

CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE RIEGO

I) CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

1- EL AGUA DE RIEGO Y LAS SALES

ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO

Es muy importante que la recogida de la muestra de agua de riego sea correcta, de forma que los resultados del análisis y basándose en ellos se puedan determinar las estrategias adecuadas. Unas recomendaciones para recoger una muestra del agua de riego son:

Tomar una muestra de litro a litro y medio en envase de vidrio o plástico transparente, que no haya contenido previamente alguna sustancia que pueda enmascarar la muestra (abonos, pesticidas, etc.).

Si el agua proviene de embalse o río, tomar varias muestras y mezclarlas.

Si proviene de pozo, tomar la muestra cierto tiempo después de que la bomba comience a extraer agua.

Enviar la muestra al laboratorio lo antes posible, debidamente etiquetada e identificada sin exponerla a altas temperaturas.

SALINIDAD DEL AGUA

El agua de riego contiene cierta cantidad de determinadas sales que se añadirán a las que ya existen en el suelo. Pero como las plantas extraen sólo algunas de ellas y en distintas cantidades, el suelo y el agua suelen tener distinto tipo de sales por lo que es conveniente diferenciar entre la salinidad del agua de riego y la salinidad del agua que está en el suelo disponible para la planta.

Esto supone que la cantidad de sales que hay en el suelo depende de la que se aporte con el agua de riego y de lo que extraiga el cultivo. Si se incrementa en exceso el contenido de sales en el suelo, la planta puede resultar afectada, pudiendo producirse una disminución en la producción y, en casos extremos, su muerte. De hecho, en muchas ocasiones los daños por salinidad son mayores que los producidos por una falta prolongada de agua.

La salinidad del agua de riego se puede determinar por dos procedimientos:

Medida del contenido de sales:

Realizada en laboratorio, con ella se puede conocer la concentración que existe de cada una de las sales analizadas. Lo más usual es que se exprese en miligramos por litro (mg/l). Sumando las cantidades obtenidas de todas las sales, se tiene el Contenido Total de Sales del agua de riego (CTS), que normalmente se expresa en gramos por litro (g/l).

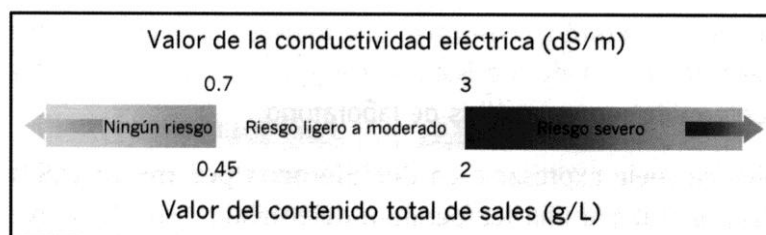
Medida de la conductividad eléctrica:

La concentración o el contenido total de sales se puede determinar de manera muy simple y rápida utilizando un aparato llamado conductímetro, que mide en realidad la conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica suele expresarse en deciSiemens por metro (dS/m) o en miliSiemens por centímetro (mS/cm) y a una temperatura determinada, siendo ambas unidades equivalentes (una muestra con una conductividad de 1.2 dS/m tendrá también 1.2 mS/cm). Una vez que se ha determinado la

conductividad eléctrica, el contenido total de sales (CTS) en g/l (gramos por litro) se calcula con una fórmula muy simple:

$$\text{Contenido Total de Sales} = 0,64 \times \text{Conductividad eléctrica}$$

Existen una serie de criterios que establecen si el agua puede usarse para el riego según la cantidad de sales disueltas medidas en ella, criterios que deben usarse con precaución y ser aplicados con carácter general ya que cada caso particular puede tener soluciones adecuadas. La FAO indica el riesgo de producirse problemas de salinidad según los siguientes límites en contenido de sales:



Tolerancia de los cultivos a la salinidad

La tolerancia a la salinidad es la capacidad del cultivo a soportar un exceso de sales en la zona de raíces. Cada cultivo presenta una tolerancia distinta, pero además se ve afectada por diversos factores como el tipo de sal, el clima, manejo y método de riego, etc.

La tolerancia indica el valor de conductividad en el agua del suelo que cada cultivo puede soportar sin producirse disminuciones en su rendimiento. De esta forma se puede establecer una comparación entre los cultivos que toleran mejor la salinidad y los que son muy poco tolerantes.

También debe tenerse en cuenta como criterio de elección del sistema de riego y debe ser tenido en cuenta si existe la posibilidad de implantar uno u otro.

Toxicidad

La presencia de determinadas sales en el suelo, incluso a bajas concentraciones, pueden provocar efectos tóxicos en las plantas. Normalmente, los cultivos leñosos o arbóreos presentan mayor toxicidad que los cultivos anuales. En general, las que ocasionan más problemas para los cultivos son el **sodio, el boro y el cloruro**. La toxicidad de cada uno de ellos es diferente para cada cultivo así como los síntomas que producen en las plantas. Por lo tanto, conociendo los síntomas se pueden detectar ciertos problemas de toxicidad.

Un exceso de sodio produce sequedad o quemaduras en los bordes exteriores de las hojas. Cuando el problema continúa, la sequedad continúa por los nervios hasta el centro de la hoja. Los cítricos, aguacate y judía son los cultivos más sensibles al exceso de sodio en el suelo, mientras que trigo, algodón, cebada, alfalfa y remolacha, por ejemplo, son muy tolerantes.

Cuando el cloruro se acumula en las hojas hasta niveles del orden del 0.1-0.3% del peso de la hoja, los efectos pueden ser muy perjudiciales. Suele manifestarse con quemaduras en la punta de las hojas y avanzar por los bordes. Afecta fundamentalmente a cultivos leñosos, siendo muy sensibles los frutales de hueso, el aguacate, los cítricos y la vid.

El boro, a diferencia de los anteriores, afecta tanto a plantas leñosas como a anuales. Llega a ser muy perjudicial para algunas plantas incluso a concentraciones tan bajas como 1 miligramo por litro, sin embargo es un elemento esencial para un desarrollo correcto del cultivo. Suele manifestarse por un amarilleamiento de la punta de las hojas más antiguas que va desplazándose hasta el centro de las hojas entre los nervios y sequedad en algunas otras zonas de la planta. Las plantas más sensibles son, entre otras, la judía, el girasol, el trigo, el maíz, el algodón, los frutales de hueso y pepita, la vid y el aguacate, mientras que son bastante tolerantes el espárrago, la remolacha y la alfalfa entre otras.

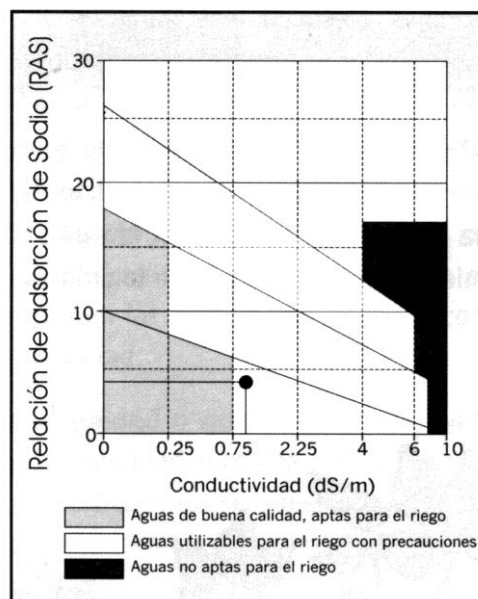
Problemas de infiltración

Aunque se aporte agua al suelo mediante riego, si la infiltración es deficiente puede surgir serios problemas para que ésta llegue a las raíces de las plantas. Los problemas más frecuentes relacionados con una infiltración baja suelen producirse cuando el sodio (que suele estar presente en el agua de riego) se incorpora al suelo y deteriora su estructura; los agregados del suelo se dispersan en partículas pequeñas que tapan o sellan los poros y evitan que el agua pueda circular e infiltrarse con facilidad. El efecto contrario lo producen el calcio y el magnesio, por lo que para evaluar realmente el problema que puede generar un exceso de sodio hay que saber también la cantidad de calcio y magnesio que hay en el suelo.

La forma de evaluar ese balance se realiza con un índice llamado **Relación de Adsorción de Sodio (RAS)**. Cuanto mayor sea el RAS, mayor será la cantidad de sodio con respecto a la de calcio y magnesio y mayores serán los problemas de degradación del suelo y de infiltración del agua.

Otros criterios de calidad

Además de la salinidad y la relación de adsorción de sodio, es muy conveniente saber la cantidad de sólidos en suspensión, el pH, la dureza, el contenido de hierro y la cantidad de bacterias del agua de riego, principalmente para determinar el riesgo de obturaciones en sistemas de riego localizado.



II) ELECCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

Antes instalar un equipo de riego, sería interesante conocer los costes que no va a ocasionar en la explotación ya que normalmente se requieren inversiones grandes. Debemos analizar la rentabilidad de la instalación y debemos tener en cuenta otros aspectos generales:

- el sistema de riego nos condicionará muchas de las labores de cultivo (preparación del suelo, plantación, abonado, recolección, etc).
- el consumo de agua (eficiencia de riego) varía entre unos sistemas y otros.

Además, cada sistema de riego tiene sus ventajas y sus inconvenientes:

INUNDACIÓN

- Ventajas:
- Bajo coste.
 - Alta eficacia en el lavado de sales.

- Inconvenientes:
- Necesaria buena nivelación.
 - Elevado consumo de agua.
 - Apelmazamiento del suelo.

ASPERSIÓN

- Ventajas:
- Poca mano de obra.
 - No es necesaria la nivelación del terreno.
 - Ahorro de agua.
 - Automatización.

- Inconvenientes:
- Elevado coste.
 - Necesidad de energía.
 - Pérdidas por evaporación.
 - Viento.
 - Posible incremento de plagas y enfermedades.

LOCALIZADO

- Ventajas:
- Adaptado para cultivos en línea.
 - Poco gasto de agua.
 - Automatización.
 - Aumento de la producción (riegos ligeros y frecuentes).
 - Disminución de riesgo de enfermedades.
 - Poca mano de obra.

- Inconvenientes:
- Obturación de orificios.
 - Personal más cualificado.
 - No apto para cultivos densos.
 - Elevado coste.

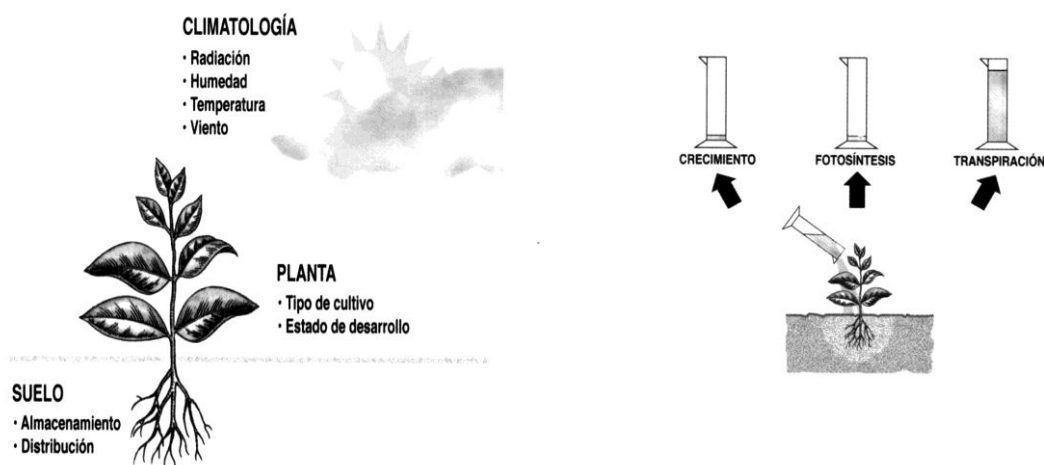
III) PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

Se trata de buscar unos parámetros en base a los cuales podamos decidir el momento de riego, la dosis y la frecuencia. Podemos optar por:

- a) Análisis visual unido a la experiencia.
- b) Seguir las recomendaciones de los Servicios Técnicos de asesoramiento al regante.
- c) Cálculos propios en función de:
 - las necesidades de agua de los cultivos
 - las lecturas de equipos de medición indirecta (suelo, planta, radiación).

NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS

Ya es conocido que la cantidad de agua que las plantas transpiran es mucho mayor que la que retienen y llega a formar parte de ellas (usada en procesos de crecimiento y fotosíntesis). La transpiración puede considerarse, por tanto, como el consumo de agua por la planta. Desde la superficie del suelo se producirá la evaporación del agua de las capas más superficiales.



La cantidad de agua que supone ambos procesos, transpiración y evaporación, suele considerarse de forma conjunta simplemente porque es muy difícil calcularla por separado. Por lo tanto, se considera que las necesidades de agua de los cultivos están representadas por la suma de la evaporación directa de agua desde el suelo más la transpiración de las plantas, en lo que se denomina **evapo-transpiración (ET)**. La evapotranspiración suele expresarse en milímetros de altura de agua evapotranspirada en cada día (mm/día) y es una cantidad que variará según el clima y el cultivo.

Evapotranspiración de referencia:

Para poder calcular la evapotranspiración (ET) se parte de una sistema ideado para este fin, consistente, en medir el consumo de agua de una parcela de unas medidas concretas sembrada de hierba, con una altura de unos 10-15 centímetros, sin falta de agua y en pleno crecimiento, donde se ha colocado un instrumento de medida. Al dato obtenido se le denomina evapotranspiración de referencia (Etr). Como el cultivo es siempre el mismo, será mayor o menor según sean las condiciones del clima (radiación

solar, temperatura, humedad, viento, etc.) y del entorno (según se mida en el exterior o dentro de invernadero). Con frecuencia, la estimación de la evapotranspiración de referencia (E_{tr}) no está dentro de las posibilidades del regante, que para obtenerla deberá recurrir a información proporcionada por entidades públicas o asociativas, centros de investigación y experimentación, etc.

Coeficiente del cultivo:

El coeficiente de cultivo (K_c) describe las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección.

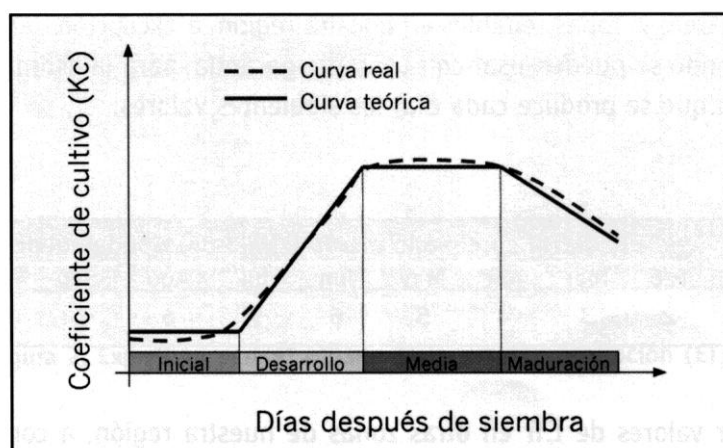
En los cultivos anuales normalmente se diferencian cuatro etapas o fases del cultivo:

INICIAL: desde la siembra hasta un 10% de cobertura del suelo aproximadamente.

DESARROLLO: desde el 10% de cobertura y durante el crecimiento activo de la planta.

MEDIA: entre floración y fructificación, correspondiente en la mayoría de los casos al 70-80% de cobertura máxima de cada cultivo.

MADURACIÓN: desde madurez hasta recolección.



EL AGUA EN EL SUELO

En función de la mayor o menor proporción de agua en los poros del suelo, y su disponibilidad para la planta se definen cuatro niveles de humedad:

SATURACIÓN: cuando todos los poros están llenos de agua.

LÍMITE SUPERIOR (LS): es un nivel de humedad que se consigue dejando drenar el agua de un suelo saturado. Este contenido de agua supone la mayor cantidad de agua que el suelo puede llegar a almacenar sin drenar. También se conoce como *capacidad de campo* (CC).

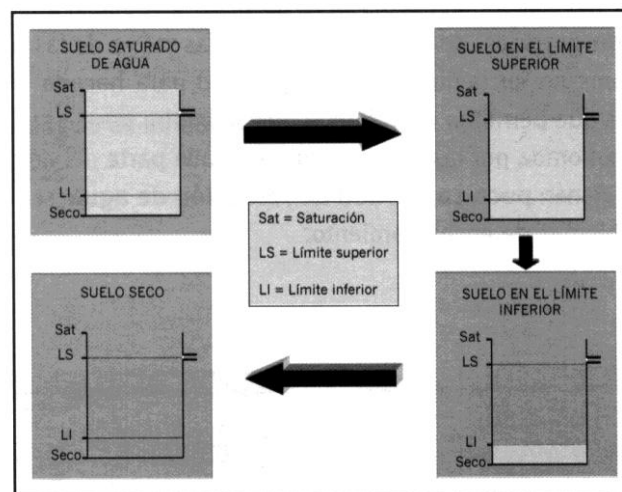
LÍMITE INFERIOR (LI): si el suelo no recibe un nuevo aporte, la evaporación de agua desde el suelo y la extracción por parte de las raíces hacen que el agua almacenada disminuya hasta llegar a este nivel en el que las raíces no pueden extraer más cantidad. Aunque el suelo aún contiene cierta cantidad de agua, las

plantas no pueden utilizarla. Se conoce también como *punto de marchitamiento permanente* (PMP).

SUELO SECO: situación en que los poros del suelo están totalmente llenos de aire.

El comportamiento del suelo como medio poroso frente a un determinado grado de humedad es muy similar al de una esponja. Supóngase una esponja totalmente seca sobre la que se vierte agua hasta saturarla (mojarla por completo); comenzará a soltar agua por la parte inferior simplemente por gravedad, hasta un momento en que no caiga más, estando entonces en una situación similar al de límite superior. Si la esponja se presiona con fuerza para expulsar el agua, quedará con una humedad equivalente al de límite inferior, es decir, por más que se presiones no se expulsa más agua, sin embargo todavía está ligeramente húmeda. Solamente se podría extraer el agua restante si la esponja se seca en una estufa, lo que sería análogo al suelo seco. En un suelo ocurre de forma similar, y a medida que hay menos agua, la succión que ejerce el suelo sobre el agua es mayor, es decir, a la planta le cuesta más trabajo extraerla.

Así pues, las plantas pueden extraer el agua del suelo desde el límite superior hasta el límite inferior de humedades, lo que se conoce como **Intervalo de Humedad Disponible** (IHD). En la práctica, la mayor cantidad que el suelo puede almacenar y poner a disposición de las plantas y por lo tanto el que ellas pueden extraer es en torno al **70%** de la cantidad de agua representada por el IHD.



Para poder programar los riegos de forma eficaz, es necesario conocer el nivel de humedad o cantidad de agua que tiene el suelo y los valores tanto de límite superior como de límite inferior. El contenido de agua en el suelo se puede determinar de forma directa utilizando muestras de suelo o bien de forma indirecta usando unos aparatos específicos.

Medidas contenido de agua en un suelo

Humedad gravimétrica:

Es el porcentaje de peso de suelo ocupado por el agua. Por ejemplo, si en una muestra de suelo humedecido, 14 gramos son de agua y 65 gramos son de suelo, la humedad gravimétrica será el resultado de dividir 14 entre 65 y multiplicar por 100, es decir, el 21,5%.

Humedad volumétrica:

Es el porcentaje de volumen de suelo ocupado por el agua. Por ejemplo, si en una muestra de suelo humedecido 12 cm^3 son de agua y 48 cm^3 son de suelo, la humedad volumétrica será el resultado de dividir 12 entre 48 y multiplicar por 100, es decir, el 25%.

Lo más frecuente es calcularla multiplicando la humedad gravimétrica por la densidad aparente (da) del suelo. La densidad aparente es la relación entre el peso de una muestra de suelo y el volumen que ella ocupa, y su valor es diferente para cada tipo de suelo si bien para suelos con textura similar, (da) es muy parecida. Las unidades más frecuentes de densidad aparente son gramos por centímetro cúbico (g/cm^3).

Determinación in situ:

Sonda de neutrones, TDR (Time Domain Reflectometry), FDR (Frequency Domain Reflectometry) también llamados sensores de capacitancia.

Estrategias de riego:

Las estrategias de riego se pueden entender como criterios para decidir el momento de efectuar un riego y la cantidad de agua a aplicar.

1.-Un criterio general es aplicar el riego cuando el Déficit de Agua en el Suelo (DAS) sea igual al Nivel de Agotamiento Permisible (NAP), aplicando las necesidades brutas de riego (Nb). Teniendo en cuenta estrictamente el balance de agua (agua que se aporta al sistema suelo-planta menos agua que se extrae del sistema) es la estrategia más recomendable, ya que permite que no haya problemas de extracción de agua y que la producción final no se vea afectada, aplicando el menor número posible de riegos.

2.-Si el valor comercial del cultivo es muy alto, es conveniente asegurarse que las raíces de las plantas no tengan problemas en extraer el agua en ningún momento, aplicando las necesidades brutas de riego antes de que el DAS alcance el NAP. De esta manera se aumenta el número de riegos y, dependiendo del método de riego empleado, su coste.

3.-En ocasiones es conveniente aplicar una cantidad de agua fija con los riegos, de manera que se aproveche al máximo el sistema de riego. Los sistemas automecanizados de riego por aspersión (por ejemplo el pivotante, más conocido por “pívot”) son un claro ejemplo de aplicación de una cantidad fija, que depende de la velocidad a la que se desplace la máquina. En estos casos, el momento de realizar el riego es aquel en que el Déficit de Agua en el Suelo iguale a las necesidades netas, pero teniendo en cuenta que se aplicaran las necesidades brutas.

4.-En numerosos sistemas de riego (principalmente en riego por superficie) existen restricciones para elegir el momento de riego ya están organizados por turnos en los que cada agricultor riega cuando le está permitido. En este caso puede ser que el Déficit del Agua en el Suelo supere al Nivel de Agotamiento Permisible, lo que es indeseable. Lo más usual es que en estos casos el agricultor procure aplicar el agua correspondiente a las necesidades brutas, es decir cargar el suelo de agua en previsión de que el turno de riego se pueda retrasar.

Programación en tiempo real:

Se denomina programación en tiempo real al que utiliza datos en tiempo real, es decir medidos diariamente o en fechas cercanas al momento actual.

Este apartado se desarrollará en la sesión El Suelo y el Agua.