

# La tensión del agua en el suelo y su importancia para el riego

Autores: Homero Barría e Ingrid Martínez / INIA Remehue

El suelo está compuesto por diversos materiales orgánicos e inorgánicos que componen la fase sólida del suelo, el ordenamiento entre estos compuestos determina la presencia de espacios porosos donde se encuentra el aire y donde se puede almacenar el agua (Figura 1)

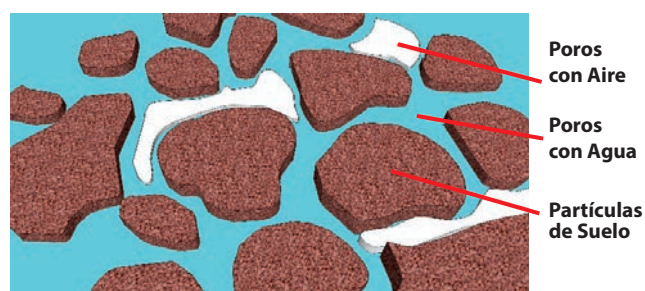


Figura 1. Porosidad del suelo.

La textura del suelo influye en casi todos los procesos del suelo en forma directa o indirecta y está definida por el tamaño de las partículas minerales. La proporción de estos tamaños define la textura de un suelo que está compuesta por arena, limo y arcilla (Figura 2).



Figura 2. Textura del suelo.

El almacenamiento o retención de agua en el suelo se produce por diferentes fuerzas que actúan sobre la molécula de agua. Aquí hay involucrados diferentes estados energéticos que determinan que existan diferencias de energía potencial entre dos puntos, lo que permite que el agua se mueva entre esos dos puntos. Esta capacidad del suelo para retener agua, se expresa en unidades de presión, sin embargo, hay varias fuerzas actuando, por lo cual se establece que el "potencial total" es función de varios potenciales parciales y que determinan la siguiente expresión:

$$\Psi_T = \Psi_m + \Psi_g + \Psi_p + \Psi_o$$

$\Psi_T$  = potencial total del agua en el suelo

$\Psi_m$  = potencial matricial

$\Psi_g$  = potencial gravitacional

$\Psi_p$  = potencial de presión

$\Psi_o$  = potencial osmótico

El potencial matricial es regulado por las fuerzas de atracción electrostática del suelo, actúan aquí las fuerzas de las superficies sólidas y las fuerzas entre las moléculas de agua, el agua es retenida en este caso por adsorción y capilaridad. El potencial gravitacional es dependiente de las fuerzas de gravedad presentes en el espacio poroso. El potencial de presión es dependiente de las fuerzas de presión provocadas por la atmósfera y el potencial osmótico es el resultante de la concentración de sales en la solución del suelo.

Se considera que el efecto de los potenciales de presión y gravitacional son de poca importancia para la absorción del agua del suelo por parte de las plantas, por lo tanto, en general para el monitoreo de la tensión del agua en el suelo y específicamente para el manejo

del riego, la expresión de potencial total se reduce y queda de la siguiente forma:

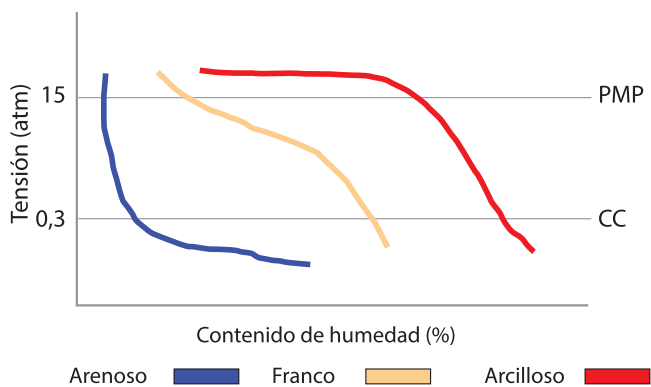
$$\Psi_T = \Psi_m + \Psi_o$$

El concepto de tensión de agua en el suelo, es muy importante para estimar la cantidad de energía con que las raíces puedan extraer el agua del suelo, para ello se utilizan unidades de presión como bares (bar), atmósferas (atm) o megapascuales (MPa) para expresar el nivel de tensión. Sus equivalencias son las siguientes:

$$1 \text{ atm} = 0,9869 \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa}$$

Para cada textura de suelo, se generan curvas de retención de humedad como se observa en la Figura 3 en función de la tensión, lo que permite determinar la humedad aprovechable en el suelo, al definir la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP). Para la CC corresponde una tensión de 0,33 atmósferas, mientras que para PMP su valor es 15 atm.



**Figura 3:** Curva de retención de humedad para diferentes texturas

## Medición del potencial de retención de agua en el suelo

Existen varios métodos para medir la tensión de humedad en el suelo, lo más utilizado es tomar muestras de suelo y enviarlas a un laboratorio para generar las curvas de retención de humedad. Hoy en día han surgido instrumentos con los cuales se puede evaluar la tensión de humedad del suelo de manera rápida e incluso en terreno, uno de estos instrumentos se denomina WP4C o medidor del potencial hídrico.

El WP4C determina el potencial mátrico al colocar una pequeña muestra de suelo, la que se equilibra en una

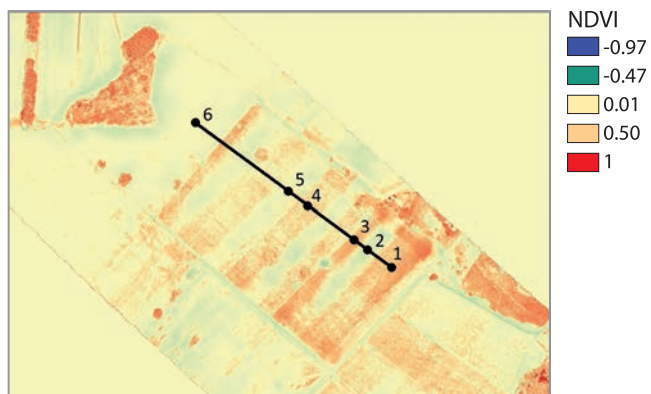


**Figura 4:** Equipo de potencial hídrico WP4C

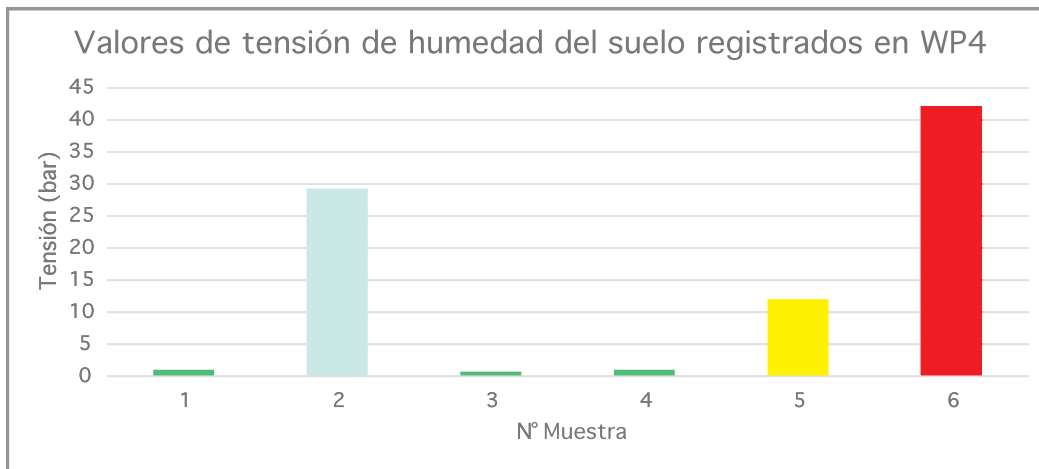
cámara sellada. La cámara con la muestra se enfría y se produce rocío que es captado por un espejo al producirse condensación, la que es detectada por una célula fotoeléctrica que comienza a medir la temperatura para determinar la humedad relativa de la muestra de suelo y con ello calcular el potencial hídrico.

## Mediciones con WP4C para monitoreo de humedad bajo condición de riego y seco

El Programa de Difusión Tecnológica (PDT) financiado por CORFO con productores ganaderos de COLUN, que trabajan con sistemas de riego en pradera principalmente Pivote Central, Carrete de Riego y Taza, permitió utilizar el WP4C para monitorear la condición de humedad de suelos bajo riego y sin riego. Mediante la confección de un mapa que indicaba la condición de vigor de la pradera a través del Índice Vegetacional de Diferencia Normalizada (NDVI) utilizando un dron con cámara multispectral, se definió un transecto que cubría zonas de mayor y menor vigor (Figura 5). Se utilizaron 6 puntos



**Figura 5:** Mapa NDVI con transecto de muestreo de humedad del suelo en predio con sistema de Carrete de Riego.



**Figura 6:** Gráfico de valores obtenidos con WP4C en predio con sistema de riego de Carrete

de medición, con 5 submuestras en cada punto, los que fueron analizadas en el equipo WP4C. Los potreros presentaron una variabilidad en la condición de vigor de la pradera, a pesar del riego programado para cubrir de manera uniforme toda la zona comprendida entre el muestreo 1 y 5, mientras que la condición del muestreo 6 era la zona testigo, sin riego.

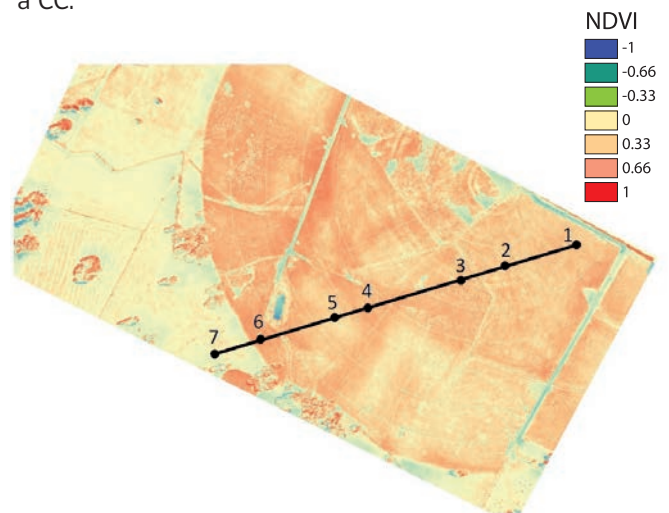
Cada punto analizado con el promedio de las 5 submuestras arrojó que en los puntos de muestreo 2 y 5 se presentaron tensiones bastante altas, mientras que el punto 5 fue cercano a PMP y el punto 2 superó la tensión para el PMP (Figura 6). El caso extremo es el sector testigo (sin riego), que presentó un valor sobre los 40 bares, muy por sobre el PMP y que además se reflejaba por el follaje existente en el sitio de muestreo.

## Mediciones con WP4C para monitoreo de humedad bajo riego con pivote central

En otro predio con sistema de riego de pivote central, se realizaron evaluaciones mediante el vuelo con dron y además se colectaron muestras de suelo con el medidor de potencial hídrico WP4C. Se estableció un transecto con 7 puntos de muestreo, con 5 submuestras en cada punto. Los resultados arrojaron una mayor homogeneidad en el vigor de la pradera, como se observa en la Figura 7.

Se observó como indica la Figura 8, una tensión similar en las muestras de suelo 1 a 6, que corresponde al área bajo riego, mientras que la muestra 7 que corresponde

a la zona sin riego y que sirvió de testigo presentó una alta tensión. Estos valores fueron comparados además con los datos obtenidos del sensor de humedad de suelo dispuesto en la zona de la muestra 4 y que a la fecha del muestreo indicaba un contenido de humedad cercano a CC.

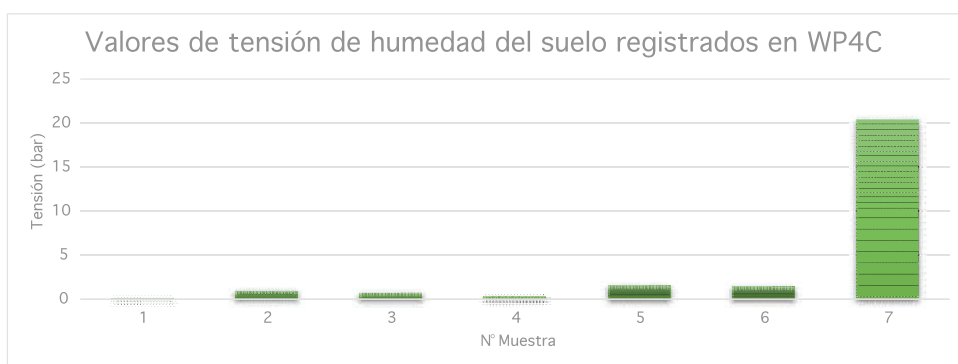


**Figura 7:** Mapa NDVI con transecto de muestreo de humedad del suelo en predio con sistema de riego de pivote central

## Consideraciones finales

El equipo WP4C es una herramienta importante para verificar el estado de la humedad del suelo, pues presenta algunas ventajas que fueron verificadas en este trabajo realizado en la región de Los Ríos, bajo condiciones de suelo trumao de textura gruesa, con cobertura de pradera.

- Se puede realizar el muestreo en terreno, donde se obtiene el dato específico para el sitio de interés.



**Figura 8:** Gráfico de valores obtenidos con WP4C, Predio riego con Pivote central

- Es rápido, una vez iniciada la lectura se esperan entre 15 a 20 minutos para la obtención de los datos de una muestra.
- Para obtener la muestra del suelo no es necesario remover demasiado material, se utilizan cápsulas de acero inoxidable de 4 cm de diámetro por 1 cm de alto, es decir un volumen aproximado de 6 cc
- Se puede obtener una curva de retención de humedad entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

La posibilidad de obtener in situ estos resultados es una herramienta útil y eficaz, especialmente cuando se deben tomar decisiones rápidas para manejar por ejemplo la aplicación de agua de riego, lo que permite reducir los costos. Sin embargo, los resultados obtenidos en este equipo (WP4C) o cualquier otro instrumento deben ser cuidadosamente calibrados para poder interpretar adecuadamente la información proporcionada, la que debe ser confiable para que otorgue una real utilidad al productor.

## Referencias

Bayat, B., Verhoef, W., Van der Tol, C. 2016. Monitoring Soil Moisture Deficit Effects on Vegetation Parameters Using Radiative Transfer Models Inversion and Hyperspectral Measurements Under Controlled Conditions. Research Gate. [https://www.researchgate.net/publication/304826044\\_Monitoring\\_Soil\\_Moisture\\_Deficit\\_Effects\\_on\\_Vegetation\\_Parameters\\_Using\\_Radiative\\_Transfer\\_Models\\_Inversion\\_and\\_Hyperspectral\\_Measurements\\_Under\\_Controlled\\_Conditions](https://www.researchgate.net/publication/304826044_Monitoring_Soil_Moisture_Deficit_Effects_on_Vegetation_Parameters_Using_Radiative_Transfer_Models_Inversion_and_Hyperspectral_Measurements_Under_Controlled_Conditions).

Golberg, A., Kin, A. 2008. El Agua: De la molécula a la biósfera. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, 231p.

Martín de Santa Olalla Mañas, F., Juan Valero, J.A. 1993. Agronomía del Riego. Madrid, Ediciones Mundi Prensa, 732p

### Agradecimiento:



Este informativo fue confeccionado y publicado con financiamiento de CORFO, a través del proyecto "Capacitación, difusión y diseño de plataforma para el desarrollo de perfiles de proyecto de riego, para agricultores lecheros de COLUN, en la región de Los Ríos" (18PDTLR-98334) y el apoyo de la Cooperativa Agrícola y Lechera de la Unión.



Permitida la reproducción total o parcial de esta publicación citando la fuente y el autor.

La mención o publicidad de productos no implica recomendación INIA.

Editores: Alejandro Antúnez B., Ing. Agrónomo, Ph.D., Abelardo Villavicencio P., Ing. Agrónomo y Rodrigo Candia A., Ing. Agrónomo, M. Sc. y Luis Opazo, Periodista, M.C.E. / INIA Remehue.

INIA Remehue, Ruta 5, km 8, Osorno, Chile. Fono +5664 2334819

[www.inia.cl](http://www.inia.cl)

