



HYDROBALL®

CONCEPTOS BÁSICOS

¿QUÉ MEDIDAS TOMA HYDROBALL®?

HYDROBALL® toma 4 medidas en un solo dispositivo:

1. Contenido volumétrico de agua (%); 2. Tensión hídrica (kPa); 3. Conductividad eléctrica aparente (dS/m); y 4. Temperatura del suelo (°C). A través de una interpretación de los datos, **DENODL®App** es capaz de inferir un quinto parámetro: 5. Curva de succión y textura de suelo.

1. CONTENIDO VOLUMÉTRICO DE AGUA (VWC*)

También llamado “Humedad Volumétrica”. Es un parámetro clave en agronomía que **cuantifica el volumen de agua contenido en proporción al volumen de suelo****, expresado en porcentaje (%). Se calcula como el volumen de agua dividido entre el volumen de suelo***.

El motivo por el cual el suelo es capaz de albergar agua sin aumentar su volumen es que, entre las partículas de suelo, existen poros. Éstos pueden contener agua o aire (ver imagen). Por lo general, este espacio “vacío” corresponde al 50% del volumen del suelo.



El rango de medición de VWC de **HYDROBALL®** es de 0% a 70% (valor, por lo general, muy por encima de la saturación). El sensor está situado en el perímetro de la sonda, dentro de la carcasa.

* Por sus siglas en inglés: Volumetric Water Content.

** En agronomía, es fundamental no confundir los términos “suelo” y “tierra”. No debe emplearse este último.

*** Por ejemplo: una VWC de un 20% indica que, dado un volumen de suelo de 10 litros, éste contendrá 2 litros de agua.

2. TENSIÓN HÍDRICA

También llamado “Potencial Hídrico” o “Succión”. **Expresa la fuerza que debe ser ejercida (por ejemplo, por la planta) para extraer el agua del suelo.** Se expresa en kilopascales (kPa)*.

El potencial hídrico es una **forma directa de conocer la disponibilidad de agua para la planta**. A mayor disponibilidad de agua, el valor del potencial hídrico será menor. Así, un suelo en saturación (con un exceso de agua) muestra tensiones hídricas cercanas a 0kPa, mientras que un suelo con agua menos disponible mostrará tensiones superiores, por ejemplo, a los 150kPa. **Valores por lo general óptimos de tensión hídrica se sitúan en torno a los 30kPa.**

El sensor para la medición del potencial hídrico en **HYDROBALL®** se sitúa en la cerámica**, que actúa de tensiómetro***.

El rango de medición de tensión hídrica de **HYDROBALL®** es de 0kPa a 200kPa.

* Puede ser expresado en otras unidades sujetas a equivalencias, como pascales (Pa), bares (bar), atmósferas (atm) o centímetros (cm). Todas ellas son medidas de presión.

** Se humecta absorbiendo el agua del suelo. Se trata de una cerámica técnica de desarrollo propio, en colaboración con la empresa alemana de prestigio Rauscher. El sensor mide el contenido de agua en la cerámica, que correlacionamos directamente con el valor de tensión hídrica, en base a la experimentación llevada a cabo en laboratorio.

*** Sensor dedicado a la medición de la tensión hídrica.

3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (EC*)

En agronomía, la conductividad eléctrica (EC) del suelo es una medida importante para **evaluar la salinidad y la disponibilidad de nutrientes en el suelo**, lo cual afecta directamente la salud y el rendimiento de los cultivos. La EC se mide en dS/m (decisiemens por metro) y proporciona información sobre la cantidad de sales disueltas en el agua del suelo.

EC inferiores a 1dS/m se consideran bajas, mientras que EC superiores a 4dS/m se consideran muy altas.

Conductividades eléctricas altas pueden afectar al cultivo teniendo como consecuencia pérdidas importantes en el rendimiento, si bien esto depende de la especie y variedad del mismo. Suelos con EC extremadamente bajas pueden tener deficiencias de nutrientes, que también pueden afectar a la productividad de la planta.

El rango de medición de EC de **HYDROBALL®** es de 0-5 dS/m.

* Por sus siglas en inglés, Electrical Conductivity.

4. TEMPERATURA DEL SUELO

En agronomía, **la temperatura del suelo es crucial para determinados procesos fisiológicos y bioquímicos que afectan al crecimiento y desarrollo de las plantas**. Por ejemplo, la temperatura del suelo influye en la germinación de las semillas, el crecimiento de las raíces, la absorción de nutrientes y agua y la actividad microbiana.

Además, **el dato de la temperatura del suelo puede ser utilizado para realizar cálculos y análisis agronómicos predictivos** relacionados con el crecimiento potencial de las plantas, prevención de enfermedades*, absorción de nutrientes, entre otros.

HYDROBALL® es capaz de operar en temperaturas de hasta 50°C, siendo una sonda apta para monitorizar procesos de compostaje.

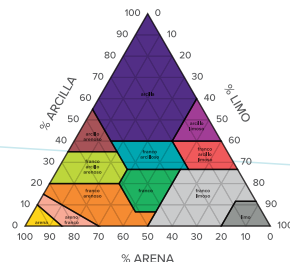
* Ejemplos concretos: en el ámbito del golf, los greenkeepers suelen tener en cuenta la relación entre la VWC y la temperatura para predecir la aparición de la enfermedad del “dollar-spot”, muy común en césped deportivo. Por otro lado, clientes de DENODL® han monitorizado la temperatura a través de **HYDROBALL®** para determinar cuándo aplicar tratamientos contra enfermedades y plagas, cuya eficacia aumenta en determinados rangos de temperatura.

5. CURVA DE SUCCIÓN Y TEXTURA DE SUELO

Existen 12 texturas de suelo tomadas como referencia en el ámbito agronómico, estandarizadas por el USDA (United States Department of Agriculture), según su composición*.

Los 12 tipos de suelo son: arena, areno-franco, franco-arenoso, franco, limo, franco-limoso, franco-arcillo-arenoso, franco-arcilloso, franco-arcillo-limoso, arcillo-arenoso, arcillo-limoso, arcilla.

Los distintos tipos de suelo tienen diferentes capacidades de retención del agua. Esto influye en la disponibilidad de agua para la planta. En concreto, lo que determina la capacidad de retención de agua de un suelo es el tamaño de sus partículas y de sus poros**. Dado un mismo VWC, el agua estará más disponible para la planta en suelos arenosos o limosos que en suelos arcillosos. Dicho de otra manera, dado un mismo VWC, el potencial hídrico será menor en suelos arenosos que en suelos arcillosos.



Es precisamente mediante esta correlación entre VWC y potencial hídrico, que es distinta para cada textura, como se caracteriza la textura de suelo. Introduciendo los pares de valores en una gráfica, se obtiene la denominada “curva de succión”***. Cada uno de los 12 tipos de suelo tiene una curva de succión característica y normalizada****.

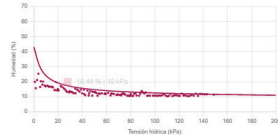


Dado que **HYDROBALL®** toma los pares de valores de VWC y potencial hídrico en tiempo real, el sistema (**DENODL®App**) es capaz de construir de manera dinámica la curva de succión del suelo. El sistema compara la curva obtenida con las curvas normalizadas, obteniendo un valor de textura de suelo (*ver imagen*).

Curva de succión

• Tipo de suelo: Franco

Las curvas de succión relacionan la tensión hídrica con la humedad volumétrica y son específicas de cada textura de suelo. Observar la curva de succión obtenida y compararla con las curvas normalizadas para determinar la textura de suelo.



Análisis agronómico

Textura de suelo

Capacidad de campo

Punto de marchitez permanente

Punto de saturación

Punto de inflexión

Punto de riego

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

Punto de riego óptimo

Punto de riego mínimo

Punto de riego máximo

El valor de textura de suelo se muestra en la interfaz de **DENODL®App**, y el dato se emplea a su vez en el análisis agronómico.

* El tipo de suelo se clasifica según la proporción de sus tres componentes principales (sustancias inorgánicas), que son: arena, limo y arcilla. A un suelo equilibrado, es decir, con alrededor de un 33% de cada componente, se le denomina suelo "franco". La pirámide de texturas de suelo muestra los 12 tipos de suelo según la proporción de dichos componentes (*ver imagen*).

** Por ejemplo, las partículas de suelo y los poros en texturas arenosas son más grandes, y por tanto la capacidad de retención es menor. El agua se "escurre" fácilmente, y por tanto está más disponible para la planta. Sin embargo, también se pierde en el subsuelo con mayor facilidad (percolación). Lo contrario ocurre en suelos arcillosos, con partículas más finas y poros más pequeños, donde el agua queda "atrapada", por principios de capilaridad y tensión superficial del agua.

*** Por lo general, en el eje vertical se sitúa el valor de VWC, y en el eje horizontal el del potencial hídrico.

**** En concreto, y de manera más generalizada, utilizando el modelo de van Genuchten.

CONCEPTOS BÁSICOS PARA AHORRO Y EFICIENCIA

Existen puntos característicos del suelo que corresponden a determinados niveles de VWC, que dependen, a su vez, de la textura de suelo. Conocer estos puntos característicos nos permitirá mantener al cultivo en niveles óptimos de humedad.

Punto de Saturación:

Es la cantidad máxima de agua que el suelo puede contener en sus poros. Se sitúa en torno al 50% de VWC. Por encima de este nivel de VWC, el agua no es absorbida en el suelo, sino que se pierde por percolación o escorrentía*. Mantener el suelo en niveles cercanos a la saturación suele conllevar problemas de productividad para el cultivo relacionados, entre otras cosas, con una falta de oxigenación de las raíces.

Capacidad de Campo: (FC, por sus siglas en inglés, Field Capacity)

Es la VWC que el suelo es capaz de retener de forma natural cuando ha perdido por gravedad el exceso de agua. La FC está ligada a la textura de suelo. Por ejemplo, la FC en suelos arenosos se sitúa en torno al 10% de VWC, mientras que la FC en suelos arcillosos se sitúa en torno al 40% de VWC**.

Así, el riego aplicado por encima de la FC se perderá, y por tanto será, por lo general, agua aplicada en exceso. En todo caso, dicho riego no supondrá un beneficio para la planta y será prescindible.

Punto de Recarga: (RP, por sus siglas en inglés, Refill Point)

Es el nivel de VWC por debajo del cual comienza a ser "difícil" para la planta extraer el agua del suelo. No sufre daños, pero se pierde eficiencia del cultivo. El RP depende de la textura de suelo, al igual que la FC. Se buscará mantener el nivel de humedad por encima del RP. De esta manera, se observa que el rango óptimo de VWC se sitúa, precisamente, entre la FC y el RP.

Punto de Marchitez Permanente: (PWP, por sus siglas en inglés, Permanent Wilting Point)

Se trata del nivel de VWC por debajo del cual la planta sufre daños irreversibles, o muere. En este punto, el VWC es tan bajo que la planta no es capaz de extraer el agua del suelo. Se deberá siempre evitar alcanzar el PWP, puesto que supondrá grandes pérdidas de productividad o, directamente, la pérdida del cultivo. El PWP depende también de la textura de suelo. Por ejemplo, en suelos arenosos, éste se sitúa alrededor del 5% de VWC, mientras que en suelos arcillosos éste puede situarse en torno al 30% de VWC.

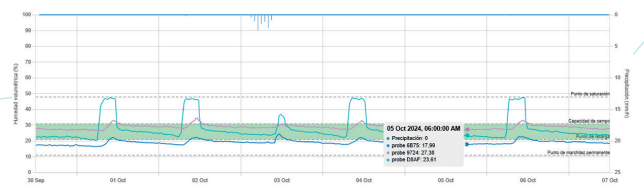
* La percolación es el agua que se pierde en el subsuelo. La escorrentía es el agua que no llega a penetrar en el suelo y "corre" por la superficie.

** Recordemos que la textura de suelo define la capacidad de retención hídrica. Por ejemplo, un suelo arcilloso retiene más agua que un suelo arenoso. Por tanto, la VWC en FC será mayor en un suelo arcilloso que en uno arenoso. Esto resulta fácil de visualizar: si tomamos arena entre las manos, el agua se escurre fácilmente; no así con un trozo de arcilla.

Observamos así la relevancia de conocer la textura de suelo para la gestión del riego: permite identificar los puntos característicos del suelo y así mantener al cultivo, de manera general, dentro de unos rangos óptimos de VWC. Es decir, por debajo de la FC y por encima del RP, evitando en todo caso la saturación y el PWP.

La experiencia muestra que, por lo general, en agricultura se aplica un riego excesivo, por encima de la FC según textura de suelo. Por tanto, mantener al cultivo dentro de los valores óptimos implicará un ahorro de agua y un aumento en el rendimiento y productividad del cultivo*.

La interfaz de **DENODL®App** muestra el rango de valores óptimos, y lo utiliza para la automatización de la funcionalidad de alertas, entre otros. También se emplea para la automatización del análisis agronómico (IA).

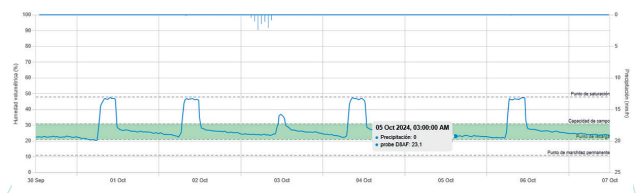


* En comparación con un cultivo situado en niveles de VWC fuera de dicho rango óptimo, en igualdad de condiciones, aunque existen multitud de variables que afectan a la productividad del cultivo.

ANÁLISIS AGRONÓMICO

Teniendo en mente los conceptos desarrollados anteriormente, es posible realizar un análisis agronómico en base a las gráficas y datos tomados por **HYDROBALL®**.

Tomemos la siguiente gráfica (caso real):



En primer lugar, se observan periodos de tiempo con el suelo en saturación: el VWC se mantiene estable en un nivel de 50%*.

En el momento en que cesa el riego, el suelo pierde por gravedad el exceso de agua. Se observa la caída abrupta en la gráfica. El punto de inflexión indica que se ha alcanzado la FC**.

A partir de ese momento, el descenso en VWC corresponde, a grandes rasgos, a la evapotranspiración***, que corresponde a las necesidades hídricas de la planta.

Conociendo la VWC perdida por unidad de tiempo, y teniendo en cuenta otras variables como las condiciones climáticas, previsiones meteorológicas, tipo y estado del cultivo, podremos ofrecer recomendaciones de riego sencillas y precisas a través de informes prescriptivos.

* El VWC no aumenta porque el suelo ha alcanzado la saturación (no puede contener más agua). Toda el agua aplicada en ese punto (riego) se pierde. Ese riego se debe evitar.

** Asimismo, toda el agua aplicada por encima de FC es agua en exceso. Es un riego que se debe evitar. El punto de inflexión indica que se alcanza la FC porque muestra que el suelo ha dejado de perder agua por gravedad. Recordemos que FC es el agua que el suelo retiene de forma natural tras perder el exceso de agua.

*** Es la suma del agua que se pierde del suelo por evaporación directa y la que liberan las plantas a la atmósfera a través de la evapotranspiración. Es el agua que debemos aplicar (o reponer) para mantener a la planta en sus niveles óptimos.