

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**I. EFECTO DE LA INTENSIDAD DE LABOREO SOBRE LA
PRODUCCIÓN DE MADERA PARA ASERRÍO DE *Eucalyptus*
*grandis***

**II. EFECTO A LARGO PLAZO DE LA PLANTACIÓN DE
Eucalyptus grandis vs. PASTURA ORIGINAL, SOBRE EL
CONTENIDO DE AGUA DEL SUELO.**

por

Silvana DELGADO GARBARINO

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Magister en Ciencias Agrarias
opción Ciencias del Suelo

MONTEVIDEO
URUGUAY
Diciembre 2012

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Dr. Mario Pérez Bidegain (F. Agronomía)- Presidente, Dr. Fernando Resquín (INIA) – Vocal, y MSc. Mariana Hill (MGAP) – Vocal, el 20 de diciembre de 2013. Autora: Ing. Agr. Silvana Delgado.
Director Dr. Fernando García (F. Agronomía).

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. (Ph.D) Fernando García Préchac por la tutoría de este trabajo.

A la Empresa Forestal Los Piques S.A. y la Comisión Sectorial de Investigación A los Científica de la Universidad de la República Oriental del Uruguay por la financiación del proyecto que originó los artículos que componen este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	VI
SUMMARY.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>EFFECTO DEL LABOREO SOBRE LA IMPLANTACION Y CRECIMIENTO DE <i>Eucalyptus grandis</i></u>	4
2.1. SUMMARY.....	4
2.2. RESUMEN.....	5
2.3. INTRODUCCIÓN.....	6
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
2.4.1. <u>Determinaciones</u>	10
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
2.6. CONCLUSIONES.....	20
2.7. AGRADECIMIENTOS.....	21
2.8. BIBLIOGRAFÍA.....	21
3. <u>EVOLUCIÓN A LARGO PLAZO DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO BAJO PASTURA comparado con suelo bajo FORESTACIÓN CON <i>Eucalyptus grandis</i></u>	25
3.1. SUMMARY.....	25
3.2. RESUMEN.....	26
3.3. INTRODUCCIÓN.....	26
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
3.6. CONCLUSIONES.....	33
3.7. AGRADECIMIENTOS.....	33
3.8. BIBLIOGRAFÍA.....	34
4. <u>DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES GLOBALES</u>	38

5. BIBLIOGRAFÍA..... 39

RESUMEN

Durante las últimas tres décadas en Uruguay han crecido las plantaciones forestales, ocupando en la actualidad un 6 % (0,95 Mha) del territorio nacional (Dirección General Forestal-MGAP, 2007). Esto se explica por un marco de políticas de estímulo y la globalización de la producción; las grandes empresas comienzan a plantar en la década del 90 en clima templado para tener crecimientos rápidos y retornos más fuertes. En 1987 la aprobación de la Ley de Promoción Forestal N° 15.939, procuró un ordenamiento territorial del uso del suelo para forestación, compatibilizando la mejor aptitud para este uso con la menor interferencia frente actividades agrícolas y pecuarias, típicas en el Uruguay.

Las técnicas de preparación de suelos empleadas para las plantaciones forestales han evolucionado desde laboreo de la totalidad del terreno hasta plantación sin laboreo. La bibliografía nacional e internacional sobre la intensidad de laboreo para plantaciones forestales presenta conclusiones contradictorias en cuanto a sus efectos sobre la producción de madera.

La forestación se ha desarrollado por empresas específicas al rubro forestal y se ha concentrado en el norte, el litoral, y el este del país. Con ello surgieron controversias en cuanto al impacto ambiental de las plantaciones. Uno de los que más preocupa, es el cambio en el régimen hídrico de las cuencas.

El trabajo expone dos hipótesis:

- 1- Si se logra buen control de malezas por medios no mecánicos, se puede reducir la intensidad de laboreo de suelos para la plantación de *Eucalyptus grandis* sin afectar la producción de madera.
- 2- Las plantaciones de *Eucalyptus grandis* producen cambios en algunas propiedades de suelos afectando el contenido de agua del mismo.

Palabras clave: Laboreo, *Eucalyptus*, crecimiento, contenido de agua, pastura, cambio de ecosistemas

I. EFFECT OF TILLAGE INTENSITY ON PRODUCTION OF *Eucalyptus grandis* PLANTATION

II. LONG-TERM EFFECT OF PLANTING *Eucalyptus grandis* VS. ORIGINAL PASTURE ON THE SOIL WATER CONTENT.

SUMMARY

During the last three decades forest plantations grew in Uruguay. Currently, they occupy 6% (0.95 Mha) of the country (Directorate General of Forestry-MGAP, 2007). This is due to a framework of economical incentives and the globalization of wood production; large companies started to plant in the 90's in temperate climate areas because of fast growth and consequently, quicker returns. In 1987 it was approved the Forestry Promotion Law No. 15.939, aiming to forest land use planning, combining the best suitable land for this use, with low interference with cropping and livestock production activities, typical in Uruguay. Soil preparation techniques used to plant forests have evolved from tilling the entire field to no-till planting. National and international literature on tillage intensity for forest plantation presents conflicting conclusions about its effects on timber production.

Afforestation has been developed by specific companies and has concentrated in the north, the coast and the east, because of land suitability. Several disputes arose as to the environmental impact of the plantations. One of the greatest concerns is the change in water regime of the basins.

The present work tests two hypotheses:

- 1 – If good weed control is achieved using no mechanical means, tillage is not needed for *Eucalyptus grandis* planting and good wood production.
- 2 - *Eucalyptus grandis* plantation and growing determine changes in some soil properties, affecting soil water content.

Keywords: Tillageintensity, Eucalyptus, growth, water content, pasture ecosystem change

1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas dos décadas en Uruguay han crecido las plantaciones forestales, ocupando un 6 % (0,95 Mha) del territorio nacional (datos de la Dirección General Forestal-MGAP, 2007). Esto se explica por la aprobación de la Ley de Promoción Forestal N° 15.939, en 1987. La misma procuró un ordenamiento territorial del uso del suelo para forestación, compatibilizando la mejor aptitud para este uso con la menor interferencia frente a actividades agrícolas y pecuarias, típicas en el Uruguay. Para ello, se establecieron en la reglamentación zonas de prioridad forestal, junto con la exigencia de un Plan de Forestación y Manejo para proyectos en dichas zonas prioritarias (MGAP, 2000). Hasta el año 2004/05 los proyectos aprobados gozaban de exoneración de tributación a la tierra, subsidio y financiamiento preferencial.

Los suelos de prioridad forestal representan el 20 % (4,12 Mha) de la superficie total del país (figura 1).

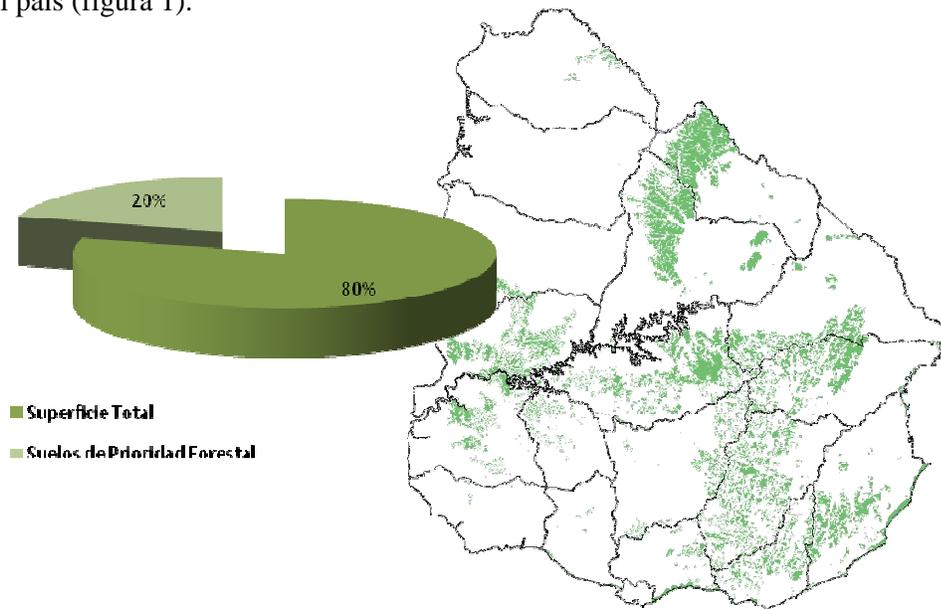


Figura 1. Distribución en el territorio y distribución porcentual de los suelos definidos como de prioridad de forestal. (MGAP, 2010; gráfico elaboración propia)

Los sitios experimentales se encuentran sobre suelos de la Zona 7 de CIDE. Esta zona agrupa todas las asociaciones de suelos formados sobre areniscas de

Tacuarembó , en general es donde se encuentran los suelos más profundos del país, también los más pobres.

Durante la última década ha ido aumentando el interés de la comunidad científica por la calidad de suelo, considerado como el conjunto de las propiedades físicas, químicas y biológicas que le permiten cumplir los roles de productividad y servicios ambientales que dan sustentabilidad a los ecosistemas naturales y a los agroecosistemas (Lal, 1999).

El principal efecto del laboreo sobre la producción de cultivos es la eliminación de la competencia por malezas (Shear, 1985). Con el desarrollo de los herbicidas y la baja del precio de los mismos como consecuencia del vencimiento de la patente del Glifosato, la necesidad de realizar laboreos con el fin de controlar malezas ha perdido relevancia. Liesegang et al. (1995), evaluando cuatro métodos de preparación del suelo en *Eucalyptus globulus*, concluyen que laboreos más intensos proporcionan mayores desarrollos al año de plantación, en cambio, la sobrevivencia de plantas evaluada a través del número de fallas, no parece depender del laboreo del suelo. Por otra parte, García Préchac et al. (2000) establecen que las diferencias significativas de producción en *Eucalyptus dunnii* a favor de mayor intensidad de laboreo al final del primer año, dejaron de serlo al final del segundo. Información no publicada de INIA-Tacuarembó (Methol, com. pers.), demuestra que la mayor diferencia entre intensidades de laboreo estuvo en la sobrevivencia de plantas, que fue mayor cuanto más intenso el laboreo, lo que puede atribuirse a un mejor control de la vegetación residente. Sin embargo, el crecimiento durante 7 años de los árboles sobrevivientes no fue diferente entre intensidades de laboreo. Por lo tanto, parece razonable trabajar con la hipótesis de que si se realiza un eficiente control de malezas con herbicidas puede reducirse altamente el laboreo necesario, lo que redundaría en menor riesgo de erosión y degradación del suelo.

De acuerdo con Musto (1993 y 1994), Dieste (1999), Durán et al. (2000), Hill et al. (2004), Salvo et al. (2005) y Delgado et al. (2006) los eucaliptos generan cambios

en varias propiedades del suelo, en relación a las mismas en suelos bajo vegetación de pasturas naturales. Estos cambios son en el suelo mineral, por debajo del mantillo en el que se deposita la mayor parte de la materia orgánica aportada por los árboles como hojas muertas. Se ha encontrado pH algo menor, más Al intercambiable, menos Carbono orgánico en los primeros 5 cm y menor retención de agua a potenciales de matriz altos.

En Setiembre del año 2001, en un establecimiento forestal del departamento de Rivera, noreste del Uruguay (ruta Nacional No 5, km 454), se instalaron dos experimentos sobre un Typic Hapludult con horizonte A Franco Arenoso de alrededor de 60 cm de espesor. Las determinaciones de evolución del contenido de agua en el suelo se realizaron en tres posiciones topográficas: la parte más alta de una loma, su ladera, y la zona baja, de una plantación de *Eucalyptus grandis*. Aparte, se instalaron ensayos de intensidad de laboreo sobre dos situaciones de uso previo contrastante, campo natural y chacra vieja (suelo degradado). Las determinaciones se realizaron en cada una de las unidades experimentales de los tratamientos definidos.

El trabajo expone dos hipótesis, cada una de las cuales abordada en cada uno de los dos artículos de esta Tesis:

- 1) Con un buen control de malezas previo se puede reducir la intensidad de laboreo de suelos para la plantación de *Eucalyptus grandis* sobre un Typic Hapludult sin afectar la producción de madera.
- 2) Las plantaciones de *Eucalyptus grandis* producen cambios en algunas propiedades de suelos afectando el contenido de agua del mismo.

2. EFECTO DEL LABOREO SOBRE LA IMPLANTACION Y

CRECIMIENTO DE *Eucalyptus grandis*

Delgado, S.

Universidad de la República Facultad de Agronomía Departamento de Suelos y

Aguas. Av. Garzón 780 Montevideo - Uruguay. Correo Electrónico:

sdelgado@fagro.edu.uy

2.1. SUMMARY

Forest plantations in Uruguay occupy 6% of the country area. Soil preparation techniques used for forest plantations have evolved from tillage of the entire field to no-till planting. The national and international literature on tillage intensity for forest plantations present conflicting conclusions about the effects on timber production. The aim of this work was to study the effect of tillage intensities for *Eucalyptus grandis* planting on growth and production. In 2001 two trials were installed on a Typic Hapludult (Acrisol ócrico) located in Rivera Department. Previous land use corresponded to natural pasture, and farmed land, respectively. The experimental design was a randomized complete block with three replications. Treatments included planting in pits (P), furrowing in the planting row combined with herbicide weed control in the interrows (S + H) or with mechanical (excentric disk harrow) weed control in the interrows (S + E), and rototilling in the planting row, with herbicide (R + M) or excentric harrow (R + E) weed control in the interrows. Plant height and survival rate were determined at 8, 13, 21, 58 and 93 months after planting. The first date was also determined the percentage of ground covered by weeds. In the last three dates there were measured stem diameter at breast height (DBH), plants height, and timber volume per ha. Previous land use resulted in a very significant difference favoring the productive potential of the virgin soil (natural pasture). In agreement with previous results in Uruguay, this work shows that timber production is independent of the intensity of tillage used for planting, if

the chemical control of the resident vegetation and weeds is effective. As the period from start of soil preparation to canopy closure takes between 16 and 30 months, this result is very relevant to the conservation of forested soils, which are more erodible than the average soils of Uruguay.

Keywords: Tillage intensity, Eucalyptus, growth

2.2. RESUMEN

En Uruguay las plantaciones forestales ocupan un 6 % del territorio nacional. Las técnicas de preparación de suelos empleadas para las plantaciones forestales han evolucionado desde laboreo de la totalidad del terreno hasta plantación sin laboreo. La bibliografía nacional e internacional sobre la intensidad de laboreo para plantaciones forestales presenta conclusiones contradictorias en cuanto a sus efectos sobre la producción de madera. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de intensidades de laboreo para la implantación de *Eucalyptus grandis* sobre su crecimiento y producción. En el año 2001 se instalaron dos ensayos sobre un Typic Hapludult (Acrisol ócrico) ubicado en el Departamento de Rivera. El uso previo del suelo correspondió a campo natural y chacra vieja, respectivamente. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos comprendieron plantación al pozo (P), surcador en fila de plantación con control de malezas en la entrefila con herbicida (S+H) o con excéntrica (S+E), y rotovador en la fila con control de malezas en la entrefila con herbicida (R+H) o con excéntrica (R+E). Se determinó altura de plantas y porcentaje de sobrevivencia a los 8; 13; 21; 58 y 93 meses de la plantación. En la primer fecha se determinó el porcentaje de suelo cubierto por malezas. En las tres últimas fechas se determinó diámetro a la altura del pecho (DAP), altura de plantas y volumen de madera por ha. El uso anterior del suelo determinó una muy importante diferencia de potencial productivo a favor del suelo virgen (campo natural). En concordancia con los antecedentes en Uruguay, este trabajo muestra que la producción de madera es independiente de la intensidad de laboreo utilizada para la plantación, si el control químico de la

vegetación residente y de las malezas es efectivo. Considerando que el período desde inicio de preparación del suelo a cierre del dosel tarda entre 16 y 30 meses, dicho resultado es muy relevante para la conservación de los suelos forestados, que son más erodables que el promedio de los suelos de Uruguay.

Palabras clave: Laboreo, *Eucalyptus*, crecimiento

2.3. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas dos décadas en Uruguay han crecido las plantaciones forestales, ocupando en la actualidad un 6 % (0,95 Mha) del territorio nacional (Dirección General Forestal-MGAP, 2007). Esto se explica por la aprobación de la Ley de Promoción Forestal N° 15.939, en 1987. La misma procuró fomentar la forestación de forma ordenada, compatibilizando la mejor aptitud para este uso con la menor interferencia frente a actividades agrícolas y pecuarias, típicas en el Uruguay. Para ello, se establecieron en la reglamentación zonas de prioridad forestal, junto con la exigencia de un Plan de Forestación y Manejo para proyectos en dichas zonas prioritarias (MGAP, 2000). Hasta el año 2004/05 los proyectos aprobados gozaban de exoneración de tributación a la tierra, subsidio y financiamiento preferencial.

Las técnicas de preparación de suelos empleadas para las plantaciones forestales varían desde laboreo de la totalidad del terreno (en las primeras plantaciones realizadas) hasta plantación sin laboreo. La bibliografía sobre la intensidad de laboreo para plantaciones forestales presenta conclusiones contradictorias en cuanto a sus efectos sobre la producción de madera. Schönau et al. (1981) concluyen que una preparación intensiva del sitio mejora las tasas de crecimiento y supervivencia, en tanto otros autores concluyen que el laboreo reducido es lo adecuado (Norris y Stuart, 1994; Madeira et al., 1999). Esto, sumado a que desde la plantación hasta el cierre del dosel es el período de mayor riesgo de erosión hasta la corta de los árboles, resalta la importancia de establecer prácticas de manejo de suelos que alcancen niveles de producción adecuados, minimizando el riesgo de erosión (Martino, 1997).

En el ensayo de mayor duración existente en Uruguay, plantado en 1992 (Pérez Bidegain et al., 2001), se encontraron diferencias en sobrevivencia y crecimiento de *Eucalyptus grandis* al año de la plantación, pero a los 9 años el volumen de madera por individuo fue el mismo con independencia de la intensidad de laboreo a la instalación. En este caso, se sabe que el control químico de malezas en el tratamiento con mínimo laboreo no fue eficiente.

Sin embargo, en otro ensayo (García Préchac et al., 2001), se compararon cuatro intensidades de laboreo (desde total a mínimo), con un control químico de malezas tal que el efecto de las mismas no fuera causa de diferencias entre tratamientos. Se encontró que no existieron diferencias significativas de sobrevivencia y producción de *Eucalyptus dunnii* al final del segundo año.

En general, hay mayor información respecto a la modificación del sistema radical producto del laboreo en especies de uso agrícola, donde esta práctica fomenta la producción de raicillas. En el ámbito forestal los antecedentes son escasos. Montoya (1995), señala que el laboreo de plantaciones de eucalyptus puede producir daños en las raíces de los árboles, Bouillet et al. (1997) determinaron que la arquitectura de raíces se ve modificada por el laboreo en Eucalyptus, y Donoso et al. (1999), en plantaciones de *Eucalyptus globulus* en 1993 y 1994 realizadas en Huelva, España, realizaron un ensayo que consta de tres parcelas de laboreo y otras tres de no laboreo por rodal, que fueron analizadas cuando tenían cuatro y cinco años de edad respectivamente. Determinaron que después de un año de instalado el ensayo, la biomasa aérea y la relación biomasa aérea/ biomasa radical, no presentaron diferencias entre los tratamientos de laboreo. El efecto del laboreo se concentra en los primeros 20 cm del perfil de suelo y en los sectores no laboreados del tratamiento de laboreo hay una mayor cantidad de raíces finas que en los sectores laboreados. Con laboreo, la mayoría de los árboles presentan daños en las raíces, y se concentran en los primeros 20 cm del perfil de suelo afectando principalmente a las raíces de menor tamaño. Esto se traduce en un incremento del estrés hídrico en relación directa al daño que sufre el sistema radical.

En Uruguay no existen medidas experimentales de erosión en plantaciones forestales, pero las estimaciones indican que el riesgo de erosión puede ser muy alto en el período de implantación de *Eucalyptus*, dependiendo principalmente de la intensidad de laboreo, el nivel tecnológico de la plantación y la historia de uso previo del suelo (Denis y García Préchac, 1997). Desde el comienzo de la preparación del sitio para la plantación, hasta el cierre del dosel, pasan entre 16 y 30 meses, dependiendo de la tecnología utilizada y de la calidad productiva del suelo. Lo anterior es muy relevante para la conservación de los suelos utilizados para producción forestal, porque los suelos declarados aptos para este tipo de producción en Uruguay tienden a ser más erodables que el promedio. En un ambiente con lluvia promedio anual entre 1000 y 1600 mm y por lo tanto importante erosividad, prácticas de manejo de suelo que determinen baja cobertura superficial por vegetación viva o muerta tienen alta chance de determinar algún importante efecto erosivo. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de distintas intensidades de laboreo sobre la instalación y crecimiento de *Eucalyptus grandis* para producir madera para aserrío.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

En Setiembre del año 2001, en un establecimiento forestal del departamento de Rivera noreste del Uruguay (ruta Nacional No 5, km 454), se instalaron dos experimentos sobre suelos semejantes -Typic Hapludult (Acrisol ocrico)- con horizonte A Franco Arenoso de alrededor de 60 cm de espesor (ver Tabla 1).

ENSAYO 1

Unidad: Rivera

Posición Topográfica: ladera alta

Pendiente: 3%

Material Generador: areniscas de Tacuarembó

Clasificación: Acrisol ócrico Abrúptico/Álbico Ar

Descripción del perfil

0 - 25 Pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo, franco arenoso a arenoso franco.

25 - 55 Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3,5/2) franco arcilloso.

55 - + Pardo amarillento oscuro (7,5 YR 4/6), moteados rojos (2,5 YR 4/6) comunes, medianos, Arcilloso.

Nota: El B hacia la base se hace más rojo.

Datos analíticos

Horizonte	Profundidad cm	pH		Materia Orgánica %	Ca	Mg	K	Na	Bases	Al	CIC	% Sat.
		Agua	KCl									
A	0-25	4,6	4,0	2,2	0,55	0,99	0,48	0,26	2,28	0,96	3,24	70
A	25-55	4,7	3,9	1,81	0,63	1,32	0,51	0,17	2,63	2,79	5,42	49
B	55+	4,7	3,8	0,44	0,99	0,54	0,57	0,17	2,27	3,53	5,80	39

ENSAYO 2

Unidad: Rivera

Posición Topográfica: ladera alta

Pendiente: 3%

Material Generador: areniscas de Tacuarembó

Clasificación: Acrisol Ócrico Álbico Ar

Descripción del perfil

0 - 35 Pardo a Pardo claro (7,5 YR 5,5/4) en húmedo, arenoso franco, bloques angulares finos, débiles. Transición gradual.

35 - 66 Pardo (7,5 YR 5/3,5), arenoso franco, bloques angulares finos, débiles. Transición clara.

66 - 88 Pardo a Pardo claro (7,5 YR 6/4), arenoso franco. Transición clara.

88 - 120 Pardo fuerte (7,5 YR 5,5/6) y amarillo rojizo (5 YR 7/1), moteados gris rojizo claro (10 R 4/3) grandes, franco arcillo arenoso.

Datos analíticos.

Horizonte	Profundidad cm	pH		Materia orgánica %	Ca	Mg	K	Na	Bases	Al	CIC	% Sat.
		Agua	KCl									
A	0 - 35	4,6	4,1	1,05	0,45	0,16	0,14	0,39	1,14	0,48	1,62	70
A	35 - 66	4,4	3,9	0,76	0,48	0,20	0,12	0,48	1,28	1,13	2,41	53
E	66 - 88	4,8	4,0	0,69	0,60	0,13	0,19	0,33	1,25	1,10	2,35	53
B	88 - 100	4,6	3,8	0,76	1,66	0,87	0,28	0,41	3,22	3,92	7,14	45

Tabla 1. Descripción del perfil de suelo de los ensayos de laboreo.

Los ensayos se instalaron en sitios con historia de uso previo diferentes: Campo natural (Ensayo 1) y una chacra vieja con suelos degradados por el uso agrícola previo (Ensayo 2).

El diseño experimental corresponde a bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron:

- a. Barbecho químico de 4 meses por aplicación de Glifosato, surcador en la línea de plantación y posterior laboreo secundario de la entrefila a los 2 y 5 meses) (S+E).
- b. Idem al tratamiento descrito en ítem a sustituyendo el laboreo secundario de entrefila por control químico (Glifosato) de vegetación (S+H).
- c. Idem al tratamiento descrito en ítem a sustituyendo surcador por rotovador (R+E).
- d. Idem al tratamiento descrito en ítem a sustituyendo surcador por rotovador y laboreo de la entrefila por control químico (R+H).
- e. Barbecho químico, plantación al pozo y control químico de malezas en las entrefilas (P).

2.4.1. Determinaciones

La sobrevivencia y crecimiento del rodal se determinaron en cinco oportunidades, a los 8, 13, 21, 58 y 93 meses de instalados los ensayos. La sobrevivencia se determinó como el porcentaje de árboles vivos en pie de los árboles totales plantados. Se determinó altura total de los árboles (medida con hipsómetro de Blume-Leiss, Sorrentino, 1994), diámetro a 1,30 m desde el suelo (DAP) para las tres últimas fechas, porcentaje de sobrevivencia y volumen total con corteza por hectárea (Altura x DAP x población x factor de ahusamiento), esta variable se utiliza como indicador del efecto conjunto de las variables antes mencionadas y nos permite una comparación de la producción de madera esperable entre los tratamientos y usos previos.

A los 8 meses de la plantación se determinó, en términos porcentuales, la composición de la cobertura del suelo debajo del dosel, en la fila y en la entrefila. De ella se distinguieron cuatro fracciones: porcentaje de suelo desnudo (D), porcentaje de superficie cubierta por malezas de hoja ancha (HA), porcentaje de superficie cubierta por gramíneas (G) y porcentaje de superficie cubierta por restos secos (S).

Se hizo un análisis estadístico conjunto de los dos ensayos. Las medias de los resultados se compararon mediante contrastes ortogonales. Los contrastes realizados fueron: Ensayo 1 (CN) vs. Ensayo 2 (ChV); P vs. Otros; S vs. R; S + H vs. S + E; R + H vs. R + E; y todas las combinaciones del contraste entre ensayos y los contrastes entre tratamientos (interacción uso previo por tratamientos).

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso anterior del suelo afectó directamente al crecimiento en altura de los árboles. Los resultados se presentan en la figura 1. La diferencia fue significativa en las 5 fechas de determinación: a los 8 meses ($Pr > F = 0.0001$), a los 13 meses ($Pr > F = 0.0001$), a los 21 meses ($Pr > F = 0.0004$), a los 58 meses ($Pr > F = 0.0037$) y a los 93 meses ($Pr > F = 0.0151$). Las diferencias observadas entre los dos usos previos se explican por la mejor calidad del suelo bajo campo natural (ver tabla 1).

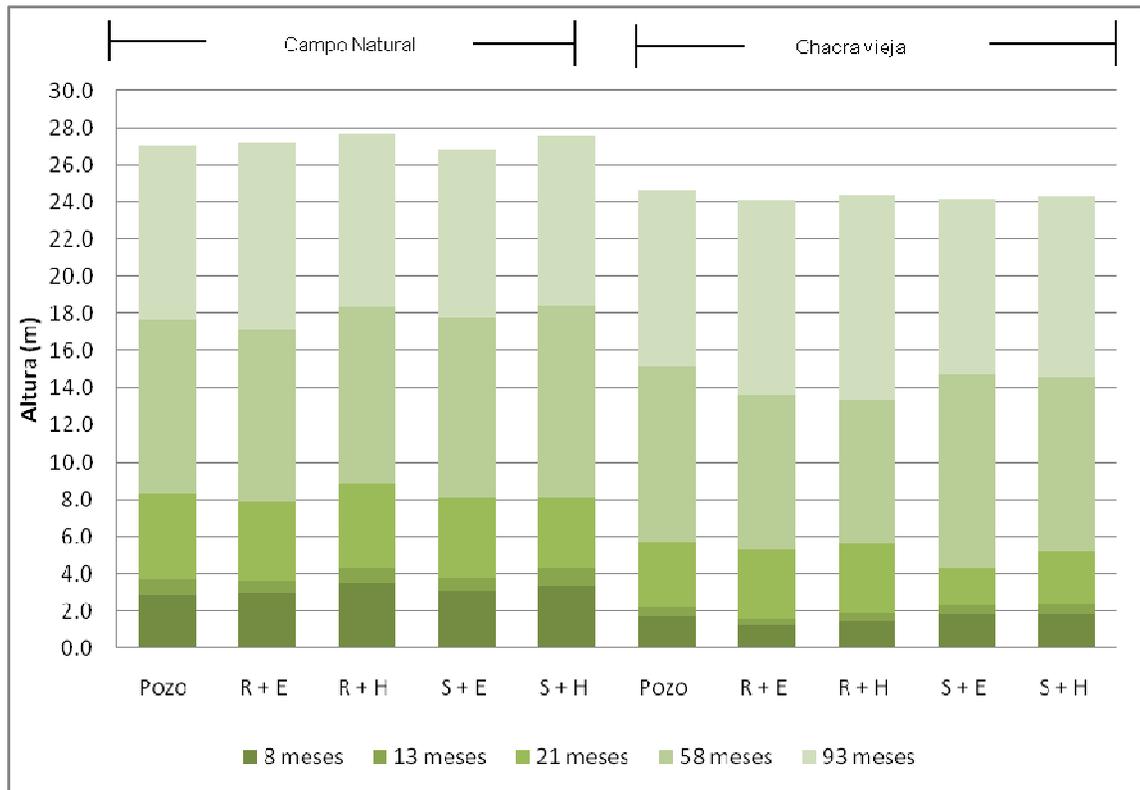


Figura 1. Altura a diferentes edades y sus incrementos entre edades, discriminados por tratamiento de intensidad de laboreo y uso previo

Las diferencias en altura entre los tratamientos de intensidad de laboreo mostraron algunos efectos significativos en las dos primeras fechas, que desaparecieron de los 21 meses en adelante.

A los 8 meses se observa que la altura alcanzada por los árboles de la plantación al pozo no difiere del promedio de los otros tratamientos. Sin embargo, la diferencia entre “Pozo” y el promedio de los otros tratamientos no fue igual en ambos usos previos ($Pr > F = 0.1067$). En la figura 1 puede observarse que en el ensayo sobre campo natural, la altura alcanzada de los individuos en la plantación al pozo fue menor a la alcanzada en las otras intensidades de laboreo, probablemente debido a un mayor enmalezamiento con gramíneas (ver figura 2 y tabla 2) (CN VS ChV Pozo vs. Otros, $Pr > F = 0,1320$). Mientras que en el ensayo instalado sobre chacra vieja ocurrió la tendencia opuesta.

La altura alcanzada por los árboles del tratamiento con rotovador fue la menor ($Pr > F = 0.0270$), probablemente debido a mayor presencia de malezas de hoja ancha. De todas maneras, llama la atención que el crecimiento en el tratamiento al pozo en el ensayo sobre chacra vieja, no manifieste crecimiento parecido al de los tratamientos con rotovador, ya que su enmalezamiento no parece diferente (CN VS ChV Pozo vs. Otros, $Pr > F = 0,6715$) (figura 2). Este menor crecimiento puede explicarse por el laboreo con excéntrica en la entrefila, lo que puede explicarse por los resultados obtenidos por: Montoya (1995), Bouillet et al. (1997) y Donoso et. al. (1999). El laboreo de plantaciones de eucalyptus puede producir daños en las raíces de los árboles, el efecto del laboreo se concentra en los primeros 20 cm del perfil de suelo afectando principalmente las raíces de menor tamaño, esto se traduce en un incremento del estrés hídrico en relación directa al daño que sufre el sistema radical. Al utilizar Surcador las raíces se desarrollarían más abajo, sufriendo menos ese daño.

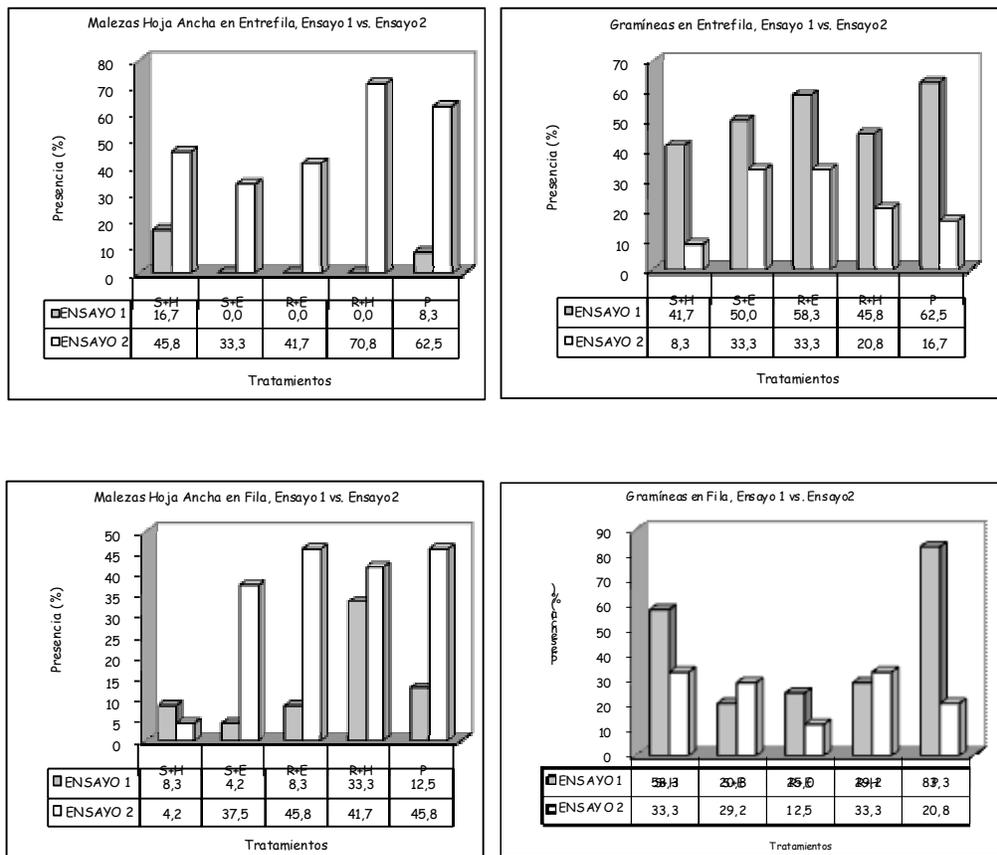


Figura 2. Frecuencia de malezas en los diferentes tratamientos de intensidad de laboreo y en los dos usos previos.

Ensayo 1 vs. Ensayo 2	Pr > F
Fila Hoja Ancha	0.0248
Fila Gramíneas	0.1370
Entrefila Hoja Ancha	0.0035
Entrefila Gramínea	0.0273

Tabla 2. Pr > F para los contrastes entre ensayos (CN vs. CHV) para la presencia de gramíneas y malezas de hoja ancha en fila y entrefila.

Es de destacar que al momento de realizar las determinaciones presentadas en la figura 2, los tratamientos que incluyen aplicación de herbicidas en las entrefilas no lo habían recibido, mientras que la excéntrica ya había sido pasada en las entrefilas.

A los 13 meses, el crecimiento de los árboles de la plantación al pozo no tuvo diferencias significativas con respecto a los otros tratamientos, pero volvió a ser significativo el mismo contraste de interacción que en la fecha anterior ($Pr > F = 0.0630$). En la figura 1 puede observarse que en el ensayo sobre Campo Natural la altura alcanzada por los individuos en la plantación al pozo fue igual a la alcanzada por los otros tratamientos de laboreo cuando en la entrefila se pasó excéntrica, pero fue menor a la alcanzada en las otras intensidades de laboreo cuando las entrefilas se trataron con herbicida. Sobre chacra vieja dicha tendencia se revertió, mostrando la menor altura los árboles del tratamiento con rotovador. Analizando los distintos contrastes entre tratamientos, tanto en fila como en entrefila se tiene que el laboreo con Surcador > Rotovador ($Pr > F = 0.0067$), explicado por la interacción entre la Chacra vieja y el campo natural ($Pr > F = 0.0211$). Presentando el surcador mayores alturas promedios al rotovador en la chacra vieja. Por otro lado el tratamiento Surcador Herbicida > Surcador Excéntrica ($Pr > F = 0.0667$). La diferencia ocurre en el campo natural y no en chacra vieja. La interacción es significativa ($Pr > F = 0.0985$); y Rotovador herbicida > Rotovador Excéntrica ($Pr > F = 0.0036$), esto ocurre sobre ambos sitios siendo su interacción no significativa.

A los 21, 58 y 93 meses, no se detectaron las interacciones significativas entre usos previos y tratamientos. Previo a los 21 meses la plantación sufrió la primer intervención según el Plan de Manejo que realiza la Empresa. Ella fue un raleo no comercial, en el que los individuos que quedaron son los de mejor performance final, según criterio de la empresa. Se mantiene la diferencia entre los dos usos previos.

El uso anterior del suelo afectó directamente al crecimiento en diámetro de los árboles. Los resultados se presentan en la figura 3. La diferencia fue significativa a los 21 meses ($Pr>F = 0.0001$), a los 58 meses ($Pr>F = 0.0083$) y a los 93 meses ($Pr>F = 0.0701$).

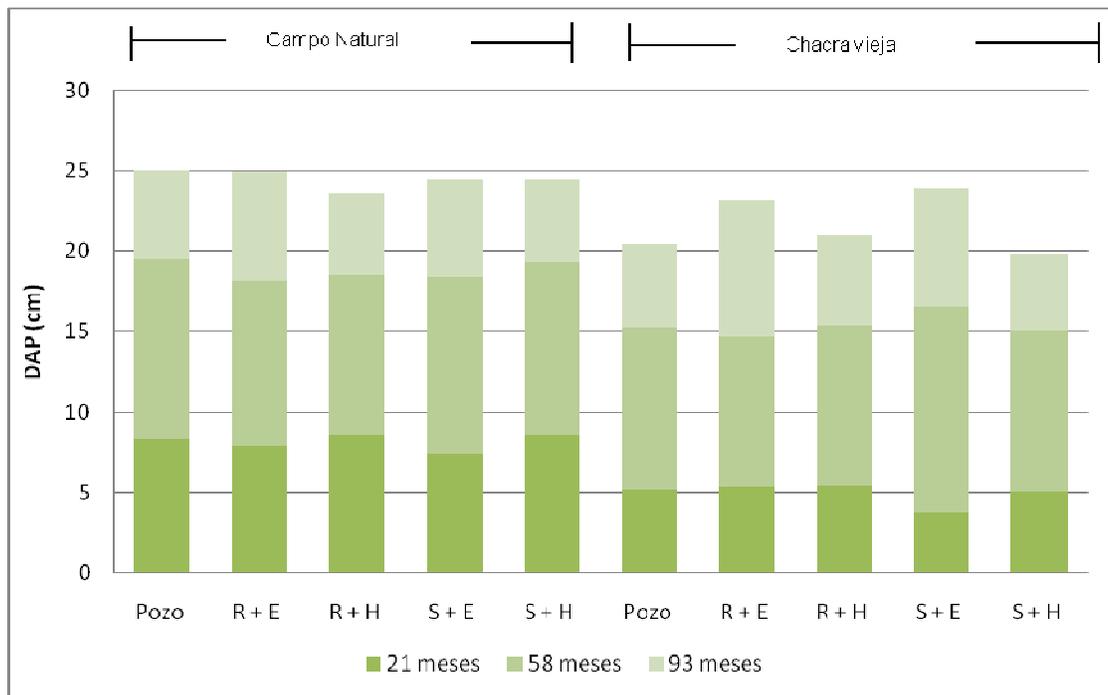


Figura 3. DAP a diferentes edades e incrementos en ellas, discriminadas por tratamiento de intensidad de laboreo y uso previo

A los 21, 58 y 93 meses, el crecimiento en diámetro de los árboles de la plantación al pozo no tuvo diferencias significativas con respecto a los otros tratamientos. Existen algunas diferencias significativas en los contrastes entre tratamientos, esto se puede explicar por el efecto de la densidad de árboles remanentes en cada tratamiento, siendo coincidentes las diferencias significancias encontradas entre DAP y

porcentaje de sobrevivencia. Varios autores, tanto nacionales como extranjeros, han evaluado el efecto del raleo sobre el crecimiento en diámetro de los árboles, mostrando una relación inversa entre estos dos parámetros, al bajar la densidad de población a través del raleo los árboles remanentes aumentan significativamente su DAP (Resquín et. al. I y III, 2007; Pelufo et. al., 2007 y Minetti et. al., 2002) .

A los 21 meses el laboreo con rotovador presentó mayores diámetros que el laboreo con surcador ($Pr>f = 0.0096$), y la combinación de surcador con herbicida dio mayores diámetros que surcador con excéntrica ($Pr>F = 0.0009$).

A los 58 meses fue significativa la interacción CN vs. ChV, S+H vs. S+E ($Pr>F = 0.0308$); observando la figura 3 puede verse que es inverso el efecto entre usos previos.

A los 93 meses fue significativo el contraste S+E vs. S+H ($Pr>F = 0.0267$) y la interacción de estos tratamientos con usos previos CN vs. ChV, S+H vs. S+E ($Pr>F = 0.0289$), siendo menor el crecimiento en DAP del tratamiento S+H sobre la chacra vieja.

Los resultados de volumen total (figura 4) a los 21, 58 y 93 meses, muestran diferencia entre usos previos ($Pr>F = 0.000$, $Pr>F = 0.001$ y $Pr>F = 0.0112$, respectivamente). Esta se debe a menor altura y DAP en el ensayo sobre chacra vieja, ya que la población de árboles dejada por el raleo no fue significativamente diferente.

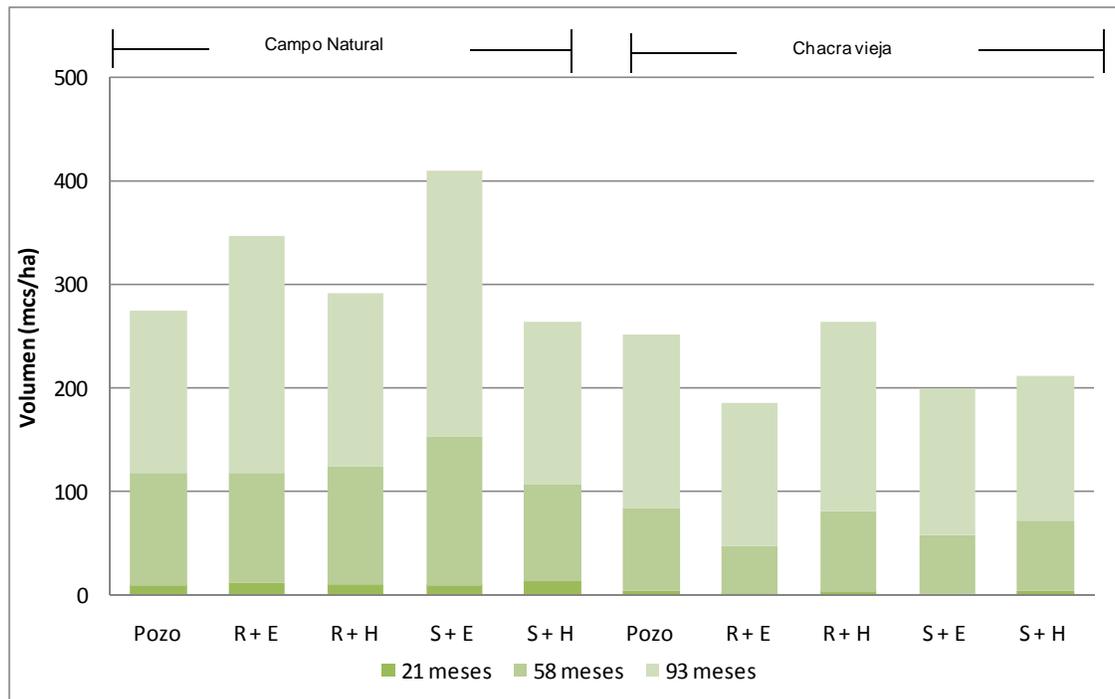


Figura 4. Volumen de madera por hectárea a diferentes edades e incrementos entre estas, discriminados por tratamiento de intensidad de laboreo y uso previo

A los 21 meses hubo diferencia significativa a favor del tratamiento con surcador en la fila y control químico en la entrefila respecto al tratamiento de surcador en la fila y excéntrica en la entrefila ($Pr > F = 0.0218$). Dicha diferencia se explica por menor DAP en el segundo tratamiento. Los restantes contrastes no resultaron significativos.

A los 58 meses hubo diferencia significativa para la interacción entre el tratamiento con surcador en la fila y excéntrica o herbicida en la entrefila (CN vs. ChV S+E vs. S+H, $Pr > F = 0.0217$). Este resultado se explica por las mismas interacciones significativas, tanto en DAP como en sobrevivencia, siendo inversos los efectos entre usos previos. Los restantes contrastes no resultaron significativos.

A los 93 meses fue significativa la interacción mostrando mayor volumen el tratamiento con surcador en la fila y excéntrica en la entrefila sobre campo natural que sobre chacra vieja (CN vs. ChV, S+E vs. S+H, $Pr>F = 0.0091$). Dicha diferencia se explica por las mismas interacciones significativas tanto en DAP como en sobrevivencia. También hubo diferencia significativa en la misma interacción, pero para el laboreo con rotovador en la fila; esta se explica por el efecto inverso entre usos previos. Los restantes contrastes no resultaron significativos.

El porcentaje de sobrevivencia (figura 5) a los 8 meses, mostró solo una tendencia a ser mayor en el ensayo sobre campo natural ($Pr>F = 0.1356$). A los 13 meses la sobrevivencia en el sitio sobre campo natural fue significativamente mayor ($Pr>F = 0.0099$). Los tratamientos con Surcador generaron mayor sobrevivencia que los con Rotovador ($Pr>F = 0.0615$). La diferencia entre surcador y rotovador tendió a favorecer al primero sobre chacra vieja, mientras que los resultados son semejantes sobre campo natural ($Pr>F = 0.1019$). Fue mayor la sobrevivencia en Rotovador-herbicida que en Rotovador-excéntrica ($Pr>F = 0.0072$). A los 21 meses, la sobrevivencia es referida a los árboles remanentes luego del primer raleo comercial. Ello provocó que desapareciera la diferencia entre usos previos, manteniéndose así para las siguientes fechas evaluadas.

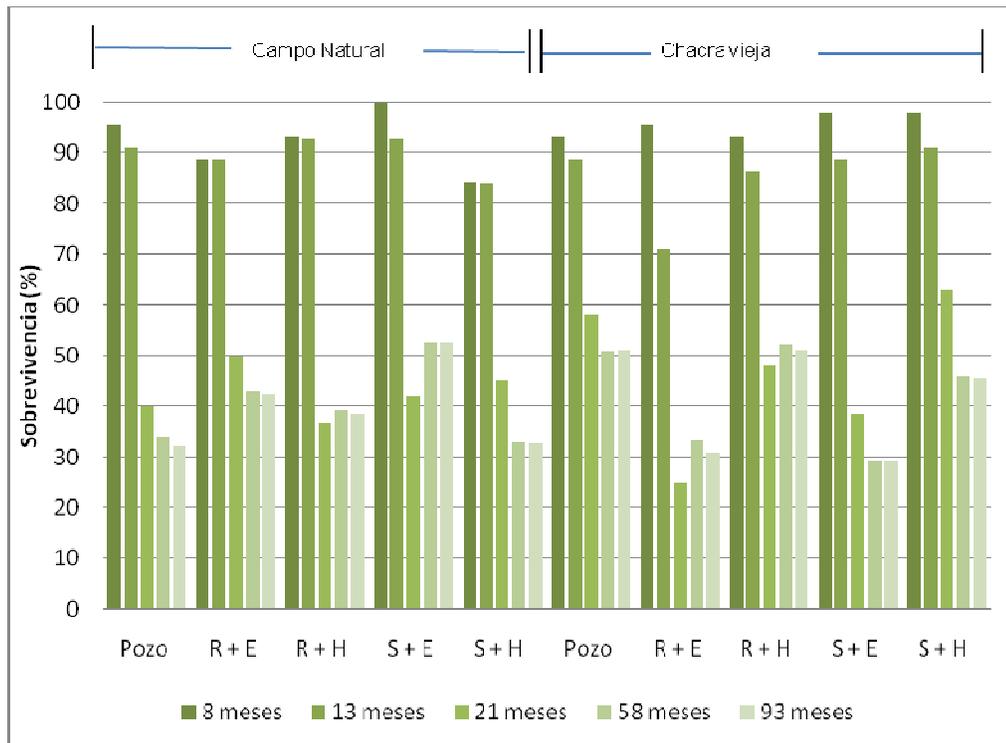


Figura 5. Evolución del porcentaje de sobrevivencia para los dos usos previos, discriminado por tratamiento.

El promedio general de la plantación al Pozo no fue diferente de los restantes tratamientos. A los 21 meses los tratamientos con surcador tuvieron mayor sobrevivencia que los con Rotovador ($Pr > F = 0.0774$). Sin embargo resultaron significativos tres contrastes de la interacción. Sobre chacra vieja, la baja sobrevivencia de los tratamientos con excéntrica en las entrefilas determinaron que la media de plantación al pozo apareciera algo mayor al promedio del resto, mientras no se observa esta diferencia sobre campo natural ($Pr > F = 0.0157$). También, los contrastes de interacción que comparan los tratamientos de entrefila con el mismo tratamiento en las filas, mostraron que cuando la fila tuvo surcador, los resultados fueron iguales en campo natural, mientras que en chacra vieja fueron peores cuando se usó excéntrica ($Pr > F = 0.0341$). Cuando se usó rotovador en las filas, sobre campo

natural el manejo de la entrefila con excéntrica resultó algo superior mientras que sobre chacra vieja se obtuvo mayor sobrevivencia con herbicida ($Pr>F = 0.0009$). Se cree que estas interacciones se deben a los diferentes enmalezamientos antes presentados, a pesar del raleo. El uso de excéntrica promovió las malezas anuales en la chacra vieja, mientras controló mejor las gramíneas perennes predominantes en campo natural. El herbicida total actuó eficientemente en ambas condiciones de uso previo.

Es importante aclarar que existió un efecto importante no evaluado en este trabajo que es el efecto de la sequía en el período considerado que tuvo como consecuencia un ataque importante de *Phoracantha sp.* en estas plantaciones.

A los 58 y 93 meses resulta significativa la interacción entre usos previos para el tratamiento con surcador (CN vs. ChV, S+E vs. S+H), siendo $Pr>F = 0.0041$ y 0.0069 respectivamente. La interacción entre usos previos para pozo vs. Otros (CN vs. ChV, Pozo vs. Otros) también fue significativa en ambas fechas, siendo $P>F = 0.0707$ y 0.0366 respectivamente. En ambos casos el efecto entre usos previos es inverso. Así es que sobre chacra vieja el tratamiento surcador-excéntrica tuvo menor sobrevivencia y en campo natural presentó la mayor sobrevivencia.

2.6. CONCLUSIÓN

En concordancia con los antecedentes citados en Uruguay, el presente trabajo muestra que la producción de madera esperable es independiente de la intensidad de laboreo utilizada para la plantación, siempre y cuando el control de la vegetación residente y de las malezas, por medios químicos, sea efectivo. Esta afirmación es válida para los dos destinos de madera rolliza: tanto cuando el destino final es la producción de madera rolliza con destino pulpable, que es muy dependiente de la sobrevivencia de las plantas instaladas, como cuando el destino es aserrío, ya que en este caso se seleccionan los mejores árboles, generando una baja población final.

Entre los tratamientos evaluados se encuentra el surcador en las filas. Esta práctica es una de las más utilizadas en las plantaciones comerciales en Uruguay. Genera una depresión de alrededor de 20 cm en relación a la superficie original. Este surco es capaz de concentrar y conducir agua, por lo que el uso de esta herramienta requiere una sistematización casi perfecta para evitar la generación de erosión encauzada, lo que es muy difícil de lograr en la práctica. Resultados no presentados, obtenidos por simulación de lluvias, mostraron que la erodabilidad del suelo en el fondo de este surco es significativamente aumentada, porque la biomasa en descomposición de los primeros 20 cm es desplazada hacia las entrefilas. Estas consideraciones, en adición a los resultados productivos obtenidos en este trabajo y a los antecedentes citados, hacen aconsejable que el uso de esta herramienta sea sustituido por otras alternativas más conservacionistas.

El uso anterior del suelo determinó una muy importante diferencia de potencial productivo a favor del suelo virgen (Campo Natural) comparado con un suelo degradado por uso agrícola convencional previo.

2.7. AGRADECIMIENTOS

A la Empresa Forestal Los Piques S.A. y la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República Oriental del Uruguay por la financiación del proyecto que originó este artículo.

Al Ing Agr. (Ph.D) Mario Pérez Bidegain y al Ing. Agr. (Ph.D) Fernando García Préchac por la lectura crítica para la conclusión de este trabajo.

2.8. BIBLIOGRAFÍA

BOUILLET J.P., OGNOUABI N., BAR-HEN A. 1997. Influence of soil preparation and weeding on the root development of an hybrid Eucalyptus in the Congo. Proceeding of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts. vol. 3: 252-257.

- CONTRERAS C.E., REIS G.C., REIS M. das G.F., MORAIS E.J. 1997. Produção de biomassa em povoamento de alto fuste de eucalipto sob diferentes espaçamentos, na região de cerrado, em Minas Gerais, Brazil. Proceeding of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts. vol. 3: 304-310.
- DELGADO, S., AMARANTE, P., HILL, M., SALVO, L. CLÉRICI, C., GARCÍA PRÉCHAC, F. HERNÁNDEZ, J. 2004. Efecto de la intensidad de laboreo sobre la implantación y crecimiento de *Eucalyptus grandis*. In: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (19o., 2004, Paraná, Entre Ríos). II. Simposio Nacional sobre suelos vertisolicos. Entre Rios, Universidad Nacional de Entre Rios. pp. 306
- DELGADO, S. ALLIAUME, F. GARCÍA PRÉCHAC, F. 2006. Efecto de las plantaciones de *Eucalyptus sp.* sobre el recurso suelo en Uruguay. Agrociencia. Rev. Científica Fac. Agr. (UDELAR), Uruguay 10(2): 95 – 107
- DENIS LEPIANE, V. Y GARCIA PRÉCHAC, F. 1997. Estimación del factor C de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos en la instalación de montes de rendimiento de Eucaliptos. Agrociencia, Rev. Científica Fac. Agr. (UDELAR), Uruguay 1(1): 30-37.
- DGF-MGAP. 2007. 4ª Carta Forestal del país. *In:* [http://www.mgap.gub.uy/Forestal/cont Estadisticas.htm](http://www.mgap.gub.uy/Forestal/cont_Estadisticas.htm)
- DONOSO, S.; OBISPO, A.; SANCHEZ, C.; RUIZ, F.; HERRERA, M.A. 1999. Efecto del laboreo sobre la biomasa de *Eucalyptus globulus* en el suroeste de España. Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales. ISSN 1131-79658 (2): 377-386.
- GARCIA PRÉCHAC, F.; PÉREZ BIDEGAIN, M.; CHRISTIE, S. Y SANTINI, P. 2001. Efecto de la Intensidad de Laboreo en el Crecimiento Áereo y Radicular de *Eucalyptus dunnii* y sobre algunas Propiedades Físicas y Químicas del Suelo. Agrociencia, Rev. Científica Fac. Agr. (UDELAR), Uruguay 5(1): 1-9.
- MADEIRA, M.; AZEVEDO, A.; SOARES, P. Y THOMÉ, M. 1999. Efeito da laboura e da gradagem nas características do solo e na produtividade de

- plantações de *Eucalyptus globulus* In: CD: 14 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Temuco-Chile
- MARTINO, D. 1997. La Forestación con Eucaliptos en Uruguay: Su impacto sobre los recursos naturales y el ambiente. In: Serie Técnica 88 INIA La Estanzuela 23 pp.
- MINETTI, J.; HARRAND, L.; NAVALL, M. 2002. Cultivo y Crecimiento de *Eucalyptus grandis* Hill ex maiden en Plantaciones comerciales del norte de Salta, Argentina. In: CD XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos, Argentina.
- MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA, Dirección General Forestal, 2000. Uruguay forestal. Antecedentes, legislación y política, desarrollo actual y perspectivas.
- MUSTO J.W. 1993. Impacts of plantation forestry and soil management In. ICFR Annual Research Report South Africa pp 102-109.
- NORRIS C.H. Y STUAR R. 1994. Establishment and regeneration In : ICFR Annual Research ReportSouth Africa pp 19-37
- PELUFO, M.Y VÁZQUEZ, A. 2007. ENSAYO DE PODAS Y RALEO DE *E. grandis* EN RIVERA. ETAPA 1. EVALUACION Y CRECIMIENTO E INCREMENTO A LA EDAD DE 6 AÑOS. In: JORNADA FORESTAL, SILVICULTURA PARA MADERA SÓLIDA EN EUCALIPTOS Y PINOS. Serie Actividades de Difusión N°. 508 INIA. Tacuarembó, Uruguay. 43: 1-6
- PÉREZ BIDEGAIN, M., F. GARCÍA PRÉCHAC Y RICARDO METHOL. 2001. Long-term effect of tillage intensity for *Eucalyptus grandis* planting on some soil physical properties in an uruguayan Alfisol. In 3rd International Conference on Land Degradation, Rio de Janeiro, en CD-ROM.
- RESQUÍN, F. ; RACHID, C.; BENNADJI, Z. 2007. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE PRACTICAS DE MANEJO SILVICULTURAL SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Eucalyptus grandis* I. EVALUACIÓN A LOS 14 AÑOS DE DIFERENTES ESQUEMAS DE RALEO PARA *Eucalyptus grandis*. In: JORNADA FORESTAL, SILVICULTURA PARA MADERA SÓLIDA EN

EUCALIPTOS Y PINOS. Serie Actividades de Difusión N°. 508 INIA. Tacuarembó, Uruguay. 43: 17-26

_____III. Evaluación al séptimo año de distintos esquemas de raleo en *E. grandis*. In: JORNADA FORESTAL, SILVICULTURA PARA MADERA SÓLIDA EN EUCALIPTOS Y PINOS. Serie Actividades de Difusión N°. 508 INIA. Tacuarembó, Uruguay. 43: 35-40

SHÖNAU, A.P.G. ; THEMAAT, R.V. ; BODEN, D.J. 1981. The importance of complete site preparation and fertilising in the establishment of *Eucalyptus grandis*, S. Afric. For. J. 116 : 1-10

SORRENTINO, A. 1994. Manual Técnico-Práctico, Técnicas e Instrumentos de Medición Forestal. 3° ed. Montevideo, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Vol. 1. 100 pp.

3. EVOLUCIÓN A LARGO PLAZO DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO BAJO PASTURA COMPARADO CON SUELO BAJO FORESTACIÓN CON *Eucalyptus grandis*

Delgado, S.

Universidad de la República Facultad de Agronomía Departamento de Suelos y Aguas. Av. Garzón 780 Montevideo - Uruguay. Correo Electrónico: sdelgado@fagro.edu.uy

3.1. SUMMARY

Forest plantations in Uruguay occupy 6% of the country area. . The objective of this work was to study the differences in soil water content between *Eucalyptus grandis* plantation and natural pasture, the land use previous forest plantation. This paper presents the long-term evolution of soil water under this contrasting soil uses. The evaluation period was between 2001 and 2009, during which seasonal measurements were made with a neutron probe down to 120 cm depth. The experimental design was three randomized complete blocks, having pasture and eucalyptus land use as treatments. The results show that in 33% of the seasonal determinations made, the soil water content in the total soil depth studied, was lower under eucalyptus. The distribution of water content in the profile showed different trend in two periods: 1 – from plantation to canopy closing , differences were observed in the upper 30 centimeters, with more soil water under pasture, coinciding with periods of higher atmospheric demanded, and 2 - from the second year on, the difference favoring pasture prevail in the long run below 60 cm of soil depth, regardless of the season. .

Keywords: Soil Water content, Eucalyptus, Pasture ecosystem change

3.2. RESUMEN

Esta comunicación presenta la evolución a largo plazo del contenido de agua en el suelo comparando un suelo bajo pastura natural y el efecto de una plantación de *Eucalyptus grandis* sobre la misma. El período de evaluación es entre los años 2001 y 2009. Durante el mismo se realizaron medidas estacionales del contenido de agua en el suelo con una sonda de neutrones, hasta 120 cm de profundidad. El diseño experimental fue de tres bloques completos al azar, los tratamientos fueron: pastura y eucaliptos. Los resultados muestran que en el 33 % de las determinaciones estacionales realizadas, el contenido de agua a la profundidad de suelo estudiada fue menor bajo eucaliptos. La distribución del contenido de agua en el perfil en las diferentes estaciones, mostró claramente la diferencia entre tratamientos, pero se destacan dos períodos: 1- desde la implantación del monte hasta los primeros años, se observaron diferencias en los primeros 30 centímetros de suelo a favor de la pastura, coincidentes con los períodos de mayor demanda atmosférica., y 2- desde el segundo año en adelante, las diferencias observadas a favor de la pastura prevalecieron en el largo plazo por debajo de los 60 centímetros de suelo, independientemente de la estación del año..

Palabras clave: Contenido de agua del suelo, *Eucalyptus*, Pastura natural, Cambio de ecosistemas

3.3. INTRODUCCION

Durante las últimas tres décadas en Uruguay han crecido las plantaciones forestales, ocupando en la actualidad un 6 % (0,95 Mha) del territorio nacional (Dirección General Forestal-MGAP, 2007). Esto se explica por un marco de políticas de estímulo y la globalización de la producción, las grandes empresas comienzan a plantar en la década del 90 en clima templado para tener crecimientos rápidos y retornos más fuertes. En 1987 la aprobación de la Ley de Promoción Forestal N° 15.939, procuró un ordenamiento territorial del uso del suelo para forestación, compatibilizando la mejor aptitud para este uso con la menor interferencia frente

actividades agrícolas y pecuarias, típicas en el Uruguay. La forestación se ha desarrollado por empresas específicas al rubro forestal y se ha concentrado en el norte, el litoral, y el este del país. Con ello surgieron controversias en cuanto al impacto ambiental de las plantaciones. Uno de los que más preocupa, es el cambio en el régimen hídrico de las cuencas. Hay varios estudios en cuencas apareadas, en marcha en Uruguay. El primero indicó alrededor de 50 % menos de escurrimiento superficial bajo forestación que bajo pasturas (Durán et al., 2000), estudios más recientes confirman una reducción anual de 22 a 31 % del escurrimiento, dependiendo de la precipitación anual y a nivel estacional la disminución del escurrimiento es de 33 a 40 % en la temporada estival octubre-marzo, dependiendo de la precipitación estacional (Silveira et. al., 2006 y Silveira ed. 2011).

Se presenta una síntesis de las determinaciones estacionales realizadas entre el año 2001 y 2009 sobre la evolución del contenido de agua volumétrico en el suelo bajo dos usos: pastura natural y forestación con *Eucalyptus grandis* plantada en el año 1998 en un Acrisol Típico (Hapludult Típico) de la zona de Buena Unión, Dpto. de Rivera.

Los resultados que se presentan a continuación se obtuvieron en el proyecto: Los Piques S.A. y CSIC¹-UDELAR (Sector Productivo) en Buena Unión, Rivera. 2001-2009 (Hill et al., 2004; Salvo et. al., 2005; Delgado et. al., 2006). Es decir que se agrega la información de los últimos años a la anteriormente ya presentada.

Se determinó el contenido de agua volumétrico hasta 120 cm de profundidad en tres posiciones de la toposecuencia, bajo la plantación forestal, y en la pastura natural alledaña (vegetación original).

¹ CSIC, Comisión Sectorial de Investigación Científica

3.4. MATERIALES Y METODOS

Siguiendo la toposecuencia, se eligieron las 3 repeticiones del par Eucaliptos-pastura, asumidos como bloques al azar para el análisis estadístico. En cada unidad experimental se instalaron tubos de acceso para sonda de neutrones.

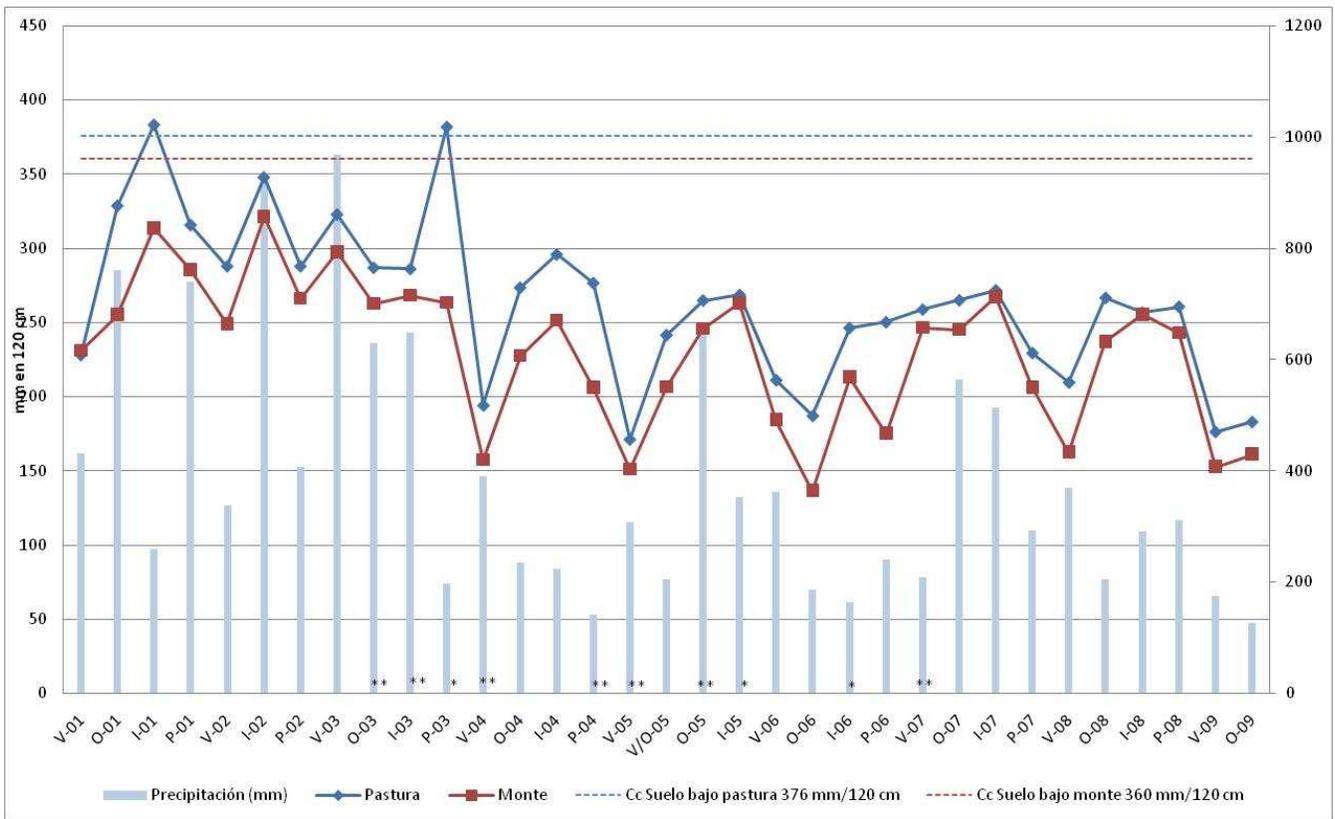
Los tubos de acceso son de aluminio, de 5 cm de diámetro. Las determinaciones se realizaron a los 15, 30, 50, 70, 90 y 110 cm de profundidad, en la línea de plantación bajo eucaliptos, con una sonda de neutrones CPN. Las mismas fueron tomadas como representativas de los intervalos de 0 a 20, 20 a 40, 40 a 60, 60 a 80, 80 a 100 y 100 a 120 cm, respectivamente, para el cálculo del almacenaje hasta 1,2 m. Estas determinaciones se realizaron, al menos trimestralmente, en las 4 estaciones del año. La calibración de la relación de cuentas del equipo a estimación del contenido de agua volumétrico se realizó in situ, correlacionando las primeras determinaciones con los muestreos gravimétricos realizados del suelo extraído para las instalación de los tubos de acceso de la sonda (Salvo et. al., 2005).

Los contrastes del análisis estadístico comparando pastura con plantación de eucaliptos se hicieron para las variables 1-almacenaje promedio por estación y 2-contenido de agua volumétrico por profundidad y fecha de muestreo, desde el verano del 2001 hasta el verano de 2009.

Se hicieron determinaciones del contenido de agua volumétrico retenido a $-0,1$ atm en muestras imperturbadas tomadas a las siguientes profundidades: la parte superior del horizonte A (5-10 cm), la parte inferior del horizonte A (25-30 cm) y la parte superior del horizonte B (65-70 cm) lo que permitió conocer la capacidad de retención a ese potencial de matriz, tomada como estimación de la “capacidad de Campo”. Se sacaron tres muestras por unidad experimental; bajo monte se muestreó en la fila de plantación. El análisis estadístico se hizo sobre el promedio de las 3 muestras tomadas por unidad experimental-profundidad de muestreo (Salvo et. al., 2005). Sobre esas mismas muestras se realizaron las determinaciones de densidad aparente.

3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la Figura 1 se presentan los datos por estación de la evolución del contenido de agua. El suelo bajo eucaliptos siempre tuvo menor contenido de agua acumulada hasta 120 cm que bajo pastura. Las diferencias, del orden de 20 a 70 mm, fueron significativas para el 33 % de las estaciones estudiadas. Mientras que bajo pastura se alcanzó un contenido de agua equivalente al contenido de agua retenido -0,1 atm de Potencial de Matriz en dos inviernos, bajo monte el contenido de agua siempre fue menor que la capacidad de campo estimada del suelo.



** < 0.05 α * 0.05 < α > 0.10

Referencias: Pastura: suelo bajo pastura original; Monte: suelo bajo monte de Eucalyptus; Cc: capacidad de campo

Figura 1. Evolución del contenido de agua del suelo hasta 1,2 m de profundidad en una plantación de *Eucalytus grandis* de cinco años sobre Hapludult Típico. (García

Préchac, *et. al.* 2004a y Delgado *et. al.* 2006) y precipitaciones registradas en el período (INIA Tacuarembó).

En la figura 2 se presenta una secuencia por fechas de la evolución del contenido de agua y su distribución en el perfil del suelo, presentando las representativas de cada estación del año, a cero, dos, cuatro, seis, ocho y 10 años de edad del monte. Los efectos de la plantación de *Eucalyptus grandis*, en cuanto al menor contenido de agua en el perfil del suelo, se observan al poco tiempo de la plantación, desde el primero o segundo año, dependiendo de las condiciones climáticas. A inicio de ese período (primer año) hay diferencias significativas en el contenido volumétrico de agua del suelo (%HV) para los primeros 30 centímetros, comparado con la pastura original. A finales del período mencionado (segundo año) comienzan a verse los efectos del monte, observándose que en los períodos de mayor demanda atmosférica, por debajo de los 60 centímetros del suelo, las curvas de distribución de contenido de agua en el perfil bajo eucaliptos presentan menor contenido. La evolución del %HV en los períodos sucesivos estacionales, muestra que estas curvas de distribución de agua bajo monte y pastura no se juntan, presentando siempre menor %HV bajo monte, siendo significativa la diferencia en la mayoría de las estaciones evaluadas a cualquier profundidad.

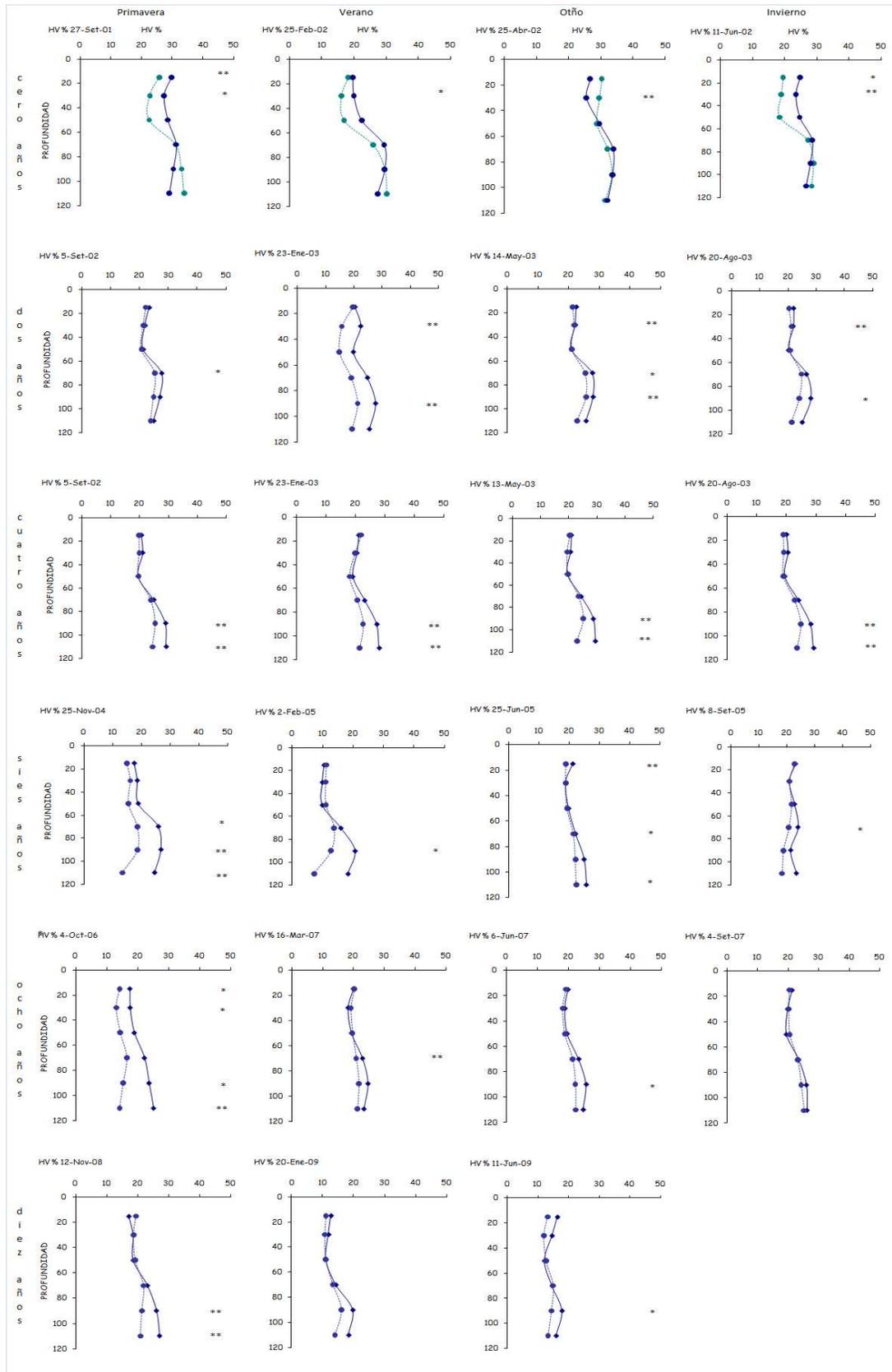


Figura 2. Distribución del contenido de agua en el perfil del suelo hasta 1,20 m de profundidad. Se presenta la evolución del contenido de agua en el perfil de suelo presentado estacionalmente y para los años desde la plantación 0; 2; 4; 6; 8 reconstruido con datos de plantaciones de *Eucalyptus grandis* del año 1998, 2000, y 2001 de modo de completar la secuencia por edad

** < 0.05 α * 0.05 < α > 0.10

———— Suelo bajo pastura original, Suelo bajo monte de *Eucalyptus*, correspondiente a la fila de plantación,
 HV%: Porcentaje de agua en volumen

El menor contenido de agua bajo eucaliptos en verano es lo esperable, debido a su mayor requerimiento hídrico y a un sistema radicular capaz de explorar un mayor volumen de suelo. En los trabajos de Salvo et. al. (2005) y Delgado et. al. (2006) se describe la magnitud de la diferencia a todos los niveles de energía de retención aplicados para obtener los puntos para construir las curvas de retención en los horizontes Bt, que define mayormente el volumen de agua retenido en el total del perfil del suelo. Se observa que el suelo bajo eucaliptos retiene entre 2 y 4 %HV menos agua a capacidad de campo (10 kPa). En los horizontes A las diferencias son menores. La magnitud de esta diferencia estimada en el laboratorio, llevada al conjunto de los 120 cm de profundidad, implica que se retienen 16 mm menos de agua, cifra que se aproxima a la diferencia del contenido de agua al final de los períodos de recarga invernal en los que se llegó a altos valores de contenido de agua. Los resultados de Silveira *et al.* (2006) de estimación del contenido de agua del suelo a partir del potencial de matriz medido con tensiómetros, durante su único invierno de medición continua, son totalmente coincidentes con estos resultados. También concuerdan con los de los proyectos ejecutados previamente (Pérez Bidegain et al, 2001a y 2001b), en los que solo se había estudiado la profundidad 5-10 cm. En un estudio similar en Sudáfrica (Musto, 1993) se encontraron las mismas diferencias de retención de agua entre suelos forestados y bajo pasturas. El autor lo atribuyó a diferencias en la distribución del tamaño de los poros y a la hidrofobicidad provocada por algunos compuestos orgánicos en descomposición. Las resinas, ceras o aceites aromáticos presentes tanto en eucaliptos como en pinos, así como los productos de su descomposición, son responsabilizados de provocar repelencia al

agua de las paredes de los poros del suelo en que se depositan (Doerr *et al.*, 1996 y 2000). Estos resultados estarían permitiendo comprender ciertos cambios en el ciclo hidrológico, tal como lo discuten Delgado *et al.* (2006), Salvo *et al.* (2005) y Durán *et al.* (2001). Considerando que bajo forestación infiltra más agua al suelo en períodos de exceso por presentar menor escurrimiento (Silveira *et al.*, 2006), y que el agua es menos retenida por el suelo, es de esperar una mayor magnitud del drenaje profundo al final del período invernal.

3.6. CONCLUSIONES

El suelo bajo plantaciones de *Eucalyptus grandis* siempre tuvo menor contenido de agua acumulada hasta 120 cm que el suelo bajo pastura. Estas diferencias fueron del orden de 20 a 70 mm y fueron significativas para el 33 % de las estaciones estudiadas.

La secuencia de distribución de agua en el perfil para los diferentes períodos muestra en detalle la evolución del contenido de agua para las diferentes profundidades. Los resultados explican como evoluciona el %HV en las diferentes estaciones del año a largo plazo. Se observa el efecto de la plantación de *Eucalyptus grandis*, disminuyendo el contenido de agua en el suelo, que se puede separar en dos períodos: 1- cuando se da la implantación del monte hasta los primeros años, se observan diferencias a favor del suelo bajo pradera natural, coincidentes con los períodos de mayor demanda atmosférica, en los primeros 30 centímetros de suelo, y 2- desde el segundo año en adelante las diferencias observadas a favor del suelo bajo pradera natural prevalecen en el largo plazo, independientemente de la estación del año, también en la mitad inferior del perfil de suelo estudiado hasta 120 cm.

3.7. AGRADECIMIENTOS

A la Empresa Forestal Los Piques S.A. y la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República Oriental del Uruguay por la financiación del proyecto que originó este artículo.

Al Ing Agr. (Ph.D) Mario Pérez Bidegain y al Ing. Agr. (Ph.D) Fernando García
Préchac por la lectura crítica para la conclusión de este trabajo.

3.8. BIBLIOGRAFIA

- ALTAMIRANO, A. ; DA SILVA, H. ; DURAN, A. ; ECHEVERRÍA, A. ; PANARIO, D. ; PUENTES, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay ; clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
- DELGADO, S. ALLIAUME, F. GARCÍA PRÉCHAC, F. 2006. Efecto de las plantaciones de *Eucalyptus sp.* sobre el recurso suelo en Uruguay. *Agrociencia. Rev. Científica Fac. Agr. (UDELAR)*, Uruguay 10(2): 95 – 107
- DOERR, S. ; SHAKESBY, R. ; WALSH, R. 1996. Soil hydrophobicity variations with depth and particle size fraction in burned an unburned *Eucalyptus globulus* and *Pinus pinaster* forest terrain in de Agueda Basin, Portugal. *Catena*. 27: 25-27.
- _____. ; _____. ; _____. 2000. Soil water repellency; its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth Science Reviews*. 51: 33-65.
- DURÁN, P.; SILVEIRA, L.; MARTÍNEZ, L.; CHAMORRO, A.; GONZALEZ, J.C.; ZANETTI, E.; ALONSO, J.; HAYASHI, R.; DURÁN, A.; GARCÍA PRÉCHAC, F.; PEREZ, M.; FRIONI, L.; SICARDI, M.; MOLTERI, C.; BOZZO, A. 2001. Estudio de monitoreo ambiental de plantaciones forestales en el Uruguay; informe final. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. A1-1-B2-32.
- GARCÍA PRÉCHAC, F., PÉREZ BIDEGAIN, M. ; CHRISTIE, S. ; SANTINI, P. 2001. Efecto de la intensidad de laboreo para la plantación de *Eucalyptus dunnii* sobre la acumulación de biomasa aérea, el crecimiento radicular y algunas propiedades físicas y químicas del suelo. *Agrociencia*. 5 (1):1-9.
- _____. ; AMARANTE, P; DELGADO, S.; SALVO, L.; HILL, M.; CLÉRICI, C.; CALIFRA, A.; PÉREZ BIDEGAIN, M. 2004a. Monitoreo de los efectos sobre el suelo de las plantaciones de Eucaliptos y Pinos y de la intensidad de laboreo para realizarlas. Informe Final Proyecto CSIC-Sector Productivo. Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas. Anexo 3, 61p.
- HILL, M.; DELGADO, S.; SALVO, L.; AMARANTE, P.; CLERICI, C.; GARCÍA PRÉCHAC, F.; HERNÁNDEZ, J. 2004. Cambios en calidad de suelo bajo

plantaciones de 3 años de edad de eucaliptus y pinos en Uruguay. In: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (19o., 2004, Paraná, Entre Ríos). II. Simposio Nacional sobre suelos vertisolicos. Entre Rios, Universidad Nacional de Entre Rios. pp. 296

MUSTO, J. 1993. Impacts of plantation forestry and soil management. In : Institute for Commercial Forestry Research – South Africa. Annual Research Report 1993. pp 102-109

NORRIS, C.H. ; STUART, R. 1994. Establishment and regeneration. In : Institute for Commercial Forestry Research – South Africa. Annual Research Report 1994. pp 19-37.

PÉREZ BIDEGAIN, M. ; GARCÍA PRÉCHAC, F. & METHOL, R. 2001a. Longterm effect of tillage intensity for Eucalyptus grandis planting on some soil physical properties in an Uruguayan Alfisol. In : 3rd International Conference on Land Degradation and Meeting of the IUSS Subcommission C- Soil Land Water Conservation. September 17-21, 2001, Rio de Janeiro. Embrapa Solos. 1 disco compacto, 8 mm.

PÉREZ BIDEGAIN, M. ; GARCÍA PRÉCHAC, F.; DURÁN, A. 2001b. Soil use change effect, from pastures to Eucalyptus sp., on some soil physical and chemical properties in Uruguay. In : 3rd International Conference on Land Degradation and Meeting of the IUSS Subcommission C- Soil Land Water Conservation. September 17-21, 2001, Rio de Janeiro. Embrapa Solos. 1 disco compacto, 8 mm.

SALVO, L.; DELGADO, S. ; GARCÍA PRÉCHAC, F. ; HERNÁNDEZ, J. ; AMARANTE, P.; HILL, M. 2005. Régimen hídrico de un Ultisol arenoso del noreste del Uruguay bajo plantaciones de Eucalyptus grandis vs. pasturas. In: Lobo, D.; Gabriels, D. ; Soto, S. eds. Evaluación de parámetros y procesos hidrológicos en el suelo. Paris, UNESCO. pp. 65-70 (Documentos Técnicos en Hidrología no. 71)

SILVEIRA, L. ed. 2011. Efectos de la actividad forestal sobre los recursos suelos y aguas. Serie FPTA-INIA N° 32.

SILVEIRA, L., ALONSO, J. MARTÍNEZ, L. 2006. Efecto de las plantaciones forestales sobre el recurso agua en el Uruguay. *Agrociencia. Rev. Científica Fac. Agr. (UDELAR)*, Uruguay 10(2): 75 – 93

4. DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES GLOBALES

El trabajo expone y prueba las dos hipótesis planteadas. Para la situación de suelos y especies evaluadas se puede concluir que:

1- El uso anterior del suelo determinó una muy importante diferencia de potencial productivo a favor del suelo virgen (Campo Natural) comparado con un suelo degradado por uso agrícola convencional previo.

2- En concordancia con los antecedentes citados en Uruguay, la producción de madera esperable es independiente de la intensidad de laboreo utilizada para la plantación, siempre y cuando el control de la vegetación residente y de las malezas, por medios químicos, sea efectivo.

3- El suelo bajo plantaciones de *Eucalyptus grandis* siempre tuvo menor contenido de agua acumulada hasta 120 cm que bajo pastura (vegetación roiginal), estas diferencias fueron del orden de 20 a 70 mm y fueron significativas para el 33 % de las estaciones estudiadas. Cuando los dos suelos deberían estar a CC (en los inviernos lluviosos) todavía hay una diferencia y esta se debe a diferente capacidad volumétrica de retención de agua a igual potencial de matriz, esto está explicado por la hidrofobicidad de la materia orgánica que aporta este tipo de vegetación.

5. **BIBLIOGRAFÍA**

- DIESTE, A. 1999. Caracterización de suelos de los departamentos de Río Negro y Rivera y evolución de sus propiedades al pasar del uso pastoril al forestal. Tesis. Facultad de Agronomía – UDELAR. 102 pp.
- DELGADO, S. ALLIAUME, F. GARCÍA PRÉCHAC, F. 2006. Efecto de las plantaciones de *Eucalyptus sp.* sobre el recurso suelo en Uruguay. *Agrociencia. Rev. Científica Fac. Agr. (UDELAR)*, Uruguay 10(2): 95 – 107
- DENIS LEPIANE, V. Y GARCIA PRÉCHAC, F. 1997. Estimación del factor C de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos en la instalación de montes de rendimiento de Eucaliptos. *Agrociencia, Rev. Científica Fac. Agr. (UDELAR)*, Uruguay 1(1): 30-37.
- DGF-MGAP. 2007. 4ª Carta Forestal del país. *In:* http://www.mgap.gub.uy/Forestal/cont_Estadisticas.htm
- DGRNR-CONENAT. 1994. Grupos de Suelos e Indices de Productividad. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. 182p.
- DSA-MGAP. 1976. Carta de Reconocimiento de suelos del Uruguay (1:1000000) Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Aguas.
- DURÁN, A., GARCIA PRÉCHAC, F.; PÉREZ BIDEGAIN. 2000. Informe de avance a la División Forestal –MGAP del componente “Suelos” del Proyecto de Monitoreo del Efecto de la Forestacion con *Eucalyptus*.
- GARCIA PRÉCHAC, F.; PÉREZ BIDEGAIN, M.; CHRISTIE, S. Y SANTINI, P. 2001. Efecto de la Intensidad de Laboreo en el Crecimiento Áereo y Radicular de *Eucalyptus dunnii* y sobre algunas Propiedades Físicas y Químicas del Suelo. *Agrociencia, Rev. Científica Fac. Agr. (UDELAR)*, Uruguay 5(1): 1-9.
- HILL, M.; DELGADO, S.; SALVO, L.; AMARANTE, P.; CLERICI, C.; GARCÍA PRÉCHAC, F.; HERNÁNDEZ, J. 2004. Cambios en calidad de suelo bajo plantaciones de 3 años de edad de eucaliptus y pinos en Uruguay. *In:* Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (19o., 2004, Paraná, Entre Ríos). II. Simposio Nacional sobre suelos vertisolicos. Entre Rios, Universidad Nacional de Entre Rios. pp. 296
- LAL, . R. 1999. Soil Quality and Soil Erosion. Ed Lal.R. –SWCS. 319pp.

- LIESEGANG, J.E., CASAL, J.A. y KOUYOUMDJIAN, K. 1995. Efecto de la preparación del suelo en el desarrollo de plantaciones de *Eucalyptus globulus spp globulus*. Informe final. Trabajo de Consultoría para la Dirección Forestal-MGAP.
- MUSTO, J.W. 1993. Impacts of plantation forestry and soil management In. ICFR Annual Research Report South Africa pp 102-109
- MUSTO, J.W. 1994. Impacts of plantation forestry on soil physical properties and soil water regime In. ICFR Annual Research Report South Africa pp 60-73
- SALVO, L.; DELGADO, S. ; GARCÍA PRÉCHAC, F. ; HERNÁNDEZ, J. ; AMARANTE, P.; HILL, M. 2005. Régimen hídrico de un Ultisol arenoso del noreste del Uruguay bajo plantaciones de *Eucalyptus grandis* vs. pasturas. In: Lobo, D.; Gabriels, D. ; Soto, S. eds. Evaluación de parámetros y procesos hidrológicos en el suelo. Paris, UNESCO. pp. 65-70 (Documentos Técnicos en Hidrología no. 71)
- SHEAR, G.M. 1985. Introduction and history of limited tillage. In Weed control in limited-tillage systems. WSSA, Monograph Series No. 2, p:1-14.