

VARIACION DEL POTENCIAL MÁTRICO DURANTE EL MOVIMIENTO DE AGUA EN ANDISOLES

Juan Nissen M.¹, Cristian Quiroz S.¹, Oscar Seguel S.², Roberto Mac Donald H.¹ y Achim Ellies Sch.¹ (In Memoriam).

¹ Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile. E-mail: jnissen@uach.cl

² Depto. de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago. E-mail: oseguel@uchile.cl .

ABSTRACT

Variation of matric potential during water movement in Andisols.

Keywords: Matric potential, water movement, porosity, Andisol use.

The aim of this research was to evaluate the dynamics of matric potential during wetting and drying processes of three Andisols, located in the VIIth, IXth and Xth Regions of Chile, submitted also to two different uses (forest and pasture). The matric potential during 24 h after a simulated irrigation of 30 mm, was measured and the advance of the water front was registered for non disturbed soil samples with an artificial water table. With the same set of sensors, variations of matric potentials were measured during a period of drying of 24 h. Furthermore, porosity distribution of all soils was determined. The advance of the water fronts took between 8 and 16 minutes to wet the complete forest soil profiles, time that was related to the size distribution of pores. Due to the more intense management of the pasture, which causes a decrease of total porosity and drainable pores (>50-10⁰m), the time of water distribution increased and the gradient of potentials was more irregular. After 24 hours, in all soils and in both uses, distribution of potentials reached a balance with the water table, similar to the distribution previous to irrigation. In conclusion, with the increase of drainable porosity the advance of the water front tended to be bigger and constant, specially in forest soils

RESUMEN

Palabras clave: Potencial mátrico, flujo de agua, porosidad, uso de Andisoles.

El objetivo principal de la investigación fue evaluar la dinámica del potencial mátrico en fases de mojado y secado en tres Andisoles, provenientes de la VIIa, IXa y Xa Regiones de Chile, sujetos además a dos tipos de uso, bosque y pradera. Se monitoreó el avance del frente de agua en muestras de suelos no alteradas con un nivel freático artificial durante 24 h, después de haber simulado un riego de 30 mm. Con el mismo equipo de sensores, se monitoreó la variación del potencial mátrico durante un periodo de secado de 24 h. También se determinó la distribución de poros de todos los suelos en estudio. Los frentes de avance tardaron entre 8 y 16 min en distribuirse dentro del perfil de suelo bajo bosque, tiempo que se relacionó con la distribución del tamaño de poros.

El uso más intenso de la pradera provocó una disminución de la porosidad total y de drenaje del suelo, produciendo además un aumento en el tiempo de distribución del agua y un gradiente de potencial más irregular. Al cabo de 24 h, para todos los suelos y para ambos usos, la distribución de potenciales alcanzó un equilibrio con el nivel freático similar a la distribución previa a la aplicación del riego. En conclusión, con el incremento de la porosidad de drenaje, el avance del frente de agua tendió a ser mayor y constante, especialmente en los suelos bajo bosque.

INTRODUCCION

Los principales mecanismos que participan en el movimiento del agua en el suelo son el gradiente hidráulico, el potencial mátrico y la gravedad (Iversen et al., 2001; Wallach et al., 1992). La velocidad del flujo no saturado depende del tamaño de los poros que están activos y de la tensión con que el agua está retenida (William et al., 1991). En el flujo no saturado existe una fuerte relación entre la conductividad hidráulica, el contenido de agua y el espesor de las películas de agua (Baver y Gardner, 1973).

El gradiente hidráulico en suelos derivados de ceniza volcánica es pequeño y la conductividad hidráulica en fase no saturada es alta (Ellies y Vyhmeister, 1981).

También se ha sugerido que la forma de los poros en estos suelos puede favorecer la alta conductividad hidráulica. A su vez, esta característica explicaría el por qué estos suelos pierden tan rápidamente el agua y sufren un secado uniforme en profundidad (Vyhmeister, 1980). Según Ellies y Vyhmeister (1981), al comparar curvas de evolución del potencial mátrico en un proceso de humectación y secado de dos Andisoles (uno reciente y otro evolucionado) con otros suelos, en ambos determinaron un gradiente hidráulico muy pequeño, lo que se puede deber a la alta conductividad hidráulica en fase no saturada y al alto porcentaje de poros medianos que presentan estos suelos. En Andisoles más recientes, los gradientes hidráulicos son algo más pronunciados que en Andisoles

evolucionados. Lo anterior puede deberse a la mayor proporción de poros gruesos y a la extrema hidrofobia del suelo menos evolucionado.

En general, los suelos derivados de cenizas volcánicas recientes se caracterizan por un secado continuo y uniforme desde la superficie del suelo hasta las estratas inferiores.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la dinámica del potencial mátrico en tres Andisoles, al someterlos a procesos alternados de mojado y secado en presencia de un nivel freático. En cada uno de estos tres suelos, provenientes de la VIIa, IXa y Xa Regiones de Chile, se estudió además el efecto que tiene el uso de bosque y de pradera sobre la mencionada dinámica.

MATERIAL Y METODO

El estudio se realizó en el Laboratorio de Física de Suelos del Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos de la Universidad Austral de Chile, entre septiembre de 2003 y enero de 2004. Se emplearon tres Andisoles (trumaos) sometidos cada uno a dos distintos usos: bosque nativo y pradera permanente. Por una parte, se extrajeron muestras inalteradas en cilindros de 30 cm de diámetro y 75 cm de altura (53,01 L de capacidad), con una altura mínima de suelo de 60 cm, sin vegetación. Cada cilindro fue enterrado a golpes y la extracción de las muestras no generó asentamiento. Posteriormente, estos cilindros fueron llevados al laboratorio. Se consideró que muestras inalteradas de este tamaño serían equivalentes a medidas de campo,

Cuadro 1. Suelos analizados y ubicación de la toma de muestras.

Table 1. Analysed soils and sampling location.

Serie de suelo	Clasificación	Ubicación
Bramadero	Humic Haploxerand	A 25 km al este de San Clemente hacia Laguna del Maule, Talca, VII Región
Osorno	Typic Hapludand	A 10 km al sur de Osorno, sector Casa de Lata, X Región
Pemehue	Pachic Fulvudand	40 km al suroeste de Villarrica, IX Región

Nota: Los suelos del Cuadro 1 se presentan ordenados de mayor a menor grado de evolución.

con la ventaja de un manejo más eficiente de los sensores que se instalaron. Cabe señalar que, dado el volumen y el peso de cada muestra, no fue posible considerar repeticiones y por tanto una muestra representa sólo ese volumen de suelo. En un mismo suelo, la distancia máxima entre puntos de extracción para los dos diferentes usos fue de 200 m. En el Cuadro 1, se señala su procedencia y clasificación taxonómica.

Por otra parte, para cada tipo de suelo, con las variantes de uso (bosque y pradera) y con tomas de muestras en superficie y en profundidad (0-15 y 15-40 cm), se confeccionaron curvas de retención de agua. La determinación de estas curvas y la densidad aparente de los suelos se realizó con extracción de muestras con cilindros metálicos de 365 cm³, según la metodología de Hartge y Horn (1992), Schlichting *et al.* (1995) y Hartge y Horn (1999), usando diez repeticiones. Estas repeticiones fueron extraídas de una superficie de 1 m². La densidad real se midió mediante pesaje sumergido (Hartge y Horn, 1992). Con los valores de densidad aparente y real, se calculó la porosidad total por fórmula (Hillel, 1998; Hartge y Horn, 1999), resultados que se presentan en el Cuadro 2.

Para medir los potenciales mátricos que se generaron en los suelos a medida que cambiaba

el contenido de agua, se utilizaron diversos sensores instalados a diferentes niveles de profundidad. Por una parte, se utilizaron tensiómetros (marca SDEC, France), provistos de un tubo de PVC tapado con una membrana de silicona. Para la medición, el tensiómetro se conectó a un lector electrónico (sensor de aguja para registrar grado de vacío). Su funcionamiento se basa en el uso de una aguja hipodérmica, la que se introduce a través del tapón de silicona y mide la succión al interior del tubo. Para la preparación de cada tensiómetro, el llenado con agua se hizo de tal forma que quedara un espacio libre entre el nivel de agua en el tubo y el punto inferior del tapón de silicona. Este espacio debe ser de cerca de 1 cm, para que la aguja del tensiómetro electrónico tome la información desde el medio gaseoso. El potencial mátrico también fue medido mediante sensores Watermark SEN-W5SS y el medidor electrónico Watermark, (Modelo 30-KTCD, Spectrum Technologies, Inc., USA), el cual posee lectura digital entre 5 y 200 kPa.

Para medir los potenciales mátricos en las muestras de perfil de suelo, se procedió a ubicar tensiómetros con membrana de silicona a 10, 15, 20, 30 y 40 cm de profundidad, en tanto que los sensores de contenido de agua Watermark

Cuadro 2. Algunas propiedades físicas de los suelos.
Table 2. Some physical properties of soils.

Serie de suelo	Uso	Profundidad (cm)	Densidad Real* (Mg*m ⁻³)	Densidad Aparente* (Mg*m ⁻³)	Espacio Poroso* (%)
Bramadero	Pradera	0-15	2,01	0,87	56,7
		15-40	2,11	0,85	59,7
	Bosque	0-15	2,39	0,83	65,0
		15-40	2,33	0,87	62,4
Osorno	Pradera	0-15	2,28	0,83	63,6
		15-40	2,39	0,81	66,2
	Bosque	0-15	1,92	0,50	73,9
		15-40	2,01	0,55	72,1
Pemehue	Pradera	0-15	2,10	0,69	66,9
		15-40	2,22	0,68	69,2
	Bosque	0-15	2,11	0,56	72,5
		15-40	2,01	0,58	76,4

Nota: Suelos ordenados de mayor a menor grado de evolución. (* valores promedios).

Cuadro 3. Distribución del espacio poroso de los suelos (%).**Table3.** Pore distribution of soils (%).

Serie de suelo	Bramadero		Osorno		Pemehue	
	Pradera	Bosque	Pradera	Bosque	Pradera	Bosque
0-15 cm						
Porosidad >50 μm	6,1	13,1	9,3	23,9	7,2	18,0
Porosidad 10-50 μm	8,3	12,6	10,2	13,3	12,4	12,6
Porosidad 10-0,2 μm	16,3	19,6	19,5	14,6	23,7	19,4
Porosidad <0,2 μm	26,0	19,7	24,6	22,1	23,6	22,4
Porosidad total	56,7	65,0	63,6	73,9	66,9	72,5
15-40 cm						
Porosidad >50 μm	6,9	12,5	12,5	19,1	12,0	15,3
Porosidad 10-50 μm	10,9	11,4	11,2	15,4	14,6	11,7
Porosidad 10-0,2 μm	20,6	18,2	18,5	21,2	23,0	27,3
Porosidad <0,2 μm	21,3	20,2	24,0	16,4	19,6	22,1
Porosidad total	59,7	62,4	66,2	72,1	69,2	76,4

Nota: Los suelos se presentan ordenados de mayor a menor grado de evolución.

fueron ubicados a 10 y 15 cm de profundidad. Previo al experimento, los cilindros con las muestras fueron colocados en recipientes con agua, simulando un nivel freático a 60 cm de profundidad, de tal forma que se mantuvieran lo menos alteradas y conservasen su estado inicial.

En el estudio se monitoreó el desarrollo de los potenciales mátricos de los suelos. Estos presentaban una humedad inicial cercana a saturación y un nivel freático cercano a los 60 cm durante todo el período de medición. El monitoreo comenzó después de un aporte superficial de agua, equivalente a 30 mm de riego. El estudio duró en total 24 h y tuvo dos fases: la Fase 1 de humectación, durante el avance del frente de agua hasta llegar al nivel freático (ó a la detención del flujo descendente) y la Fase 2 de secado inicial del suelo, hasta completar 24 h.

Las dos fases del estudio se realizaron en una sola secuencia, después de la aplicación de los 30 mm de agua, usando intervalos de tiempo de medición de 2, 4, 8, 16 y 32 min, y luego 1, 2 y 24 h. Una vez terminada la medición de las 24 h, el suelo se dejó en reposo por 48 h. Pasado este tiempo se volvió a repetir el procedimiento

de las Fases 1-2 dos veces, generando dos repeticiones de la medición, usando las mismas muestras de suelo. En cada repetición, antes del riego se realizó una medida para conocer la condición inicial de tensión del suelo. Para la Fase 2 también se tomó una medida inicial, para conocer su condición de partida. La repetición del experimento generó valores muy similares.

PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Distribución de poros y retención de agua de los suelos estudiados.

Observando la distribución del espacio poroso (Cuadro 3), fue posible constatar una mayor porosidad gruesa (>10 μm) en los sitios bajo bosque. El pisoteo superficial en la pradera generó una disminución de la porosidad gruesa (>10 μm), respecto a las muestras sub-superficiales. Tanto bajo uso de pradera como de bosque, fue posible observar la tendencia a la disminución del espacio poroso en relación con el grado de evolución del suelo. Se puede ver claramente que los suelos bajo uso de bosque, tanto en superficie (0-15 cm) como en

profundidad (15-40 cm), retienen un mayor contenido de agua a bajas tensiones, siendo levemente superior en las muestras de bosque superficial (0-15 cm).

Debido a las características estructurales de los Andisoles, en pradera el contenido de poros de drenaje observado (>50-10^om) también fue relativamente alto, principalmente en profundidad. Entre los diferentes suelos, Osorno-bosque superficial presentó el mayor contenido de porosidad de drenaje, seguido por el suelo Pemehue y Bramadero. En profundidad, se mantuvo la misma tendencia.

En suelos bajo uso de pradera ocurrió lo contrario, ya que en todos ellos el mayor contenido de poros de drenaje se presentó sub-superficialmente. Al comparar los valores de pradera con los de bosque, tanto en pradera superficial como profunda fue posible observar un menor contenido de porosidad de drenaje (>50-10^om).

El menor contenido de espacio poroso en la pradera está relacionado con la frecuencia y el tiempo de uso del suelo, que por lo general afecta principalmente a las estratas superficiales (Ellies et al., 1997). En el Cuadro 3, también se aprecia que, en las tres series con uso de pradera, tanto en superficie como en profundidad, dominaron los poros de un diámetro inferior a 10 micrones. Con respecto al contenido de poros menores a

0,2 micrones, para todas las series y sus respectivos usos, el contenido de poros en este rango fue alto. En general, los suelos presentaron una distribución homogénea para todos los grupos de poros. Según la distribución de poros, para los suelos que están bajo uso de bosque, tanto en superficie como en profundidad, se podría esperar una mayor velocidad de infiltración a tensiones bajas (cerca de saturación) por efecto de su porosidad de drenaje (>50-10^om), superior a aquellos que están sometidos bajo uso de pradera.

El manejo agropecuario, junto con el cambio estructural, debería cambiar la magnitud y dirección de los flujos de agua y de aire (Ellies et al., 1997). Al hacer una comparación entre las praderas, se podría esperar una mayor velocidad de infiltración en aquellas que presentan un mayor contenido de porosidad de drenaje, siguiendo el ordenamiento: serie Osorno, Pemehue y al final Bramadero.

Variación del potencial mátrico del suelo al regar con presencia de nivel freático.

En las Figuras 1 a 12 se presenta el desarrollo de los potenciales mátricos en profundidad de las columnas de suelo, después de aplicar un riego. Estos resultados se obtuvieron con la presencia de un nivel freático artificial a 60 cm de profundidad.

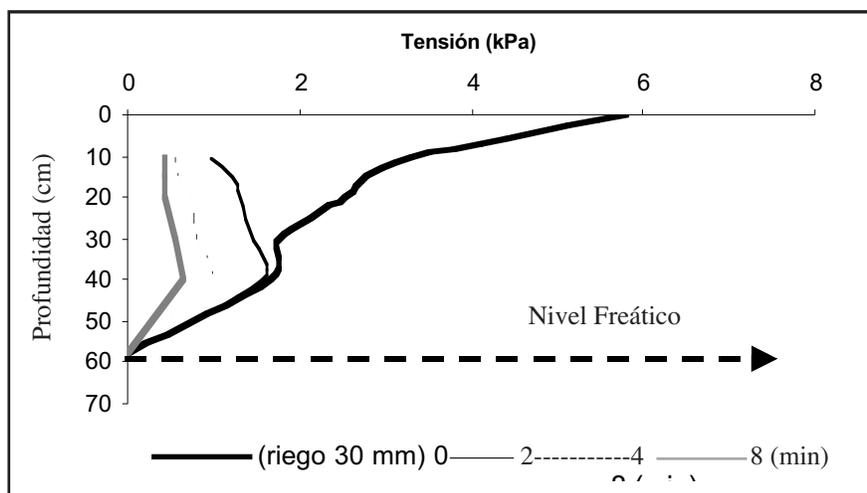


Figura 1. Desarrollo de la tensión hídrica del suelo Osorno-bosque, después de una aplicación de 30 mm de riego, con presencia de nivel freático.

Figure 1. Water tensions of Osorno forest soil after a 30 mm irrigation (with water table).

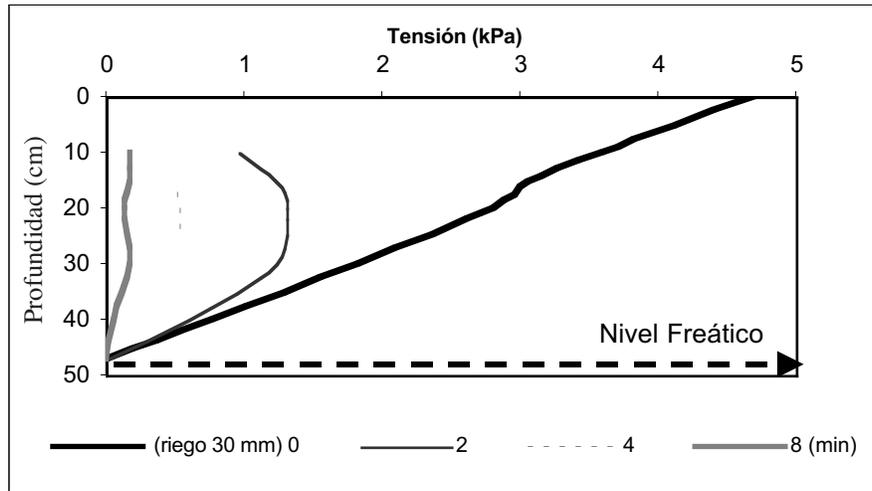


Figura 2. Desarrollo de tensiones hídricas del suelo Pemehue-bosque, después de de una aplicación de 30mm de riego, con presencia de nivel freático.

Figure 2. Development of water tensions of Pemehue forest soil after a 30 mm irrigation (with water table).

Suelos bajo uso de bosque. En las Figuras 1, 2 y 3 se presenta el desarrollo del potencial mátrico, al aplicar un riego de 30 mm sobre los suelos manejados bajo bosque. La curva de los cero minutos correspondió a la medición realizada antes del riego. Una vez aplicado el riego, se apreció un rápido avance del frente de mojado en profundidad para los tres suelos,

siendo este descenso más constante y rápido en la serie Osorno, seguido por Pemehue y Bramadero.

A través del frente de mojadura, los suelos llegaron a una situación de equilibrio o igualdad de tensiones entre las estratas superiores e inferiores al poco tiempo (8 min para series Osorno y Pemehue, 16 min para serie

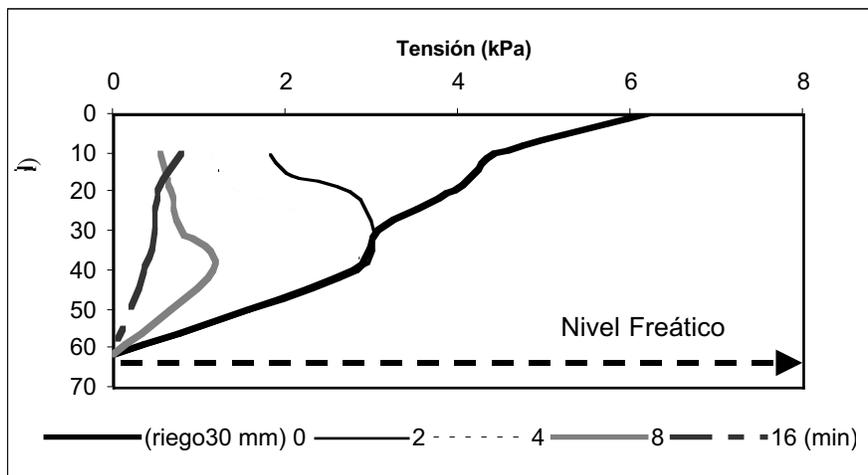


Figura 3. Desarrollo de la tensión hídrica del suelo Bramadero-bosque después de una aplicación de 30 mm de riego, con presencia de nivel freático.

Figure 3. Water tensions of Bramadero forest soil after a 30 mm irrigation (with water table).

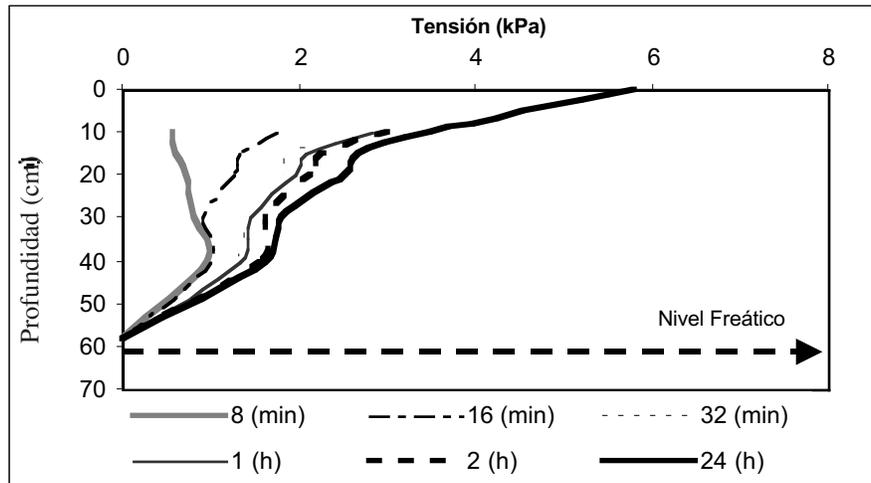


Figura 4. Desarrollo de la tensión hídrica durante la fase inicial de secado del suelo Osorno-bosque, con presencia de nivel freático.

Figure 4. Development of water tensions of Osorno forest soil, during the initial drying phase (with water table).

Bramadero). Observando las Figuras 1, 2 y 3, se aprecia que la velocidad de descenso del agua concidió con las proporciones de porosidad de drenaje (>50-10 °m) encontrada en estos suelos (Cuadro 3), donde bosque Osorno presentó la mayor cantidad de poros mayores a 10 µm, tanto en superficie como en profundidad, seguido por Pemehue y Bramadero.

Observando el desarrollo de las curvas, los sitios en los cuales el manejo asegura mantener una alta porosidad de drenaje presentaron una mayor velocidad de desplazamiento del agua, principalmente en aquellos con escasa intensidad de uso del suelo, como sucede bajo bosque, donde la porosidad de drenaje fue muy alta. Esta

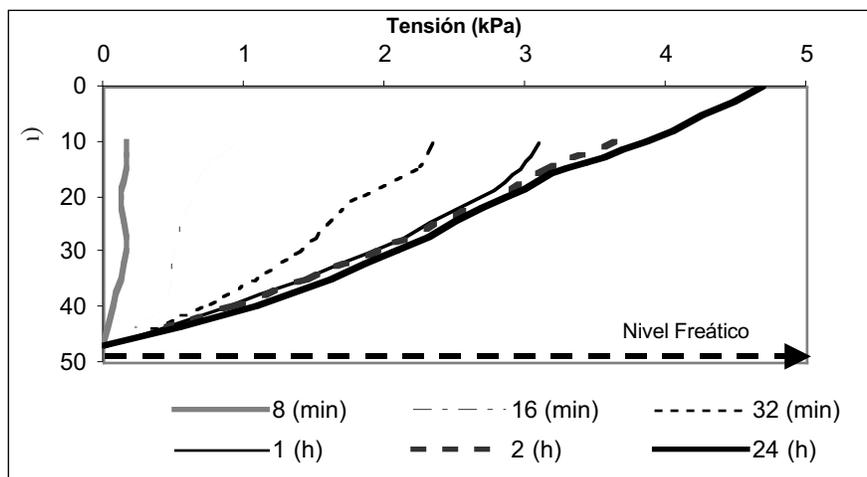


Figura 5. Desarrollo de la tensión hídrica durante la fase inicial de secado del suelo Pemehue-bosque, con presencia nivel freático.

Figure 5. Water tensions of Pemehue forest soil, during the initial drying phase (with water table).

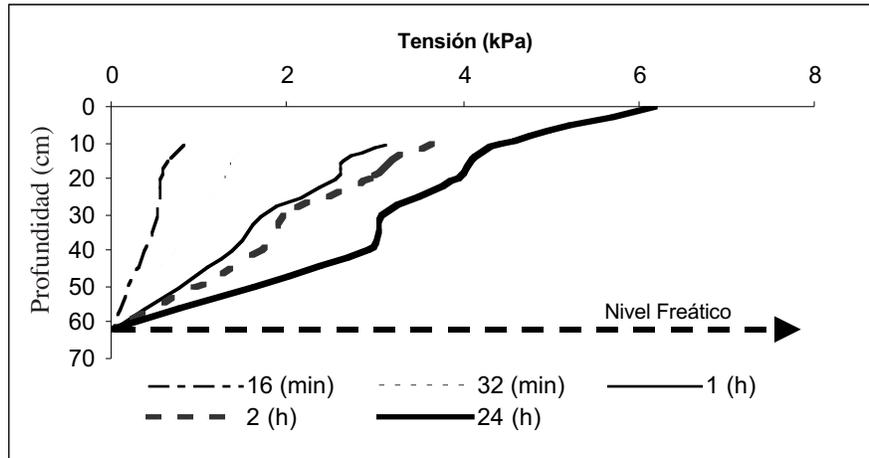


Figura 6. Desarrollo de la tensión hídrica durante la fase inicial de secado del suelo Bramadero-bosque, con presencia de nivel freático.

Figure 6. Water tensions of Bramadero forest soil, during the initial drying phase (with water table).

capacidad se redujo en los sitios bajo una pradera, coincidiendo con Ellies *et al.* (1997).

En las Figuras 4, 5 y 6 se presentan los aumentos del potencial mátrico para el manejo bajo bosque, como consecuencia de la fase inicial de secado de los suelos y a partir de un estado cercano a saturación. El estudio comenzó inmediatamente después de la secuencia de humectación (Fase 1). Se aprecia que una vez que se alcanzó una mínima tensión en todo el perfil después del riego, comenzó a producirse un aumento del potencial mátrico en superficie en forma casi inmediata. Esto ocurrió a los 16 min del inicio de la Fase 1 para las series Osorno y Pemehue, tardándose un poco más en la serie Bramadero (32 min). A medida que transcurrió el tiempo, el agua terminó de drenar y por lo tanto el perfil del suelo comenzó a recuperar su estado inicial, produciéndose un aumento de las tensiones en todo el perfil, hasta llegar a la condición antes del riego, donde existía un mayor diferencial de gradiente hidráulico entre las capas superficiales y sub-superficiales.

En las Figuras 4 y 5, que corresponden a bosque-Osorno y bosque-Pemehue, respectivamente, la recuperación al estado inicial fue más rápida que en bosque-Bramadero (Figura 6). Al parecer, esto fue producido porque este suelo presentó una mayor proporción de poros finos que favorecen la retención de agua (Cuadro 3), lo

cual dificulta un rápido secado de este suelo. También es importante señalar el posible efecto estructural en las series Osorno y Bramadero, que presentaron quiebres en el desarrollo de tensiones en profundidad (entre 20 y 40 cm), tanto previo al riego como reestablecido el equilibrio, al cabo de 24 h. Por su parte el suelo Pemehue, aparentemente más homogéneo en estructura, desarrolló gradientes de tensión mucho más suaves, sin quiebres en el estado de equilibrio con el nivel freático.

Suelos bajo uso de pradera. En las Figuras 7, 8 y 9 se presentan los desarrollos de las tensiones hídricas, al aplicar un riego de 30 mm sobre los suelos manejados con pradera. La curva de los cero minutos correspondió a la condición inicial del suelo antes de aplicar el riego.

Se presentó un descenso rápido de las tensiones hasta los primeros 30 cm para los suelos pradera-Osorno y Pemehue, siendo este más lento en la serie Bramadero. Si bien parte del agua descendió, la mayor cantidad quedó acumulada en la superficie y avanzó lentamente hacia las estratas inferiores. Para los suelos Osorno y Pemehue se observó un descenso del agua más marcado, debido a que se llegó antes a una situación de equilibrio (curva de los 32 min), no mostrando gran diferencia entre los gradientes.

Por su parte, el suelo Bramadero presentó una

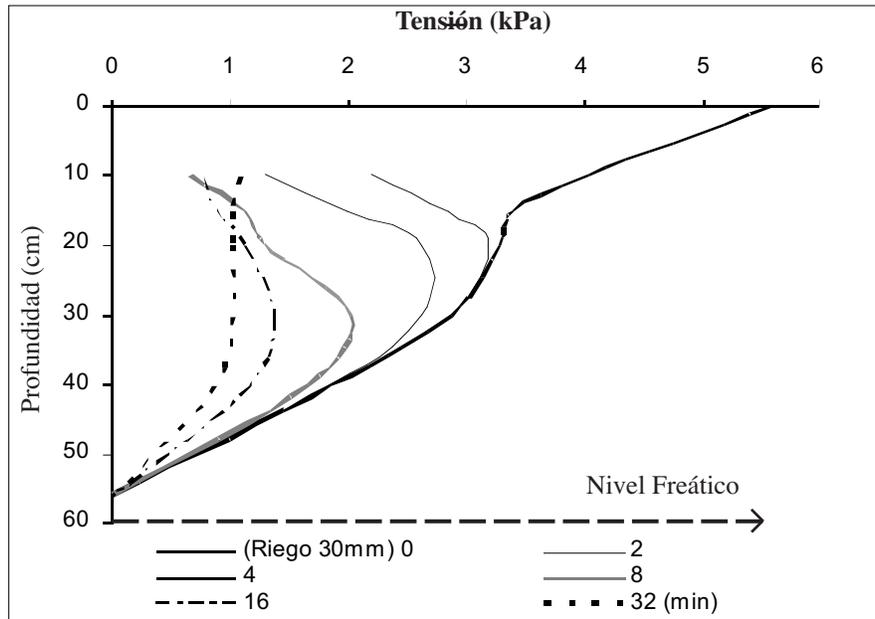


Figura 7. Desarrollo de la tensión hídrica del suelo Osorno-pradera, después de una aplicación de 30 mm de riego (con presencia de nivel freático).

Figure 7. Water tensions of Osorno pasture soil after a 30 mm irrigation, (with water table).

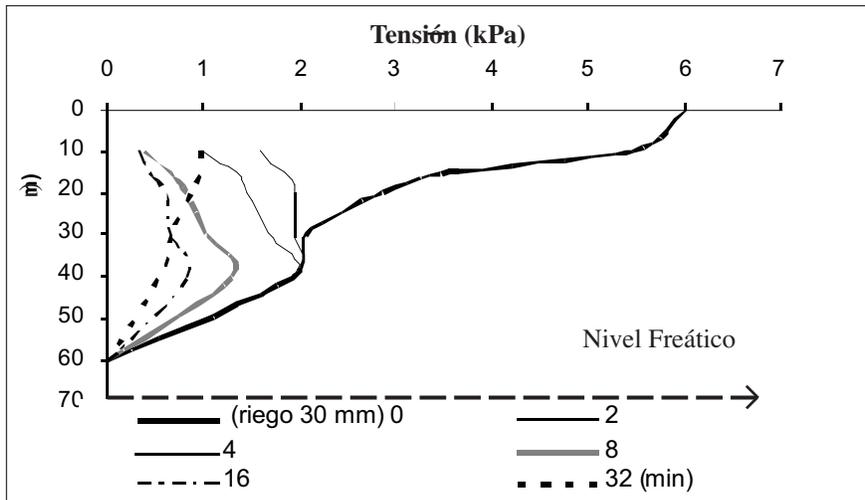


Figura 8. Desarrollo de la tensión hídrica del suelo Pemehue-pradera, después de una aplicación de 30 mm de riego (tratamiento con nivel freático).

Figure 8. Water tensions of Pemehue pasture soil, after a 30 mm irrigation, (with water table).

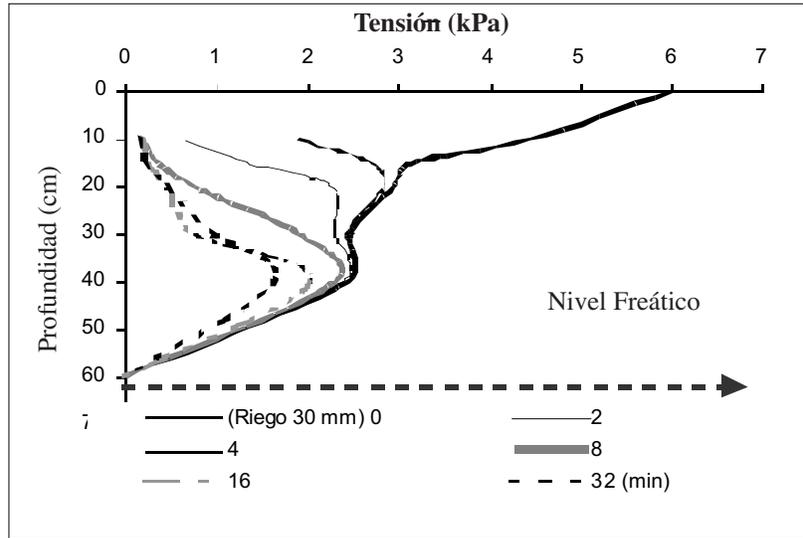


Figura 9. Desarrollo de la tensión hídrica del suelo Bramadero-pradera, después de una aplicación de 30 mm de riego (con presencia de nivel freático).

Figure 9. Water tensions of Bramadero pasture soil, after 30 mm irrigation, (with water table).

mayor diferencia entre los gradientes en el perfil. Una de las causas de que el avance del frente haya sido más lento en pradera-Bramadero, fue por la menor porosidad total y la escasa proporción de poros de drenaje bajo este manejo. El suelo bajo pradera tardó más tiempo para llegar a una situación de igualdad de tensión entre las estratas superiores e inferiores, comparado con el uso bajo bosque. Esto se debió a la menor porosidad de drenaje que presentaron los suelos sometidos bajo uso de pradera, como consecuencia de la intensidad de uso, lo que debiera disminuir su conductividad hidráulica. La serie Bramadero, incluso, no llegó nunca a una distribución homogénea de tensiones en profundidad. La reducción del tamaño de poros, como consecuencia del uso, provocó flujos más lentos, ya que dominaron proporcionalmente poros menores a $10\ \mu\text{m}$.

Al término de la Fase 1 las muestras de suelo terminaron casi saturadas, dando comienzo inmediatamente a la Fase 2, que correspondió a la etapa inicial del secado de los suelos, para alcanzar finalmente un estado similar al que presentaban éstos antes de la aplicación de los 30 mm de riego. El desarrollo de la Fase 2 en suelos bajo pradera se aprecia en las Figuras 10, 11 y 12.

En los suelos pradera-Osorno y pradera Pemehue, a partir de los 40 cm de profundidad se estableció un gradiente homogéneo a los 32 min de iniciada la Fase 1, aumentando la tensión hacia la superficie. Dada su mayor densidad aparente, el riego de 30 mm no fue suficiente para lograr un mojado homogéneo en la serie Bramadero (Figura 9). Fue así como el inicio del restablecimiento de los gradientes comenzó recién al cabo de 1 h (Figura 12). La velocidad de secado fue muy parecida en los suelos Osorno y Pemehue, en cambio en Bramadero fue muy lenta. El secado se produjo lentamente en profundidad y un poco más rápido en superficie, dada la cercanía con el nivel freático.

En la misma Figura 12 se pudo apreciar que en las curvas existen quiebres de los gradientes entre los 20 y 40 cm. Estos cambios fueron originados por posibles alteraciones estructurales en el suelo, lo cual implica que se podría presentar una variación o discontinuidad de ciertos tamaños de poros. Esta situación, a diferencia de lo que ocurrió en el sitio bajo bosque, también afectó al suelo Pemehue, ya que el tránsito animal provocó transmisión de tensiones mecánicas en profundidad con cambios en la distribución de poros.

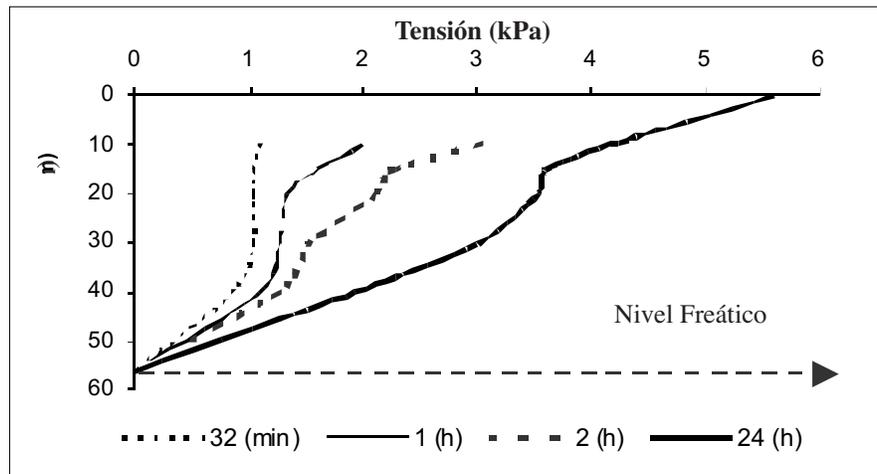


Figura 10. Desarrollo de la tensión hídrica durante la fase inicial de secado del suelo serie Osorno-pradera, con presencia de nivel freático.

Figure 10. Water tensions of Osorno pasture soil, during the initial drying phase (with water table).

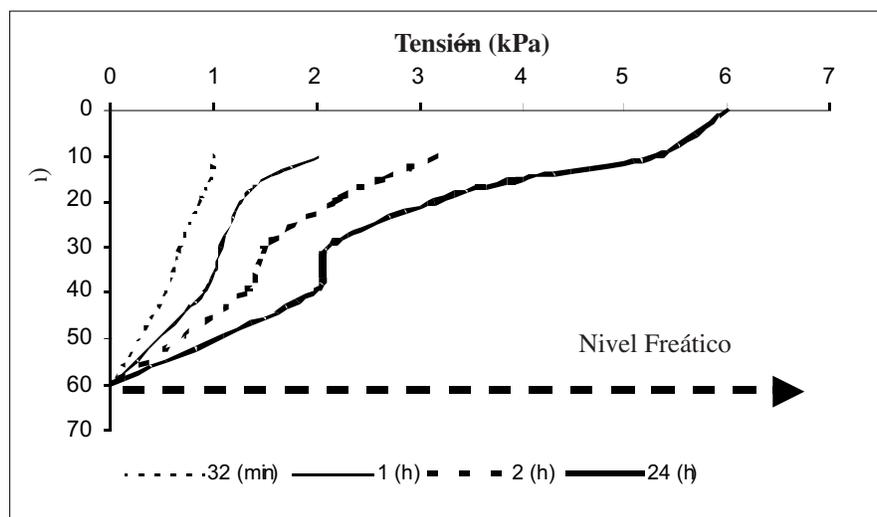


Figura 11. Desarrollo de la tensión hídrica durante la fase inicial de secado del suelo serie Pemehue, pradera (con presencia de nivel freático).

Figure 11. Water tensions of Pemehue pasture soil, during the initial drying phase (with water table).

Para todos los suelos estudiados y para ambos usos, al cabo de 24 h luego del riego se restableció una distribución de tensiones mátricas similar a la condición previa al riego.

CONCLUSIONES

-Como era de esperar, bajo una vegetación arbórea, el espacio poroso del suelo fue mayor

que en una pradera y domina la porosidad de drenaje ($>50-10 \mu\text{m}$).

-La velocidad de desplazamiento del frente de agua evaluada a través de los cambios del potencial mátrico, fue mayor en los suelos con cubierta bajo bosque, debido a la mayor presencia de poros de drenaje en éstos.

-Suelos donde el uso permitiría la conservación de la estructura y por lo tanto de su sistema poroso (bosque), presentaron un desplazamiento

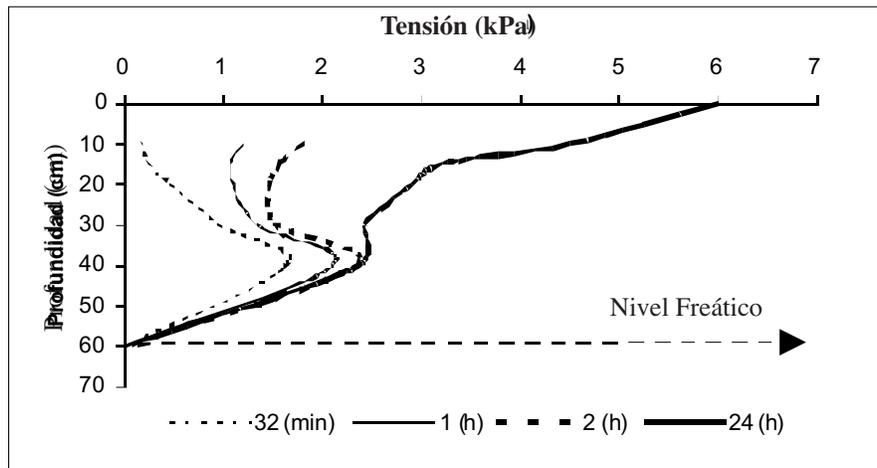


Figura 12. Desarrollo de la tensión hídrica durante la fase inicial de secado del suelo Bramadero-pradera (con presencia de nivel freático).

Figure 12. Water tensions of Bramadero pasture soil, during the initial drying phase (with water table).

del flujo de agua más constante.

-Al usar el suelo como pradera, como consecuencia del pisoteo se provocaría una disminución de la porosidad de drenaje en el suelo superficial, en relación a muestras sub-superficiales.

-En presencia de un nivel freático, en los suelos existió un continuo ascenso de agua a la superficie.

-En presencia de un nivel freático y por un menor contenido de poros de drenaje, el secado inicial fue más lento en suelos que se encuentran bajo un uso de pradera.

BIBLIOGRAFIA

- BAVER, L., GARDNER, W.R. 1973. Física de suelos. 1ª. Ed. en español, Ediciones UTEHA. México. 525 p.
- ELLIES, A., VYHMEISTER, E. 1981. Algunos aspectos hídricos del horizonte superficial de tres tipos de suelos del sur de Chile. *Agro Sur*. 9(2): 94-100.
- ELLIES, A., GREZ, R., RAMIREZ, C. 1997. La conductividad hidráulica en fase saturada como

herramienta para el diagnóstico de la estructura del suelo. *Agro Sur*. 25(1): 51-56.

HARTGE, K.H., HORN, R. 1992. Die physikalische Untersuchung von Böden. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart. 177 p.

HARTGE, K.H., HORN, R. 1999. Einführung in die Bodenphysik. Enke Verlag. Stuttgart. 364 p.

HILLEL, D. 1998. Environmental soils physics. Academic Press, New York. 771 p.

IVERSEN, B., MOLDRUP, P., SCHJONNING, P., LOLL, P. 2001. Air and water permeability in differently textured soil at two measurement scales. *Soil Science* 166, (10): 643 - 659.

SCHLICHTING, E., BLUME, H.P., STAHR, K. 1995. *Bodenkundliches Praktikum*. Blackwell Wissenschafts-Verlag Berlin, Wien. 2. Auflage. 209 p.

VYHMEISTER, E. 1980. Algunos aspectos hídricos del horizonte superficial de tres tipos de suelos del sur de Chile. Tesis Ing. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 43 p.

WALLACH, R., SILVA, F., CHEN, Y. 1992. Unsaturated hydraulic characteristics of composted agricultural wastes, tuff, and their mixtures. *Soil Science*. 153(6): 434 - 441.

WILLIAM, A., GARDNER, W.J., GARDNER, W.H. 1991. *Soil Physics*. John Wiley and Sons. 5ª ed. New York. 250 p.