

CAMBIO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN ULTIC HAPLOXERALF CULTIVADO CON VID (VITIS VINIFERA).

⁽¹⁾ Eduardo Farías, ⁽¹⁾ Oscar Seguel, ⁽¹⁾ Manuel Casanova, ⁽¹⁾ Walter Luzio, ⁽²⁾ Inés Pino, ⁽²⁾ Ximena Videla, ⁽²⁾ Ana María Parada, ⁽²⁾ Adriana Nario.

⁽¹⁾ *Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, oseguel@uchile.cl*

⁽²⁾ *Comisión Chilena de Energía Nuclear, ipino@cchen.cl*

INTRODUCCIÓN. La actividad agropecuaria modifica la estructura del suelo; la magnitud del cambio depende del tipo de manejo y del tiempo de utilización desde la incorporación del suelo a la actividad silvoagropecuaria, luego de la eliminación de la vegetación nativa (8, 11). Al cambiar el uso del suelo de bosque nativo a plantaciones de pino (*Pinus ponderosa* Dougl.), se ha observado una pérdida del grado estructural de agregados granulares; ello reflejaría un cambio de la distribución de poros por tamaño, al aumentar la microporosidad y disminuir la macroporosidad bajo pino (5, 9). En Sudán (14) también se han utilizado sitios cercanos de vegetación nativa (pradera de *Cynodon dactylon* L., *Ocimum basilicum* L.) para comparar algunas propiedades del suelo (nitrógeno total, carbono orgánico y densidad aparente) con sitios de cultivo convencional de caña de azúcar de más de 40 años, y de menos de 10 años desde su establecimiento. Otros autores (7) han utilizado la condición de vegetación nativa, para observar cambios en el contenido de carbono debido a cambios en el uso del suelo, comparándolo con sitios de rotación con labranza convencional (soya-trigo-maíz). Todas las experiencias concluyen que al existir un cambio de uso del suelo existe una disminución de carbono orgánico (14) y un cambio en la dinámica de la formación de agregados, disminuyendo en el suelo la estabilidad de los agregados al agua y aumentando los riesgos de erosión (7, 10). Falta estudiar con mayor detalle el efecto de la labranza continua en sistemas de cultivos persistentes. El presente estudio busca determinar cómo el cultivo de la vid afecta algunas propiedades físicas del suelo, y ver en qué magnitudes se manifiestan los cambios en las variables a medir, tanto en la entre hilera como en la sobre hilera, tomando como referencia el suelo bajo vegetación natural.

MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio se realizó en la localidad de Apalta (Santa Cruz, VI Región, Chile), en una ladera de cerro (8% de pendiente) destinada a la producción de vid vinífera conducida en espaldera y que posee 8 años desde su plantación.

Los suelos del sector pertenecen a la Asociación La Lajuela, miembro de la Familia franca fina, mixta, térmica de los Ultic Haploxeralfs. En topografía de cerros, estos suelos se han formado a partir de material andesítico-granítico, presentando clases texturales que varían de franco arcillo arenosa en superficie a arcillosa en profundidad, estructura de bloques subangulares entre 0 - 50 cm y una condición maciza a más de 50 cm (6). La precipitación anual se encuentra entre los 750 y los 900 mm, y la temperatura media anual es de 14,5° C (6).

Se realizó un muestreo de suelos con tres repeticiones (calicatas) por horizonte en tres sitios: Nativo (N), sin intervención antrópica; Sobre-Hilera (SH), en la hilera de plantación y; Entre-Hilera (EH), bajo la huella del tractor. La unidad experimental correspondió a una calicata de 2 x 1 m. Se determinó así un diseño experimental completamente al azar, para 3 tratamientos (N, EH, SH) con 3 repeticiones en cada variable a medir y a cada profundidad.

Se midió la retención de agua y la distribución de poros por tamaño (13), la densidad aparente mediante método del cilindro y método del terrón (1), la resistencia tensil en agregados (3), la densidad real mediante método del picnómetro (2), la textura mediante método del hidrómetro (4) y la materia orgánica por calcinación (15). Se busca así determinar la magnitud del impacto del uso silvoagropecuario desde la condición de bosque nativo (N) a la sobrehilera (SH) manejada con enmiendas orgánicas (2 ton ha⁻¹ año⁻¹) y la entrehilera (EH), sin manejo y con tránsito de maquinaria agrícola.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. El Cuadro 1 presenta la caracterización general de los distintos sitios estudiados, destacando el elevado contenido de materia orgánica en el sitio N, dado por la acumulación de hojarasca propia de los sistemas de bosque nativo.

Cuadro 1. Propiedades del suelo para los sitios nativo (N), sobre hilera (SH) y entre hilera (EH). Promedios (\pm desviación estándar).

Muestra	Horiz./Prof. (cm)	MO	A (%)	L	a	Dr (Mg m ⁻³)
N	A (0-20)	10,48 ($\pm 0,22$)	23,9	35,6	40,5	2,47 ($\pm 0,058$)
	A ₂ (20-40)	5,68 ($\pm 0,10$)	24,8	34,5	40,7	2,62 ($\pm 0,013$)
	B _w (40-60)	5,18 ($\pm 0,04$)	36,0	30,5	33,5	2,58 ($\pm 0,067$)
SH	A _p (0-20)	4,75 ($\pm 0,09$)	29,2	33,6	37,2	2,64 ($\pm 0,007$)
	A ₂ (30-40)	4,63 ($\pm 0,10$)	35,5	27,4	37,1	2,56 ($\pm 0,114$)
	B _w (40-60)	5,44 ($\pm 0,04$)	45,6	27,2	27,2	2,62 ($\pm 0,021$)
EH	A _p (0-20)	4,23 ($\pm 0,07$)	24,9	32,1	43,0	2,63 ($\pm 0,006$)
	A ₂ (10-40)	4,64 ($\pm 0,07$)	31,9	29,8	38,2	2,51 ($\pm 0,093$)
	B _w (40-60)	5,69 ($\pm 0,04$)	44,6	23,5	31,9	2,70 ($\pm 0,003$)

En las tres profundidades, los contenidos de MO son relativamente similares para la EH y la SH. Cabe destacar que en la tercera profundidad, los valores de MO bajo vid en comparación con el sitio natural, son similares, esto manifestaría, en un principio, que la influencia del cultivo y sus manejos, no se hace tan manifiesta, o es más bien residual, a una profundidad de 40 cm y más.

Al tomar como referencia el sitio natural no intervenido, se concluye que superficialmente la entre hilera ha sufrido erosión, lo que se evidencia en su clase textural. Se podría señalar que, producto de la pérdida de suelo, y también debido al asentamiento que se produce en un sitio al ser cultivado, es que en el sitio EH se encuentran clases texturales a una menor profundidad en relación al sitio no intervenido.

El Cuadro 2 presenta los resultados de densidad aparente y la curva de retención de agua con muestras no disturbadas. A partir de estos datos se calcularon los poros gruesos, como la diferencia volumétrica entre la porosidad total y la retención de agua a -33 kPa, y el agua aprovechable, como la diferencia volumétrica entre los contenidos de agua a -33 y -1500 kPa (12).

En el sitio N se manifiesta claramente la tendencia

natural del aumento de densidad en profundidad, debido al mayor peso de suelo que existe en un punto del perfil que se encuentra más profundo que otro (8, 12). En la sobre hilera (SH) también se manifiesta esta tendencia, pero las primeras profundidades ya han perdido gran parte de la porosidad ante el cambio de uso del suelo. En la entre hilera (EH), se manifiesta la influencia del paso de la maquinaria en la primera profundidad, que posee una mayor densidad (1,67 Mg m⁻³) que el resto de sus profundidades (1,60 y 1,56 Mg m⁻³ respectivamente). Esta disminución en profundidad seguramente es consecuencia del paso de la maquinaria agrícola, la cual se concentra y disipa en los primeros dos horizontes, posteriormente su influencia se hace residual, dada la configuración estructural del suelo, que permite concentrar las cargas en superficie (11). Bajo 40 cm de profundidad se mantendría la densidad que el suelo poseía antes de ser sometido a cultivación, tanto en la SH como en la EH.

El valor de densidad aparente en la superficie de SH se debe al manejo específico del sitio, donde se realiza una incorporación de materiales orgánicos, razón por la cual el suelo permanece suelto (7, 8).

Cuadro 2. Densidad aparente y porosidad de los sitios nativo (N), sobre hilera (SH) y entre hilera (EH). Promedios (\pm desviación estándar).

Muestra	Horiz./Prof. (cm)	Da cilindro (Mg m ⁻³)	Da terrón (Mg m ⁻³)	Porosidad total (%)	Poros gruesos (%)	Agua aprovechable (%)
N	A (0-20)	1,12 ($\pm 0,08$)	1,15 ($\pm 0,04$)	54,7	23,0	19,3
	A ₂ (20-40)	1,30 ($\pm 0,07$)	1,38 ($\pm 0,08$)	50,4	20,9	16,9
	B _w (40-60)	1,54 ($\pm 0,09$)	1,55 ($\pm 0,04$)	40,3	9,0	13,3
SH	A _p (0-20)	1,30 ($\pm 0,06$)	1,57 ($\pm 0,05$)	50,8	23,5	16,6
	A ₂ (30-40)	1,52 ($\pm 0,09$)	1,59 ($\pm 0,23$)	40,6	10,9	15,5
	B _w (40-60)	1,57 ($\pm 0,04$)	1,59 ($\pm 0,03$)	40,1	8,9	8,5
EH	A _p (0-20)	1,64 ($\pm 0,11$)	1,67 ($\pm 0,07$)	37,6	8,0	15,6
	A ₂ (10-40)	1,65 ($\pm 0,08$)	1,60 ($\pm 0,18$)	34,3	6,9	10,9
	B _w (40-60)	1,64 ($\pm 0,06$)	1,56 ($\pm 0,12$)	39,3	5,2	8,7

En este sitio (SH) se presentan menores valores de densidad aparente con el método del cilindro respecto del método del terrón, también reflejo de la aplicación de residuos orgánicos en superficie, lo que incrementa la porosidad entre agregados, con un manejo que no es lo suficientemente agresivo como para destruirlos. La porosidad total sufre fuertes disminuciones, resultando evidente que el principal efecto se genera a nivel de poros gruesos. Como ya se indicó, el manejo de la sobrehilera permite mantener un nivel de macroporosidad similar al sitio N en superficie, pero las disminuciones de la porosidad total y los poros gruesos en la entre hilera (EH) pueden alcanzar valores de un 31 y un 65% respectivamente en relación al sitio nativo (N). El impacto del cambio de uso de suelo no es evidente bajo los 40 cm de profundidad. El contenido de agua aprovechable no sufre cambios relevantes, por lo que el colapso del sistema poroso grueso, a consecuencia del paso de maquinaria agrícola, está transformando poros de aireación en poros no útiles para la planta, por cuanto estaría generando una energía de retención de agua a la cual el cultivo no es capaz de absorber para satisfacer sus necesidades fisiológicas (10, 12).

Finalmente, la Figura 1 presenta los resultados de la resistencia tensil de los agregados, evaluados a dos tensiones mátricas. Los suelos bajo una condición de capacidad de campo (-33 kPa, Figura 1a) presentan una tendencia clara, en la que las resistencias disminuyen en profundidad, tanto para N como para SH, pero esta tendencia se rompe en la EH, que presenta su mayor resistencia en superficie, y la menor resistencia entre los 20 y 40 cm. La estabilidad mecánica del sitio N, que es el que posee el menor contenido de arcilla, está dada por los altos niveles de MO (Cuadro 1), no así el sitio EH, que ha perdido su funcionalidad y su estructura. Aún así los valores de resistencia de las tres situaciones son bajas en relación al requerimiento de carga mecánica, por lo que el tránsito con maquinaria agrícola bajo condiciones de alta humedad resultará perjudicial en la estabilidad estructural (13). Sin embargo, es necesario considerar que la prueba se realizó sobre agregados no confinados, por lo que la capacidad de soporte del suelo será mayor.

Las diferencias entre sitios se acrecientan cuando el suelo se encuentra bajo punto de marchitez permanente (-1500 kPa, Figura 1b), donde el sitio N presenta incrementos en la resistencia mecánica que no constituyen limitantes para la exploración radical de la vid (3); sin embargo, en el sitio EH podrían existir limitaciones a partir de los 40 cm, lo que atenta con un enraizamiento profundo para la obtención de un vino de alta calidad. El manejo

en superficie del sitio SH (aporte de residuos orgánicos) favorece mantener una baja resistencia mecánica, similar al testigo N, aunque con aumentos significativos bajo los 20 cm.

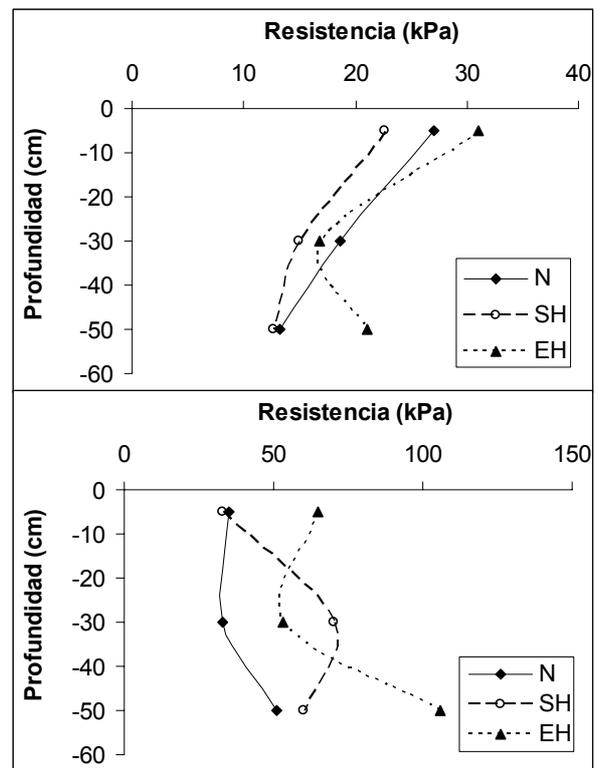


Figura 1. Resistencia tensil de agregados individuales equilibrados a (a) -33 y (b) -1500 kPa de tensión.

La presente investigación se encuentra actualmente en desarrollo, evaluando la variabilidad de las propiedades en el sitio específico, y analizando las interrelaciones entre propiedades del suelo que afectan el rendimiento y la calidad de uva para fines enológicos. Junto con ello, se están complementando las mediciones con otras propiedades, como lo es la estabilidad de agregados y la continuidad del sistema poroso. Se espera con los resultados poder generar criterios y directrices de manejo para mantener la productividad de suelos cultivados en laderas con especies persistentes.

CONCLUSIONES. El cambio de uso de un Alfisol, ocupando una posición de pie de monte con un 8% de pendiente, desde la vegetación nativa hacia el cultivo de vid, provoca pérdidas en los contenidos de materia orgánica del suelo, lo que redundará en una menor estabilidad físico-mecánica. Las principales consecuencias son la disminución de la macroporosidad, la que pasa a constituir poros muy finos, sin incrementar la porosidad de agua aprovechable por la planta. Existen incrementos en la densidad aparente, los

que resultan en una mayor resistencia mecánica, especialmente en la entrehilera, bajo la huella de la maquinaria agrícola. Las aplicaciones de materiales orgánicos en la sobrehilera, permiten mantener las propiedades en condiciones favorables para el cultivo, muy similares al sitio nativo, pero sólo concentradas en superficie. Los efectos del cambio de uso de suelo no son relevantes a profundidades mayores a 40 cm.

LITERATURA CITADA

1. Blake, G. and K. Hartge. 1986. Bulk density, pp: 363- 375. In: Klute, A. (Ed.). Methods of soil analysis. 2nd ed. ASA and SSSA. Madison WI. v.1. 1188 p.
2. Blake, G. and K. Hartge. 1986. Particle density, pp: 377-382. In: Klute, A. (Ed.). Methods of soil analysis. 2nd ed. ASA and SSSA. Madison WI. v.1. 1188 p.
3. Blazejczak, D., R. Horn, J. Pytka. 1995. Soil tensile strength as affected by time, water content and bulk density. *International Agrophysics* 9: 179-188.
4. Bouyoucos, G. 1962. Hydrometer method for malsing particle size analysis of soil. *Agronomy Journal* 54: 464-465.
5. Broquen, P., G. Falbo, C. Frugoni, J.L. Girardin. 2000. Estructura y porosidad en andisoles con vegetación natural y con plantaciones de *Pinus ponderosa* Dougl. en el sudoeste de Neuquén, Argentina. *Bosque* 21(1):25-36.
6. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 1996. Estudio Agrológico VI Región. Tomo II. 546 p.
7. Degryze, S., J. Six, K. Paustian. 2004. Soil organic carbon pool changes following land-use conversions. *Global Change Biology* 10: 1120-1132.
8. Ellies, A., C. Ramírez y R. MacDonald. 1993. Cambios en la porosidad de un suelo por efecto de su uso. *Turrialba* 43(1): 72-76.
9. Ellies, A., R. Grez y C. Ramírez. 1996. Potencial de humectación y estabilidad estructural de los agregados de suelos sometidos a diferentes manejos. *Agricultura Técnica* 55 (3-4): 220-225.
10. Ellies, A., R. Grez y C. Ramírez. 1997. La conductividad hidráulica en fase saturada como herramienta para el diagnóstico de la estructura del suelo. *Agro Sur* 25(1): 51-56.
11. Ellies, A., R. Horn y R. Smith. 2000. Effect of management of a volcanic ash soil on structural properties. *International Agrophysics* 14: 377-384.
12. Hartge, K. and R. Horn. 1992. Die physikalische untersuchung von böden. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart, Germany. 177 p.
13. Klute, A. 1986. Water retention: Laboratory methods. pp: 635-662. In: Klute, A. (Ed.). Methods of soil analysis. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison WI. v.1. 1188 p.
14. Mubarak, A., O. Elshami and A. Azhari. 2005. Long- and short-term effects of cultivation on properties of a Vertisol under sugarcane plantation. *Soil & Tillage Research* 84: 1-6.
15. Nelson, D. and L. Sommers, 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page, A. (Ed.). Methods of soil analysis. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison WI. v. 2. 1.159 p.

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen a la Viña Neyén de Apalta por la colaboración prestada en esta investigación.