



U R U G U A Y

Instituto
Nacional de
Investigación
Agropecuaria

JORNADA TÉCNICA FORESTAL EN ZONA NORTE

**PROGRAMA NACIONAL DE
PRODUCCIÓN FORESTAL**

Tacuarembó
Setiembre de 2010

Serie de Actividad de
Difusión No. 616
INIA Tacuarembó



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

INIA Tacuarembó – Programa Forestal



Jornada Técnica

"FORESTAL ZONA NORTE"


Tacuarembó

2 de setiembre 2010



TABLA DE CONTENIDO

	Página
- DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA MADERA Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO – El caso de Nueva Zelanda <i>Ing. Agr. (PhD.) Isable Loza-Balbuena – DNI - MIEM</i>	1
- MADERA Y PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE LA MADERA: USOS EN ARQUITECTURA Y CONSUTRUCCIÓN..... <i>Arq. (PhD). Laura Moya – Universidad ORT – Fac. de Arquitectura</i>	9
- EFECTO DE LA PRIMERA PODA SOBRE EL CRECIMIENTO Y DIMENSIONES DEL CILINDRO NUDOSO EN <i>P. taeda</i> <i>Ings. Agrs. Cecilia Rachid y Fernando Resquin – INIA</i>	27
- EFECTO DE LA INTENSIDAD DE LABOREO SOBRE LA IMPLANTACIÓN Y CRECIMIENTO DE <i>E. grandis</i> <i>Ing. Agr. PhD. Mario Pérez-Bidegain - FAGRO</i>	37
- EFECTO DEL LABOREO Y FERTILIZACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y LA PRODUCTIVIDAD DE <i>E. grandis</i> <i>Ings. Agrs. Fernando Resquin, Cecilia Rachid – INIA y Mario Pérez-Bidegain - FAGRO</i>	43

Desarrollo sostenible de la industrialización de la madera y mitigación del cambio climático
-Estudio de caso de Nueva Zelanda-



Tacuarembó, 2 Setiembre 2010

Objetivo

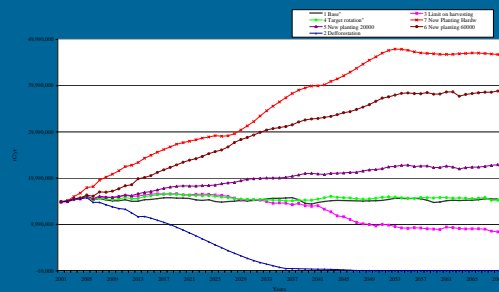
Analizar el potencial del sector forestal-industrial (como sistema integrado) de contribuir a la mitigación del cambio climático, y el impacto de diversos mecanismos en nuevas áreas de plantaciones, manejos de los bosques, y oferta, destinos y demandas de madera y productos de madera.

Balance de Carbono

BALANCE:

Intercambio Neto de Carbono con la Atmósfera	Emisiones totales de industrialización	Emisiones de productos de madera y residuos
--	--	---

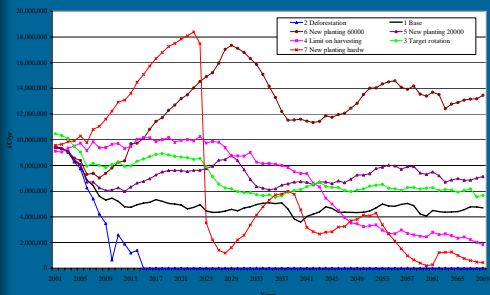
Intercambio Neto de Carbono



Perfil de Industria, Consumo de energía y Emisiones de gases

Destinos	Export	Ch.Pulp	Mech.Pulp	Sawmill	Veneer	Plywood	Particleboard	Fibreboard
Proporciones	57,4%	10,2%	4,0%	41,9%	2,3%	0,0%	2,1%	2,1%
Producto	Ch.Pulp	Mech.Pulp	Sawn timber	Panels				
Factores Conversión	3,5	1,64	1,84	1,5				
Consumo Biomasa	86%	0%	62%	58%				
Consumo de Energía (GJ/unit)	34,51	9,81	1,93	4,31				
Emisiones tC/unit	0,14	0,37	0,02	0,06				

Balace de Carbono

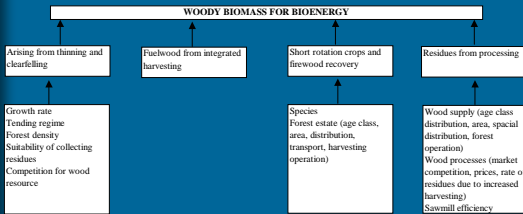


Escenarios de crecimiento del sector

- Mayor volumen cosechado (>19: m3)
- Variables para analizar
 - Destino de trozas
 - Proporción de residuos industriales para bioenergía

Destinos	Export	Ch.Pulp	Mech.Pulp	Sawmill	Veneer	Plywood	Particleboard	Fibreboard
Proporciones	37,4%	10,2%	4,0%	41,9%	2,3%	0,0%	2,1%	2,1%

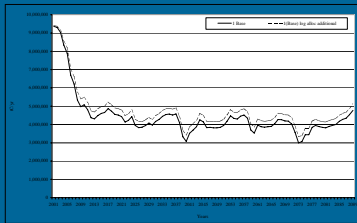
Fuentes de biomasa para bioenergía



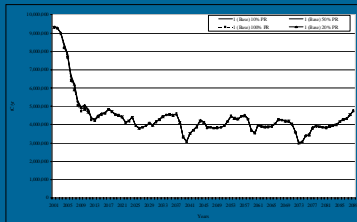
Variables analizadas

Variable	Export	Ch.Pulp	Mech.Pulp	Sawmill	Veneer	Particleboard	Fibreboard
Forestal logs	0%	0%	0%	95%	5%	4%	4%
S1,S2	0%	0%	0%	95%	5%	4%	4%
S3L,S	0%	14%	5%	99%	0%	0%	0%
L1,L2	0%	14%	5%	100%	0%	0%	0%
Pulp logs	0%	85%	15%	100%	0%	0%	0%
Woodchips pulp	Export	Ch.Pulp	Mech.Pulp	Sawmill	Veneer	Particleboard	Fibreboard
S1,S2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
S3L,S	0%	14%	5%	10%	0%	4%	4%
L1,L2	0%	14%	5%	10%	0%	7%	7%
Pulp logs	0%	85%	15%	10%	0%	10%	10%
Woodchips fire	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
S1,S2	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
S3L,S	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
L1,L2	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Pulp logs	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Woodchips veneer	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
S1,S2	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
S3L,S	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
L1,L2	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
Pulp logs	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%

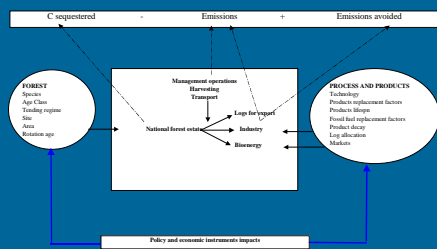
Incremento en la industrialización interna



Incremento en la utilización de residuos industriales

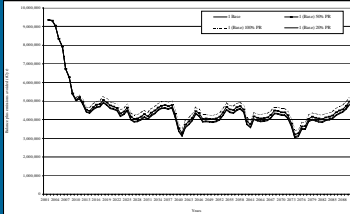


Variables

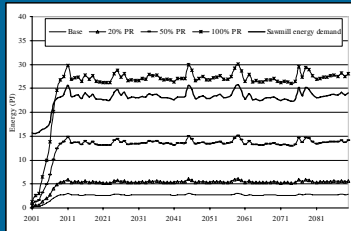


Emisiones evitadas

- Sustitución de combustible fósil y
- Abastecimiento de demanda futura de energía



Demanda de energía y oferta potencial de bioenergía



Conclusiones

- El uso de biomasa para energía no es tan atractivo como el uso de biomasa en productos de larga duración o vida útil en términos de balance de carbono.
- El horizonte temporal es lo que afecta los resultados (biomasa para energía genera emisiones instantáneas cuando los productos de larga vida útil las emisiones son retrasadas en el tiempo).





UNIVERSIDAD ORT Uruguay
FACULTAD DE ARQUITECTURA

Jornada Técnica Forestal- INIA Tacuarembó

**Madera y productos de ingeniería de madera.
Usos en arquitectura y construcción**

Arq. Laura Moya, PhD

Montevideo, 2 de setiembre de 2010

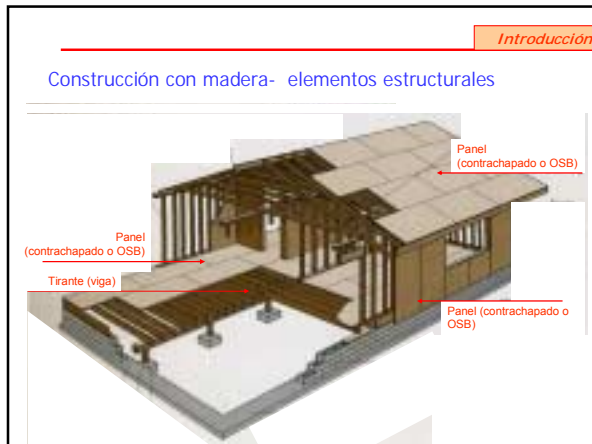
Agenda

- Introducción
- Madera maciza
- Productos de Ingeniería de Madera (PIM)
- Experiencias en países con tradición forestal

Introducción

- En Uruguay 800.000 ha de superficie forestada*
 - 24% *Eucalyptus grandis*
 - 31% *Pinus* (*P. elliotii* y *P. taeda*)
- Prácticas silvoculturales y manejo de bosques han mejorado la calidad de la madera para uso estructural.
- Gran oferta de productos de madera y productos de ingeniería de madera (PIM) nacionales de alta calidad, destinados principalmente a la exportación.
- En países con tradición forestal, madera y PIM son extensamente utilizados en arquitectura y construcción.

*Fuente: Dirección General Forestal, MGAP- 2008



Introducción

Para usar un material con fines constructivos es imprescindible conocer sus características o propiedades

Desde el punto de vista **estructural** interesa conocer, entre otras, la resistencia mecánica del material

Resistencia a:

- compresión
- tracción
- flexión
- corte





Madera maciza nacional

- Rollizos
Impregnados
- Madera aserrada
Tablas, tirantes y tablones
Impregnados (pinos)



Fuente: Normas IS-ANC/EI-2001

Fuente: Normas IS-ANC/EI-2001

Madera maciza

Propiedades

- Básicas
- Físicas
- Mecánicas

Madera maciza

Propiedades

- Básicas
 - anisotropía
 - higroscopicidad

Radial (R)
Longitudinal (L)
Tangencial (T)

Anillo
Tangencial
Radial

FERRICHI - CORONA 2007

Madera maciza

Propiedades

- Básicas
 - anisotropía
 - higroscopicidad
- Físicas
 - contenido de humedad — Punto de saturación de la fibra
 - densidad
 - contracción y expansión
- Mecánicas

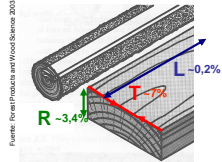
Madera maciza

Propiedades

- Básicas
 - anisotropía
 - higroscopicidad
- Físicas
 - contenido de humedad
 - densidad — difiere según especies y CH
 - contracción y expansión
- Mecánicas

Propiedades

- Básicas
 - anisotropía
 - higroscopía
- Físicas
 - contenido de humedad
 - densidad
 - contracción y expansión
- Mecánicas



Efectos de la contracción

Propiedades

- Básicas
 - anisotropía
 - higroscopía
- Físicas
 - contenido de humedad
 - densidad
 - contracción y expansión
- Mecánicas
 - compresión (paralela y perpendicular)
 - tracción (paralela y perpendicular)
 - cizalle
 - flexión

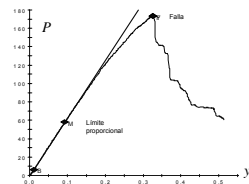
Flexión estática*

- Módulo de Elasticidad (MOE)
- Módulo de Rotura (MOR)

$$MOE = \frac{PL^3}{4bh^3y}$$

$$MOR = \frac{1.5P \max^2}{bh^2}$$

Norma ASTM D 143-2003



*ASTM D 143- American Society for Testing and Materials

Propiedades mecánicas en flexión*

Especie	Zona Norte		Zona Litoral	
	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)
<i>Pinus taeda</i>	6380	64	8982	86
<i>Pinus elliottii</i>			8036	81
<i>Eucalyptus grandis</i>	11338	80	12860	103

*valores medios, madera libre de defectos

Fuente: LATU- Informes de GT2 y GT3, 2002-2008

Cinco factores que afectan la resistencia mecánica de la madera

- Densidad
- Contenido de humedad
- Desviación de la fibra
- Presencia de nudos y huecos
- Tiempo

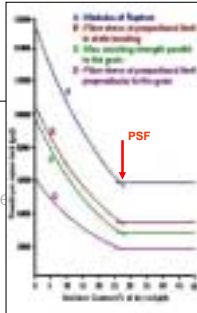
Cinco factores que afectan la resistencia mecánica de la madera

- Densidad
- Contenido de humedad
- Desviación de la fibra
- Presencia de nudos y huecos
- Tiempo

Cambio en la resistencia de la madera al **uplicarse** su densidad:
- compresión **D**..... **x 2**
- MOR..... **x 2,5**
- compresión **L** **x 4**

Cinco factores que afectan la resistencia mecánica de la madera

- Densidad
- Contenido de humedad
- Desviación de la fibra
- Presencia de nudos y huecos
- Tiempo



Cinco factores que afectan la resistencia mecánica de la madera

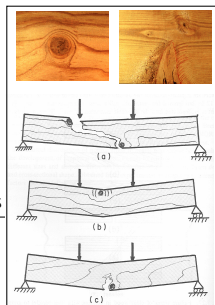
- Densidad
- Contenido de humedad
- Desviación de la fibra



- Desviación 1:20 reduce 7% resistencia
- Desviación 1:10 reduce 19% resistencia
- Desviación 1:5 reduce 45% resistencia
- Desviación 1:1 reduce 91% resistencia

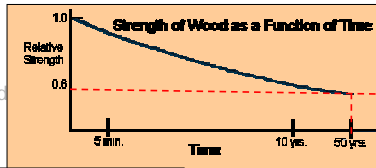
Cinco factores que afectan la resistencia mecánica de la madera

- Densidad
- Contenido de humedad
- Desviación de la fibra
- Presencia de nudos y huecos
- Tiempo



Cinco factores que afectan la resistencia mecánica de la madera

- Densidad
- Contenido de humedad
- Desviación
- Presencia d
- Tiempo

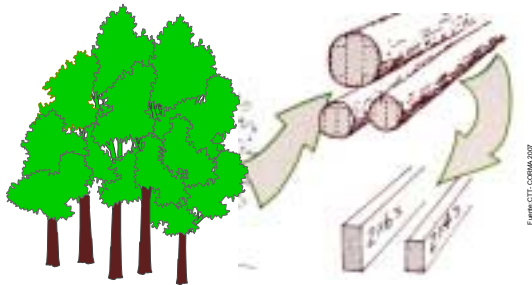


Productos de Ingeniería de Madera (PIM)



Productos de Ingeniería de Madera (PIM)

Surgen como respuesta a la disponibilidad y a la calidad de los recursos forestales



Árboles pequeños producen madera de dimensiones pequeñas y menor calidad

Productos de Ingeniería de Madera (PIM)

- Productos fabricados con maderas/fibras de madera unidas entre sí mediante adhesivos
- Diseñados para optimizar las propiedades de sus materiales constitutivos
- Usos estructurales
- Incluyen:
 - madera laminada encolada
 - paneles contrachapados
 - paneles de fibra orientada
 - madera compuesta: vigas I, LVL, PSL, etc.

1- Madera Laminada Encolada

Madera laminada encolada (MLE)

Piezas obtenidas a partir de tablas (lamelas) de dimensiones relativamente pequeñas, con respecto a la pieza final, unidas con adhesivos



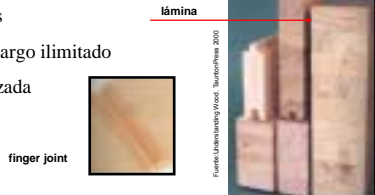
Materiales básicos

En Uruguay:

- Madera: *P. elliotti*, *P. taeda*, *E. grandis*
- Adhesivos: PVA, resorcinol, urea formaldehído

Características

- c/elemento formado por un determinado número de láminas ubicadas en forma paralela su eje
- c/lámina compuesta por una o varias tablas (con sus fibras orientadas en la misma dirección) unidas de canto mediante adhesivo y presión
- láminas sin defectos
- piezas de sección y largo ilimitado
- construcción optimizada

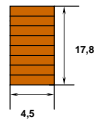


Propiedades mecánicas en flexión VML*

Especie	PVA		Resorcínol Formaldehído	
	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)
<i>Pinus taeda</i>	5834	21	8314	36
<i>Eucalyptus grandis</i>	12750	54	14258	38

*valores medios

Dimensiones vigas: 4,5cm x 17,8 cm x 330 cm

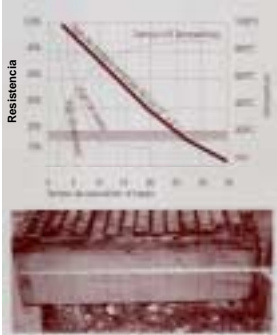


Fuente: LMoya- 2001

Ventajas MLE vs Madera maciza

- piezas estructurales de espesor, largo, ancho y formas no restringidas
- optimización del recurso maderero
- muy buenas características mecánicas teniendo en cuenta su densidad
- excelente comportamiento en flexión y compresión
- estabilidad dimensional en el sentido de la fibra
- gran flexibilidad en el diseño arquitectónico
- baja relación peso/resistencia

Ventajas MLE: resistencia al fuego



- Mayor resistencia al fuego que otros materiales
- Protección por diseño
 - secciones diseñadas para resistir determinado período de tiempo de exposición al fuego
 - método de la sección eficaz

Desventajas MLE vs Madera maciza

- más costosas, especialmente en vigas rectas
- factor pérdida durante su fabricación ~30%
- elevado costo de los adhesivos (especialmente los de uso exterior)
- fabricación requiere de equipos especiales y mano de obra especializada
- no se pueden producir en obra

2- Paneles estructurales

Paneles contrachapados [Plywood]

Panel construido con láminas de madera unidas mediante adhesivo y presión



Fonte: Instituto I+D+i CITA 2001

Dimensiones: 1,22 m x 2,44 m
e= 9, 12,15,18 mm

Materiales base

En Uruguay:

- Madera: *P. ellioti*, *P. taeda*, *E. grandis*
- Adhesivos: principalmente fenol formaldehído

Principio constructivo- Justificación

- la orientación de las láminas (ply) aumenta la resistencia y rigidez del panel en su conjunto
- aumento de la estabilidad dimensional en el ancho (y largo) del panel



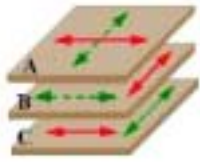
Características

- número impar de láminas
- cada lámina se orienta con la dirección de su grano en forma perpendicular al de la lámina adyacente
- las láminas exteriores tienen su grano orientado paralelo a la mayor dimensión (lado largo) del panel
- **construcción balanceada**
imagen simétrica desde el centro del panel, láminas opuestas
 - de igual densidad
 - de igual espesor
 - con igual contenido de humedad



Fonte: Mecánica de los materiales Wood composites 1992

Construcción balanceada: implicaciones



Las flechas rojas indican la dirección del grano

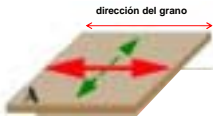
- la madera se contrae más a través, que a lo largo del grano
- al perder humedad
 - las láminas superior e inferior tienden a contraerse en una dirección
 - la lámina del centro tiende a contraerse en la otra dirección
 - cada lámina restringe el movimiento de la adyacente
 - el panel se contrae poco

Propiedades mecánicas en flexión*

Propiedad	MOE II (MPa)	MOE ⊥ (MPa)	MOR II (MPa)	MOR ⊥ (MPa)
	4990 - 7300	722 - 1800	24,1 - 51,3	10,0 - 14,8

Especies: *Pinus (P. elliottii, P. taeda), Eucalyptus grandis*

*espesores: 9, 12, 15, 18 mm



Ventajas paneles contrachapados vs Madera maciza

- Paneles de grandes dimensiones con material proveniente de árboles de pequeño diámetro
- Mayor estabilidad dimensional en la dimensión plana del panel
 - similar % de contracción/expansión que el movimiento radial de madera maciza de la misma especie
- Propiedades mecánicas más uniformes
- Optimización del recurso básico
 - láminas de alta calidad en las superficies, y de menor calidad en el interior

Paneles de partículas orientadas [OSB]

Panel construido con partículas delgadas de madera unidas mediante adhesivo y presión



Fonte: Instituto I+D+i CITA, 2001

Dimensiones: 1,22 m x 2,44 m
e= 12,15,18 mm

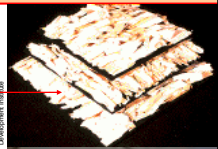
Materiales base

- Madera proveniente de árboles de pequeño diámetro y/o de rápido crecimiento
- Adhesivos: principalmente fenol formaldehído

Características

- panel multi-capa: 3 ó 5 láminas
 - * partículas: orientación
 - geometría
- estabilidad dimensional
- resistencia similar a la de los paneles contrachapados
- ausencia de nudos y huecos
- flexibilidad en las dimensiones del panel
- permite combinar especies (en las distintas capas)

De: Instituto I+D+i CITA, 2001
Materiales de base: Madera y Fenol formaldehído
Dimensiones: 1,22 x 2,44 m



Propiedades mecánicas en flexión*

Propiedad	MOE II (MPa)	MOE ⊥ (MPa)	MOR II (MPa)	MOR ⊥ (MPa)
	4500 - 5500	1300 - 1500	23,4- 29,0	9,6 - 12,4

Producto importado. Especies de baja densidad

*espesores: 12, 15, 18 mm



Ventajas similares a las de los paneles contrachapados vs Madera maciza

Ventaja paneles OSB vs paneles contrachapados

Menor costo de producción

Desventaja paneles OSB vs paneles contrachapados

Menor estabilidad dimensional (contracción/expansión) en la dirección del espesor del panel



3- Otros PIMs

Otros productos de ingeniería de madera*

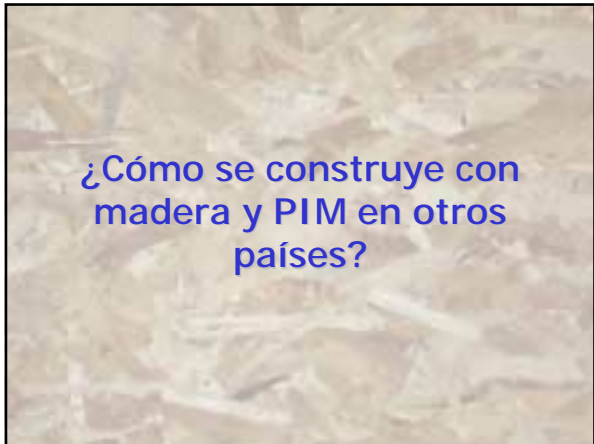


Microlaminada [LVL]

Perfiles de aglomerado de astillas [PSL]

Vigas "I"

* Actualmente no disponibles en el mercado local



¿Cómo se construye con madera y PIM en otros países?

Diseño y cálculo de estructuras

Código Internacional de Edificación

- Construcción convencional → No requiere análisis y cálculo estructural
- Construcción NO convencional → Requiere análisis y cálculo estructural

Diseño y cálculo de estructuras

Código Internacional de Edificación

- Construcción convencional
 - elementos estructurales repetitivos
 - 3 niveles máximo
 - cargas de uso típicas de viviendas
- Construcción NO convencional

Información técnica de fácil acceso e interpretación →



Diseño y cálculo de estructuras

Código Internacional

- Construcción convencional

Información técnica de fácil acceso e interpretación



- Construcción NO convencio



Diseño y cálculo de estructuras

Código Internacional de Edificación

- Construcción convencional → No requiere análisis y cálculo estructural

- Construcción NO convencional → Requiere análisis y cálculo estructural

- Método de las tensiones admisibles (ASD)
- Método de los estados limites (LRFD)



Norma de cálculo para proyectos de estructuras de madera



EFFECTOS DE LA PRIMERA PODA SOBRE EL CRECIMIENTO Y DIMENSIONES DEL CILINDRO NUDOSO EN *Pinus taeda*

Cecilia Rachid Casnati¹, Fernando Resquin²

INTRODUCCION

La poda es una práctica de mucha importancia para la obtención de madera de calidad con destino a aserrado. El desafío que esta práctica implica es el de mantener al cilindro con defectos (CCD) tan pequeño como sea posible mientras que el árbol crece a una alta tasa (Shepherd, 1986), de modo de depositar la mayor cantidad posible de madera libre de nudos. Sin embargo, la definición de los momentos, intensidades y número de poda, aspectos que definen los regímenes, son todavía de difícil ajuste debido, en parte, a la cantidad de variables implicadas en la toma de decisiones.

Dado que es en la copa donde se desarrolla el proceso fotosintético, y por lo tanto, el motor de crecimiento del árbol, es difícil extraer porciones vivas basales de copa sin afectar aquella variable. Por otro lado, a nivel nacional son escasos los registros de resultados comparativos en cuanto a crecimiento relacionado a la extracción de copa. Con respecto a la altura total, existe cierto consenso en que la severidad y el número de podas no la afectan de manera importante (Methol, 2001; Schoelzke, 2003; Costas *et al.*, 2004; Posse, 2007; Rodríguez, 2007; Cavagnaro y Servetti, 2009). En ensayos realizados en la zona Norte se menciona que, con un 70% de remoción de copa (respecto a la altura total del árbol) a partir de los 3 años, el crecimiento en DAP se ve afectado por la poda en forma significativa, en comparación con la extracción de 40% (Rodríguez, 2007). Por otro lado, la extracción del 60% anual de copa en relación a la altura total muestra diferencias significativas comparado con la extracción del 70% (Posse, 2007; Cavagnaro y Servetti, 2009), observándose además que el efecto de diferentes combinaciones de extracción en cada levante provoca resultados diferentes. En Misiones, Argentina, algunos ensayos concluyen que los tratamientos que incluyen 3 levantes graduales afectan menos el crecimiento en DAP que aquellos de 2 levantes en *P. taeda* (Costas *et al.*, 2004). Además, la extracción de 60 y 70% de copa verde mostró la tendencia a disminuir el incremento en DAP en *P. elliotii* de 5 años (Schoelzke, 2003).

Por otro lado, las dimensiones del cilindro con defectos (CCD) sumado al diámetro de troza, son 2 de los tres factores de mayor relevancia para la maximización del rendimiento al momento de su industrialización (Park, 1980). A su vez el diámetro del cilindro nudoso (CN) representa la porción medible a campo del CCD, a partir del cual el primero podría estimarse a través del ajuste de modelos (Park, 1982; Fassola *et al.*, 2002). Las dimensiones del CN, depende de la altura de cada levante y el tiempo transcurrido entre los mismos, esperándose que los diámetros máximos sobre muñones sean menores a mayor altura de poda y a menor tiempo de espera entre podas (Costas *et al.*, 2005).

En este artículo se presenta la evaluación de la influencia de la poda sobre el crecimiento y las dimensiones del CN en *P. taeda*.

CARACTERISTICAS INICIALES DEL RODAL Y DEL ENSAYO

Las características del rodal previo a la instalación del ensayo son las siguientes:

- Grupo de suelo CONEAT: 7.31
- Año de plantación: 2003
- Instalación del Ensayo: Mayo de 2008

¹ Ing. Agr. Programa Nacional Forestal – INIA

² Ing. Agr. M.Sc. Programa Nacional Forestal – INIA

- Población efectiva: 850 árboles/ha
- DAP medio: 9.1cm
- Altura total media: 4.9m
- Área basal: 5.7m²/ha
- Se hizo un primer raleo uniforme llevando la densidad a 650 árboles/ha aproximadamente

El diseño experimental consiste en bloques completos al azar con 3 repeticiones, siendo las parcelas de 850m² (8 filas X 12 árboles). Se establecieron 5 tratamientos diferenciados según la intensidad y el número de podas, como se muestra en el Cuadro 1. Los tratamientos del 1 al 4 se caracterizan por el porcentaje de extracción de copa en relación al largo de copa verde, por lo que para la aplicación de las intensidades de poda establecidas la variable de ajuste es la altura total de los individuos y el momento de intervención. En cambio el tratamiento 5 representa un régimen comercial con los momentos de intervención fijos.

Cuadro 1. Resumen de tratamientos.

Tratamiento	% de extraída en relación al largo de copa			
	1	2	3	4
1	60	60	-	-
2	60	45	30	-
3	30	45	60	-
4	30	30	30	30
5	altura (m) en cada levante/ edad (años)			
	2.5 (4)	3.7 (6)	4.8 (8)	6 (9)

* En relación al largo de copa

Las variables dasométricas medidas al instalarse el ensayo fueron: altura total (Ht), diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro a los 0.5m de altura (D0.5) como medida de diámetro máximo sobre muñón (DMSM) inicial. A partir de las alturas medidas se calculó en forma teórica para cada individuo la altura de poda en relación al tratamiento correspondiente y también se calculó el área basal de cada parcela. El porcentaje de copa extraída se calculó como el largo de copa podada sobre el largo de copa total. Al momento de la poda se midió el diámetro y la altura al primer verticilo (DV1 y HV1) efectivas y se calculó el porcentaje de copa efectivamente extraído. Finalmente se repitieron las mediciones de DAP, Ht y DV1 en julio de 2010 (al séptimo año).

RESULTADOS

Características del ensayo

A efectos de facilitar el análisis luego de la primera poda, los tratamientos 1 y 2 se agruparon bajo la categoría de Fuerte (F), el 2 y 3 se agruparon bajo la categoría de Suave (S) y al tratamiento 5 se lo denominó Comercial (C).

Al momento de la instalación del ensayo se logra establecer valores dasométricos iniciales similares entre tratamientos, alcanzándose en promedio los valores teóricos de severidad de poda fijados, como se muestra en el cuadro 2. Para el tratamiento comercial, el porcentaje de poda extraído resultó intermedio entre el F y S.

Cuadro 2. Características del ensayo luego de aplicado el raleo y la poda

Tratamientos	Densidad (árboles/ha)	DAP medio (cm)	Ht media (m)	Área basal (m ² /ha)	% de área basal extraída	% de copa extraída efectiva
C	649	9.34	5.09	4.5	20.0	46.1
F	643	9.30	5.03	4.4	20.4	60.2
S	644	9.46	5.05	4.6	20.1	31.8

Con respecto a la uniformidad de los porcentajes de extracción de copa, en las figuras 1, 2 y 3 se observa que el 70% de la población del tratamiento C sufrió una poda con porcentajes de extracción entre 41 y 49%, mientras que para los tratamientos F y S el 76 % de la población del sufrió podas con porcentajes entre 57 y 66% y entre 28 y 34% respectivamente. Se observa entonces cierta tendencia a lograr porcentajes de extracción más uniformes con podas más bajas.

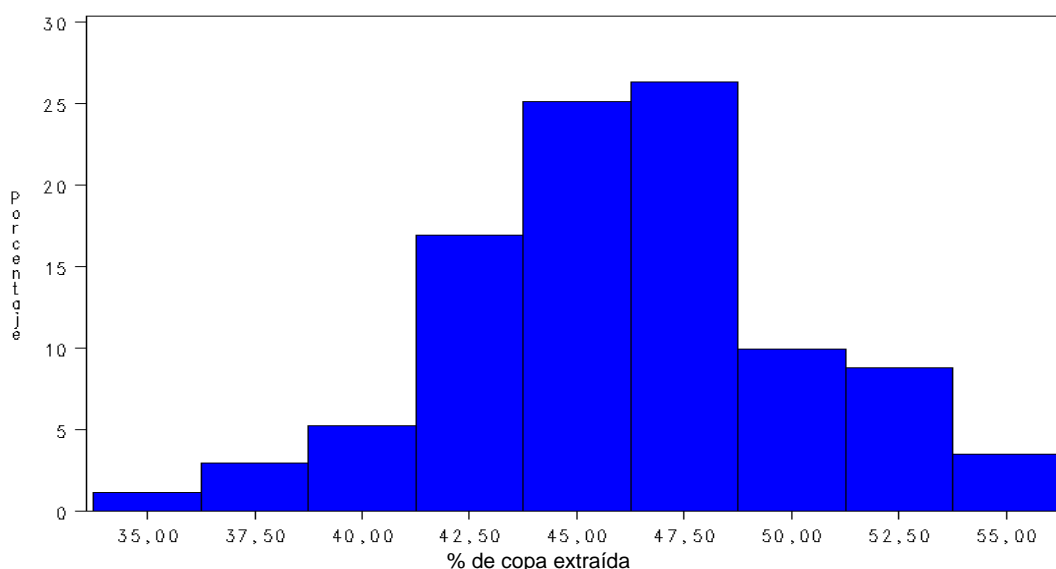


Figura 1. Frecuencias de porcentajes de copa extraída en el tratamiento C

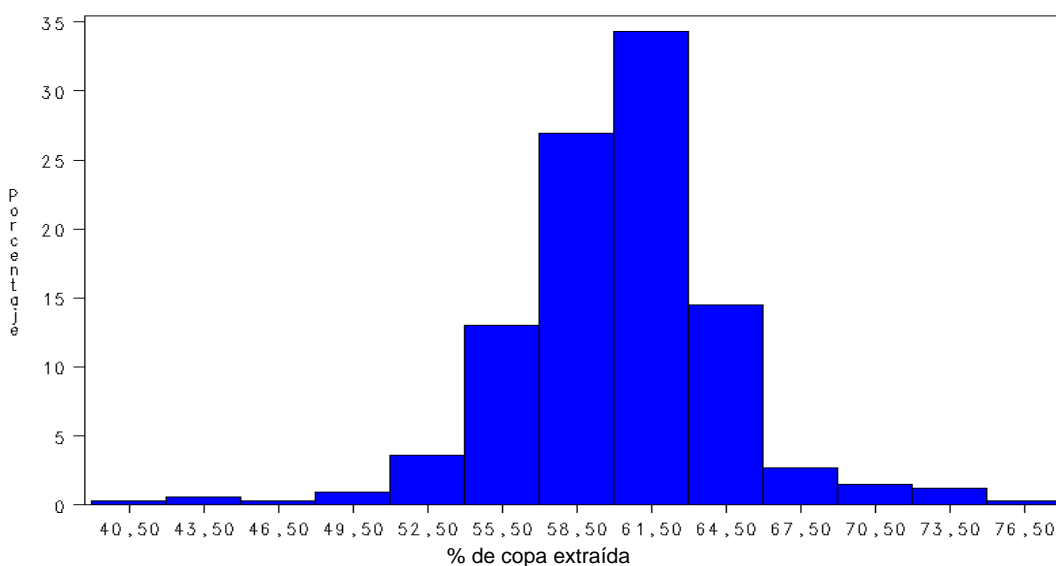


Figura 2. Frecuencia de porcentajes de copa extraída en el tratamiento F

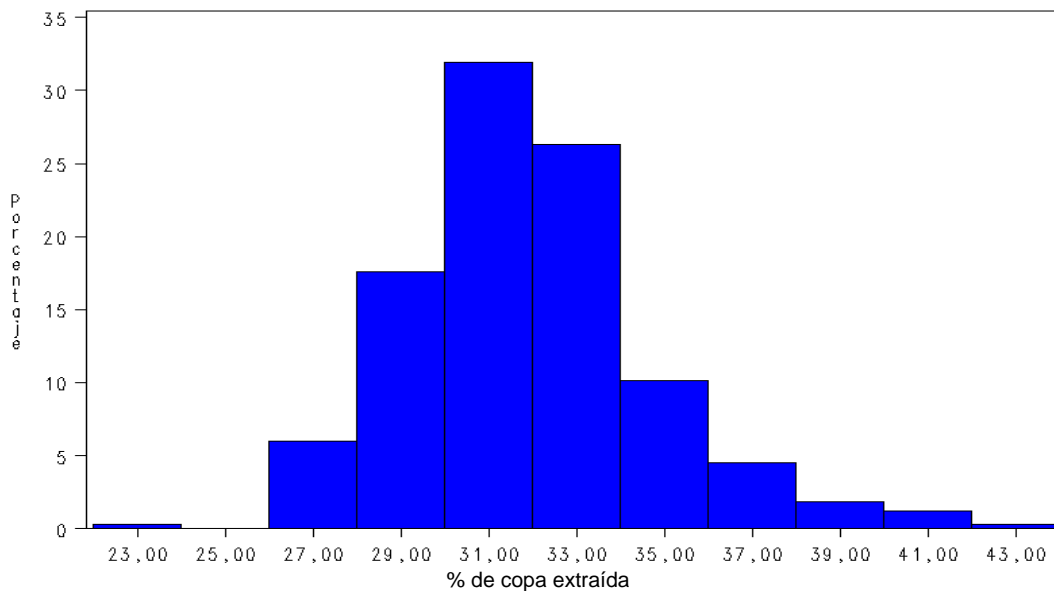


Figura 3. Frecuencia de porcentajes de copa extraída en el tratamiento S

Crecimiento al séptimo año

Con respecto al DAP, en la figura 4 se observa que a los dos años de aplicados los tratamientos de poda existen diferencias estadísticas entre tratamientos que favorecen a la poda más suave en relación a la poda más severa, si bien las diferencias no son significativas entre el tratamiento comercial y los demás. En la figura 5 se visualiza cómo gran parte de la variación en el incremento en DAP está explicada por la proporción de copa extraída, aunque las diferencias entre tratamientos extremos sean de apenas 1.4cm.

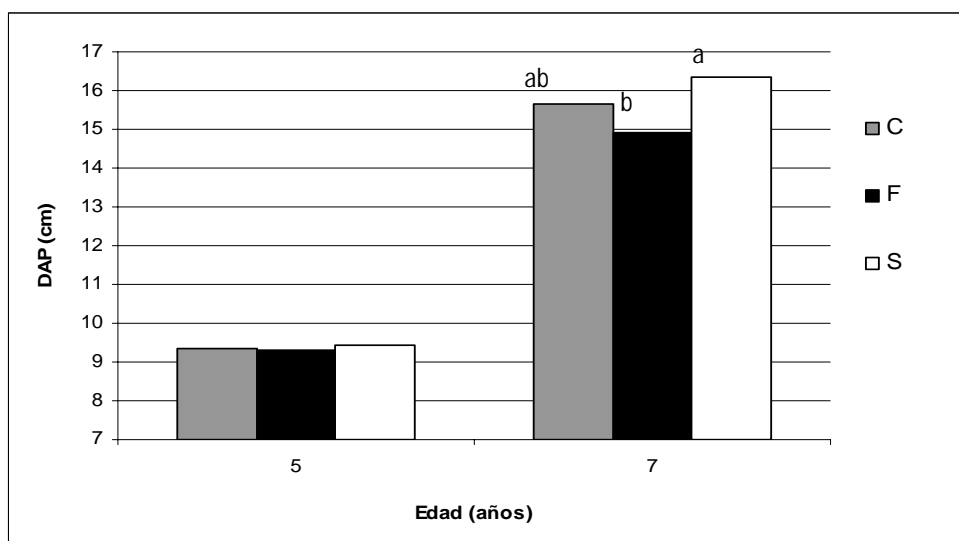


Figura 4. Crecimiento en DAP para a cada tratamiento

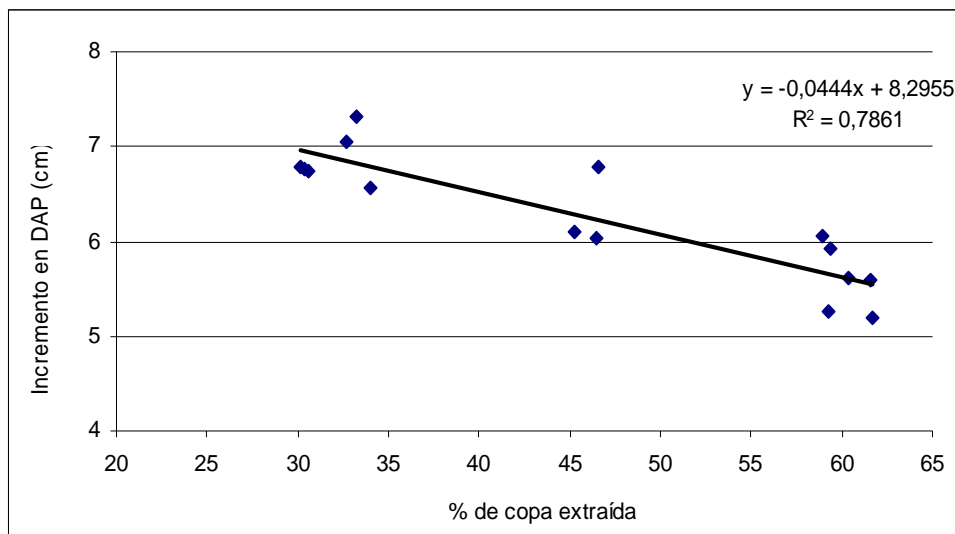


Figura 5. Incremento en DAP en relación al porcentaje de copa extraído

Para la variable Ht, no se constataron diferencias significativas estadísticamente luego de 2 años de crecimiento.

Dimensiones del cilindro nudoso

Como se muestra en la figura 6, en la poda más severa (F) se logra alcanzar una troza podada de 3m en promedio, mientras que se llega a 2.3 y 1.6m en promedio en los tratamientos C y S respectivamente.

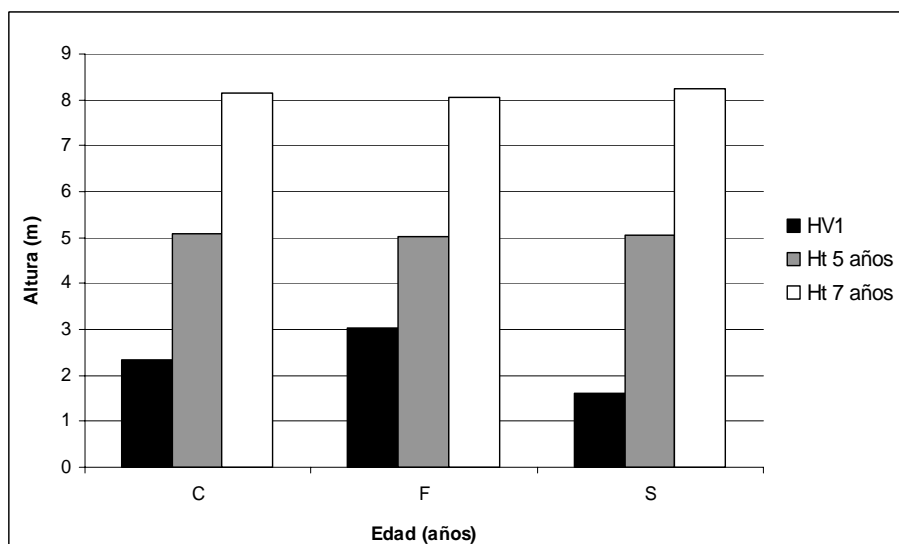


Figura 6. Alturas de poda y total correspondiente a cada tratamiento

Los histogramas de alturas al primer verticilo, o sea, largo de la troza podada para cada tratamiento se muestran en las figuras 7, 8 y 9. El tratamiento comercial presenta más del 80% de la población con largos entre 2 y 3m de troza podada, mientras que los tratamientos F y S presentaron 77% de los individuos entre

2.6 y 3.4, y entre 1.4 y 1.8 respectivamente. El tratamiento S, al igual que para el porcentaje de copa extraído, fue el que presentó mayor uniformidad con respecto al largo de troza podada.

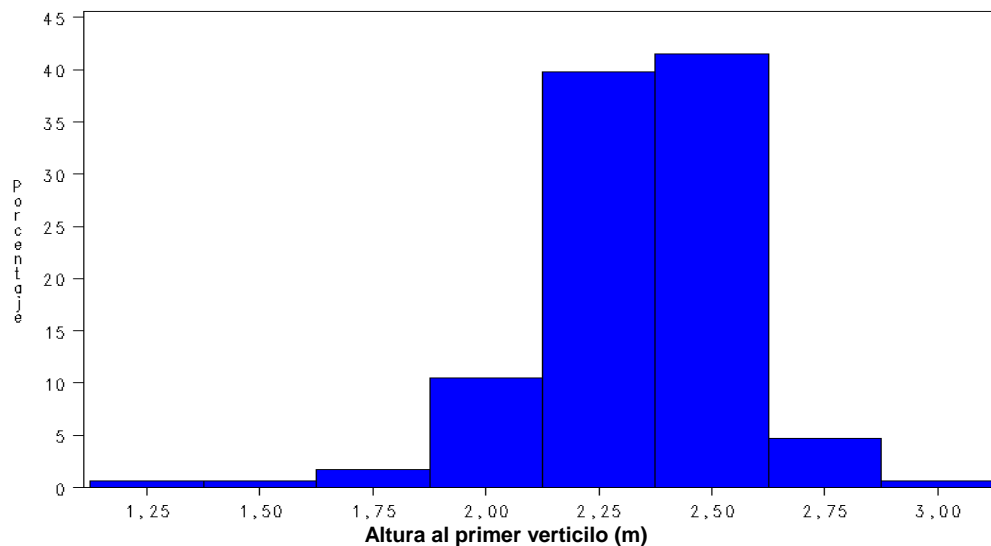


Figura 7. Frecuencia de alturas al primer verticilo luego de la primera poda para el tratamiento C

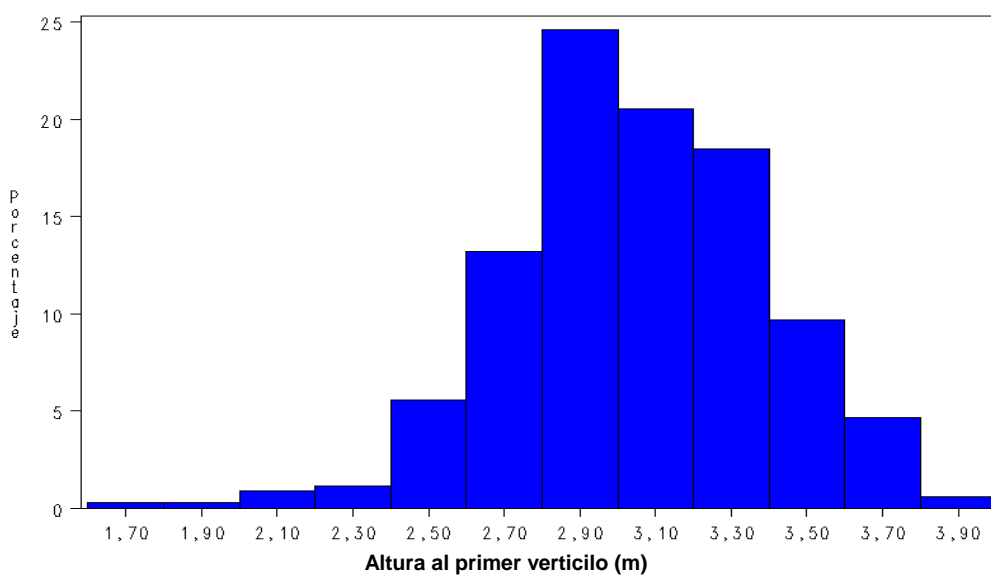


Figura 8. Frecuencia de alturas al primer verticilo luego de la primera poda para el tratamiento F

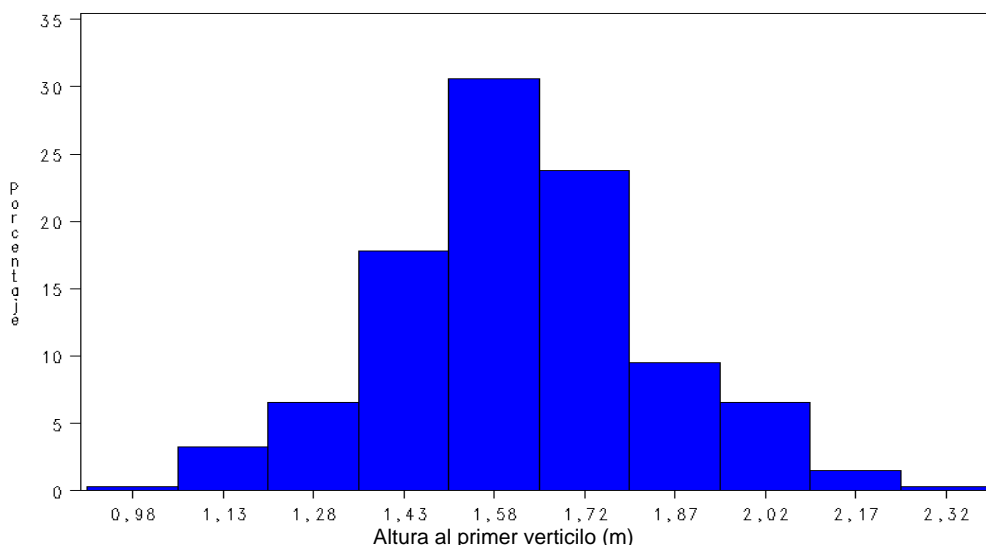


Figura 9. Frecuencia de alturas al primer verticilo luego de la primera poda para el tratamiento S

En lo que respecta al D0.5, que representa el DMSM al momento de la poda, fue bastante uniforme en todo el ensayo, presentándose el 75% de los individuos entre 10 y 14cm. A su vez, en cuanto a las dimensiones del cilindro nudoso, como era de esperar, el tratamiento con menor proporción de fuste podado (S) fue el que presentó mayor diámetro inicial al primer verticilo y por lo tanto, al séptimo año, superó por una diferencia mayor el D0.5 al momento de la primera poda comparado al tratamiento F (4.6 vs 1.1, respectivamente) (figura 10). Por lo tanto, la poda fuerte logró mayor uniformidad en cuanto a cilindro nudoso.

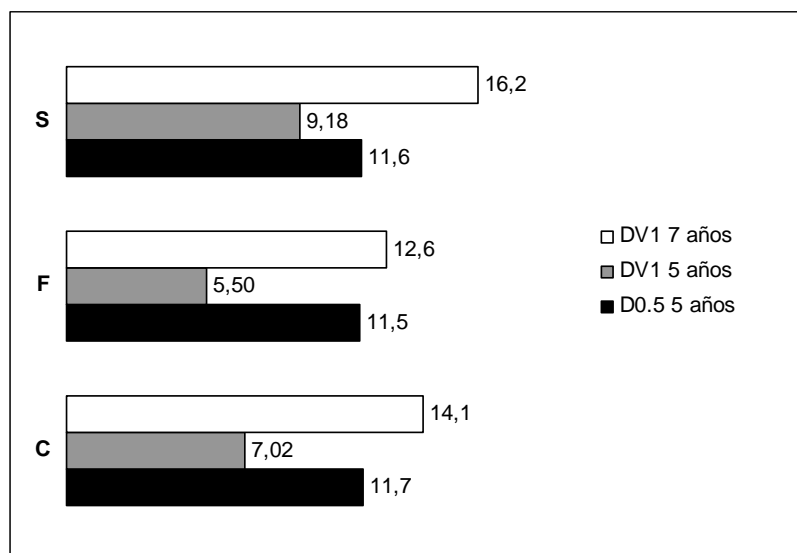


Figura 10. Crecimiento del diámetro (cm) a la altura del primer verticilo para cada tratamiento.

En las figuras 11, 12 y 13 se observan los histogramas de diámetros al primer verticilo alcanzados al momento de la primera poda. En los mismos se aprecia que el 74% de los individuos del tratamiento C tuvieron diámetros entre 6 y 7.8, el mismo porcentaje de individuos del tratamiento F presentaron diámetros entre 4.5 y 6cm, mientras que el 70% de los individuos del tratamiento S tuvieron diámetros entre 7.8 y 10.2. Existe cierta tendencia a ser más uniformes los diámetros a mayor altura de poda.

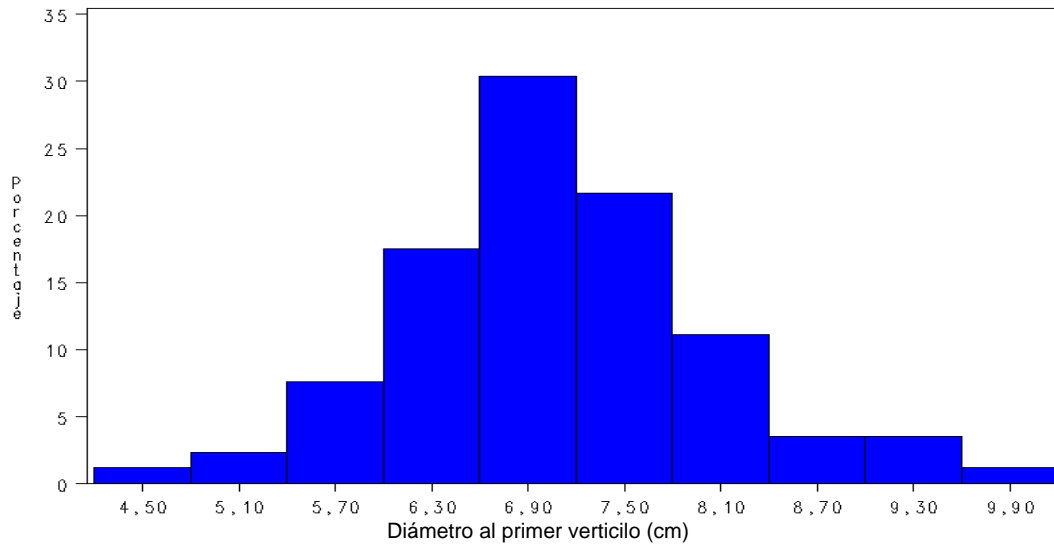


Figura 11. Frecuencia de diámetros al primer verticilo luego de la primera poda para el tratamiento C

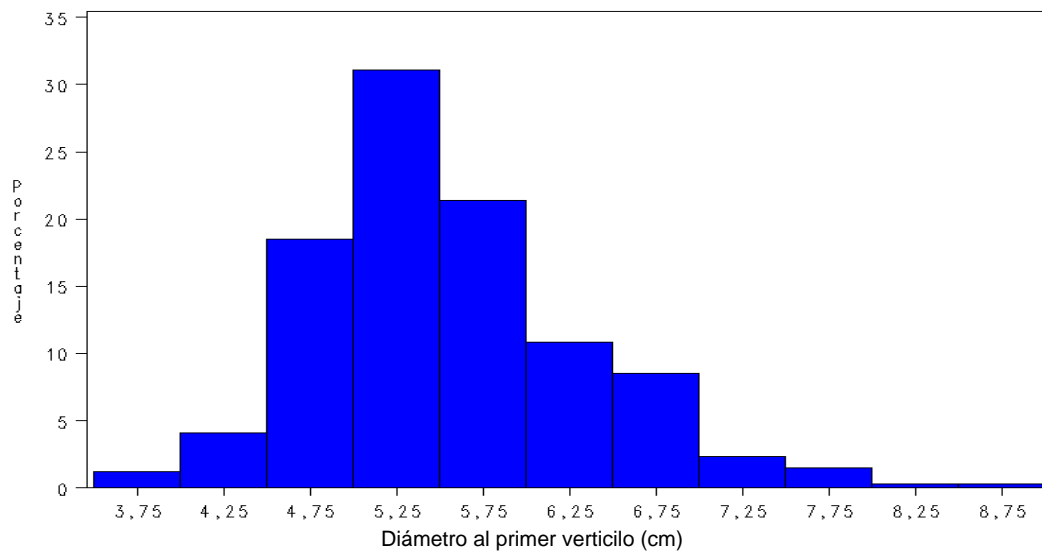


Figura 12. Frecuencia de diámetros al primer verticilo luego de la primera poda para el tratamiento F

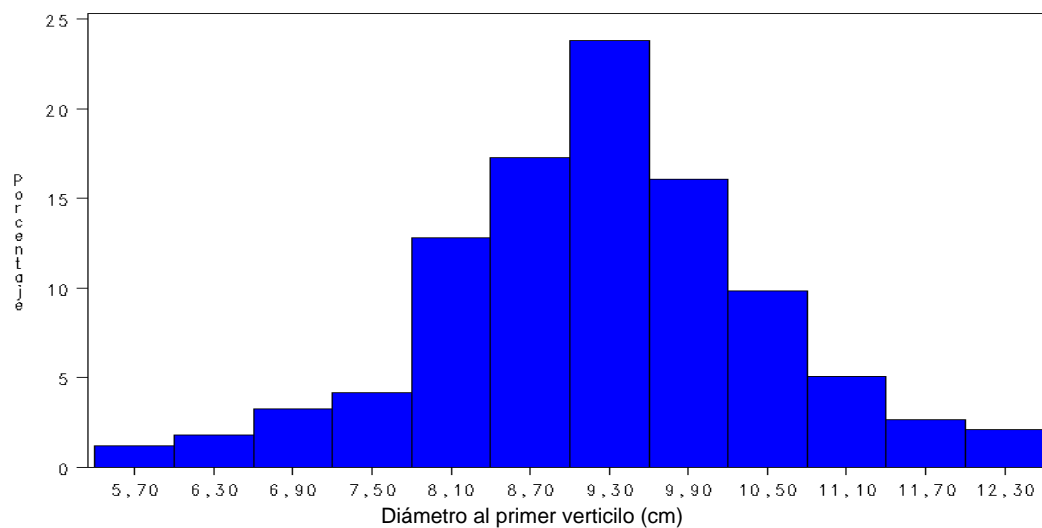


Figura 13. Frecuencia de diámetros al primer verticilo luego de la primera poda para el tratamiento S

Por último, es importante destacar que ninguno de los tratamientos presentó verticilos basales muertos a los 2 años, lo que podría sumar una ventaja aún para los tratamientos de poda más suaves, donde los verticilos permanecen más tiempo.

CONSIDERACIONES FINALES

A los dos años de aplicada la primera poda, la extracción de 30% de la copa permitió tener mayor crecimiento en DAP que con una extracción de 60%

El cilindro nudoso basal de la primera troza del tratamiento S es el de mayor diámetro y menos uniforme que el resto de los sistemas evaluados

Con el sistema de poda (F) no sólo se logró podar, promedialmente, una primera troza de 3m, sino que en una segunda troza se lograría mantener las dimensiones del cilindro nudoso si se realizara una segunda poda en el presente año.

Es necesario continuar con este estudio de manera de conocer cuáles son los efectos acumulados en cada levante y de qué forma afectan el crecimiento al final del ciclo de podas.

Por último, se plantea la necesidad de medir los diámetros de las ramas basales en cada tratamiento para conocer mejor las condiciones de cicatrización de los muñones y sus efectos sobre el desarrollo de las capas de oclusión en cada caso.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a CLOVERLY por permitir la instalación y seguimiento del ensayo en su predio y AGROEMPRESA FORESTAL por poner a disposición sus recursos humanos para el desarrollo del trabajo.

BIBLIOGRAFIA

CAVAGNARO, P.; SERVETTI, A. 2009. Evaluación de un ensayo de poda en Pinus taeda L. en Tacuarembó. Etapa 1. Crecimiento e incremento a la edad de 11 años. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 108p.

COSTAS, R.; MAC DONAGH, P.; WEBER, E.; IRSHICK, P.; PALAVECINO, J. 2004. Efectos de la densidad de plantación y la altura de poda sobre la producción de Pinus taeda L. a los 6 años de edad. Revista Forestal Venezolana. 45(1): 117-125.

_____ ; KORTH, S.; MAC DONAGH, P.; FIGUEREDO, S.; WEBER, E.; IRSHICK, P.; HECK, J. 2005. Influencia de la densidad y poda sobre la producción de Pinus taeda L. a los 7 años de edad. Revista Ciencia Florestal. 15 (3): 275-284.

FASSOLA, H. E.; FAHLER, J.; FERRERE, P.; ALEGRANZA, D. BERNIO, J. 2002. Determinación del cilindro con defectos en rollizos de Pinus taeda L. y su relación con el rendimiento de madera libre de nudos. RIA. 31(1): 121-138.

METHOL, R. 2001. Ensayo de intensidad de poda en *Pinus taeda* y *Pinus elliottii*. In: Seminario de Actualización en Tecnología Forestal para Areniscas de Tacuarembó y Rivera (2001, Tacuarembó). Montevideo, INIA. Pp 119-121 (Serie Técnica 123)

PARK, J.C. 1980. A grade index for pruned butt logs. *New Zealand Journal of Forestry Science*. 10 (2):419-438.

POSSE, J. P. 2007. Ensayo de poda en *Pinus taeda* en La Tuna. In: Jornada Silvicultura para Madera Sólida en Eucaliptos y Pinos (2007, Tacuarembó). Tacuarembó, INIA. Pp 8-11 (Serie de Actividades de Difusión 508).

RODRIGUEZ FERNANDEZ, C. A. 2007. Estudio de un ensayo de poda en *Pinus taeda* L. en Rivera. Etapa 1. Crecimiento e incremento a la edad de 6 años. Tesis In. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 45p.

SHEPHERD, K. R. 1986. *Plantation silviculture*. Dordrecht, Nijhoff. 322p.



Efecto de la intensidad de laboreo sobre la implantación y crecimiento de *E.grandis*

Mario Pérez Bidegain
Prof. Adj. Manejo y Conservación de Suelos
Departamento de Suelos y Aguas
mperezb@fagro.edu.uy

2-9-2010

INIA-Tacuarembó

Efecto de la intensidad de laboreo

- Problema



2-9-2010

INIA-Tacuarembó

Efecto de la intensidad de laboreo

- Evaluar el efecto de distintas alternativas de preparación del sitio:
 - sobre la instalación y crecimiento de *E.grandis* para producir madera para aserrío
 - sobre la susceptibilidad a la erosión

2-9-2010

INIA-Tacuarembó

Efecto de la intensidad de laboreo

- Tratamientos
 - Surcador + Excéntrica (S+E)
 - Surcador + Herbicida (S+H)
 - Rotovador + Excéntrica (R+E)
 - Rotovador + Herbicida (R+H)
 - Pozo

2-9-2010

INIA-Tacuarembó

Efecto de la intensidad de laboreo

- Usos previos
 - Campo Natural

Horizonte	Profundidad cm	Arcilla	Limo %	Arena	M.O. %
A1	0 - 30	4.4	11.7	83.9	1,37
A2	30 - 55	7.9	10.1	82.0	1,07
E	55 - 73	5.2	15.1	79.7	1,08
B _t	73 +	31.5	11.9	56.6	0,69

Acrisol ócrico abruptico

2-9-2010

INIA-Tacuarembó

Efecto de la intensidad de laboreo

- Usos previos
 - Chacra Vieja

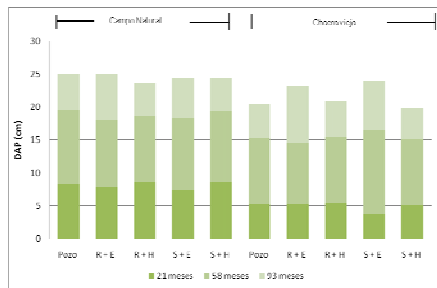
Horizonte	Profundidad cm	Arcilla	Limo %	Arena	M.O. %
A1	0 - 35	7.8	11.0	81.2	1,05
A2	35 - 66	6.2	10.1	83.7	0,76
E	66 - 88	5.7	11.3	83.0	0,69
B _t	88 - 100	19.3	10.1	70.6	0,76

Acrisol ócrico alábico

2-9-2010

INIA-Tacuarembó

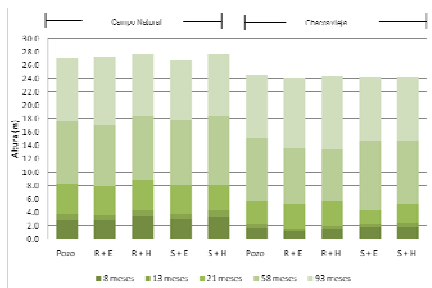
Efecto de la intensidad de laboreo



2-9-2010

INIA-Tacuarembó

Efecto de la intensidad de laboreo



2-9-2010

INIA-Tacuarembó

Efecto de la intensidad de laboreo

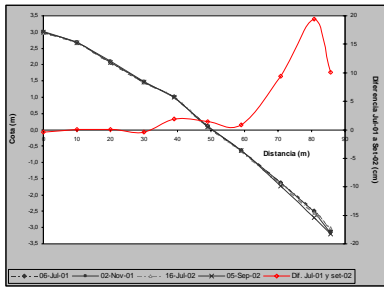
Estimaciones del Factor K (erodabilidad del suelo) por uso previo y tratamiento de laboreo

Tratamiento	Campo Natural	Chacra Vieja
	K (Mg /MJ.mm.h)	
Sit. original	0.027	0.039
Excéntrica	0.093	0.155
Herbicida	0.092	0.156
Pozo	0.119	0.086
Rotovador	0.076	0.127
Surcador	0.212	0.333

2-9-2010

INIA-Tacuarembó

Evolución de perfil de surco con Estación Total



2-9-2010

INIA-Tacuarembó

Efecto de la intensidad de laboreo

- Con Densidad Aparente = $1,5 \text{ Mg/m}^3$, 1 cm significa 150 Mg/ha
- Se observa que en el surco estudiado, desde su parte media hasta el final se perdieron entre 1-2 cm hasta casi 20 cm.
- Asumamos 5 cm, corresponden a 750 Mg/ha; pero esto depende de cuanto área ocupan los surcos en una ha.
- Si fuera solo un 5% del área ocupada por surcos o zanjas de 5 cm, ello significaría 37,5 Mg/ha, solamente la erosión en surcos, cuando la tolerancia para este suelo está en 12 Mg/ha.

2-9-2010

INIA-Tacuarembó

Efecto de la intensidad de laboreo

• Conclusiones

El laboreo para la implantación tiene como principal efecto el control de la vegetación existente y de malezas. Si se logran estos efectos con la aplicación de herbicidas el laboreo de suelos no tiene sentido para la plantación de Eucaliptos.

2-9-2010

INIA-Tacuarembó

Efecto de la intensidad de laboreo

- Síntesis

- *Delgado et al (2006)* EFECTO DE LAS PLANTACIONES DE Eucalyptus sp. SOBRE EL RECURSO SUELO EN URUGUAY
- *Agrociencias 10(2): 95-107*

2-9-2010

INIA-Tacuarembó

EFECTO DEL LABOREO Y FERTILIZACIÓN SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO Y LA PRODUCTIVIDAD DE E. GRANDIS PLANTADO EN LA ZONA NORTE DE URUGUAY

Fernando Resquin, Cecilia Rachid y Mario Perez Bidegain¹

INTRODUCCION

De las especies de eucaliptos plantadas en la zona norte del país *Eucalyptus grandis* es la que ocupa la mayor superficie con unas 65000 ha concentradas en el departamento de de Rivera (Dirección Foresta-M.G.A.PI, 2008). A pesar de que es una especie que ha mostrado que se adapta muy bien a las diferentes zonas del país la experiencia empírica y también resultados experimentales indican que es sensible a las medidas de manejo tales como preparación del suelo, control de malezas, fertilización, etc.

Existen diversos estudios que muestran que existe una respuesta positiva en crecimiento y sobrevivencia en las etapas tempranas del cultivo en relación a un incremento de la preparación de un sitio previo a la plantación. Esto estaría en buena medida asociado a la reducción de la competencia que ejercen las malezas desde la etapa de instalación hasta el momento de cierre de copa. También se han reportado efectos del laboreo sobre la mejora del drenaje en suelos con un horizonte B textural importante y a escasa profundidad (Heberling 2009), sobre las propiedades físicas del suelo, disponibilidad de nutrientes, y/o materia orgánica (Gatto, et al., 2003).

No obstante esto, existe cierta discrepancia en la literatura en relación a la duración del efecto de la preparación del sitio a lo largo del ciclo del cultivo. Algunos autores reportan que la mayor productividad de los sistemas más intensivos se observa sólo en los primeros años (Perez Bidegain, M, et al. 2001, Gatto, et.al., 2003; Delgado, et.al., 2004) en tanto que otros sostienen que estos efectos se mantienen en el largo plazo (Schönau,1984, Andrade, et.al.; 1994). En términos generales en lo que si hay coincidencia es en la conveniencia de lograr un efecto starter que permita una alta sobrevivencia y una rápida cobertura del suelo para competir con las malezas y para evitar pérdidas de suelo por erosión. Probablemente las diferentes tendencias observadas se deban a las distintas condiciones de sitio (tipo e historia de uso de suelo, herramientas de laboreo, etc) pero es notoria la importancia de determinar para cada situación la mejor combinación de prácticas de manejo silvicultural para obtener el mejor resultado físico y económico.

A nivel comercial, a partir del crecimiento del sector forestal, se han utilizado distintos sistemas de laboreo y fertilización que a su vez se han venido adaptando a los distintos tipos de suelos en cada una de las zonas forestales. Esto se ha traducido en que los manejos se han ido adoptando por prueba y error originado por la escasa información generada para cada condición. En función de esto en los últimos años se han instalado varios ensayos para evaluar los efectos del laborero, fertilización, control de malezas, etc. en varias zonas del país (Methol, 1996, Perez Bidegain, et, al.,2001; García Préchac, et. al. 2001; Delgado, et. al, 2004) .

El objetivo del trabajo fue estudiar los posibles efectos de distintas alternativas de preparación del sitio en *Eucalyptus grandis*, sobre algunas propiedades físicas, químicas del suelo, y los parámetros de crecimiento a los diecinueve años de instalado el ensayo.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo fue instalado en la Unidad Experimental La Magnolia de INIA Tacuarembó en octubre del año 1992 cuyas principales características se describen en el cuadro 1. Cada tratamiento se aplica a una parcela de 48 árboles formada por 8 surcos de 6 plantas cada uno. Lo que efectivamente se mide en cada parcela son los 26 árboles centrales (6 surcos de 4 plantas cada uno). Cada tratamiento esta repetido en tres bloques completos .La aplicación del fertilizante se realizó 10 días después de la plantación, esparciéndose

¹ Ing. Agr. PhD. Facultad de Agronomía – Universidad de la República

superficialmente el fertilizante en un radio aproximado de 25 cm., siendo luego incorporado al suelo con una azada.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos evaluados

Tratamiento	Tipo de laboreo	Equipo usado	Fertilización
2	Total	Excéntrica + arado+ cultivador + vibro	0 gr
2	Total		150 gr (15/15/15)
3	Fajas	Excéntrica/arado/cinzel	0 gr
3	Fajas		150 gr (15/15/15)
1	plantación en pozos	púa de cinzel solo para marcar la línea de plantación	0 gr
1	plantación en pozos		150 gr (15/15/15)

Fuente: Methol, 1996.

El suelo del ensayo es representativo de la unidad Tacuarembó, de la Carta de Reconocimientos de Suelos del Uruguay escala 1: 1Millón (División de Suelos y Aguas-D.G.R.N.R.-M.G.A.P.). A nivel CONEAT el ensayo se encuentra dentro del grupo de suelos 7. 32. En el Cuadro 2 se presenta el análisis de suelo realizado previo a la instalación del ensayo.

Cuadro 2: Análisis de suelo Fuente Methol, 2001.

Profundidad	p		K	N	A	C	Bray I	Res	Textura			% %	% N
	H2	KC							en meq/100				
0 - 2	5.	4.	0.2	0.1	1.0	0.4	3.	1.0	8	9	8	1.4	0.0
2 - 4	5.	4.	0.1	0.1	1.2	0.4	2.	1.0	8	7	9	1.2	0.0
4 - 6	5.	4.	0.1	0.1	1.5	0.4	1.	0.0	8	8	1	0.9	0.0

El diseño experimental es de parcelas divididas en tres bloques al azar. Las parcelas mayores corresponden a tres métodos de preparación del sitio y las parcelas menores a la aplicación o no de un fertilizante NPK. Dichos métodos de laboreo fueron (3) laboreo en fajas, (2) laboreo total y (1) sin laboreo. A efectos de cuantificar las diferencias con la situación de inicio, se agregó el campo natural apareado a cada uno de los bloques como un cuarto tratamiento. A los 8 años de instalado el ensayo se extrajeron muestras de suelo para medir algunos parámetros del suelo según se describe en los siguientes capítulos.

Determinación de densidad aparente y curva de retención de agua

Dentro de las parcelas de laboreo, en las subparcelas con fertilización a la implantación y primer año se tomaron muestras imperturbadas de suelo de 68.7 cm³ de 7 a 10 cm de profundidad, en la fila de plantación. Se determinó su peso luego de saturadas y equilibradas a 0,1; 0,33; 1,0 y 3,0 Atm y finalmente su peso seco (Blake y Hartge, 1986; Klute, 1986). El contenido de agua a 0 atm se estimó igual a la porosidad total, calculada a partir de la densidad aparente y una densidad real asumida a 2,65 gr/cm³.

Determinación de materia orgánica, pH y aluminio intercambiable

Para realizar estas determinaciones, en cada unidad experimental, se realizaron muestras compuestas (seis submuestras) con calador, luego de exponer la superficie del suelo mineral, a las siguientes profundidades: 1) 0 - 2,5 cm, 2) 2,5 - 5 cm, 3) 5 - 10 cm, y 4) 10-15 cm. En las muestras compuestas resultantes se determinaron materia orgánica (método Walkley y Black), pH en agua y cloruro de potasio (método potenciométrico) y aluminio intercambiable (extracción con KCl 1N no tamponeado).

Parámetros de crecimiento

Los parámetros de crecimiento evaluados fueron: altura total, DAP (diámetro a la altura del pecho), sobrevivencia (), volumen individual y volumen por hectárea. Para el cálculo de volumen se utilizó un factor de forma de 0.4 Estas mediciones se realizaron a los 9, 33, 44, 55, 67, 78, 105 y 203 meses de instalado el ensayo.

Análisis estadístico

La codificación de los tratamientos a los efectos del análisis estadístico es la siguiente: L1, sin laboreo; L2, laboreo total; L3, laboreo en faja y L4, campo natural. Los tratamientos de fertilización son: F1, sin fertilización y F2, con fertilización. Para evaluar el efecto de los tratamientos principales y sus interacciones se realizó un análisis de varianza mediante los procedimientos Mixed y GLM del programa SAS. Para los parámetros del suelo se definieron a priori los siguientes contrastes independientes:

Laboreo:

Contraste 1 (L4 vs. OTR)

Contraste 2 (L2 vs. OTR)

Contraste 3 (L3 vs L1)

Niveles de fertilización:

Contraste 4 (F1 vs F2)

Interacción:

Contraste 5 (L2 vs OTR; F1 vs F2)

Contraste 6 (L1 vs L3; F1 vs F2)

Cuando se mencione la diferencia mínima significativa (DMS, al 5%), se lo hace como una indicación del error experimental y no como un criterio estadístico válido de separación de medias.

RESULTADOS

1. Efectos sobre el suelo a 8 años de instalado el ensayo

Densidad aparente y curva de retención de agua

La figura 1 muestra los valores de densidad aparente medidos en los tres tratamientos de laboreo y el campo natural. La media de campo natural es menor a la media de los tratamientos de laboreo, y dentro de estos, L1 es menor a la media de L2 y L3. Entre los últimos, no se encontró diferencia significativa. Los efectos del método de preparación del sitio sobre las propiedades del suelo estudiadas, aún persisten ocho años después de la instalación del ensayo. En tal sentido, la compactación es mayor (menor densidad aparente) a medida que aumenta la intensidad de laboreo, siendo hasta un 13% superior si se compara el laboreo total con el campo natural. Sin embargo, el mínimo laboreo no mostró diferencia con el campo natural.

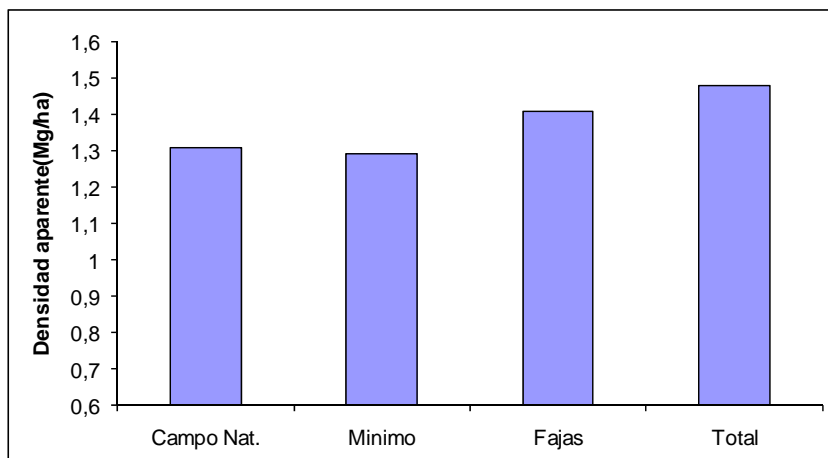


Figura 1. Valores de densidad aparente del suelo para cada tratamiento

En la figura 2, se observa la curva de retención de agua para los potenciales de matriz considerados. A 0 atm (porosidad total), los resultados estadísticos son idénticos a los de Densidad Aparente, ya que es la variable que determina la estimación de la Porosidad Total. A 0,1 atm, L4 es mayor a la media de los tres tratamientos de laboreo y L1 es mayor a la media de L3 y L4. En tanto, a 0.33, 1 y 3 atm, L1 es mayor a la media de los restantes métodos de preparación del sitio. Los contrastes no mencionados no resultaron significativos. El valor de 0.1 es citado como un valor en el cual hay menor retención de agua bajo eucaliptos debido a la presencia de micelios y compuestos hidrófobos (Musto, 1994).

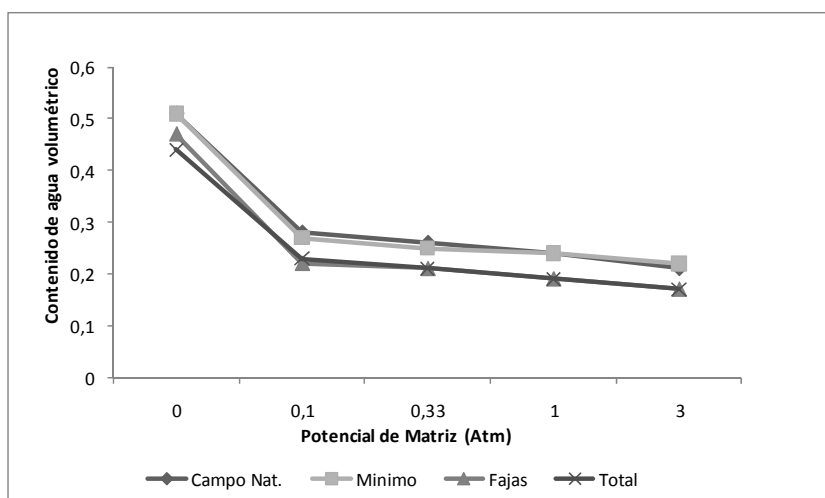


Figura 2. Valores de contenido de agua volumétrica para cada tratamientos

En este caso, la menor retención a 0,1 atm se mantiene en todos los potenciales de matriz considerados. Nuevamente, el tratamiento de laboreo reducido (L1), no produjo el mencionado efecto, en relación al campo natural. En función de estos resultados, podría manejarse la hipótesis de que la menor retención es principalmente debida al efecto del laboreo, a través de la reducción de la materia orgánica, que se asocia con menor porosidad y presencia de coloides en un suelo tan arenoso.

pH en Agua

De 0-2.5cm (Figura 3), el valor de pH de L1 es mayor a la media de L2 y L3, en tanto que entre 10 y 15cm L4 es mayor a la media de los tratamientos de preparación del sitio y entre estos L1 tiene mayor valor al promedio de L2 y L3.

pH en KCl

En la figura 4, se observan los valores de pH obtenidos. Entre 0 y 2.5 cm L4 es menor a la media de los otros tratamientos, en tanto L1 es mayor a la media de L2 y L3. De 2.5 a 5cm, L1 es mayor al promedio de los restantes tratamientos. Entre los 5 y 10 cm, L4 es mayor a la media de los restantes tratamientos y entre 10 y 15cm L1 es mayor al promedio de L2 y L3. Esto indicaría que laboreos más intensos provocaron acidificación y pérdida de materia orgánica en los primeros 5cm del suelo. También ocurrió un aumento del aluminio intercambiable con laboreos más intensos.

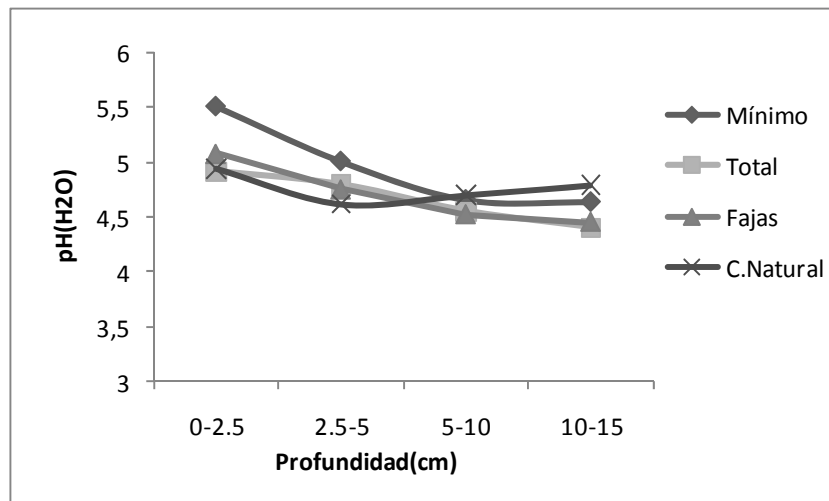


Figura 3. Valores de pH en H2O a diferentes profundidades en el perfil para cada tratamiento

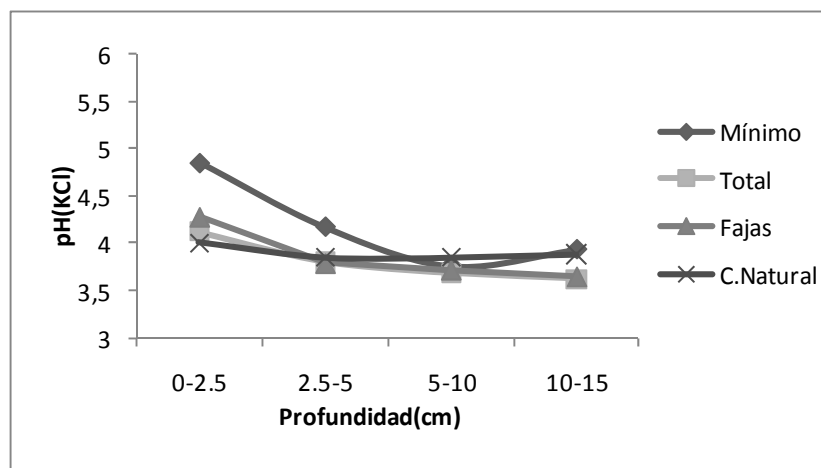


Figura 4. Valores de pH en KCl a diferentes profundidades en el perfil para cada tratamiento

Materia Orgánica

De 0 a 2.5 cm y de 2.5 y 5cm, L1 es mayor a la media de L2 y L3 (Figura 5). La falta de diferencia significativa entre el Campo Natural y el conjunto de los tres tratamientos de Laboreo se debe a que el Laboreo mínimo (L1), o no difiere o tiende a presentar un contenido de materia orgánica ligeramente superior al del campo natural. Laboreos más intensos provocaron acidificación y pérdida de materia orgánica en los primeros 5cm del suelo.

Aluminio intercambiable

La figura 6 muestra los valores de aluminio intercambiable obtenidos en los distintos tratamientos y profundidades. L4 es mayor a la media de los otros tratamientos de 0 a 2.5cm. En tanto L1 es menor a la media de L2 y L3; este último es menor a L2. De 2.5 a 5 cm y de 5 a 10, L1 es menor al promedio de los restantes métodos de preparación del sitio. De 10 a 15 cm no se encontraron diferencias. También existió un aumento del aluminio intercambiable con laboreos más intensos. Si se observan los gráficos 5 y 6, la distribución de aluminio intercambiable en profundidad es clara la relación inversa entre la distribución de la materia orgánica y la presencia de Aluminio intercambiable.

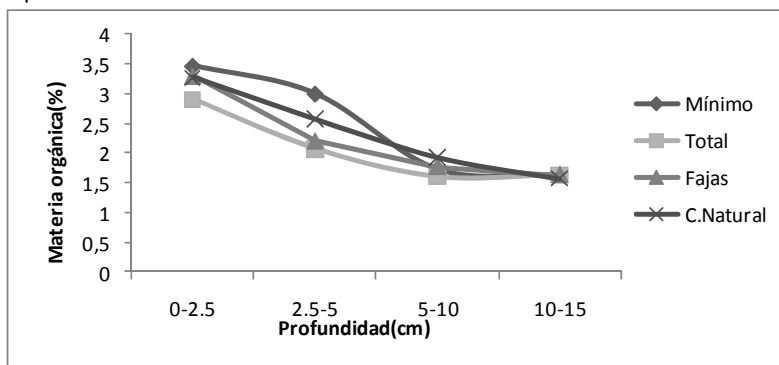


Figura 5. Valores de materia orgánica a diferentes profundidades en el perfil para cada tratamiento

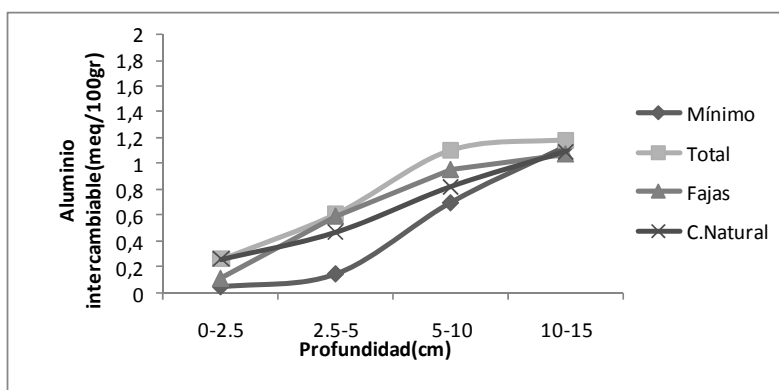


Figura 6. Valores de aluminio a diferentes profundidades del perfil para cada tratamiento

2. Efectos sobre el crecimiento a 17 años de instalado el ensayo

Efecto del laboreo

En la figura 7 se observa la evolución del DAP hasta los casi 17 años de crecimiento. Si bien al comienzo existió un mayor crecimiento en diámetro asociado al laboreo total esta tendencia se ha revertido en los últimos años. Esto estaría explicado por el mejor control de malezas realizado con el laboreo total que con los laboreos menos intensivos. Este mayor crecimiento inicial (sumado a la mayor sobrevivencia) implicó una mayor competencia inicial comparada con crecimientos iniciales menos intensos. Esto, según Donald y Schutz (1977) citados por Methol, 2001 explicaría que la respuesta inicial a un manejo intensivo (en su caso la fertilización) no se mantenga a lo largo del tiempo. Esto podría modificarse en el caso de que se realicen raleos en las primeras etapas del cultivo lo cual volvería a estimular a un nuevo incremento del crecimiento individual. Con respecto a la altura total se observa una tendencia similar en el sentido de que la superioridad inicial asociada al laboreo total fue desapareciendo con el paso del tiempo obteniéndose al momento actual valores muy similares con los tres sistemas de laboreo evaluados (Figura 8). De todos modos, tanto con los valores de altura y DAP el análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre sistemas de laboreo al año 17.

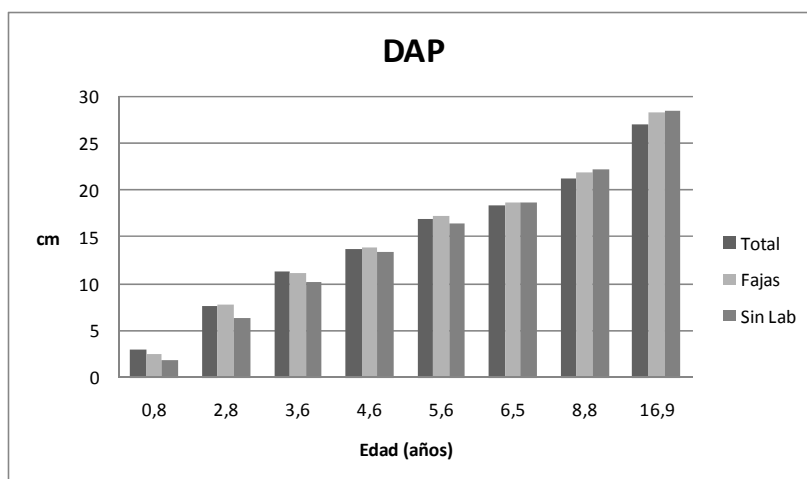


Figura 7. Evolución del DAP para cada tipo de laboreo.

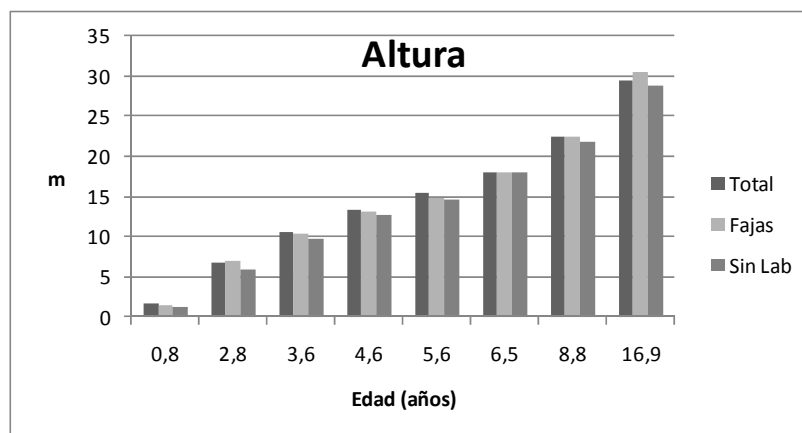


Figura 8. Evolución de la altura para cada tipo de laboreo

La evolución de los valores de sobrevivencia muestra que con el laboreo total se mantiene la mayor cantidad de árboles por hectárea a lo largo de todo el ciclo del cultivo. Esto seguramente esté asociado al mayor control inicial de malezas que se obtiene laboreando la totalidad de la superficie plantada comparado con los laboreos solamente en la zona de plantación (Figura 9). La oscilación observada en la segunda y tercera evaluación se debe a que en las mismas no fueron contabilizados algunos árboles (de muy bajo crecimiento) que sí fueron incluidos en mediciones posteriores. Ya a partir del segundo año de instalado el ensayo comienzan a visualizarse mayores diferencias entre laboreos. Es probable que en los sistemas de laboreo menos intensos la competencia inicial de las malezas redundara en plantas de menor vigor las cuales fueran muriendo con el correr del tiempo. Esto explicaría la mayor reducción en la sobrevivencia con este tipo de laboreos comparado con el laboreo total. La evolución de los valores de sobrevivencia muestra que la pérdida de árboles se detiene en los tres tipos de laboreo a partir del octavo año de instalado el ensayo. Esto podría indicar que los árboles perdidos hasta ese momento fueron aquellos que tuvieron un menor crecimiento inicial y estuvieron sometidos a un alto grado de competencia (básicamente por luz) y por tanto dominados por los de mayor crecimiento. Como fue mencionado anteriormente la menor cantidad de plantas en los laboreos menos intensos se tradujo en mayores crecimientos individuales.

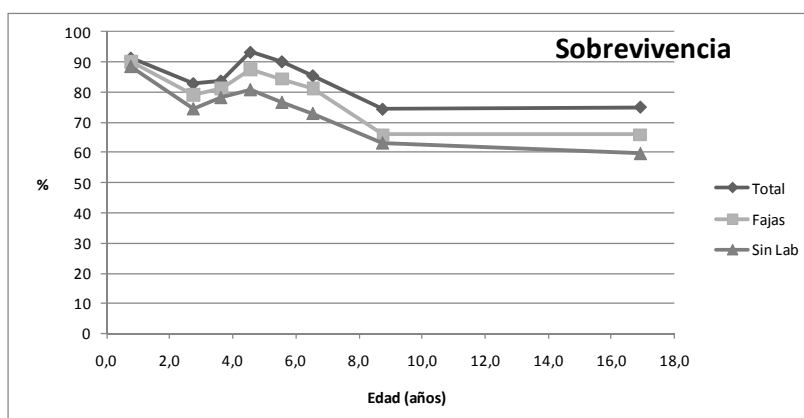


Figura 9. Evolución de los valores de sobrevivencia para cada tipo de laboreo

Los valores de volumen por hectárea muestran la misma tendencia que la sobrevivencia ya que ésta variable es la que explica en mayor medida las diferencias en productividad de los tres tipos de laboreo a pesar de las diferencias observadas en los valores de DAP (Figura 10). En este caso tampoco se detectaron diferencias significativas entre los tres tipos de laboreo al año 17.

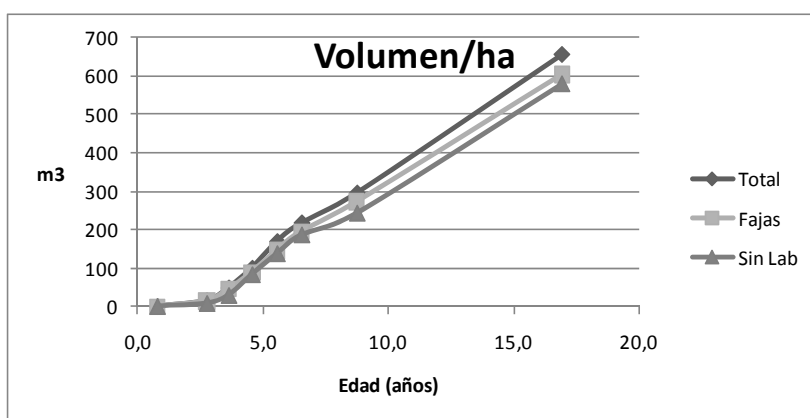


Figura 10. Evolución del volumen por hectárea para cada tipo de laboreo

A diferencia de lo observado en otros ensayos instalados por el Programa Forestal (Balmelli y Resquin, 2006; Resquin, et. al. 2006), a partir del octavo año ocurre un estancamiento de los valores de IMA (figura 11) asociado a un incremento decreciente en el DAP en los tres tipos de laboreo.

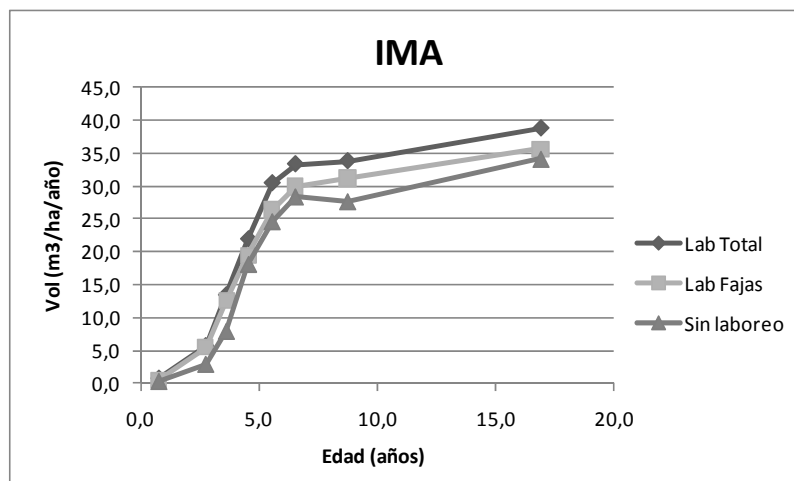


Figura 11. Evolución del IMA para los tres tipos de laboreo

Estos resultados indican que es posible obtener una alta productividad aun con laboreos reducidos poniendo especial cuidado con la competencia que pueden llegar a ejercer las malezas con sistemas de este tipo de preparación del suelo. También cabe destacar el menor costo sumado a la reducción de los riesgos de erosión.

Efecto de la fertilización

A través del análisis de varianza no se detectan diferencias en altura y el DAP al año 17 entre aplicar o no fertilizante. En promedio se ha observado la misma tendencia a lo largo del ciclo con una leve diferencia a favor del agregado de 150 gr/planta de NPK (Figuras 10 y 11).

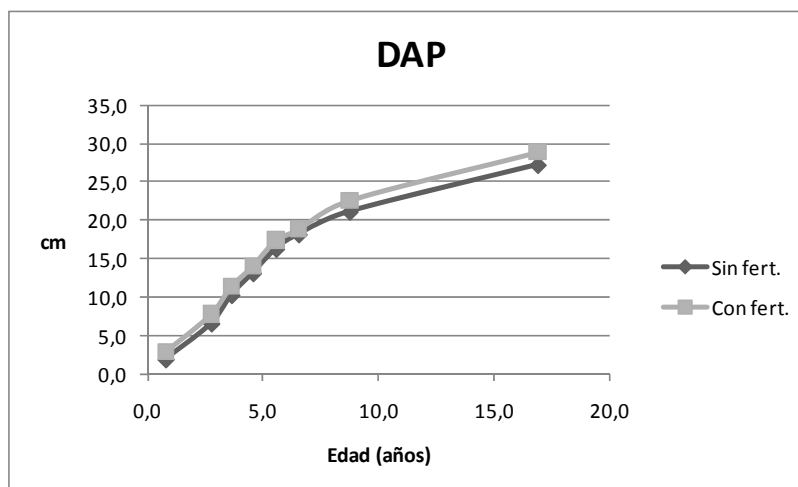


Figura 12. Evolución del DAP con y sin agregado de fertilizante

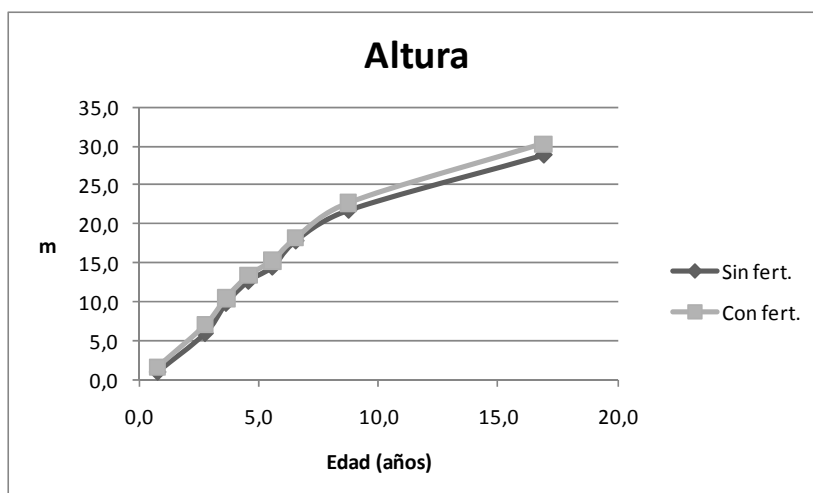


Figura 13. Evolución de la altura total con y sin agregado de fertilizante

En este caso la aplicación de fertilizante implicó una importante pérdida de plantas debido al quemado de raíces provocado por la proximidad del fertilizante con la planta. Esto fue más evidente con el sistema sin laboreo comparado con los otros dos sistemas (47% vs. 59%), respectivamente (Figura 16). Esto pudo deberse a que el sistema radicular tendría un desarrollo restringido en este tipo de preparación de suelo, afectándose una proporción mayor del mismo (Methol, 1996). Por tal motivo la sobrevivencia y la productividad por hectárea fue menor con el uso de fertilizante pero no por falta de respuesta a la aplicación de este tipo de nutrientes al suelo.

Interacción laboreo * fertilización

El análisis de varianza no detecta efectos significativos de la interacción del laboreo con la fertilización para ninguna de las variables evaluadas al año 17 (Figuras 14, 15 y 16). Dicho de otro modo, el efecto del laboreo sobre los parámetros de crecimiento es independiente de la aplicación o no de fertilizante y viceversa. Esto cambia la tendencia observada hasta el octavo año en el sentido de que hasta ese momento existía una respuesta diferencial del laboreo en función de la fertilización (García Préchac, datos sin publicar).

En este caso, al igual que en la anterior evaluación, se observa una mayor respuesta en altura y DAP a la fertilización con los laboreos menos intensivos probablemente explicado por la mayor presencia de malezas en estos tipos de laboreos y por tanto mayor presión de competencia por nutrientes (Methol, 2001, García Préchac, datos sin publicar). Esto destaca la importancia del control de malezas en las primeras etapas para lograr un rápido crecimiento inicial y un alto prendimiento. De todos modos, de acuerdo a esta última evaluación la fertilización no compenso la menor intensidad de laboreo.

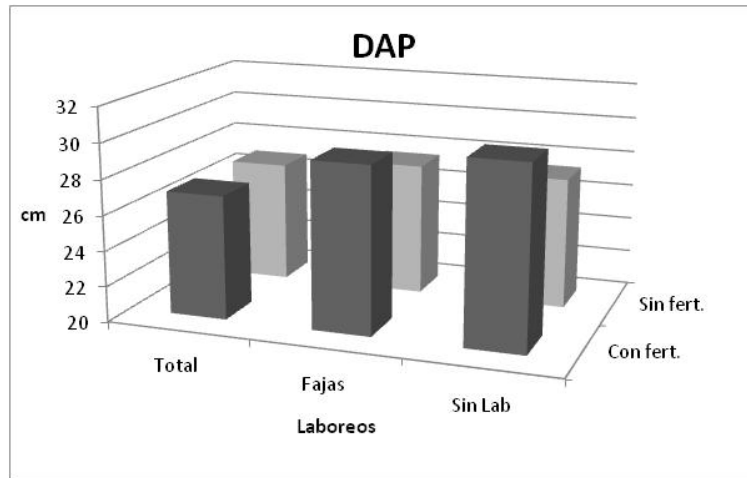


Figura 14. Valores de DAP en función del tipo de laboreo y fertilización

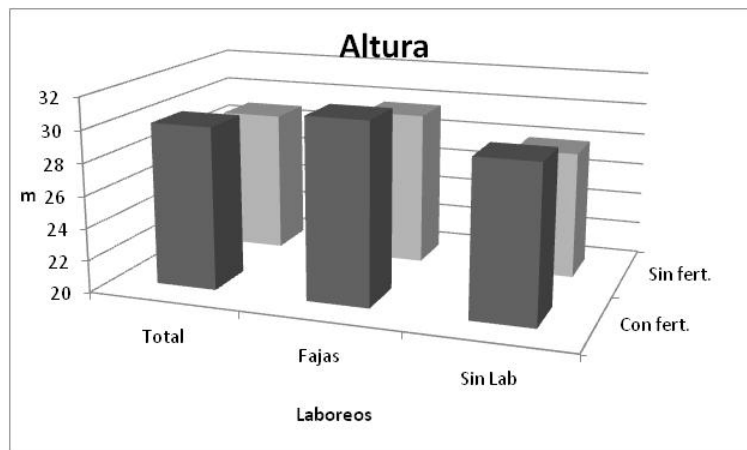


Figura 15. Valores de altura en función del tipo de laboreo y fertilización

Como fuera mencionado anteriormente la forma de aplicación del fertilizante provocó muerte de plantas y por tanto redujo la productividad por hectárea en los tres tipos de laboreo evaluados. Con una correcta aplicación de este tipo de nutrientes (nitrógeno) se habrían obtenidos resultados totalmente diferentes y de acuerdo a lo esperado para este tipo de situaciones.

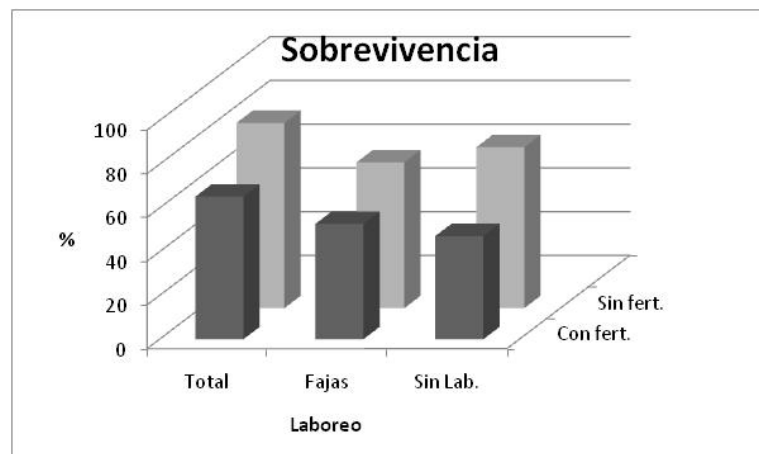


Figura 16. Valores de sobrevivencia en función del tipo de laboreo y fertilización

COMENTARIOS FINALES

Los efectos del método de preparación del sitio sobre las propiedades del suelo estudiadas (densidad aparente, pH, materia orgánica, y aluminio intercambiable), aún persisten ocho años después de la instalación del monte.

Los laboreos más intensos provocan mayor compactación, acidificación y pérdida de materia orgánica básicamente en los primeros centímetros del suelo.

Es posible obtener altos niveles de crecimiento con laboreos reducidos y un eficiente control de malezas como con laboreos más intensos.

La respuesta en las primeras etapas del cultivo a favor de sistemas más intensivos de laboreo y fertilización se diluyen hasta desaparecer hacia el final del ciclo (año 17).

La respuesta a la fertilización, básicamente en las etapas iniciales, es más evidente en los sistemas de laboreo menos intensivos.

BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, A.M.; VITAL, B.R.; BARROS, N.F.; DELLA LUCIA, R.M.; CAMPOS, J.C.C. VALENTE, O.F. 1994. Efeitos da fertilização e da calagem do solo na produção e qualidade da madeira de eucalipto. *Revista Árvore*, Viçosa, v.18, n.1, p. 69-79, mai/jun. .

BALMELLI, G.; RESQUIN, F.; Productividad de diferentes especies de Eucalyptus sobre areniscas de Tacuarembó-Rivera. En: "30 Años de Investigación em suelos de Areniscas, INIA Tacuarembó" p. 305-312. Serie Técnica 156. INIA Tacuarembó. Octubre 2006.

BLAKE, G.R. y K.H. HARTGE 1986. Bulk density. In Klute, A. (Ed.) Methods of soil analysis, Part II, Physical and mineralogical methods, Second Ed., Agronomy No. 9, ASA, SSSA, p: 363-376.

DELGADO, S; ALLIAUME, F; GARCÍA PRÉCHAC, F.; HERNÁNDEZ, J, 2004. Efecto de las plantaciones de Eucalyptus sp. sobre el recurso suelo en Uruguay. . Agr. ciencia. 10 (2):95-107.

DIRECCION FORESTAL- MGAP, 2008. <http://www.mgap.gub.uy/Forestal/DGF.htm>

GATTO, A; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; COSTA, L. M. NEVES, J. C. 2003. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de Eucalyptus grandis. Árvore. 7(5):.635-646.

GARCÍA PRÉCHAC, F.; PÉREZ BIDEGAIN, M.; CHRISTIE, S; SANTINI, P. 2001. Efecto de la intensidad de laboreo para la plantación de Eucalyptus dunni sobre la acumulación de biomasa aérea, el crecimiento radicular y algunas propiedades físicas y químicas del suelo. Agrociencia. 5 (1):1-9.

HEBERLING, M. 2009. Ensayo de laboreo de suelos en plantación de Eucalyptus dunni. Tacuarembó: INIA. 2p. (Serie de Actividad de Difusión 584).

- METHOL, R. 1996. Laboreo y fertilización en *Eucalyptus grandis* en la zona norte. Montevideo:INIA. 4 p. (Hoja de divulgación 52).
- METHOL, R.; 2001. Técnicas de implantación para Eucaliptos en suelos arenosos de Tacuarembó-Rivera. En: "Seminario de actualización en tecnologías forestales para areniscas de Tacuarembó y Rivera". Serie Técnica 123. p. 105 – 118. INIA Tacuarembó.
- MUSTO, J.W. 1994. Impacts of plantation forestry on soil physical properties and soil water regime In Institute for Commercial Forestry Research-South Africa. Anual Research Report 1994. pp 60-73
- PEREZ BIDEGAIN, M; GARCIA PRECHAC, F; METHOL, R. 2001. Long term effect of tillage intensity for *Eucalyptus grandis* planting on some soil physical properties in Uruguay. In Third Internacional conference on Land Degradation. Rio de Janeiro-Brasil.
- RESQUIN, F.; BALMELLI, G.; METHOL, R. Evaluación del efecto de prácticas de manejo silvicultural sobre el crecimiento de *E.grandis*. En: " 30 Años de Investigación em suelos de Areniscas, INIA Tacuarembó" Serie Técnica 156. Octubre 2006 p. 359-368
- SCHONAU, A. P. G. 1984. Silvicultural considerations for high productivity of *Eucalyptus grandis*. Forest Ecology and Management. 9:295-314

INIA Dirección Nacional
INIA La Estanzuela
INIA Las Brujas
INIA Salto Grande
INIA Tacuarembó
INIA Treinta y Tres

Andes1365 P. 12, Montevideo
Ruta 50 km 11, Colonia
Ruta 48 km. 10, Canelones
Camino al Terrible, Salto
Ruta 5 Km 386, Tacuarembó
Ruta 8 Km 281, Treinta y Tres

Tel. 598 29020550
Tel. 598 45748000
Tel. 598 23677641
Tel. 598 47335156
Tel. 598 46322407
Tel. 598 44522023

Fax: 598 29023633
Fax: 598 45748012
Fax: 598 23677609
Fax: 598 47329624
Fax: 598 46323969
Fax: 598 44525701

iniadn@dn.inia.org.uy
iniale@le.inia.org.uy
inia_lb@lb.inia.org.uy
inia_sg@sg.inia.org.uy
iniatbo@tb.inia.org.uy
iniatt@tyt.inia.org.uy

www.inia.org.uy