

MÁXIMA PRECISIÓN



El método
paso a paso

para

**AUMENTAR
EL RENDIMIENTO
DEL RIEGO**

gracias a *las sondas
de control*



Después de leer esta guía, serás capaz de:

- ✓ *Elegir un sistema de control del riego adaptado a tus necesidades.*
- ✓ *Instalar las sondas como un profesional, sin la ayuda del servicio técnico.*
- ✓ *Controlar el riego basándote en datos fiables y dejar de regar a ojo.*
- ✓ *Saber siempre cuándo activar y detener el riego sin equivocarte.*
- ✓ *Vigilar lo que está ocurriendo de verdad en tus suelos después de unas lluvias o de un riego.*
- ✓ *Entender mejor tus plantas y saber cómo consumen agua.*
- ✓ *Despedirte para siempre del estrés hídrico y de los riegos «por si acaso».*
- ✓ *Demostrar de una vez por todas a tus vecinos y a la administración que riegas exactamente donde se necesita y cuando se necesita.*
- ✓ *Ahorrar tiempo, dinero y agua para mejorar la rentabilidad de tu explotación y tu impacto ambiental.*

¿Alguna pregunta?

En Weenat te respondemos enseguida.



+34 919 012 519



contact@weenat.com



C. de Serrano, 90, 6ª PLANTA, Salamanca, 28006 Madrid, España



Encuentre todos nuestros consejos en nuestro canal de [YouTube](#).

Índice

Cómo elegir el mejor sistema de control del riego para tu explotación	4
Sonda capacitiva	5
Principio • Ventajas • Limitaciones	
Sonda tensiométrica	8
Principio • Ventajas • Limitaciones	
Cómo elegir entre la sonda capacitiva y la tensiométrica	11
Cómo instalar bien la sonda y garantizar la calidad de las mediciones	13
Instalar la sonda capacitiva	14
Elegir el lugar • Guía de instalación	
Instalar la sonda tensiométrica	17
Elegir el lugar • Guía de instalación	
Cómo interpretar los datos de la sonda y tomar buenas decisiones	20
En caso de riego localizado	21
En caso de riego por aspersión	22
Los umbrales agronómicos que hay que conocer para controlar el riego	24
Más información	27
Vigilar la evapotranspiración potencial (ETP) de tus terrenos	27
Planear los riegos con 7 días de antelación con Weedriq	29

Acerca de los autores

El método MÁXIMA PRECISIÓN ha sido desarrollado por tres ingenieros agrónomos que trabajan en Weenat, una empresa especialista en soluciones meteorológicas conectadas y agronómicas ultraprecisas. Más de 20 000 agricultores ya confían en Weenat para controlar el riego, optimizar su estrategia de protección de cultivos, prever el riesgo de heladas y organizar sus operaciones.



Séverine LEMARIÉ
Responsable de innovación
agronómica de Weenat



Pierre GIQUEL
Agrónomo y jefe
de producto de Weenat



Romain VALLÉE
Agrónomo y responsable
de servicios y estudios

*Cómo elegir el mejor sistema de **control del riego** para tu explotación*

En agricultura, equivocarse al regar no es una opción, porque el estrés hídrico no perdona y tus rendimientos pueden desplomarse al dar el más mínimo paso en falso. Por ello, es mejor no dejar nada al azar. Empezando por elegir tu solución de control del riego.

En esta sección, vamos a darte todas las claves para elegir el sistema mejor adaptado a tus necesidades. También encontrarás consejos de expertos para optimizar tus resultados desde la primera campaña.

■ **¿SONDA CAPACITIVA O TENSIONOMÉTRICA?**

Hay dos principales tipos de sondas para controlar el riego: las sondas tensiométricas y las capacitivas. Ambas tienen sus ventajas y sus límites, y ambas funcionan por principios totalmente diferentes.



Sonda capacitiva



■ ¿CÓMO FUNCIONA?

Las sondas capacitivas se instalan lo más cerca posible de las raíces para medir el contenido hídrico en volumen (%) y la temperatura (°C) a varios niveles de profundidad.

■ ¿QUÉ ES EL CONTENIDO HÍDRICO EN VOLUMEN?

Por simplificar, podemos decir que el suelo está compuesto de partículas y de poros:

Líquidos	Gases	Sólidos
Poros		

Componentes del suelo

Dichos poros se componen de aire y de líquido, principalmente agua. El contenido hídrico es la parte que representa dicho líquido en una muestra de suelo. Esta varía durante el año en función de las precipitaciones y del suministro de agua.

Hay que distinguir entre contenido hídrico ponderal, por una parte:

contenido hídrico ponderal = masa de los líquidos (g) / masa seca (g)

y, por otra, contenido hídrico en volumen:

contenido hídrico en volumen = volumen de agua (cm³) / volumen total del suelo (cm³)

Las sondas capacitivas miden precisamente este valor.

El resultado se expresa en porcentaje:

- cuando la sonda está en el agua, el contenido hídrico en volumen es del 100 %;
- cuando está al aire libre, el contenido hídrico en volumen es del 0 %.

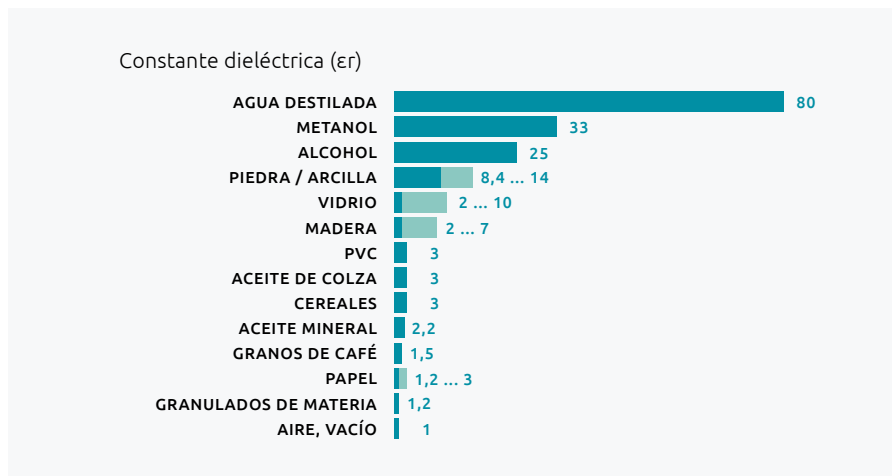
■ ¿CÓMO MIDEN ESE PARÁMETRO LAS SONDAS CAPACITIVAS?

Las sondas capacitivas miden un rango de frecuencias (scale frequency en inglés), que se obtiene midiendo la permitividad dieléctrica del suelo (ϵ).

Más concretamente, las sondas despliegan un campo electromagnético alrededor de sus sensores.

Los componentes del suelo (partículas minerales y orgánicas, agua, aire, etc.) afectan en mayor o menor medida dicho campo electromagnético.

Por ejemplo, el aire afecta muy poco al campo, mientras que el agua le afecta mucho.



Al medir las perturbaciones del campo electromagnético, la sonda capacitiva es capaz de determinar el rango de frecuencias. Una vez que estos datos brutos se recalibran mediante ecuaciones, son interpretables agrónomicamente.

■ ¿QUÉ ES UNA ECUACIÓN DE CALIBRACIÓN?

El tipo de suelo influye en los resultados de la sonda capacitiva. Como los componentes minerales y la porosidad de los suelos son diferentes, la sonda capacitiva reacciona de manera distinta en función del suelo.

Por ello, es necesario aplicar una ecuación de calibración específicamente adaptada a un tipo de suelo determinado para transformar el rango de frecuencias en un dato de contenido hídrico en volumen.

El fabricante suele proporcionar esas ecuaciones, por lo que bastaría con indicar el tipo de suelo para calibrar automáticamente la sonda. Así esta podrá calcular en tiempo real el contenido hídrico en volumen.

■ EN RÉSUMÉ...

Los pros

- ✓ La sonda capacitiva es la solución ideal para obtener más información sobre la circulación del agua en el suelo.
- ✓ En una misma sonda, hay varios sensores, a intervalos de 10cm, que permiten visualizar el conjunto del perfil de las raíces con una única sonda.
- ✓ No hay que llenarla de agua al instalarla, ni sufre desviaciones con el tiempo, por lo que está operativa de manera inmediata y las mediciones son fiables a largo plazo.
- ✓ Podrás controlar fácilmente el arraigo eficaz de las plantas por horizonte de extracción y su variación con el tiempo.
- ✓ Con los resultados que mide, se puede determinar con precisión la capacidad de campo.
- ✓ Con las medidas se observa la porosidad o la compactación del suelo por horizontes y, en su caso, se pueden diagnosticar problemas agronómicos (apelmazamiento, alio, etc.).

Los contras

- ✗ Para elegir la ecuación de calibración adecuada, es necesario conocer bien el tipo de suelo.
- ✗ El dato que se obtiene es el contenido hídrico en volumen, pero no indica si el agua presente en el suelo está disponible para la planta o no.

Sonda tensiométrica



■ ¿CÓMO FUNCIONA?

Las sondas tensiométricas miden el potencial hídrico matricial del suelo, es decir, la fuerza que tienen que ejercer las raíces para extraer el agua del suelo.

■ ¿QUÉ ES EL AGUA LIBRE?

Las plantas no siempre pueden utilizar toda el agua presente en el suelo.

De hecho, podemos distinguir **4 niveles de accesibilidad del agua** presente en el suelo :

1 · AGUA CAPILAR

Se encuentra fijada a las partículas del suelo, por lo que las plantas necesitan más energía para utilizarla.

2 · AGUA DE CONSTITUCIÓN

Está presente dentro de las partículas del suelo, por lo que tampoco está disponible para las plantas. El agua libre se encuentra en este nivel.

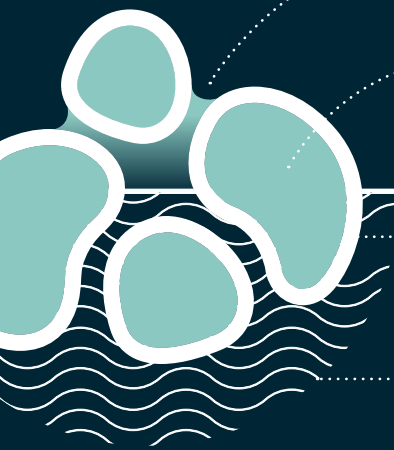
Nivel de aguas abiertas

3 · AGUA HIGROSCÓPICA

Está poco disponible para las raíces, ya que está muy adherida a las partículas del suelo y se necesita mucha fuerza para extraerla.

4 · AGUA GRAVITACIONAL

Está presente en los macroporos del suelo y es fácilmente utilizable por las plantas.



■ ¿QUÉ INTERÉS TIENE CONOCER EL POTENCIAL HÍDRICO MATRICIAL?

El potencial hídrico es la cantidad de energía que se necesitaría para extraer el agua del suelo. Ese potencial «total» es la suma de varias fuerzas que actúan sobre el agua en el suelo.

- POTENCIAL **GRAVITACIONAL**
Traduce la acción de la gravedad sobre el agua.
- POTENCIAL DE **SUMERSIÓN**
Es la presión del agua en medio saturado.
- POTENCIAL **OSMÓTICO**
Se corresponde con las interacciones del agua con las sales minerales.
- POTENCIAL **MATRICIAL**
Es la fuerza de atracción que las partículas del suelo ejercen sobre el agua en medio no saturado.

Sin embargo, en agricultura, el potencial gravitacional y el matricial son los únicos que influyen realmente en el agua disponible en el suelo. Por ello, las sondas tensiométricas se centran en esta medida.

■ ¿CÓMO MIDEN ESE PARÁMETRO LAS SONDAS TENSIOMÉTRICAS?

Las sondas tensiométricas imitan el funcionamiento de una raíz. Para ello, en uno de sus extremos disponen de una bujía Watermark permeable que va saturándose de agua hasta alcanzar un equilibrio de presión entre el suelo y el tensiómetro. Este mide la presión en kilopascales (kPa) en función de la cantidad de agua absorbida por la bujía.

En resumen ?

Cuanta más agua haya en el suelo, más agua absorberá la bujía y menor será la tensión. En ese caso, las raíces no necesitarán mucha fuerza para extraer el agua.

Al contrario, cuanto más seco esté el suelo, menos agua absorberá la bujía. En este caso, la tensión será elevada, lo que significará que las raíces tendrán que ejercer una fuerza mayor para obtener agua.



■ RESUMIENDO

Los pros

.....

- ✓ Los datos son fáciles de interpretar, porque la sonda mide la disponibilidad hídrica del suelo para la planta, por lo que sabrás al momento si tus cultivos se encuentran en estrés hídrico o no.
- ✓ Las sondas tensiométricas suelen venderse en lotes, por lo que se recomienda utilizarlas para cubrir todos los terrenos, lo que es especialmente útil en caso de suelo heterogéneos y superficies amplias.
- ✓ Los tensiómetros son compatibles con la herramienta Weedriq, previsión del potencial hídrico del terreno para los 7 días siguientes.

Los contras

.....

- ✗ Cada sonda solo dispone de una bujía. Para vigilar de manera global el estado hídrico de los suelos, habrá que colocar varios sensores a diferentes profundidades.
- ✗ Las sondas no miden la presión más allá de los 200kPa, lo que resulta suficiente en la gran mayoría de los casos, pero las raíces de las plantas pueden ejercer una fuerza que puede alcanzar los 1500kPa. Por ello, el uso de tensiómetros no se recomienda en caso de un riego restrictivo en alta tensión.
- ✗ Con el tiempo, la bujía se desgasta, lo que pueden mermar ligeramente la precisión de las mediciones.

Cómo elegir entre la **sonda capacitiva** y la **tensiométrica**

Las sondas capacitivas y las tensiométricas son dos tecnologías muy diferentes. Para ayudarte a elegir una de ellas, te presentamos la tabla siguiente, que resume sus ventajas y sus límites :

TECNOLOGÍA	CAPACITIVA	TENSIOMÉTRICA
PRINCIPIOS DE MEDICIÓN	Campo electromagnético	Bujía porosa
DATOS MEDIDOS	• Contenido hídrico en volumen (%) • Temperatura del suelo (°C)	• Potencial hídrico matricial (kPa) • Temperatura del suelo (°C)
PROFUNDIDAD DE MEDICIÓN	Normalmente, una medición cada 10 cm, lo que proporciona información sobre todo el perfil	Una medida en un punto determinado en función de la profundidad de la sonda, desde 10 cm hasta 60 cm, o incluso hasta 90 cm
CULTIVOS	Compatible con todos los cultivos	Compatible con todos los cultivos
TIPOS DE SUELO	Compatible con todos los tipos de suelo	Compatible con todos los tipos de suelo
SISTEMAS DE RIEGO	Compatible con todos los sistemas de riego (por goteo, aspersión con dispositivos móviles, rampas, cañones-enrolladores, etc.)	Compatible con todos los sistemas de riego (por goteo, aspersión con dispositivos móviles, rampas, cañones-enrolladores, etc.)
PRECIOS	Requieren una mayor inversión pero te permiten controlar todo el perfil del terreno	Los tensiómetros son más económicos por unidad y, aunque se recomienda colocar 2 en cada punto (2 profundidades) continúan siendo más económicos

■ ¿CUÁL DE LOS DOS ES EL MEJOR SISTEMA?

Al contrario de lo que piensan muchas personas, no hay respuestas incorrectas a la hora de elegir entre una sonda capacitiva o una tensiométrica.

Ambos sistemas funcionan bien, independientemente de cuál sea el tipo de suelo, el cultivo o el sistema de riego. Las mediciones de las sondas capacitivas y tensiométricas son muy diferentes y no pueden ser comparadas. Elegir una u otra es cuestión de preferencia personal.

En general, podemos resumir que **la sonda capacitiva es una solución muy eficaz para conocer con precisión la circulación de agua en el suelo y el consumo de las raíces a diferentes horizontes.**

Por su parte, con el tensiómetro se pueden obtener más datos sobre la disponibilidad hídrica real para la planta y la fuerza que debe ejercer la raíz para extraer agua.

En cualquier caso, no hay una tecnología que sea más fiable que otra y **lo que garantizará la obtención de datos precisos es una instalación adecuada.**

Si ya has elegido el sistema más adaptado a tus necesidades, pasemos a la etapa siguiente.



Cómo instalar bien la sonda y garantizar la calidad de las mediciones

La instalación de la sonda es lo más importante para mejorar el rendimiento del riego, porque si la colocas mal, obtendrás datos de mala calidad. Y si te basas en datos incorrectos, estarás corriendo el riesgo de tomar malas decisiones.

Tanto si has elegido la tecnología capacitiva como la tensiométrica, la fiabilidad de las mediciones de la sonda depende más de la instalación que del propio sensor. De hecho, es poco habitual que dos sondas colocadas una junto a la otra den exactamente la misma medida, sobre todo si se han instalado de manera diferente.

Para instalarlas bien, continúa leyendo y utiliza nuestra lista de verificaciones en cada etapa.



Instalar la sonda capacitiva

■ ¿DÓNDE INSTALO LA SONDA?

Elige un suelo representativo

La sonda capacitiva debe instalarse en una zona en la que el tipo y el trabajo del suelo sean representativos de tus terrenos. Si labras en la mayoría de tus terrenos, colócala en uno en el que hayas labrado el suelo.

Asegúrate de que la vegetación sea representativa

Lo mejor es elegir una zona en la que el cultivo sea homogéneo y representativo del terreno (variedad, estado de la vegetación, etapa de cultivo, densidad, estado sanitario, etc.). Por ejemplo, evita los bordes del terreno.



¡Cuidado! En el momento de la instalación, no alteres el cultivo, porque podría afectar a la representatividad de la zona medida.

Identifica una zona de riego medio

La zona controlada debe ser representativa del resto de terrenos regados. Elige una zona situada en la media de las dosis proporcionadas por el sistema de riego.



Consejo : para facilitar el control, instala los sensores en el terreno que primero riegue el sistema.

Adapta la instalación en función del sistema de riego

• **Riego por aspersión**

En caso de riego por aspersión, el objetivo es asegurarse de que la dosis aplicada hidrate el suelo lo suficiente con respecto a la frecuencia de riego, por lo que es necesario realizar mediciones a diferentes profundidades para tener una vista de conjunto del perfil.



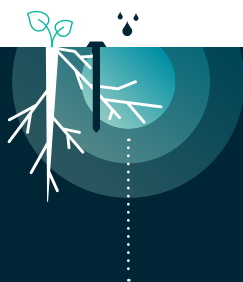
- **Riego localizado**

En caso de riego por goteo, instala la sonda en la periferia de la zona de influencia del gotero, a medio camino entre este y la hilera. Se trata del lugar en el que la planta se abastece de agua, por lo que es el sitio perfecto para controlar la cantidad de agua proporcionada y el consumo de las plantas. Así podrás vigilar las variaciones de dimensión del bulbo húmedo.



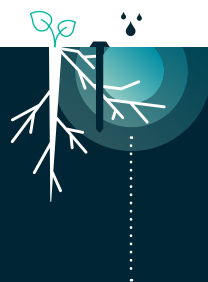
RIEGO EXCESIVO

Si la zona muy húmeda se extiende y el contenido hídrico aumenta, hay que reducir el tiempo de riego.



RIEGO ADECUADO

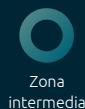
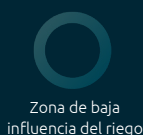
Si la zona muy húmeda no varía y el contenido hídrico se mantiene estable, el riego es adecuado.



RIEGO INSUFICIENTE

Si la zona muy húmeda retrocede y el contenido hídrico disminuye, hay que aumentar el tiempo de riego.

Principios y estrategia del método de control capacitivo en riego por goteo, según Peyremorte, SCP, 1982.



Optimiza la ubicación en función de tus cultivos

La sonda debe colocarse cerca del sistema de raíces, para estimar su consumo de agua con la mayor precisión, pero también dentro de una zona de vegetación representativa, para tener en cuenta la cantidad de agua infiltrada en el suelo.

Ejemplos de ubicaciones recomendadas:



Cereales
en la hilera



Almendra
entre gotero y árbol, 10-20 cm del gotero



Patata
a 8-10 cm del tubérculo

■ ¿CÓMO INSTALO LA Sonda CAPACITIVA?

● **Prepara el material**

Para instalar la sonda capacitiva, necesitarás:



una ahoyadora
de 3,8-4 cm de
diámetro



un cubo



agua

● **Cava un agujero**

Con la ahoyadora, excava un agujero de 38-40 mm de diámetro hasta alcanzar la profundidad deseada. Es muy importante que no quede espacio entre el suelo y la sonda. Es imprescindible que la ahoyadora tenga las dimensiones adecuadas.

Retira la tierra y ve colocándola en el cubo, hasta alcanzar una profundidad correspondiente a la longitud de la sonda.



¡Cuidado! No excaves más de lo necesario para evitar formar una bolsa de aire que perjudicaría la calidad de las mediciones.



Consejo : la instalación es más sencilla si el suelo está húmedo.

● **Prepara el barro**

Mezcla agua y tierra en el cubo para formar barro con el que garantizar un buen contacto entre el suelo y la sonda.

● **Instala el sensor**

Vierte cuidadosamente parte del barro en el agujero para evitar las bolsas de aire y, después, hunde la sonda sin forzarla. Por último, sella el agujero vertiendo el barro restante.

También puedes regar el agujero para arrastrar tierra adentro. Lo importante es que el agujero se llene por completo para garantizar un buen contacto entre la sonda y el suelo durante toda la temporada.



Instalar la sonda tensiométrica

■ ¿DÓNDE INSTALO LOS TENSÍÓMETROS?

Multiplica los puntos de medición

La medición de la tensión depende mucho del contexto local alrededor de la sonda. Para garantizar la calidad de los datos, se recomienda instalar varias sondas en cada profundidad y utilizar la mediana de los datos indicados en cada horizonte. De hecho, esta es la razón por la que los tensiómetros suelen venderse en lotes de seis unidades.

Si no quieres invertir en varios lotes de tensiómetros, es mejor instalar todos los que compres en un único terreno representativo. Después, podrás basarte en tus conocimientos sobre tus suelos para extrapolar los resultados al resto de la explotación.

Elige un lugar en el que el suelo sea homogéneo

- La evolución de la tensión depende directamente del tipo de suelo y de su estructura.
- Para poder tomar una decisión y no distorsionar la mediana, los diferentes puntos de medición deben repartirse en un mismo tipo de suelo.
- Esta zona de suelo homogéneo puede ser solo una pequeña parte del terreno y no necesariamente la zona más representativa del terreno. Puede tratarse de la zona que más se seque, por ejemplo.

Identifica una zona de riego medio

La zona controlada debe ser representativa del resto de terrenos regados. Elige una zona situada en la media de las dosis proporcionadas por el sistema de riego.



Consejo : instala los sensores en el terreno que primero riegue el sistema.

Asegúrate de que la vegetación sea representativa

Lo mejor es elegir una zona en la que el cultivo sea homogéneo y representativo del terreno (variedad, estado de la vegetación, etapa de cultivo, densidad, estado sanitario, etc.). Por ejemplo, evita los bordes del terreno.



¡Cuidado! En el momento de la instalación, no alteres demasiado el cultivo, porque podría afectar a la representatividad de la zona medida.

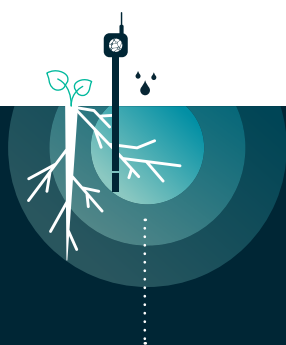
Adapta la instalación en función del sistema de riego

• Riego por aspersión

Asegúrate de que la dosis aplicada hidrate el suelo lo suficiente con respecto a la frecuencia de riego. Para ello, instala los tensiómetros de manera que obtengas mediciones en al menos dos horizontes diferentes.

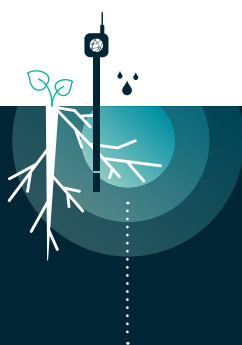
• Riego localizado

El objetivo es medir la tensión en la periferia de la zona de influencia del gotero (también llamada «de bulbo húmedo») y asegurarse de que esa tensión sea más o menos estable durante la temporada. Se recomienda disponer de al menos dos lugares de medición, para elegir una medida en caso de divergencia. La mejor representatividad se consigue colocando los sensores en tres lugares de medición.



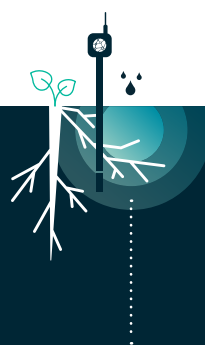
RIEGO EXCESIVO

Si la zona muy húmeda se extiende y la tensión disminuye, hay que reducir el tiempo de riego.



RIEGO ADECUADO

Si la zona muy húmeda no varía y la tensión se mantiene estable, el riego es adecuado.



RIEGO INSUFICIENTE

Si la zona muy húmeda retrocede y la tensión aumenta, hay que aumentar el tiempo de riego.

Principios y estrategia del método de control tensiométrico en riego por goteo, según Peyremorte, SCP, 1982.

 zona poco afectada por las entradas

 zona intermedia

 zona muy húmeda

¿CÓMO INSTALO LOS TENSÍÓMETROS?

Prepara el material

Para instalar los tensiómetros, necesitarás:



una ahoyadora
de 2,2-2,5 cm de
diámetro



un cubo



agua

Ceba la sonda

Es muy sencillo: solo tienes que sumergir en agua la bujía del sensor durante dos minutos.

Cava un agujero

Con la ahoyadora, excava un agujero de unos 22 mm de diámetro hasta alcanzar la profundidad deseada. Coloca la tierra en el cubo.

Es muy importante que no quede espacio entre el suelo y la sonda. Es imprescindible que la ahoyadora tenga las dimensiones adecuadas.

Retira la tierra y ve colocándola en el cubo, hasta alcanzar la profundidad deseada.



Consejo: la instalación es más sencilla si el suelo está húmedo.

Prepara el barro

Mezcla agua y tierra en el cubo para formar barro con el que garantizar un buen contacto entre el suelo y la sonda.

Instala el sensor

Aplica el barro sobre la bujía y, después, coloca el tensiómetro en el agujero. Por último, sella el agujero vertiendo el barro restante.

También puedes regar el agujero para arrastrar tierra adentro. Lo importante es que el agujero se llene por completo para garantizar un buen contacto entre la sonda y el suelo durante toda la temporada.



Cómo interpretar los datos de la sonda y tomar buenas decisiones

Ahora que ya sabes cómo elegir el tipo de sonda que más se adapta a tus necesidades y cómo instalar adecuadamente la sonda para obtener datos de calidad, ha llegado la hora de pasar a cosas más complicadas: cómo analizar los datos de la sonda y cómo utilizarlos para determinar cuándo activar y detener el riego.



Cómo controlar el riego con la sonda

El método de control depende del tipo de sistema de riego que utilices:

■ EN CASO DE RIEGO LOCALIZADO

Objetivo

El objetivo es identificar un nivel de referencia y mantener un volumen de humedad del suelo constante. Para ello, ten en cuenta los valores que indica la sonda cuando tus cultivos están en buenas condiciones hídricas. Una vez identificado ese nivel de referencia, ajusta el tiempo o el flujo de riego para mantener las medidas a dicho nivel durante toda la temporada

Criterios

Las dos tablas siguientes resumen los criterios principales para tomar decisiones:

Nivel de medición con respecto al nivel de referencia	CON SONDAS TENSIO MÉTRICAS		CON SONDAS CAPACITIVAS	
	Variación de tensión desde último riego	Cambio en duración del riego	Variación de contenido hídrico desde último riego	Cambio en duración del riego
Superior	↖	++	↖	--
	→	+	→	-
	↗	=	↗	=
Igual	↖	+	↖	-
	→	=	→	=
	↗	-	↗	+
Inferior	↖	=	↖	=
	→	-	→	+
	↗	--	↗	++



Consejo: es poco habitual que dos sondas den exactamente la misma medida, sobre todo si el suelo está seco, pero lo que importa no es tanto el valor absoluto medido por la sonda, sino la variación de las mediciones con respecto a los niveles de referencia de bulbo seco y de bulbo húmedo.

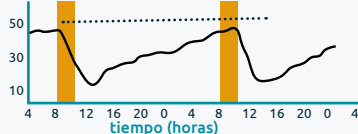
Interpretación de las gráficas

A continuación, se muestra un ejemplo de gráficas, con los riegos representados en naranja:

CON SONDAS TENSIOMÉTRICAS

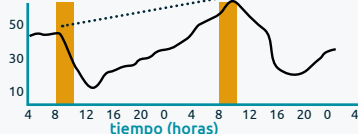
RIEGO ADECUADO

tensión mediana (kPa)



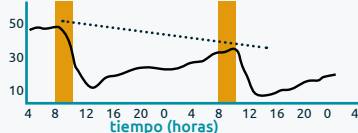
RIEGO INSUFICIENTE

tensión mediana (kPa)



RIEGO EXCESIVO

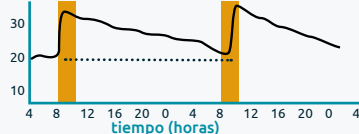
tensión mediana (kPa)



CON SONDAS CAPACITIVAS

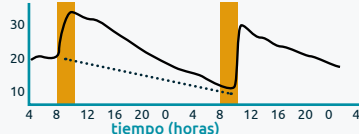
RIEGO ADECUADO

contenido hídrico (%)



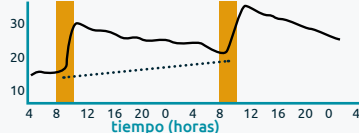
RIEGO INSUFICIENTE

contenido hídrico (%)

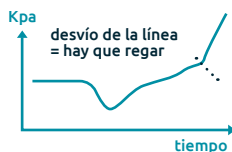


RIEGO EXCESIVO

contenido hídrico (%)



Consejo : las gráficas son otra herramienta práctica de control, porque si se repiten de manera idéntica entre dos riegos, se cumplirá con el objetivo de mantener un nivel de contenido hídrico constante en el tiempo.



■ EN CASO DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Objetivo

El objetivo es recuperar periódicamente (entre riego y riego) las reservas hídricas de un terreno y no suministrar agua de nuevo hasta que se haya consumido por completo la que se haya aportado antes.

Es decir, para saber cuándo hay que regar, bastará con determinar un umbral. Así sabrás que tienes que regar en cuanto las reservas hídricas de tus suelos bajen de ese umbral. En caso de riego por aspersión, lo más importante es el principio de la temporada de riego. Vigila las líneas de tus gráficas y, en cuanto se desvíen, sabrás que tienes que activar el riego. Después, con las sondas podrás vigilar la eficacia de los riegos y adaptarte si llueve o cae una tormenta.



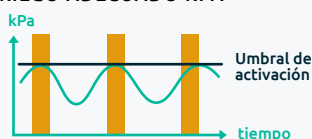
Consejo: los datos de los tensiómetros se utilizan de manera relativa, ya que lo que importa no son tanto los valores brutos sino la variación con respecto a otro momento. Es importante fijarse en la pendiente de las gráficas: cuando el agua empieza a escasear, el tensiómetro indica una variación, por lo que es necesario regar.

Interpretación de las gráficas

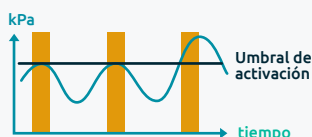
A continuación, se muestra un ejemplo de gráficas:

CON SONDAS TENSIO MÉTRICAS

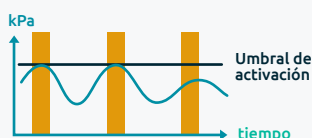
RIEGO ADECUADO KPA



RIEGO INSUFICIENTE KPA



RIEGO EXCESIVO KPA

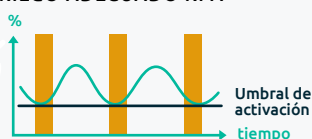


Consejo

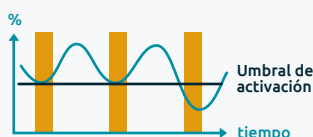
En función del nivel de precisión requerido, el umbral de activación del riego puede ser sencillo y constante durante la temporada, o bien elaborarse más gracias a la experiencia y el aprendizaje.

CON SONDAS CAPACITIVAS

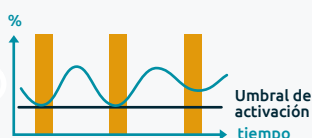
RIEGO ADECUADO KPA



RIEGO INSUFICIENTE KPA

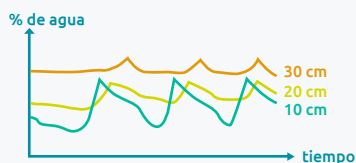


RIEGO EXCESIVO KPA



Consejo

En caso de un cultivo que tenga raíces de 30 cm, la observación de un pico en el contenido hídrico a 30 cm por un riego indica que el agua ha fluído por debajo de 30 cm, por lo que no estará disponible para la planta. En dicho caso, sería conveniente fraccionar el riego en varios suministros.



■ LOS UMBRALES AGRONÓMICOS QUE HAY QUE CONOCER PARA CONTROLAR EL RIEGO

Para controlar el riego, hay que vigilar varios umbrales:

- **Capacidad de campo**

Es el volumen máximo de agua que puede retener el suelo en sus microporos. Si imaginamos el suelo como una esponja, la capacidad de campo es el volumen de agua con el que la esponja estaría llena y dejaría de absorber agua. Si siguieras regando una vez llegado a ese umbral, se alcanzaría la saturación. El excedente de agua fluiría por la superficie o bajaría a las capas freáticas, a una velocidad que dependería sobre todo de la permeabilidad del suelo. Si la situación se prolongara, se correría el riesgo de asfixiar las raíces de las plantas.

- **Reserva fácilmente utilizable**

La cantidad de agua a la que pueden acceder las plantas se denomina «reserva útil de agua». Sin embargo, las plantas solo pueden extraer una parte de esa reserva útil sin limitar su crecimiento o reducir su situación. Esa parte se denomina «reserva fácilmente utilizable» y suele corresponder a un tercio de la reserva útil de agua. Por debajo de dicho umbral, las plantas estarán en estrés hídrico y correrás el riesgo de disminuir su rendimiento en gran medida.

- **Punto de marchitez**

Por último, el punto de marchitez es el nivel en el que las raíces dejan de poder extraer agua del suelo, porque apenas hay y las partículas del suelo retienen la poca que queda con una fuerza superior a la succión de las raíces. Utilizando la metáfora anterior, podemos decir que la esponja estaría tan seca que no extraeríamos nada de agua por mucho que la comprimiéramos. Una vez alcanzado este umbral, la planta se marchita y acaba por morir.

Identificar la zona de confort hídrico

Para que el riego sea eficaz, hay que evitar la saturación hídrica del suelo y el estrés hídrico. Además, las gráficas de la sonda (independientemente de si es tensiométrica o capacitiva) deben ser siempre inferiores a la capacidad de campo y superiores al punto de marchitez.



Una herramienta única para facilitarte las decisiones

La reserva fácilmente utilizable suele ser un parámetro difícil de medir. Para calcularla, hay que realizar experimentos sobre el terreno y comparar situaciones variando la cantidad de agua suministrada para observar el estado hídrico de los suelos. Si no conoces la reserva fácilmente utilizable de tus terrenos, no te preocupes. Para acompañarte en el control del riego, Weenat ha creado una herramienta de asistencia a la toma de decisiones sencilla y práctica: los umbrales hídricos.

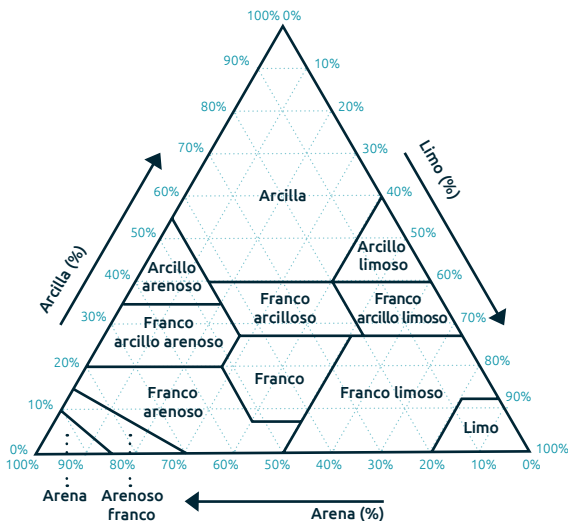
En concreto

Los ingenieros agrónomos de Weenat han determinado 4 umbrales hídricos para los 12 tipos de suelo principales:

● SATURACIÓN ● CONFORT ● VIGILANCIA ● ESTRÉS HÍDRICO

Estos umbrales son el resultado de varios años de investigación en colaboración con Bertrand Vandoorne, profesor, investigador y responsable del Departamento de Agricultura y Ciencias del Paisaje de JUNIA (escuela de ingeniería de Lille, Francia). Están basados en el modelo de Mualem–van Genuchten y han sido aprobados con experimentos realizados sobre el terreno.

Una vez que selecciones tu tipo de suelo, los umbrales hídricos convierten automáticamente los datos de la sonda en un estado de sequedad, independientemente de si es capacitiva o tensiométrica.



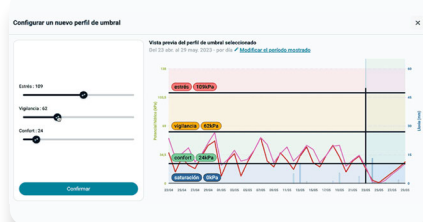
Gracias a la aplicación de Weenat, dispondrás de datos **fiables, precisos e instantáneos** para tomar fácilmente tus decisiones. Así visualizarás los diferentes umbrales hídricos de tus terrenos en unos segundos.



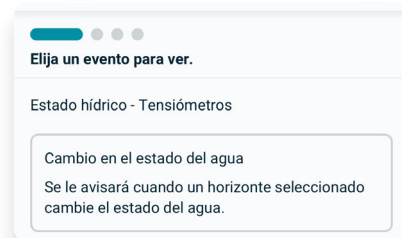
Como se ve en las gráficas presentadas aquí, los riegos en tus terrenos tienen un efecto directo en **la variación del estado hídrico de tu suelo**.

Un episodio de lluvias (barra azul) o un riego (barra naranja) influye en la variación de las gráficas y, por lo tanto, en la información del estado de sequedad de tu suelo.

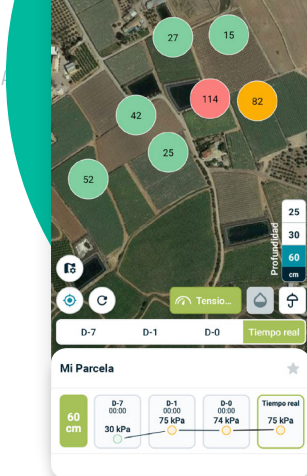
Además, puedes declarar cada vez que riegas, lo que será importante para hacer balance al final de temporada. Este sistema requiere aprendizaje para perfeccionar los riegos.



Para mayor precisión, también puedes **personalizar tus propios umbrales** y perfeccionarlos progresivamente con datos de la sonda.



Cuando el contenido hídrico en volumen o la disponibilidad hídrica de un horizonte cambie de umbral, recibirás **una alerta** por mensaje de texto, correo electrónico o notificación para intervenir cuanto antes.



Más información

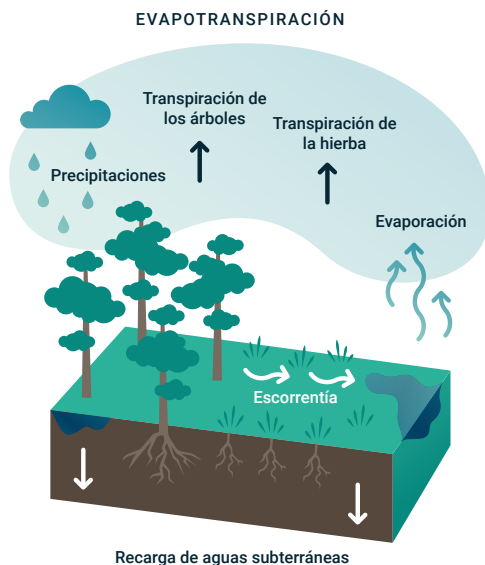
Vigilar la evapotranspiración potencial (ETP) de tus terrenos

En la aplicación de Weenat, puedes acceder también a los datos de ETP de cada uno de tus terrenos sin sensores.

■ ¿QUÉ ES LA ETP?

La evapotranspiración es el proceso por el que los seres vivos pierden agua en forma de vapor.

Así la evapotranspiración potencial (ETP) corresponde a la suma de la evaporación del agua que contiene en el suelo y la transpiración del agua de las plantas.

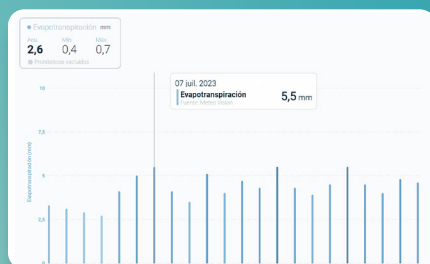


■ ¿PARA QUÉ SIRVE VIGILAR LA ETP DE LOS TERRENOS?

Al medir la ETP diaria y prevista en tus terrenos (como complemento de las sondas conectadas de riego), puedes evaluar a qué velocidad se evapora el agua presente en el suelo y las plantas. Se trata de una ayuda adicional para controlar mejor tu suministro de agua.

■ ¿CÓMO APARECE EN LA APLICACIÓN?

En la aplicación de Weenat, puedes consultar los datos de ETP del día y de los 15 días siguientes.



También tienes acceso al historial diario ilimitado de la ETP de tus terrenos. Al controlar estos datos, podrás entender la dinámica de pérdida de agua de tus terrenos.

Planear los riegos con 7 días de antelación con Weedriq

Para ayudarte a optimizar el riego, Weenat ha desarrollado Weedriq, la primera herramienta de asistencia a la toma de decisiones capaz de simular la variación de la presión en tus terrenos en los 7 días siguientes. Con Weedriq sabrás **cuánta agua habrá en tus suelos la semana que viene**, y podrás planificar los riegos con precisión para ahorrar tiempo y reducir el consumo de agua.



Planifica los riegos con antelación



Consulta en tiempo real la variación de la presión pasada y futura



Suministra la cantidad exacta de agua necesaria para el desarrollo de tus cultivos

■ ¿CÓMO FUNCIONA?

Presión e inteligencia artificial

Weedriq es un modelo diseñado gracias a la inteligencia artificial que combina los datos del historial y los recopilados en tiempo real por los tensiómetros conectados de Weenat con el pronóstico del tiempo local, para simular la evolución durante los próximos 7 días de la fuerza que tienen que ejercer las raíces para extraer agua del suelo.

El modelo se recalibra todos los días gracias a los sensores de Weenat colocados en el terreno, lo que permite mejorar constantemente la precisión de las previsiones.

Asistencia a la toma de decisiones

Previsión del potencial hídrico del terreno para los 7 días siguientes

I+D

Agronomía y ciencia de datos



Datos de tensiómetros de temporadas anteriores



Datos agronómicos



Datos meteorológicos

Aprendizaje



■ ¿CÓMO APARECE EN LA APLICACIÓN?



A partir de los datos de tus tensiómetros, el modelo Weedriq te ofrece una previsión de la presión del suelo de los próximos 7 días en gráficas, que podrás ver en cada resumen de tus terrenos.



En el historial, podrás ver los datos pasados y previstos de presión. En la parte azul del gráfico se representa la variación de la presión de los siguientes 7 días.

Investigación sobre el terreno durante cuatro años

A día de hoy, Weedriq está disponible para cultivos al aire libre regados por aspersión (patata, cereales de paja, cebolla, ajo y maíz). Actualmente, seguimos desarrollando Weedriq para hacerlo compatible con la mayoría de los cultivos regados y sistemas de riego.

MÁS INFORMACIÓN SOBRE WEEDRIQ





Ya utilizan los sistemas de Weenat para controlar el riego:



El año pasado, realizábamos riegos por goteo de 6 h, pero con las sondas de Weenat nos dimos cuenta de que era demasiada agua. Este año hemos pasado a 2 h al día.

— **Olivier Curel**
Arboricultor



La gestión del riego en el olivar es vital para producir aceites con un alto contenido en polifenoles, altos niveles de antioxidantes y aromas interesantes. Esto es lo que estamos mejorando poco a poco, gracias al control del riego.

— **Carlos Urzaiz**
Productor de Olivar



Al poder conocer el estado hídrico del suelo en dos clics, ganamos 1-2 horas a la semana de observación.

— **Anthony Oboussier**
Arboricultor



Con las sondas Weenat he conseguido un ahorro de un 25% a un 30% de agua, también he disminuido los gastos de fertilizantes y de electricidad.

— **Antonio diaz**
Productor de uva de mesa



Gracias a Weenat, es más sencillo mantener el control y, cada semana durante el ciclo vegetativo, nos ahorramos una hora al día.

— **Jean-Michel Morille**
Arboricultor



Así podemos justificar nuestras prácticas, lo que es muy importante hoy en día.

— **François Boustier**
Productor de cereales



Necesitábamos una manera de justificar cómo gestionamos el riego, así que esto era exactamente lo que estábamos buscando.

— **Anthony Loppin**
Productor de zanahorias

Conclusión

El futuro será seco.

Con el aumento de las temperaturas y la irregularidad creciente de las lluvias, el riego, que ya es muy importante para la agricultura española, va a volverse aún más crítico en los próximos años..

Como afirma Jérôme Le Roy, fundador de Weenat: «El riego va a convertirse en una práctica imprescindible para mantener los niveles de producción actuales en pleno cambio climático generalizado». A medida que esta práctica se extienda, se planteará la cuestión de la utilización de los recursos hídricos con una urgencia renovada. Las limitaciones de uso del agua, que ya son controvertidas actualmente, seguirán generando debate en la opinión pública. Además, las restricciones de consumo de agua se endurecerán aún más. Para responder a las expectativas sociales y preservar los márgenes de sus explotaciones, los agricultores no tendrán más remedio que limitar su consumo de agua.

Siguiendo el método MÁXIMA PRECISIÓN, estás claramente un paso por delante con respecto a tus vecinos. Es más, estás optando por el rendimiento y por actuar en lugar de sufrir. Ahora ya sabes cómo elegir una sonda, instalarla e interpretar sus datos para controlar el riego.

En resumidas cuentas, te has preparado.

Ahora ha llegado la hora de pasar a la acción y nosotros estaremos a tu lado si tienes cualquier pregunta.

El equipo Weenat

**¿Quieres pedir una sonda
para controlar el riego?**

- Consulta **WWW.WEENAT.COM/ES**
- Por teléfono : **+34 919 012 519**





Acerca de Weenat

Gracias a nuestro dominio de los datos meteorológicos y de los parámetros del suelo, en Weenat orientamos a los agricultores en su toma de decisiones diarias, desde la siembra hasta la cosecha. Desde 2014 nuestro equipo trabaja en contacto estrecho con los territorios desarrollando una completa gama de sensores conectados con una aplicación móvil. Nuestro objetivo es que los agricultores puedan gestionar sus recursos a la perfección para optimizar su rentabilidad, su tiempo y su impacto medioambiental.

NUESTRAS SOLUCIONES:



**CONTROL DEL
RIEGO**



**PROTECCIÓN DE
CULTIVOS**



**METEOROLOGÍA
CONECTADA**



**PREDICCIÓN DE
HELADAS**

ALGUNAS CIFRAS:



Más de **20 000**
Usuarios
en la aplicación
de Weenat



Más de **20 000**
Sensores
agrometeorológicos
por toda Europa



Más de **160**
Distribuidoras
agrícolas asociadas



Más de **50**
Expertos de Weenat
acompañándote a diario

Encuétranos

en nuestra página web : WWW.WEENAT.COM/ES

Y en las redes sociales :



¿Hablamos?

Por correo : contact@weenat.com

Por teléfono : **(+34) 919 01 25 19**