

CRECIMIENTO DEL *Pinus taeda* BAJO DIFERENTES TECNICAS DE LABRANZA EN EL NORESTE ARGENTINO.

Pinus taeda GROWTH UNDER DIFFERENT TILLAGES TECHNIQUES IN THE ARGENTINEAN NORTHEAST.

Roberto Antonio Fernández¹
Ana Maria Lupi¹
Francisco Rodriguez Aspillaga²
Arturo Hernández²
Pablo Cortez³

Fecha de recepción: Octubre 2000
Fecha de aceptación: Noviembre 2001

¹EEA Montecarlo. INTA. Libertador 2442. (3384), Montecarlo, Misiones. E-Mail: rfernandez@ceel.com.ar. Fac. de Ciencias Forestales. UNaM. ²Bosques del Plata S.A, Posadas. Misiones. ³Becario Fac. Cs. Forestales. UNaM.

SUMMARY

The initial growth of the *Pinus taeda* L was studied with planted trees on red soils, previously prepared with different soil tillage treatments. The experimental area is located in Santo Tome, Corrientes, at approx. 56° West long. and, 28° South latitude, on a deep clay red soil (Kandiudalf), which was formerly used for annual crops and cow grazing. It was worked in planted plots with *P. taeda* in September of 1996, in which different tillage treatments were applied: a. - ripping up to 900 mm of depth (R90), b. - Double ripping up to 500 mm of depth, separated at 1,20m between both lines (DR50), c.- disk harrow up to 15 mm depth (D). For each soil tillage system two profiles of the penetration resistance distribution were characterized up to 600 mm. The bulk density was sampled at three situations: areas without tillage, ripping, and disking, until the 45 mm depth. The statistical evaluation made at 25 months after plantation, both for diameter and height, detected statistical differences among treatments (α : 0.05). The largest growths were observed in the areas prepared with ripping, independently of its depth. At 37 month, the differences in height continued to be significant and in diameter only between the DR50 and D treatments (α : 0,05). The penetration resistance data was very similar for both kinds of ripping situations, and smaller than those corresponding to the soil disking plots. The smallest values of bulk density were observed in the ripping plots, presenting statistical differences among sampled situations (α : 0,05). The differences of growth at 37 months between R90 and D were very small, 0,50 cm for diameter (7,2 cm y 6,7 cm, respectively) and 0,15 m for height (4,53 m y 4,38 m, respectively). This, added to the fact that the R90 treatment is more expensive, determinate the inconvenience of its practice.

Key words: tillage treatments, growth, Kandiudalfes, *Pinus taeda*, bulk density, penetration resistance.

RESUMEN

Se estudió el crecimiento inicial del *Pinus taeda* implantado en suelos rojos preparados a través de diferentes técnicas de labranza. El área experimental se localiza en Santo Tome, Corrientes (56° de LO y 28° de LS, aproximadamente), sobre un suelo rojo profundo, arcilloso (Kandiudalf), proveniente de un uso agrícola-ganadero. Se trabajó en parcelas implantadas con *P. taeda* en septiembre de 1996, en las cuales se aplicaron los siguientes tratamientos de: a.- Subsulado hasta 900 mm de profundidad (SS90), b.- doble línea de Subsulado hasta 500 mm de profundidad, separadas a 1,2 m (SD50), c.- Rastra de disco liviana, hasta los 150 mm de profundidad (R). Para cada sistema de labranza se caracterizaron dos perfiles de distribución de la resistencia a la penetración hasta los 600 mm. Se relevó la densidad aparente en tres situaciones: áreas no labradas, rastreadas, y subsuladas, hasta los 45 mm. La evaluación estadística efectuada a los 25

meses, tanto para el diámetro como la altura, detectó diferencias estadísticas entre los tratamientos (α : 0,05). Los mayores crecimientos se observaron en las áreas preparadas con subsulado, independientemente de la profundidad de laboreo. A los 37 meses la altura mantuvo el mismo comportamiento que a los 25 meses, mientras que el diámetro presentó diferencias estadísticas (α : 0,05) sólo entre SD50 y R. La resistencia a la penetración mostró un comportamiento similar para ambas situaciones de subsulado, y resultó menor que en las áreas rastreadas. Los menores valores de densidad aparente se observaron en las áreas subsuladas, presentando diferencias estadísticas entre las situaciones relevadas (α : 0,05). Las diferencias de crecimiento a los 37 meses entre SS90 y R fueron muy pequeñas, 0,50 cm para el diámetro (7,2 cm y 6,7 cm, respectivamente) y 0,15 m para la altura (4,53 m y 4,38 m, respectivamente). Esto, sumado al mayor costo que representa el SS90, determina la no conveniencia de

esta práctica.

Palabras clave: métodos de labranza, crecimiento, *Kandiudalfes*, *Pinus taeda*, densidad aparente, resistencia a la penetración.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Corrientes, la región noreste es el área donde la actividad forestal alcanza su mayor desarrollo. Presenta en estos últimos años una de las mayores tasas de plantación a nivel nacional, con un marcado dinamismo en cuanto a desarrollo y aplicación de técnicas silvícolas no tradicionales. Durante el período 1992-1996, la tasa anual de forestación se incrementó de 3.800 a 12.000 ha, principalmente con especies del género *Pinus* implantadas sobre suelos rojos (SAGPyA, 1999).

El uso anterior de la mayor parte de los terrenos forestados se correspondió con la ganadería extensiva y en menor escala, con agricultura anual, donde era común observar síntomas de degradación edáfica, particularmente por erosión y/o compactación (INTA, 1990). Ello, conjuntamente con las características del horizonte B de los suelos rojos, predominantemente *Kandiudultes* y *Kandiudalfes*, justifican la búsqueda de técnicas de preparación del suelo tendientes a optimizar el desarrollo radicular y el potencial genético de los materiales en uso.

La preparación del terreno para el establecimiento forestal tradicionalmente se basó en una labranza superficial realizada con rastra de disco liviana. A partir de 1994 comenzó a aplicarse también la labranza vertical por subsolado, atendiendo a la posible presencia de capas compactadas debido al uso previo con el objeto de crear condiciones óptimas de aeración, suministro de agua y anclaje.

El principal efecto positivo del subsolado se encuentra en la reducción de la densidad aparente y de la resistencia a la penetración, así como en el incremento de la infiltración, pudiendo favorecer de esta manera la disponibilidad de agua, facilitar la exploración radicular, el abastecimiento de nutrientes y mejorar el anclaje (BERRY, 1987; MASON *et al* 1993, WRONSKI y MURPHY, 1994).

El crecimiento de los árboles puede incrementarse como respuesta a las condiciones edáficas generadas por la labranza, tal como lo

reportan Varelides y Kritikos (1995) para *Pinus pinaster*; o bien resultar indiferente de acuerdo a lo evaluado por FERNÁNDEZ *et al* (1998) trabajando con *Pinus taeda*. Por su lado, FROEHLICH (1984) indica que en varios casos las respuestas positivas en el crecimiento de los primeros años de la rotación forestal se diluyen en el tiempo hasta desaparecer.

El objetivo del trabajo fue evaluar el crecimiento del *Pinus taeda* bajo diferentes modalidades de labranza para su establecimiento en áreas de suelos rojos del noreste de Corrientes. La hipótesis se planteó de la siguiente forma: la preparación del suelo mediante el subsolado se traduce en un mayor crecimiento del *P. taeda*, en relación al laboreo superficial mediante rastra de disco liviana.

MATERIALES Y METODOS.

Caracterización del área. Tratamientos.

El trabajo se realizó en un campo localizado a 20 km al norte de Santo Tomé, en el NE de la provincia de Corrientes, Argentina; aproximadamente a los 28° 05' de latitud sur y 56° 01' de longitud oeste. La región se caracteriza por presentar una temperatura media anual de 21°C, con un régimen de lluvia uniforme de 1700 mm anuales.

Las parcelas de muestreo se localizaron en posición de media loma en un relieve suave ondulado, cuya pendiente media es del 5 %. El suelo es rojo, profundo, de textura arcillosa, bien drenado, perteneciente al gran grupo *kandiudalfes* (INTA, 1990), proveniente de un uso agrícola y ganadero. La Tabla 1 presenta las características texturales y químicas del espesor superficial del suelo.

Los tratamientos evaluados fueron:

1. Aplicación de subsolador hasta 900 mm de profundidad (SS90).
2. Doble aplicación de subsolador, líneas separadas a 120 cm. Profundidad de laboreo: 500 mm (SD50).
3. Laboreo de la totalidad del terreno con rastra de discos liviana hasta 150 mm de profundidad (R).

Se utilizaron un subsolador de un cuerpo rígido, montado, de un metro de despeje y con reja convencional, y una rastra de discos de 16", montada, liviana, de 50 kg por disco.

Tabla 1: Características texturales y químicas del suelo.

Table 1: Soil textural and chemical characteristics.

Espesor	Arena	Arcilla	Limo	pH	MO	Nt	P	Ca	Mg	K	Ac int.	Suma Bases	CICE
Cm	%				%		Ppm	cmol _c kg ⁻¹					
0-10	16,3	57,4	26,3	4,9	4,1	0,22	3,2	3,7	2,1	0,09	1,4	5,89	7,29
10-30	15,2	61,2	23,6	5	3,4	0,16	1,4	2,1	1,7	0,03	1,9	3,83	5,73

RE: Ac. Int.: acidez intercambiable; CICE: capacidad de intercambio catiónico efectiva.

En los dos primeros tratamientos, luego del subsolado se procedió a la aplicación de rastra en la futura línea de plantación. En el invierno de 1996 fueron aplicados los tratamientos de preparación de suelo detallados. En septiembre las parcelas fueron plantadas con *P. taeda*, a un distanciamiento de 4 x 2 metros.

Variables evaluadas.

En octubre de 1998 y de 1999 se relevó el diámetro, a la altura del cuello (DAC) y del pecho (DAP), respectivamente y, en ambas oportunidades, la altura total (Ht). En 1998 se midió el DAC dado que la altura relativamente baja de las plantas de *P. taeda* a los dos años determinan valores de ahusamiento elevados, y por lo tanto resultó inadecuado medir el DAP. La medición del DAC se llevó a cabo mediante el uso de calibres, mientras que la correspondiente al DAP se realizó con forcípula. La altura total se midió con vara telescópica.

Con el objeto de evaluar el crecimiento se seleccionaron los ejemplares dominantes de cada tratamiento, aproximadamente el 20% del total árboles medidos, cuya cifra final osciló entre los 52 y 65 árboles para cada tratamiento. De esta manera se intentó filtrar el efecto de otras variables que pueden incidir en el crecimiento inicial, como ataques de hormigas y competencia de malezas (WORRELL y HAMPSON, 1997). El análisis de los datos de crecimiento se realizó mediante la prueba de comparación de medias con diferente tamaño de muestra, y la prueba de *t student* a un nivel de significancia del 0,05 (STEEL y TORRIE, 1988).

Con el objetivo de analizar los efectos de los métodos de labranza sobre la condición física del suelo se procedió a registrar la densidad aparente y la resistencia a la penetración, a los 36 meses de aplicados los tratamientos. El muestreo de densidad aparente se realizó mediante el método del cilindro (FORSYTHE, 1975) y en tres situaciones de labranza: áreas testigo (no labradas), rastreadas, y rastreadas y subsoladas. En cada situación de labranza se seleccionaron cinco puntos de muestreo. En cada uno de ellos se tomaron tres muestras para cada espesor de trabajo: 25-75 mm, 175-225 mm y 425-475 mm, cuyos valores de densidad al ser promediados representaron la media de cada punto y espesor. Fueron utilizados cilindros de 4,84 cm de diámetro y 5,02 cm de altura. Se calculó la humedad gravimétrica al momento de muestreo para todas las muestras. El análisis de los datos de densidad aparente se realizó mediante la prueba de comparación de medias y la prueba de *t student* a un nivel de significancia del 0,05 (STEEL y TORRIE, 1988).

La resistencia a la penetración se registró al solo efecto realizar el análisis gráfico de los perfiles resultantes de los tres tratamientos, sin pretender el tratamiento estadístico de los valores. La toma de datos se realizó con un penetrómetro digital de registro continuo y se relevaron los datos de

resistencia a la penetración (RP) correspondientes a dos estaciones de muestreo para cada modalidad de roturación, hasta los 600 mm de profundidad. Se trabajó a 600 mm de profundidad porque es la máxima que registra el aparato utilizado sin necesidad de tener que abrir pozos, lo cual no se justificó dado el propósito del relevamiento. El número de puntos de muestreo fue mayor en el SS50 por cuanto se consideró que este tratamiento probablemente fuese el que produjo mayor perturbación en el sentido horizontal, seguido del SS90, mientras que en el R se registraron solo tres puntos por estación. En cada estación se definió una línea perpendicular a la de la plantación, sobre la cual se tomaron los registros de RP para cada sistema de labranza, de la siguiente manera: SS90, se relevaron 5 puntos distanciados a 40 cm entre sí, hacia cada lado de la línea de plantación (línea de subsolado); SD50, se relevaron 10 puntos distanciados a 20 cm entre sí, también hacia ambos lados de la línea de plantación; y R, se relevaron 3 puntos de muestreo distanciados 2 m aproximadamente, coincidiendo el central con la línea de plantación. Para cada punto y profundidad de muestreo se efectuaron tres registros, para luego ser promediados.

RESULTADOS Y DISCUSION.

El análisis de los datos de crecimiento correspondiente a los 25 meses de implantado el *P. taeda*, permitió detectar diferencias significativas para el DAC y la Ht entre las parcelas donde se aplicó el subsolado, independientemente de la profundidad de laboreo, respecto de las rastreadas; resultando mayor en las de labranza vertical (Tabla 2).

Tabla2: Crecimiento del *P. taeda* según diferentes sistemas de labranza a los 25 meses de implantado.

Table 2: Growth of the *P. taeda* with different tillage treatments, at 25 months from plantation.

Tratamiento de labranza	Altura		Diámetro a nivel del cuello	
	(m)	(%)	(mm)	(%)
Subsolado a 900 mm	2,58 a (0,26)	100	74,6 a (7,9)	100
Subsolado doble a 500 mm	2,54 a (0,21)	98,4	72,2 a (6,7)	96,7
Rastra de disco	2,32 b (0,22)	90	64,2 b (6,3)	86

Letras diferentes indican diferencias significativas (α : 0,05). Los valores entre paréntesis indican el desvío estándar.

La Tabla 3 presenta los valores de crecimiento correspondientes a los 37 meses. Respecto de la altura se observaron diferencias significativas entre SD50 y R. En cambio el DAP

presentó diferencias significativas entre las áreas subsoladas (SS90 y SD50), y las rastreadas (R), sin que se detecten diferencias en función de la profundidad de la labranza vertical. El crecimiento en altura del tratamiento SS90 fue superior en un 3 % respecto a R (4,53 m y 4,38 m, respectivamente), mientras que en el DAP esta diferencia ascendió al 7% (7,2 cm y 6,7 cm, respectivamente). El crecimiento en altura de las parcelas SD50 fue superior en 7,4% respecto a las R (4,73 m 4,38 m, respectivamente), mientras que en DAP resultó un 7% superior (7,19 y 6,7 cm, respectivamente), similar al obtenido entre SS90 y R.

Tabla 3: Crecimiento del *P. taeda* según diferentes sistemas de labranza a los 37 meses de implantado.

Table 3: Growth of the *P. taeda* with different tillage treatments, at 37 months from plantation.

Tratamiento de labranza	Altura		Diámetro a la altura del pecho	
	(m)	(%)	(mm)	(%)
Subsolado a 900 mm	4,53 ab (0,52)	95, 7	7,20 a (6,2)	100
Subsolado doble a 500 mm	4,73 a (0,43)	100	7,19 a (7,3)	99,9
Rastra de disco	4,38 b (0,62)	92, 6	6,70 b (6,9)	93

Letras diferentes indican diferencias significativas (α : 0,05). Los valores entre paréntesis indican el desvío estándar.

A los 37 meses las diferencias porcentuales a favor de los tratamientos SS90 y SD50 respecto del R, resultaron menores que a los 25 meses. De hecho, desaparecieron las diferencias estadísticas en altura entre SS90 y R. Debe destacarse además, que las diferencias absolutas de crecimiento entre SS90 y R fueron muy pequeñas y que el SS90 representa un mayor costo. De continuar la actual tendencia las diferencias podrían diluirse hasta casi desaparecer, por lo cual la práctica del subsolado profundo difícilmente se justifique en términos económicos; salvo en sitios cuyos suelos presenten síntomas de compactación subsuperficial.

La tendencia del crecimiento observada en este trabajo concuerda con los resultados obtenidos por BERRY (1987) al evaluar el crecimiento del *P. taeda* implantado en áreas preparadas con rastra y con subsolador a 45 y 90 mm. Este autor señala que las diferencias observadas entre las dos profundidades de subsolado ya no fueron significativas a los 6 años de edad. Por su lado, VARELIDES y KRITIKOS (1995), evaluando el crecimiento del *Pinus pinaster* implantado en sitios subsolados hasta 500 mm y en áreas preparadas con rastra observaron crecimientos significativamente mayores en las parcelas subsoladas.

FERNÁNDEZ *et al* (1998) detectaron que el volumen total correspondiente a parcelas de *P. taeda* de 6 años de edad resultó estadísticamente indiferente frente a condiciones de preparación de terreno en sitios de segunda rotación, cuyos tratamientos extremos fueron la plantación directa sin labranza, y la doble pasada de rastra pesada de alrededor de 2000 kg.

El muestreo de suelos reveló que a los 36 meses de aplicados los tratamientos de labranza vertical aún es muy marcado el impacto de los mismos sobre la densidad aparente y la resistencia a la penetración de los volúmenes edáficos roturados. La Figura 1 grafica los valores de densidad aparente correspondientes a las tres situaciones evaluadas: áreas rastreadas, subsoladas y rastreadas, y testigo sin labranza; registrada a 36 meses de haberse aplicado los tratamientos. En ella, puede observarse el efecto de la rastra en el espesor superficial y los del subsolado en las tres profundidades evaluadas. Por ejemplo, para el espesor 425-475 mm, la densidad en los volúmenes subsolados resultó 14% menor que en los no labrados. Si consideramos un valor de densidad de partícula de 2,7 g.cm⁻³, la porosidad total correspondiente al volumen subsolado resulta de 56%, mientras que la del testigo no roturado resulta de 49%, siempre para el mismo espesor.

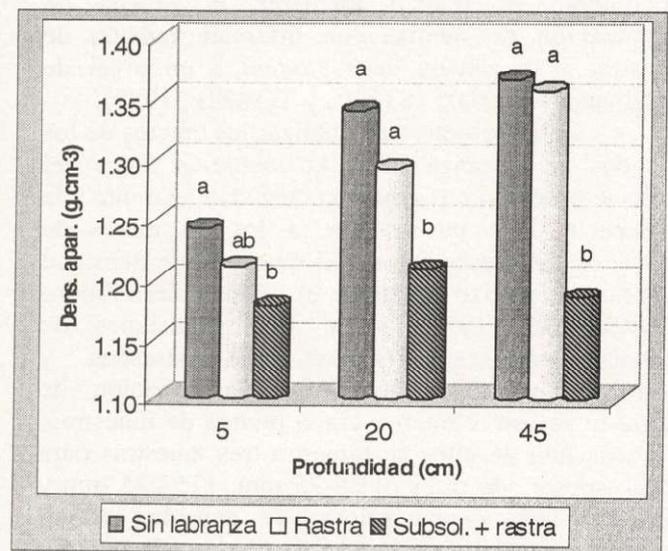


Figura 1: Densidad aparente en función de diferentes tratamientos de preparación de suelo, a los 3 tres años de aplicación.

Figure 1: Bulk density in function of different treatments of soil tillage, to the 3 years from application.

Letras diferentes indican diferencias significativas (α : 0,05) entre tratamientos para una misma profundidad.

Con relación a la resistencia a la penetración se observó que tanto en las áreas con SD50 (Figura 2) como en las SS90 (Figura 3) la RP manifestó un patrón de comportamiento similar, incrementándose con la profundidad de muestreo. En las Figuras 2, 3 y 4, se presenta el perfil de resistencia a la penetración en forma transversal a la línea de subsolado. La humedad del suelo al momento del registro fue homogénea para los tres tratamientos de labranza, y varió entre 29 y 32 % para los diferentes espesores de muestreo.

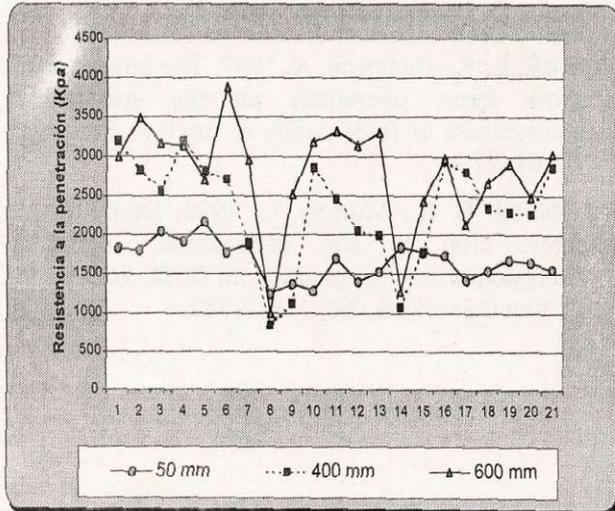


Figura 2: Perfil de resistencia a la penetración a los 50, 400 y 600 mm de profundidad, en áreas con subsolado doble a 500 mm de profundidad.

Figure 2: Penetration resistance profile until the 600 mm depth, in areas with double ripping up to 500 mm of depth.

RE: Distancia entre puntos de muestreo: 20 cm. El punto 11 corresponde a la línea de plantación, los puntos 8 y 14 a las líneas de subsolado.

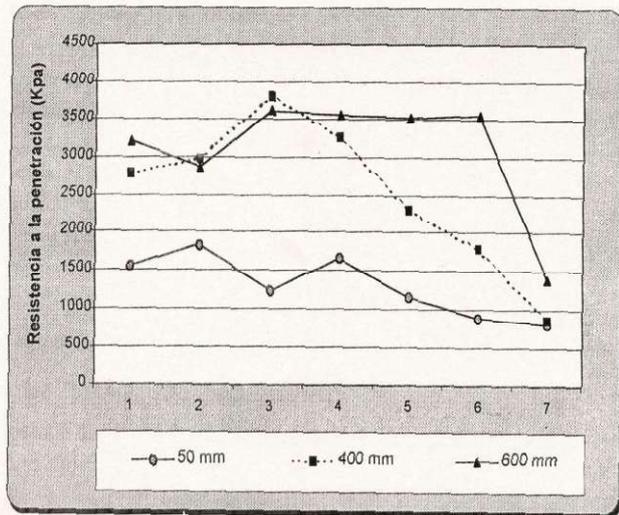


Figura 3: Perfil de resistencia a la penetración a los 50, 400 y 600 mm de profundidad, en áreas con subsolado a 900 mm de profundidad.

Figure 3: Penetration resistance profile until the 600 mm depth, in areas with ripping up to 900 mm of depth.

E: Distancia entre puntos de muestreo: 40 cm. El punto 7 corresponde a la línea de plantación y a la de subsolado.

Los menores registros de RP para los tratamientos SD50 y SS90 (Figuras 2 y 3) fueron hallados en las líneas de subsolado (939 Kpa para SD50 y 520 Kpa para SS90), mientras que los máximos valores registrados resultaron del orden de 3800 Kpa y fueron registrados a 600 mm de profundidad.

En las áreas preparadas con rastra los registros de RP variaron desde 1900 hasta algo más de 3500 Kpa, con incrementos en la RP con la profundidad de muestreo (Figura 4). El comportamiento de la curva correspondiente a la profundidad de 50 mm en relación a las correspondientes a 400 y 600 mm, muestra el efecto del laboreo superficial de la rastra.

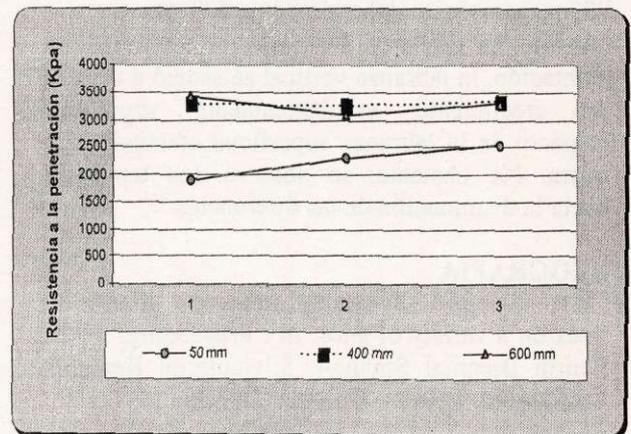


Figura 4: Perfil de resistencia a la penetración a los 50, 400 y 600 mm de profundidad, en áreas preparadas con rastra de disco.

Figure 4: Penetration resistance profile until the 600 mm depth, in prepared areas with disk harrow.

RE: Distancia entre puntos de muestreo: 100 cm. El punto 2 corresponde a la línea de plantación.

Las Figuras 2, 3 y 4, permiten observar que los valores de RP correspondientes a volúmenes edáficos no labrados oscilaron entre 3000 y 3500 Kpa, hecho que resulta particularmente claro en la Figura 4. De esta manera podría considerarse que para las profundidades de 400 y 600 mm los registros menores de 3000 Kpa resultan consecuencia del efecto de la labranza vertical. En ese caso puede observarse en la Figura 2 que la proyección lateral del impacto de la remoción de suelo se manifiesta hasta 60 cm hacia cada lado de la línea de subsolado para los registros correspondientes a los 400 mm, y hasta una media de 20 cm hacia cada lado para los de 600 mm de profundidad. Al analizar el efecto de SS90 (Figura 3) puede observarse que el efecto a los 400 mm de profundidad se extiende alrededor de 100 cm hacia cada lado de la línea de subsolado, mientras que a los 600 lo hace unos 40 cm.

Los menores crecimientos obtenidos en las áreas rastreadas, pueden estar relacionados al hecho de presentar mayores valores de resistencia a la

penetración, en comparación a las áreas subsoladas. Dichos valores fueron siempre superiores a 1900 Kpa, aún en el espesor de trabajo de la rastra. A efectos comparativos merece mencionarse que de acuerdo a GREACEN Y SANDS (1980), citados por SEIXAS (1996), registros de RP superiores a 2500 Kpa pueden resultar limitantes para el crecimiento radicular de la mayoría de las especies.

CONCLUSIONES.

- Los mayores crecimientos en altura total y diámetro se corresponden con las áreas preparadas mediante labranza vertical, sin que se detecten diferencias entre el subsolado profundo a 900 mm, respecto del realizado a 500 mm.
- Durante los primeros 36 meses de establecida la plantación, la labranza vertical se asoció a valores de crecimiento estadísticamente superiores respecto de la labranza superficial efectuada con rastra. No obstante, se observa una tendencia hacia la disminución de las diferencias.

BIBLIOGRAFIA

- BERRY, C. 1987. Subsoling improves growth of trees on a variety of sites. In : Proceedings of the Fourth Biennial Southern Silvicultural Research Conference. Atlanta, Georgia. 360-367.
- FERNANDEZ, R; Falher, J; Pahr, N; Lupi, A. 1998. Respuesta del *Pinus taeda* a métodos intensivos de roturación del suelo. En: Informe de Actividades y Resultados 1995-1998. Area Forestal. Publicación Miscelánea N°3. EEA Montecarlo. 54 p.
- FORSYTHE, W. 1975. Física de suelos. Manual de laboratorio. Turrialba. IICA. 221p.
- FROEHLICH, H. A. 1984. Mechanical amelioration of adverse physical soil conditions in forestry. Proceeding of Symposium and productivity of fast growing plantations. IUFRO Pretoria. South Africa. 507-521 pp
- GREACEN, E; Sands, R. 1980. Compaction of forest soils. A review. Aust. J. Soil Res. 18: 163-89.
- INTA. 1990. Atlas de Suelos de la República Argentina. Castelar, Buenos Aires. Argentina.
- MASON, E.G.; Milne, P.G.; Cullen, A. W. 1993. Establishment regimens for radiata pine on yellow-brown earths in southland. N. Z. For., 38: 24-29.
- SAGPyA. 1999. Argentina. Oportunidades de inversión en bosques cultivados. Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación. Buenos Aires. 134 pp.
- SEIXAS, F. 1996. Avaliação de impactos da colheita de madeira no solo. II Programa de reciclagem em metodos quantitativos. ESALQ. USP Brasil. 24 p.
- STEEL, R; Torrie, J. 1988. Bioestadística. Principios y Procedimientos. Segunda Edición. Ed. Mc Graw-Hill. 613 pp.
- VARELIDES, C.; Kritikos, T. 1995. Effects of site preparation intensity and fertilization on *Pinus pinaster* survival and height growth on three sites in northern Greece. Forest Ecology and Management, 73: 11-115.
- WORRELL, R.; Hampson, A. 1997. The influence of some forest operations on the sustainable management of forest soils. A review. Forestry, 70: 61-77.
- WRONSKI, E. B.; Murphy, G. 1994. Response of forest crop to soil compaction. In: Soil Compaction in crop production. B. D. Soane and C. Van Ouwerkerk (Eds.): 317-342.