

## **INFLUENCIA DEL SUBSOLADO EN SUELOS FORESTALES DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES\***

Héctor María CURRIE, Mario R. RUJANA, Lady BARTRA VÁSQUEZ

Cátedra Hidrología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Sgto. Cabral 2131

### RESUMEN

El desarrollo forestal en la Provincia de Corrientes ha experimentado profundos cambios, con innovaciones especialmente importantes en lo relativo a las tareas culturales previas a la implantación del monte. El subsolado es una de las actividades que mayor difusión tiene en este ámbito. Este trabajo tuvo por objeto evaluar a través de balances hídricos ambientales a nivel de suelo, el impacto de las tareas culturales previas con y sin subsolado en la economía del agua, localizándose el área de trabajo en el Departamento Santo Tomé, Pcia de Corrientes, ubicado a 28°05' S y 56°01' W, sobre una altitud promedio de 92,5 m.s.n.m. El muestreo se efectuó sobre suelos de las Series Díaz de Vivar, (Ultisoles), Sosa Cué, y Boquerón, (Inceptisoles) y durante 3 años se evaluaron variables asociadas a la variación del almacenaje de agua en el perfil del suelo (humedad equivalente, punto de marchitez permanente, densidad aparente y conductividad hidráulica). Para efectuar estas evaluaciones se utilizaron los Métodos de Thornthwaite y Matter, y el de Ranzani. Al término de la investigación se encontró a favor del subsolado en verano / otoño diferencias significativas respecto a la disponibilidad de agua en los ambientes estudiados.

**Palabras claves:** *forestación - labores culturales - balance hídrico*

### SUMMARY

#### **Sub soiling effect on forestal soils of Corrientes province**

Forestall development in Corrientes province has got important changes specially related to cultural practices before forest implantation. Sub soiling is a common forestall practice. This work had the aim of evaluate the impact of previous cultural practices with or without sub soiling through environmental water balance at ground level. Work area was located in Santo Tome Department (Corrientes Province) at 28° 05' S and 56° 01' W and 95 m altitude. Samples were taken from Diaz de Vivar Series (Ultisols) and Sosa Cue and Boqueron Series (Inceptisols) soils. During 3 years, variables related to water storage variation (Equivalent humidity, permanent wilting point, apparent density and hydraulic conductivity) were evaluated. Thornthwaite and Matter

---

\*Original recibido (30/10/03)  
Original aceptado (10/04/03)

and Ranzani Methods were used. Results showed that sub soiling summer / autumn period improve water availability.

**Key works:** *Forestation - cultural practice - water balance*

### Introducción

El desarrollo forestal en la Provincia de Corrientes ha experimentado profundos cambios en los últimos años, con innovaciones especialmente intensas en lo referente a la preparación del suelo previo a la implantación del monte; dicha preparación varía en función de variables asociadas a los géneros *Eucaliptos* y *Pinus*, para este último género incluso hay diferencias entre especies. Una de las estrategias más difundidas en la actualidad, pero que se fueron desarrollando por más de una década, es el subsolado previa a la plantación del monte (Fernández *et al.*, 1999; Fernández *et al.*, 2000; Lupi *et al.*, 1999).

Los argumentos a favor del subsolado (Di Prinzio *et al.* 2000) es la de restituir y acrecentar la porosidad del suelo, aumentando el área disturbada y la prospección radicular, reduciendo la compactación. No obstante, Botta (1997) sostiene que el peso del apero mecánico y de tracción provocan algún grado de compactación y demostró que la misma es de carácter subsuperficial (debajo de los 0,40 m) y es provocada por el peso del equipo, independientemente de la presión específica. Por ello recomienda que esta alternativa debería ser utilizada en casos excepcionales.

Sin embargo esta rutina se ha generalizado tanto en ambiente de lomas como en planos tendidos; en algunos trabajos (Norris, 1992; Schonou *et al.*, 1981) argumentan que esta práctica habilita un espacio considerable de exploración radicular, aplicada en una línea de 1,20 m. de ancho, dejándose las entrelíneas sin cultivar que luego se desmaleza mecánica o químicamente.

Este trabajo consistió en el seguimiento de prácticas de subsolado para determinar la influencia en la dinámica hídrica en suelos, por lo que el objetivo de esta investigación es informar y aportar elementos de evaluación del efecto del subsolado en el sistema hídrico tanto edáfico como ambiental, luego de 3 años de mediciones consecutivas (1994/'95, '95/'96 y '96/'97).

### Materiales y métodos

La experiencia se efectuó sobre suelos de la Serie Díaz de Vivar (Ultisoles, Kandihumultes típicos), que es la denominada Lomada de Suelos rojos; la parte intermedia o media loma ocupada por Suelos de la Serie Sosa Cué (Inceptisoles, Distrocceptes húmicos) y la planicie encharcable constituida por Suelos de la Serie Boquerón (Inceptisoles, Endoacueptes húmicos) (Escobar *et al.*, 1996). El trabajo de seguimiento se efectuó en el predio Pariopá (28°05' S y 56°01' W), ubicado a 18 Km al Norte de la localidad de Santo Tomé en la Provincia de Corrientes. Todos estos suelos poseen en general potencialidad forestal, aunque de variada aptitud (Ligier *et al.*, 2000) y clasificados en el Cuadro 1 de la siguiente manera según destino eventual sea la implantación de *Pinus* o *Eucaliptos*.

En cada una de estas series de suelos durante 3 campañas (1994/'95, '95/'96 y '96/'97) en 2 momentos del año se efectuó un muestreo de suelo a 3 profundidades: 0-30 cm; 30-60 cm; 60-90 cm. Los muestreos se efectuaron en los meses de marzo / abril y julio / agosto, por considerarse ambos períodos los más lluviosos y secos respectivamente. El muestreo inicial se realizó previo a la implantación del monte, los 2 muestreos compuestos anuales consecutivos siguientes se efectuaron sobre el monte implantado de *Pinus elliotti*, así mismo los muestreos consignados se efectuaron en 2 lotes, uno subsolado y otro sin subsolar respectivamente.

**Cuadro 1.** Clasificación por aptitud forestal de los suelos evaluados (para *Pinus elliotti*). Descripción de los atributos y aptitud forestal para las series de suelo evaluadas en el presente trabajo

Suelos (Serie)	Orden	Gran Grupo	Horizonte	Aptitud
Díaz de Vivar	Ultisoles	Kandihumultes típicos	A1(eh)	Muy Apta – Erosión Hídrica
Sosa Cué	Inceptisoles	Distrocreptes líticos	A2r	Moderada – Restricción al crecimiento de las raíces
Boquerón	Inceptisoles	Endoacueptes húmicos	A3r	Marginal - Restricción al crecimiento de las raíces

Se realizó un muestreo compuesto constituido por 15 muestras para cada uno de los ambientes en cuestión: loma, media loma y plano tendido, a su vez estas 15 muestras se distribuían en 5 para cada una de las profundidades evaluadas: 0-30 cm; 30-60 cm; 60-90 cm.

El subsolado se efectuó en la línea de plantación, con un subsolador tipo Till, traccionado por un tractor de orugas de metal, a una profundidad media de 0,40 metros en todos los ambientes, la distancia es de 3 metros entre 2 líneas de subsolado consecutivas. A las muestras una vez acondicionadas, en laboratorio se les efectuaron las siguientes determinaciones:

Conductividad hidráulica (K), en muestra saturada y disturbada, por el método de Henin; densidad aparente por el método de la Probeta (Da); humedad equivalente, por el método de la centrífuga (He). El punto de marchitez

permanente se obtuvo de la humedad equivalente con el factor 1,84.

Para efectuar el balance hídrico climático se utilizó el método de Thornthwaite y Matter (1955), con datos climáticos provenientes de Santo Tomé, Corrientes (1950-1997) y para el balance edáfico el método de Ranzani, con valores promedio (Ranzani, 1967).

### Resultados y discusión

Los resultados promedio de tres años, se presentan en los Cuadros 2 y 3 para los dos períodos de análisis marzo-abril y julio-agosto respectivamente.

Se calcularon los coeficientes de variación para tres variables (He, Da y K) y el agua disponible para las distintas series de suelos analizadas, que se expresan en el Cuadro 4.

**Cuadro 2.** Resultados promedios de las variables estudiadas para el período marzo –abril (verano / otoño de los años 1994/95, 95/96 y 96/97) con prácticas de subsolado y sin subsolar en 3 profundidades del perfil

PERFIL	He (%)		PMP (%)		Da (gr cm <sup>-3</sup> )		K (cm día-1)	
	Sub	s/sub	Sub	s/sub	Sub	s/sub	Sub	s/sub
POSICIÓN	Serie Díaz de Vivar (Ultisoles, Kandihumultes típicos)							
0-30 cm	33,75	21,71	18,32	11,78	1,255	1,063	1,02	0,97
30-60 cm	32,50	22,06	17,64	11,97	1,199	1,146	2,57	0,53
60-90 cm	36,33	21,82	19,72	11,83	1,195	1,059	0,95	1,77
POSICIÓN	Serie Sosa Cué (Inceptisoles, distrocreptes húmicos)							
0-30 cm	31,40	22,23	17,05	12,07	1,122	1,033	1,28	0,67
30-60 cm	39,25	22,37	21,31	12,14	1,132	1,015	3,30	2,49
60-90 cm	37,65	21,24	20,44	11,53	1,218	1,050	3,52	0,67
POSICIÓN	Serie Boquerón (Inceptisoles, Endoacueptes húmicos)							
0-30 cm	39,0	23,60	21,17	12,81	1,070	0,970	1,52	0,73
30-60 cm	36,0	16,93	19,54	9,19	1,062	1,157	1,55	1,98
60-90 cm	37,0	21,04	20,09	11,42	1,018	1,033	3,03	1,82

Referencias: Sub.: Subsolado; s/sub.: sin subsolar; He: Humedad equivalente; PMP: Punto de Marchitez Permanente; da: Densidad aparente; K: Conductividad hidráulica

**Cuadro 3.** Resultados promedios de las variables estudiadas para el período julio-agosto (invierno) de los años 1994/95, 95/96 y 96/97 con subsolado y sin subsolar en 3 profundidades del perfil

PERFIL	He (%)		PMP (%)		Da (gr/cm <sup>3</sup> )		K (cm/día)	
	Sub	s/sub	Sub	s/sub	Sub	s/sub	Sub	s/sub
POSICIÓN	Serie Díaz de Vivar (Ultisoles, Kandihumultes típicos)							
0-30 cm	23,40	25,18	12,71	13,68	1,070	1,030	1,32	1,86
30 – 60 cm	24,46	26,03	13,29	14,14	0,990	1,010	2,19	3,83
60 – 90 cm	25,64	24,61	13,93	13,37	1,100	1,040	5,76	2,54
POSICIÓN	Serie Sosa Cué (Inceptisoles, distrocreptes húmicos)							
0-30 cm	22,68	25,27	12,32	13,27	1,120	1,030	1,27	1,01
30 – 60 cm	22,26	24,43	12,09	12,84	1,050	0,900	1,21	7,82
60 – 90 cm	22,68	23,63	12,32	13,01	0,980	1,020	5,03	9,98
POSICIÓN	Serie Boquerón (Inceptisoles, Endoacueptes húmicos)							
0-30 cm	23,32	24,09	12,61	13,09	1,140	1,100	1,59	7,75
30 – 60 cm	24,05	24,32	13,059	13,20	1,020	0,990	3,97	3,18
60 – 90 cm	21,47	23,03	11,658	12,50	1,070	1,180	3,12	8,90

**Referencias:** Sub.: Subsulado; s/sub.: Sin subsolar; He: Humedad equivalente; PMP: Punto de marchites permanente; da: Densidad aparente; K: Conductividad hidráulica

En la Fig. 1 se puede observar el resultado del Balance Hídrico de Thornthwaite y Matter (1955) para ambientes con práctica de subsolado; y a diferencia de lo que propone el método original de Thornthwaite se prefirió trabajar mes a mes, sin transferencia de un mes a otro, dado que se dispone del almacenaje calculado para los períodos verano / otoño (123 mm) e invierno que por extensión incluye la primavera (75 mm). Estos valores de almacenaje surgen del cálculo de Agua total según la ecuación siguiente (Ranzani, 1967):

$$A_{Tot} = \left( \frac{CC * \delta a * H}{100} \right)$$

Atot: Agua Total  
 CC: Capacidad de Campo  
 δa: Densidad Aparente  
 H : Profundidad en (mm)

En condiciones de prácticas con subsolado el almacenaje total acumulado alcanza a 1236 mm, el déficit anual es de 78 mm, mientras que el exceso anual es de 676 mm; el mayor déficit de 46 mm se registra en el mes de enero y el mayor exceso en junio con 149,7 mm.

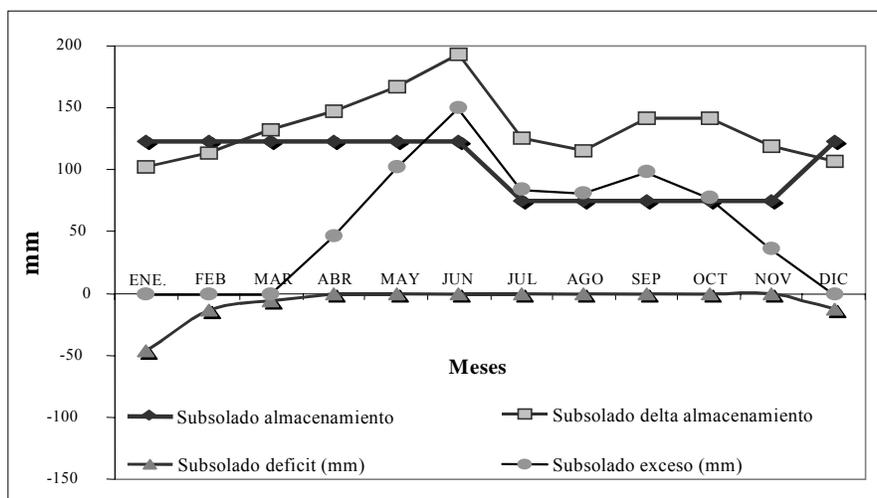
Siguiendo con el análisis del método (Fig. 1) surge que los déficit mensuales son menores a 50 mm; así mismo los

incrementos de almacenamiento se registran al final del periodo de las grandes precipitaciones, cuyos extremos son junio y septiembre / octubre.

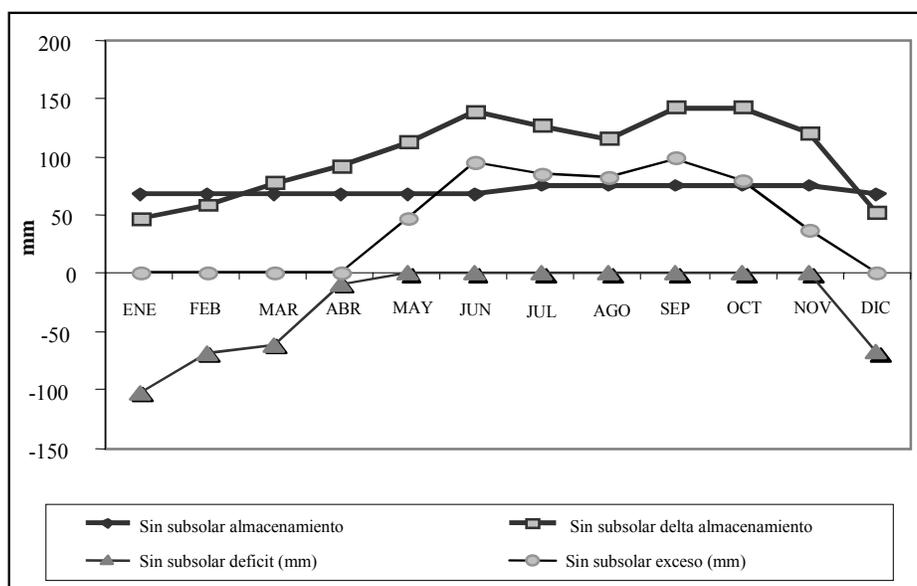
**Cuadro 4.** Coeficiente de Variación de He, Da, K y agua disponible de 3 campañas (1994-1997) y 3 profundidades (0-30 cm; 30-60 cm; 60-90 cm) por serie de suelo analizada, en dos épocas y con y sin práctica de subsolado

Estación	Serie Díaz de Vivar			
	Invierno		Verano	
	Sub	s/sub	Sub	s/sub
Práctica				
He	4,57	2,83	5,71	0,82
Da	5,40	1,49	2,76	4,51
K	76,14	36,47	60,51	57,67
Agua disp.	5,42	1,35	8,16	5,27
Estación	Serie Sosa Cué			
	Invierno		Verano	
	Sub	s/sub	Sub	s/sub
Práctica				
He	11,49	2,81	11,49	2,81
Da	6,67	7,36	4,56	1,69
K	87,42	74,67	45,73	82,31
Agua disp.	13,80	23,40	6,79	1,46
Estación	Serie Boqueron			
	Invierno		Verano	
	Sub	s/sub	Sub	s/sub
Práctica				
He	5,80	2,89	4,09	16,40
Da	5,60	8,75	2,67	9,03
K	41,68	45,77	42,46	45,05
Agua disp.	5,62	6,26	7,60	7,83

**Referencias:** Sub: Subsulado; S/sub.: Sin subsolar; He: Humedad equivalente; Da: Densidad aparente; K: Conductividad hidráulica



**Figura 1.** Balance hídrico edáfico por el método de Thorthwaite y Matter (1955) para ambientes con prácticas de subsolado y variaciones anuales de almacenamiento, déficit y excesos del agua en el lote con subsolado



**Figura 2.** Balance hídrico edáfico por el método de Thorthwaite y Matter (1955) para ambientes sin prácticas de subsolado. Comportamiento del agua en lote sin subsolado a lo largo del año, expresado en términos de almacenamiento, déficit y excesos

Para ambientes sin prácticas de subsolado en las labores previas (Fig. 2) con respecto al subsolado (Fig. 1) se halló que, el almacenaje alcanza sólo a 856 mm, encontrándose que el déficit anual es de 306,81 mm; y el exceso sólo de 524,8 mm anuales. Si el análisis se lo realiza para un período de 5 meses (desde diciembre a abril inclusive) el déficit en el mes de enero es de 101,43 mm, y el mayor exceso se registra en septiembre con 99,08 mm. Del análisis de estos valores, en función del balance hídrico

de Thornthwaite y Matter (1955) resulta que en términos específicos las prácticas de subsolado suponen un menor déficit anual (-78,30 contra -306,81); los excesos son mayores con prácticas de subsolado (676,24 contra 524,80). Debe tenerse en cuenta que con práctica de subsolado previo a la implantación, hay diferencias sustanciales en el agua total acumulada mes a mes (123 mm), correspondiente al período diciembre a junio con respecto al período julio a noviembre donde solo es de 75 mm. Por otra parte sin subsolar para similares períodos los valores hallados son de 68 y 76 mm; lo que permitió demostrar que en el primer caso la labor vertical influyó decisivamente en la economía el agua; mientras que en el otro caso las variaciones

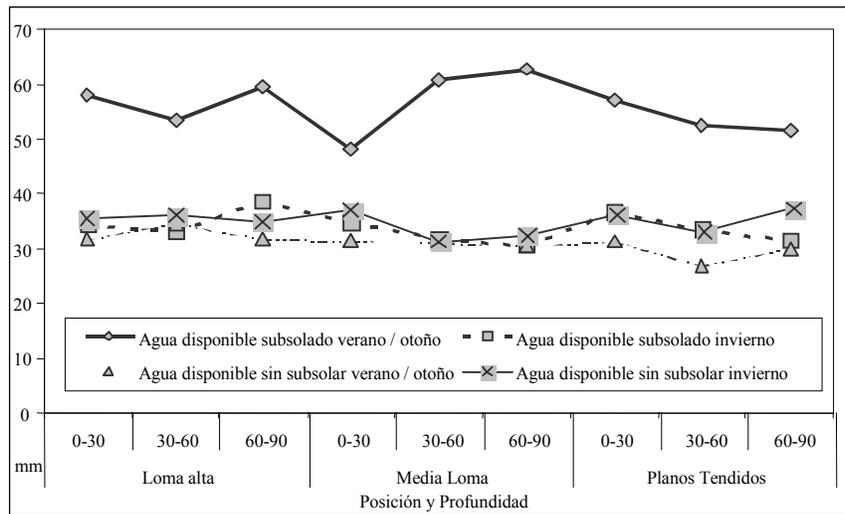
son propio de la naturaleza del suelo y la economía del agua de la planta.

De la Fig. 2, surge que los déficit son mucho más acusados e importantes hasta casi promediar abril y los excesos presentan una distribución relativa más uniforme.

Para calcular el agua disponible o útil (Fig. 2) se utilizó el Método de Ranzani (1967) con la siguiente ecuación:

$$A_{Util} = \left( \frac{CC - PMP}{100} \right) * \delta a * H$$

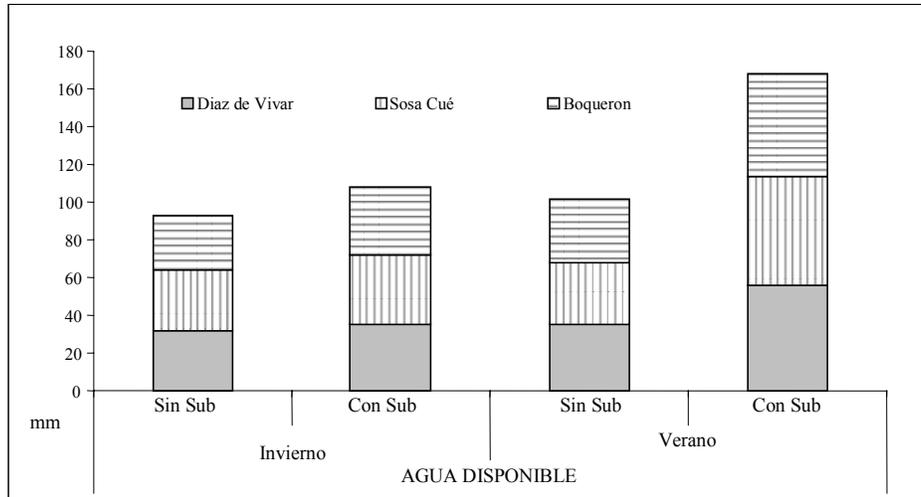
AUtil : Agua Útil  
 CC: Capacidad de Campo  
 PMP: Punto de Marchites Permanente  
 $\delta a$ : Densidad Aparente  
 H : Profundidad en (mm)



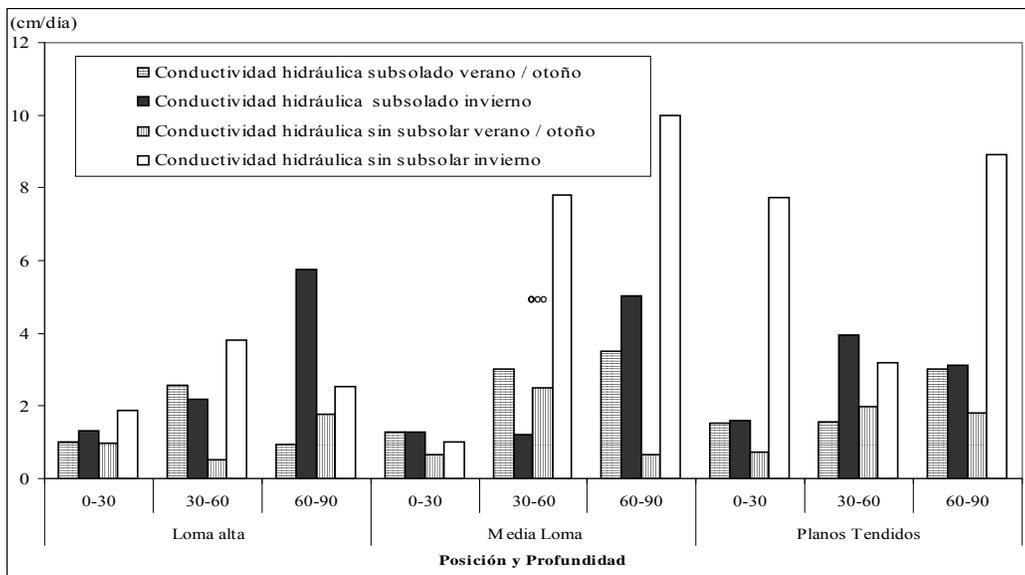
**Figura 3.** Agua útil (Método de Ranzani) en función de la práctica utilizada: subsolado y sin subsolar, de la profundidad y posición en el paisaje

En la Fig. 3 y 4 se puede observar que el subsolado en el período verano / otoño provoca y determina una mayor disponibilidad de agua útil, aspecto que no resulta evidente durante el invierno, en este período la disponibilidad de agua es similar a sin subsolar; en todo caso se podría

admitir una levísima tendencia a favor del subsolado en invierno aunque en términos prácticos de la economía del agua del vegetal sería despreciable, que coincide con Bocio *et al.*, 2000 para el Hemisferio Norte, aunque en ambientes disímiles.



**Figura 4.** Balance edáfico final del impacto del subsolado en tres series de suelo del NE de Corrientes. Distribución del agua disponible estacional, bajo práctica de subsolado y sin laboreo previo de subsolado



**Figura 5.** Análisis del comportamiento de la conductividad hidráulica (K) en tres ambientes, en relación a la profundidad, con y sin práctica previa de subsolado y la estacionalidad

El seguimiento de la conductividad hidráulica (Fig. 5) manifiesta un comportamiento dispar, que en todo caso señala la diversidad de suelos y de ambientes; aunque puede advertirse en términos generales que

tiende a aumentar con la profundidad del suelo, aunque no constituyen tendencias apreciables, señalado también por Berry (1987).

## Conclusiones

La preparación del suelo incluyendo la practica del subsolado en verano otoño influye positivamente en la economía del agua y en su balance para la implantación de Pinus en el NE de la Provincia de Corrientes.

## Referencias bibliográficas

- BERRY, C. H. (1987). Subsoling improves growth of trees on a variety of sites. In: *Proceedings of the Biennial Southern Silvicultural Research Conference*. Atlanta, Georgia. 360-367.
- BOCIO, E.; DE SIMÓN, E.; NAVARRO, F. B.; RIPOLL, M. A. (2000). Efectos De diferentes procedimientos de preparación del suelo en la forestación de tierras agrarias. Centro de Investigación y formación Agraria de Granada (<http://www.cma.juntaandalucia.es/ponencias/htm>)
- BOTTA, G. F. (1997). Armonización del peso y rodado del tractor para reducir la compactación del suelo. 61 p. Tesis de Magister Scientiae. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, La Plata, Argentina.
- DI PRINZIO, A. P.; BEHEMER, S. N.; STRIEBECK, G. L.; IRISARI, J. A. (2001). Influencia de las Rejas aladas de un subsolador combinado sobre el rendimiento de la labor. *Agricultura Técnica* (Chile) 61(2): 235-240.
- ESCOBAR, E. H.; LIGIER, D. H.; MELGAR, R.; VALLEJOS, O. (1996). Mapa de Suelos de la Provincia de Corrientes. Area de Producción Vegetal y Recursos Naturales E.E.A. INTA - Corrientes. 218 pp.
- FERNÁNDEZ, R; RODRÍGUEZ ASPILLAGA, F; LUPI, A; HERNÁNDEZ, A; REIS, H. (1999). Efectos de diferentes prácticas de preparación del terreno y fertilización sobre el crecimiento inicial de *Pinus spp* en el NE argentino. *Bosque*(1):47-55.
- FERNÁNDEZ, R; LUPI, A; RODRÍGUEZ ASPILLAGA, F; HERNÁNDEZ, A; CORTEZ, P. (2000). Repuesta del *Pinus taeda* L. A diferentes modalidades de roturación en áreas de suelos rojos del NE Argentino. En: XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas.
- LIGIER, H. D.; KURTZ, D.; PERUCCA, A. R.; GIMENEZ, L. I.; LÓPEZ, J. A.; MATTEIO, H.; VALLEJOS, O. (2000). Identificación de calidad de sitio para Pino y Eucalipto, según características fisiográficas y edáficas por series de suelos con apoyo de imágenes LANDSAT 5 TM, en la región del Uruguay (Corrientes) Proyecto de Investigación Aplicada (PIA 44/96). E.E.A. INTA Corrientes. Grupo Recursos Naturales.
- LUPI, A; FAHLER, J; FERNÁNDEZ, R; RAMÍREZ, L.; REIS, H. (1999). Crecimiento del *Pinus taeda* en segunda rotación en función de diferentes técnicas de preparación física del suelo. En: Carpeta Jornadas de Establecimiento de Plantaciones. INTA-PECOM forestal. EEA Montecarlo, 12 p.
- NORRIS, C. (1992). Site preparation options for South African Forestry Soils. *ICFR*. Series 8/92.
- RANZANI, G. (1967). Balanço hídrico do solo in origem e desenvolvimento do solo. Vol. II : 384-390 - ESALQ - USP. Piracicaba - Sao Pablo.
- SCHONOU, A. P. G; VERLOREN VAN THEMAT, R.; BODEN, D. I. (1981). The importance of complete site preparation and fertilising in the establishment of "*Eucalyptus grandis*" *South African Forestry Journal* 116:1-10.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. (1955). The water budget and its use in irrigation. In: *The yearbook of agriculture: water*. Washington. D. C.: Departament of Agriculture. 346-358.