

## Categoría de Ficha

Las fichas Categoría B son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de **complejidad técnica media**, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

# B

## Medidas Relacionadas

- 2 Abonos orgánicos líquidos y sólidos
- 12 Estimación de huella de carbono
- 13 Uso de datos meteorológicos
- 27 Reservorios de agua
- 29 Sensibilización en temas medioambientales
- 30 Mapas de sostenibilidad

## Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3  
Requisitos: 6.5.3, 6.5.4



Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5.  
Requisito: 3.2.27



Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.  
Indicador: 4.3.2.2



Aseguramiento Integrado Finca-Global GAP V5.4-1.  
Puntos de Control: CB 5.1.1 , 5.2.3.5.4.1



## Plazo de Implementación

Hasta 3 años

**giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de  
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

# Optimización del sistema de riego mediante uso de sistemas de medición de humedad

FICHA

26

## Descripción de la medida

El agua es indispensable para la agricultura ya que el desarrollo de los cultivos está directamente condicionado a la disponibilidad de este recurso. El crecimiento de las plantas, la productividad y la calidad de las cosechas están determinadas, en gran medida, por la presencia o ausencia de agua particularmente en los momentos claves del ciclo del cultivo: germinación, floración, llenado o fructificación<sup>1</sup>. Este es un tema de especial relevancia teniendo en cuenta los posibles escenarios ante el cambio climático en las diferentes regiones productivas.

Según el Informe [“Perspectiva Global de la Tierra”](#), de las Naciones Unidas (ONU) elaborado en el 2017<sup>2</sup>, la agricultura se ha constituido en una de las actividades humanas responsables de la escasez del agua a nivel global; en donde prácticas como la irrigación<sup>3</sup> representan el 70% de las extracciones de agua dulce.

Datos de la [FAO](#)<sup>4</sup>, indican que en la actualidad la agricultura de regadío representa el 20% de la tierra cultivada y aporta el 40% de la producción total de alimentos en el mundo; por otro lado se calcula que las tierras de regadío en los países en desarrollo se incrementarán en un 34% para 2030, sin embargo se espera que la cantidad de agua utilizada por la agricultura en estas regiones aumente únicamente en un 14% gracias a la mejora de la gestión y las prácticas de riego sostenible que están siendo implementadas.

Para los cultivos, el estrés hídrico es uno de los parámetros de mayor importancia al momento de suplir agua a las plantas, de ahí que las consecuencias sobre los procesos vitales de su desarrollo casi siempre son nocivos y se vuelven definitivos cuando se presenta la marchitez visible, la cual se traduce en consecuencias graves como la suspensión de la tasa de emisión foliar, reducción en el crecimiento de la planta, cambios temporales en el metabolismo y efectos irreversibles en la producción, que dan como resultado una fruta de baja calidad<sup>5</sup>.



<sup>1</sup> Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias. [MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018](#)  
<sup>2</sup> Perspectiva global de la tierra. [Naciones Unidas, Convención de Lucha contra la Desertificación, 2017](#)  
<sup>3</sup> El 40% del agua destinada para riego se pierde antes que llegue a las raíces del cultivo por la mala selección del sistema, un diseño deficiente o problemas de infiltración, entre otros. [PREDES, 2000](#)  
<sup>4</sup> Estadísticas de Riego: [Base de datos AQUASTAT de la FAO](#)  
<sup>5</sup> Evaluación de la productividad del agua en el cultivo de banano (Musa AAA Simmonds) para la zona de Santa Marta por medio de la variación de tres coeficientes de cultivo(kc). [Universidad Nacional de Colombia, 2010](#)



Razón por la cual en algunas zonas agrícolas es necesaria la irrigación para suplir las necesidades del cultivo e incrementar los índices de producción aplicando de manera eficiente la lámina de agua, de manera que se optimice el volumen utilizado y se incremente la rentabilidad de la operación.

En este sentido, la cuantificación de una lámina de agua apropiada para el cultivo, debe incluir factores climáticos y de suelos para valorar los aportes hídricos requeridos por la planta. Determinando un coeficiente de cultivo para las condiciones específicas de cada región/país, teniendo en cuenta la diversidad climática dependiendo de la zona donde se establece la plantación<sup>6</sup>. El uso de técnicas de medición de la humedad en el suelo es una de las variables claves que pueden ayudar a la persona productora a tomar decisiones acertadas del momento adecuado para la irrigación; temática que será tratada en las siguientes secciones.

## Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Impulsa estrategias de adaptación al cambio climático, en zonas agrícolas en donde hay un déficit hídrico, debido al descenso de precipitaciones anuales y aumento de las sequías.
- Evita un exceso de irrigación que incremente el consumo de energía y la emisión de gases de efecto invernadero. Aumentando también el movimiento de fertilizantes por debajo de la zona radicular, produciendo erosión y transporte de suelo; así como arrastre de partículas químicas a los canales de drenaje y contaminación de fuentes naturales.

Beneficios para la persona productora<sup>7</sup>

- Asegura un correcto monitoreo del contenido de agua en el suelo como guía para que la persona agricultora puede optimizar la producción, conservar agua, reducir los impactos ambientales y ahorrar dinero al optimizar el consumo de energía.
- Ayuda a tomar mejores decisiones en la programación del riego, tales como determinar la cantidad de agua a aplicar y cuándo aplicarla.
- Ayuda a igualar los requerimientos de agua del cultivo con la cantidad aplicada durante la irrigación; reduciendo así pérdidas excesivas de agua por percolación profunda o por escurrimientos, o bien evitando aplicar cantidades insuficiente que generen estrés a la planta.
- Promueve buenas relaciones con los usuarios del agua en la cuenca, a través de estrategia de uso racional y conservación.
- Brinda a la persona productora una mejor valoración de su imagen, facilitando la comercialización de sus productos y fortaleciendo el cumplimiento de protocolos de certificación como Rainforest Alliance, Global Gap y Comercio Justo.



Tensiómetro Agrícola. Fuente: Portal Frutícola 2016

## Metodología de implementación de la medida

El manejo apropiado de los sistemas de riego requiere de la evaluación de las necesidades de irrigación según la medición de diferentes parámetros físicos del suelo. Pudiendo utilizarse tanto equipos tecnificados como métodos empíricos, los cuales tienen beneficios y limitaciones, según las condiciones y particularidades de cada finca. En esta ficha, se busca brindar una guía para la programación del riego, con la ayuda de sistemas de medición de la humedad del suelo y así poder determinar la cantidad de agua a aplicar y cuando aplicarla; para lo cual se deben considerar los siguientes pasos.



### Paso 1. Estudio de suelos

Se requiere una valoración de la textura<sup>8</sup> y estructura<sup>9</sup> del suelo, ya que según las propiedades presentes de cada módulo o bloque de riego, se pueden afectar las condiciones relacionadas con la capacidad de drenaje, capacidad de retención de agua, aireación del suelo, contención de materia orgánica, susceptibilidad a la erosión y compactación, entre otras.

La textura determina la velocidad a la que el agua se drena a través de un suelo saturado. Una vez que se alcanza la capacidad del campo, la textura del suelo también influye en la cantidad de agua disponible para la planta. La selección del sistema de medición de humedad en suelo a utilizar (ver paso #4) y lámina de riego son propiedades hídricas relevantes (ampliadas en el paso #3) para el desarrollo del cultivo y que son útiles al momento de tomar decisiones relacionadas con la irrigación. Un ejemplo, son los suelos de textura arenosos, los cuales no retienen suficiente cantidad de agua disponible para la planta, éstos en general drenan más rápidamente y necesitan ser regados con más frecuencia que los suelos arcillosos<sup>10</sup>.

Por otro lado, las condiciones del suelo (por ejemplo, capas compactadas, nivel freático superficial, suelo seco) pueden limitar la profundidad de la raíz de la planta. La persona productora puede utilizar o bien diseñar mapas para reflejar la condición del suelo en su finca por módulo de riego; estudios que deben ser apoyados por profesionales en el área de suelos.



<sup>6</sup> Evaluación de la productividad del agua en el cultivo de banano (Musa AAA Simmonds) para la zona de Santa Marta por medio de la variación de tres coeficientes de cultivo (Kc). [Universidad Nacional de Colombia, 2010.](#)

<sup>7</sup> Uso de sensores de humedad del suelo para eficientar el riego. [Texas A&M, 2007.](#)

<sup>8</sup> La textura del suelo es una propiedad que influye en la velocidad de infiltración del agua en el mismo (permeabilidad). Se tienen 4 grupos texturales de suelos: arenosos, limosos, francos y arcillosos. [CSR laboratorio, 2023.](#)

<sup>9</sup> La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados. [FAO, 2016.](#)

<sup>10</sup> Uso de sensores de humedad del suelo para eficientar el riego. [Texas A&M, 2007.](#)





## Paso 2: Valoración del sistema de riego

Si la finca ya tiene un sistema de riego, es indispensable considerar las siguientes variables:

- Cantidad de agua concesionada y caudal de las fuentes de extracción del agua (pozos, cauces naturales, reservorios, otros)
- Número y distribución de los bloques de riego
- Método de funcionamiento del sistema (automatizado, manual)
- Potencia de los motores, verificando si se está suministrando la energía necesaria al sistema de bombeo.
- Capacidad y eficiencia del bombeo, valorando si está o no subdimensionado.
- Número, tipo y caudal de los aspersores. Es ideal uniformizar<sup>11</sup> el tipo de aspersores a utilizar, así como su distanciamiento; disminuyendo problemas por pérdidas de presión, sobreuso de agua y presencia de triángulos secos.
- Programa de mantenimiento y capacidad del personal a cargo.
- Presencia de daños y fugas, entre otras variables.

Un diagnóstico del sistema de riego permite implementar cambios que ayudan a optimizar la actividad, haciendo un uso racional del recurso agua, disminuyendo gastos en combustibles o electricidad y asegurando que los datos obtenidos mediante los dispositivos o metodologías de medición de humedad de suelo puedan ser utilizados con mayor confianza en la programación del riego.



Fuente: VYRSA 2023



## Paso 3: Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo

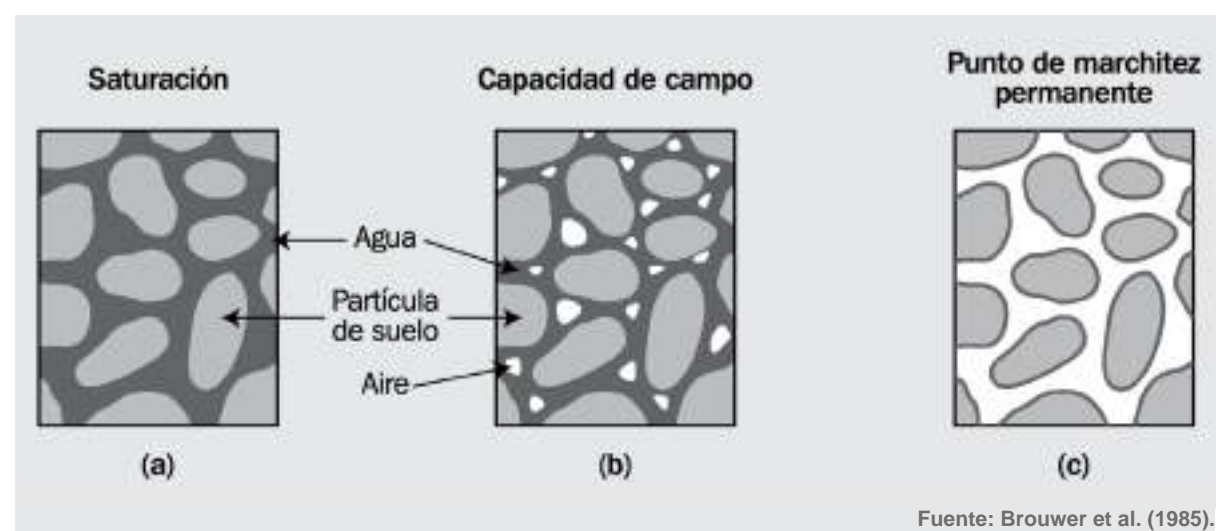
Durante las diferentes etapas de crecimiento la planta utiliza el agua del suelo alrededor de su zona de raíces. A medida que esto ocurre, en zonas o épocas del año en donde la precipitación no compensa esta necesidad, la humedad en el suelo baja hasta un nivel en el cual es necesario utilizar sistemas de irrigación, caso contrario el cultivo comenzará a estresarse por falta de agua. Si no se aplica agua la planta continuará haciendo uso de la poca humedad que queda hasta que finalmente utilizará toda el agua disponible en el suelo y morirá<sup>12</sup>.

Para entender esta dinámica y facilitar un manejo eficiente del riego, primeramente, la persona productora debe conocer y valorar algunos parámetros que describen la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Los cuales se detallan a continuación:

### a. Saturación

La saturación se presenta cuando prácticamente todos los espacios o poros del suelo están llenos de agua, lo cual no es una condición ideal para las plantas, debido a que las raíces requieren aire. En los suelos bien drenados es un estado temporal ya que el exceso de agua drena a través de los poros grandes por influencia de la gravedad y es reemplazada por aire.

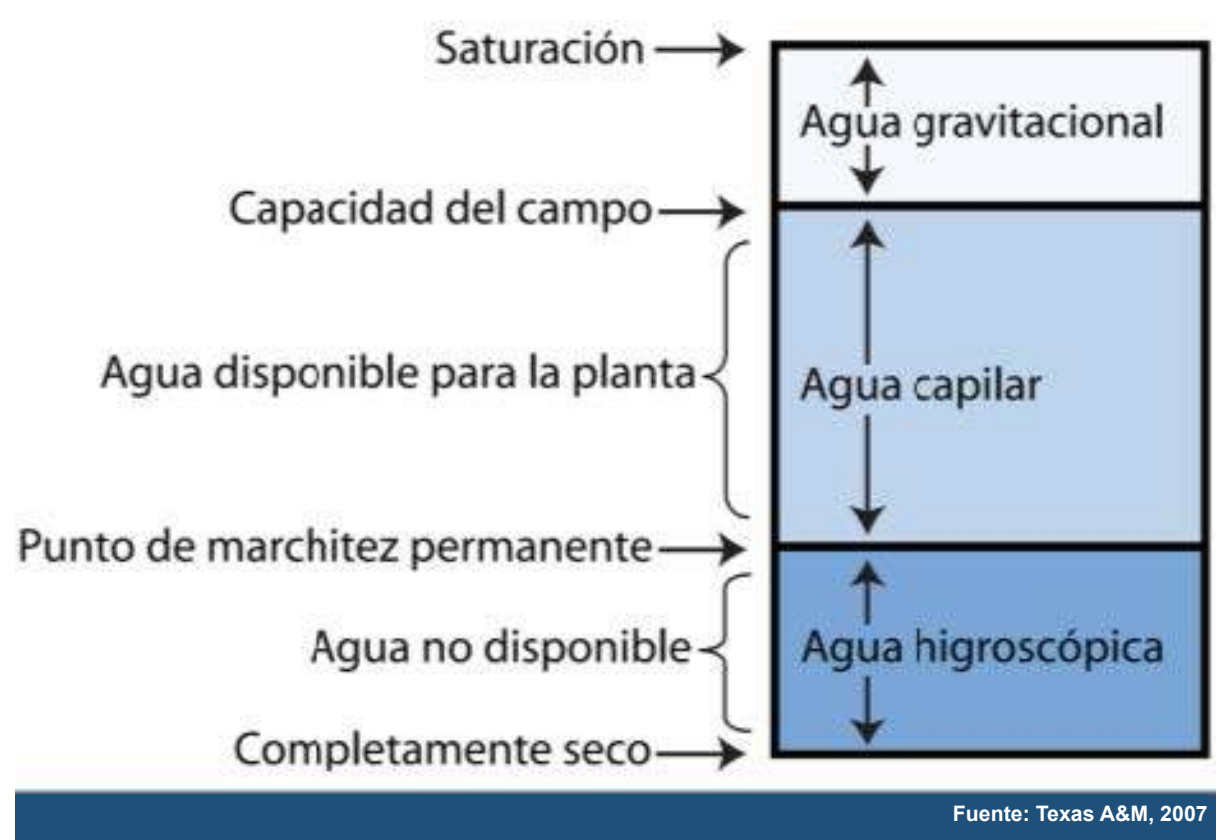
Estados de la humedad del suelo



Fuente: Brouwer et al. (1985).

### b. Capacidad de campo.

Refiere al contenido de humedad del suelo después de que toda el agua gravitacional se ha drenado cuando el perfil del suelo alcanza la capacidad de campo (CC), se dice que está al 100% de su contenido de humedad disponible para las plantas, lo cual ocurre cuando la tensión<sup>13</sup> del agua en el suelo es de aproximadamente 0.3 bares en suelos arcillosos o de 0.1 bares en suelos de textura media. En este punto el agua no es retenida fuertemente por las partículas del suelo y es fácil para las plantas extraerla. A medida que las plantas agotan el agua, la tensión en el suelo aumenta. Sin embargo, para ciertos suelos, mantener el suelo en capacidad de campo puede resultar en deficiencia de oxígeno al sistema radicular o en el desarrollo de enfermedades del tallo y las raíces<sup>21</sup>, razón por la cual es importante que la persona productora se apoye en personal técnico al momento de analizar esta variable. Importante indicar que el suelo a capacidad de campo se siente muy húmedo en contacto con las manos<sup>14</sup>.



Fuente: Texas A&M, 2007

<sup>11</sup> El coeficiente de uniformidad sirve para determinar a través de valores establecidos el flujo de efectividad de riego en un cultivo. Para ello se han establecido parámetros que te indicarán el estado, y cuando los resultados arrojan un coeficiente de uniformidad que supere los 90%, indica que es excelente. [BKD Pivot, 2021](#).

<sup>12</sup> Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego ¿Cuándo?. [Universidad de Arizona, 2017](#).

<sup>13</sup> La tensión es una medida que determina la fuerza con la que las partículas del suelo retienen a las moléculas de agua: a mayor retención de humedad, más alta es la tensión. [Universidad de Arizona, 2017](#).

<sup>14</sup> Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal El significado de la porosidad del suelo. [FAO, 2005](#).



### c. Punto de marchitez permanente

Es el contenido de agua en el suelo al cual las plantas no se pueden recuperar y se marchitan aun cuando se les adiciona suficiente humedad. Una vez que el suelo se seca y la humedad alcanza el punto de marchitez permanente (PMP), las plantas ya no pueden seguir extrayendo agua del suelo; si bien por debajo del PMP todavía hay un poco de humedad, esta agua<sup>15</sup> está retenida tan fuertemente por las partículas del suelo que las raíces de la planta no pueden extraerla. En esas condiciones, el cultivo está permanentemente marchito, al contacto con la mano el suelo se siente casi seco o muy ligeramente húmedo. La persona productora debe tener en cuenta que dependiendo del tipo de planta y de suelo<sup>16</sup> el punto de marchitez permanente ocurre a diferentes niveles de humedad<sup>17</sup>, razón de la importancia del [paso 1](#), en donde es necesario conocer las características de los diferentes tipos de suelos por módulo de riego.

Textura del suelo	Capacidad de campo (1/3 bars)	Punto de marchitamiento permanente (15 bars)	Agua disponible para la planta
Arena	1.2 (10)*	0.5 (4)	0.7 (6)
Arena margosa	1.9 (16)	0.8 (7)	1.1 (9)
Marga arenosa	2.5 (21)	1.1 (9)	1.4 (12)
Marga	3.2 (27)	1.4 (12)	1.8 (15)
Marga limosa	3.6 (30)	1.8 (15)	1.8 (15)
Marga arcillo-arenosa	4.3 (36)	2.4 (20)	1.9 (16)
Arcilla arenosa	3.8 (32)	2.2 (18)	1.7 (14)
Marga arcillosa	3.5 (29)	2.2 (18)	1.3 (11)
Marga arcillo-limosa	3.4 (28)	1.8 (15)	1.6 (13)
Arcilla limosa	4.8 (40)	2.4 (20)	2.4 (20)
Arcilla	4.8 (40)	2.6 (22)	2.2 (18)

\*Los números en ( ) representan el contenido volumétrico de humedad en %. Fuente: Hanson 2000

### d. Agua disponible para la planta

Para la programación del riego la persona agricultora, debe considerar la cantidad de agua disponible para la planta (ADP), la cual es básicamente el contenido de agua retenida entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. Parámetro que depende de factores tales como la textura del suelo, densidad aparente<sup>18</sup> y estructura.

#### Ejemplo<sup>19</sup>: Cálculo de Agua total Disponible (ATD)

Capacidad de campo: 20% Punto marchitez: 13% Profundidad del sistema radicular: 20cm	% de agua disponible= 20-13= 7% ATD = 0.07 x 1000 mm / m x 0.2m = 14 mm (140 m3/ha) <sup>20</sup>
--	--

### e. Déficit permitido en el manejo del riego (DPM)

Es el contenido de agua en el suelo al cual no se debe permitir bajar o llegar al punto de marchitez permanente para evitar el estrés de la planta por falta de agua y, por lo tanto, evitar la reducción en la producción. La diferencia entre el contenido de agua a capacidad de campo y el DPM debe ser la lámina de riego por aplicar. El déficit permitido (DPM) dependerá de la especie de planta y variará según la temporada de cultivo. Generalmente, el déficit permitido se expresa en porcentajes y puede oscilar entre 25% (cultivos sensibles a sequía) a 50% (aplicable a la mayoría de cultivo)<sup>21</sup>.

### f. La profundidad de la raíz.

Esta condición determina la cantidad de agua que la planta puede disponer del suelo. El cultivo de piña por ejemplo posee un sistema radicular superficial, su extensión varía con el suelo y el estado nutricional de la planta. Las raíces no se extienden mucho lateralmente, en profundidad llegan de 15 a los 30 cm y excepcionalmente pueden alcanzar a los 50 – 60 cm<sup>22</sup>. En banano, las raíces tienen un diámetro que oscila entre 5 y 8 mm y su longitud puede alcanzar los 2,5-3 m en crecimiento lateral y hasta 1,5 m en profundidad<sup>23</sup>. Las condiciones del suelo (capas compactadas, nivel freático superficial, suelo seco) pueden limitar la profundidad de la raíz.

Para poder determinar un punto apropiado de riego, a partir del análisis de las diferentes variables descritas. La persona productora debe apoyarse en profesionales del tema y monitorear la cantidad de agua disponible durante toda la temporada de irrigación.



## Paso 4: Selección de métodos para determinar la humedad del suelo

Una vez determinados los parámetros previamente descritos, el siguiente paso es la selección de los métodos de medición del agua en suelo, en este sentido hay métodos directos e indirectos, los cuales pueden ser utilizados por la persona productora según las condiciones de los suelos presentes en la finca y los recursos económicos disponibles. En cualquier caso, el entrenamiento y ajuste de los diferentes dispositivos es fundamental para poder obtener datos correctos que ayuden a tomar decisiones en cuanto al riego.

#### a. Método gravimétrico

El método gravimétrico es el único método directo de medición de la humedad del suelo. Dicho método consiste en tomar una muestra de suelo, pesarla antes y después de su desecado y calcular su contenido de humedad. La muestra de suelo se considera seca cuando su peso permanece constante a una temperatura de 105°C. Se han construido numerosos tipos de equipo de muestreo, así como hornos de secado y balanzas especiales para ser utilizados con este método. Este método es el estándar contra el cual se calibran los métodos indirectos (aparatos e instrumentos). Sin embargo, no puede usarse para obtener un registro continuo de la humedad del suelo de un lugar determinado, porque es necesario extraer muestras del suelo para su análisis en el laboratorio<sup>24</sup>.

*Variables a considerar:*

- La técnica y el equipo utilizados para la recolección de muestras deben evitar que éstas pierdan o ganen humedad, sufran alteración o contaminación alguna durante las operaciones de muestreo o de transporte.
- Las muestras no deben perder agua entre el tiempo de la toma y el pesaje para así poder obtener datos de campo correctos.
- En suelos con presencia de grava, el tamaño de la muestra que se debe tomar para la determinación gravimétrica de la humedad debe ser mucho mayor que en el caso de suelos en donde esta condición esté ausente.

<sup>15</sup> El agua higroscópica es cuando el agua está retenida fuertemente por las partículas del suelo (por debajo del punto de marchitez permanente) y no puede ser extraída por las raíces de la planta. [Texas A&M, 2007](#).

<sup>16</sup> Los niveles de humedad correspondiente a la CC y el PMP dependerán de la textura del suelo, pues dependen de la porosidad. [FAO 2007](#).

<sup>17</sup> En la mayoría de los cultivos agronómicos, el PMP se presenta cuando la tensión en el suelo es de 15 bares. [Universidad de Arizona, 2017](#).

<sup>18</sup> La densidad aparente es una medida de la porosidad de un suelo. Se determina dividiendo el peso de suelo seco entre el volumen total, de modo que un mayor valor de densidad aparente significará menor porosidad. Es importante porque

determina la compactación y la facilidad de circulación de agua y aire. [FAO 2007](#).

<sup>19</sup> El agua del suelo. [Cropia, 2023](#).

<sup>20</sup> Cada milímetro equivale a un litro por metro cuadrado o 10 metros cúbico por hectárea. [Zamorano 2013](#).

<sup>21</sup> Uso de Sensores de Humedad para Definir Riego. [Intagri, 2014](#).

<sup>22</sup> Cultivo de piña (Ananas comosus). [Ministerio de Agricultura y Riego 2019](#)

<sup>23</sup> El cultivo del plátano (banano). [Infoagro, 2020](#).

<sup>24</sup> Medición de la humedad del suelo. [Ideam, 2002](#).



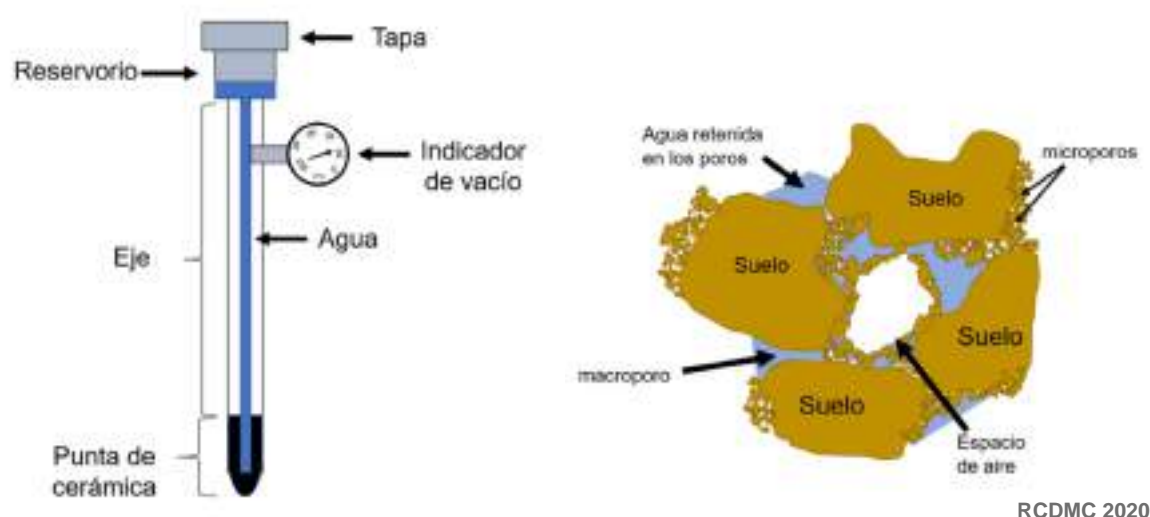


Fuente: Portal Frutícola, 2020

Respecto a los métodos indirectos se describen a continuación las principales opciones que puede valorar la persona productora:

## b. Tensiómetros<sup>25</sup>

Este instrumento mide la tensión con la que el agua se encuentra adherida al suelo y consiste en un tubo de plástico lleno de agua y herméticamente cerrado, equipado con un manómetro de vacío en la parte superior y una capsula de cerámica porosa en el extremo inferior. A medida que el tensiómetro pierde agua, se genera un vacío en el tubo y éste es registrado por el manómetro<sup>26</sup>. De esta manera los valores de tensión son bajos cuando el suelo está húmedo y aumentan a medida que se seca. Es importante que la persona productora considere que la humedad del suelo puede variar dentro de un mismo bloque de riego, no sólo por factores climáticos, sino también por diferencias en la tasa de aplicación del sistema de riego, presencia de fugas y variación en las propiedades del suelo en todo el paisaje (Variables comentadas en el [paso #2](#))



RCDMC 2020

### Variables a considerar:

- Son instrumentos de medición prácticos para suelos arenosos y con cultivos susceptibles a las sequías. Es muy utilizado para programar el riego en los sistemas por aspersión, microirrigación y goteo, los cuales permiten aplicar láminas pequeñas y muy precisas.
- 24 horas previas a la instalación se debe colocar la capsula porosa en un recipiente con agua destilada<sup>27</sup>.
- Una buena práctica es instalar los tensiómetros en la fila de plantas donde se concentran las raíces y absorben la mayor cantidad de agua.
- Durante su instalación, se debe asegurar que la capsula de cerámica esté a la profundidad de las raíces. Para cultivos de raíces superficiales estos deben ubicarse a una profundidad de 6 y 12 pulgadas, mientras que para cultivos con raíces profundas se instalan uno a 12 y otro a 24 o 36 pulgadas<sup>28</sup>.
- Una vez introducido el tensiómetro se debe rellenar con tierra los alrededores del tubo y compactarla para evitar que agua o aire ocupen espacios vacíos que distorsionen la lectura.

- Se recomienda la instalación de dos tensiómetros en cada sitio, a diferentes profundidades. El más superficial de los tensiómetros es el que indica el agua disponible para el cultivo, mientras el más profundo orienta sobre las pérdidas y la evolución de la humedad a lo largo del perfil del suelo. La distancia recomendable entre ambos debe ser de 10cm<sup>29</sup>.
- En campos con riego por goteo, el tensiómetro debe colocarse ligeramente dentro de la hilera de plantas más cerca de la zona de humectación, pero no inmediatamente debajo de la cinta de goteo. En campos con riego por aspersión, se ubican dentro del patrón mojado<sup>30</sup>.
- Idealmente el tensiómetro no debe sacarse del suelo durante la temporada de riego, sin embargo es conveniente cambiarlos de lugar, al menos cada 2 años<sup>29</sup>.
- Los tensiómetros son sensibles a las variaciones de la temperatura que producen expansiones o contracciones termales en las diferentes partes del sistema, lo que influencia las lecturas de la presión. Por lo cual es recomendable protegerlos de la radiación solar para minimizar este efecto.
- La medida del tensiómetro es en centibares (cb), y su interpretación dependerá de las condiciones propias de la finca y de la retención de agua, una relación general es la siguiente<sup>27</sup>:
  - 0-10 cb: suelo saturado
  - 10-20 cb: con capacidad de campo, humedad a disposición de la planta con esfuerzo mínimo
  - 30-60 cb: humedad intermedia, rango de inicio de riego de acuerdo con la textura predominante del suelo
  - 70 cb o superiores: la planta está padeciendo estrés y se acerca al punto de marchitamiento.



## c. Bloques de yeso y sensores Watermark<sup>31</sup>

Son piezas de diversos materiales, fundamentalmente yeso, que tienen dos electrodos que permiten la circulación de una corriente eléctrica: entre más húmedo el suelo, mayor circulación se tendrá. Es decir se basa en la medición de la resistencia eléctrica. El sensor Watermark funciona similar al sensor de bloques de yeso, sin embargo, es más duradero en el suelo y puede responder mejor a los cambios de humedad de este.



Green Forest, 2023

<sup>25</sup> Mayor detalle acerca de estos dispositivos en: [RCDMC](#)

<sup>26</sup> La mayoría de los tensiómetros tienen un manómetro graduado de 0 a 100 (centibares, cb, o kilopascals, kPa). Una lectura de 0 indica un suelo saturado. Conforme el suelo se seca, la lectura en el medidor aumenta. [Texas A&M, 2007](#).

<sup>27</sup> Cómo utilizar e interpretar un tensiómetro. [Portalfrutícola, 2016](#).

<sup>28</sup> Uso de sensores de humedad del suelo para eficientizar el riego. [Texas A&M, 2007](#).

<sup>29</sup> Riego y drenaje. [Zamorano 2013](#).

<sup>30</sup> Cómo Usar un Tensiómetro. [RCDM, 2020](#).

<sup>31</sup> Mayor detalle acerca de estos dispositivos en: [Oregon State University](#)



#### Variables a considerar:

- Los sensores Watermark deben calibrarse según el tipo de suelo (texturas finas y gruesas), la persona productora debe considerar que estos medidores pueden verse afectados ligeramente por condiciones de temperatura y salinidad.
- Se deben instalar varias estaciones de sensores, especialmente si el módulo de riego presenta varios tipos de suelos. La instalación debe hacerse considerando la profundidad efectiva de la raíz del cultivo, con el fin de medir el movimiento y la extracción de la humedad.
- Los sensores deben instalarse mojados para mejorar su respuesta durante el primer riego.
- Para asegurar el correcto funcionamiento del sensor es imprescindible que quede perfectamente ajustado al orificio que se abrió para su instalación.
- Si se utilizan bloques de yeso para medir la humedad estos se entierran a una profundidad deseada, con las terminales eléctricas extendiéndose hasta la superficie del suelo. Se debe considerar que los bloques son sensibles a la salinidad y tienen una corta vida útil ya que se disuelven en 1 o 3 años<sup>32</sup>.

#### d. Sondas TDR (Reflectometría de Dominio Temporal<sup>33</sup>) y sondas de capacitancia (FDR)

Estos tipos de sensores se basan en el efecto que el contenido de humedad tiene en las propiedades del suelo, desde el punto de vista de su capacidad para transmitir distintos tipos de radiaciones electromagnéticas. El TDR envía una onda electromagnética a través de una guía (generalmente un par de puntas paralelas de metal) colocada en el suelo a la profundidad deseada, facilitando la medición del tiempo que le toma a la onda viajar por la guía hacia el suelo y regresar, que será mayor o menor dependiendo de la humedad del mismo. Entre más mojado esté el suelo, más tiempo dura ese proceso.

En el caso de los sistemas FDR utilizan un oscilador de corriente alterna para formar un circuito eléctrico en conjunto con el suelo. Una de las principales ventajas del uso de estos sensores es que se puede automatizar la toma de datos y que tienen una alta precisión.



#### Variables a considerar:

- Para llevar a cabo una medición precisa de la humedad del suelo utilizando TDR, en áreas bajo sistemas de riego por aspersión, caso del cultivo de banano, una recomendación técnica es realizar lecturas en el punto de traslape de los tres aspersores cercanos (en triángulo). Aplicando esta metodología en tres diferentes puntos, especialmente cuando hay variabilidad de suelos<sup>34</sup>.
- Se debe considerar que suelos salinos o con hierro pueden provocar variaciones en las lecturas. La velocidad de las ondas electromagnéticas depende de la cantidad de algunos componentes del suelo como minerales, aire y agua<sup>35</sup>.

- Por otro lado, si la persona productora ha realizado disturbación de áreas (trincheo), y se realizan mediciones de humedad en estos sectores, debe tener en cuenta también que el pulso electromagnético puede alterarse por las burbujas de aire que se forman entre los tubos de acceso y el suelo.
- Algunas investigaciones indican que esta metodología no es muy funcional en suelos de textura fina<sup>36</sup>.
- La calibración y recomendaciones de uso deben ser brindadas por un profesional.

#### e. Método empírico<sup>37</sup>

Una metodología tradicionalmente utilizada es el método del tacto, en donde básicamente se aprieta la tierra entre el pulgar y el dedo índice, o bien se exprime en la palma de la mano, obteniendo así una estimación bastante aproximada de la humedad en el suelo.



Suelos arcillosos, Franco Arcillosos, Franco Arcilloso Limoso

Considerando los siguientes pasos:

- Se puede tomar una porción de suelo de la superficie y también a 30 cm de profundidad para conocer la humedad en estos dos puntos.
- Si al apretar la tierra con la mano la porción de suelo se desmorona o deshace significa que le falta humedad al suelo, si se escurre agua por la mano quiere decir contrariamente que tiene exceso de humedad.
- El punto óptimo, cercano a la capacidad de campo (CC), es cuando al apretar no escurre agua y cuando se abre la mano la porción de suelo se mantiene compacta o unida, es decir no se desmorona, en este punto el suelo no necesita más agua.

Para este método, es importante que la persona productora se familiarice con la textura del suelo, lo cual facilitará la estimación del contenido de humedad en el mismo. Sin embargo, debe considerar que esto toma tiempo y requiere de mucha experiencia, pero es una buena opción si no es posible acceder a los métodos directos e indirectos antes descritos.

Ante estas opciones, es importante que la persona productora seleccione el método que brinde mayor precisión según el tipo de suelo presente en la finca, considerando también la capacidad de inversión y las necesidades de entrenamiento para el uso de uno u otro dispositivo. Por otro lado, es recomendable siempre utilizar datos meteorológicos como complemento para tomar decisiones de irrigación<sup>38</sup>, considerando que la cantidad de agua consumida por un cultivo a lo largo de su ciclo de crecimiento varía en función tanto de factores ambientales como edáficos, por esta razón y para ser más preciso en la cantidad de agua a emplear, es necesario realizar cálculos de evapotranspiración considerando el coeficiente del cultivo (Kc)<sup>39</sup>, y correlacionarlos con los datos aportados por los sensores de humedad utilizados.

<sup>32</sup> Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo. [Portalfruticola, 2017](#)

<sup>33</sup> Mayor detalle acerca de estos dispositivos en: [LapacaCR](#)

<sup>34</sup> Práctica con éxito observada en campo en finca de banano.

<sup>35</sup> Memorias del simposio internacional de banano. [EARTH, 1997](#)

<sup>36</sup> Evaluación del contenido de humedad del suelo por gravimetría y reflectometría. [Revista Científica Ecuatoriana, 2016](#)

<sup>37</sup> Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego ¿Cuándo?. [Universidad de Arizona, 2017](#)

<sup>38</sup> Ver [ficha #13](#) "Uso de datos meteorológicos"

<sup>39</sup> El Kc para piña puede ir de 0.3 a 0.5 en cultivo sin cobertura y de 0.5 en cultivos con cobertura. En banano de 0.5 a 1.10 en el primer año y de 1 a 1.20 en el segundo año. [FAO, 2006](#)





## Paso 5. Calibración

Como se mencionó anteriormente, la forma más exacta de calibrar los equipos es realizando pruebas gravimétricas. También se deben contemplar e implementar las especificaciones del fabricante, esto permitirá adaptar el sistema a las condiciones de la unidad productiva y asegurar que se está regando la cantidad de agua correcta. Igualmente se debe considerar que, por ejemplo, si un lote se renueva en su totalidad, mientras el cultivo está en sus primeros estadios, es importante recalibrar el sistema, para asegurar que las mediciones son correctas.

La calibración y la experiencia que se tenga del sitio predeterminado optimizan la utilización de este método en la programación de la irrigación.



## Paso 6. Registro

La persona productora debe mantener un registro diario de las lecturas de los sistemas de medición, esto permitirá mostrar la base de decisión que se tiene para definir la cantidad de agua a regar (lámina de agua a ser aplicada) para cada módulo. Adicionalmente un análisis trimestral de esa información servirá como ayuda para la mejora del sistema y la toma de decisiones.



## Paso 7. Capacitación y entrenamiento

Finalmente es indispensable que el personal que toma diariamente las lecturas de humedad del suelo cuente con la capacitación y entrenamiento necesario para realizar la actividad. Igualmente, es importante que el trabajador conozca la funcionalidad del sistema y pueda reportar posibles averías.

## Indicadores de desempeño

- # de días de riego al año en donde se considera las lecturas del sistema de medición de humedad como base para la decisión.
- # de bloques de riego monitoreados con dispositivos de medición de humedad en el suelo.
- Ahorro anual en combustible y electricidad por optimización del sistema de riego.

## Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Personal de finca asignado para la toma de lecturas de la humedad en el suelo.

- *Externo:* Profesionales en sistemas de riego y suelos.

Referencia de Costos<sup>40</sup>:

- Tensiómetros: El costo varía entre \$30 por un tensiómetro pequeño con medidores de aguja, hasta \$2.000 por los medidores electrónicos con capacidad de toma de lecturas en múltiples sitios.
- TDR: El costo de estas sondas varía entre \$5.000 y \$10.000.
- Bloques de yeso (\$5 cada uno)<sup>41</sup>.
- Un medidor de humedad y temperatura Watermark con monitor y 8 sensores tiene un costo de aproximadamente \$1.700.
- Capacitación por parte de un profesional en sistemas de medición de humedad en el suelo (\$250 en adelante).

## Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

Existen varios métodos para monitorear la humedad del suelo y programar el riego; mientras cada uno presenta sus ventajas y desventajas, su correcta instalación y calibración puede convertirlos en herramientas muy eficaces para manejar el riego en fincas agrícolas. El monitorear la humedad del suelo involucra tener conocimientos básicos sobre el uso de agua del cultivo, la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, la profundidad y las características de la zona radicular y permite hacer un mejor manejo del riego. La optimización del riego implica aplicar el riego oportunamente y en cantidades adecuadas – pero no excesivas – para conservar agua y aumentar la rentabilidad. Una persona productora que implementa la medida puede optimizar la producción, conservar agua, reducir los impactos ambientales y ahorrar dinero al optimizar el consumo de energía.

<sup>40</sup> Diferentes páginas web de venta de dispositivos.

<sup>41</sup> Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo. [Portalfruticola.2017](http://Portalfruticola.2017)



## Casos de éxito



[Quinta Pasadena S.A.](#) es una finca de banano de 136,64 hectáreas, ubicada en la Provincia de Monte Cristi en República Dominicana, propiedad de la empresa exportadora de frutas Savid Dominicana C. por A. y miembro de la Asociación Dominicana de Productores de Banano, Inc. (ADOBANANO). Anteriormente era una unidad de producción destinada al pastoreo intensivo, pero desde el 2005 se transformó en un proyecto integral donde interactúa la producción pecuaria con la agricultura como dos actividades complementarias, generando así leche y carne para el mercado nacional y banano orgánico (Cavendish) para los mercados internacionales. La finca cuenta con un área de conservación de 38,85 hectáreas y esta certificada bajo diversas normas internacionales como Global GAP, Fairtrade y Orgánica.

La finca posee suelos mayormente franco-arcilloso y se ubica en una región de [bajas precipitaciones](#), razón por la cual requiere de irrigación durante la mayor parte del año. Bajo este escenario y para poder mantener un volumen constante de agua, Quinta Pasadena implementó un sistema de reservorios, en donde se almacena temporalmente agua proveniente del Río Yaque del Norte, recurso concesionado que alimenta un sistema de riego por goteo (en tres líneas de mangueras, ubicadas dos en los laterales y una en el centro de las hileras de siembra), el cual es accionado por medio de energía solar (proveniente de 2.791 paneles), disminuyendo así el consumo de combustibles fósiles y por ende las emisiones de gases de efecto invernadero.



Para hacer uso racional el agua, la administración realiza mediciones diarias de humedad en el suelo por medio de tensiómetros manuales, los cuales ayudan a determinar las necesidades de riego en el cultivo, evitando aplicaciones innecesarias. El tensiómetro mide un rango, desde el uno al tres para indicar suelo seco, del cuatro al siete, suelo húmedo y del ocho al diez para indicar suelo mojado. Las lecturas se anotan en el registro RE-QP-74.

Como complemento al uso de los tensiómetros, se toman en cuenta otros factores, para la decisión de riego, tales como: evapotranspiración, estructura de suelos, pérdidas de agua por lixiviación, correcto funcionamiento y mantenimiento del sistema de riego.

La finca aprovecha la ventaja del sistema de riego para aplicar fertilización líquida. El reporte de consumo anual (2022) de agua para actividades de riego fue de 2.831.296,8 m<sup>3</sup> (17,542 m<sup>3</sup>/ha/año).





## Referencias

- [1] Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias. [https://www.eda.admin.ch/dam/countries/countries-content/nicaragua/es/guia\\_5\\_uso\\_del\\_agua.pdf](https://www.eda.admin.ch/dam/countries/countries-content/nicaragua/es/guia_5_uso_del_agua.pdf)
- [2] Perspectiva global de la tierra. [https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO\\_Full\\_Report\\_low\\_res\\_Spanish.pdf](https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res_Spanish.pdf)
- [3] Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo. [https://predes.org.pe/wp-content/uploads/2016/12/cartilla\\_riegoteo.pdf](https://predes.org.pe/wp-content/uploads/2016/12/cartilla_riegoteo.pdf)
- [5-6] Evaluación de la productividad del agua en el cultivo de banano (Musa AAA Simmonds) para la zona de Santa Marta por medio de la variación de tres coeficientes de cultivo(kc). [Productividad del Agua en el Cultivo del Banano \(unal.edu.co\)](http://Productividad%20del%20Agua%20en%20el%20Cultivo%20del%20Banano%20(unal.edu.co))
- [7-10-15-26-28] Uso de sensores de humedad del suelo para eficientizar el riego. [e-618s-irrigation-monitoring-with-soil-water-sensors-spanish-version.pdf](http://e-618s-irrigation-monitoring-with-soil-water-sensors-spanish-version.pdf) (riograndewater.org)
- [8] La textura en los suelos agrícolas. [La Textura en los Suelos Agrícolas - CSR Laboratorio](http://La%20Textura%20en%20los%20Suelos%20Agrícolas%20-%20CSR%20Laboratorio)
- [9] Estructura del suelo. [https://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s07.htm](https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm)
- [11] Coeficiente de uniformidad ¿qué es y para qué se utiliza?. [Coeficiente de Uniformidad ¿Qué es y Para que se Utiliza?|RKDPivot](http://Coeficiente%20de%20Uniformidad%20¿Qué%20es%20y%20Para%20que%20se%20Utiliza?|RKDPivot)
- [12-13-17-37] Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego ¿Cuándo?. [az1220s-2017\\_0.pdf](http://az1220s-2017_0.pdf) (arizona.edu)
- [14] Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal El significado de la porosidad del suelo. <https://www.fao.org/3/y4690s/y4690s.pdf>
- [16-18] Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. [untitled \(fao.org\)](http://untitled(fao.org))
- [19] El agua del suelo. [El agua del suelo | Cropaia](http://El%20agua%20del%20suelo%20|%20Cropaia)
- [20-29] Riego y drenaje. [content \(zamorano.edu\)](http://content(zamorano.edu))
- [21] Uso de Sensores de Humedad para Definir Riego. <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/uso-de-sensores-de-humedad-para-definir-riego>
- [22] Cultivo de piña (Ananas comosus). [ficha tecnica piña.pdf](http://ficha%20tecnica%20piña.pdf) (agrorural.gob.pe)
- [23] El cultivo del plátano (banano). Infoagro, 2020. [El cultivo del plátano \(banano\) \(infoagro.com\)](http://El%20cultivo%20del%20plátano%20(banano)%20(infoagro.com))
- [24] Medición de la humedad del suelo. [Microsoft Word - Cap15.doc](http://Microsoft%20Word%20-%20Cap15.doc) (ideam.gov.co)
- [27] Cómo utilizar e interpretar un tensiómetro. [Cómo utilizar e interpretar un tensiómetro - PortalFruticola.com](http://Cómo%20utilizar%20e%20interpretar%20un%20tensiómetro%20-%20PortalFruticola.com)
- [30] Cómo Usar un Tensiómetro. [How-to-Use-Tensiometer-Spanish-Reader-final.pdf](http://How-to-Use-Tensiometer-Spanish-Reader-final.pdf) (rcdmonterey.org)
- [32-41] Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo. [Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo - PortalFruticola.com](http://Metodología%20para%20determinar%20los%20parámetros%20hídricos%20de%20un%20suelo%20-%20PortalFruticola.com)
- [35] Memorias del simposio internacional de banano. [Microsoft Word - E-DD0012.doc](http://Microsoft%20Word%20-%20E-DD0012.doc) (earth.ac.cr)
- [36] Evaluación del contenido de humedad del suelo por gravimetría y reflectometría. [ResearchGate](http://ResearchGate)
- [38] Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. 01-[Contents \(fao.org\)](http://Contents(fao.org))