

# Preguntas comunes cuando se usan sensores de humedad en el suelo para cítricos y otros árboles frutales<sup>1</sup>

Eric Herrera, Sandra M. Guzmán, Eduart Murcia, y Daniel Palacios<sup>2</sup>

## Introducción

Esta guía está orientada al personal de extensión que pueda recibir preguntas de los productores acerca del funcionamiento y precisión de sensores de humedad del suelo (SMSs, por sus siglas en inglés) para el riego de árboles frutales. La información en este documento permitirá a los especialistas de extensión responder algunas preguntas generales acerca de los SMSs. Esta publicación se enfoca en dos tipos de sensores portátiles usados actualmente en Florida para manejo de riego en cítricos y otros árboles: el oscilador de línea de transmisión (TLO, por sus siglas en inglés) y el transmisómetro en el dominio del tiempo (TDT, por sus siglas en inglés). Para detalles acerca de los SMSs no descritos en esta publicación o alguna marca de ellos en particular, el personal de extensión puede consultar a los autores o a un especialista local de irrigación.

## ¿Qué tipo de sensor de humedad del suelo debo usar para manejar el agua en mi cultivo?

Basados en sus mediciones, hay dos tipos de SMSs: el tensiométrico, que simula la succión que las raíces de la planta necesitan aplicar para tomar el agua del suelo, y el

basado en contenido volumétrico, que indirectamente mide el volumen de agua en una unidad de suelo o contenido volumétrico de agua (VWC, por sus siglas en inglés). Para más información sobre tipos de SMS, vea el documento EDIS BUL343, Field Devices For Monitoring Soil Water Content (Munoz-Carpena 2004).

Un SMS de tipo volumétrico se basa en relaciones de calibración entre el tiempo de viaje de un pulso eléctrico emitido por el sensor y el contenido de agua del suelo circundante. Los SMSs de tipo volumétrico son los más usados en Florida. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de un SMS comúnmente usado para manejo de riego de árboles en Florida.

Hay múltiples factores a considerar al evaluar la idoneidad de un SMS de tipo volumétrico para la programación de riego en Florida. Estos factores incluyen adaptabilidad para suelos arenosos; sensibilidad a burbujas de aire, temperatura, salinidad, precisión-exactitud, y facilidad de instalación y mantenimiento del sensor.

Las opciones de SMSs en la Figura 1 pueden ser adaptadas para el riego de árboles frutales en Florida. Sin embargo, cada tipo de SMS tiene ventajas y desventajas. Por ejemplo, a pesar de que los SMSs TDT son bien conocidos

- Este documento es el AE583, uno de una serie del Department of Agricultural and Biological Engineering, UF/IFAS Extension. Fecha de publicación original febrero de 2023. Visite el sitio web de EDIS en <https://edis.ifas.ufl.edu> para obtener la versión actual compatible de esta publicación.
- Eric Herrera, asistente de investigación; Sandra M. Guzmán, profesora asistente, Water Resources, Department of Agricultural and Biological Engineering; Eduart Murcia, estudiante en prácticas; y Daniel Palacios, asistente de investigación; UF/IFAS Indian River Research and Education Center, Fort Pierce, FL 34945. Traducido por Sandra M. Guzmán y Daniel Palacios.

por ser los más exactos en el mercado, requieren una cuidadosa instalación porque sus varillas están en un bucle cerrado. Debido a este bucle, los usuarios deben chequear la cobertura del suelo en medio de las varillas para asegurar una instalación adecuada. En contraste, los SMSs con varillas abiertas (color crema en la Figura 1) son relativamente más fáciles de instalar porque solo necesitan ser empujados en el suelo; sin embargo, las lecturas son más sensibles a objetos cercanos como rocas y suelo. Para seleccionar el SMS más apropiado para cada situación, es recomendable tener información preliminar del tipo de suelo y variabilidad, fuente de agua y tipo de riego.

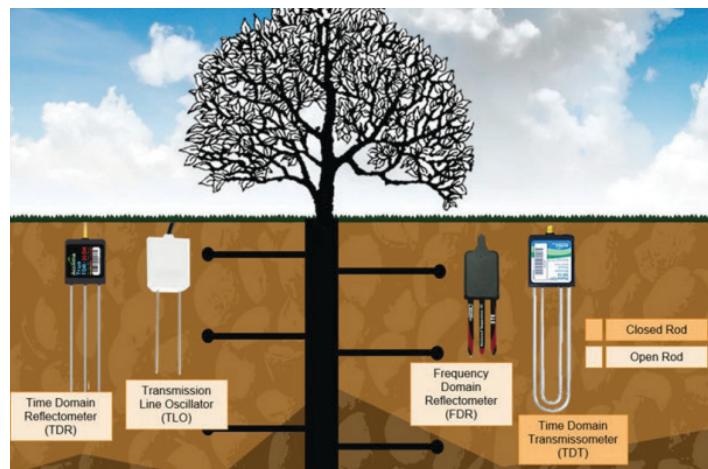


Figura 1. Un ejemplo de sensores de humedad del suelo de tipo volumétrico. A pesar de que los sensores de varillas cerradas pueden ser muy precisos, estos requieren más cuidado en la instalación en comparación con los sensores de varillas abiertas. Cuando esté instalando un sensor, asegúrese de que las varillas están completamente cubiertas por el suelo.

Créditos: Sandra M. Guzmán, UF/IFAS

En términos de precisión y exactitud, la mayoría de los SMSs proveen suficiente información para manejar el riego. Usualmente, las lecturas de los SMSs mostradas en forma gráfica son una manera práctica de evaluar el contenido de agua en el suelo. Puede encontrar más información sobre interpretación de datos de SMSs en la publicación Understanding Soil-Moisture Sensor Data (Schumann and Waldo 2017). En ciertos casos, especialmente para fines de investigación y regulación, se prefieren las lecturas de sensor en tiempo real por encima de las gráficas semanales para facilitar la cuantificación de agua usada a lo largo de la temporada de cultivo. En esos casos, es importante verificar las unidades en las que los datos son provistos. Para suelos arenosos, el máximo contenido de humedad del suelo es usualmente alrededor de 30% (o  $0,30 \text{ m}^3/\text{m}^3$  basado en el tipo de SMS). Si las lecturas del SMS están por encima del 30%, lo cual puede ocurrir con SMS de Meter Group (previamente Decagon), por ejemplo, esto puede representar un valor relativo o una lectura inexacta.

El usuario debe solicitar más información de la compañía manufacturera sobre cómo interpretar las medidas cuando las lecturas son relativas. La mayoría de SMS es compatible con el protocolo de comunicación SDI-12. Este protocolo es soportado por casi todos los datalogger modernos en caso de que el usuario decida tomar lecturas continuas.

## ¿El sensor requiere calibración?

La mayoría de los SMS se calibra en el laboratorio por la compañía manufacturera usando tipos de suelos genéricos. Sin embargo, investigaciones de UF/IFAS muestran que los usuarios podrían incrementar la exactitud del sensor realizando calibraciones específicas en campo.

El tipo y propiedades físicas del suelo, como salinidad y burbujas de aire, son los factores primarios que afectan la exactitud de las lecturas. Una recomendación es instalar el SMS después de un evento de lluvia o en un suelo bien regado y examinar los cambios y tendencias en las series de tiempo por al menos una semana. Esas tendencias permitirán al usuario identificar cambios en la humedad del suelo a lo largo del tiempo. Para validación en campo, se pueden recolectar muestras de suelo para determinación gravimétrica de humedad en un laboratorio de suelos.

Las lecturas gravimétricas pueden ser comparadas con las lecturas tomadas del SMS para calibración. Los procesos de calibración han sido bien documentados, una lista de lecturas relacionadas con este tema está disponible en la sección referencias de este documento. Si se requiere más información acerca de los requerimientos de calibración para los SMSs, el usuario podría contactar al equipo de soporte técnico de la compañía fabricante del SMS o al especialista local de riego de UF/IFAS.

## ¿Los objetos cercanos afectan las lecturas de un SMS?

Cuando se instala un SMS, el regador puede encontrar en el suelo demasiados objetos alrededor, incluyendo rocas, raíces primarias y secundarias, e incluso espacios de aire. Para medir la humedad del suelo, la corriente eléctrica en el SMS es promediada a través de cierta área del suelo cercana a las varillas del SMS. Esta área de suelo es llamada volumen de detección o buffer. En la Figura 2 se muestra el volumen de detección para los sensores TLO y TDT respectivamente. Idealmente, el volumen de detección debe estar libre de objetos. Cuando rocas, raíces u otros objetos están dentro del volumen de detección, el SMS tal vez provea lecturas que son menores que las condiciones actuales de campo. Una sugerencia para la instalación es evitar sitios rocosos o áreas donde las raíces están muy

extendidas. Use los siguientes pasos para realizar una evaluación inicial del campo.

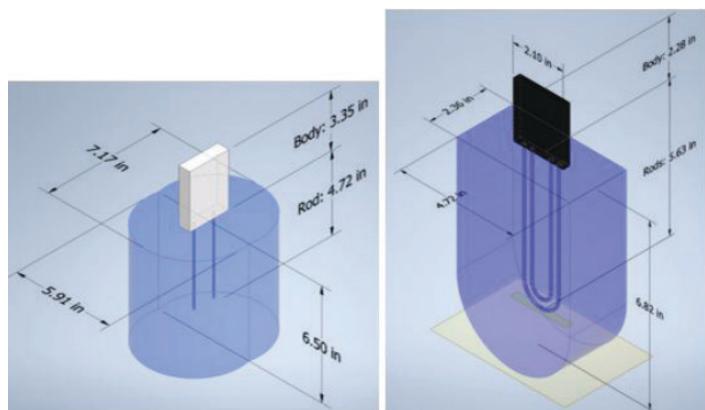


Figura 2. La humedad del suelo es medida basada en el suelo circundante o volumen de detección (área azul sombreada). Izquierda: volumen de detección de un sensor TLO. Derecha: volumen de detección de un sensor TDT.

Créditos: Eric Herrera, UF/IFAS

1. Seleccione el sitio de instalación del SMS.
2. Haga una inspección inicial de objetos y materiales que estén visibles a lo largo de la superficie del suelo.
3. Haga un agujero de 6 pulgadas de ancho y 7 pulgadas de profundidad. Estas dimensiones van a servir para la mayoría de SMSs (para los de tipo TDT, el agujero puede ser de 3 pulgadas de ancho en lugar de 6 pulgadas).
4. Haga una inspección visual a lo largo de las paredes del agujero en busca de rocas u otros objetos.
5. Retire objetos cercanos, rellene con tierra cualquier área abierta e instale el SMS. Asegúrese de que el suelo cubre completamente las varillas.

La mayoría de las compañías manufactureras provee información acerca del volumen de detección. Mientras más cerca estén las rocas, raíces, u otros objetos de las varillas del SMS, más inexactas serán las mediciones. El error introducido por estos objetos resulta en una subestimación del contenido volumétrico de agua porque estos objetos influencian la señal eléctrica proveniente del sensor. Las lecturas inexactas pueden resultar en un manejo incorrecto del riego.

## ¿En qué posición debe ser instalado el SMS?

Hay dos posiciones comunes en las que los SMSs pueden ser instalados: horizontal o vertical. La Figura 3 muestra ejemplos de posiciones de instalación para el

TLO (izquierda) y para el TDT SMS (derecha). Después de un evento de riego o lluvia, el sensor posicionado verticalmente puede registrar humedad del suelo antes que el sensor posicionado horizontalmente (Figura 3A, derecha). Después de algún tiempo (Figura 3B y 3C), ambos, sensores vertical y horizontal registran valores similares. A medida que el agua se mueve hacia abajo, las varillas en la instalación vertical están en contacto con el agua en el suelo por un periodo de tiempo más largo (Figuras 3E y 3F). Sin importar la posición, los SMSs leerán valores basados en las variaciones a través del volumen de detección. Otros factores a considerar son el número y ubicación de los sensores. Es común asumir que un SMS instalado verticalmente es suficiente para caracterizar el movimiento del agua a través de la profundidad de las raíces (considerando profundidades de alrededor 7 pulgadas). Sin embargo, se recomienda tener por lo menos dos SMSs por ubicación ya sea para instalaciones verticales u horizontales. Algunos usuarios instalan el SMS más superficial verticalmente y el SMS más profundo horizontalmente. Para instalaciones verticales, el SMS superior (usualmente con varillas a 3-4 pulgadas de la superficie del suelo) mostrará las tendencias del movimiento del agua a través del sistema de raíces, y el SMS inferior (usualmente instalado a 6 pulgadas de la superficie del suelo) mostrará el movimiento del agua por debajo de la zona radicular o los incrementos en el nivel freático. Si hay más de una capa de suelo a lo largo de la zona radicular, debe haber por lo menos un SMS por capa.

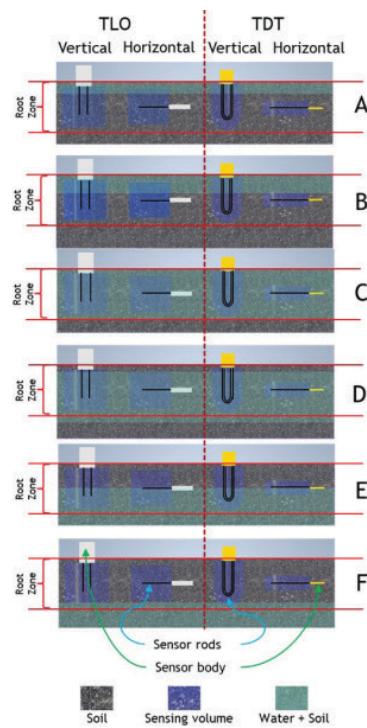


Figura 3. Influencia de la posición en la lectura del SMS. Izquierda: tipo TLO. Derecha: tipo TDT.

Créditos: Eric Herrera, UF/IFAS

## ¿Dónde debe estar ubicado el sensor?

El SMS debe estar en un área que representa las condiciones promedio del suelo, de la planta o del área de riego. Para más información acerca de la ubicación adecuada, vea Using Soil Moisture Sensors for Citrus Irrigation (Schumann et al. 2018) y Understanding Soil-Moisture Sensor Data (Schumann and Waldo 2017). El sensor debe estar completamente enterrado en el suelo, incluyendo el área del cuerpo (Figura 2), e instalado tan cerca como sea posible de las raíces de los árboles sin entrar en el volumen de detección (a no más de 1 pie del final del dosel). En términos de profundidad, es recomendable instalar el SMS por lo menos a 3 pulgadas de la superficie del suelo. Adicionalmente, el SMS debe estar ubicado dentro del bulbo húmedo de riego. La instalación del SMS puede diferir dependiendo del sistema de riego utilizado. Para riego por goteo, el SMS debe estar ubicado dentro del bulbo húmedo del gotero. Entre más cerca el SMS esté del gotero, mejor, siempre y cuando no haya interferencia de otros componentes (por ejemplo, raíces principales o rocas). Cuando el SMS está fuera del patrón húmedo del gotero, puede subestimar la cantidad de agua de suelo disponible para los árboles. Una ubicación apropiada del SMS será alrededor de 6 pulgadas del gotero si consideramos raíces principales, rocas y el volumen de detección del SMS. La Figura 4 muestra un ejemplo de la instalación de un SMS cuando se usa riego por goteo, para ambas configuraciones vertical y horizontal.

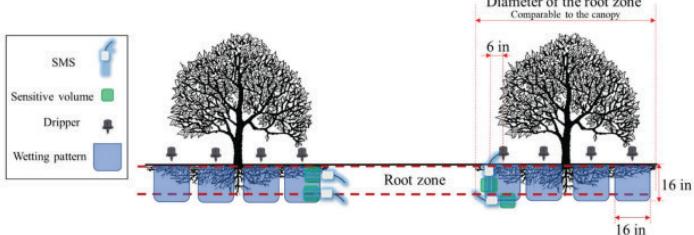


Figura 4. Ejemplo de ubicación de SMS para riego por goteo.

Créditos: Eric Herrera, UF/IFAS

Para riego por micro aspersión, hay un patrón húmedo más amplio (vea el área azul en la Figura 5) y usualmente un micro aspersor por cada árbol. En este caso la ubicación del SMS es determinada primordialmente por la profundidad de la raíz y la uniformidad del sistema de riego. El SMS debe estar ubicado en un área cerca de ambos, la raíz principal y el micro aspersor. Una ubicación sugerida para el SMS es la resaltada en amarillo en la Figura 5.

Cuando se está instalando un SMS, es ideal dejarlo tan cerca como sea posible al sistema radicular y minimizar el movimiento del dispositivo. Si las tendencias y lecturas del

SMS son inconsistentes, puede ser a causa de nuevas raíces que están creciendo horizontalmente y están interceptando el volumen de detección.

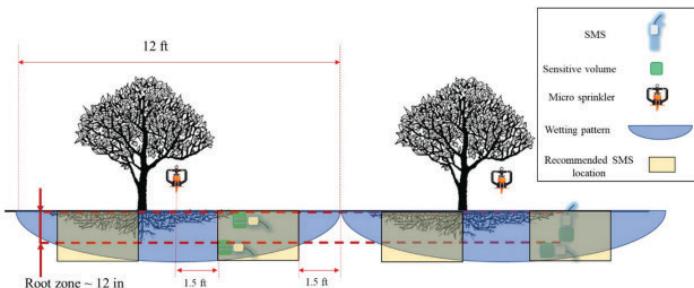


Figura 5. Ubicación del SMS cuando se usa sistema de riego por microaspersión. Las áreas azules representan el patrón húmedo del micro aspersor. Las áreas amarillas representan las áreas recomendadas para instalar el SMSs.

Créditos: Eric Herrera. UF/IFAS

Finalmente, al colocar sistemas de SMS con telemetría, es posible que los usuarios deban considerar factores adicionales, como el alcance del receptor celular y la radio a la estación remota a los SMSs, la longitud de los cables del SMS conectados al datalogger, y las fuentes de energía (solar vs. eléctrica).

La longitud máxima de cable para los sensores es de alrededor de 2000 pies para TLO y 190 pies para TDT. Antes de seleccionar la longitud del cable, haga un diseño detallado de la ruta y considere las uniones e intersecciones del conducto para poder calcular la longitud requerida del cable antes de la compra e instalación. Considere enterrar los cables por lo menos a 2 pulgadas de profundidad y usar una manguera flexible o tubería Conduit de diámetro pequeño cuando cruce cunetas, surcos. Estas medidas de seguridad ayudarán a proteger los cables no solo de animales, sino también de herramientas de mantenimiento del cultivo (tractores, palas, etc.). Después de instaladas las vías de conducción en campo, vuelva a verificar la estimación de longitud de cable antes de comprar los sensores.

Nosotros recomendamos usar sistemas de SMS con telemetría. Estos sistemas proveen datos confiables que pueden ser transmitidos en tiempo real a cualquier dispositivo y hacen la programación del riego más fácil. Los sistemas sin cableado son en ocasiones impredecibles y la mejor manera de manejarlos es usualmente por ensayo y error. Por lo tanto, es importante la buena comunicación que se tenga con la empresa fabricante, así como la asistencia técnica que ella brinde. La adecuada instalación de SMS es crítica para obtener lecturas confiables y un manejo del riego más eficiente.