



COMPARACIÓN DE DOS SENSORES PARA DETERMINAR LA HUMEDAD DEL SUELO

Lara-Herrera, A.^{1*}; Ruvalcaba-Martínez, B.²; Bravo-Lozano, A.G.¹; Oliveros-Sandoval, I.L.²

¹Unidad Académica de Agronomía, UAZ. Profeso-Investigador. Zacatecas, Zac., México.

²Unidad Académica de Agronomía, UAZ. Estudiante de Licenciatura. Zacatecas, Zac., México.

*Autor responsable: alara204@hotmail.com; Jardín Juárez Núm. 147, Col. Centro, Zacatecas, Zac., México. CP 98000; Tel. +52(492)-105-2276

Resumen

Para manejar de manera eficiente el agua de riego se requiere el uso de sensores de humedad del suelo. Existen diversas alternativas en el mercado, una de ellas es el sensor Watermark[®], recientemente se generó un nuevo equipo de la marca Octet++[®], sin embargo existe poca información sobre la precisión de sus mediciones. Con el fin de tener información al respecto, se llevó a cabo un experimento en el cual se determinó la humedad de dos suelos empleando los dos tipos de sensores. Los resultados obtenidos se confrontaron con la humedad determinada directamente de muestras de los suelos evaluados mediante el método gravimétrico. Los resultados indican que ambos sensores presentan un buen ajuste entre ellos y de cada uno de los sensores con el método gravimétrico. De acuerdo con los coeficientes de correlación obtenidos, el sensor Octet++[®] tuvo mejor comportamiento en la determinación de la humedad en ambos suelos, principalmente en el suelo areno-franco.

Palabras clave

Capacidad de campo; humedad aprovechable; medidor de humedad; tecnología mexicana

Introducción

El manejo eficiente del agua de riego es de gran importancia debido a que tanto el exceso como la deficiencia de humedad causan estrés y con ello se afecta la productividad de los cultivos. El exceso de agua de riego puede ocasionar pérdida de sales de fertilizantes por lixiviación, con la consecuente ineficiencia de esos materiales, pérdida económica y contaminación de los mantos freáticos; también puede favorecer el desarrollo de enfermedades en las raíces de las plantas, principalmente causadas por hongos (Aissat *et al.*, 2008; Alaoui *et al.*, 2014).

Existen diversas alternativas para determinar la humedad del suelo y con ello manejar de manera apropiada el riego. Una opción es el uso de sensores de humedad del suelo y en función de los resultados, definir la frecuencia y la magnitud del riego. La humedad del suelo se puede determinar directamente midiendo gravimétricamente el contenido de agua que contiene una muestra de suelo a una profundidad determinada y dependiendo de lo alejado que ese resultado esté de la humedad a capacidad de campo, tomar la decisión de manejar el riego, sin embargo este método es poco práctico, debido a que la obtención del resultados requiere de por lo menos un día para someter la muestra a deshidratación (Lagunas-Allué, 2013).



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. **“Suelos sin fronteras para impulsar a México”**

Ciudad Juárez, Chihuahua, 19 al 24 de Octubre de 2014
Congresosmcs2014@uacj.mx

Existen métodos indirectos del contenido de humedad en el suelo, los cuales son prácticos, rápidos y precisos, uno de ellos es la determinación de la humedad mediante sensores de la tensión con la cual retiene el suelo el agua, uno de ellos es el medidor de la marca Watermark[®], los resultados son en centibares (cb); en la medida que la tensión es menor, significa que el agua está retenida con menor fuerza y el suelo está más húmedo (Nolz *et al.*, 2013).

Existen diversas alternativas para determinar el contenido de humedad en el suelo, sin embargo, se requiere conocer el nivel de precisión que tienen, para ello es conveniente calibrar los resultados que reportan diversos tipos de equipos; la determinación de referencia es el método gravimétrico (Lagunas-Allué, 2013). Además de la precisión, si el método es sencillo, práctico y económico, tendrá altas posibilidades de que sea adoptado por los productores agrícolas para manejar el riego, otra propiedad deseable es que sean estables y sus lecturas sean reproducibles en diversos tipos de suelo, principalmente con diferentes texturas (Bogena *et al.*, 2007). El sensor Watermark[®] reúne los criterios antes señalados, además presentan buen comportamiento en el rango de -10 a -65 cb independientemente del tipo de suelo (Huete *et al.*, 2010, citados por Lagunas-Allué, 2013); el sensor Octet++[®], además de presentar las cualidades antes mencionadas, es una tecnología moderna, patentada, de nacionalidad mexicana, de reciente creación (2013), con amplias posibilidades de poder escalar a incorporar otras mediciones o ajustes a las determinaciones de humedad, como es el medir la humedad con base a capacidad de campo registrada dentro del mismo sensor, representando así dicha humedad la humedad aprovechable. De igual manera el sensor Octet++ ofrece la capacidad de medir temperatura a distintas profundidades, mostrando toda esta información en un dispositivo móvil con una interface gráfica de muy fácil y práctica interpretación.

El objetivo del presente trabajo es determinar la relación entre las lecturas de humedad que proporcionan dos tipos de sensores, uno que determina la fuerza de tensión del agua en el suelo (Watermark[®]) y otro que determina el contenido de agua disponible en el suelo (Octet++[®]), así como la relación de ellos con el contenido de humedad determinado con el método gravimétrico, en dos suelos.

Materiales y Métodos

Con el fin de comparar la resolución del sensores de humedad marca Watermark[®] y de la marca Octet++[®], se instaló un experimento en condiciones de invernadero con control de temperatura y humedad en el aire, en la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Se usaron macetas de 50 cm de altura, 50 cm de diámetro en la parte superior y 40 cm en la parte inferior, con capacidad de 80 L, en las cuales se instalaron sensores de humedad a 15, 30 y 40 cm de profundidad.

Los sensores Watermark[®] determinan la humedad mediante medición de la tensión del agua en el suelo, con base en el principio de los bloques de yeso (Lagunas-Allué, 2013). El funcionamiento de los sensores Octet++[®] se fundamenta en la resistencia eléctrica generada dentro de la cerámica patentada que lo compone y la presencia de la humedad dentro de dicha cerámica, la cual es originada a una determinada alta frecuencia (reactancia), y varía con respecto a la humedad presente en el sensor, de tal manera que al existir una mayor concentración de humedad, el valor porcentual será mayor, y viceversa. Dicha reactancia esta linealmente correlacionada con la presencia de humedad contenida dentro del sensor, de esta forma y mediante un algoritmo se transforma el valor eléctrico a porcentaje de humedad (IMPI, 2013).



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. *“Suelos sin fronteras para impulsar a México”*

Ciudad Juárez, Chihuahua, 19 al 24 de Octubre de 2014
Congresosmcs2014@uacj.mx

La comparación de lecturas de humedad se realizó entre dos tipos de sensores y la humedad determinada por el método gravimétrico mediante una balanza marca Ohaus con capacidad de 200.00 g y precisión de 0.01 g.

Se utilizaron dos tipos de suelo, uno de textura areno-franco, con 0.79 % de materia orgánica (MO), pH de 7.54 y conductividad eléctrica (CE) de 0.48 dS m⁻¹ y otro con textura franca, MO = 2.84 %, pH de 7.77 y CE = 0.84 dS m⁻¹. En 16 macetas, se instalaron ocho macetas con cada uno de los suelos, en cuatro de cada una de ellas se instalaron ambos tipos de sensores y en las otras cuatro se destinaron para tomar muestras de suelo para determinar humedad por el método gravimétrico.

Con el fin de extraer agua del suelo, en cada maceta se instaló una planta de tomate del tipo saladette, de hábito de crecimiento indeterminado, cultivar "El Cid".

Los suelos se secaron directamente expuestos al sol, el contenido de humedad fue de 3.8 % y 4.3 % en los suelos areno-franco y franco, respectivamente; se llenaron las macetas con suelo, se colocaron los sensores de humedad y se plantó una plántula de tomate por maceta el 20 de mayo de 2014, a partir. La cantidad de agua a cada maceta fue la misma en ambos suelos, cuando se arraigó la planta, se aplicaron riegos a saturación con el fin de determinar los contenidos de humedad en la medida que se va perdiendo agua; diario por las mañanas se tomaron las lecturas de humedad, periódicamente también se tomaron muestras de suelo a 15, 30 y 40 cm de profundidad, para determinar el contenido de humedad por el método gravimétrico. Cuando las plantas mostraban síntomas agudos de marchitamiento se aplicaron riegos intensos, la cantidad de agua aplicada después del primer riego, fueron diferenciados, debido a que en el suelo franco las plantas presentaban primero los síntomas de marchitamiento, la cantidad de agua aplicada por maceta y por riego fue de 11 L en el suelo areno-franco y 13 L en el franco. Las lecturas de humedad del suelo se registraron diariamente del 28 de mayo al 12 de agosto, se acumularon 78 días con lecturas de humedad con los sensores Octet++[®] y Watermark[®] a 15, 30 y 40 cm de profundidad, y ocho muestreos de suelo para determinación gravimétrica de la humedad en cuatro muestras de cada suelo.

Los sensores Watermark[®] proporcionan las lecturas de humedad en centibares (cb) y miden la tensión con la cual el agua es retenida por el suelo, de manera que lecturas cercanas a 0 cb, indican un exceso de humedad, lecturas cercanas a 30 cb indican que la humedad es próxima a capacidad de campo y lecturas mayores corresponden a estados más deficientes de humedad (Lagunas-Allué, 2013).

Los sensores Octet++[®] dan las lecturas en porcentaje de humedad, el 100 % corresponde con la humedad en exceso y en la medida que disminuye corresponde con el porcentaje de abatimiento de la humedad aprovechable.

Los resultados obtenidos entre los sensores Watermark[®] y Octet++[®] fueron sometidos a un análisis de regresión. Ambos datos también se correlacionaron con el contenido de humedad del suelo determinado por el método gravimétrico.

Resultados y Discusión

El modelo de regresión del comportamiento entre los resultados obtenidos de la humedad determinada con el sensor Octet++[®] y Watermark[®] de un conjunto de 78 datos (días), para cada profundidad (15, 30 y 40 cm) tuvo un coeficiente de regresión lineal (r^2) de 0.8779, 0.8186 y 0.7994, para el suelo areno-franco y las profundidades respectivas. Para el suelo de textura Franca los coeficientes de regresión lineal (r^2) son 0.8457, 0.7876 y 0.6589, para las profundidades respectivas. Los resultados indican que hay suficiente correspondencia entre los



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.
“Suelos sin fronteras para impulsar a México”

Ciudad Juárez, Chihuahua, 19 al 24 de Octubre de 2014
Congresosmcs2014@uacj.mx

contenidos de humedad de los sensores ensayados.

Un aspecto de suma importancia es la correspondencia que tienen los resultados de cada uno de los sensores con la humedad que directamente se obtiene del suelo mediante el método gravimétrico. En el suelo areno-franco los sensores de la marca Octet++ presentaron coeficientes de regresión (r^2) más altos: 0.9618, 0.8817 y 0.9310, para las profundidades de 15, 30 y 40 cm, respectivamente; los sensores de la marca Watermark® tuvieron los siguientes valores del mismo coeficiente: 0.8793, 0.6989 y 0.6238, para las mismas profundidades. Ambos sensores muestran buena correspondencia con la humedad determinada gravimétricamente, sin embargo, Octet++® presentó los más altos coeficientes de regresión lineal, lo cual significa que determina el contenido de humedad con mayor similitud a la existente en forma real en el suelo, es decir, a la determinada por el método directo (el método gravimétrico).

Se aprecia una diferencia en la precisión de la humedad entre los suelos, en el areno-franco ambos sensores tuvieron mejor ajuste (R^2) que en el franco, respecto al método gravimétrico.

De acuerdo a como se manejaron los riegos en las macetas, cuando el suelo está saturado, las lecturas en Octet++® son de 100, mientras que las de Watermark® son de 0; en la medida que el suelo se fue secando, los resultados con Octet++® progresivamente van disminuyendo y en una magnitud definida los de Watermark® se incrementan. Por esa razón el modelo lineal es negativo, debido a que en la medida que las lecturas de humedad con uno de los sensores se incrementa con el otro disminuye (Figuras 1 y 2).

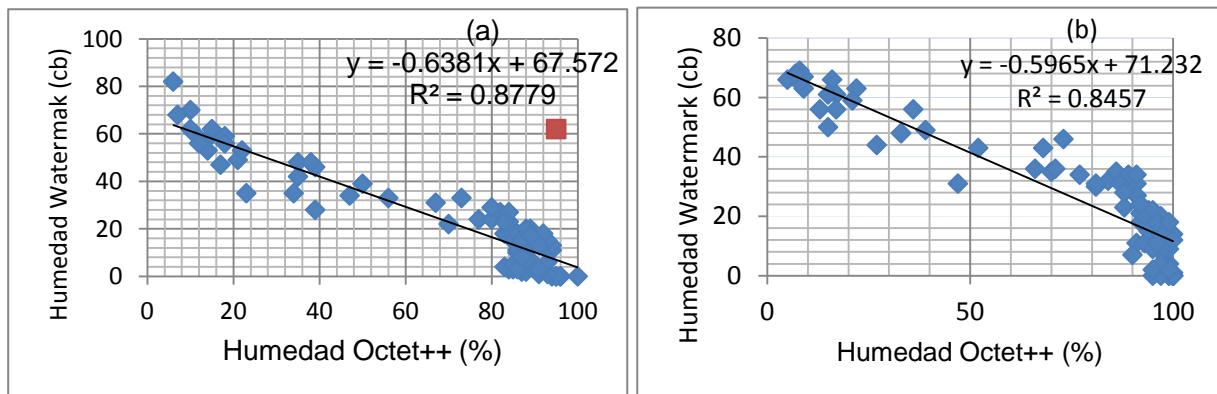


Figura 1. Contenido de humedad en el suelo (a) areno-franco y (b) franco, medida con los sensores Octet++ y Watermark, a la profundidad de 15 cm.

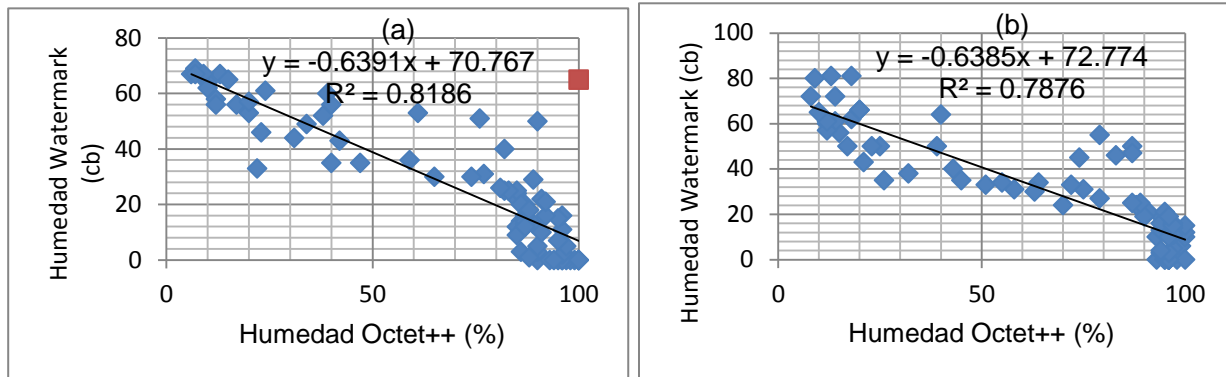


Figura 2. Contenido de humedad en el suelo (a) areno-franco y (b) franco, medida con los sensores Octet++ y Watermark, a la profundidad de 30 cm.

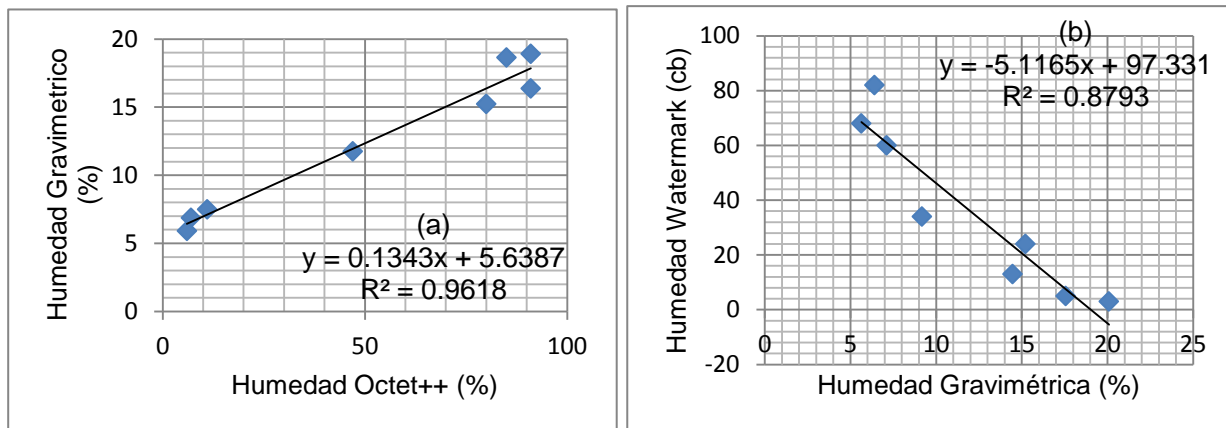


Figura 3. Contenido de humedad en el suelo areno-franco determinada con los métodos (a) gravimétrico y con el sensor Octet++ y (b) con el sensor Watermark y con el método gravimétrico a la profundidad de 15 cm.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, ambos sensores son efectivos para determinar la humedad en el suelo, particularmente el de la marca Octet++[®], presentó un comportamiento más similar al método directo con que se determina la humedad del suelo: el método gravimétrico. Por lo cual es una alternativa tecnológica que puede ser utilizada para medir la humedad del suelo a 15, 30 y 40 cm de profundidad.

Bibliografía

Aissat, K, P.C. Nicot, A. Guechi, M. Bardin, and M. Chibane. 2008. Grey mould development in greenhouse tomatoes under drip and furrow irrigation. *Agron. Sustain. Dev.* 28: 403-409.



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.
“Suelos sin fronteras para impulsar a México”

Ciudad Juárez, Chihuahua, 19 al 24 de Octubre de 2014
Congresomcs2014@uacj.mx

- Alaoui, S.M., R. Salgahi, A. Abouatallah, N. Jaouhari, and B. Hammouti. 2014. Impact of drip irrigation scheduling on vegetative parameters in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under unheated greenhouse. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*. 4: 71-76.
- Bogena, H.R., J.A. Huisman, C. Oberdörster and H. Vereecken. 2007. Evaluation of a low-cost soil water content sensor for wireless network applications. *Journal of Hydrology*. 344: 32-42.
- IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial). 2013. Sistema electrónico para la medición de humedad en suelos y sensor eléctrico para medir humedad en suelo. Número de expediente: MX/a/2013/013467, Folio: MX/E/2013/083918.
- Lagunas-Allué, A. 2013. Evaluación del manejo del riego por medio de sensores de humedad del suelo en un cultivo de tomate para industria. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Pública de Navarra. Pamplona, España. 69 p.
- Nolz, R., G. Kammerer and P. Cepuder. 2013. Calibrating soil water potential sensors integrated into a wireless monitoring network. *Agricultural Water Management*. 116: 12-20.