros años de edad. A los 6 meses la altura fue significativamente mayor en las plantas fertilizadas con las dosis menores de Basacote 6 meses (B6M) y de Basacote 12 meses (B12M), y con 100 gramos de fosfato diamónico en una única aplicación (FDA 100). A los 13 meses las plantas fertilizadas con 10 gramos de Basacote 12 meses todavía eran las más altas, con diferencias significativas respecto de algunos de los tratamientos, como 20 gramos de Basacote 12 meses, Basacote 9 meses a las dosis más altas, fosfato diamónico repartido en dos aplicaciones (FDA 50+50) y Testigo. En las mediciones siguientes, a los 20 y 29 meses, no hubo diferencias en altura ni diámetro a la altura del pecho (DAP) de las plantas según la fertilización aplicada (Figura 7.1).



■ **Figura 7.1. Altura media alcanzada hasta los 29 meses de edad, en cada tratamiento de fertilización aplicado. FDA 50+50: Fosfato diamónico aplicado en dos veces, con la plantación y a los 3 meses; T: testigo sin fertilizar.**

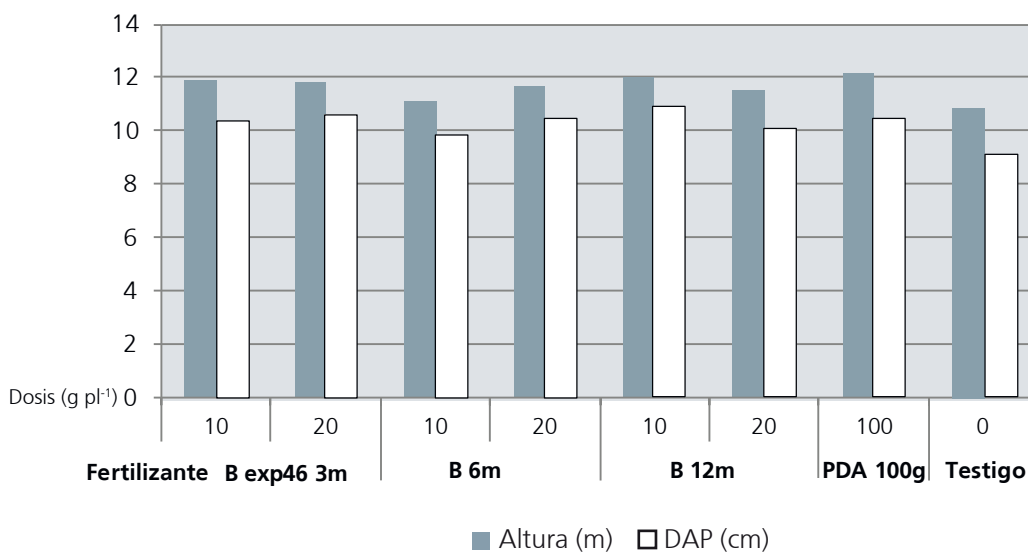
En otra experiencia, instalada en una plantación de eucalipto en suelo arenoso, donde también se evaluaron distintos fertilizantes y dosis, la supervivencia a los 3 meses fue de 96%, sin diferencias según la fertilización. En cuanto al crecimiento, en el primer año las plantas fertilizadas mostraron mayor altura total y diámetro a la altura del cuello (DC) que las no fertilizadas, sin diferencias significativas entre tipos de fertilizantes o período de liberación de los nutrientes (Tabla 7.1).

A los dos años y medio, la altura alcanzada fue ma-

yor en las plantas fertilizadas con 100 gramos de fosfato diamónico, mientras que las plantas del testigo y las fertilizadas con Basacote 6 meses 10 gramos por planta ($g\ pl^{-1}$), donde el -1 es superíndice fueron las de menor altura; los demás tratamientos presentaron valores de altura intermedios. Con respecto al DAP, a esa edad resultó menor en los tratamientos testigo, 10 gramos de Basacote 6 meses, y 20 gramos de Basacote 12 meses, comparados con los demás tratamientos, los que no presentaron diferencias significativas entre sí en cuanto a esta variable (Figura 7.2).

Edad (meses)	Altura (cm)		DC (mm)	
	6	12	6	12
Tratamiento de fertilización				
Testigo	134,3	244,9	23,4	46,4
Basacote 6 meses-10 g pl⁻¹	170,0	289,6	28,6	52,3
Basacote 6 meses-20 g pl⁻¹	184,0	313,4	31,8	55,7
Basacote 12 meses-10 g pl⁻¹	166,5	289,6	28,5	51,8
Basacote 12 meses-20 g pl⁻¹	178,3	292,9	29,5	53,5
Basacote Expert 46-10 g pl⁻¹	165,2	285,2	28,7	52,8
Basacote Expert 46-20 g pl⁻¹	171,7	285,5	29,3	53,1
Fosfato diamónico 100 g pl⁻¹	171,4	269,5	29,0	53,1

■ **Tabla 7.1.** Altura y DC promedios de las plantas a los 6 y 12 meses de edad según la fertilización aplicada.



■ **Figura 7.2.** Altura y DAP promedios de las plantas a los dos años y medio de edad, según fertilizantes y dosis aplicados.

En resumen, tanto en suelos arenosos y mezizos, como en otras situaciones de suelos arcillosos en los cuales hay antecedentes de ensayos previos, los eucaliptos responden positivamente a la fertilización durante el establecimiento, y la duración de esa respuesta varía entre uno y cuatro años.

Fertilización como práctica para reducir el daño por heladas

Diversos trabajos mencionan el efecto de la fertilización sobre la resistencia al frío. En varios de ellos se señala que la resistencia a heladas puede ser afectada por el nivel de nutrientes. Tal es el caso de la fertilización con nitrógeno, donde algunos estudios indican que afecta la resistencia de las plantas al frío, pudiendo sufrir mayor daño a causa de las heladas. Otros resaltan que se ha observado mayor rusticidad con dosis bajas de potasio, mientras otros no han encontrado relación entre la fertilización y la resistencia a las heladas.

En esta región, las reiteradas heladas ocurridas en los últimos años han llevado a los productores forestales a adoptar la fertilización potásica en otoño con la intención de inducir la resistencia al frío. En dos forestaciones de *Eucalyptus grandis* fertilizadas el primer otoño posterior a la plantación, años 2010 y 2011, con diferentes productos y dosis (Tabla 7.2), el daño por heladas (Tabla 7.3) y la

altura a los 10 meses de edad resultaron diferentes según el año y el sitio.

En 2010 no hubo daños por heladas, pero en uno de los lotes el crecimiento en altura fue significativamente mayor en las plantas fertilizadas con 60 g pl⁻¹ de Nitrofull que en las fertilizadas con la dosis más alta de KCl (34 g pl⁻¹), sin diferenciarse de los demás tratamientos. Las plantas del otro lote no mostraron diferencias en altura a los 10 meses entre los tratamientos de fertilización.

En 2011 hubo daños por helada pero no se encontró asociación con la fertilización, aunque se observó que a mayor altura de las plantas, menor era el grado de daño por frío (Tabla 7.4). Las plantas fertilizadas con 134 g de Triple 15 y 60 g de Nitrofoska azul alcanzaron las mayores alturas medias.

La fertilización en otoño no tuvo ningún efecto sobre la respuesta de las plantas a las heladas. Sin embargo, se observó que el daño por heladas es mayor cuanto menor es la altura de las plantas.

Grado de daño	Copa
0	Sin daño
1	Afectada 25%
2	Afectada 50%
3	Afectada 75%
4	Afectada 100%

■ **Tabla 7.3. Escala de grados de afectación por heladas.**

Tratamiento	Fertilizante	Dosis (gramos por planta)
1	Cloruro de Potasio	17
2		34
3	Nitrofull (12-11-18)	60
4		120
5	Triple 15	67
6		134
7	Fosfato diamónico (18-46-0)	83 (equipara al nitrógeno del Triple 15)
8		33 (equipara al fósforo del Triple 15)
9	Testigo	0

*En 2011 Nitrofoska azul (12-12-17) en vez de Nitrofull, en tratamientos 3 y 4.

■ **Tabla 7.2. Tratamientos aplicados en los ensayos de fertilización de otoño.**

Rango de altura (m)	Grado de daño				
	0	1	2	3	4
0-100	0	8	80	7	5
100-300	1	34	61	4	1
>300	0	50	50	0	0

■ **Tabla 7.4. Proporción de plantas afectadas por el frío en diferentes grados de daño según la altura, en el ensayo de 2011.**

Fertilización de plantaciones clonales

A nivel regional, la silvicultura clonal de eucalipto está poco desarrollada, la información disponible es escasa y las plantaciones clonales se manejan, generalmente, de igual manera que las plantaciones de semilla. Las diferencias de crecimiento inicial, y de estrategias y capacidades de uso de los recursos de los distintos clones de eucalipto disponibles comercialmente en la zona, requieren ajustar las prácticas de establecimiento, entre ellas la fertilización, para lograr el mejor desempeño.

En una experiencia de fertilización en reforestación con clones comerciales de *Eucalyptus grandis* (EG INTA 1, EG INTA 36, EG INTA 152, Pomera DDT02155 y Tapebicuá 130), plantados en octubre de 2016 y fertilizados en diciembre de ese año (Tabla 7.6), al analizar el comportamiento de cada clon, la altura total no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización en los tres momentos de medición (48, 120 y 240 días después de la fertilización). Sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas entre clones (Figura 7.3), donde el clon DDT02155 de Pomera presentó mayor altura total a los 120 y 240 días después de la fertilización en casi todos los tratamientos de fertilización evaluados, mientras que el clon Tapebicuá 130 se mostró como el de menor altura.

Fertilizante	Nutriente que aporta	Dosis (gramos por planta)		
Urea	Nitrógeno	0	45	90
Superfosfato triple de calcio	Fósforo	0	90	180
Cloruro de Potasio	Potasio	0	50	100

■ **Tabla 7.5. Fertilizantes y dosis, de cuya combinación factorial resultan los 27 tratamientos aplicados (3 fertilizantes y 3 dosis de cada uno).**

La experiencia se complementó con la evaluación de los daños por heladas de acuerdo con la escala de la Tabla 7.7. A los 228 días posteriores a la fertilización, contrariamente a lo esperado según los resultados de otros trabajos, la menor afectación se observó en las plantas con las dosis más bajas de NPK y con la dosis más alta de nitrógeno, mientras que las plantas fertilizadas con potasio tuvieron la mayor cantidad de plantas con más de 75% de la copa dañada por las heladas y plantas muertas (Figura 7.5). También se observó una asociación entre los clones y la afectación por heladas (Tabla 7.8), donde el más susceptible fue el clon Tapebicuá 130, seguido por el clon EG INTA 152, en un estado intermedio aparece el clon Pomera DDT02155, y como más resistentes los clones EG INTA 36 y EG INTA 1.

Grado	Daño de copa (%)
0	Sin daño visible
1	hasta 25
2	hasta 50
3	hasta 75
4	>75
5	muerta

■ **Tabla 7.6. Escala de daños de copa por efecto de heladas.**

Bibliografía

Aparicio J. 2011. Respuesta de *Eucalyptus grandis* a fertilizantes de liberación controlada, fosfato diamónico y start up en un suelo arenoso rojizo a los 22 meses de edad. Proyecto regional: Transferencia y generación de tecnologías para la cadena foresto-industrial en Corrientes. Visita in situ Bella Vista, 1 de diciembre de 2011. Presentado en la 27ª Reunión del Consorcio Forestal Corrientes Centro, Santa Rosa, 16 de noviembre de 2011.

Aparicio J. L.; C. Monticelli y A. Ghio. 2004. Fertilización de *Eu-*

calyptus grandis con NPK y micronutrientes: respuesta en suelos arenosos del sudoeste de Corrientes". XIX Jornadas Forestales de Entre Ríos. CD ISSN 1667-9253.

Aronsson A. 1980. Frost hardiness in Scots Pine (*Pinus silvestris* L.). Stud. For. Suec. 155, 1–27.

Aronsson A. 1985. Indications of stress at unbalanced nutrient contents of spruce and pine. K. Skogsg. Lantbr. akad. tidskr. Suppl. 17, 40–51.

Arruda S. R., y E. Malavolta. 2001. Nutricao e adubacao potassica em *Eucalyptus*. Informacoes Agronómicas, POTAFOS. Encarte Técnico 91:1-10.

Gaitán J. J.; F. Larocca y F. Dalla Tea. 2004. Fertilización de *Eucalyptus grandis*: dinámica de la respuesta durante la rotación comercial. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo y II Simposio Nacional sobre Suelos Vertisólicos, Paraná, junio de 2004.

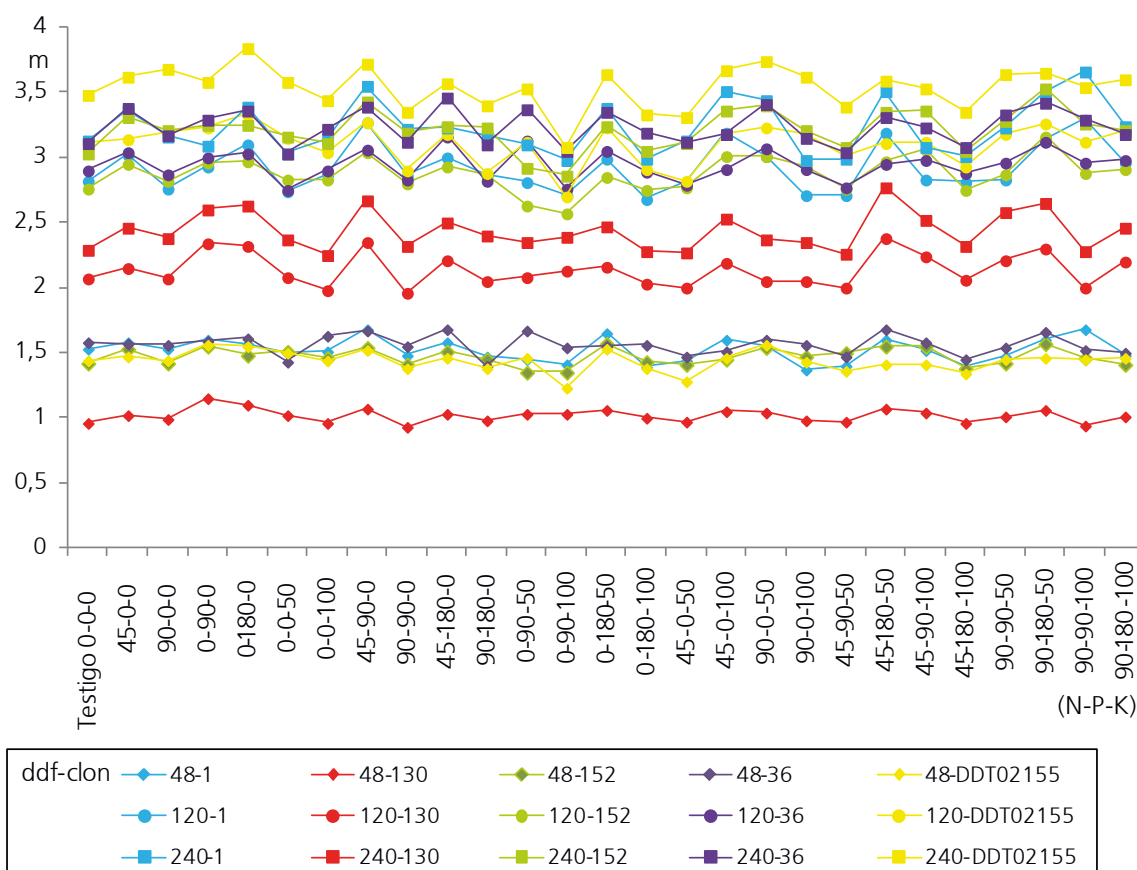
García M. A., C. de la Peña, J. Aparicio, G. Torres, M. Flores, J. Alejandro, L. Ingaramo. 2018. Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantaciones de *E. grandis*. Hoja Informativa N° 10. Julio de 2018. Programa Nacional Forestales-PNFOR1104073. Publicación irregular. Versión digital e impresa. Accesible en la web https://inta.gov.ar/sites/default/files/hoja_inf_no_10_uso_de_fertilizantes_de_liberacion_controlada_en_plantaciones_de_e_grandis.pdf. Consulta: 10/03/2020.

García M. A., C. de la Peña, M. Flores y J. Alejandro. 2015. Respuesta de *Eucalyptus grandis* a fertilización en reforestación. XXIX Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, septiembre de 2015. Accesible en la web https://www.jornadasforestales.com.ar/jornadas/2015/Respuesta-de-E_grandis-a-fertilizacion-en-reforestacion_Garcia-et-al.pdf. Consulta 10/03/2020.

García, M. A., M. F. Barrios, S. Ramos, C. de la Peña, A. Lupi y M. Martínez. 2017. PIA 14073 Fertilización al establecimiento del *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden en diferentes ambientes de la Mesopotamia. Efectos sobre el crecimiento y la tolerancia a estrés ambiental. Informe de ensayo en Concordia. Accesible en la web https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_concordia_fertilizacion_de_clones_de_eucalyptus_grandis.pdf. Consulta: 17/03/2020.

García M. A. y C. de La Peña. 2013. Respuesta a la fertilización de otoño en plantaciones de eucalipto en Entre Ríos. Quebracho 21(1,2):16-25. Accesible en la web https://www.realy.org/pdf/481/Resumenes/Abstract_48130000003_2.pdf. Consulta 21/03/2019.

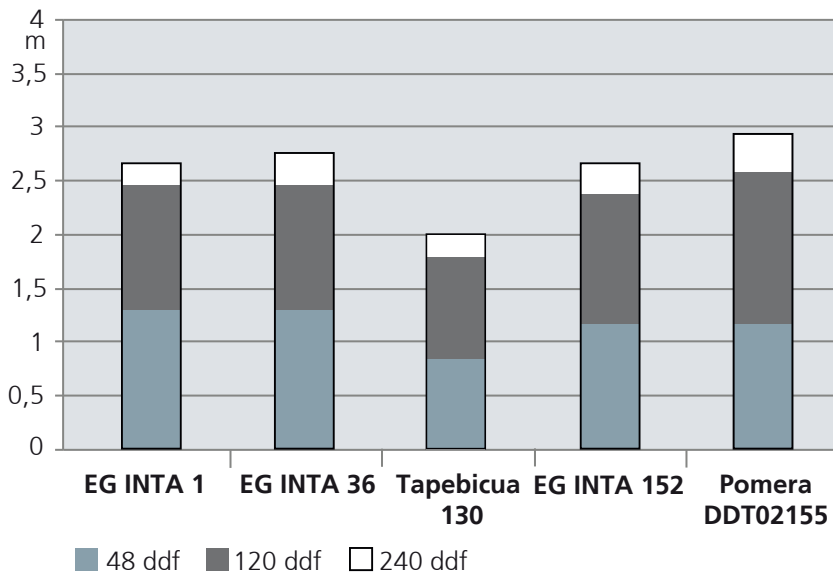
Ingaramo L. 2010. Respuesta de *Eucalyptus grandis* a fertilizantes de liberación controlada en suelos arenosos de la zona de Concordia. Cartilla Día de campo XXIV Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, octubre de 2010.



■ **Figura 7.3.** Altura de los 5 clones según fertilización, para los 3 momentos de medición (48, 120 y 240 días después de la fertilización).

Clon	Grado de daño (%)					
	0	1	2	3	4	5
EG INTA1	0,3	58,3	29,3	10,8	0,6	0,6
EG INTA 152	0	24,9	54,4	29	0,6	0
EG INTA 36	0,3	57,3	35,3	5,6	1,2	0,3
DDT02155	0	36,7	37,5	24,3	1,5	,0
Tapebicúa 130	0	9,7	37,2	49,7	3,4	0

■ **Tabla 7.7.** Cantidad (%) de plantas de cada clon afectadas según los grados de daño por helada.



■ **Figura 7.4.** Altura promedio por clon, para los 3 momentos de medición (ddf=días después de la fertilización).



■ **Figura 7.5.** Evaluación de daños por heladas en los tratamientos de fertilización en la plantación clonal.

El 90% de la superficie forestada de Entre Ríos corresponde al género *Eucalyptus*. Los suelos de la costa del río Uruguay son los que presentan mayor aptitud para el cultivo de diferentes especies de este género en la provincia. De la selección del sitio, entre otros factores, dependerá la productividad de las plantaciones de eucalipto.

Los resultados de ensayos de preparación de suelo muestran un mejor desempeño inicial en sitios con laboreo del suelo en comparación con los que se plantan sin esa labor, y las respuestas difieren según el implemento utilizado para realizar el trabajo, en especial en suelos arcillosos. El armado de taipas es una de las labores que mejor resultado genera cuando existen limitaciones físicas en los suelos.

La supervivencia y crecimiento durante el establecimiento de los eucaliptos se ven, a su vez, afectados por la presencia de malezas, que compiten por luz, agua y nutrientes. El control de malezas debe favorecer las mejores condiciones durante el establecimiento de las plantaciones y su rápida ocupación del sitio. Es por ello una tarea esencial antes y en los primeros meses de establecidas las plantaciones. Un eficiente control depende del estado de desarrollo de las malezas y del método de control. Cuando se aplican herbicidas, la calibración de los equipos, las dosis, los productos y las condiciones al momento de la aplicación determinan el resultado. Los resultados de ensayos con distintos productos y dosis permiten definir el control químico más conveniente para lograr el mejor control.

Cuando el sitio a plantar ha tenido ciclos previos de plantaciones, el manejo de los residuos de la cosecha es otra tarea que afecta el suelo y el crecimiento de las plantaciones que allí se establecen. Cuando se dificulta la preparación del suelo y otras labores, es necesario reducir la cantidad de residuos; la quema es la herramienta más aplicada para este propósito, aunque existen alternativas donde se conservan los residuos. Las evaluaciones de los efectos de las distintas prácticas de manejo de los residuos sobre los suelos y el crecimiento de las plantaciones de eucalipto aportan información de utilidad para comparar y decidir lo más conveniente según las condiciones particulares de los lotes a reforestar.

Además de los aspectos mencionados, la calidad de los plantines también influye en el logro de plantaciones de buena calidad. Fallas iniciales, crecimiento deficiente, vuelco de plantas son algunos de los problemas asociados a defectos de los plantines, como nudos en las raíces, plantas desbalanceadas, o deficiencias nutricionales. Algunos criterios de evaluación visual directa permiten seleccionar los mejores plantines en el vivero y asegurar el mejor desempeño a campo.

Por último, la fertilización inicial permite a los plantines disponer de los nutrientes necesarios hasta que restablecen su actividad fotosintética. Los resultados de pruebas de diferentes fertilizantes, dosis y formas de aplicación sobre el crecimiento, los daños por heladas y las diferencias entre distintos clones pueden tomarse como referencia para plantaciones en condiciones similares.



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina