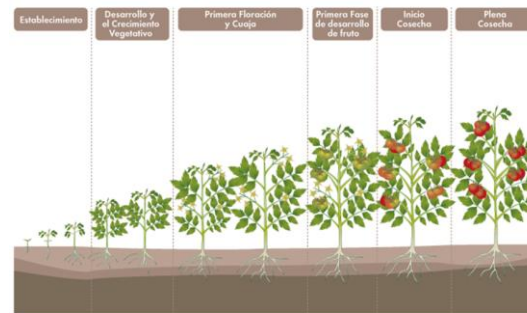


Monitoreo del riego y estrategias de optimización del uso del agua intrapredial

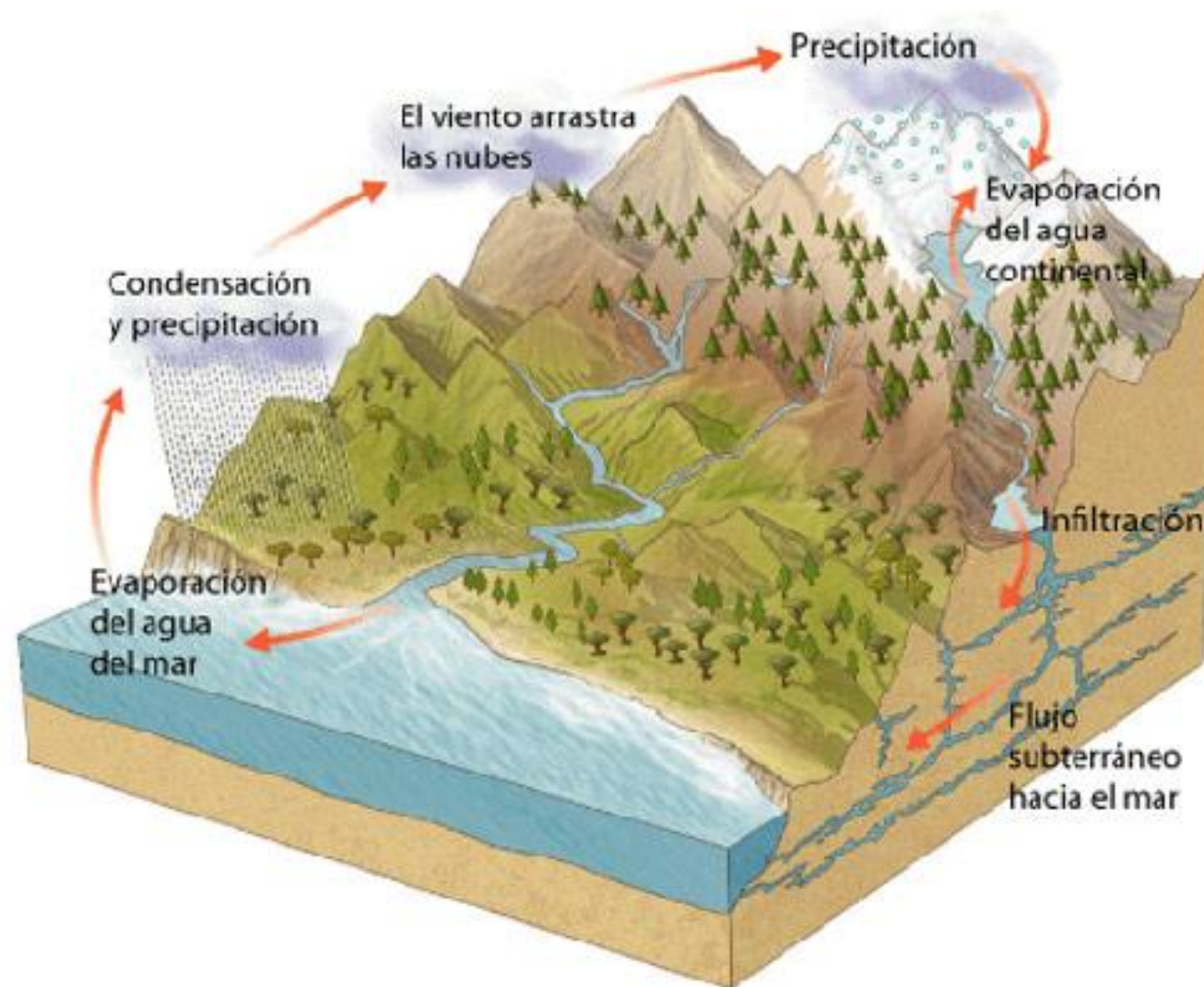
Autor: Abelardo Villavicencio P.
Ing. Agr. Mg. Sc.
Riego
INIA Quilamapu / INIA Raihuén



Contenidos

1. Introducción
2. Riego sustentable
3. Monitoreo del riego
 - ✓ Humedad en el perfil de suelo
 - ✓ Funcionamiento del equipo de riego
 - ✓ Uniformidad de riego

Ciclo del agua



¿Cómo se reparte el agua a nivel de las diferentes actividades productivas?

Industrial : 12 %

Minero : 9 %

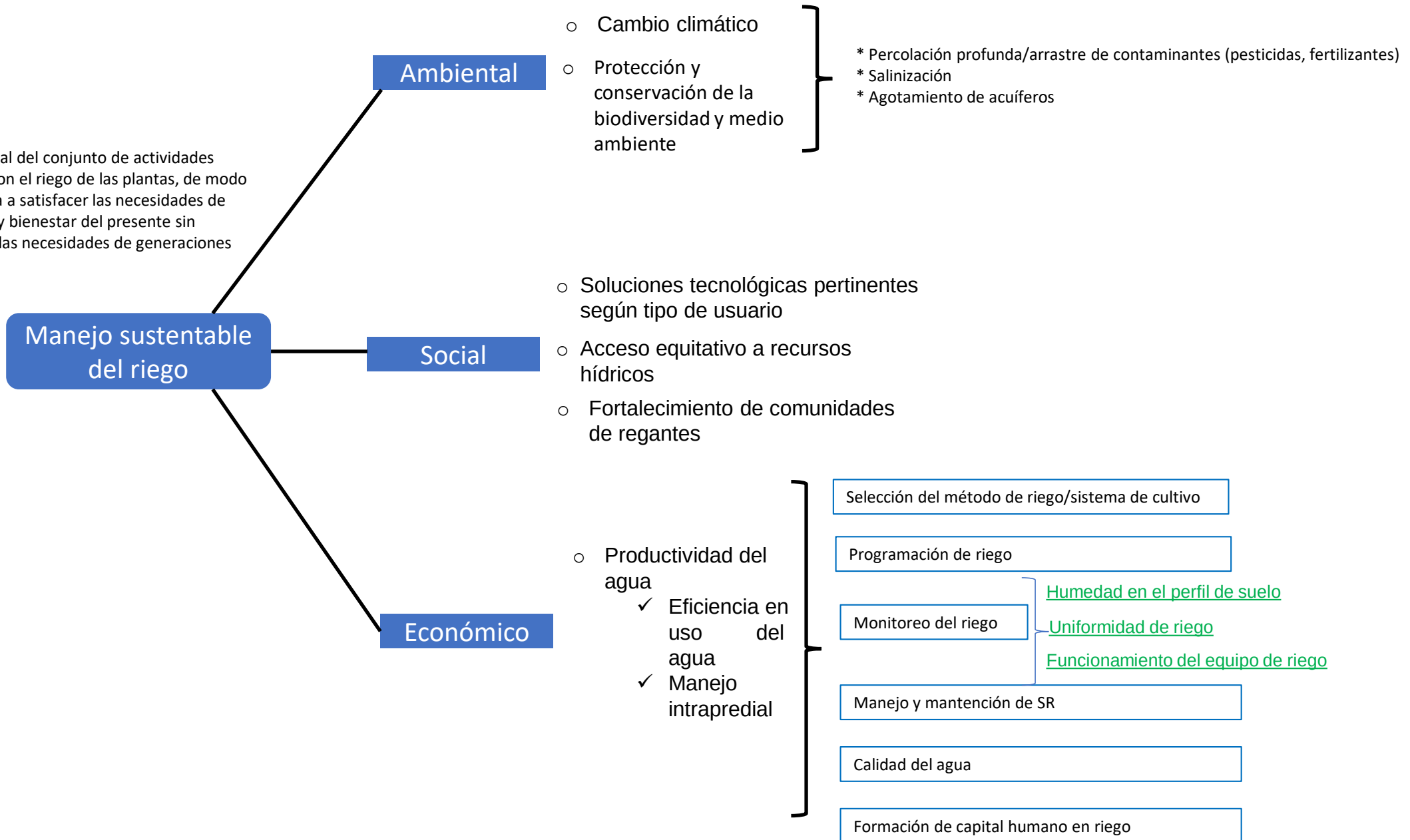
Doméstico : 6 %

Agrícola : 73 %

Total : 100 %

Fuente: Estrategia Nacional de Recursos Hídrico 2012 - 2025

Práctica racional del conjunto de actividades relacionadas con el riego de las plantas, de modo que contribuya a satisfacer las necesidades de supervivencia y bienestar del presente sin comprometer las necesidades de generaciones futuras.





CONTROL O MONITOREO DE RIEGO

El hecho de aplicar un programa de riego en base a los registros de evapotranspiración no asegura el éxito productivo del cultivo, ya que existe una serie de factores que podrían estar dificultando suplir los requerimientos calculados de la planta como:

- Movimiento y retención de agua en el suelo (por problemas físicos de suelo, compactación),
- Obstrucción de los emisores,
- Taponamiento de los filtros,
- Roturas de la red de riego, etc.

Por lo anterior, todo programa de riego requiere de un plan de monitoreo o control del riego
en terreno



Monitoreo de humedad del perfil de suelo

Permite conocer el comportamiento de los bulbos de riego, estimar la distribución de la humedad y determinar si el riego es excesivo o deficitario.

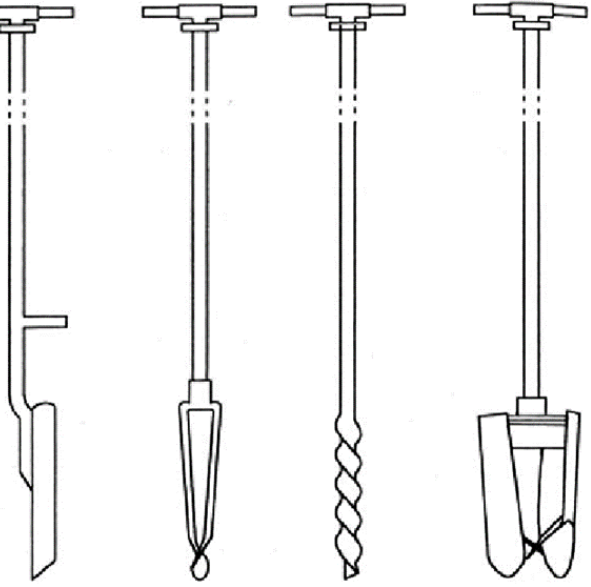
Estimación cualitativa :

- Uso de barreno y calicatas,
- Humedad al tacto
- Calicatas: profundidad de raíces, estratas, pedregosidad, etc.

Determinaciones cuantitativas:

- Contenido de humedad gravimétrico y volumétrico del suelo
- Potencial mátrico (tensiómetros, watermark)
- Curvas de retención de humedad

Uso de barreno y pala

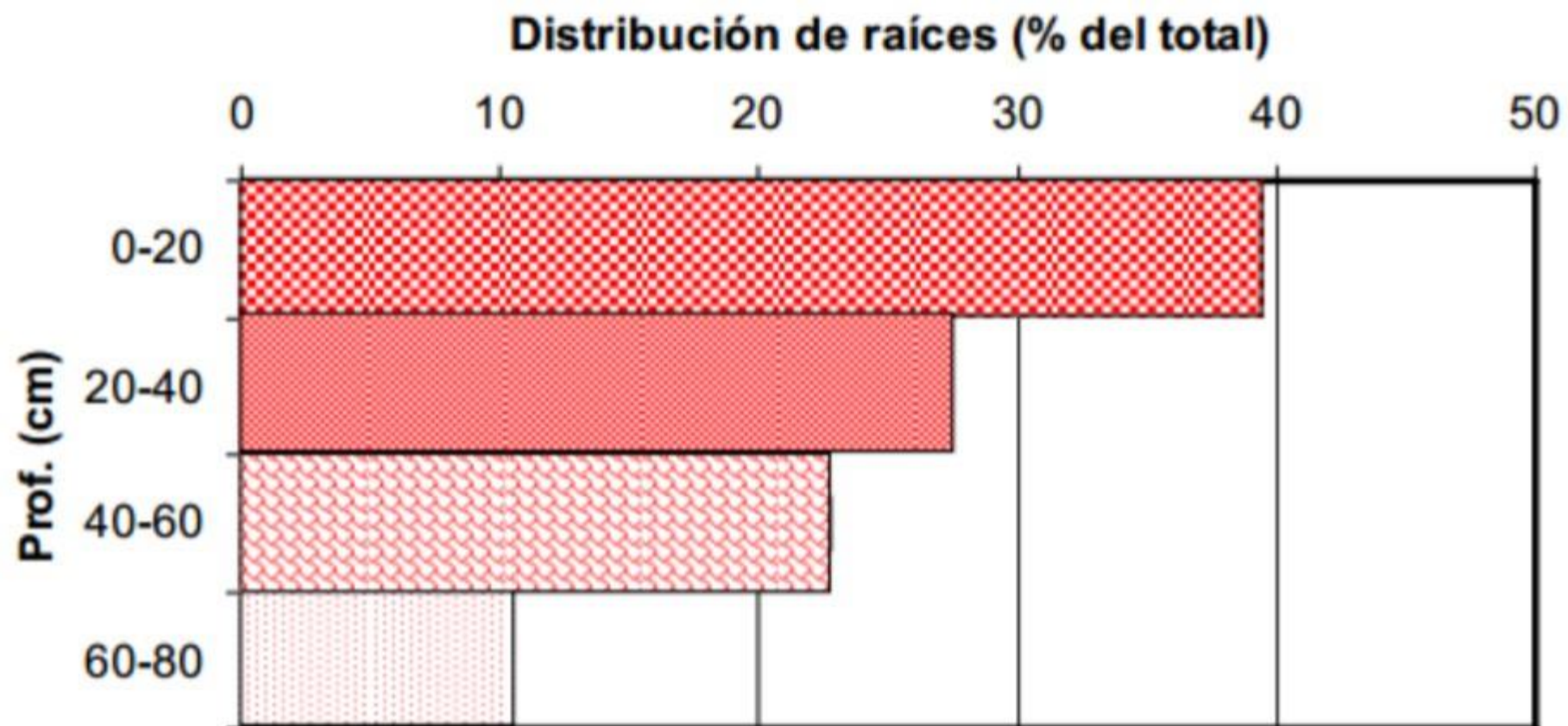


- Entre los métodos de control de la humedad del suelo, el más sencillo y seguro es el control sensorial del perfil por medio de un barreno edafológico. Consiste en tomar muestras de suelo a distintas profundidades y observar el contenido aparente de humedad. Este método es de muy fácil aplicación, pero requiere cierta experiencia.

Es recomendable realizar calicatas amplias, que permitan tener una visualización completa del suelo, de la humedad y del desarrollo de las raíces. De esta forma se puede comprobar el volumen de suelo que se moja, la distribución de la humedad y su relación con las raíces, profundidad efectiva, etc.



El control y monitoreo de la humedad en el perfil de suelo, permite conocer el comportamiento de los bulbos de riego, estimar la distribución de la humedad y determinar si el riego es excesivo o deficitario, lo que permite ajustar los tiempos de riego y su frecuencia de aplicación.





Para estimar las condiciones de humedad del suelo se pueden realizar pruebas al tacto moldeando la muestra de suelo que se extrae.

Guía para estimar la humedad del suelo al tacto

(entre 0 y 100% de humedad aprovechable)



Humedad remanente del suelo	Palpamiento o apariencia del suelo y deficiencia de humedad			
	Arenoso	Franco Arenoso	Franco – Franco Limoso	Franco Arcilloso a Arcilloso
0 a 25 por ciento	Seca, suelta, grano uniforme, fluye entre los dedos.	Seca, suelta, fluye entre los dedos.	Seca, polvosa, en ocasiones ligeramente costrosa pero es fácil reducirla a polvo.	Dura, desecada, agrietada, en ocasiones con migajones sueltos a flor de superficie
25 a 50 por ciento	Parece seca, pero no se forma bola con la presión. ¹	Parece seca, no se forma bola. ¹	Tiende a desmoronarse pero se mantiene compacta con la presión.	Algo moldeable, forma la bola bajo presión. ¹
50 a 75 por ciento	Parece seca. pero no se forma bola con la presión	Tiende a formar bola con la presión, pero rara vez se mantiene compacta.	Forma bola un tanto plástica y en ocasiones puede aliarse ligeramente con la presión.	Forma bola; brota entre los dedos al apretar
75 por ciento hasta capacidad máxima (100 por ciento)	Tiende ligeramente a aglutinarse. En ocasiones forma bajo presión una bola de poca consistencia.	Forma bola de poca consistencia, se desmenuza fácilmente y nunca queda lisa.	Forma bola y es muy moldeable; Fácilmente se alisa siempre que tenga un porcentaje elevado de arcilla.	Brota fácilmente entre los dedos; parece aceitosa al tacto.
A capacidad máxima (100 por ciento)	Al comprimir, no afloran gotas de agua en la superficie de la muestra pero sí queda en la mano el contorno húmedo de la bola.	Al comprimir, no brotan gotas de agua en la superficie de la muestra pero sí queda en la mano el contorno húmedo de la bola.	Al comprimir, no brotan gotas de agua en la superficie de la muestra pero sí queda en la mano el contorno húmedo de la bola.	Al comprimir, no afloran gotas de agua en la superficie de la muestra pero sí queda en la mano el contorno húmedo de la bola.

Tensiómetros



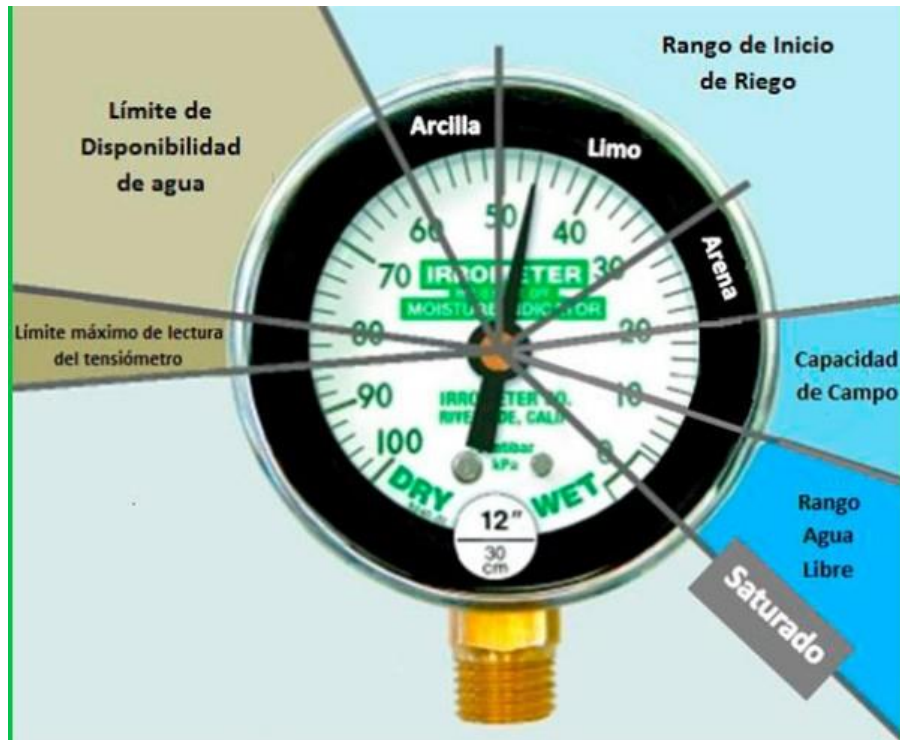
Mayor sensibilidad y exactitud en rango de baja tensión (de 0 a 40 cb)

¿Dónde se instala el tensiómetro?

- La instalación del tensiómetro debe ser en la zona de mayor actividad de raíces, en el bulbo húmedo que forme la aplicación del riego (línea de goteos, surco de riego, etc.).
- Si la mayor cantidad de raíces absorbentes están a más de 45 cm, se ubican en pares, uno superficial localizado en la zona de mayor cantidad de raíces y el otro más profundo que se utiliza para medir la profundidad del riego.



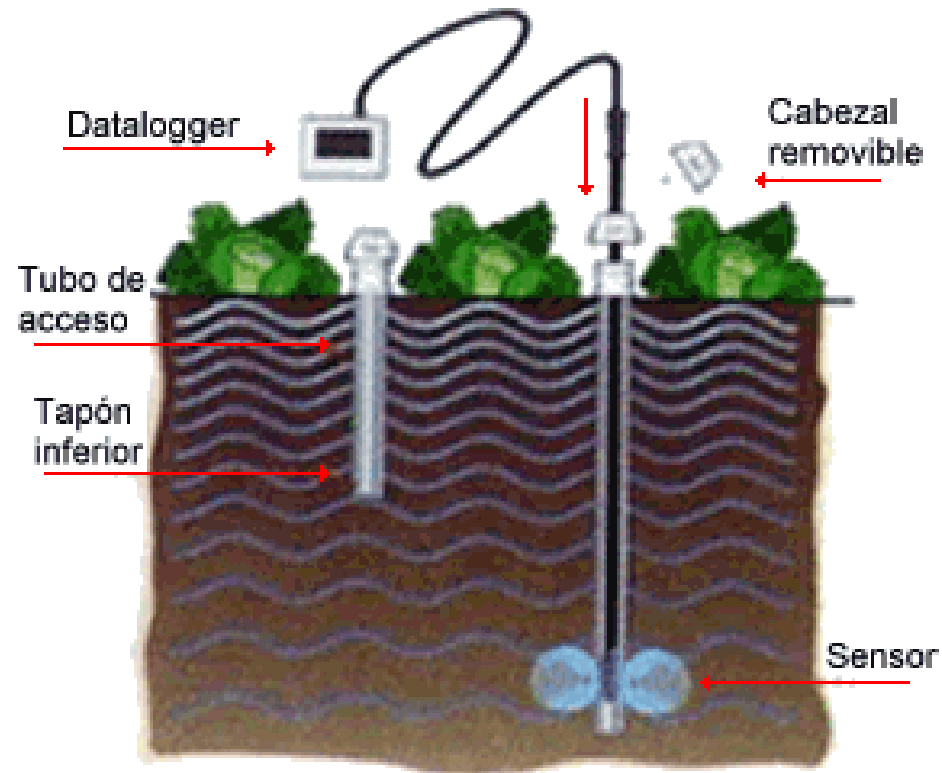
Estado del agua en el suelo según lectura de tensiómetro



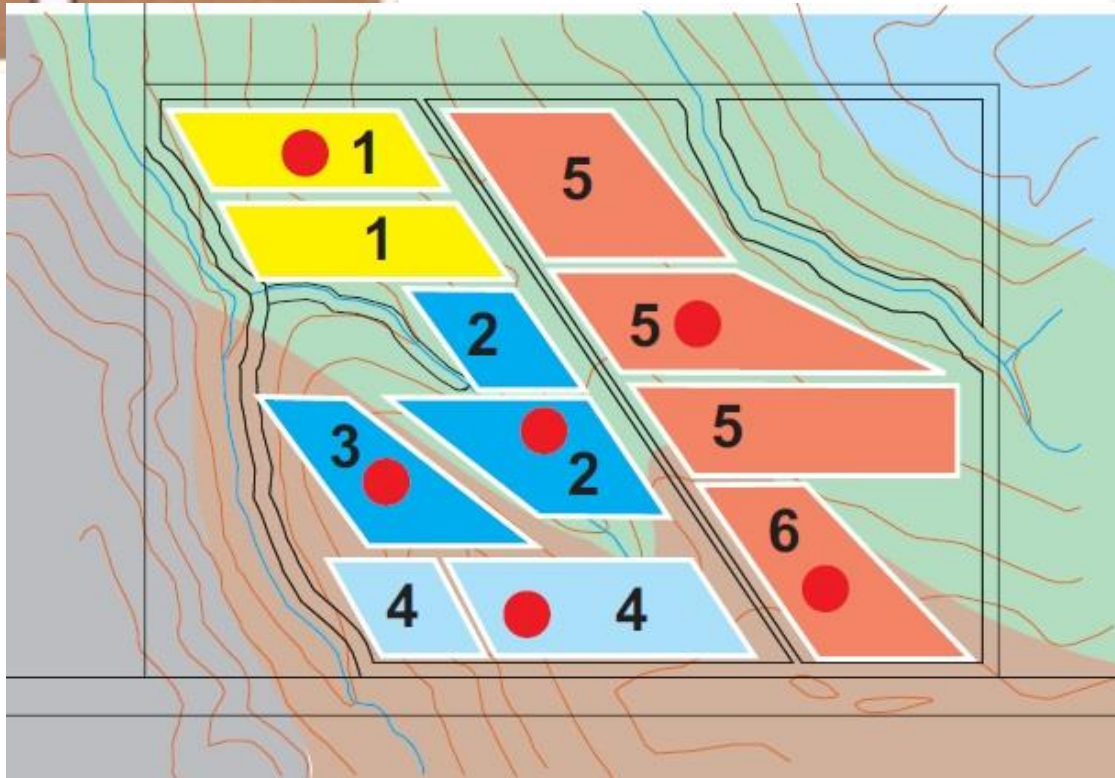
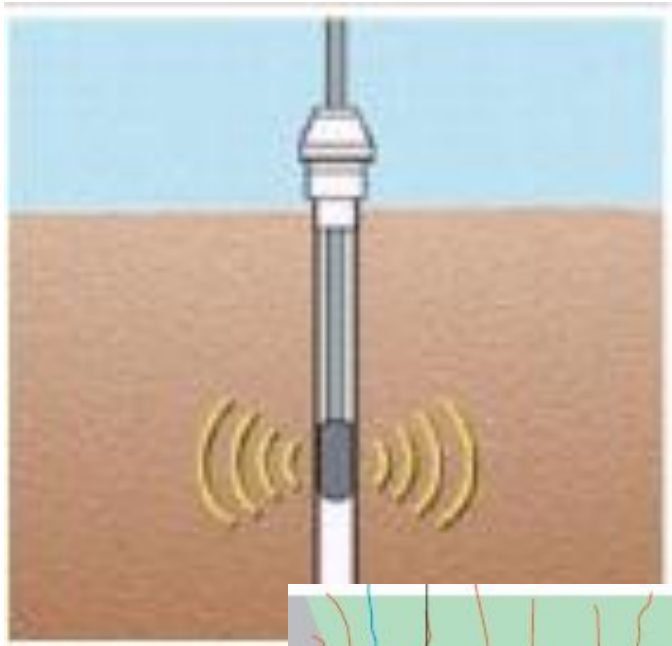
Lectura en centibares (cb)	Estado del agua en el suelo
0-10	Suelo saturado por riego reciente
10-35	Suelo adecuadamente mojado en riego localizado
35 -60	Rango usual en riego superficial
60-80	Posible ruptura de columna de agua, suelo seco

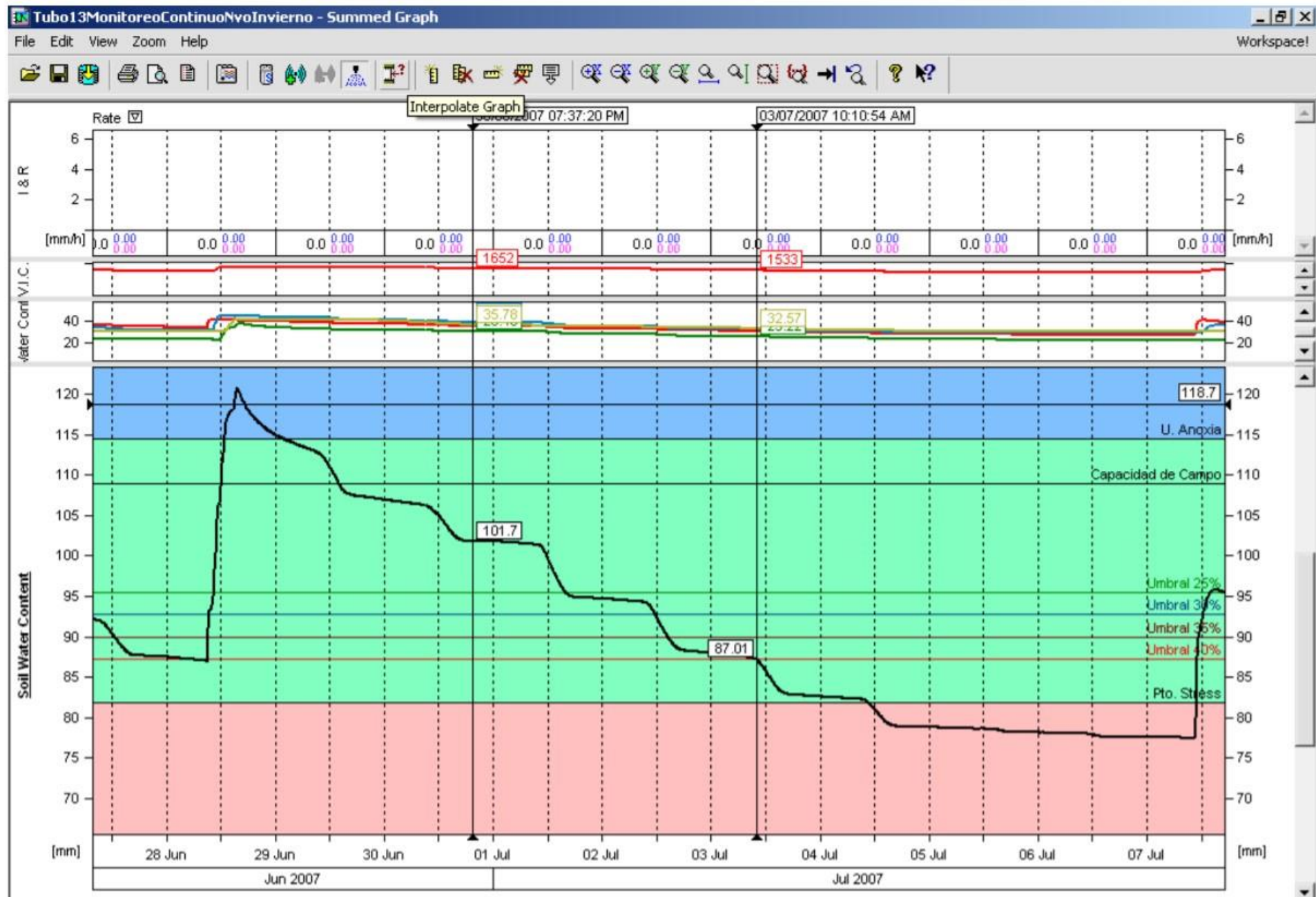
Sondas capacitivas (TDR o FDR)

- Basan sus mediciones en la relación que existe entre contenido de humedad del suelo y su constante dieléctrica



Sonda FDR





Sondas TDR



Sonda portable de humedad de suelo

Medición de humedad por sistema TDR (Time Domain Ref) para amplia gama de suelos

Sondas variables de acuerdo a la profundidad que desee medir (Entre 7.5, 12 y 20 cm)

Display LCD para visualización de datos de 2 formas: % de Contenido volumétrico de agua y Contenido relativo de agua (Para administrar riego)

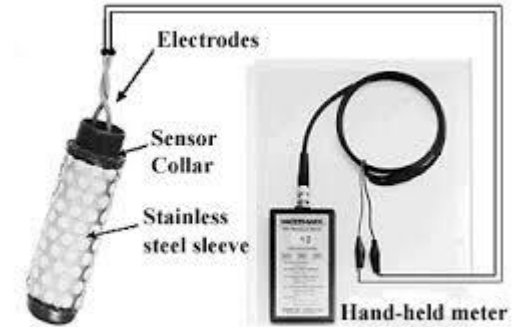


Sonda portable de humedad de suelo con almacenador de datos y GPS

Sensor de humedad de suelo Watermark



- Sensor de humedad de suelo sin requerimiento de mantenimiento.
- Posee compensación interna para los niveles de salinidad normales para aguas de riego.
- Su rango de medición es de 0 a 200 Cbar/kPa.
- No es afectado por congelación.

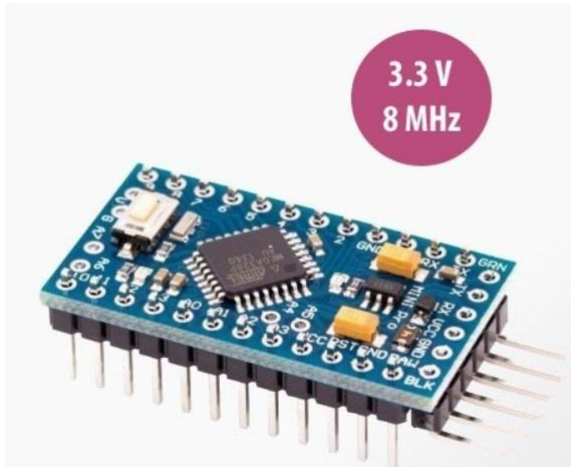


Menos sensitivo y más lento para responder en el extremo mojado, pero puede llegar más alto en el seco hasta 199 cb.



Podría ser útil....

Tecnología Arduino....



Es una placa con un microcontrolador ATmega más entradas y salidas (I/O). Se programa mediante lenguaje Processing/Wiring (similar a C).

Permite crear dispositivos para monitoreo de sensores, automatismos, monitoreo de variables, alarmas, robótica o telecontrol.

Soporta un sensor que mide la humedad del suelo por la variación de su conductividad.

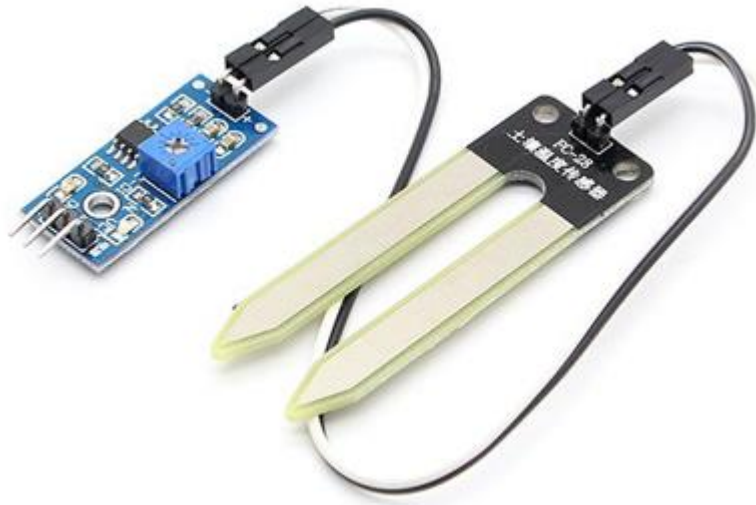
No tiene la precisión suficiente para realizar una medición absoluta de la humedad del suelo.

El sensor FC-28 se distribuye con una placa de medición estándar que permite obtener la medición **como valor analógico o como una salida digital**, activada cuando la humedad supera un cierto umbral.

Los valores obtenidos **van desde 0 sumergido en agua, a 1023 en el aire** (o en un suelo muy seco). Un suelo ligeramente húmedo daría valores típicos de 600-700. Un suelo seco tendrá valores de 800-1023.

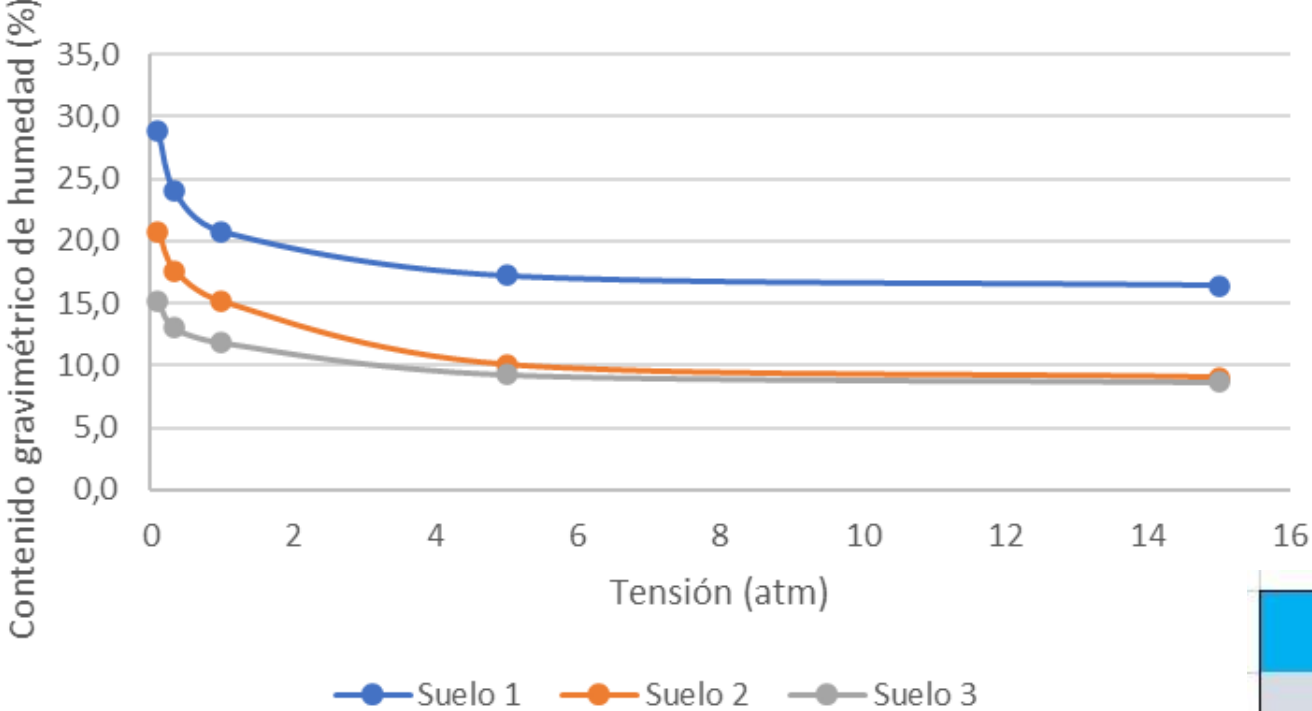
La salida digital dispara cuando el valor de humedad supera un cierto umbral, que ajustamos mediante el potenciómetro. Por tanto, **obtendremos una señal LOW cuando el suelo no está húmedo, y HIGH cuando la humedad supera el valor de consigna.**

El valor concreto dependerá del tipo de suelo y la presencia de elementos químicos, como fertilizantes. Se requiere hacer calibración en el terreno.





Curva de retención de humedad



	0,1 atm	0,33 atm	1 atm	5 atm	15 atm	Ret. Hum.	AFU (0,33 a 1 atm)
Suelo 1	28,9	24,1	20,8	17,2	16,5	7,6	3,3
Suelo 2	20,8	17,7	15,1	10,1	9,0	8,7	2,6
Suelo 3	15,2	13,0	11,9	9,3	8,7	4,3	1,1



Agua útil

Agua fácilmente utilizable



CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE RIEGO

Control de la presión y descarga de los emisores de riego

Una forma de conocer y prevenir problemas de aplicación de volúmenes de agua es realizar controles periódicos de presión y aforo en las líneas de riego.

Para medir la presión de funcionamiento de los emisores se debe introducir un manómetro en un lateral de riego y verificar la presión de funcionamiento del equipo.

La lectura debe ser de 1 kg/cm₂ o 10 m.c.a. para riego por goteo, 1.5 kg/cm₂ o 15 m.c.a. para microaspersión y de 0.5 a 0.7 m.c.a. para cintas. El valor depende del tipo de emisor que se seleccione y de las recomendación de presión de operación del fabricante.

Este control debe realizarse en dos puntos de cada sector de riego, por lo menos una vez al mes.

Si los emisores no son autocompensados y existe sobrepresión en las laterales, se está aplicando más agua que la calculada teóricamente. Por el contrario, si la presión está por debajo de la presión normal de funcionamiento, se está regando menos que los cálculos teóricos y por lo tanto se está entregando a las plantas menos agua de la que necesitan.

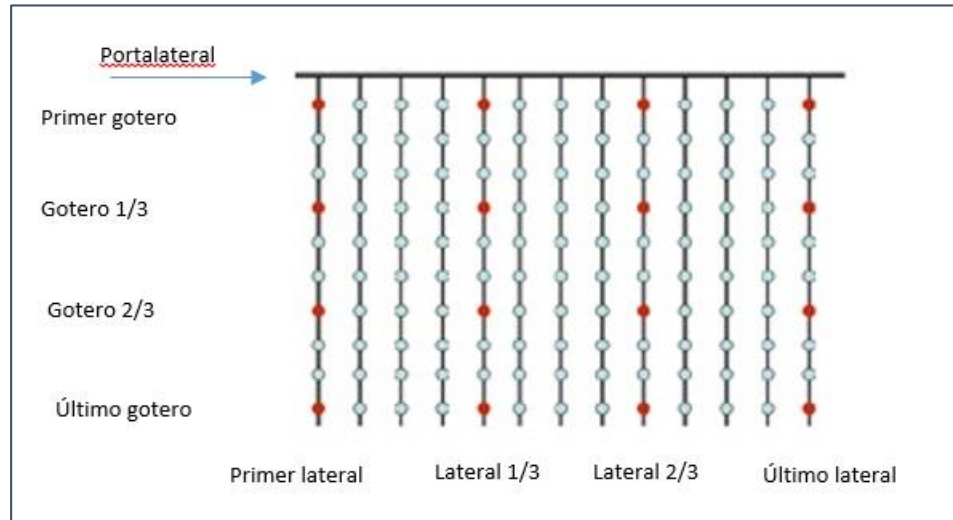


Control del funcionamiento del equipo de riego

Coeficiente de uniformidad de caudales

Prueba del cuarto menor

Colecta de la descarga del emisor en 1 minuto



$$CU (\%) = \frac{q_{25\%}}{q_a} \times 100$$

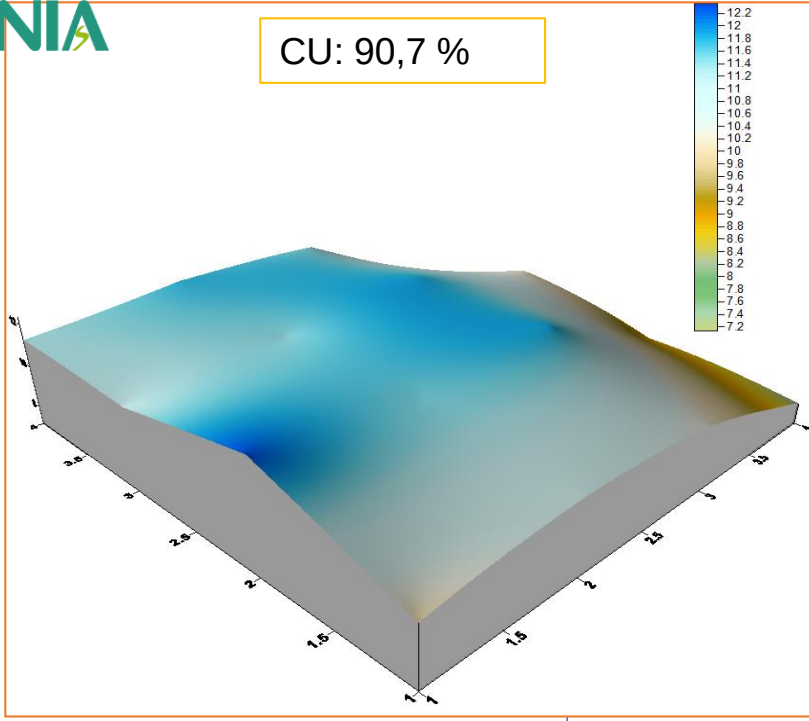
$q_{25\%}$ = Promedio de los 4 emisores de menor caudal
 q_a = promedio de todos los emisores



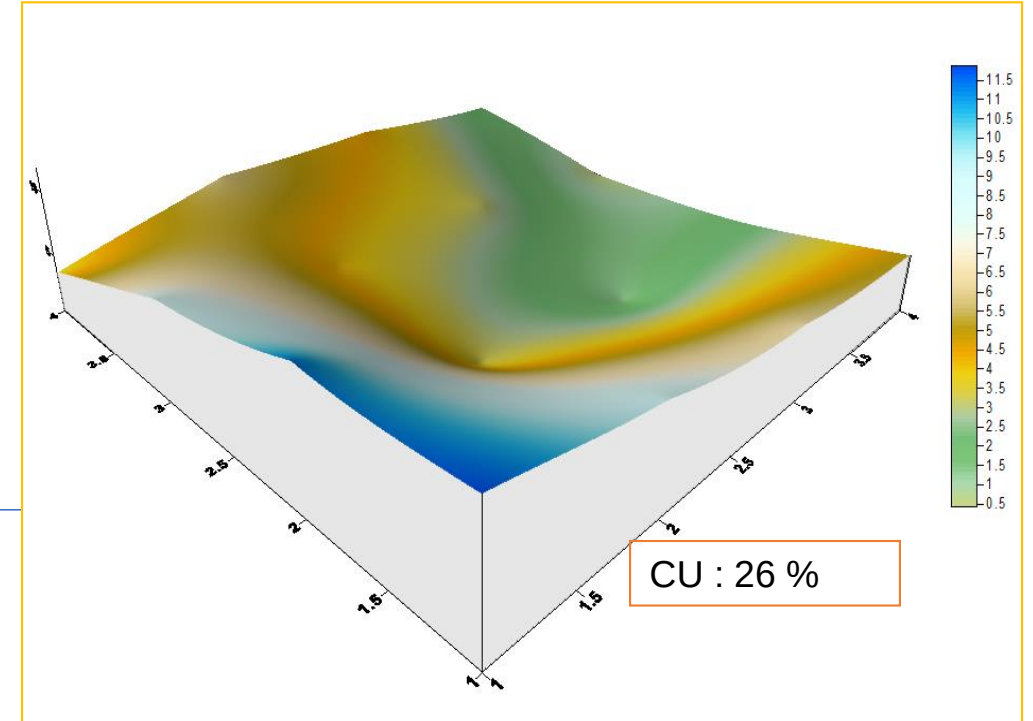
Funcionamiento	Coefficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) (%)
Excelente	> 90 %
Buena	80-90%
Aceptable	70-80%
No se acepta	< 70%

Representación espacial del Coeficiente de Uniformidad de caudal

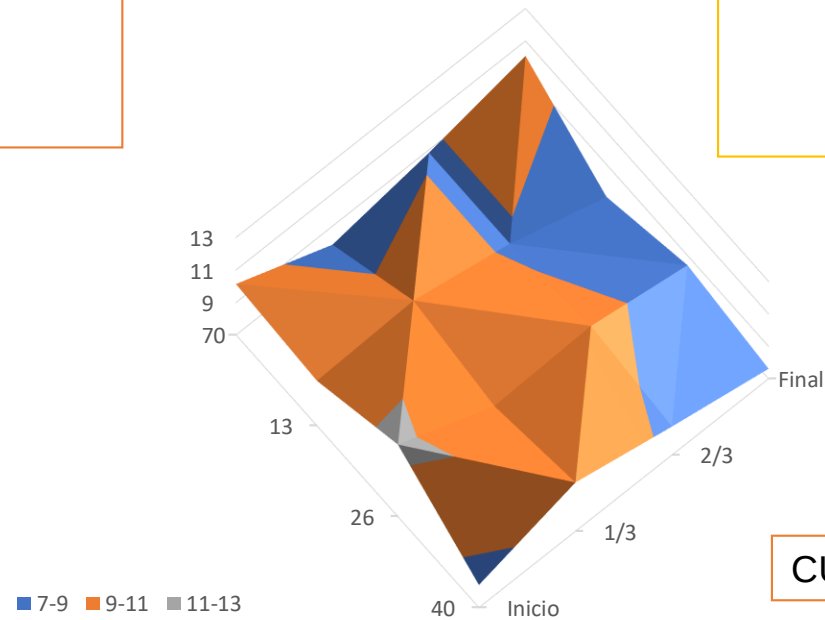
CU: 90,7 %



CU : 26 %



CU : 83,6 %



Sugerencias/Recomendaciones

- ✓ Mejorar manejo intrapredial del agua de riego para aumentar su productividad
- ✓ Implementar acciones permanentes de monitoreo de agua en el suelo
- ✓ Evaluaciones periódicas de funcionamiento de equipo de riego



Gracias por su atención

Abelardo Villavicencio P. Ing. Agr. M. Sc.

INIA Quilamapu

Teléfono 42-2206772

Mail : avillavi@inia.cl