

EFFECTOS DE LA CONSOLIDACION MECANICA SOBRE ALGUNOS DYSTRANDEPTES Y PALEHUMULTS DEL SUR DE CHILE

Achim Ellies

Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Universidad Austral
Valdivia, Casilla 567 - Chile

RESUMEN

Mediante ensayos de consolidación se determinó la capacidad de soporte y la variación volumétrica en ocho suelos del sur de Chile. Los ensayos se efectuaron con muestras provenientes del estrato superficial de suelos bajo praderas y con tres diferentes grados de saturación.

La capacidad de soporte en ambos suelos disminuye con el aumento del grado de saturación, ella no difiere entre los grupos de suelos pero sí, entre los de un mismo grupo. Ello ocurre aún cuando la densidad aparente es significativamente distinta en los dos grupos de suelos. La capacidad de soporte se asocia con propiedades edáficas que inciden sobre la estructura como es la cantidad de macroporos y el contenido de carbono.

La recuperación volumétrica de los suelos después de una compresión, sólo es significativa con una descarga completa y en condiciones saturadas. La recuperación del volumen es alta en los Dystrandepts y es más de la mitad del volumen perdido por efecto de una consolidación. La recuperación en los Dystrandepts depende de su contenido de carbono orgánico y en los Palehumults además de su contenido en arcilla.

Palabras claves: Capacidad de soporte, compresión y descompresión volumétrica.

EFFECTS OF MECHANICAL CONSOLIDATION OF SOME DYSTRANDEPTS AND PALEHUMULTS OF SOUTHERN CHILE

ABSTRACT

Through consolidation tests the loading capacity and the volumetric changes of eight soils of southern Chile were determined. The soil samples were taken out from the upper layer of grassland and the determinations were made for three different water saturation contents.

Loading capacity decreases in both soils with increasing water saturation; there are no differences between soils groups but they appear within soils of a same group. This occurs even if there are marked differences of bulk density between the two soils groups. The relative high loading capacity of Dystrandepts is explained by the high resistance of microaggregates. In both groups of soils their loading capacity is associated with soil properties with a dependence to the soil structure such as the macroporosity and the organic carbon.

Volume recovery after a compression is significant only with a complete discharge and when the soil samples are saturated with water. The volumetric recovery is significant in Dystrandepts and this is more than half of the volume change after compression. The volumetric recovery in Dystrandepts depended mainly on their organic carbon content while in the Palehumults it depends also on their clay content.

Key words: Loading capacity, volumetric compression, volumetric discharge.

INTRODUCCION

El pisoteo animal o el tránsito de maquinaria sobre el suelo, pueden reducir su espacio poroso lo cual significa un deterioro en su aireación, capacidad de almacenamiento de agua, movimiento del agua y en el grado del arraigamiento de las plantas. La magnitud del efecto compactante que ejerce una presión dada sobre el suelo depende de las propiedades intrínsecas de éste y de su contenido de humedad al momento de ejercer esta presión (Ellies *et al*, 1982).

Debido a una intensificación de la actividad pecuaria y agrícola los suelos Distrandepes y Palehumultes dominantes en la zona sur de Chile son afectados con distintas presiones en forma creciente. El objetivo de este trabajo es la evaluación de los cambios físicos y mecánicos que ocurren por efectos de cargas en algunos de estos suelos con diferentes tenores de carbono orgánico y arcilla; determinando la capacidad de soporte, coeficiente de compresión volumétrica y descompresión volumétrica. Estos antecedentes permiten señalar la máxima presión que pueden soportar estos suelos sin que se modifique sustancialmente la cantidad y distribución del espacio poroso y las propiedades edáficas que más influyen sobre las propiedades mecánicas.

MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron cuatro suelos Distrandepes y cuatro suelos Palehumultes bajo explotación pecuaria con distintos tenores de arcilla y carbono orgánico. Los suelos analizados están ubicados en las provincias de Valdivia y Osorno (Chile). De estos suelos se extrajeron muestras sin alterar, con cilindros de 370 cm³ a una profundidad entre 5-15 cm. Para cada suelo se recolectaron muestras en tres sitios diferentes con nueve repeticiones para cada lugar.

Los cilindros fueron llevados por partes iguales durante un período de hasta treinta días a tres condiciones de humedad, éstas correspondían a muestras con una saturación superior al 95% equivalente a una tensión matricial menor que 1 KPa, muestras con un grado de saturación menor al 25% equivalente a una tensión matricial superior a 1.500 K Pa y muestras con un grado de saturación entre 50-65% equivalente a una tensión matricial equivalente a 33 K Pa.

Las muestras de suelos fueron ajustadas a un anillo edométrico aplicándose presiones sucesivas cada una durante 3 minutos de 25, 50, 100, 200, 400 y 800 K Pa. Las descargas se efectuaron en una secuencia con-

traria a su aplicación. La deformación axial se determinó con un comparador micrométrico. A partir de las curvas específicas de deformación/presión, se determinó mediante el método geométrico la capacidad de soporte (Rico y Castillo, 1978) y a partir de la variación del espacio poroso por efecto de las cargas y descargas se determinaron los coeficientes de compresión volumétrica y descompresión volumétrica.

Se caracterizaron además, físicamente los suelos para cada uno de los lugares de toma de muestras en propiedades mecánicas: contenido de carbono por oxidación húmeda (Walkley, 1935), espacio poroso y distribución por tamaño de poros (Richard, 1949) y granulometría (Ellies, 1984).

Los resultados de los ensayos edométricos para las distintas muestras se sometieron a un análisis de varianza, también se comparó la varianza de las propiedades mecánicas entre los suelos de un mismo grupo y entre los grupos de suelos para determinar si las propiedades edométricas son específicas por grupo y/o tipo de suelo. Finalmente, mediante correlaciones se determinó el efecto que tienen algunas propiedades edáficas sobre las propiedades edométricas.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los valores medios de las propiedades edáficas que tienen relación con las propiedades mecánicas analizadas, éstas presentan tenores que son normales para este tipo de suelos (Ellies y Funes, 1980; Ellies y Mac Donald, 1984).

En la Tabla 2 se detalla la capacidad de soporte de las muestras de los suelos analizados. En los dos grupos de suelos, ésta disminuye a medida que aumentan los tenores de humedad. Entre los grupos de suelos y para cualquier nivel de humedad los valores de la capacidad de soporte no difieren.

En la Tabla 3 se presentan los coeficientes de descompresión volumétrica para los distintos tramos de cargas. Existe la tendencia generalizada de un aumento de éstos a medida que incrementa el contenido de agua en el suelo con los distintos rangos de presión. Este coeficiente discrimina bastante bien entre los suelos de un mismo grupo y entre los grupos de suelos.

Los coeficientes de descompresión volumétrica de los suelos analizados se presentan en la Tabla 4. Existe una significativa recuperación del volumen después de una descarga completa en suelos húmedos a saturados. La recuperación del volumen en los suelos Distrandepes es muy superior a la de los Palehumultes.

TABLA 1: Características físicas de las muestras de suelos analizados

Suelos	Textura (%)			C %	Densidad g. cm ³	Porosidad (%)	Diámetro de poros		
	< 2	2-63	63-2.000 μm				> 10	10-0.2	< 0.2 μm
Palehumultes									
La Union	48	43	9	3.8	1.04	57.7	11.2	19.9	26.6
Los Ulmos	58	36	6	5.1	0.99	57.6	14.4	9.4	33.8
Cudico	45	47	8	3.7	1.03	58.7	14.9	12.8	31.0
La Union II	54	39	7	6.4	0.74	70.6	20.3	17.6	32.7
Distrandeptes									
Valdivia	34	53	13	8.5	0.68	69.1	20.8	19.1	29.2
Paillaco	36	39	25	8.2	0.69	71.0	22.6	21.2	27.2
Malihue	39	53	8	9.1	0.64	71.7	17.9	21.9	31.9
Pelchuquín	42	49	9	10.7	0.65	69.8	28.0	18.5	23.3

TABLA 2. Capacidad de soporte (K Pa) de las muestras superficiales de suelo

Suelos	Contenido de Humedad		
	Seco	Húmedo	Saturado
Palehumultes			
La Unión	197 bx	142 abx	124 ax
Los Ulmos	200 bx	164 abxy	145 axy
Cudico	263 by	170 axy	156 axy
La Unión II	204 ax	200 ay	190 ay
Media	216 bA	169 aA	154 aA
Distrandeptes			
Valdivia	225 bx	184 ax	178 ay
Paillaco	214 bx	190 abxy	164 ay
Malihue	237 bx	174 abx	164 ay
Pelchuquín	223 bx	204 by	149 ax
Media	225 bA	188 abA	164 aA

a, b, c letras distintas, el suelo difiere significativamente por nivel de humedad (5%)

x, y, z letras distintas, el suelo de un grupo difiere significativamente para un mismo nivel de humedad (5%)

A, B letras distintas, los grupos de suelo difieren significativamente para un mismo nivel de humedad (5%).

DISCUSION

La capacidad de soporte es la máxima carga que puede soportar un suelo sin que se reduzca significativamente su espacio poroso (Terzaghi y Peck, 1963). Los suelos analizados están sujetos en forma permanente a un pastoreo de bovinos los cuales ejercen presión cercana a 170 K Pa (Chancellor *et al*, 1962).

En los dos grupos de suelos y para la condición seca, la capacidad de soporte es lo suficientemente alta para permitir un pastoreo de bovinos sin que se degrade su espacio poroso. En condiciones húmedas, en especial bajo condiciones saturadas, esta capacidad es crítica para algunos suelos. La reducción de la capacidad de soporte en condiciones húmedas se hace más notoria en los Palehumultes. El pastoreo en períodos lluviosos degrada estos suelos provocando una pérdida de su porosidad. Para los distintos niveles de humedad la capacidad de soporte no difiere entre los dos grupos de suelos analizados. Esto ocurre a pesar de la notable diferencia que existe entre sus densidades aparentes. Se acepta por lo general que suelos con una alta densidad aparente pueden soportar una mayor carga sin que se modifique sustancialmente su espacio poroso, con ello se desprende que son las unidades estructurales de los Distrandepes que más inciden sobre su capacidad de soporte y en su estabilidad mecánica.

Aún cuando la capacidad de soporte no discrimina entre los grupos de suelos, sí lo hace entre los suelos de un mismo grupo. El contenido de arcilla no incide sobre la capacidad de soporte pero sí lo hacen propiedades edáficas que están relacionadas con la estructura de los suelos y de las medidas de manejo. Se observó en las muestras analizadas una relación directa entre la capacidad de soporte en condiciones húmedas y el espacio poroso grueso ($\phi > 10 \mu\text{m}$) ($r = 0.920^{**}$), es decir, una propiedad edáfica que está muy relacionada con la estructura y medidas de manejo del suelo.

El efecto que tiene la estructura sobre la capacidad de soporte de estos suelos se demuestra también en la incidencia significativa que tiene el carbono sobre la capacidad de soporte ($r = 0.70^{*}$).

El coeficiente de compresión volumétrica representa la compresibilidad del suelo bajo la influencia de un aumento unitario en la presión (Terzaghi y Peck, 1963). Para los suelos analizados este coeficiente in-

crementa fuertemente al aplicar cargas sobre suelos húmedos y saturados. La pérdida volumétrica de los Distrandepes en cualquier rango de humedad y hasta una presión de 400 K Pa es más alta que en los Palehumultes, pero en términos relativos ésta tiene una menor importancia, debido al alto espacio poroso que mantienen estos suelos. En el rango de 400-800 K Pa los dos grupos de suelo tienen un coeficiente de compresión volumétrica similar. Esto ocurre aún cuando el espacio poroso en estos suelos difiere notablemente. Aparentemente, en los rangos con presiones bajas se destruyó sólo la porosidad entre las unidades estructurales mayores, pero con altas cargas la micro-agregación residual en los Distrandepes permanece resistente, conservándose el espacio poroso. En los Palehumultes las pérdidas absolutas del espacio poroso con un alto nivel de carga es menos significativa debido a que queda sólo un escaso volumen residual por comprimir. Aparentemente, a este nivel de cargas cobra un mayor peso la granulometría y la densidad aparente en este suelo.

La recuperación volumétrica en todos los suelos analizados sólo llega a ser significativa cuando la descarga es completa tanto en condiciones húmedas a saturadas. La recuperación del volumen en condiciones saturadas se asocia para ambos suelos a un elemento elástico que es el carbono orgánico ($r = 0.824^{**}$). El contenido de arcilla en las muestras de los Palehumultes también incide en forma directa sobre la recuperación volumétrica ($r = 0.856^{**}$) pero no en las muestras de los Distrandepes, ello indica que la fracción coloidal inorgánica de los primeros contiene componentes hinchables. La recuperación volumétrica con descarga completa y en condiciones saturadas puede llegar a cerca de la mitad del volumen perdido por efecto de las cargas. En condiciones naturales y en tiempos prolongados es posible que la recuperación sea aún más significativa.

Aún cuando la pérdida volumétrica final en ambos suelos pudiera ser aceptable, existe una notable degradación del espacio poroso residual. El tamaño de los poros residuales y/o recuperados corresponden probablemente a una porosidad fina a muy fina. En los suelos Palehumultes se pierde calidad de sitio por perderse cantidades apreciables de su escasa macroporosidad, una pérdida de la abundante macroporosidad fina en los Distrandepes podría incluso mejorar la calidad de sitio por un incremento de una fracción de poros que almacenan agua.

TABLA 3. Coeficiente de compresión volumétrica ($K \text{ Pa} \cdot 10^{-3} \text{ }^{-1}$) de las muestras superficiales de suelo.

Suelos	Rangos de cargas $K \text{ Pa}$							
	25 - 100		100 - 400		400 - 800			
	Seco	Húmedo	Saturado	Seco	Húmedo	Saturado	Seco	Húmedo
Palehumultes								
La Unión	0.336 ax	0.787 by	1.474 cy	0.107 ax	0.148 bx	0.183 cx	0.149 ax	0.362 bx
Los Ulmos	0.668 az	0.831 by	1.053 cy	0.136 axy	0.150 ax	0.225 by	0.327 ay	0.361 ax
Cudico	0.552 ay	0.738 by	0.829 cx	0.134 axy	0.175 bxy	0.189 bx	0.281 ay	0.408 bxy
La Unión II	0.524 ay	0.593 bx	0.620 bx	0.167 ay	0.195 ay	0.223 by	0.282 ay	0.499 by
Media	0.520 aA	0.737 bA	0.994 cA	0.136 aA	0.167 abA	0.205 bA	0.260 aA	0.390 bA
Distrandeptes								
Valdivia	0.664 ay	0.996 by	1.029 cx	0.195 ay	0.210 ax	0.213 ax	0.279 ax	0.404 by
Paillaco	0.690 ay	0.780 bx	1.018 cx	0.203 ay	0.214 ax	0.213 ax	0.365 ay	0.350 ax
Malhue	0.562 ax	1.030 by	1.250 cy	0.172 ax	0.196 abx	0.210 bx	0.232 ax	0.408 by
Pelchuquín	0.689 ay	0.870 bxy	1.480 cz	0.155 ax	0.193 bx	0.202 bx	0.237 ax	0.348 bx
Media	0.651 aB	0.919 bB	1.194 cB	0.181 aB	0.203 aB	0.210 aA	0.278 aA	0.378 bA

a, b, c letras distintas, el suelo difiere significativamente por nivel de humedad (5%)

x, y, z letras distintas, el suelo de un grupo difiere significativamente para un mismo nivel de humedad (5%)

A, B letras distintas, los grupos de suelo difieren significativamente para un mismo nivel de humedad (5%)

TABLA 4. Coeficientes de descompresión volumétrica ($K \text{ Pa} \cdot 10^{-4}$) de las muestras superficiales de suelo

Suelos	Rangos de cargas $K \text{ Pa}$							
	800 - 400				400 - 100			
	Seco	Húmedo	Saturado	Seco	Húmedo	Saturado	Seco	Húmedo
Palehumultes								
La Unión	0.057 ay	0.058 ay	0.070 ay	0.290 ax	0.482 bxy	0.564 cxy	2.583 ay	3.636 by
Los Ulmos	0.001 ax	0.001 ax	0.001 ax	0.529 az	0.554 aby	0.593 by	1.886 ax	3.843 by
Cudico	0.003 ax	0.056 by	0.073 by	0.398 ay	0.427 abx	0.478 bx	1.612 ax	2.828 bx
La Unión II	0.006 ax	0.176 bz	0.262 cz	0.501 az	0.556 aby	0.601 by	2.238 axy	4.106 bz
Media	0.022 aA	0.073 bA	0.102 bA	0.430 aA	0.505 abA	0.559 bA	2.079 aA	3.604 bA
Distrandeptes								
Valdivia	0.093 ay	0.195 by	0.195 by	0.517 ay	0.764 by	0.888 cxy	3.204 ay	6.394 bx
Pailaco	0.010 ax	0.093 bx	0.171 cxy	0.636 az	0.740 by	0.758 bx	2.575 axy	5.240 bx
Malihue	0.015 ax	0.098 bx	0.100 bx	0.413 ax	0.810 bz	1.127 cz	2.241 ax	5.616 bx
Pelchuquín	0.008 ax	0.095 bx	0.196 cy	0.418 ax	0.529 bx	0.921 cy	2.278 ax	6.051 bx
Media	0.031 aA	0.120 bB	0.166 cB	0.496 aA	0.711 bB	0.924 cB	2.575 aB	5.825 bB

a, b, c letras distintas, el suelo difiere significativamente por nivel de humedad (5%)

x, y, z letras distintas, el suelo de un grupo difiere significativamente para un mismo nivel de humedad (5%)

A, B letras distintas, los grupos de suelo difieren significativamente para un mismo nivel de humedad (5%)

CONCLUSIONES

La capacidad de soporte no difiere entre los Distrandepes y Palehumultes aún cuando estos suelos difieren en su densidad aparente.

Las propiedades estructurales de los Distrandepes y Palehumultes caracterizados por su contenido de carbono y cantidad de macroporos inciden directamente sobre la capacidad de soporte.

La compresión volumétrica discrimina entre los dos grupos de suelos y los suelos de un mismo grupo.

La compresión volumétrica aumenta en condiciones húmedas y con mayores cargas en ambos grupos de suelo.

La recuperación volumétrica en ambos grupos de suelo llega a ser significativa con una descarga completa y en condiciones saturadas.

La recuperación volumétrica en los Distrandepes depende del contenido de carbono y en los Palehumultes del contenido de arcilla.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del Proyecto RS-84-7 financiado por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile.

REFERENCIAS

- Chancellor, W. J.; R. H. Schmidt y N. Soehne, 1962. Laboratory measurement of soil compaction and plastic flow. Transactions of ASAE, 5:235-239.
- Ellies, A. y M. Funes, 1980. Morphologie und Stabilität von Aggregaten aus chilenischen Vulkanasche-Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 143:530-536.
- Ellies, A.; J. Gayoso y J. Lamig, 1982. Efecto del manejo y contenido de humedad sobre la preconsolidación de dos suelos del sur de Chile. Agrosur, 10: 124-130.
- Ellies, A. y R. MacDonald, 1984. Algunas propiedades físico-mecánicas de suelos Distrandepes del sur de Chile. Agrosur, 12: 140-147.
- Richard, L. A., 1949. Methods of measuring soil moisture tension. Soil Sci. 68: 95-112.
- Rico, R. y H. del Castillo, 1978. La Ingeniería de suelos en las vías terrestres, carreteras, ferrocarriles y aeropistas. Limusa, México, 163 p.
- Terzaghi, K. y R. Peck, 1963. Mecánica de suelos en la Ingeniería práctica. Ateneo, Buenos Aires, 663 p.
- Warkley, A., 1935. An examination of methods of determining organic carbon and nitrogen in soils. I. Agr. Sci. 25: 598-609.