

Modificaciones estacionales en la distribución del espacio poroso por tamaño en un suelo sometido a variado uso forestal*

Seasonal changes of pore size distribution in a soil with different forest use

C.D.O.: 114,123; 114,14

ACHIM ELLIES¹, CARLOS RAMIREZ², ROBERTO MAC DONALD¹, HERIBERTO FIGUEROA S.³

¹Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. ²Instituto de Botánica. ³Instituto de Estadística, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

SUMMARY

Seasonal volumetric changes of pore morphology was determined in Hapludand soil profiles of Southern Chile under native forest, pasture and afforestations with *Pinus radiata* in first and second rotation. The changes among pore space depends on soil use, it is greatest in the places with exotic forest and smallest in the soil under native forest. Significant changes were observed in the pore size distribution. In summer, coarse pores in the upper layers increase, in contrast to the medium pores in the site under native forest. With an afforestation with *Pinus radiata* the seasonal changes of porosity were significant. The coarse pores collapsed to medium and fine pores. With a second afforestation of pine the intensities of seasonal changes of porosity decreased. Slow seasonal changes of pore space properties were observed in the site under pastures. The changes of pore characteristics depend on structure stability and intensity of rootness.

RESUMEN

Se evaluaron los cambios estacionales que experimenta la morfología del espacio poroso en un suelo Hapludand del centro-sur de Chile bajo bosque nativo, bosque de *Pinus radiata* de primera y segunda rotación y pradera. El espacio poroso total se modifica según el uso del suelo, es máximo en sitios bajo bosque de *Pinus radiata* y mínimo bajo bosque nativo. Pero los cambios más significativos que experimenta la porosidad se producen en la distribución por tamaño de los poros: bajo bosque nativo y durante el estío aumenta levemente la porosidad gruesa superficial a expensas de la media; en profundidad ocurre lo contrario. Bajo plantación de *Pinus radiata* los cambios estacionales de la morfología del espacio poroso son notorios. Los poros gruesos del suelo superficial se colapsan a poros medianos y finos. Bajo una segunda rotación de pino, se reduce la intensidad de los cambios estacionales que experimenta la porosidad. Bajo pradera, las propiedades del espacio poroso sólo se modifican levemente entre estaciones. Se postula que la intensidad de los cambios del sistema poroso está ligada a la estabilidad estructural del suelo y a la intensidad del arraigamiento.

INTRODUCCION

El espacio poroso del suelo afecta al crecimiento vegetal. Su impacto se manifiesta más por sus características cualitativas que cuantitativas. La distribución de los poros por tamaño afecta la re-

lación aire-agua-suelo. Una modificación en la estructura altera esta relación y, con ello, la morfología del espacio poroso.

El secado y humedecimiento del suelo pueden cambiar el monto y las características de su espacio poroso. Estos dos procesos provocan contracción e hinchamiento, que son las primeras fases en la generación de la estructura y del espacio poroso. El secado produce una contracción interna del

* Financiado por FONDECYT 91-916 y BID S-91-17

volumen del suelo. Al disminuir el potencial mátrico del agua retenida en el suelo, incrementa la curvatura de los meniscos, con lo cual se acercan las partículas. Los suelos de textura fina y los sedimentos frescos débilmente estructurados están sujetos a constantes procesos de contracción e hinchamiento. Toda modificación de la morfología del espacio poroso afecta, principalmente, a la porosidad gruesa (Horn, 1976).

Las modificaciones que experimenta el espacio poroso dependen también del manejo del suelo. Los efectos antrópicos que debilitan la estructura del suelo son el tráfico, el pisoteo y el laboreo inoportuno. Se postula que las propiedades morfológicas del espacio poroso de un suelo son variables con los usos y manejos que reducen la estabilidad estructural. Sin embargo, las características del espacio poroso pasan a ser más dependientes del efecto de la intensidad del secado y del humedecimiento.

En el presente trabajo se cuantifican los cambios estacionales que experimenta la morfología del espacio poroso de un "Typic Hapludand" sujeto a variados manejos, preferentemente silvícolas.

MATERIALES Y METODOS

Las investigaciones se llevaron a cabo en un suelo Hapludand o Trumao, derivado de cenizas volcánicas, perteneciente a la serie Malihue, ubicado en Loncoche (provincia de Cautín), en el centro-sur de Chile. Las mediciones se efectuaron en el mis-

mo tipo de suelo, sometido a varios usos forestales y pecuarios.

Bajo las condiciones húmedas, imperantes en la zona, el bosque nativo parcialmente caducifolios de roble-laurel-lingue (*Nothofagus-Perseetum-Linguae* Oberdorfer, 1960) constituye la situación original a comparar con los lugares sometidos a distintos usos. Se seleccionaron tres áreas con suelos sometidos a diferentes manejos, desde su incorporación a la actividad silvoagropecuaria. Un cuarto lugar, el bosque nativo secundario, sirvió de patrón de comparación. Los cuatro lugares estaban próximos entre sí (menos de 250 m de separación). En el cuadro 1 se detalla el sistema de incorporación y el tipo de uso de cada lugar.

Se extrajeron muestras no alteradas de suelo a fines de los períodos invernal (agosto) y estival (marzo), con cilindros metálicos de 370 cm³, por estratas de 10 cm de grosor, hasta una profundidad de 125 cm. Las muestras contenidas en estos cilindros permitieron determinar el espacio poroso total y la frecuencia de distribución de poros por tamaño. La densidad aparente se determinó con el método volumétrico y la real con el picnómetro al vacío (Hartge y Horn, 1991).

Las muestras de suelo en sus cilindros fueron saturadas en bandejas de inmersión durante 15 días, y llevadas luego a equilibrios en la tensión mátrica del agua del suelo de 6, 33 y 1.500 kPa (Richards, 1949). Estas tensiones permitieron fraccionar el espacio poroso total en poros con un diámetro > 50 µm, 50-10 µm, 10-0.2 µm y < 0.2 µm.

CUADRO 1

Historial del uso y manejo del suelo
History of use and management of the soil

Fecha inicio del uso	Incorporación	Uso histórico
Sin uso		Bosque nativo secundario desde 1935 (bosque nativo)
1940	Quema	Forestación con <i>Pinus radiata</i> en 1960, antes pradera natural (pino rotación 1).
1940	Quema	Segunda forestación con <i>Pinus radiata</i> Primera forestación 1950 (pino rotación 2).
1940	Quema	Pradera naturalizada (pradera)

RESULTADOS

En las figuras 1 a 4 se presentan los cambios en el volumen sobre el suelo total que experimenta la morfología del espacio poroso, de invierno a verano y por estrata, para los lugares bajo bosque nativo, pino en primera rotación, pino en segunda rotación y pradera, respectivamente. Las modificaciones registradas corresponden al espacio poroso total, poros muy gruesos o de drenaje rápido ($>$ de $50 \mu\text{m}$ de diámetro), poros gruesos o de drenaje lento (entre $50-10 \mu\text{m}$), poros medios o de retención de agua útil para las plantas (entre $10-0.2 \mu\text{m}$) y poros finos o de retención de agua inútil para las plantas ($<$ $0.2 \mu\text{m}$ de diámetro).

Los cambios se representan hasta una profundidad de 75 cm, hasta donde trascendieron los efectos del uso. A mayor profundidad, las diferencias entre los sitios son más dependientes del material generador.

DISCUSION

Los menores cambios en el volumen total de poros de invierno a verano se presentan en el perfil del suelo bajo bosque nativo (fig. 1). Esta variación puede corresponder a una variabilidad espacial normal de la porosidad para este suelo. Sin embargo, los cambios que experimenta la morfología del espacio poroso en la distribución de poros por tamaño son más significativos. En el suelo superficial del bosque la porosidad gruesa tiende a

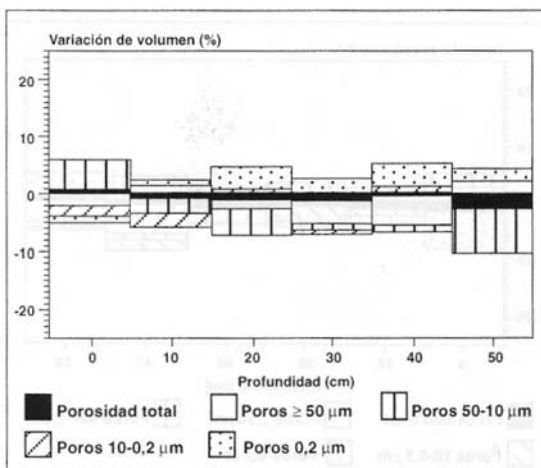


Figura 1. Modificación estacional de las características del espacio poroso del suelo bajo bosque nativo. Seasonal changes of pore space under to native forest soil.

incrementar a expensas de la muy gruesa, la media y la fina. Apparently, the summer drying produces a contraction, sufficiently intense as to enlarge small fissures and, with it, to increase the coarse porosity. Also, a slight change of very coarse pores to coarse pores.

En el subsuelo de este sitio la transformación de la morfología del espacio poroso tiene un comportamiento opuesto. Los poros muy gruesos y gruesos se colapsan, aumentando la frecuencia de aquellos de tamaño medio y, en especial, de los finos. Esto se explica debido al menor contenido de materia orgánica en estas estratas, lo que hace más débil el ligamento entre las partículas del suelo, reduciendo su estabilidad estructural.

En estas estratas más profundas el agua actúa como el elemento cohesionante de las paredes de los poros gruesos, los que al secarse el suelo se colapsan. Con una deshidratación parcial, el agua actúa como estabilizante debido a su alta tensión superficial y a la mayor curvatura que adquieren los meniscos. Pero con un secado intenso, los cuellos de los meniscos, que se forman entre las partículas, se reducen a un punto, lo que provoca el desmoronamiento de las paredes de los poros.

En los suelos bajo bosque de pino la morfología y distribución de la frecuencia de poros experimentan los cambios más significativos entre las estaciones. En la estrata superficial del sitio con pino, en primera rotación, disminuye fuertemente la porosidad gruesa, incrementando la media y en

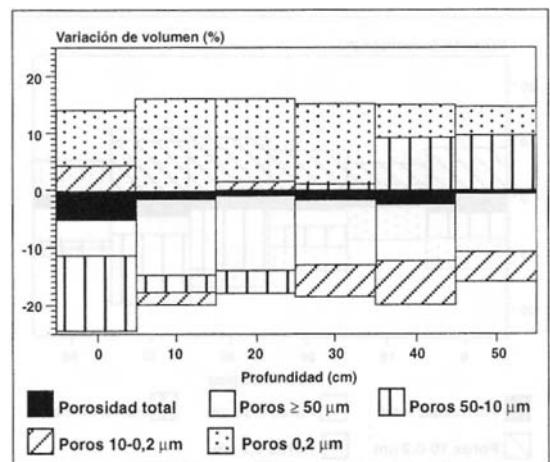


Figura 2. Modificación estacional de las características del espacio poroso del suelo bajo *Pinus radiata* en primera rotación.

Seasonal changes of pore space under to *Pinus radiata* soil on first afforestation.

mayor proporción la fina (fig. 2). En las estratas medias estos cambios son aún más fuertes, ya que parte significativa de la porosidad secundaria se reduce a una primaria. Estas modificaciones de la morfología de los poros sugieren que la estabilidad estructural es débil.

Los suelos Hapludands (Trumaos) se caracterizan por presentar una fuerte microagregación. Estas pequeñas unidades se unen en agregados mayores más o menos débiles. El secado produce el desmoronamiento de estas macrounidades, manifestándose así las propiedades pulverulentas, típicas de estos suelos. Los resultados de esta investigación indican que con una explotación con pino la tendencia al desmoronamiento de los agregados del suelo se acentúa. Sin embargo, en el suelo bajo una primera rotación de bosque artificial la acción mecánica de las faenas forestales es aún escasa y no debería afectar la estructura del suelo. La merma en la estabilidad se explica, en este caso, por los cambios que experimentan la flora y fauna edáfica, como lo sugieren los resultados de Ramírez *et al.* (1984). Es probable que este cambio vegetal provoque también cambios cualitativos en la materia orgánica y en el sistema de bioporos.

Los cambios estacionales que experimenta el sistema poroso del suelo bajo pino en segunda rotación son similares a aquellos constatados en la primera rotación (fig. 3). Sin embargo, la magnitud de éstos es menor y cualitativamente distinta. Los poros gruesos se colapsan en verano sólo a poros medianos o de agua útil. Aparentemente, la

estabilidad de los agregados mayores está en vías de regenerarse. La tendencia hacia una mayor firmeza en la morfología de los poros, probablemente, se debe a que las nuevas flora y fauna edáfica han logrado ya un desarrollo más estable. La cosecha forestal en este sitio también pudo influir en la disminución de la variación estacional de la porosidad. Al compactarse el suelo con las faenas de la cosecha, se dificulta el acceso del agua a las superficies de las partículas y, consecuentemente, se reducen la contracción y el hinchamiento.

La porosidad total y la distribución de poros por tamaño en el suelo pratense presentaron la menor variación estacional (fig. 4). Sólo en profundidad, fuera del territorio de las raíces, se observa el colapsamiento de la porosidad gruesa en favor de la fina. La mayor estabilidad del sistema poroso en las estratas superficiales, en cambio, podría deberse al extenso sistema radicular superficial que exhiben las hierbas perennes hemicriptofíticas (Ellies *et al.*, 1990). Una alta intensidad de arraigamiento permite el amarre de las unidades estructurales del suelo, lo que minimiza los fenómenos de contracción e hinchamiento. Las especies arbóreas presentan una menor densidad en el sistema radicular superficial (Ramírez *et al.*, 1993) y, con ello, disminuye el amarre de las unidades estructurales. El leve cambio estacional que presenta la porosidad del suelo bajo bosque nativo en relación a las plantaciones forestales con pino se explica también por la mayor riqueza florística de su sotobosque, la que contribuye a la estabilidad de los agregados edáficos, con una mayor cantidad de raíces (San Martín *et al.*, 1991).

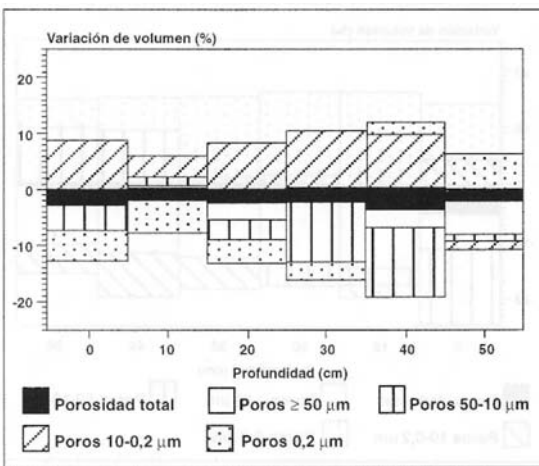


Figura 3. Modificación estacional de las características del espacio poroso del suelo bajo *Pinus radiata* en segunda rotación.

Seasonal changes of pore space under to *Pinus radiata* soil on second afforestation.

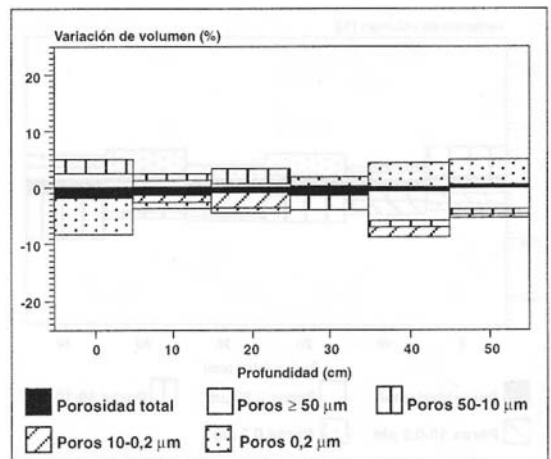


Figura 4. Modificación estacional de las características del espacio poroso del suelo bajo pradera.

Seasonal changes of pore space under to pasture soil.

Cuando la estructura de un suelo es débil por ser muy dependiente del material parental, los cambios estacionales en el sistema poroso deberían ser altos. Pero la estabilidad de la agregación incrementa con un sistema radicular denso que conserva la morfología del espacio poroso. Por ello, con una estructura débil o un sistema poroso cambiante, son más importantes las propiedades del material edáfico y los efectos del manejo del suelo son más notorios.

Al inicio del período invernal debería incrementarse nuevamente la porosidad gruesa en aquellos sitios donde ésta se colapso durante el verano. Efectivamente, el hinchamiento, por efecto del humedecimiento, explica un aumento en el volumen de la porosidad total. Pero un aumento paralelo de la porosidad gruesa sólo se explica por un incremento en la actividad biológica del subsuelo.

CONCLUSIONES

La modificación estacional del espacio poroso del suelo bajo bosque nativo es más pequeña que la de los sitios bajo bosque de pino. De invierno a verano, en los suelos bajo bosque de pino, disminuyen los poros gruesos y aumentan los finos.

Las características del espacio poroso del suelo bajo pradera se mantienen estables entre estaciones.

BIBLIOGRAFIA

- ELLIES, A., K.H. HARTGE. 1990. "Erfassung der Gefügeveränderung infolge von Inkulturmahme von Böden des Sekundärwaldes in Südkile durch Multivarianzanalyse", *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung* 31: 380-388.
- ELLIES, A., C. RAMIREZ, R. MAC DONALD, J. GAYOSO. 1990. "Estudio experimental del efecto de la compactación del suelo sobre el desarrollo de especies pratenses". *Resúmenes VI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sección física de suelos* 6: 239-244.
- HARTGE, K.H. y R. HORN. 1991. "Einführung in die Bodenphysik", *Enke Stuttgart*, p. 330.
- HORN, R. 1976. *Festigkeitsänderungen infolge von Aggregierungsprozessen eines mesozoischen Tones*. Diss. Univ. Hannover, p. 120.
- OBERDORFER, E. 1960. "Pflanzensoziologische Studien in Chile - Ein Vergleich mit Europa", *Flora et Vegetation Mundi* 2: 1-208.
- RAMIREZ, C., H. FIGUEROA, R. CARRILLO, D. CONTRERAS. 1984. "Estudio fitosociológico de los estratos inferiores de un bosque de pino (Valdivia, Chile)", *Bosque* 5 (2): 65-81.
- RICHARDS, L. 1949. "Methods of measuring soil moisture tension", *Soil Science* 68: 95-112.
- SAN MARTIN, C., C. RAMIREZ, H. FIGUEROA, N. OJEDA. 1991. "Estudio sinecológico del bosque de roble-laurelingue del centro-sur de Chile", *Bosque* 12 (2): 11-27.