

EFECTO DE LA INTENSIDAD DE LABOREO EN EL CRECIMIENTO AÉREO Y RADICULAR DE *Eucalyptus dunnii* Y SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

García Préchac, F.¹; Pérez Bidegain, M¹.; Christie, S².; y Santini, P³.

Recibido:30/04/2001 Aceptado:23/08/2001

RESUMEN

Se comparó el efecto de la intensidad de laboreo para plantar eucaliptos, sobre el crecimiento aéreo, radicular y algunas propiedades físicas y químicas del suelo. Los tratamientos fueron: L1: un cincel a 30 cm en la fila, L2: subsolador a 50 cm y disquera en la fila, L3: idem L2, en pasadas perpendiculares, L4: idem L2, agregando una disquera y un rotovador, y L5: pastura original. El control de malezas no fue causa de diferencia entre tratamientos. Al año, el crecimiento aéreo fue mayor al incrementarse el laboreo, pero a los 24 meses las diferencias no fueron significativas. El crecimiento radicular al segundo año fue mayor con más laboreo. La erodabilidad del suelo desnudo fue menor en L5 que en los laboreos y también al disminuir su intensidad. El escurrimiento no difirió entre laboreos, pero fue menor en L5. La resistencia a la penetración en las filas plantadas fue menor que L5 hasta 15 cm y mayor a más profundidad; entre laboreos evidenció la diferente profundidad de acción de cincel y subsolador. El pH siempre fue menor bajo eucaliptos. El carbono orgánico (CORG) bajo eucaliptos fue menor que L5 de 0-2,5 cm en las filas de L2, L3 y L4; a mayor profundidad no existieron diferencias. En las entrefilas no se encontraron diferencias de CORG. El menor pH bajo eucaliptos puede atribuirse al tipo de vegetación, no así los cambios superficiales en CORG, con sus consecuencias en las propiedades físicas del suelo. Ellos parecen más asociados a la intensidad de laboreo.

PALABRAS CLAVE: Eucaliptus, crecimiento radicular, preparación del sitio, propiedades del suelo, calidad de suelo.

SUMMARY

EFFECT OF THE TILLAGE INTENSITY USED TO PLANT *Eucalyptus dunnii* ON AERIAL BIOMASS ACCUMULATION, ROOT GROWTH AND SOME SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

The effect of tillage intensity for Eucalyptus planting on shoot and root growth, and some soil physical and chemical properties, were studied. Treatments were: L1: chisel plow (30 cm) in the rows, L2: subsoiler (50 cm) and disks, in the rows, L3: same as L2, adding a perpendicular pass, L4: same as L2, adding a second disking and a rototiller, and L5: original pasture. Weed control was not cause of differences among treatments. First year shoot growth was greater with more tillage, but at the second year there were no differences. Root growth at the second year was greater with more tillage. Bare soil erodibility was less in L5 than in the tillage treatments, and also with less tillage. Runoff did not differ among tillage treatments, but it was smaller in L5. Cone index in the rows was less than L5 down to 15 cm, and greater below this depth; among tillage treatments it showed the different depth effect of chisel and subsoiler. Soil pH was lower under eucalyptus. Soil organic carbon content (SOC) under eucalyptus was lower than L5 at 0-2,5 cm in the rows of L2, L3 and L4; at greater depth there were no differences. There were no differences of SOC in the inter-rows. More soil acidity under eucalyptus is a vegetation effect. This is not the case of shallow differences in SOC and their consequences on soil physical properties; they are more associated with tillage intensity.

KEY WORDS: Eucalyptus, root growth, tillage effects, soil quality, soil properties.

¹ Facultad de Agronomía, Garzón 780, Montevideo, Uruguay.

² Shell Int. Renewables, Biomass Forestry.

³ Shell Uruguay Renewable Energy, Paysandú, Uruguay.

INTRODUCCIÓN

La plantación es considerada como uno de los momentos en los que el riesgo de erosión se incrementa considerablemente; resulta de suma importancia establecer prácticas de manejo que reduciendo este riesgo, alcancen niveles de producción adecuados (Martino, 1997).

Algunos autores concluyen que una preparación intensiva del sitio mejora las tasas de crecimiento y supervivencia (Schönau *et al.*, 1981; Norris, 1992), en tanto otros, concluyen que el laboreo reducido es lo adecuado (Norris y Stuart, 1994; Madeira *et al.*, 1999). Esto no hace más que reafirmar la importancia del tema, tanto a nivel de investigación, como de producción.

Los resultados nacionales publicados son escasos. Denis y García Préchac (1997), aplicando el submodelo referente al uso y manejo de la versión revisada de la ecuación Universal de Pérdida de Suelos (RUSLE) a eucaliptos, estimaron que la preparación del terreno con laboreo convencional generaría 5,4 veces más erosión que laboreando sólo la faja de plantación y dejando cubierta por vegetación viva o muerta la entrefila. También, estiman que el riesgo de erosión en plantaciones realizadas en suelos que han sufrido importante uso agrícola previo y han aumentado su erodabilidad, es significativamente mayor que en plantaciones sobre pasturas naturales.

Además de desarrollar prácticas de manejo que reduzcan el riesgo de erosión en la preparación del sitio, es también importante cuantificar los efectos de dichas prácticas sobre las propiedades o la calidad del suelo.

El presente trabajo tiene por objetivos comparar el efecto de la intensidad de laboreo sobre la acumulación de biomasa aérea de *Eucalyptus dunnii*, sobre su crecimiento radicular y sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo. En el caso de estas últimas propiedades, también se las comparó con las del suelo que permaneció con la pastura natural regenerada, sobre la que se realizó la plantación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Suelo y ubicación del ensayo

Se trabajó sobre un ensayo instalado en el campo experimental del proyecto SURESA (Shell Uruguay Renewable Energy S.A.), en la localidad de Piedras Coloradas, Paysandú. El suelo fue un Argisol (Albaquic Hapludalf) de la unidad Algorta de la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay 1: 1M (DSF-MAP, 1976).

Al inicio del ensayo (1996), el suelo estaba bajo una pastura regenerada, luego de un importante uso agrícola

que le había causado erosión y degradación. Evidencias de esto son los bajos contenidos de CORG, la presencia de un piso de labor entre los 15 y 25 cm de profundidad y la variación del espesor del horizonte A. Las especies dominantes eran las gramíneas C4 que dominan las comunidades vegetales sobre estos suelos, acompañadas por un 35% de *Cynodon dactylon*.

Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental fue de parcelas divididas en tres bloques al azar. Los tratamientos mayores fueron cuatro densidades de plantas (5100, 3460, 2500 y 1600 plantas/ha) y las parcelas menores cuatro métodos de laboreo. Dichos métodos fueron (L1) laboreo mínimo, (L2) subsolador y disquera, (L3) laboreo cruzado y (L4) laboreo completo. L1 consistió en una pasada de cincel a una profundidad inferior a 40 cm en la fila de plantación. L2 tuvo una pasada de subsolador entre 40 y 50 cm de profundidad y luego una pasada de disquera en la fila de plantación. L3 consistió en dos pasadas idénticas al tratamiento anterior, cruzándose a 90° en los puntos en los que fueron plantados los eucaliptos. El último tratamiento de laboreo, denominado completo (L4), consistió en agregar a lo descrito en L2 una segunda pasada de disquera y una de rotovador.

El control químico de las malezas se hizo de manera que éstas no fueran factor limitante del crecimiento inicial ni de diferencia entre los tratamientos, independientemente de sus costos.

Determinaciones de crecimiento y producción de biomasa

Las determinaciones realizadas en el cultivo fueron: porcentaje de supervivencia (SOV), diámetro a la altura del pecho (DAP), altura de plantas y un índice relativo de volumen de madera por unidad de superficie ($IV = DAP^2 \cdot \text{altura}$). Estas determinaciones se realizaron al fin del primer y segundo año de instalado el ensayo.

Como el análisis estadístico de los resultados de estas determinaciones en ambas fechas no mostró efecto significativo de la interacción población * laboreo, en esta publicación se presentan y discuten los resultados promedio de las cuatro poblaciones, para cada tratamiento de laboreo.

Distribución y crecimiento radicular comparativos

Estas determinaciones se hicieron en la población de 2500 pl/ha, en trincheras o calicatas perpendiculares a las líneas de plantación, de 1,50 m de ancho y 50 cm de profundidad. Una de las paredes se ubicó en el plano central vertical, perpendicular a la línea de plantación, de un árbol

representativo del tratamiento. El suelo de dicha trinchera se extrajo cuidadosamente, utilizando agua a presión, de modo tal que se dejó expuesta la mitad del sistema radicular del árbol.

Para realizar el estudio cuantitativo de las raíces en cada una de las unidades experimentales estudiadas, se utilizó una cuadrícula con cuadros de 10 por 10 cm, en un marco de 0,9 por 0,5 m. De este modo, se tuvieron 5 filas de 9 cuadros cada 10 cm de profundidad, y 9 columnas de 5 cuadros, la central de las cuales se hizo coincidir con la posición de la unión entre el tronco y el sistema radicular. De esta manera, desde dicha columna, ubicada en el centro del árbol, se tuvieron 4 columnas a cada lado. La cuadrícula de 0,9 por 0,5 m, observada desde dentro de la trinchera, mostraba la proyección a su plano de la mitad expuesta del volumen del sistema radicular. Utilizando acetatos transparentes, se dibujó en proyección ortogonal la fracción del volumen radicular expuesto, correspondiente a cada uno de los 45 cuadros de 10 por 10 cm que conformaban la cuadrícula total. En el gabinete se procedió a la planimetría del área ocupada por el sistema radicular en cada uno de los 45 cuadros y se la expresó como porcentaje del área de cada cuadro.

Propiedades del suelo

Para las determinaciones de las propiedades del suelo se agregó como un quinto tratamiento (L5), el campo natural regenerado, apareado a cada bloque.

Resistencia a la penetración y contenido de agua del suelo

La resistencia a la penetración se determinó con un penetrómetro de cono, con punta de 2 cm², en incrementos de 5 cm, hasta 50 cm de profundidad. Las medidas se tomaron en la fila de plantación y en la entrefila, con 3 repeticiones en cada caso, en todas las unidades experimentales y en el campo natural regenerado apareado a los bordes de cada repetición del ensayo.

Conjuntamente con estas medidas se hicieron determinaciones del contenido de agua en el suelo de 0 a 20 cm de profundidad. Estas determinaciones se realizaron gravimétricamente en muestras compuestas de 3 tomas.

Las determinaciones fueron realizadas en julio de 1999, luego de importantes lluvias que llevaron al suelo a capacidad de campo. Ello minimizó el efecto del contenido de agua del suelo sobre la resistencia a la penetración, por lo que los resultados se deben principalmente a los tratamientos del ensayo.

Escurrimiento y resistencia a la erosión de la superficie del suelo mineral

Las determinaciones fueron realizadas en la línea de plantación con tres repeticiones. Se ubicaron entre dos árboles representativos de cada tratamiento. Las determinaciones en el tratamiento L5 fueron realizadas en la zona corta-fuego que bordeaba el ensayo, apareadas a cada bloque, en el suelo bajo pastura natural regenerada sobre la que se realizó la plantación. Se utilizó un microsimulador de lluvia tipo LUW (Kamphrost, 1987), que trabaja sobre parcelas de 0,25 por 0,25 m. En dichas parcelas se retiraron la vegetación y/o los restos vegetales depositados sobre la superficie, dejando al suelo mineral desnudo. Instalada la parcela, se aplicó cuidadosamente una fina lluvia, llevando a capacidad de campo al menos los primeros 5 cm. Luego, se aplicó una lluvia de 156 mm/hora durante 4 minutos, recogiendo el escurrimiento generado.

El coeficiente de escurrimiento se calculó expresando el volumen de agua escurrida como proporción del volumen aplicado.

En el laboratorio se evaporó el agua recogida y se determinó el peso seco (105 °C) de los sedimentos. La cantidad de sedimentos recogidos se expresó en Mg/ha.

Esta determinación es una evaluación de la estabilidad de la estructura de la superficie del suelo mineral *in situ*.

Carbono orgánico y pH

Estas determinaciones se realizaron en la fila y entrefila, al tercer año de plantado el monte, así como en la pastura regenerada apareada a cada bloque. Se tomaron muestras compuestas (seis submuestras) con calador, luego de exponer la superficie del suelo mineral a las siguientes profundidades: 0-2,5cm, 2,5-5cm, 5-10cm y 10-15 cm. En las muestras compuestas resultantes se determinaron CORG por el método de Walkley y Black (Nelson y Sommers, 1982) y pH en KCl 1N mediante el método potenciométrico (Mc Lean, 1982).

Procesamiento estadístico de los resultados

Las sumas de cuadrados de tratamientos fue abierta en contrastes ortogonales de un grado de libertad, como se indica y explica a continuación.

Cuando se agregó la pastura regenerada como un quinto tratamiento de laboreo, el primer contraste comparó a aquella con el promedio de los cuatro tratamientos del ensayo.

Contraste 1 (L5 vs. OTR), prueba la hipótesis de la existencia de diferencia entre la media de L5 y el promedio de los tratamientos de laboreo.

Contraste 2 (L1 vs. OTR), prueba la hipótesis de la existencia de diferencia entre la media de L1 y el promedio de los restantes tratamientos de laboreo (exceptuando L5).

Contraste 3 (L2 vs. OTR), prueba la hipótesis de la existencia de diferencia entre la media de L2 y el promedio de los tratamientos L3 y L4.

Contraste 4 (L3 vs. L4), prueba la hipótesis de la existencia de diferencia entre las medias de L3 y L4.

La diferencia mínima significativa (DMS al 5%), se utilizó como un estimador del error experimental, no como un criterio de separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento y acumulación de biomasa aérea

Al año de instalado el cultivo (Cuadro 1), L1 tuvo una menor supervivencia, DAP, y altura que la media de los restantes tratamientos. Así mismo, L3 tuvo mayor altura que L4. L1 tuvo el menor índice volumétrico, el de L2 fue menor a la media de L3 y L4, y L4 fue mayor que L3. Las

diferencias significativas de producción a favor de mayor intensidad de laboreo al final del primer año, dejaron de serlo al final del segundo.

Crecimiento y distribución de raíces

Considerando las filas completas de la cuadrícula (90 cm de ancho por 10 cm de profundidad), L3 presentó mayor arraigamiento que L4 entre los 10-20cm ($p \leq 0.02$) y entre 40-50cm ($p \leq 0.03$); en esta profundidad, la observación de las medias (Figura 1a) permite concluir que si la diferencia indicada fue significativa, también lo fue la diferencia entre L3 y los restantes tratamientos de laboreo. El crecimiento radicular de L1 fue menor ($p \leq 0.1$) al de los restantes tratamientos de laboreo entre los 20 y 30 cm de profundidad.

Excluyendo dos columnas laterales (70 cm de ancho por 10 cm de profundidad), en L3 el arraigamiento fue mayor a L4 en el estrato de profundidad de 10-20cm y en el de 40-50cm, ($p \leq 0.02$ y $p \leq 0.05$, respectivamente; Figura 1b). Nuevamente, la observación de las medias y la estructura de los contrastes de medias, permiten concluir que en ambos casos la diferencia fue entre L3 y todos los otros sistemas de laboreo.

Cuadro 1. Supervivencias, DAP, altura de los árboles y producción de biomasa, según laboreo al primer y segundo año de instalado el monte.

	SOV(%)	DAP(mm)	Altura(m)	IV/ha(%)
1er Año				
L1	87.2	45.4	4.0	77.2
L2	90.7	48.6	4.1	85.5
L3	89.3	49.5	4.2	90.6
L4	93.6	50.5	4.3	100
DMS	6	2.2	0.2	10.6
2do Año				
L1	87.2	85.8	9.3	90.5
L2	90.7	85.9	9.4	96.1
L3	89.3	86.0	9.4	94.4
L4	93.2	86.2	9.4	100
DMS	6	2.6	0.3	11.3
1er Año				
L1 vs.L2,L3 y L4	0.05	0.01	0.01	0.01
L2 vs.L3 y L4	NS	NS	NS	0.04
L3 vs.L4	NS	NS	NS	0.08
2do Año				
L1 vs.L2,L3 y L4	NS	NS	NS	NS
L2 vs.L3 y L4	NS	NS	NS	NS
L3 vs.L4	NS	NS	NS	NS

L1:laboreo mínimo; L2: subsolador y disquera; L3: laboreo cruzado; L4: laboreo completo
NS: no significativo $p \leq 0.10$.

Se detectó efecto del laboreo entre los 10-20 cm de profundidad, cuando se excluyeron las dos columnas laterales de la cuadrícula, considerando solamente 50 cm de ancho por 10 cm de profundidad. En esta situación, L2 fue menor al promedio de L3 y L4 ($p \leq 0.09$) y a su vez L3 fue mayor a L4 ($p \leq 0.003$); pero la observación de la Figura 1c, nos hace concluir que la diferencia existente fue entre L3 y el resto de los tratamientos.

Cuando se consideran solamente las tres columnas centrales (30 cm de ancho por 10 cm de profundidad), las diferencias significativas aparecen a los 10 y 20 cm de profundidad (Figura 1d). Esto indica que L1 fue menor al promedio de los otros tratamientos ($p \leq 0.034$), L2 es menor a L3 y L4 ($p \leq 0.003$) y que L3 fue mayor a L4 ($p \leq 0.001$). Pero la observación de la Figura 1d y la estructura de los contrastes hace concluir que L3 fue el método de laboreo que generó mayor arraigamiento.

Cuando se considera la columna central (10 cm de ancho por 10 cm de profundidad) entre los 10 y 20 cm de profundidad (Figura 1e) L2 fue significativamente menor ($p \leq 0.1$) al promedio de los tratamientos L3 y L4. Nuevamente, la observación de las medias en la figura muestra que también L2 fue menor que L1.

Al considerar el total de la cuadrícula (0,9 x 0,5cm), L1 fue el tratamiento con menor crecimiento radicular ($p \leq 0.09$, Figura 2) y L3 significativamente mayor ($p \leq 0.02$) que L4. La muy pequeña diferencia entre las medias de L2 y L4 sugiere que ambos tratamientos tuvieron menor arraigamiento que L3.

Propiedades del suelo

Contenido de agua del suelo de 0-10 y de 10-20 cm

Las determinaciones realizadas no muestran diferencias significativas entre los tratamientos de laboreo (Figura 3).

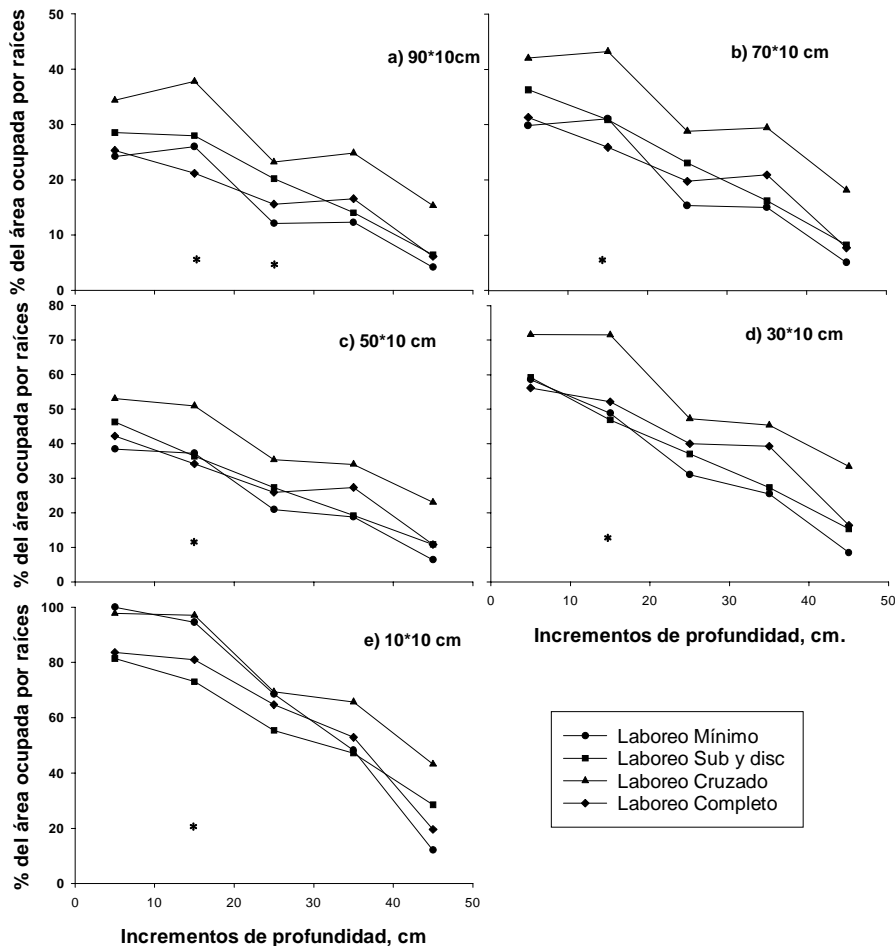


Figura 1. Distribución radicular de *Eucalyptus dunnii* según laboreo, 2500 pl/ha.

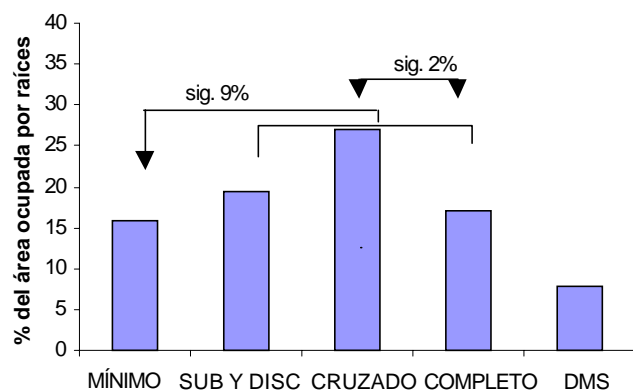


Figura 2. Proporción del área de 0.45 m² (0.9x0.5m) ocupada por raíces de *Eucalyptus dunnii* según laboreo.

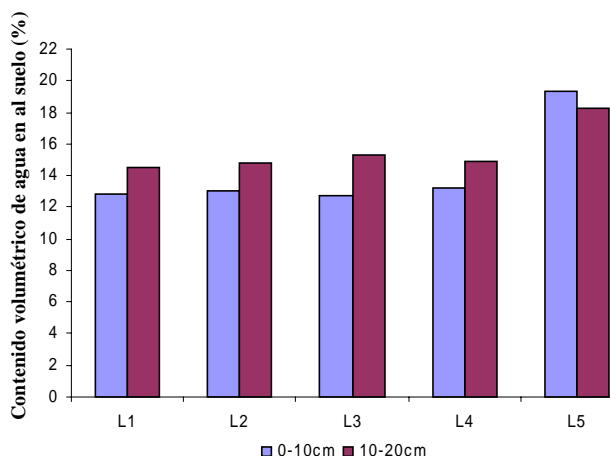


Figura 3. Contenido de agua en el suelo según laboreo y profundidad, julio 1999. L1: Lab. mínimo; L2: subsolador y disquera; L3: Lab. cruzado; L4: Lab. completo; L5: pastura original.

El contenido de agua del suelo fue mayor en los 10-20 cm que en los 0-10 cm. A pesar de las importantes precipitaciones en las semanas previas a las medidas, el contenido de agua del suelo bajo las plantaciones del ensayo fue menor al contenido de agua bajo la pastura. Información aún no publicada (Pérez Bidegain *et al.*, 2001a) muestra menor retención de agua a -10 kPa (capacidad de campo) en suelos con plantaciones de eucaliptos, comparados con los mismos suelos bajo pasturas. Musto (1994), atribuye esta diferencia a compuestos orgánicos generados en la descomposición de la hojarasca de eucaliptos y/o micelios actuando en dicha descomposición. Estos agentes cambiarían el ángulo de contacto en los capilares. Sin embargo, otro trabajo aún no publicado (Pérez Bidegain *et al.*, 2001b), en un ensayo de 8 años comparando tres intensidades de laboreo para eucaliptos, incluyendo una que es

plantación al pozo, más un tratamiento que mantuvo el campo natural, encontró que no existió diferencia en la retención de agua entre -10 y -300kPa entre el tratamiento sin laboreo y el suelo bajo campo natural. Los tratamientos con laboreo retenían menos agua en todo el rango mencionado de potencial de matriz. Este resultado plantea la interrogante acerca de si el efecto es debido a los eucaliptos y sus productos de descomposición, o al laboreo usado para instalarlos o una combinación de ambos.

Resistencia a la penetración en la fila

Los resultados estadísticos del efecto de los tratamientos de laboreo para la plantación de los eucaliptos no mostraron diferencias significativas hasta el incremento de 15-20 cm. A dicha profundidad y la siguiente (20-25 cm), los laboreos menos intensos (L1 y L2) produjeron menores resistencias que los dos más intensos (Figura 4). Al comenzar a incrementarse la resistencia en el laboreo mínimo con la profundidad no aparecieron diferencias significativas en el intervalo 25-30 cm, pero por debajo, en todos los incrementos el laboreo mínimo presentó valores de resistencia significativamente mayores al promedio de los tres restantes. Esto es debido a que en L1, la única herramienta usada (cincel) penetró hasta 25-30cm.

Al considerar también la pastura (Figura 4), en los 0-5 cm y 5-10 cm, presentó mayor resistencia a la penetración que el promedio de los cuatro tratamientos de laboreo. Considerando que el contenido de agua volumétrico en los primeros 20 cm de suelo fue mayor en pastura que en los tratamientos de laboreo, y que a mayor contenido de agua menor resistencia a la penetración, la diferencia en esta variable se atribuye a la presencia de una importante trama de raíces y rizomas de la pastura. Desde 15-20 cm

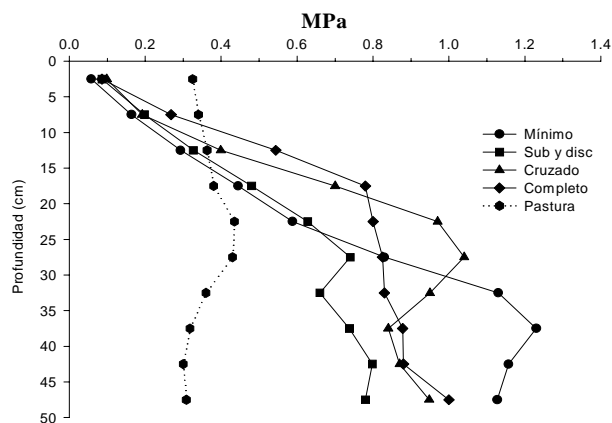


Figura 4. Resistencia a la penetración en la fila en función de la profundidad y el laboreo, julio de 1999.

hacia abajo, los valores de resistencia bajo pastura fueron siempre menores, probablemente por un mayor contenido de agua y una mejor estructura del suelo, ya que dicha profundidad no fue alcanzada por ningún laboreo. De todas maneras, se insinúa una zona de resistencia a la penetración algo mayor (de 20 a 30cm), resultante del laboreo en el uso previo a los actuales eucaliptos.

Escorrentía y resistencia a la erosión de la superficie del suelo mineral

La figura 5 muestra el coeficiente de escorrentía para cada uno de los tratamientos de laboreo y el campo natural regenerado. La situación de campo natural regenerado fue diferente ($p \leq 0,003$) a la media de los cuatro laboreos. Se recuerda que para estas determinaciones se quitó toda la cubierta vegetal existente y en el caso del “campo natural” existe una importante cantidad de rizomas y otras estructuras vegetales que favorecen una mayor infiltración. Entre los tratamientos de laboreo del ensayo no existieron diferencias significativas de escorrentía.

La estabilidad estructural superficial, evaluada por su resistencia a la erosión (Figura 5), fue mayor en L5 (campo natural regenerado) que en el promedio de los tratamientos de laboreo ($p \leq 0,08$) y menor en L3 que en L4 ($p \leq 0,07$). Pero observando la Figura 5, es evidente que L1 tiene una media menor que L4, por lo que también es diferente de L3, al menos al mismo nivel de significación. Por lo tanto, se concluiría que la estabilidad estructural de la superficie del suelo mineral es mayor bajo la pastura original que bajo la plantación de eucaliptos, y que entre los tratamientos de laboreo la mayor resistencia la presentó el laboreo mínimo y la peor el laboreo cruzado, con los otros dos tratamientos en una situación intermedia. Es decir. la

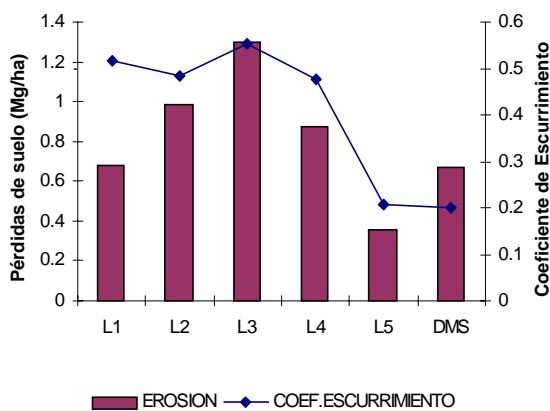


Figura 5. Pérdidas de suelo y coeficiente de escorrentía según laboreo. L1: Lab. mínimo; L2 subsolador y disquera; L3: Lab. cruzado; L4: Lab. completo; L5: pastura original.

estructura de la superficie del suelo mineral se debilitó al sufrir más laboreo. La estabilidad de la estructura varía en función del contenido de carbono orgánico del suelo. Se encontró un coeficiente de correlación lineal de -0.66 ($n=15$) entre la magnitud de la erosión generada y el carbono orgánico de 0-2,5 cm del suelo.

La significación práctica de este resultado apunta a la importancia de que el manejo forestal mantenga la cobertura de la superficie por hojarasca. Mientras ella exista no hay el riesgo de erosión. Si desaparece (como ocurre en importantes porciones del terreno en algunas técnicas de corta y saca), el suelo tiene más riesgo de erosión que si desapareciera la cobertura de pasturas del suelo en su estado previo a la plantación.

pH(KCl)

En la Figura 6a se observa que en la profundidad de 0-2,5 cm, L5 tuvo mayor pH que la media de los tratamientos de laboreo ($p \leq 0,09$). En todas las profundidades restantes, el pH de L5 también fue mayor al promedio de los tratamientos de laboreo ($p \leq 0,02$, $p \leq 0,01$ y $p \leq 0,01$, respectivamente).

En la entrefila (Figura 6b), de 0-2,5 cm y 5-10 cm el pH de L5 fue mayor a la media de los cuatro tratamientos de laboreo ($p \leq 0,01$). En tanto de 10-15 cm, el pH de L1 fue mayor al promedio de los restantes tratamientos ($p \leq 0,09$).

Estos resultados están de acuerdo con lo encontrado por Dieste (1999) y Pérez Bidegain (2001a), en el sentido de que los suelos que pasaron de uso pastoril a ser forestados con eucaliptos se han acidificado, tanto porque los compuestos orgánicos formados que ingresan al suelo mineral debajo del mantillo aumentan la oferta de protones, como por la muy importante extracción de bases que realizan las plantaciones, quedando dentro de los árboles o siendo depositadas en el mantillo sobre el suelo mineral (Goya *et al.*, 1997).

Carbono orgánico

En la fila de plantación (Figura 7a), en los 0-2,5 cm L5 presentó mayor contenido de carbono orgánico que la media de los tratamientos de laboreo ($p \leq 0,09$). Es claro que la diferencia es con L2, L3 y L4 y no con L1. De 2,5-5 cm, L2 presentó mayor carbono orgánico que la media de L3 y L4 ($p \leq 0,07$).

En tanto en la entrefila (Figura 7b), no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos considerados.

Como se puede observar, la diferencia encontrada en los primeros centímetros de la fila aunque significa-

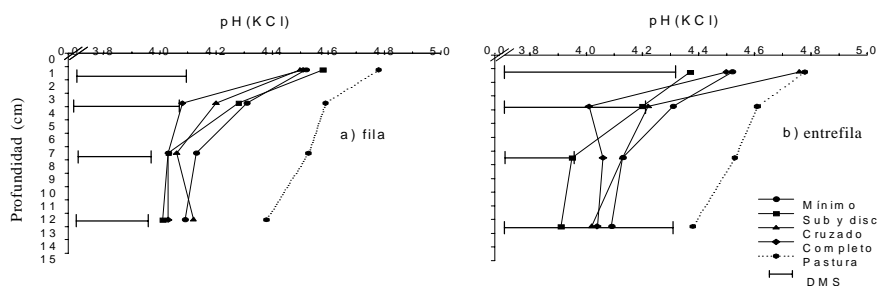


Figura 6. pH (KCl) en la fila y entrefila de plantación según laboreo y profundidad.

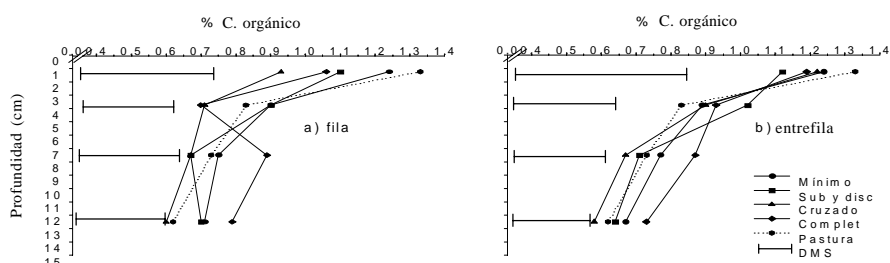


Figura 7. Carbono orgánico (%) en la fila y entrefila de plantación según laboreo y profundidad.

tiva, no es de gran magnitud. Ello es debido a que el contenido de carbono orgánico del suelo no laboreado bajo pasturas (situación inicial) era muy bajo, por la historia de uso previo a la forestación. La no existencia de diferencia en los datos de la entrefila (donde no existió laboreo en ningún tratamiento) en relación al suelo bajo pasturas, mientras sí existió entre los resultados en la fila (donde hubo laboreo) y la pastura, apunta a la interrogante antes derivada del trabajo de Pérez Bidegain et al. (2001b). Además de lo ya señalado para la retención de agua, dicho trabajo no encontró diferencia de carbono orgánico entre campo natural y la fila del tratamiento de eucaliptos plantados en pozos (sin laboreo), pero sí entre la fila de dos tratamientos de laboreo y el campo natural.

CONCLUSIONES

Las diferencias significativas en los parámetros de crecimiento y producción de biomasa a favor de mayor intensidad de laboreo al final del primer año dejaron de serlo al final del segundo año. Esto sugeriría que el efecto de la intensidad de laboreo podría no ser importante en la producción final. La mayor intensidad de laboreo para la preparación del sitio favoreció mayor crecimiento radicular

medido al segundo año de instalado el monte. Esto podría invalidar la conclusión anterior si la plantación sufriera importante sequías o vientos hasta la cosecha. Existió un mayor deterioro de las propiedades físicas del suelo mineral, al aumentar la intensidad de laboreo. La estabilidad estructural del suelo desnudo, evaluada a través de la erodabilidad frente a una lluvia simulada estándar, indicó que el laboreo cruzado fue el tratamiento que más la redujo y el laboreo mínimo fue el que menos la afectó. El escurrimiento frente a dicha lluvia no fue diferente entre los tratamientos de laboreo, pero la infiltración fue menor y el escurrimiento mayor que en el suelo que permaneció bajo la pastura original de la plantación. Estos resultados resaltan la importancia de que el manejo forestal mantenga la cobertura por la hojarasca de la superficie del suelo, que es su principal protección contra la erosión.

El laboreo mínimo presentó la menor resistencia a la penetración hasta los 30 cm profundidad en la cual actuó el cincel, y la mayor por debajo de dicha profundidad. Los tratamientos con mayor número de pasadas de herramientas (laboreo cruzado y laboreo completo) mostraron los mayores valores de resistencia; por debajo de los 20 cm, el laboreo cruzado se encuentra más compactado que el laboreo completo, debido al mayor tráfico y presión ejercida

por los implementos de laboreo por debajo de su profundidad de acción. El campo natural regenerado presentó mayores valores de resistencia hasta los 10 cm y menores por debajo de los 15 cm, que todos los tratamientos de laboreo utilizados, insinuando entre los 20 y 30 cm un piso de arado, como consecuencia de algún uso anterior en agricultura con laboreo.

A tres años de instalado el ensayo se detectó una disminución en el pH del suelo tanto en la fila de plantación como en la entrefila, respecto al campo natural regenerado. El contenido de carbono orgánico del suelo mineral, de 0-2,5 cm en la fila de plantación, fue menor que en el campo natural regenerado en todos los tratamientos de preparación del sitio, excepto laboreo mínimo. En tanto de 2,5-5 cm, subsolador y disquera tuvo más carbono orgánico que los tratamientos más intensos de preparación del sitio. Estas diferencias significativas detectadas en la fila de plantación respecto al campo natural regenerado no existieron al compararlo con las entrefilas, donde no existió laboreo.

De acuerdo a estos resultados y los de los otros trabajos citados, se concluye que la acidificación del suelo es causada principalmente por la vegetación de eucaliptos. En tanto que la disminución de carbono orgánico en los primeros centímetros del suelo mineral y su efecto sobre las propiedades físicas, sería principalmente causada por la intensidad de laboreo usada en la preparación del sitio.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa IMPRELUR S.A.(Proyecto SURESA) por la financiación del trabajo, en Convenio con la Facultad de Agronomía.

Al personal del Campo Experimental de SURESA, por su colaboración en el trabajo.

A la Ing.Agr. Florencia Alliaume, por la realización de los análisis químicos.

BIBLIOGRAFÍA

- 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.de Agron.(UDELAR)*, Uruguay 1(1): 30-37.
- 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 de graduación en la Facultad de Agronomía (UDELAR), 102pp.
- DSF-MAP. 1976 Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay 1:1M. Dirección de Suelos y Fertilizantes, Ministerio de Agricultura y Pesca. Montevideo. Uruguay.
- GARCÍA PRÉCHAC, F. Y PÉREZ BIDE GAIN, M. 1998. Informe preliminar sobre la evaluación del riesgo de erosión en plantaciones de pino en FYMNSA. No publicado.
- GOYA, J.F., J.L. FRANGI, F. DALLA TEA, M.A. MARCO, Y F. LAROCCA. 1997. Biomasa, productividad y contenido de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en el NE de la Provincia de Entre Ríos. XII Jornadas Forestales de Entre Ríos, pp: III-1 a III-19.
- KAMPHROST, A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility. *Netherlands J. of Agric. Sci.* 35:407-415
- MADEIRA, M.; AZEVEDO, A.; SOARES, P. y TOMÉ, M. 1999. Efeito da lavoura 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 23pp.
- Mc LEAN, E.O. 1982 Total carbon, organic carbon and organic matter. In Page, A.L.(Ed) *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties*. Madison, Wis. ASA Agronomy Monograph N° 9 pp 199-224
- 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
- NELSON, D.W Y SOMMERS L.E 1982 Total carbon, organic carbon and organic matter. In Page, A.L.(Ed) *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties*. Madison, Wis. ASA Agronomy Monograph N° 9 pp 539-579
- PEREZ BIDE GAIN, M; GARCIA PRECHAC, F; DURAN, A. 2001a Soil use change, from pasture to *Eucalyptus sp.*, on some soil physical and chemical properties in Uruguay. In: Third International Conference on Land Degradation. Rio de Janeiro-Brasil. Aceptado para publicar.
- PEREZ BIDE GAIN, M; GARCIA PRECHAC, F; METHOL, R. 2001b. Long-term effect of tillage intensity for *Eucalyptus grandis* planting on some soil physical properties in an uruguayan Alfisol. In: Third International Conference on Land Degradation. Rio de Janeiro-Brasil. Aceptado para publicar.
- NORRIS C.H. Y STUART R. 1994. Establishment and regeneration In: ICFR Annual Research Report South Africa pp 19-37
- 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.