



Universidad Nacional de Misiones

# CÁTEDRA DE OBRAS HIDRÁULICAS (CI457)

Ing. José A. Serra

Obras Hidráulicas - Riego Agrícola  
Ing. José A. Serra

# ¿¿¿¿ CUANTO, COMO Y CUANDO REGAR???

## Definiciones:

La **práctica del riego** consiste en reponer al perfil del suelo la falta de humedad debida a un desbalance entre el agua disponible en el suelo y el agua consumida por el cultivo.

Dependiendo de la época del año, la reposición de agua al suelo puede ser total o parcial:

- **total** durante la época de verano o estación de riego;
- **parcial** o suplementaria durante la estación lluviosa, es decir cuando la precipitación no compensa la evapotranspiración de los cultivos.

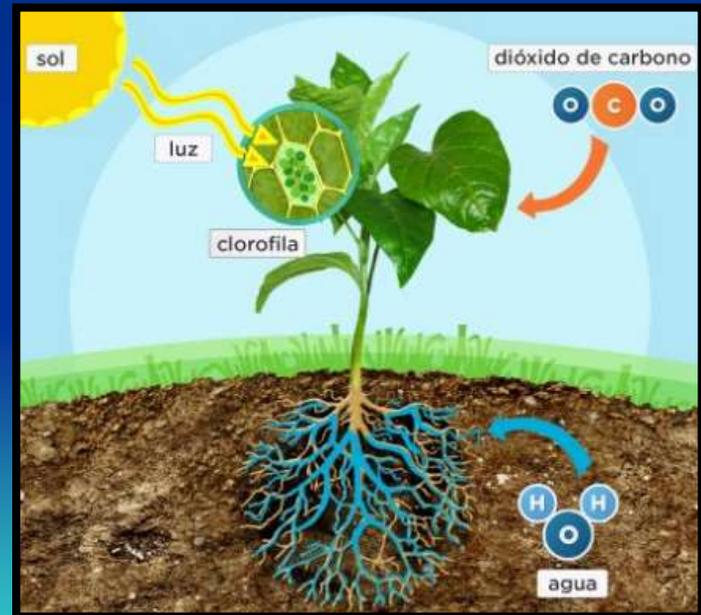
El riego inadecuado puede ocasionar grandes desperdicios de agua y arrastre de los nutrientes junto con partículas del suelo, así como también puede disminuir el rendimiento de las cosechas **si se aplica menos agua de la requerida.**

Por otro lado, la **excesiva aplicación de agua** al suelo hace que se formen “napas freáticas” altas, así como también la salinización del suelo; problemas que sólo pueden resolverse mediante la implementación de costosos sistemas de drenaje y recuperación de suelos.



**ENTONCES!!!!**

**Para saber cuánto, cómo y cuándo regar, se requiere conocer las relaciones fundamentales entre el agua, el suelo, la planta y la atmósfera; junto con la mecánica de fluidos, la hidráulica y el apoyo de software de cálculo.**



# ALGUNOS DATOS

- EN ALGUNOS PAISES ES DE VITAL IMPORTANCIA;
- EN ALGUNOS EL DESARROLLO DEL RIEGO ES MILENARIO (EJ: EGIPTO, CHINA, INDIA);
- EN LOS AÑOS 80 SE INTRODUCE LA FERTILIZACIÓN Y LA APLICACIÓN DE QUÍMICOS CON EL RIEGO: **FERTIGACIÓN, FERTIRRIGACIÓN O QUEMIGACIÓN;**
- **20% DE LA SUPERFICIE AGRÍCOLA ES REGADA (FAO);**
- **40% DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS MUNDIAL;**

<http://www.fao.org/home/es/>

# ALGUNOS DATOS

- LIMITACIÓN DE LA AGRICULTURA POR EL FACTOR “MUNDO”:

SITUACIÓN GENERAL	% SUPERFICIE MUNDO
SUELOS MUY SECOS	28
SUELOS CON PROBLEMAS QUÍMICOS	23
SUELOS POCO PROFUNDOS	22
SUELOS MUY HÚMEDOS	10
SUELOS PERMANENTEMENTE CONGELADOS	6
SUELOS SIN LIMITACIÓN	11
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

**FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN)**

Obras Hidráulicas - Riego Agrícola  
Ing. José A. Serra

# ALGUNOS DATOS

## - DESTINOS MUNDIALES DE AGUA:

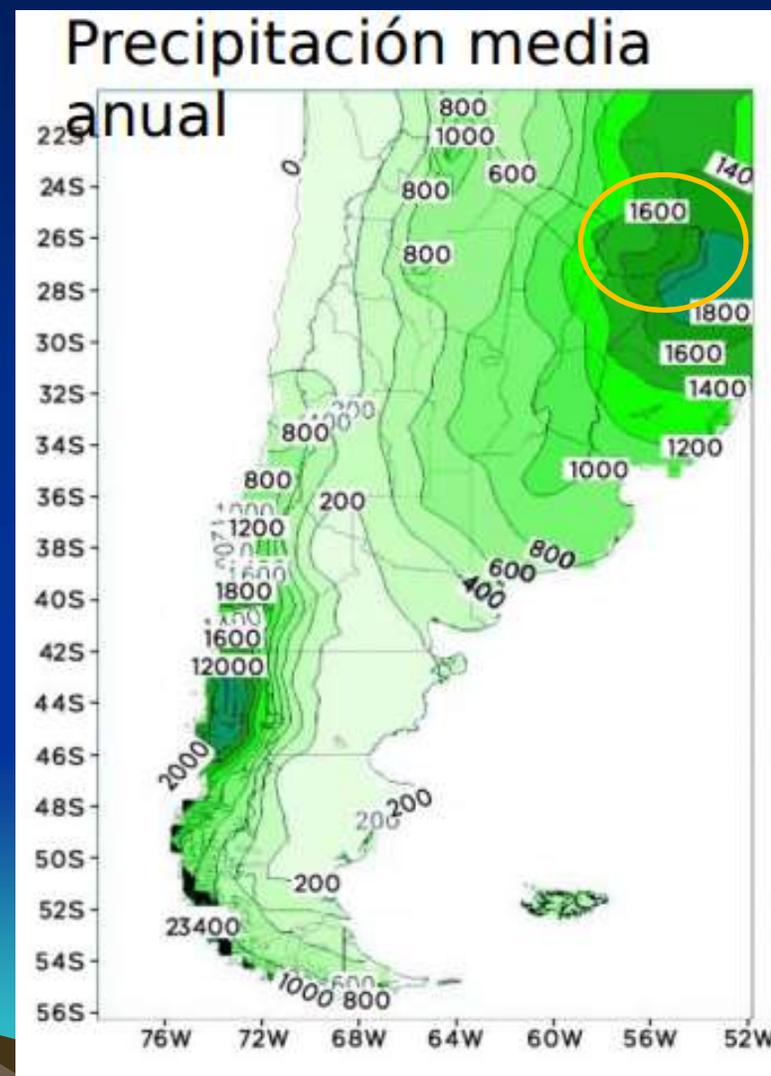


# ALGUNOS DATOS

ES NECESARIO  
REGAR EN  
ARGENTINA????



**Y EN LA PROV.  
DE MISIONES????**



# LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

Para determinar la cantidad de agua que hay que reponer al suelo mediante riego, se requiere conocer la evapotranspiración ( $E_t$ ) o más específicamente el consumo de agua de los cultivos entre riegos.



**USO CONSUNTIVO / USO CONSUMO**

**SUMA DE LA TRANSPIRACIÓN REALIZADA POR LA PLANTA  
Y LA EVAPORACIÓN DE AGUA PRODUCIDA DESDE  
EL SUELO.**

$$Et_c = UC$$

$$UC = Et_0 \cdot Kc$$

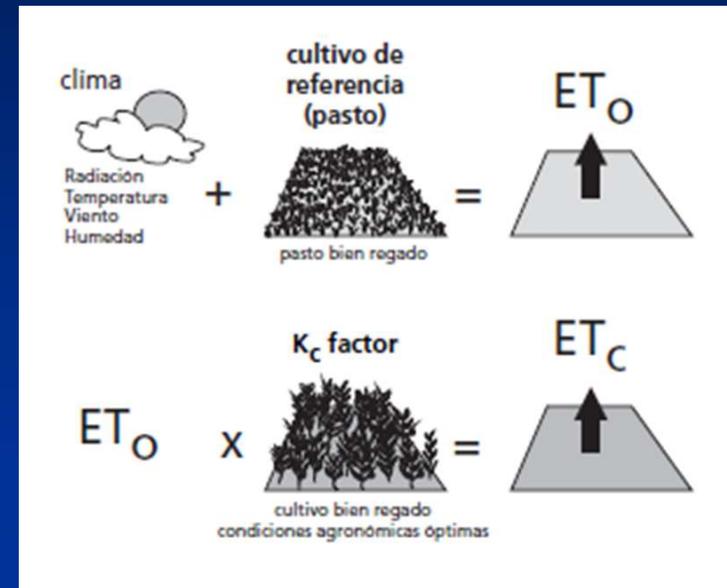
# USO CONSUNTIVO

$$UC = Et_0 \cdot Kc$$

UC = Evapotranspiración del Cultivo (mm/día)

Et<sub>0</sub> = Evapotranspiración de Referencia (mm/día)

K<sub>c</sub> = Coeficiente del Cultivo (adimensional)



Evapotranspiración de Referencia

- Método FAO Penman-Monteith
- Evaporímetro de bandeja clase A
  - Método de Blaney-Criddle

Obras Hidráulicas - Riego Agrícola  
Ing. José A. Serra



# COEFICIENTE DE CULTIVO

Para calcular la  $E_t$  durante el período vegetativo del cultivo, se requiere conocer el coeficiente  $K_c$ , que depende de las 4 fases de desarrollo del cultivo:

**1) Fase inicial:** Comprende el período de germinación y crecimiento inicial; se estima que ésta va desde la siembra hasta el 10% de cobertura del suelo.

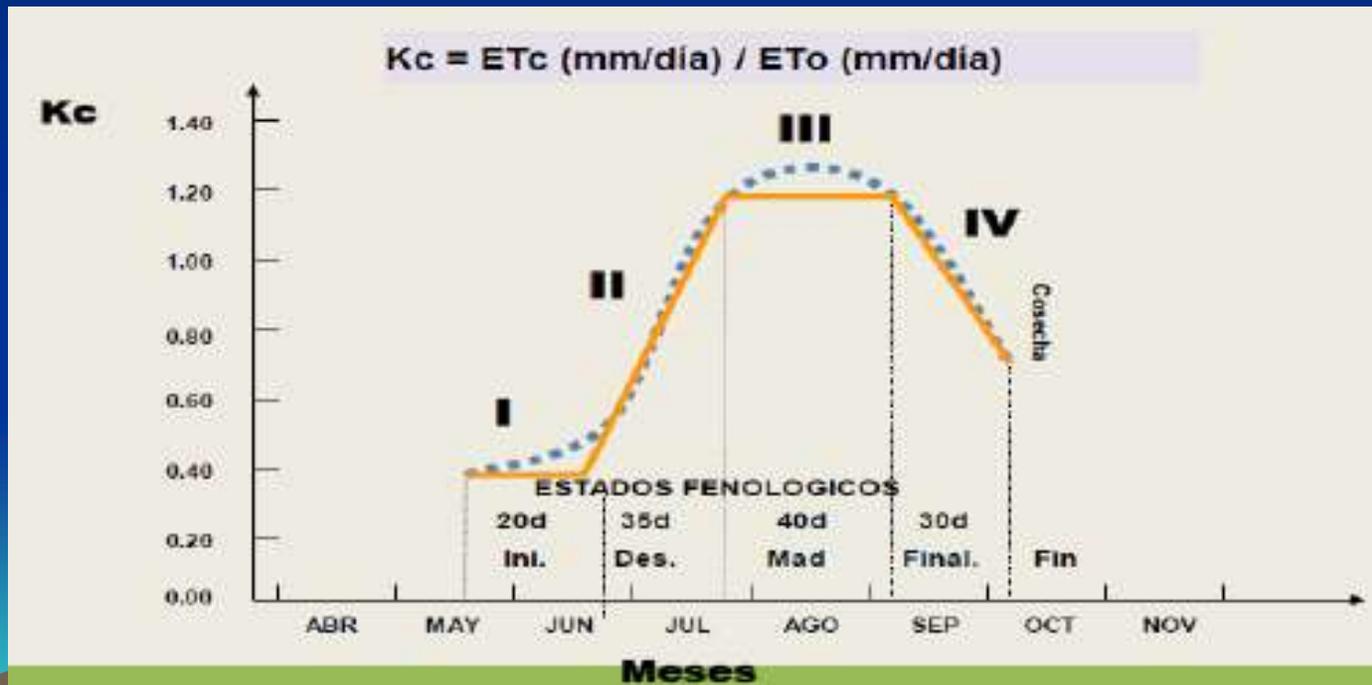
**2) Fase de desarrollo:** También conocida como fase de crecimiento. Va desde el final de la fase inicial hasta que completa el período de desarrollo; es decir desde el 10% hasta el 80% de cobertura vegetal.

**3) Fase de mediados del período:** Denominada también fase de maduración. Comprende desde que se logra el 80% de cobertura hasta comienzos de la maduración. En algunos cultivos esta fase puede iniciarse con la floración.

**4) Fase final del período o fase de cosecha:** Va desde comienzos de la maduración hasta la cosecha total (maduración plena).

# COEFICIENTE DE CULTIVO

Generalmente, los valores de  $K_c$  para la mayoría de cultivos se encuentran en tablas según la fase de desarrollo; es decir, se **tiene un  $K_c$  estacional**. Para obtener un coeficiente promedio mensual, que permita calcular la evapotranspiración mensual del cultivo, es necesario trazar la correspondiente curva de  $K_c$ , tal como se muestra:



# COEFICIENTE DE CULTIVO

TABLAS de Kc:

Cultivo	FASE			
	Inicial	Desarrollo	Media estación	Ultima estación
Berenjena	0.45	0.75	1.15	0.8
Cebolla verde	0.5	0.7	1	1
Cebolla seca	0.5	0.75	1.05	0.85
Repollo	0.45	0.75	1.05	0.9
Maiz dulce	0.4	0.8	1.15	1
Maiz grano	0.4	0.8	1.15	0.7
Melón	0.45	0.75	1	0.75
Papas	0.45	0.75	1.15	0.85
Pepino	0.45	0.7	0.9	0.75
Chiltoma	0.35	0.7	1.05	0.9
Rábano	0.45	0.6	0.9	0.9
Soya	0.35	0.75	1.1	0.6
Sorgo o maicillo	0.35	0.75	1.1	0.65
Tomate	0.45	0.75	1.15	0.8
Zanahoria	0.45	0.75	1.05	0.9

# CUANTO REGAR

Está relacionado con la cantidad de agua a aplicar en cada riego, para lo cual se requiere conocer la **capacidad de almacenaje de agua del suelo (agua aprovechable)**, y la facilidad que dicho suelo tiene para absorber agua (**infiltración**) durante el tiempo de riego.

## DISPONIBILIDAD DE AGUA DEL SUELO

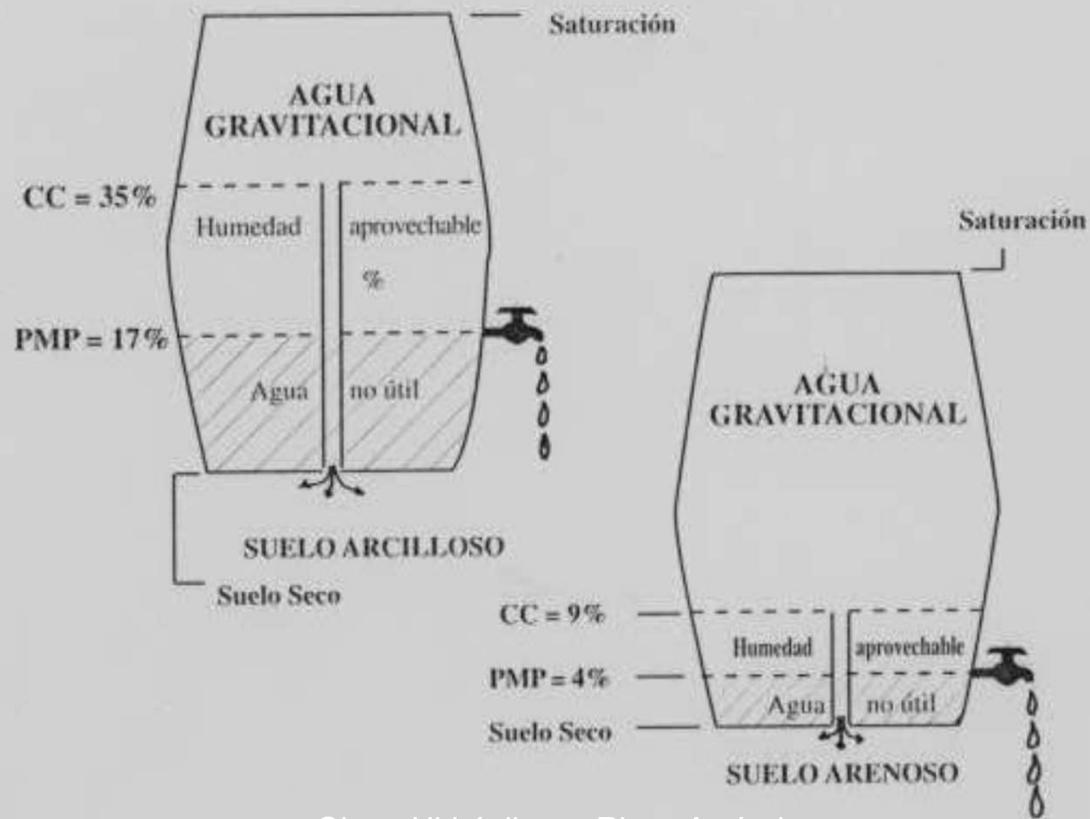
Desde el punto de vista de su disponibilidad para la planta, el agua del suelo puede clasificarse en:

- i) **agua gravitacional o agua de drenaje;**
- ii) **agua capilar o agua disponible;**
- iii) **agua higroscópica o no disponible.**



# CUANTO REGAR

Considerando al suelo como un reservorio de agua, esta clasificación del agua, puede representarse esquemáticamente como:



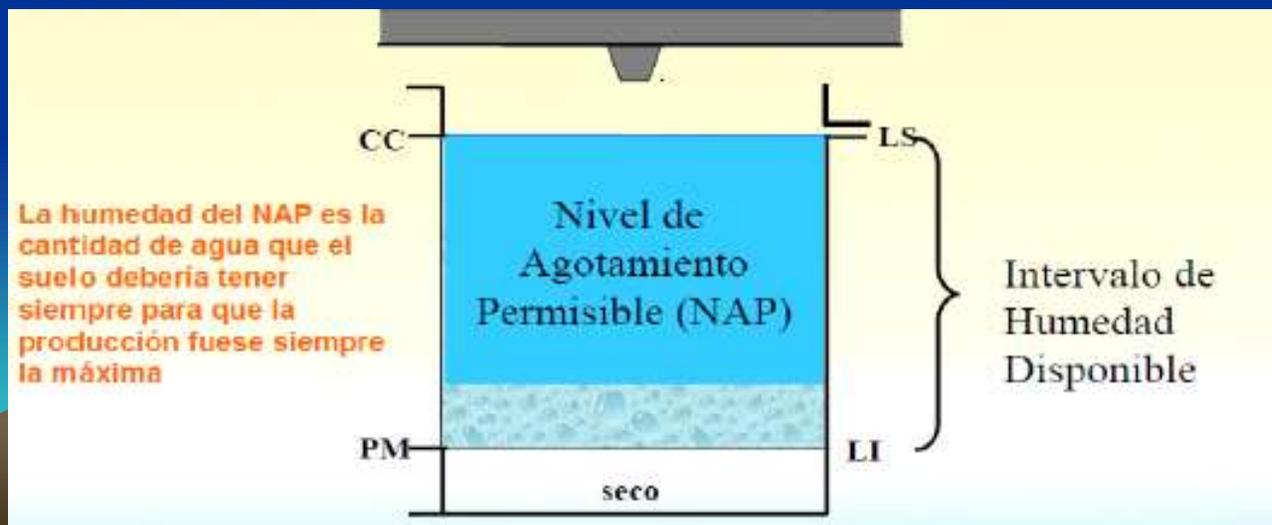
Obras Hidráulicas - Riego Agrícola  
Ing. José A. Serra

# CUANTO REGAR

## Capacidad de Retención de Humedad del Suelo

Se define como el contenido de humedad que el suelo es capaz de retener entre los límites conocidos como **capacidad de campo (CC)**, y **punto de marchitez permanente (PMP)**.

Esta agua retenida en el suelo también se denomina **agua disponible, agua útil o agua aprovechable para la planta (CC – PMP)**.



# CUANTO REGAR

## Capacidad de Campo

La **Capacidad de Campo (CC)** se define como la mayor cantidad de agua que el suelo almacenará bajo condiciones de completa humedad, después de haber drenado libremente.

La CC se alcanza, según el tipo de suelo, entre 24 y 72 horas, dependiendo el tipo de suelo, es decir, 1 día para suelos arenosos, y 2 y hasta 3 días para suelos arcillosos.

La energía con que el agua queda retenida en el suelo en este punto está comprendida entre 1/10 y 1/3 de atmósfera, entre 100 y 200 cm de altura de agua, o ente  $pF$  2 y 2.3 ( $pF = 10 \log (\text{altura de agua, cm.})$ )

- CC en suelos de textura pesada o arcillosa equivale a 1/3 de atm
- CC en suelos de textura liviana o arenosa equivale a 1/10 de atm

# CUANTO REGAR

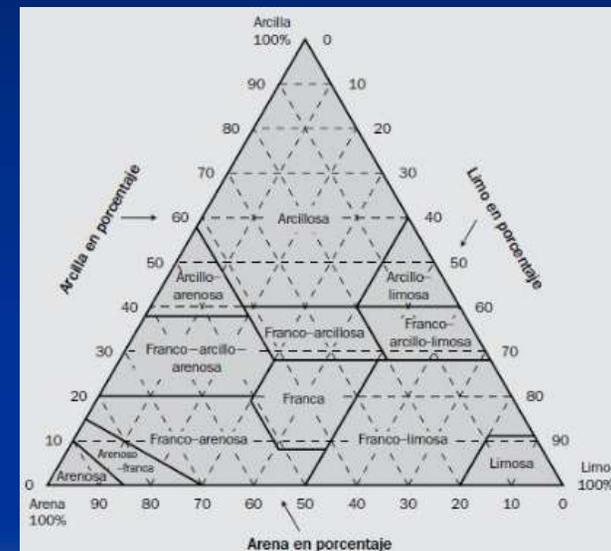
## Capacidad de Campo

SE DETERMINA EN CAMPO O LABORATORIO

EJ:

$$CC = \%ARCILLA \cdot a + \%LIMO \cdot b + \%ARENA \cdot c$$

a, b y c → COEFICIENTES QUE SE DETERMINAN PARA CADA REGIÓN Y TIPO DE SUELO



COEFICIENTES	MÉXICO
a	0,555
b	0,187
c	0,027

# CUANTO REGAR

## Punto de Marchitez Permanente

El **Punto de Marchitez Permanente (PMP)**, es el contenido de humedad del suelo al cual las plantas experimentan marchites irreversible; es decir que las hojas de la planta no alcanzan a recuperar su apariencia de hojas frescas.

El PMP corresponde al límite inferior del agua disponible, en este punto el agua se encuentra retenida a una energía de succión de **15atm**, que la planta es incapaz de vencer. El valor de PMP puede determinarse en el laboratorio por métodos biológicos.

Tanto el valor de CC como el de PMP puede determinarse utilizando el equipo de las cámaras de presión, sometiendo las muestras de suelo a una presión de 1/3 y 15 atm respectivamente, para luego medirse el contenido de humedad por el método gravimétrico.

# CUANTO REGAR

## Punto de Marchitez Permanente

SE DETERMINA EN CAMPO O LABORATORIO

EJ:

$$PMP = \frac{CC}{1,87 \text{ a } 2,00}$$

# CUANTO REGAR

## Energía de Retención de Humedad del Suelo

A medida que disminuye el contenido de humedad en el suelo, aumenta la energía de retención, **siendo entonces mayor la energía de succión de las raíces para extraer dicha humedad.**

El gráfico que relaciona la succión matricial del suelo versus el contenido de humedad, se llama "**Curva característica de humedad**" o "**Curva de capacidad hídrica**", muy útil para el diseño y manejo del riego.

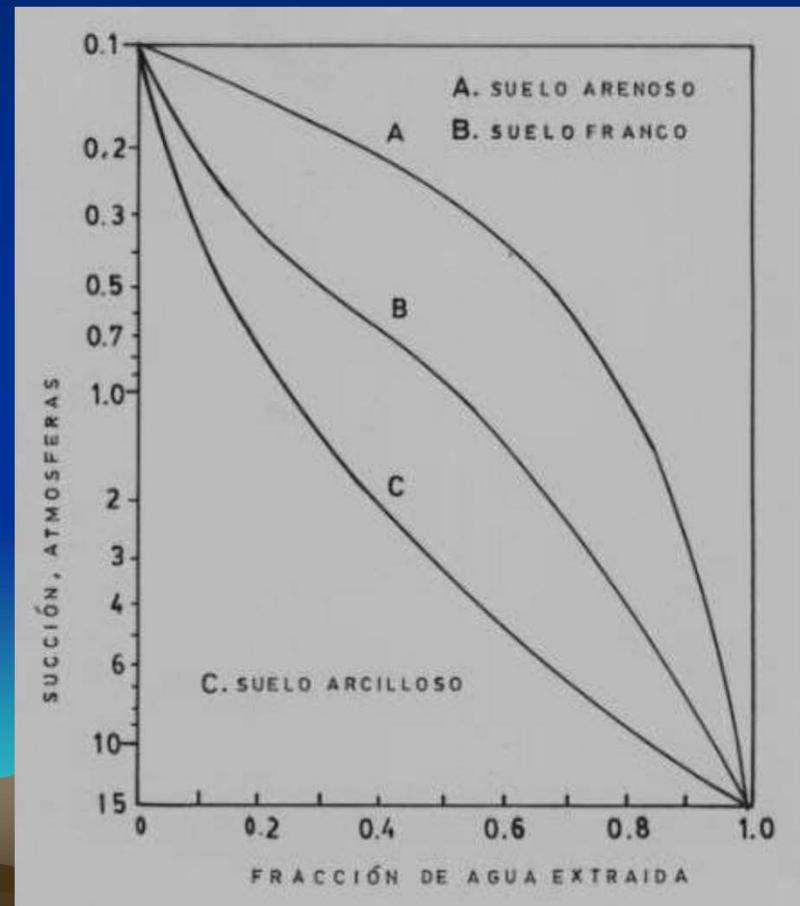
# CUANTO REGAR

## Curva de Capacidad Hídrica

La Curva muestra que suelos de diferente textura presentan diferentes curvas de retención de humedad.

Ejemplo:

- Al aplicar **1 atm de succión**, el porcentaje de agua extraída es de:  
**25% en el suelo arcilloso**  
**82% en suelo arenoso**
- Para extraer un **40%** de agua se requiere:  
**2 atm de energía en el suelo arcilloso**  
**0,2 atm en suelo arenoso**

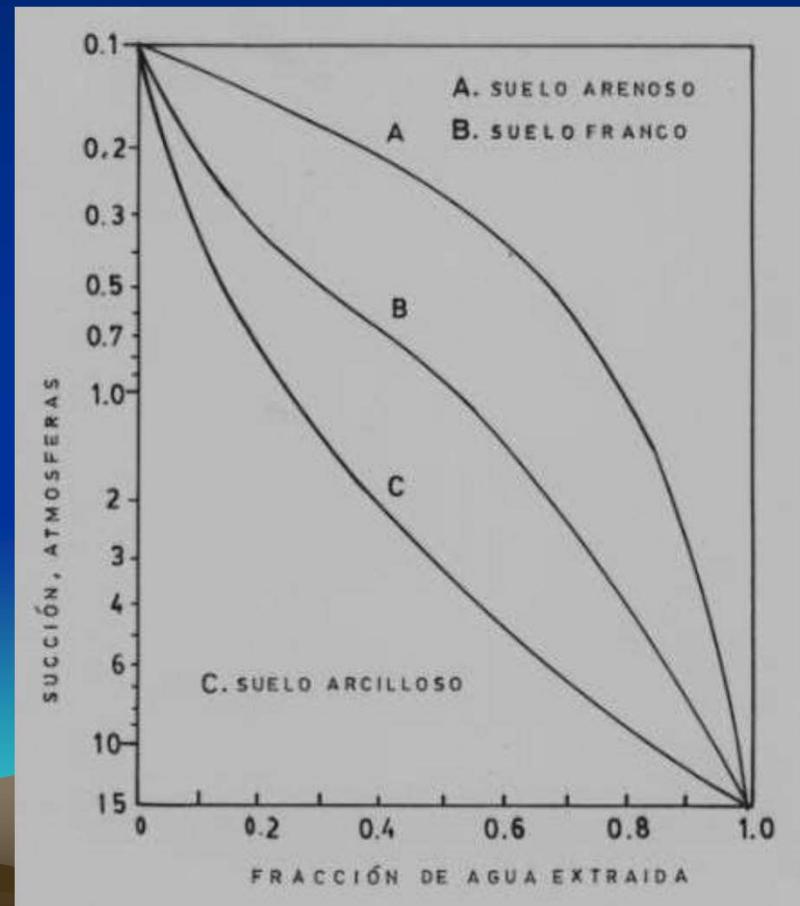


# CUANTO REGAR

## Curva de Capacidad Hídrica

La Curva muestra que suelos de diferente textura presentan diferentes curvas de retención de humedad.

**Lo que quiere decir que a igualdad de contenido de humedad, los diferentes suelos retienen el agua con distinta energía.**

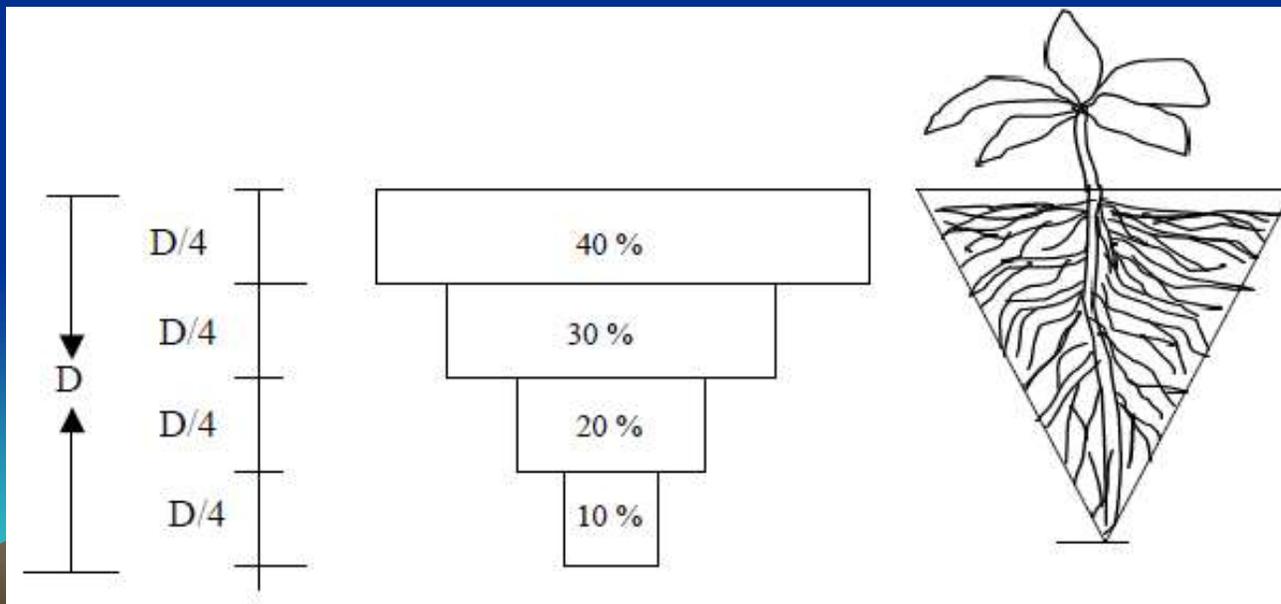


# CUANTO REGAR

## Patrón de Distribución Radicular

Para efectos de programación del riego, es necesario conocer la **profundidad a la cual las raíces extraen agua del suelo**.

La **distribución típica de raíces** de un cultivo se asemeja a un triángulo equilátero invertido. Se muestra también el **patrón de extracción de humedad**:



# CUANTO REGAR

## Patrón de Distribución Radicular

Según la figura anterior, el 70% de la humedad extraída por el cultivo proviene del un medio superior de la zona radicular (2/4); por eso se considera como profundidad efectiva entre 70 y 80 % de la profundidad total de raíces (un valor práctico es 70%).

**LAS RAÍCES ADEMÁS DE SERVIR DE ANCLAJE AL SUELO, ABSORBEN EL AGUA Y NUTRIENTES QUE NECESITA LA PLANTA.**

## FACTORES QUE ALTERAN EL DESARROLLO RADICULAR

- Capas de suelo muy compactas (arar);
- Suelos muy arcillosos o muy arenosos (adaptar técnicas de cultivo);
  - Agua subterránea (drenes).

# CUANTO REGAR

## Lámina de Agua Aprovechable

Uno de los valores más importantes en el cálculo de la programación del riego es la **determinación del agua disponible en el perfil del suelo para uso consuntivo de las plantas**. Comúnmente se ha convenido que el suelo está constituido por **3 fases**: fase **sólida**, representada por la parte mineral y orgánica del suelo; fase **líquida**, representada por el agua; y, fase **gaseosa**, representada por el aire del suelo.



# CUANTO REGAR

## Lámina de Agua Aprovechable

**DENSIDAD REAL DEL SUELO:**

$$D_r \left( \frac{gr}{cm^3} \right) = \frac{\text{Peso suelo seco}}{\text{Volúmen sólido}}$$

**DENSIDAD APARENTE:**

$$D_a \left( \frac{gr}{cm^3} \right) = \frac{\text{Peso suelo seco}}{\text{Volúmen total}}$$

# CUANTO REGAR

## Lámina de Agua Aprovechable

**LÁMINA DE AGUA APROVECHABLE:**

$$LAA(mm) = \frac{(\%CC - \%PMP)}{100} \cdot Da\left(\frac{gr}{cm^3}\right) \cdot Pr(m) \cdot 1000$$



# CUANTO REGAR

## Criterio de Riego o Coeficiente de Tolerancia de Humedad

La cantidad de agua consumida por la planta, entre dos riegos consecutivos, se llama “agua rápidamente aprovechable”. Es decir, que para aplicar el próximo riego no debe permitirse un agotamiento total del agua disponible en el suelo, sino cierto porcentaje el cual depende de la tolerancia del cultivo al estrés de humedad y del criterio de riego. Generalmente se admite un agotamiento del agua del suelo comprendido entre 40 y 60% de la disponibilidad total, dependiendo de la sensibilidad del cultivo al déficit de humedad.

$$LN(mm) = \frac{(CC - PMP)}{100} \cdot Da \cdot Pr \cdot Cr \cdot 1000$$

# CUANTO REGAR

## Criterio de Riego o Coeficiente de Tolerancia de Humedad

**CUADRO No. 12.**  
**Descenso tolerable de humedad para  
diversos cultivos (o/o) y coeficiente de  
tolerancia de humedad (n)**

Cultivo	o/o	(n)
Alfalfa	60	= 0.60
Apio	15	= 0.15
Brocoli	30	= 0.30
Caña de Azúcar	20	= 0.20
Cebollas	30	= 0.30
Coliflor	45	= 0.45
Fresas	10	= 0.10
Frutales de hoja caduca	40	= 0.40
Guisantes de verdeo	30	= 0.30
Vainitas	50	= 0.50
Lechuga	35	= 0.35
Limón	25	= 0.25
Maíz de grano	40	= 0.40
Melón	20	= 0.20
Naranja	35	= 0.35
Palta	30	= 0.30
Plátano	30	= 0.30
Papas	45	= 0.45
Praderas	40	= 0.40
Remolacha	30	= 0.30
Repollo	35	= 0.35
Rábano	25	= 0.25
Tomate	45	= 0.45
Viñedos	25	= 0.25
Zanahorias	40	= 0.40

Fuente: Hidrología Agrícola XI Curso Internacional  
de Ingeniería de Regadíos  
Madrid - España 1982

# CUANTO REGAR

## Lámina de Agua Fácilmente o Rápidamente Aprovechable

LÁMINA NETA:

$$LN(mm) = \frac{(\%CC - \%PMP)}{100} \cdot Da\left(\frac{gr}{cm^3}\right) \cdot Pr(m) \cdot Cr \cdot 1000$$



# COMO REGAR

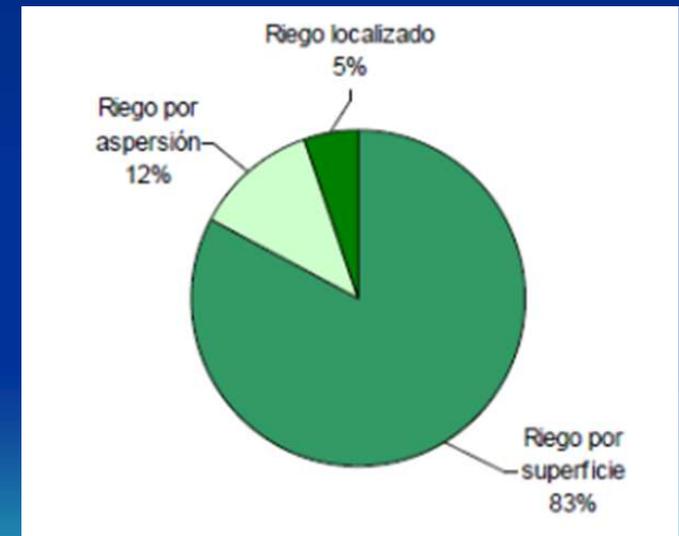
Se refiere a la forma de aplicar el agua al suelo, es decir se relaciona con el método de riego a utilizarse. Para responder ésta pregunta se requiere conocer las diferentes técnicas de riego:

## □ **Por Superficie**

- Inundación
- Melgas
- Surcos: Intermitente – Multicompuertas

## □ **Presurizado**

- Aspersión: Estacionarios - Móviles
- Microaspersión
- Goteo



# COMO REGAR

## □ **Por Superficie**

### ○ Inundación

#### **PREPARACION DE SUELO (APLANAMIENTO)**



# COMO REGAR

## □ **Por Superficie**

### ○ Melgas



Obras Hidráulicas - Riego Agrícola  
Ing. José A. Serra

# COMO REGAR

## □ **Por Superficie**

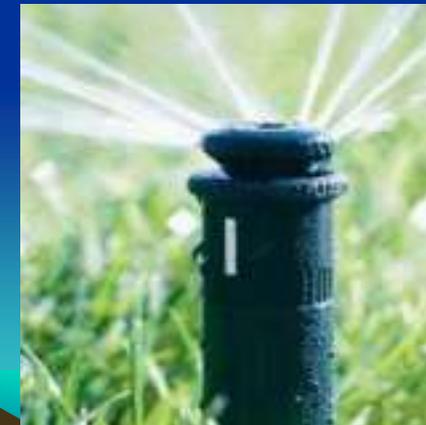
### ○ Surcos: Intermitente – Multicompuertas



# COMO REGAR

## □ Presurizado

### ○ Aspersión: Aspersores



# COMO REGAR

## □ **Presurizado**

### ○ Aspersión: Estacionarios



# COMO REGAR

## □ **Presurizado**

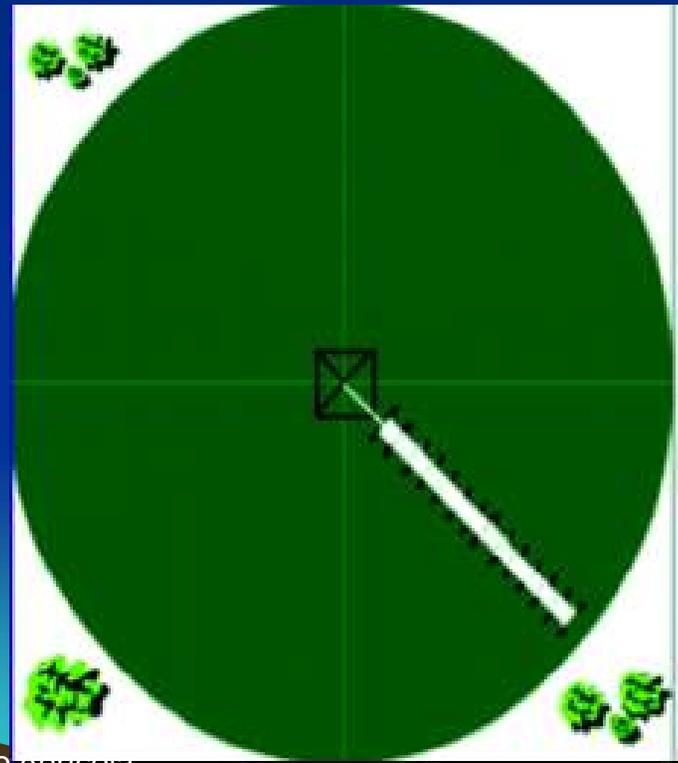
### ○ Aspersión: Móviles



# COMO REGAR

## □ Presurizado

### ○ Aspersión: Móviles



# COMO REGAR

## □ **Presurizado**

### ○ Aspersión: Móviles



Obras Hidráulicas - Riego Agrícola  
Ing. José A. Serra

# COMO REGAR

## □ Presurizado

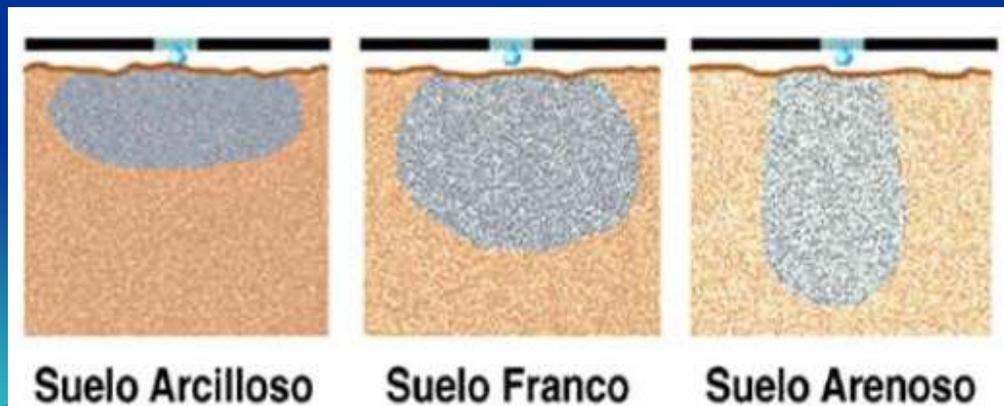
### ○ Microaspersión



# COMO REGAR

## □ Presurizado

### ○ Goteo



# CRITERIOS DE COMO REGAR

La selección del método de riego más apropiado es con el propósito de conseguir que la producción de los cultivos alcance los máximos beneficios, sin causar daños al medio ambiente (erosión, salinización, contaminación de aguas superficiales y subsuperficiales).

Básicamente los criterios de selección tienen relación con el **cultivo**, **suelo**, **topografía**, y **disponibilidad de agua**; sin embargo, la selección de un determinado método de riego implica considerar otros factores tales como **inversiones** en equipos de riego, nivelación de tierras, obras hidráulicas, drenaje, etc.

**Por lo tanto, la selección del método de riego más conveniente deberá hacerse en base al análisis de dichos factores**

# CRITERIOS DE COMO REGAR

## **1- Tipo de Cultivo**

Dado que existen cultivos que pueden regarse por un sólo método de riego y otros por varios métodos, el tipo de cultivo es el primer criterio que determina el método de riego. Por ejemplo, el arroz generalmente se riega por inundación (melgas o pozas). Cultivos en hileras como la papa es conveniente regar por surcos. Cultivos densos como pastos y cereales pueden regarse por aspersión o inundación. Frutales y hortalizas cultivados en hileras pueden ser regados por goteo y microaspersión.

# CRITERIOS DE COMO REGAR

## 2- Topografía

Las restricciones impuestas por la topografía comprenden: ubicación de la fuente de agua, pendiente de la parcela, relieve y microrrelieve del terreno. En general, el riego por superficie puede adaptarse a terrenos con relieve que va de plano a ondulado. Así, una topografía plana con pendiente de 0.2% es ideal para el riego por surcos y melgas rectas; contrariamente una topografía irregular con fuerte pendiente (8-10%), la alternativa sería el riego en contorno.

El riego presurizado se adapta a varias condiciones de topografía y pendiente. Así por ejemplo el riego por aspersión se puede implementar en suelos con pendiente hasta del 20%; en tanto que el riego por microaspersión y goteo en terrenos con pendientes de hasta el 60%.

# CRITERIOS DE COMO REGAR

## **3- Tipo de Suelo**

En este aspecto se deben considerar las características internas del perfil del suelo: Textura, estructura, infiltración, nivel freático, entre otros. En general, suelos poco profundos y con alta velocidad de infiltración, no se adaptan bien al riego por superficie; bajo tales condiciones será preferible regar por aspersión y en casos especiales por microaspersión, ya que éste tipo de suelos por su baja capacidad de retención de humedad requieren aplicaciones de agua frecuentes y pequeñas.

Los métodos de riego gravitacionales se adaptan mejor a suelos de textura media a pesada, con baja capacidad de infiltración; mientras que en suelos arcillosos compactos no se recomienda el riego por aspersión.

# CRITERIOS DE COMO REGAR

## **4- Disponibilidad de Agua**

La cantidad de agua disponible, en términos de caudal, tiempo e intervalo de entregas, puede ser un factor determinante en el método de riego a utilizar.

La disponibilidad de un caudal elevado, en un tiempo reducido y con grandes intervalos de entrega, permite el empleo del riego por inundación ( melgas, pozas, desbordamiento).

Cuando el caudal disponible es escaso, por períodos largos de tiempo y entregas frecuentes, es posible regar eficientemente por surcos. Si el caudal es muy escaso y de entrega continua, será preferible utilizar el riego presurizado para aumentar la eficiencia.

# CRITERIOS DE COMO REGAR

## **5- Costos**

Si el agua es cara, debido a las obras generales del sistema de riego, obliga un uso eficiente del agua y lo recomendable será regar por métodos tecnificados. Contrariamente, si el agua es barata no existirá mayor interés por una tecnificación del riego; aún cuando la experiencia ha demostrado que el riego tecnificado resulta finalmente ser más rentable.

Los costos de implementación y operación a nivel predial, también inciden en la selección del método de riego. Así por ejemplo, terrenos nivelados y con una adecuada red de distribución del agua, permitirán el manejo de grandes volúmenes de agua como el caso del riego por inundación.

# CRITERIOS DE COMO REGAR

## **6- Otros Criterios**

Existen otros factores que pueden determinar la conveniencia o no de un método de riego en particular. Así por ejemplo. sitios que estén afectados por alta velocidad del viento, el riego por aspersión estaría descartado; ya que bajo tales condiciones la eficiencia de aplicación resultaría muy baja. Otro factor de gran importancia en la selección del método de riego son los conocimientos, habilidades y destrezas del agricultor para manejar el riego. Si éstas condiciones son favorables entonces será posible introducir el riego tecnificado (aspersión, microaspersión, goteo); caso contrario habrá que pensar en el mejoramiento de las técnicas de riego tradicionales.

## **TABLAS RESUMEN DE CRITERIOS DE SELECCIÓN**

**Cuadro 2.1 Adaptación, limitaciones y ventajas de los métodos de riego por superficie**

	ADAPTACION	LIMITACIONES	VENTAJAS
Surcos rectos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Todos los cultivos en hileras y frutales.</li> <li>2. Todos los suelos regables.</li> <li>3. Pendientes hasta el 2% Óptima 0,2%.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requerimientos moderados de mano de obra para riego.</li> <li>2. Algo de pérdidas por escurrimiento, generalmente se requiere para uniforme aplicación del agua.</li> <li>3. Peligro de erosión pluvial con pendientes fuertes.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uniforme aplicación de agua.</li> <li>2. Alta eficiencia de aplicación.</li> <li>3. Buen control sobre el agua de riego</li> <li>4. Equipos de control como tubos, sifones y compuertas disponibles a bajo costo.</li> </ol>
Surcos en contorno	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Todos los cultivos en hileras y frutales.</li> <li>2. Todos los suelos regables.</li> <li>3. Pendiente entre 2 y 15%, óptimas menores a 8%.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requerimientos elevados de mano de obra.</li> <li>2. Presenta peligro de erosión en terrenos con alta pendiente.</li> <li>3. No es conveniente en suelos que se agrietan al secarse o muy arenosos.</li> <li>4. Dificultad para las labores culturales y de cosecha.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. No requiere más que un trabajo de emparejamiento del terreno.</li> <li>2. Bajo costo de mantenimiento.</li> </ol>
comigación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cultivos de siembra densa (pastos y cereales).</li> <li>2. Todos los suelos regables.</li> <li>3. Pendientes hasta el 8%.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requerimientos de mano de obra para el riego medianamente elevados.</li> <li>2. Se requieren recorridos cortos en suelos de alta velocidad de infiltración.</li> <li>3. Terreno disperejo favorece deterioro de la maquinaria agrícola.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento de eficiencia y uniformidad con relación al método por desbordamiento en terrenos ondulados.</li> <li>2. Mejora la inundación de las melgas en tierras nuevas.</li> <li>3. Se puede regar con caudales reducidos.</li> </ol>
Melgas rectangulares	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cultivos de siembra densa (pastos y cereales).</li> <li>2. Todos los suelos regables.</li> <li>3. Pendientes hasta 1,5%, óptima 0,2%.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se requieren trabajos importantes de nivelación.</li> <li>2. Se requiere relativamente grandes caudales.</li> <li>3. Los suelos poco profundos no pueden ser nivelados económicamente.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alta eficiencia de aplicación con buen proyecto y operación independientemente del tipo de suelo.</li> <li>2. Eficiente uso de mano de obra durante el riego</li> <li>3. Bajos costos de mantenimiento.</li> <li>4. Buen control sobre el agua de riego.</li> </ol>

	ADAPTACION	LIMITACIONES	VENTAJAS
Melgas en contorno	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Especialmente para cultivos de arroz, pastos y cereales.</li> <li>2. Suelos de textura media a fina.</li> <li>3. Pendiente inferior al 1% y de preferencia menores a 0,5%.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se requieren grandes caudales.</li> <li>2. No se puede aplicar en cultivos sensibles a la inundación.</li> <li>3. Los camellones estorban las labores de cultivo y de cosecha.</li> <li>4. El agua debe ser de buena calidad para evitar acumulación de sales.</li> <li>5. Baja eficiencia de aplicación del agua.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. No requiere más que un trabajo de emparejamiento del terreno.</li> <li>2. Bajo costo de mantenimiento.</li> </ol>
Pozas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Huertos frutales y cultivos de siembra densa.</li> <li>2. Todos los suelos regables, en especial con muy alta o muy baja velocidad de infiltración.</li> <li>3. Pendientes hasta el 2,5% en bancales o terrazas, óptima 0,2%.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requiere a menudo importantes trabajos de nivelación.</li> <li>2. Requiere grandes caudales.</li> <li>3. Costo inicial relativamente alto.</li> <li>4. Los camellones estorban las labores de cultivo y de cosecha.</li> <li>5. Puede afectar la producción en cultivos sensibles a la inundación.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buen control del agua de riego.</li> <li>2. Alta eficiencia de aplicación.</li> <li>3. Uniforme aplicación del agua y lixiviación de sales.</li> <li>4. Bajo costo de mantenimiento.</li> <li>5. Buen control de la erosión por riego o por lluvia.</li> <li>6. Pueden construirse en terrazas para reducir el movimiento de tierra.</li> </ol>
Desbordamiento o tendido	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cultivos de siembra densa (pastos y cereales).</li> <li>2. Todos los suelos regables.</li> <li>3. Pendientes hasta el 10%.</li> <li>4. Terrenos ondulados y suelos poco profundos donde la nivelación no es posible.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subdivide el campo.</li> <li>2. Requerimientos elevados de mano de obra para el riego.</li> <li>3. Baja eficiencia de aplicación del agua.</li> <li>4. Desigual distribución del agua en el suelo.</li> <li>5. Posible peligro de erosión.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bajo costo inicial.</li> <li>2. Adaptable a una amplia gama de cultivos.</li> <li>3. Requiere pocas estructuras permanentes.</li> <li>4. El caudal escurrido de áreas más altas puede ser colectado y vuelto a usar.</li> </ol>

	ADAPTACION	LIMITACIONES	VENTAJAS
Goteo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Todos los cultivos, excepto cultivos densos.</li> <li>2. Todo tipo de suelo, con la precaución de tener un programa de lavado en suelos salinos.</li> <li>3. Sin restricciones de pendiente.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alto costo de inversión ya que necesita agua a presión y un sistema completo de control del riego.</li> <li>2. Especial cuidado en el filtraje y mantenimiento de goteros.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alta eficiencia del sistema ( 90 y 95%) y uniforme distribución del agua.</li> <li>2. Sólo se aplica el agua que las raíces son capaces de absorber.</li> <li>3. Facilita el control de malezas.</li> <li>4. Permite el uso de pequeños caudales y aprovechar el agua las 24 hr sin necesidad de supervisión continua.</li> <li>5. Permite ejecutar otras labores en el predio durante el riego.</li> <li>6. Se puede administrar, dosificadamente, fertilizantes y pesticidas solubles en agua durante el riego.</li> <li>7. Puede utilizarse agua de baja calidad.</li> </ol>
Cintas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Principalmente hortalizas, tanto al aire libre como en invernadero.</li> <li>2. Todo tipo de suelo, con la precaución de tener un programa de lavado.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requiere de filtración de agua.</li> <li>2. En suelos con pendiente la distribución no es uniforme.</li> <li>3. Afectado por el taponamiento causado por las colonias de algas o partículas en suspensión.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Relativamente bajo costo.</li> <li>2. Fácil de instalar y remover.</li> <li>3. Permite el uso de pequeños caudales.</li> <li>4. Permite ejecutar otras labores en el predio durante el riego.</li> <li>5. Se puede administrar, dosificadamente, fertilizantes y pesticidas solubles en agua durante el riego.</li> </ol>
Microaspersión	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frutales principalmente.</li> <li>2. Todo tipo de suelo.</li> <li>3. Sin mayores limitaciones de pendiente.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alto costo de inversión, dado que se requiere de 1 o 2 microjets o microaspersores por planta.</li> <li>2. En sectores ventosos la distribución del agua no es uniforme.</li> <li>3. Requiere de filtración de agua.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se aplica el agua localizadamente sobre la zona de raíces.</li> <li>2. Mínimas pérdidas por escurrimiento superficial.</li> <li>3. Baja expansión de las malezas.</li> <li>4. Permite ejecutar otras labores en el predio.</li> <li>5. Se puede administrar, dosificadamente, fertilizantes y pesticidas solubles en agua durante el riego.</li> </ol>

	ADAPTACION	LIMITACIONES	VENTAJAS
Aspersión	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Principalmente praderas y cultivos densos.</li> <li>2. Todo tipo de suelo regable.</li> <li>3. Las mismas restricciones de pendiente que cualquier método por superficie.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alto costo de inversión ya que necesita agua a presión y un complejo sistema de distribución.</li> <li>2. Significativos costos de operación, especialmente en instalaciones móviles.</li> <li>3. No apto para zonas con vientos fuertes y persistentes.</li> <li>4. Requiere mayor presión que otros sistemas presurizados, con más consumo por metro cúbico de agua aplicada.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alta eficiencia del sistema (70 a 85%) y uniforme distribución del agua.</li> <li>2. Tiene efecto sobre el control de heladas a través de la lluvia proporcionada.</li> <li>3. Permite ejecutar otras labores en el predio.</li> <li>4. Se puede administrar dosificadamente, fertilizantes y pesticidas solubles en agua durante el riego.</li> </ol>

# CUANDO REGAR

Se relaciona con la **frecuencia con que deben repetirse los riegos**; es decir, está relacionado con el tiempo que transcurre entre un riego y el próximo (intervalo de riego).

Esta pregunta se puede responder en base al conocimiento de la disponibilidad neta de agua en el perfil del suelo, y de la velocidad de consumo de dicha humedad por el cultivo (uso consuntivo o evapotranspiración).

## REQUERIMIENTO BRUTO DE RIEGO

$$RB \left( \frac{\text{mm}}{\text{día}} \right) = \frac{Et_c}{\eta}$$

$\eta$  = Rendimiento de Riego

# CUANDO REGAR

$\eta$  = Rendimiento de Riego

CUADRO No. 14

Eficiencia de aplicación de riego en función al método empleado

METODO	(EE.UU) SCS	ICID (1974)
Riego por fajas	60 - 75 o/o	58 o/o
Riego por compartimientos	60 - 80 o/o	-
Riego por surcos en contorno	50 - 55	53
Riego por surcos en terreno llano	55 - 70	57
Riego por surcos pequeños (corugac)	50 - 70	-
Riego por infiltración subterránea	60 - 80	-
Riego por Aspersión (clima seco y caliente)	60	-
Riego por Aspersión (clima moderado)	70	67
Riego por Aspersión (clima húmedo y frío)	80	-
Riego para arrozales	-	32

Fuente: Estudio FAO, Riego y Drenaje "Las necesidades de agua de los cultivos No. 24 Roma 1976 pág. 134

# CUANDO REGAR

FRECUENCIA DE RIEGO / INTERVALO ENTRE RIEGOS

$$FR(días) = \frac{LN(mm)}{RB\left(\frac{mm}{día}\right)}$$

REQUERIMIENTO DE RIEGO O NECESIDAD NETA DE AGUA DE RIEGO

$$NN\left(\frac{mm}{día}\right) = Et_c\left(\frac{mm}{día}\right) - P_{ef}\left(\frac{mm}{día}\right)$$

$NN$  = Necesidad Neta de Riego

$P_{ef}$  = Precipitación Efectiva

# CUANDO REGAR

## REQUERIMIENTO DE RIEGO O NECESIDAD NETA DE AGUA DE RIEGO

Considerando la cantidad de agua necesaria para mantener una adecuada **concentración de sales en el suelo**, los requerimientos netos se calculan como:

$$NN \left( \frac{mm}{día} \right) = Et_c \left( \frac{mm}{día} \right) - P_{ef} \left( \frac{mm}{día} \right) + RL \left( \frac{mm}{día} \right)$$

$RL$  = Requerimiento de Lavado

## NECESIDAD BRUTA

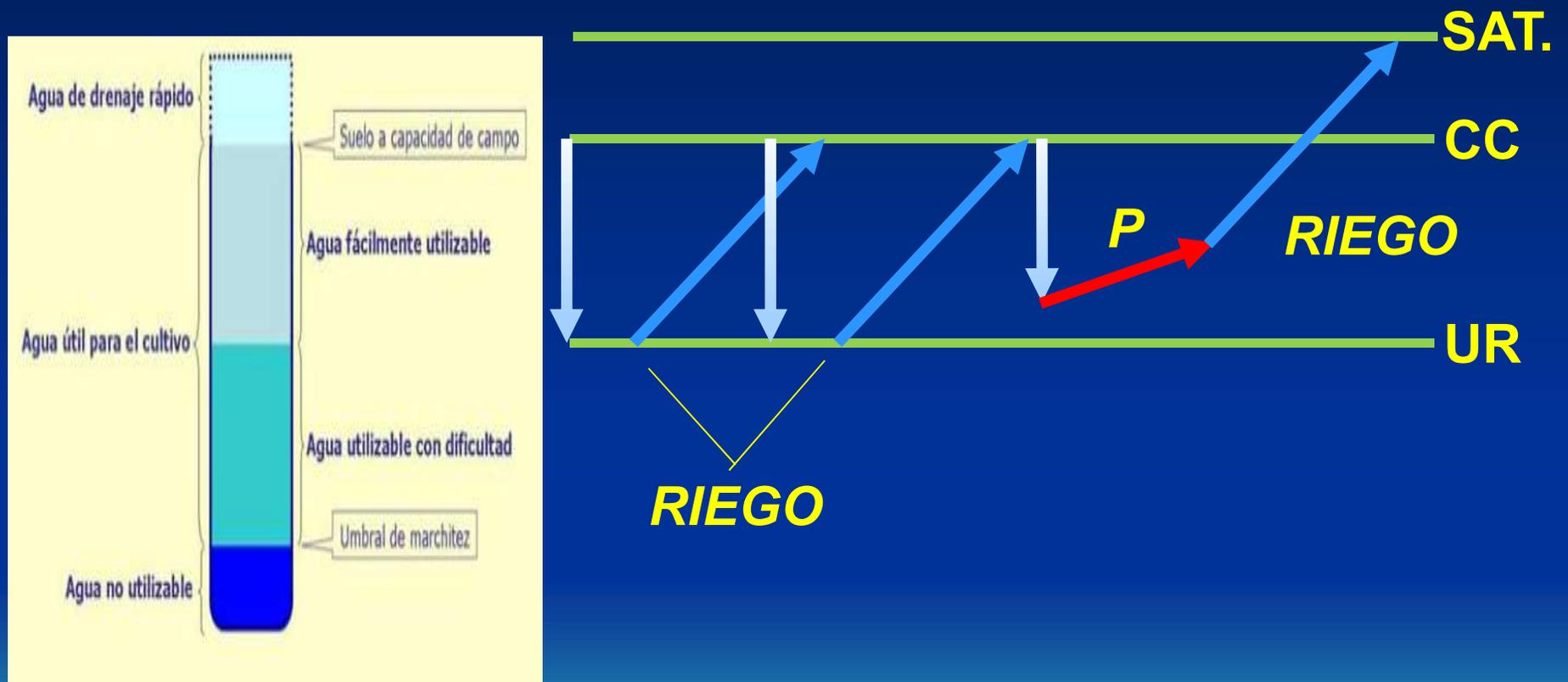
$$NB \left( \frac{mm}{día} \right) = \frac{NN}{\eta}$$

# CUANDO REGAR



**UMBRAL  
DE RIEGO**

# CUANDO REGAR



# MÉTODO DE CÁLCULO DE OGROSKY-MOCKUS

REQUERIMIENTO DE RIEGO

$$RR(mm) = Et_c(mm) - P_{ef}(mm) + RL(mm)$$

FÓRMULA PARA DETERMINAR  $P_{ef}$

$$P_{ef}(mm) = C_p \cdot P(mm)$$

$C_p$  = Coeficiente de Precipitación

$P$  = Precipitación (mm)

# MÉTODO DE CÁLCULO DE OGROSKY-MOCKUS

$C_p =$  *Coefficiente de Precipitación*

$$C_p = \frac{Et_c/P}{\left(1,53 + 0,80 \cdot \frac{Et_c}{P}\right)}$$

$$SI \Rightarrow Et_c/P > 7,5 \Rightarrow C_p = 1$$

*Método de Ogrosky y Mockus.* (Aguilera y Martínez, 1980) Establece el valor del coeficiente de aprovechamiento según la relación

$$K_p = Etr/P$$

donde  $K_p$ : coeficiente de aprovechamiento, Etr: evapotranspiración real del cultivo en un mes dado, y P: precipitación observada en ese mes (Tabla II).

TABLA II  
COEFICIENTES DE LLUVIA EFECTIVA SEGÚN OGROSKY Y MOCKUS\*

Etr/P	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
Kp	0,10	0,19	0,27	0,35	0,41	0,47	0,52	0,57	0,61	0,65	0,69
Etr/P	2,4	2,6	2,8	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0
Kp	0,72	0,75	0,77	0,80	0,84	0,88	0,91	0,93	0,96	0,98	0,99

\* Aguilera y Martínez (1980)

# GRACIAS!!!!

## Cátedra de Obras Hidráulicas (CI457)

### BIBLIOGRAFÍA

[1] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. FAO (2010) Manual de Riego Parcelario. Latinoamérica y el Caribe.

[2] MINISTERIO DE AGRICULTURA (2011) Relaciones Hídricas Suelo-Agua-Planta. Chile.

[3] GRASSI CARLOS (1985) Diseño y Operación del Riego por Superficie. CIDIAT. Méridis – Venezuela.

[4] CURRIE H. M. (2017) Manual de Hidrología Agrícola. UNNE. Corrientes – Argentina.

[5] ESPINOZA FUENTES F. (2001) Manual de Diseño de Riego Tecnificado. Universidad de Talca.