Cambios en la Porosidad de un Suelo por Efecto de su Uso[1]

A. Ellies, C. Ramirez*, R. Mac Donald**

ABSTRACT

Volumetric changes of soil components in undisturbed samples were determined in layers from 10 cm to 75 cm deep in Hapludand soils in southern Chile with different kinds of management. A settling was detected immediately after elimination of native forest, but with further use of the soil, the volume was not affected significantly. In addition to these changes in pore space, modifications were detected in pore size distribution between winter and summer. These changes depended more on pedological environment than on soil use. Nevertheless, the magnitude of these changes in pore size distribution depended on soil use. When soil management permitted intense soil dryness, such as in pastures, the changes from winter to summer, that is, from fine pores to large pores, increased.

RESUMEN

Al sur de Chile, en suelos Hapludand con distintas intensidades de uso se determinó la distribución volumétrica de sus componentes en muestras no alteradas por estratas de 10 cm y hasta 75 cm de profundidad. El perfil se asentó una vez eliminado el bosque nativo. Con el ulterior uso prolongado del suelo, no se modificó sustancialmente el volumen del mismo. Además de cambiar la porosidad total del suelo, se alteró la distribución por tamaño del espacio poroso, de invierno a verano. Estas alteraciones son provocadas por procesos pedogenéticos que por el uso del suelo. En cambio, la magnitud de estas alteraciones depende del manejo a que es sometido el suelo. Los usos que causan mayor secado del suelo, como por ejemplo el manejo pratense, provocaron los cambios más intensos de porosidad fina a gruesa desde el invierno hasta el verano.

Palabras clave: Porosidad, tamaño de poros, uso del suelo, compactación.

INTRODUCCION

El desarrollo vegetal se afecta por los cambios en la distribución del espacio poroso, al modificarse la relación aire-agua-suelo. La degradación de la estructura del suelo, que influye en esta relación, se asocia con el aumento de la densidad aparente y con el cambio en la distribución por tamaño de los poros. Estas últimas variaciones pueden ser causadas por procesos naturales como el impacto de la lluvia y la contracción interna del volumen del suelo por la tensión del agua retenida. Frecuentemente se observa una contracción e hinchamiento del material edáfico en suelos de textura fina y en aquellos con desarrollo incipiente sobre sedimentos. Estos cambios naturales en la distribución por tamaño de los poros modifican, principalmente, la porosidad gruesa. Una consolidación antropogénica es producida por el tráfico, el pisoteo y el laboreo inoportunos del suelo. La magnitud de esta consolidación depende de la intensidad, oportunidad y frecuencia de carga que soporta el suelo (Sommer 1979).

Las investigaciones sobre estructura del suelo tienen un interés creciente por la producción agrícola. El complejo de interrogantes sobre la compactación de suelo debido a su uso, tiene en muchos casos una respuesta subjetiva, por no poder establecer con claridad las causales del estado actual del suelo. La evaluación de los cambios estructurales del suelo se dificulta porque, aun con un aumento de la densidad aparente, los cultivos pueden mantener rendimientos aceptables (Ericksson 1986). La compactación reduce la cantidad de poros secundarios del suelo, pero el efecto sobre el crecimiento vegetal depende también de las condiciones meteorológicas imperantes.

---

1 Recibido para publicación el 2 de diciembre de 1992. Fondo de Ciencia y Tecnología (FONDECYT) 91-916 y Dirección de Investigación y Desarrollo (DID) S-91-17, Universidad Austral de Chile.

* Universidad Austral Casilla 567, Valdivia, Chile.

En suelos no intervenidos, debería existir una relación lineal indirecta entre la porosidad y la profundidad. La gradiente de esta relación se modifica según la intensidad de las bio- y crioperturbaciones. Un aumento en la pendiente de esta curva de consolidación debe entenderse como una compactación y, por ende, como un cambio en la estructura del suelo. En suelos no intervenidos, el grado de consolidación y la distribución por tamaño de sus poros están en equilibrio con su propio peso. En un material isotrópico, la densidad aparente aumenta y disminuye la porosidad gruesa a medida que se profundiza en el suelo. Pero, los suelos agrícolas son anisotrópicos; por eso sólo un suelo virgen bajo una vegetación natural puede servir como base de referencia para evaluar el grado de consolidación del perfil, sujeto a una actividad agropecuaria (Ellies y Hartge 1990).

La hipótesis de este trabajo es que las modificaciones de la estructura del suelo dependen del tiempo y de la intensidad de uso. En este trabajo se cuantifican esas variables a partir de la caracterización del espacio poroso en un Typic Hapludand. El patrón de referencia será el mismo tipo de suelo, sin uso, bajo bosque nativo.

MATERIALES Y METODOS

Las investigaciones se realizaron a fines de los períodos invernal de 1991 y estival de 1992, en un suelo Medial, Mesic, Typic Hapludand (Serie Pelchuquín), en San José de la Mariquina, en el centro-sur de Chile. Las mediciones se efectuaron en potreros, con diversos historiales de uso conocidos. En las condiciones húmedo-templadas imperantes en la zona, el bosque nativo de roble-laurel-lingue (*Nothofagus-Persea lingue*) corresponde a la situación original y, al comparar las propiedades del espacio poroso de su suelo con aquellos que han tenido distintos usos, se pueden determinar los cambios sufridos por esos suelos.

Se seleccionaron cinco sitios con distintos usos desde su incorporación a la actividad agropecuaria. Un sexto lugar lo constituyó el bosque nativo, que sirvió de patrón de comparación. Los sitios estaban próximos entre sí, con menos de 500 m de separación. En el Cuadro 1 se detalla el sistema de incorporación y tipo de uso de cada sitio.

Se extrajeron muestras no alteradas de suelo, con cilindros metálicos grandes de 88 mm de diámetro y

Cuadro 1. Historial del uso y manejo de los suelos.

Fecha inicio del uso	Sistema de eliminación del bosque	Uso histórico
Sin uso		Bosque nativo secundario desde 1926 (Bosque nativo) *
1988	Bueyes	Pradera recién establecida (Pradera reciente)
1980	Parcial con bueyes y maquinaria	Pradera con bosque (Silvopastoreo)
1940	Mecánica	Pradera de permanente de lechería (Pradera lechería)
1910	Fuego	Pradera con tránsito continuo de animales (Corredor ganado)
1850	Fuego	Pradera en rotación (Rotación cultivos)

* Entre paréntesis se indican las abreviaturas usadas en las figuras

60 mm de altura y pequeños de 50 mm de diámetro por 25 mm de altura, por estratas de 10 cm de grosor, hasta una profundidad de 75 centímetros. Los cilindros se saturaron durante 10 d, para garantizar una tensión de agua < 1 kPa. Posteriormente, los cilindros mayores fueron llevados a un equilibrio de tensión de 6 kPa y 33 kPa y los menores, a 1500 kPa (Richards 1949). Los equilibrios de las muestras se alcanzaron entre los 12 d y 15 d para las tensiones de 6 kPa a 33 kPa y a los 5 d para la tensión de 1500 kPa. Luego se determinaron los contenidos de humedad y las densidades aparentes.

RESULTADOS

En la Fig. 1 se presentan las curvas de preconsolidación natural o *in situ* del suelo sujeto a distintos usos. El peso acumulativo de la columna del suelo se calculó a partir de la densidad aparente y al peso de cada estrata se sumó el peso del material sobreyacente hasta la superficie. Este peso acumulativo del suelo, referido a una superficie unitaria, equivale a la presión acumulativa que ejerce la masa del suelo en distintas profundidades. Las curvas de la Fig. 1 corresponden a la situación invernal o húmeda, y se presentan hasta una profundidad de 50 centímetros. En las estratas más profundas se observó una gran similitud entre los diferentes suelos y no se percibieron los efectos del manejo, por lo cual no se han representado en la Fig. 1. Las propiedades físico-mecánicas en esa profundidad son dependientes del tipo de material parental.

La estimación de la disminución del grosor (o profundidad) para los distintos manejos, en relación con el grosor del bosque, se presenta en la Fig. 2. Esa

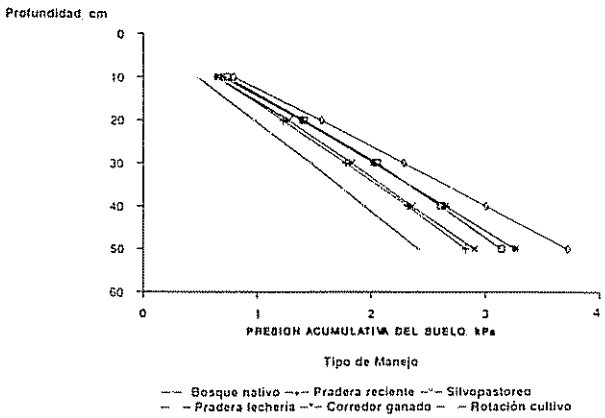

Fig. 1. Curvas de consolidación natural de un Hapludand sujeto a distintos manejos.

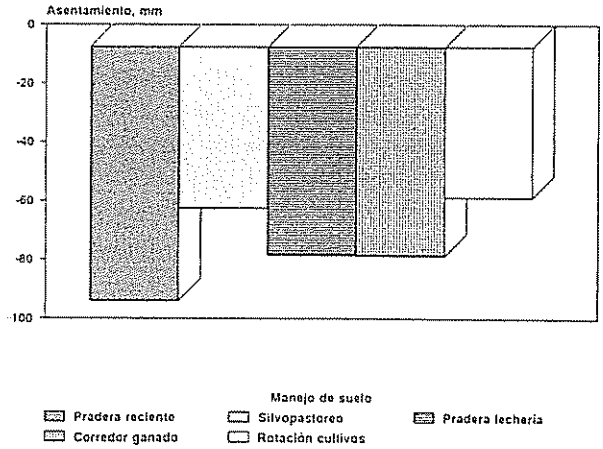

Fig. 2. Grado de asentamiento de un Hapludand sometido a distintos manejos en relación al sitio no intervenido.

disminución corresponde al asentamiento que experimentó el suelo. Se estimó nula la erosión debido a la topografía plana en todos los sitios. La magnitud del asentamiento (o grosor del suelo) se calculó sobre la diferencia del volumen poroso que ocupa una columna de suelo de 75 cm por sitio en comparación con la misma columna bajo bosque nativo.

Las figuras 3 y 4 presentan la distribución por tamaño del espacio poroso; en ellas los valores corresponden a la media de los primeros 30 cm de profundidad. A mayores profundidades no se determinaron diferencias entre los distintos manejos. Los poros grandes presentaron un diámetro superior a 10 µm; los medios, entre 10 µm y 0.2 µm, y los finos, fueron menores que 0.2 milimicras.

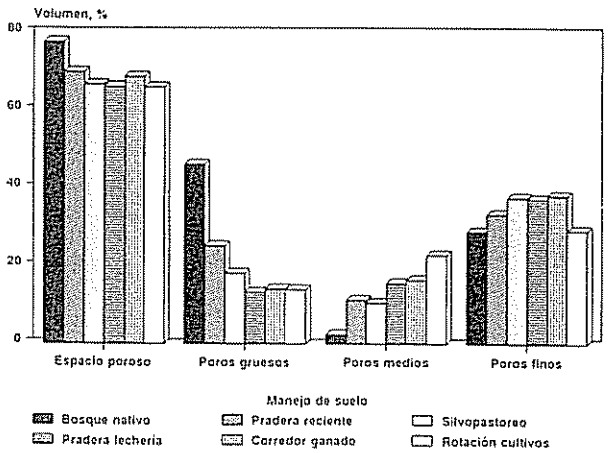

Fig. 3. Caracterización del espacio poroso superficial durante el invierno de un Hapludand sujeto a distintos manejos.

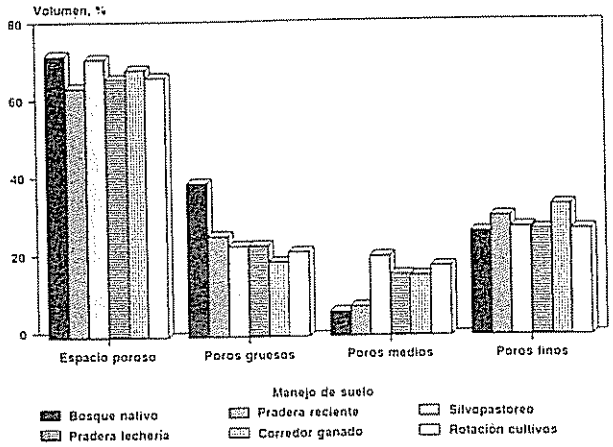

Fig. 4. Caracterización del espacio poroso superficial durante el verano de un Hapludand sujeto a distintos manejos.

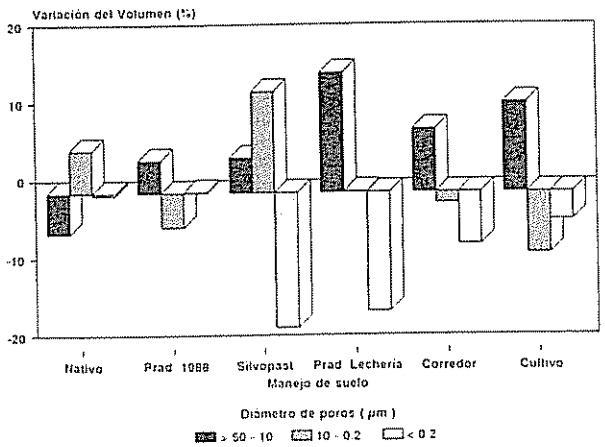

Fig. 5. Variación estacional relativa del tipo de poros en un Hapludand sometido a distintos manejos.

La variación relativa que experimentaron las fracciones de poros de invierno a verano se representan en la Fig. 5.

DISCUSION

La columna de suelo del sitio con bosque nativo, históricamente con menor intervención, mostró el menor peso acumulativo, y el sitio sujeto a rotaciones con cultivos, el mayor peso acumulativo (Fig. 1) El aumento del peso de la columna de un suelo, originalmente suelto, se debe a un asentamiento o consolidación. Un mayor peso y/o presión de la columna de suelo corresponde a un incremento en la densidad aparente, producto del tráfico y/o tránsito de maquinarias y animales. En los sitios, con pastoreo e incremento en la frecuencia y el tiempo de uso, no se observó un aumento en el peso de la columna de suelo. Probablemente, el peso de la columna de suelo no sólo fue producto de su manejo actual, sino que en algunos sitios se podrían mantener aún los efectos de las presiones sufridas durante la eliminación del bosque o los de la actividad biológica en los que experimentan un proceso de regeneración.

La magnitud del asentamiento y/o el aumento en la densidad aparente que afecta a un mismo suelo sujeto a varios manejos, se debe también a la contracción que sufre con las distintas intensidades de secado. Los sitios que mantienen un mayor grado de humedad, como sucede con el sometido a silvopastoreo, pueden tener un estado contraído cuando existe la oportunidad de un secado intenso y en el corredor, el que sufre un amasado permanente por las múltiples pisadas de animales, y pasa constantemente por fases de contracción e hinchamiento.

La pérdida de grosor del suelo es inmediata a la eliminación del dosel arbóreo (Fig. 2). La pradera establecida en 1988 exhibe el mayor asentamiento si se toma como referencia el bosque nativo. Es posible que los efectos del destronque, ocurran el arrastre de trozas y el arranque de raíces. En los otros sitios, la disminución del grosor del suelo es menor, pero tiende a incrementarse a medida que la intensidad o duración del pisoteo aumentan.

El desarrollo radicular de las especies pratenses permite frenar el asentamiento; incluso por efecto de bioturbaciones puede existir una recuperación volumétrica del mismo. Las pérdidas de grosor del suelo en el sitio con rotaciones culturales son menores, ya que las sucesivas labores le permiten una recuperación volumétrica.

Más importante que la pérdida cuantitativa del espacio poroso es la variación cualitativa del mismo con un cambio en la distribución por tamaño de los poros por el uso (Figs. 3 y 4), pues la utilización intensiva del suelo reduce la porosidad gruesa, efecto que se compensa con un aumento en la porosidad media (de agua útil) y fina. Este cambio puede considerarse como una pérdida efectiva de calidad del sitio. Un estado menos estructurado en este tipo de suelos se asocia con una porosidad muy fina. El balance es un incremento en la capacidad de almacena-

miento de agua útil a expensas de una menor aireación e infiltración del agua. En relación al bosque, el sitio bajo rotaciones culturales mantiene la porosidad muy fina; en cambio, en aquellos sometidos a pastoreo, aumentó. Aparentemente, el laboreo frecuente del suelo, aun cuando no recupera la porosidad muy gruesa, incrementa la media, probablemente a expensas de la porosidad inútil o muy fina.

La diferencia en la distribución por tamaño de poros entre muestras tomadas a fines del verano y al final del invierno, se debe a causas no atribuibles al manejo del suelo. De invierno a verano aumenta el volumen de los poros gruesos y disminuye en los finos. Esto indica que los Hapludand experimentan fenómenos de contracción e hinchamiento, que, además de cambiar el volumen total del suelo, hacen variar la distribución interna del espacio poroso. Estos cambios cíclicos de la porosidad de húmedo a seco señalan un desarrollo pedogenético incipiente de la estructura del suelo.

La magnitud de los cambios en la distribución de los poros por tamaño sí depende del manejo del suelo (Fig. 5). Bajo un bosque nativo, el cambio entre invierno y verano en los de poros finos a gruesos fue despreciable. El dosel arbóreo evitó el secado del suelo y, con ello, la contracción se redujo. En un suelo recientemente intervenido, como la pradera establecida en 1988, se observó, entre invierno y verano, sólo un ligero incremento en la porosidad gruesa, a costas de la fina. En la pradera de lechería y en el corredor de ganado las modificaciones en la distribución del espacio poroso fueron mayores. Estos lugares abiertos permiten un secado más acentuado del suelo, especialmente cuando la cubierta vegetal y la evapotranspiración aumentan.

En el sitio bajo rotaciones de cultivo, los cambios en la distribución de poros fueron menores, posiblemente ante una menor demanda evaporativa del cultivo. Los cambios en la porosidad de tamaño fino a medio fueron fuertes en el sitio bajo silvopastoreo. Este sitio en invierno llegó a la saturación; por eso, con su posterior secado, los fenómenos de contracción se acentuaron.

LITERATURA CITADA

ELLIES, A., HARTGE, K.H. 1990. Erfassung der Gefugeveranderung infolge von Inkulturnahme von Boden des Sekindarwaldes in Sudchile durch Multivarianzanalyse. Zeitschrift fur Kulturtechnik und Landentwicklungt 31:380-388.

ERIKSSON, J. 1986. Influence of extremely heavy traffic on clay soil. Grundforbatting 27(1):33-51.

RICHARDS, L. 1949. Methods of measuring soil moisture tension. Soil Science 68:95-112.

SOMMER, C. 1979. Bodenverdichtung und ihre Beurteilung. Zeitschrift fur Kulturtechnik und Flurbereinigung 20:257-268.