MODIFICACIONES ESTRUCTURALES DE UN PALEHUMULT SOMETIDO A DISTINTOS MANEJOS[1]

Changes on the structure of a Palehumult under different agricultural management

Achim Ellies S.[2] y Cardenio Contreras H.[2]

SUMMARY

The effect of different agricultural management on the soil structure and mechanical properties of an Andeptic Palehumult soil located in the coastal mountains near to Temuco in Southern Chile was evaluated. Sites with extensive and intensive management under forest, grassland, crops and horticulture, were selected. During spring and summer period undisturbed soil samples were collected to study variation on soil structure properties such as bearing capacity, shear strength, pore size distribution and water conductivity, and on field soil penetration resistance was determined. The sites under extensive and peasant managements showed a strong degradation of their structural properties, which was reflected on a loss of coarse pore volume and a reduction of the water conductivity. Under intensive management, changes on the structural properties in a low grade were observed. The different management studied also showed changes on mechanical properties related to root growth. The degraded sites showed higher internal cohesion, penetration resistance and bearing capacity. The seasonal changes of mechanical properties also were greater on sites with poor structure.

Key words: Soil structure, bearing capacity, shear strength, penetration resistance.

INTRODUCCIÓN

Una de las funciones básicas del suelo, es de servir como substrato donde las plantas anclan sus raíces para mantenerse erguidas. Los manejos o usos del suelo que deterioran la sustentabilidad de la estructura, se reflejan en un aumento de la consolidación y de la resistencia a la penetración, lo cual afecta el desarrollo radical (Ellies *et al.*, 1993). Sobre la compactación del suelo inciden factores internos y externos. En los primeros se incluyen la composición mecánica, la estructura, la estabilidad, la densidad aparente, la distribución de poros por tamaño y el contenido de materia orgánica. Los factores externos son la magnitud de la carga, tipo de presión y sistema de arrastre. Todos estos factores inciden en uno u otro grado sobre la compactación del suelo y alteran las potencialidades para el crecimiento vegetal (Coleman y Perumpal, 1974; Horn, 1986).

Los cambios tecnológicos que experimentó la agricultura conllevaron a un aumento en la potencia y peso de la maquinaria agrícola. Esto indujo a un aumento en las frecuencias del tráfico sobre el suelo, además, debido a la mayor potencia, éstas se realizan frecuentemente cuando el suelo aún presenta un exceso de humedad. El resultado es la compactación del suelo y una redistribución en la frecuencia por tamaño de los poros (Helal, 1991; Ellies *et al.*, 1994a, 1994 b).

La evaluación de la degradación de la estructura es difícil, debido a la gran variedad de condiciones en que aún es posible un desarrollo vegetal. Un suelo no incorporado a la actividad silvoagropecuaria que aún mantiene su cubierta vegetal original, puede servir de base de referencia para determinar el grado y la dirección de los cambios que experimentan la estructura, con distintos manejos (Ellies y Hartge, 1990).

Otra función física del suelo, es de servir de reservorio y de vía de transporte para el agua y el aire. Los cambios que experimenta el espacio poroso, dependen en gran medida de su manejo. En los suelos arcillosos inestables, existe un cambio cíclico estacional en la distribución del espacio poroso. El pisoteo animal o laboreo del suelo en condiciones húmedas, produce un amasado y con ello se degrada la estructura (Sommer, 1979; Ellies *et al.*, 1994 a, 1994 b). Con estas condiciones, se deterioran los

[1]Recepción originales: 21 de enero 1997.
Proyecto financiado por la Comunidad Económica Europea Nº TS 3*-CT94-0335.
[2]Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Casilla 567, Valdivia Chile.

componentes agregantes y como consecuencia de ello, se pierde cantidad y calidad estructural (Ellies y Hartge, 1994).

Es común describir las propiedades estructurales de un suelo en términos morfológicos o funcionales, para un momento dado. Para una mejor comprensión de las propiedades estructurales, es necesario caracterizar las variaciones que se producen en el tiempo y con los distintos manejos. Un análisis singular que sólo no considera los cambios estacionales puede dar lugar a interpretaciones erróneas (Ellies *et al.*, 1994 a). Por lo anterior, las propiedades estructurales de los suelos son transitorias. En la presente investigación, se cuantifican estos cambios para distintos usos y manejos del suelo, para determinar que tipo de explotación garantiza su sustentabilidad como factor de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las mediciones se efectuaron en dos suelos Andeptic Palehumult (Serie Metrenco y Huerere), ubicados en cordones de cerros de la costa cerca de Temuco (provincia de Cautín). Bajo las condiciones climáticas imperantes de la zona, la vegetación natural corresponde a Roble-Laurel (Nothofago-Perseetum) que representa la situación original (San Martín *et al.*, 1991) y, al comparar las propiedades estructurales y mecánicas de este sitio, se puede inferir el monto y la dirección de los cambios que se producen en suelos sujetos a variados manejos.

Se seleccionaron 10 sitios con distintos manejos agropecuarios. En el Cuadro 1 se detalla el uso de cada sitio. Se evalúo cuantitativa y cualitativamente el sistema poroso de los suelos, a través de la distribución del espacio poroso por tamaño de los poros (Richard ,1949), y la conductividad hidráulica en fase saturada (Eijelkamp, 1985). Para ello se extrajeron muestras no alteradas con cilindros metálicos, con 5 repeticiones por estratas de 10 cm, y hasta una profundidad de 30 cm.

La estabilidad y propiedades mecánicas de los suelos se evaluaron con mediciones penetrométricas, capacidad de soporte y resistencia al corte directo. En terreno, se evaluó la firmeza del suelo mediante un penetrómetro cónico. Para la capacidad de soporte, se ajustaron muestras inalteradas de suelo a las condiciones de humedad de campo a un anillo odométrico, aplicándose presiones sucesivas, que se duplicaban cada 10 minutos desde 6,25 a 400 kPa. A partir de la relación deformación / log presión se determinó la preconsolidación o capacidad de soporte con un método gráfico (Rico y del Castillo, 1978).

CUADRO 1. Uso y manejo de los suelos estudiados

TABLE 1. Use and management of the analyzed soils

Sitio	Serie de suelos	Uso
	Explotación de tipo campesina	
Epul	Metrenco	Pradera natural degradada
Epul	Metrenco	Cultivo, cereales
Epul	Metrenco/ aluvial	Huerta
	Explotación intensiva	
Carmen	Metrenco	Cultivo, cereales
Carmen	Metrenco	Pradera mejorada
Carmen	Metrenco	Bosque secundario
	Explotación extensiva agricultura tradicional	
Chivilcan	Huerere	Cultivo, labranza tradicional
Chivilcan	Huerere	Pradera Natural
Chivilcan	Huerere	Pino con escaso manejo
Chivilcan	Huerere	Bosque nativo extremadamente degradado

Los ensayos de corte directo también se efectuaron con muestras de suelo no alteradas con la humedad de campo, determinando la cohesión interna. El ensayo de corte directo se efectuó con rangos de presiones entre 25 y 200 kPa (Kézdi, 1972).

Para los análisis estadísticos se compararon las medias entre los sitios por sistema de manejo. Cuando las diferencias significativas de éstas, son iguales o superiores al 5%, se señalan con letras diferentes en el texto de las figuras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se representa la distribución del espacio poroso de los usos, para los tres sitios de manejo de suelo en los primeros 30 cm de espesor del suelo. La magnitud de cada fracción de poros se expresa como una longitud. El cambio estructural, se refleja en una variación de la morfología del sistema poroso. Una pérdida de la porosidad total significa una reducción en el grosor del suelo, y ocurre principalmente a expensas de la capacidad de aire y el almacenamiento de agua.

Las variaciones cualitativas del espacio poroso, son más importantes que los cambios cuantitativos. Con una explotación de los suelos del tipo campesino, incrementa significativamente la porosidad total y la fracción de poros gruesos en los sitios de mayor

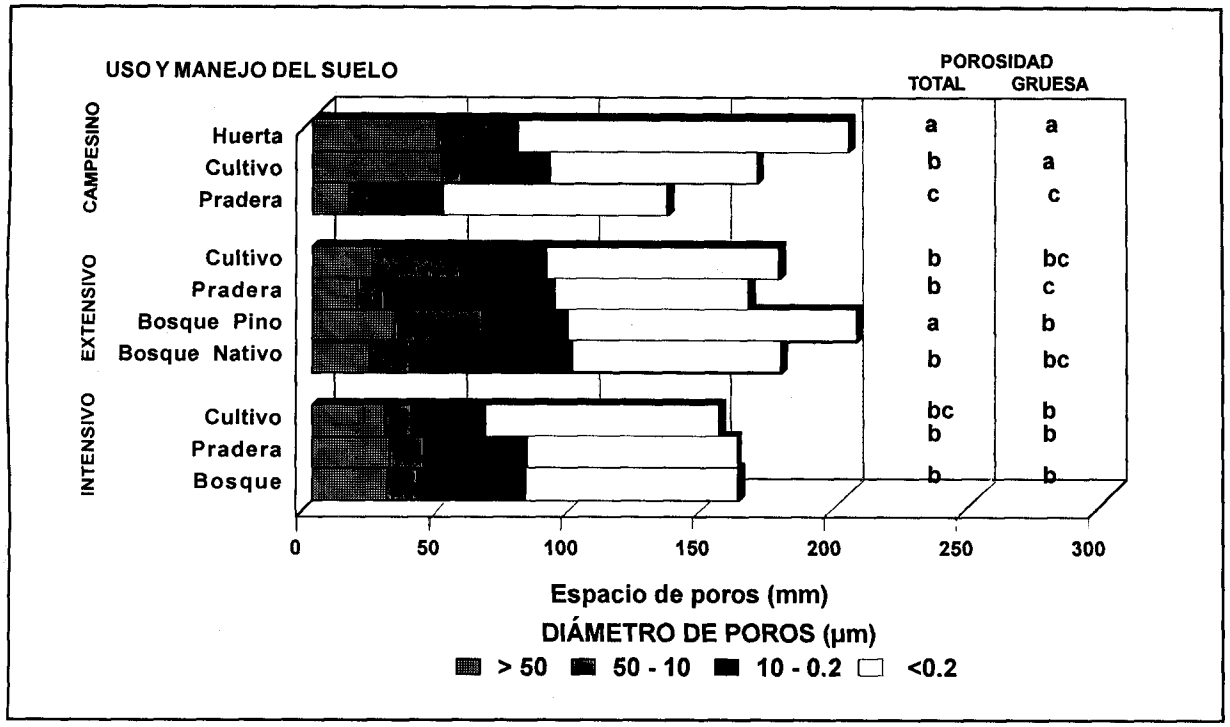

FIGURA 1. Distribución del espacio poroso según manejo del suelo.

FIGURE 1. Pore size distribution acording to soil management.

intervención con labores de labranza. Es decir, en estos sitios se creó una porosidad de tipo antrópica. En la pradera natural, el sitio con menor intervención, existe un marcado descenso de la porosidad total y en especial la gruesa. La pérdida de esta fracción es compensada con un aumento de la porosidad fina o inútil. Esto indica que la estabilidad estructural del sistema poroso es baja, debido a que el suelo se asienta cuando no existe una intervención artificial. Es decir, la soltura lograda sólo es temporal, sin embargo, esto también se produce con un pisoteo animal. Para lograr condiciones adecuadas en el desarrollo radical, estos suelos requieren ser mullidos, es decir, han perdido la capacidad de restaurarse. La pérdida de calidad de sitio, se refleja con este manejo, en una capacidad de aire que está por debajo de los requerimientos deseables y una baja capacidad de almacenamiento de agua. La capacidad productiva sólo se logra con una restauración periódica del sistema poroso.

En el sistema de explotación extensivo, no se aprecian cambios o tendencias en el sistema poroso con los distintos manejos. Salvo en el sitio bajo bosque de pino, se observa un repunte de la porosidad gruesa y total. En el sitio bajo bosque nativo, debería exhibir un espacio poroso mayor con un dominio de porosidad gruesa. Este sitio, se utiliza como un refugio animal y se ha deteriorado por el pisoteo. Este sitio no sirve como base de referencia para determinar la dirección y cuantía de los cambios experimentados por los otros manejos. Aparentemente, este sistema no es tan degradado, aunque la capacidad de aire dada por la porosidad gruesa puede ser limitante, se observa aún una adecuada capacidad de almacenamiento de agua.

En el sitio bajo explotación más racional e intensiva, se deducen las mejores condiciones para la sustentabilidad en la calidad del sistema poroso del suelo. En los distintos usos del suelo para este tipo de explotación, no se observan diferencias significativas con el suelo bajo bosque. Sólo se insinúa una leve disminución de la porosidad media en los sectores con cultivo. La magnitud de la degradación del suelo ocurre a una tasa menor.

En la Figura 2, se representa la conductividad hidráulica en fase saturada para los distintos suelos. Existe una cierta correspondencia entre el monto de la macroporosidad y la conductividad hidráulica. La conductividad en la mayoría de los manejos tiende a ser más baja en la superficie que en las estratas profundas. Esto se explica por la excesiva alteración y tráfico sobre el suelo. Con un manejo de tipo campesino la conductividad del suelo superficial es su-

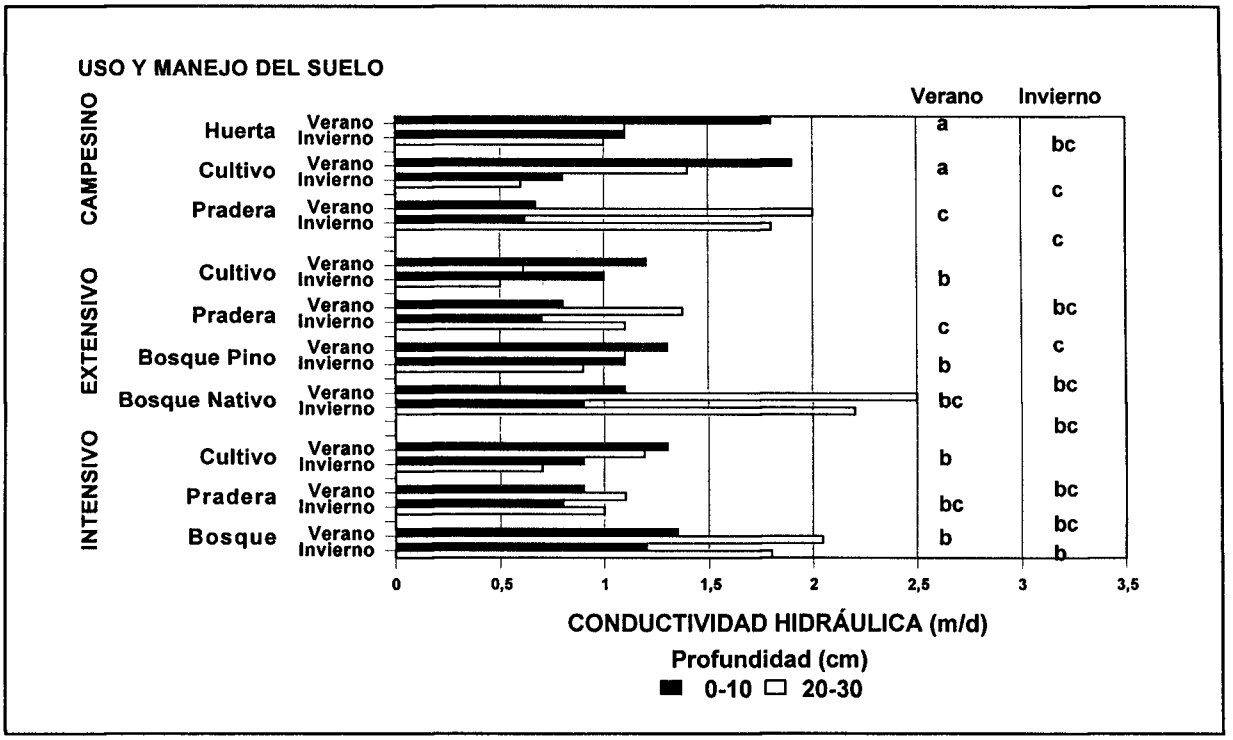

FIGURA 2. Conductividad hidráulica según manejo del suelo.

FIGURE 2. Water conductivity acording to soil management.

perior a la de los otros sitios. Esto se debe a que las labores en estos suelos se hacen más superficiales y se utilizan equipos más livianos. En los sistemas de manejo extensivo del suelo, los sitios con cultivo presentan una baja conductividad del suelo subsuperficial, lo cual insinúa la presencia de un pie de arado.

La variación estacional de la conductividad, para algunos casos, es drástica lo cual explica que el sistema poroso cambia o se desmorona entre estaciones. Esto se asocia con una mayor capacidad de hinchamiento de los suelos y por ende de una baja estabilidad estructural.

En la Figura 3, se representa la resistencia a la penetración superficial de los suelos para la condición húmeda y seca del suelo. La variación estacional de ésta, es alta para el uso del suelo en pasturas del manejo campesino y extensivo. Estos cambios bruscos se asocian a un sobrepastoreo en condiciones muy húmedas. Con un laboreo frecuente del suelo, como ocurre con la huerta y el uso en cultivos, los valores en la resistencia a la penetración disminuyen. El sitio bajo bosque nativo secundario y exótico, muestra valores bajos en la resistencia a la penetración, aun cuando el suelo se encuentra alterado, se desprende de ello que el suelo originalmente antes de su intervención era mullido.

Con una explotación intensiva de los suelos, los valores de resistencia son considerablemente más bajos y existen escasas variaciones estacionales. Esto sugiere que este tipo de manejo del suelo garantiza su sustentabilidad.

La capacidad de soporte del suelo superficial de los distintos sitios se presenta en la Figura 4. Durante el estío, éstos valores son muchos más altos que durante el invierno. A medida que las diferencias estacionales se incrementan se puede inferir con ello, una fuerte contracción e hinchamiento del suelo y por ende una baja estabilidad estructural.

La capacidad de soporte está muy ligada a la densidad aparente, y con ello al manejo del suelo. Con el sistema de explotación campesino, ésta disminuye en los sitios donde el suelo se laborea frecuentemente. Al soltar el suelo, baja la densidad aparente, y con ello la capacidad de soporte.

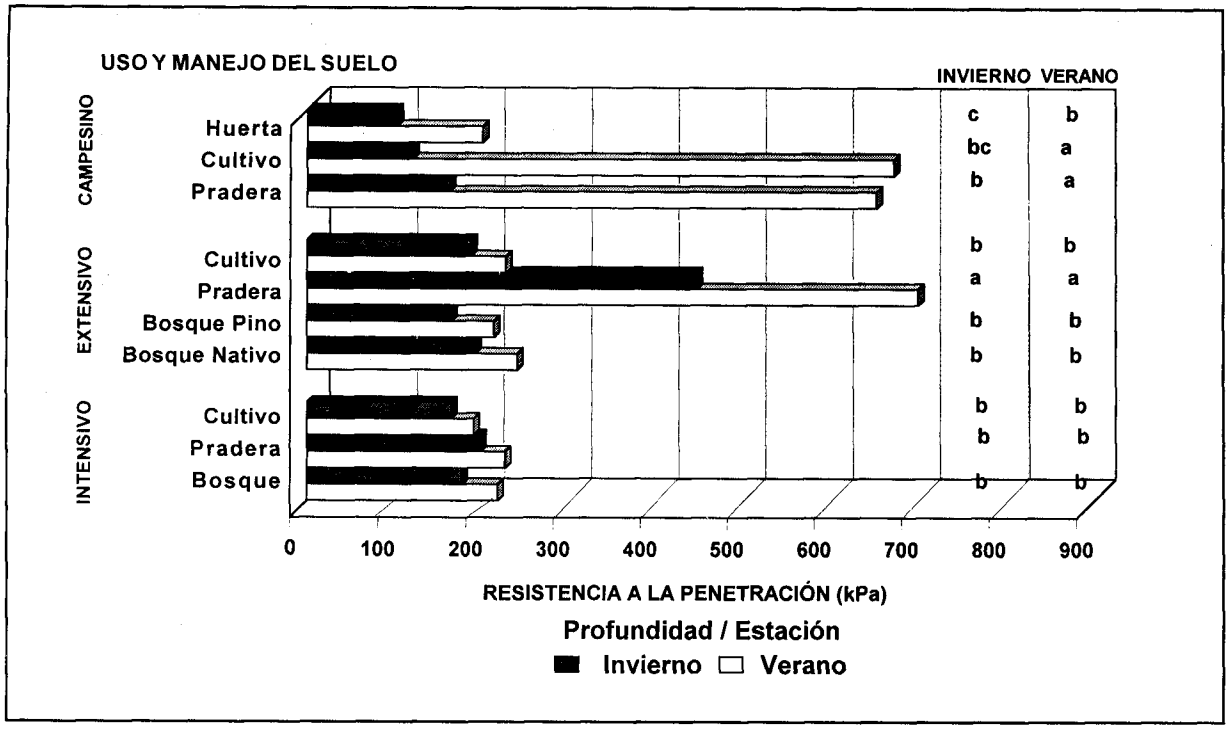

FIGURA 3. Resistencia a la penetración superficial según uso del suelo.

FIGURE 3. Soil penetration resistance acording to soil management.

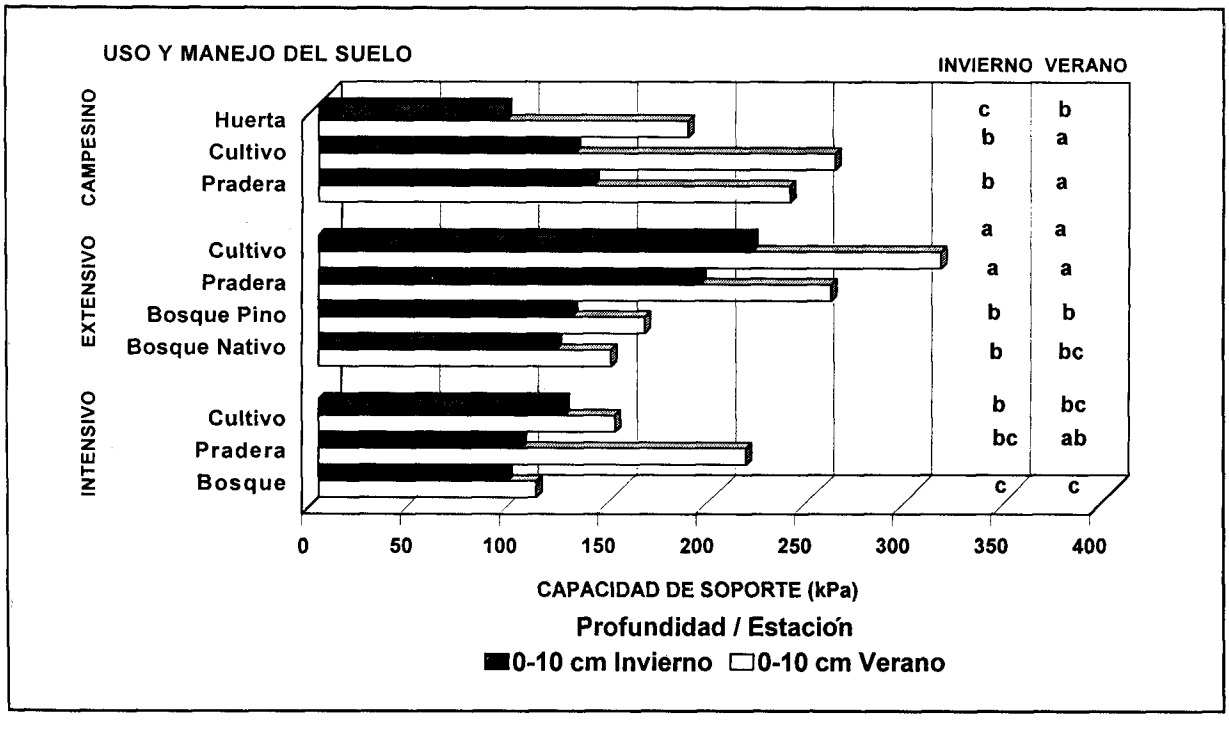

FIGURA 4. Capacidad de soporte superficial según manejo del suelo.

FIGURE 4. Bearing Capacity of the soil acording to soil management.

En el sistema de manejo extensivo se aumenta la capacidad de soporte; esto revela un tráfico con herramientas y equipo pesados. En los sitios menos intervenidos, como lo es el bosque secundario y exótico, ésta es significativamente más baja, para las dos condiciones de humedad. Esto indica que esta variable sirve como parámetro para diagnosticar intensidad de las intervenciones en el suelo. Un incremento implica un cambio de la estructura y con ello, del sistema poroso. Así con el manejo intensivo, la variación de esta variable con los distintos usos es moderada, lo cual significa conservación del estado estructural.

La Figura 5 representa la cohesión interna del suelo determinada mediante un corte directo. Esta variable mecánica se puede relacionar directamente con la capacidad de soporte y con el nivel de degradación de la estructura. Para todas las condiciones, la cohesión del suelo seco supera a la del húmedo. La última puede definirse como la cohesión estructural del suelo dado por los cementantes entre las partículas del suelo. La cohesión alta de verano se debe en gran parte a la deshidratación, que produce una cohesión temporal o textural. En el manejo del suelo con cultivos de la explotación, la cohesión interna incrementa cuando éste es menos removido. Es decir, parte de las partículas están unidas por el amarre radical.

En el sitio bajo cultivos con una explotación extensiva la cohesión interna es extremadamente alta debido al tráfico con equipos pesados o cuando el suelo aún conserva mucha humedad. Para este mismo tipo de explotación los sitios menos intervenidos como la pradera y los sitios bajo bosque, exhiben una cohesión más baja. Con un adecuado manejo, como ocurre en los sitios, bajo una explotación intensiva. La variación de la cohesión con los distintos usos es mínima, lo cual señala que la calidad de la estructura es sustentable.

El uso agropecuario de los suelos afecta su estructura. A partir de los antecedentes expuestos, se desprende que un manejo extensivo y campesino son degradantes y no sustentables para la conservación del recurso suelo. El deterioro es producto de un manejo inadecuado, lo cual reduce la capacidad de aire, capacidad de almacenamiento de agua y resistencia a la penetración radical. Todos estos factores están ligados con la productividad del suelo.

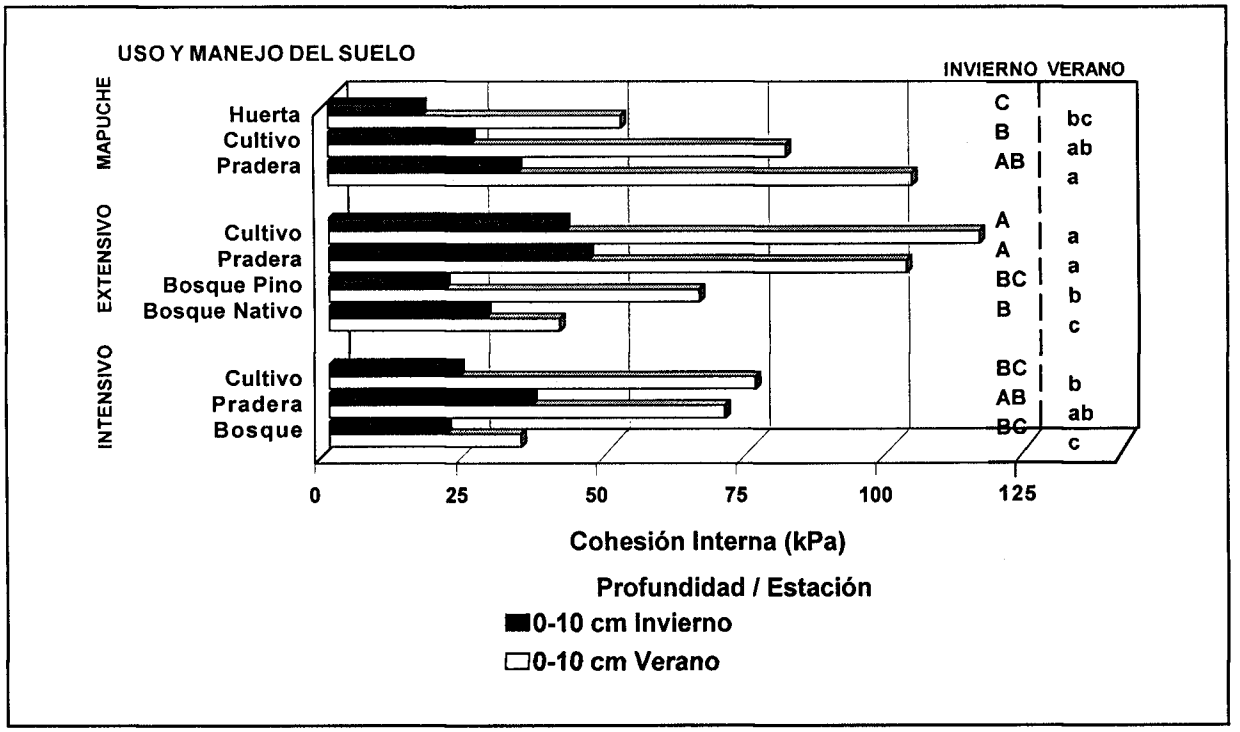

FIGURA 5. Cohesión interna superficial según manejo del suelo.

FIGURE 5. Internal cohesion of the soil acording to soil management.

CONCLUSIONES

Los manejos y usos degradantes del suelo, ocasionan pérdidas cuantitativas y cualitativas del sistema poroso.

Un incremento de la resistencia mecánica producida por un manejo del suelo inadecuado disminuye la capacidad de arraigamiento.

La erodibilidad incrementa con manejos que degradan su estructura del suelo.

El manejo campesino y extensivo tradicional, no garantizan la sustentabilidad del recurso suelo pero sí los usos y manejos más tecnificados.

RESUMEN

Se evaluó el efecto del manejo sobre las propiedades estructurales y mecánicas de un Andeptic Palehumult, ubicado en cordones de cerros de la costa cerca de Temuco. Se eligieron sitios sujetos a manejos con agricultura extensiva, campesina e intensiva. Cada sitio con un uso del suelo con bosque nativo, praderas, cultivos y huertos. A fines de primavera y verano, se extrajeron muestras de suelo para evaluar las propiedades estructurales como la capacidad de soporte, resistencia al corte directo, distribución del espacio poroso y conductividad hidráulica. En terreno se determinó la resistencia a la penetración. En los sitios sometidos a un uso extensivo y campesino se observó una degradación fuerte de las propiedades estructurales, reflejadas por un cambio en la distribución del espacio poroso según tamaño, con una reducción de la porosidad secundaria, y en una merma de la conductividad hidráulica. El uso intensivo del suelo altera las propiedades estructurales pero en un monto menor. Los distintos sistemas de manejo del suelo, se reflejan en los cambios que experimentan sus propiedades mecánicas relacionadas con el crecimiento radical. Los sitios mas degradados presentan una alta cohesión interna, resistencia a la penetración, y capacidad de soporte. Los sitios con un uso degradante del suelo y de escasa estructuración presentan una fuerte variación estacional de sus propiedades mecánicas.

Palabras claves: estructura de suelos, capacidad de soporte, resistencia corte directo y penetración.

LITERATURA CITADA

COLEMAN, G.E., PERUMPAL, J.V. 1974. The infinite element analysis of soil compaction. Transaction ASAE 17 (5): 856-860.

EIJELKAMP. 1985. ICW laboratory permeameters for determination of water permeability of soil samples. Brochure III 13 p.

ELLIES, A. y HARTGE, K.H. 1990. Erfassung der Gefügeveränderung inforlge von Inkulturnahme von Böden des Sekundärwaldes in Süddchile durch Multivarianzanalyse. Z. f. Pflanzenernähr. Bodenkd. 141: 621-633.

ELLIES, A. RAMÍREZ, C. y MAC DONALD R. 1993. Variación en la resistencia del suelo por efecto de su uso. Turrialba Vol. 43. (1): 77-82

ELLIES, A., y HARTGE, H. 1994. Veränderung der Benetzungseigenschaften der Böden mit verschiedenen Kulturen und Kulturdauer. Z. f. Kulturtechnik und Landenwicklung 35: 358-364.

ELLIES, A., RAMÍREZ, C., MAC DONALD, R. y FIGUEROA, H. 1994 a. Modificaciones estructurales por efecto de tiempo de uso en un Hapludand. Agro Sur 22(1): 15-22.

ELLIES, A., RAMÍREZ, C. y FIGUEROA, H. 1994 b. Cambios morfológicos estacionales del espacio poroso en un Hapludand. Agro Sur 22 (1): 23-32.

HELAL, H.M. 1991. Bodengefüge, Wurzelentwicklung und Wurzelfunktionen. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 154: 403-407.

HORN, R. 1986. Compressibility of arable land. *In:* Impact of water and external forces on soil structure. Catena Supllement 11: 53-72.

KÉZDI, A. 1972. Handbuch der Bodenmechanik, I. Bodenphysik.- VEB-Verlag Bauwesen, Berlin 500 p.

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

RICO, A. y DEL CASTILLO, H. 1978. La ingeniería de suelos en las vías terrestres, carreteras, ferrocarriles y aeropistas. México, Limusa. 459 p.

SAN MARTÍN, C., RAMÍREZ, C., FIGUEROA, H. y OJEDA, N. 1991. Estudio sinecológico del Bosque de Roble-Laurel-Lingue del Centrosur de Chile. Bosque 12 (2): 11-27.

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