UNIVERSIDAD PRIVADA SAN PEDRO
ESCUELA DE AGRONOMIA

- ESCUELA DE AGRONOMIA
- CURSO: PRINCIPIOS DE IRRIGACION

- Mg.S. MARCO TULIO SANCHEZ CALLE

marco77pe@live.com
MARCO77Ppe@lyahoo.com

- Cel: 991172821

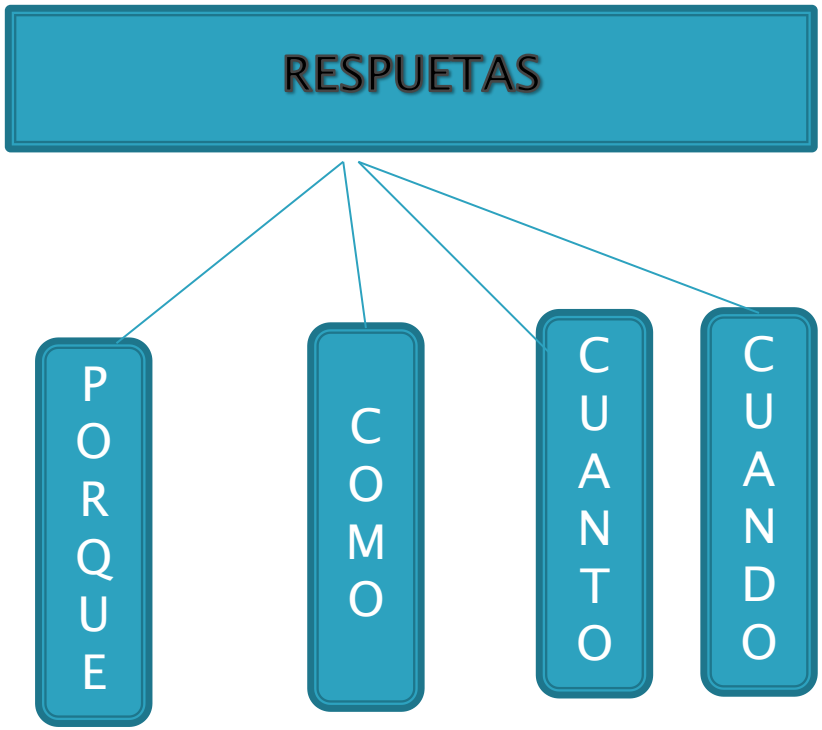
CONCEPTO:
RIEGO

EL RIEGO:

Las definiciones clásicas de riego establecían de un medio de aplicar agua artificialmente a los cultivos para complementar la acción de la lluvia. El estudio de las relaciones hídricas en el suelo y de los parámetros que intervenían en el riego, llevaron a la conclusión de que esta definición era muy general, pues había, además que poner el agua a disposición de la planta para que está pudiera aprovecharla eficientemente. Así surge una definición más concreta del riego, como un medio artificial de aplicar agua a la zona radicular de las plantas cultivadas de forma que la utilicen al máximo.

La práctica del riego, por tanto, debe dar respuesta a cuatro preguntas fundamentales que permitan el uso eficiente y racional del agua:

- *Qué beneficio se espera, irrigando las tierras?*
- *Con qué frecuencia se deben repetir los riegos y cuál es el criterio que determina esta frecuencia?*
- *Durante cuánto tiempo o con cuánta agua debe regarse un área agrícola?*
- *En qué forma debe aplicarse el agua al suelo?*



CONCLUSION:

El riego : ES LA APLICACIÓN DEL AGUA OPORTUNA Y UNIFORME a la zona de RAICES, para reponer el agua consumida por los cultivos entre dos aplicaciones sucesivas.

Un buen riego:

- Un buen riego es aquél que humedece adecuadamente la zona radicular. Por otro lado, la aplicación debe ser oportuna de tal manera que las plantas no sufran por déficit, ni por exceso de humedad.
- La cantidad de agua que se incorpore al perfil del suelo debe corresponder al agua consumida por el cultivo. Además el riego debe realizarse mediante una técnica adecuada que permita humedecer uniformemente la zona de raíces, evitando excesos al inicio de la zona regada y déficit al final

Problemas
por un mal riego: ?????

Problemas del mal riego

- *Menores rendimientos de los cultivos (por exceso o déficit).*
- *Pérdida de agua: escurrimiento, percolación, evaporación.*
- *Lavado de nutrientes (tiempo).*
- *Mal drenaje y Salinización del suelo,*
- *Erosión del suelo.*

Recapitualando…. Lo anterior

CONCEPTO AGRONÓMICO DEL RIEGO

EL RIEGO ES LA APLICACIÓN OPORTUNA Y UNIFORME DE AGUA AL PERFIL DEL SUELO PARA REPONER EL AGUA CONSUMIDA POR LAS PLANTAS, ENTRE DOS APLICACIONES SUCESIVAS

SE RIEGA EL SUELO, Y NO LA PLANTA	**SE RIEGA EL PERFIL NO LA SUPERFICIE DEL SUELO**	**DEBE SER OPORTUNO Y REALIZADO CON EFICIENCIA**	**EL VOLUMEN APLICADO DEBE SER IGUAL AL CONSUMIDO**
DEPENDE DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO	***DEPENDE DEL VOLUMEN DE SUELO OCUPADO POR EL SISTEMA RADICULAR***	***DEPENDE DE LA TECNICA DE APLICACIÓN EVITANDO EXCESOS Y DEFICITS***	***DEPENDE DEL REQUERIMIENTO DE LA PLANTA Y DE LAS CONDICIONES CLIMATICAS***

USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA

DEPENDE

CONOCIMIENTO DE LAS RELACIONES HIDRICAS DEL SISTEMA SUELO - PLANTA - ATMOSFERA

DETERMINA LAS PREGUNTAS

PORQUE REGAR?	**CUANDO** REGAR?	**CUANTO** REGAR?	**COMO** REGAR?
QUE BENEFICIO SE ESPERA OBTENER	CON QUE FRECUENCIA SE DEBEN REPETIR LOS RIEGOS	CUANTO TIEMPO O CON CUANTA AGUA, SE DEBE REGAR	COMO APLICAR EL AGUA AL SUELO

LAS RESPUESTAS

- JUSTIFICAN LAS INVERSIONES EN GRANDES OBRAS HIDRAULICAS.
- INCREMENTAN SIGNIFICATIVAMENTE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS TIERRAS.
- LA AGRICULTURA ES ALTAMENTE RENTABLE ASEGURANDO LAS INVERSIONES

II. CUENCA HIDROGRAFICA

CUANCA HIDROGRAFICA

- La cuenca hidrográfica esta **constituida por el territorio que delimita el curso de un rio y el espacio donde se colecta el agua que converge hacia un mismo cauce.**
- Sus recursos naturales y habitantes poseen condiciones **físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que les confieren características particulares a cada una**, importantes para considerarlas como unidades de planificación.

SIGUE ……..

- El concepto de cuenca para la agronomía, ingeniería foresta ha sido tomada para solucionar problemas de erosión, descanso de la productividad agropecuaria y disminución de la vida útil infraestructura HIDRICA ….. Convirtiéndose en una unidad de **PLANIFICACION TERRITORIAL VALIDA PARA EL MANEJO DE RECURSOS Y LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA .**

INICIO DE LA PLANIFICACION BAJO EL ENFOQUE DE CUENCA

- Uno de los orígenes mas antiguos en planificar el desarrollo de cuencas hidrográficas se inicia con la creación, de la Autoridad Autónoma del Valle del Tennesse EE.EE. **1933.**
- **Año 1950,** México toma el modelo de proyecto , tipo de modelo proteccionista reforestación, erosión del suelo vigilancia , normas de conservación.

EN EL PERU

- **El primer programa de Manejo de Cuencas:**
  fue organizado por el Ministerio de Agricultura en 1974, pero es en 1980 cuando se inician las acciones con el Programa Nacional de Conservación de suelos y Agua en Cuencas Hidrográficas financiado por el AID, programa que dio origen al **PRONAMACHS** (Ministerio de Agricultura, 1 988)……. Actualmente **AGRORURAL.**

CONSULTA PARA CASA
CUENCA HIDROLOGICA….. ???????

Cuenca Hidrológica:

- La cuenca HIDROLOGICA es más integral que ……. La cuenca HIDROGRAFICA.
- Las cuencas hidrológicas son unidades morfológicas integrales y además de incluir todo el concepto de cuenca hidrográfica, COMPRENDEN toda la estructura HIDROGEOLÓGICA subterránea del acuífero como un todo.
- Tanto las cuencas hidrográficas como las hidrológicas se pueden subdividir en zonas de funcionamiento hídrico principales:
- 1.- Zona de Cabecera de las Cuencas Hidrográficas: captación inicial del aguas y el suministro de las mismas a las zonas inferiores durante todo el año.
- Los procesos en las partes altas de la cuenca invariablemente tienen repercusiones en la parte baja dado el flujo unidireccional del agua, y por lo tanto toda la cuenca se debe administrar como una sola unidad.
- 2.- Los bosques en las cabeceras de las cuencas su función es reguladora ya que controlan la cantidad y temporalidad del flujo del agua, y protegen a los suelos de ser erosionados por el agua con la consecuente sedimentación y degradación de los ríos, y la pérdida de fertilidad en las laderas.
- 3.-Zonas de Cabecera y Captación – Transporte en condiciones de Cuencas Semiáridas.
- Perú su territorio de los andes, es propicia una alta fragilidad hidro-ecológica Zonas de Emisión de los Acuíferos. Lagunas, Los Paramos, la cordillera blanca, regulan el funcionamiento de los ecosistemas adyacentes.
- Dentro de la cuenca, se tienen los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos

Funciones de la cuenca HIDROGRAFICA

- HIDROLOGICA:
- 1. Captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos.
- 2. Almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración.
- 3. Descarga del agua como escurrimiento.
- FUNCION ECOLOGICA:
- 1. Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua.
- 2. Provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua
- FUNCION AMBIENTAL:
- 1. Constituyen sumideros de $CO_{2.}$
- 2. Alberga bancos de germoplasma.
- 3. Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos.
- 4. Conserva la biodiversidad.
- 5. Mantiene la integridad y la diversidad de los suelos
- FUNCIONES SOCIOAMBIENTALES
- 1. Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población.
- 2. Provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad. Servicios Ambientales Del flujo hidrológico: usos directos (agricultura, industria, agua potable, etc), dilución de contaminantes, generación de electricidad, regulación de flujos y control de inundaciones, transporte de sedimentos, recarga de acuíferos, dispersión de semillas y larvas de la biota

PEGUNTA:

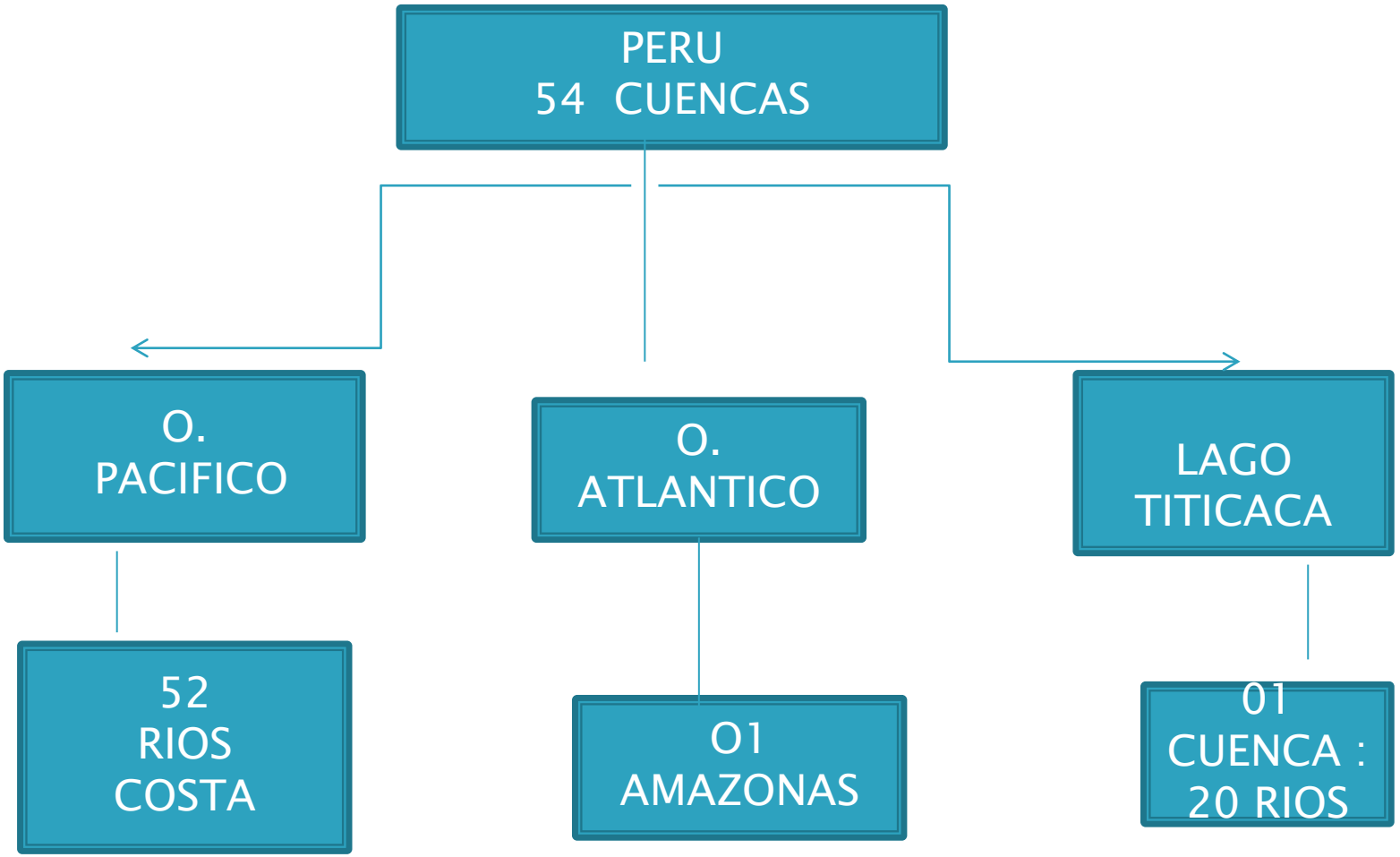
INVESTIGACION .

Manejo Integrado de Cuencas ???????????

Discutir en clase por los alumnos .. …….Traer clase siguiente desarrollada!!!!!!!!!!!!

Hidrografía en contexto nacional:

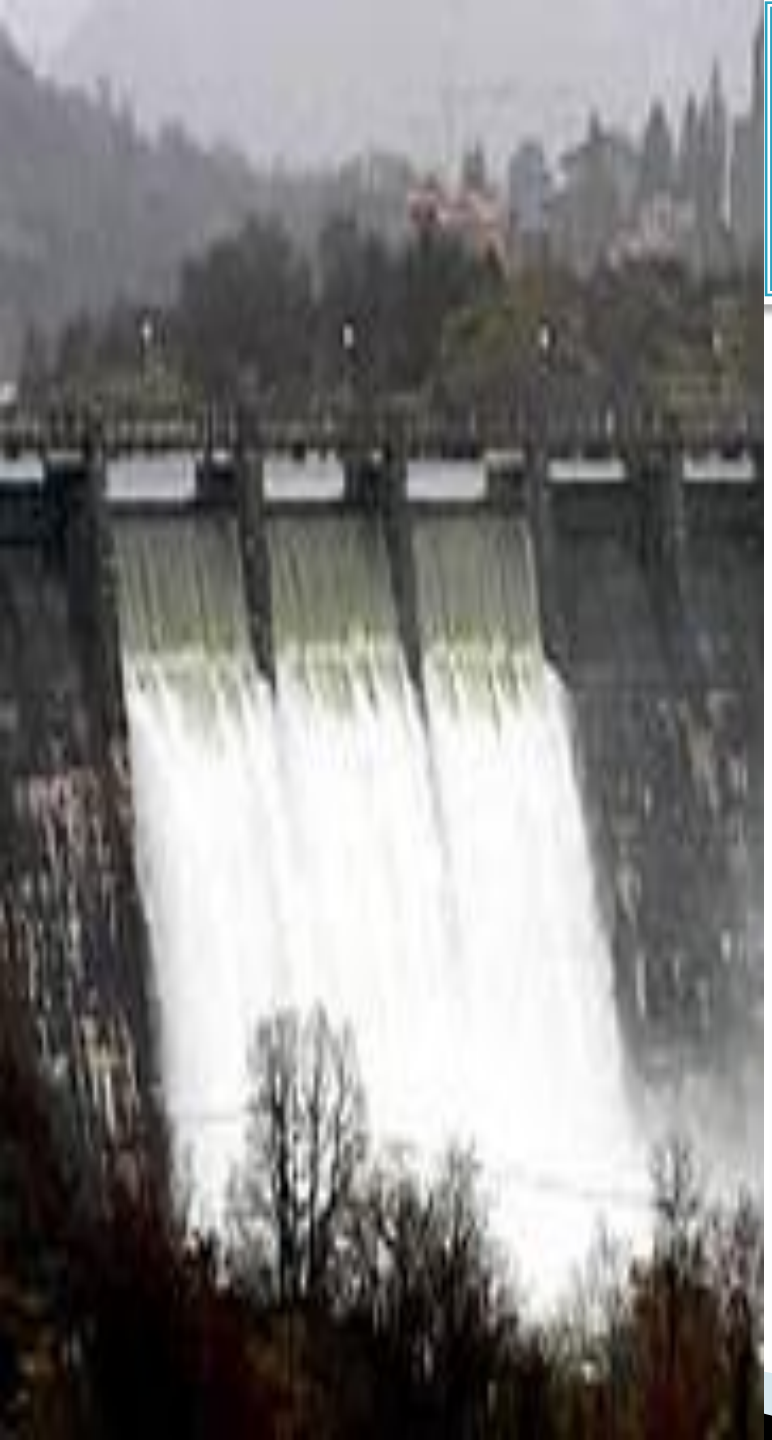
106 cuencas hidrográficas((OIERN-INRENA)



- PREGUNTA 2: INVESTIGACION
  NOMBRE DE CADA UNO DE LOS PRINCIPALES RIOS VERTIENTE PACIFICO, ATLANTICO Y LAGO TITICACA ……Y NOMBRE DE LAS CUENCA A LA QUE PERTENECE. ??????.

.- CUENCAS HIDROGRAFICAS REGION LIMA Y DISPONIBILIDAD DE RECURSO HIDRICO …. LAGOS, LAGUNAS QUE LO FORMAN.

CICLO DEL AGUA



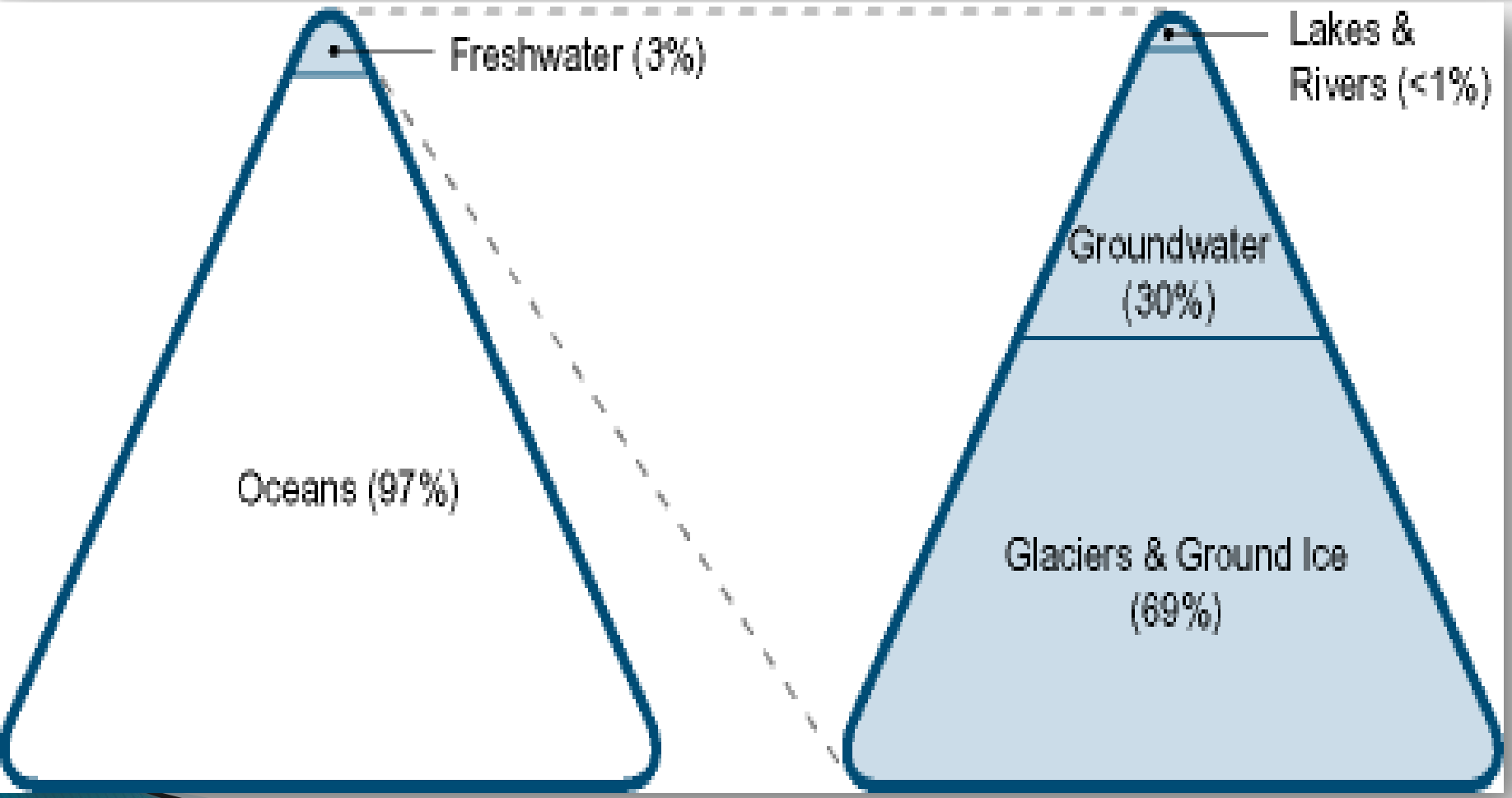
EL AGUA

El agua es esencial para la vida, constituye el principal componente del protoplasma celular y representa 2/3 del peso total del hombre y hasta 9/10 del peso de algunos vegetales.

IMPORTANCIA DEL AGUA

- En toda la historia de la humanidad, entre todas las sustancias de la tierra **el agua ocupa el primer lugar** entre ellas y juega un importante papel en la vida del hombre y la naturaleza. El agua quita la sed, da crecimiento a las plantas, con ella podemos limpiar los objetos, hacer aseo, lavar los alimentos, etc. Hace 400 años era dificil sacar el agua porque las bombas no eran buenas y la gente se preocupaba por ahorrar agua, no la desperdiciaba, pero hoy en día la sacan con las bombas modernas con las cuales es más cómodo obtener el agua de las montañas y además hay aparatos con los cuales se le hace el tratamiento. Pero el hombre solo puede consumir agua potable, porque si consume agua sin tratar esta puede tener bacterias y él puede enfermarse. **El hombre no esta pensando en el futuro que el agua potable pueda acabarse algún día.**

FUENTES DEL AGUA

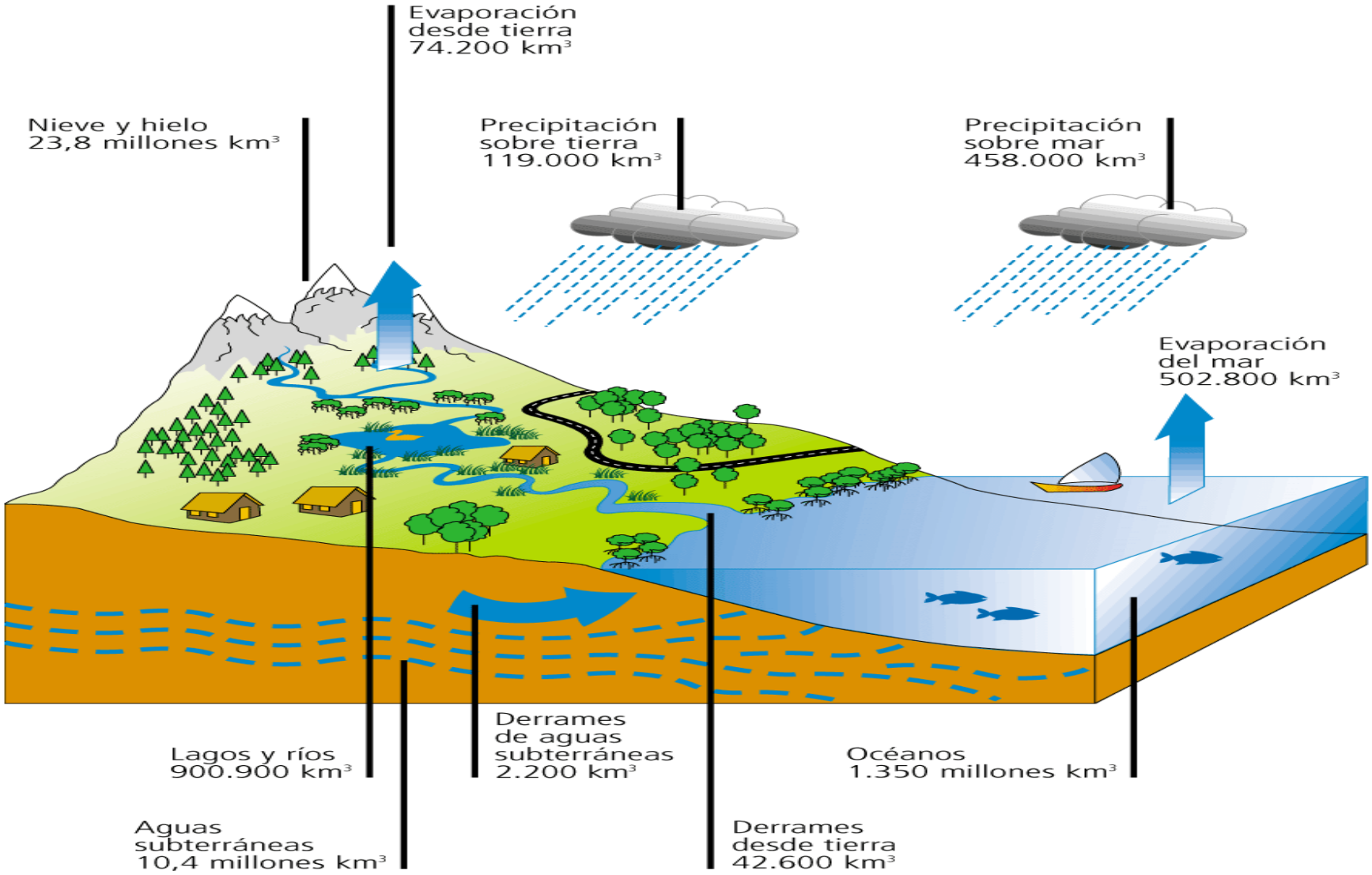


CICLO HIDROLOGICO

Los recursos hídricos, en el sentido más amplio, incluyen agua en todas las fases del ciclo hídrico, junto con todos los recursos vivos que ésta sustenta: flora acuática, anfibios y peces.

La interdependencia de los elementos y procesos del ciclo hídrico, como lluvia, evaporación, transpiración y humedad de los suelos, agua superficial y subterránea, y aguas costeras y marinas, nos exige que manejemos los recursos hídricos dentro de sus unidades hidrológicas básicas: los acuíferos en vertientes y aguas subterráneas.

CICLO DEL AGUA



Disponibilidad de Agua

Vertiente	Agua Superficial (MMC/ año)	Agua Subterránea (MMC/ año)	Total (MMC/Año)
Pacifico	36,600	2,740	39,340
Atlántico	3’ 769,135	S / d	3’769,135
Titicaca	6,970	S / d	6,970
TOTAL	3’ 812,705	2,740	3’ 815,445

USOS Y DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL PERU

Uso	Volumen (MMC/ año)	Porcentaje (%)
Agrícola	16,267	85.6
Doméstico	1,364	7.2
Industrial	1,155	6.1
Minero	207	1.1
Total	18,993	100.0

USO AGRÍCOLA POR REGIÓN GEOGRAFICA

Vertiente	Volumen (MMC)/año	Porcentaje (%)
Costa	14,200	87.3
Sierra	1,396	8.6
Selva	671	4.1
TOTAL	16,267	100.0

PROBLEMA EN EL AGUA

Los ríos, lagos y mares recogen, desde tiempos inmemoriales, las basuras producidas por la actividad humana.

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamos los residuos producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc., se encuentran, en cantidades mayores o menores, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. **Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida**.

PREGUNTA 4:
INVESTIGACION CONTAMINACION DEL AGUA.

NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS

EL AGUA EN EL SUELO

El suelo agrícola es una capa fina de material, que está en la superficie de los continentes del globo terráqueo.
Esta capa se ha formado por el efecto del agua y del aire sobre las rocas.
Está formada por tres partes : una sólida, la otra líquida y la gaseosa.
La parte sólida: está formada por pequeñas partículas que se han separado del material original(rocas) y una pequeña proporción de material orgánico, que ha generado la vegetación que existió en tiempos recientes.
Estas partículas dejan espacios libres que están ocupados, sea por agua o por aire, según la estación en que nos encontremos.
La suma de los espacios huecos en un suelo seco, se llama porosidad del suelo, cuando se expresa en relación al volumen de las partículas sólidas.

La energía del agua cuando está retenida por el suelo, implica efectuar un trabajo para sustraerla de su ambiente. Este ambiente es la matriz del suelo. En tanto más seco se encuentre el suelo, mayor será el trabajo que tendrá que ejercer la planta para extraer el agua desde el suelo. Es interesante, entonces, conocer la energía con que el agua es retenida por el suelo. Esta varía según sea el contenido de humedad del suelo en ese momento. El potencial de retención del agua, se expresa comúnmente en unidades de medida de metros de columna de agua, m.c.a. (energía por cantidad unitaria de peso), en kPa, bar o centibar (energía por cantidad unitaria de volumen), o en Joule*kg -1 (energía por cantidad unitaria de masa).

Tabla 1. Equivalencia para expresar el potencial de agua en 1 suelo.

Unidad	*Equivalencia*
1 bar	*= 100 kPa = 1 atm*
1 bar	*100 Joule/kg*
1 bar	*10 m.c.a.*
1 bar	*100 centibar*

CURVAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

Desde el punto de vista de la planta, interesa conocer cuál es la energía con que un volumen de agua está retenido por el suelo.

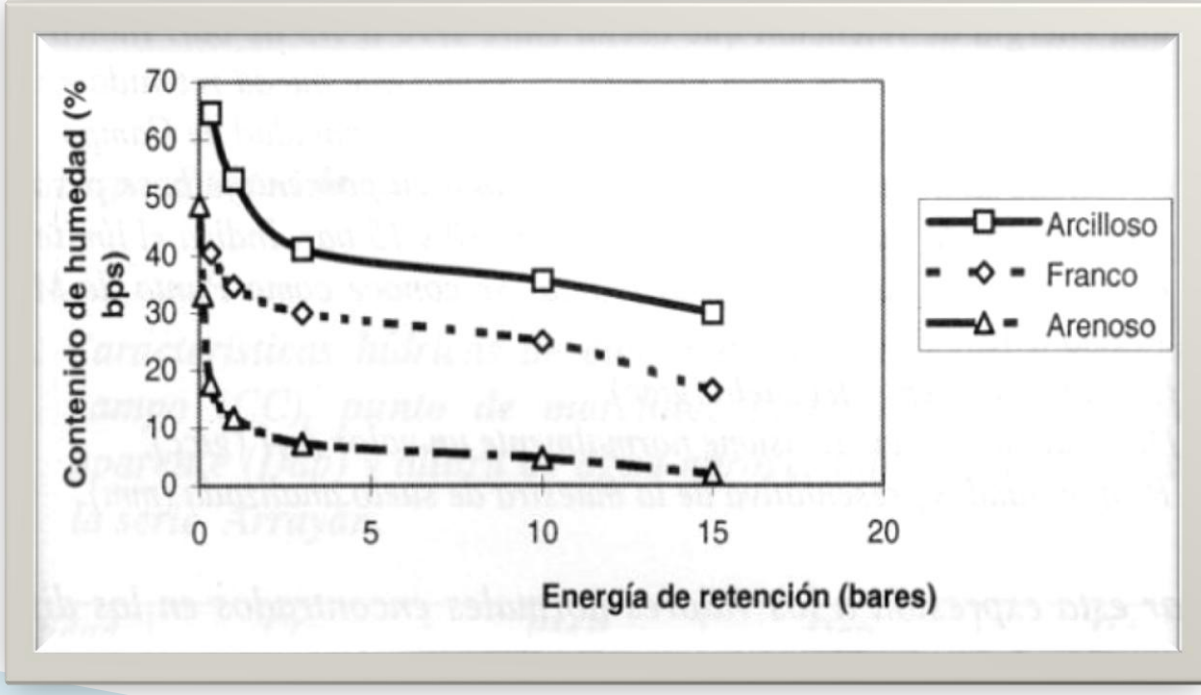
La relación entre el contenido de humedad del suelo y la energía con que está retenida esa humedad, se llama **curva de deserción o retención de humedad** (Figura I).

Estas curvas de retención, se confeccionan en laboratorios de suelos o riego.

El contenido de humedad del suelo, en **% base peso seco** o gravimétrico (0 % bps), expresa la cantidad de agua presente en una muestra y se define como el coeficiente entre la masa de agua y la masa de suelo seco.

$$\theta\,\%\,bps = \frac{masa.agua}{masa.suelo.seco} * 100$$

Ec.N°1

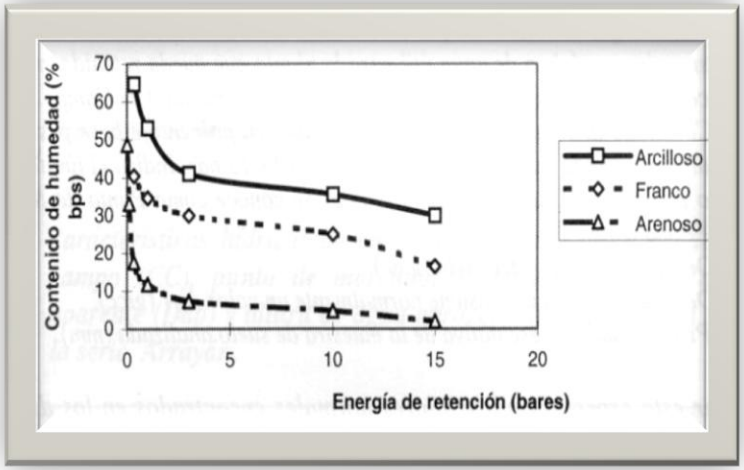


De este modo, el contenido de humedad gravimétrico de una muestra de suelo húmedo, se mide pesando una muestra de suelo húmedo, secándola posteriormente en un horno de 105°C por 24 horas y volviendo a pesar la muestra. 3

Tal como se puede apreciar en la Figura 1, los contenidos de humedad del suelo a una misma energía de retención son diferentes según textura. Asimismo, se puede observar que los rangos de humedad del suelo entre 2 energías de retención, (Por ejemplo, 1/3 y 15 (bar) difieren también según textura. Este antecedente resulta de sumo interés cuando se desea precisar la cantidad de humedad o agua aprovechable en el suelo (HA), desde un punto de vista agrícola.

Para calcular la humedad aprovechable de un suelo, en términos de una altura de agua, se puede utilizar la siguiente expresión

Ec.N°2 $$H.A = \frac{CC - PMP}{100} * \frac{Dap}{D_{H2o}} * p$$



en donde :

H.A. = *Altura de agua aprovechable para el cultivo (mm). (Un milímetro de altura corresponde a un litro de agua por metro cuadrado de terreno).*

CC = *Contenido de humedad de suelo, expresado en porcentaje base peso seco, a una energía de retención que oscila entre 1/10 a 1/3 de bar. Indica el límite superior o máximo de agua útil para la planta que queda retenida en el suelo contra la fuerza de gravedad Se conoce como Capacidad de Campo.*

PMP = *Contenido de humedad del suelo, expresado en porcentaje base peso seco, a una energía de retención que oscila entre 10 y 15 bar. Indica el límite inferior o mínimo de agua útil para la planta. Se conoce como Punto de Marchitez Pennanente.*

Dap = *Densidad aparente del suelo (glcc)*

D_{H2O} = *Densidad del agua. Se asume nonnalmente un valor de 1 (g/cc).*

P = *Profundidad representativa de la muestra de suelo analizada (mm).*

Al aplicar esta expresión a los valores normales encontrados en los diferentes tipos texturales de suelos, se encuentra la situación descrita en la Figura A 1, en donde suelos arcillosos retienen una mayor cantidad de agua útil o aprovechable para la planta que suelos arenosos.

Dado que los suelos rara vez son homogéneos en profundidad, será necesario el determinar los valores de contenido de humedad a Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente para las diferentes estratos de suelo. Así, para un suelo de la serie Arrayán se determinaron las siguientes propiedades hídricas.

Fig. A-1. Disponibilidad de agua según la textura del agua

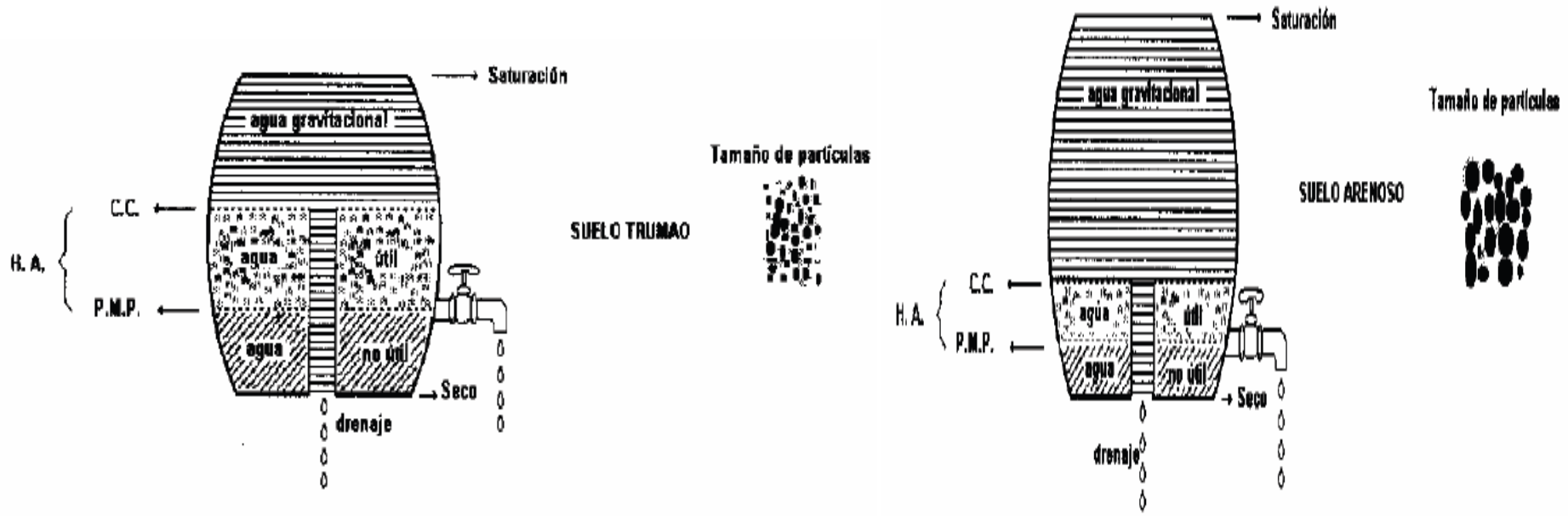


Tabla 2. Características hídricas de contenido de humedad a capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), densidad aparente (Dap) y altura de agua aprovechable (HA) de un suelo de la serie Arrayán.

Profundidad (cm)	CC (%)	PMP (%)	Dap (g/cc)	HA (cm)
0-31	39	21	0.93	5.19
31-50	44	26	1.15	3.93
50-90	35	23	1.09	5.23
			TOTAL	14.35

El valor total de agua útil aprovechable para la planta de 143.5 mm indica que, en los 90cm. de profundidad del suelo, la planta dispone de 143.5 litros de agua por metro cuadrado de terreno o, que es lo mismo, de 1435 m 3 *ha 1.
.

EJERCICIO 1.

Encuentre el contenido de humedad CC, de un suelo franco arcillo limoso que tiene instalado un cultivo de papa en floración y su **Dap** del suelo es 1.2 gr/cc, su punto de marchitez permanente es 15 % de la energía de retención equivalente a 12 bar; asimismo se sabe que la profundidad representativa de la muestra (P) es 30 cm. y la disponibilidad de agua aprovechable para el cultivo(H.A) es 143.5 lts.

$$H.A = \frac{CC - PMP}{100} * \frac{Dap}{D_{H2o}} * p$$

Medición de humedad a CC y PMP

La obtención del valor de humedad aprovechable HA resulta de primordial interés para el diseño, planificación y manejo de sistemas de riego. Si no se dispone de los servicios de un laboratorio de suelos para la detenninación de los contenidos de retención de humedad de suelo a Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente, una buena aproximación a estos valores puede obtenerse de la siguiente manera:

1. Inmediatamente después de un riego o lluvia intensa que haya saturado el suelo, seleccione un sector representativo del potrero y cúbralo con una lona o plástico impermeable, que evite la evaporación desde el suelo.
2. 24 a 48 horas después del evento, extraiga muestras de suelo de entre 100 a 200 gr en cada estrato. Deposítelos en una cápsula hermética o en una bolsa plástica sellada.
3. Pese las muestras en una balanza de lectura de décimas de gramo, sin abrir o destapar la muestra. Registre la lectura como PSH + PE (Peso del suelo húmedo mas Peso de envase).
4. Una vez pesada la muestra, déjela en un horno a 105°C por 24 horas y pese la muestra seca. Si utilizó bolsas plásticas previamente, asegúrese de extraer la totalidad de la muestra de suelo de la bolsa antes de ponerla en el horno, pesando el envase plástico (PE) y el envase nuevo utilizado en el horno de secado. En cualquier caso, debe existir absoluta certeza del peso del envase, debido a que este valor se debe restar al peso de suelo.
5. Obtenga el valor de contenido de humedad del suelo a Capacidad de Campo (q cc).

$$\theta cc = \frac{(P_{SH} + P_E) - (P_{SS} + P_E)}{P_{SS}} * 1\,00$$

Ec.N°3

De este modo, la Ec.N3 indica la relación porcentual en el contenido de agua en una muestra de suelo, quedando expresada como;

$$\theta cc = \frac{Peso.agua.en.la.muestra}{Pss} * 100$$

Ec.N°4

en donde :

PSH = Peso del suelo húmedo (g)
PE = Peso del envase al momento de pesar (g)
Pss = Peso del suelo seco (g)
Así, si la muestra de suelo y envase recién extraída pesaba 250 g (PSH + PE), y una vez seca era de 200 g (Pss + PE), pesando el envase 20 g (PE). Entonces el contenido de humedad sería:

$$\theta cc = \frac{250-200}{200-20} * 100 = 27.8\%$$

Ec.N°5

6. Para obtener el contenido de humedad de una muestra de suelo a Punto de Marchitez Permanente, es necesario someterla a un plato de presión a 15 atmósferas y luego determinar su contenido de humedad.
Otra forma de obtener el contenido de humedad a Punto de Marchitez Permanente sería multiplicar el valor de humedad a Capacidad de Campo por 0.55, es decir:

$$\theta_{PMP} = 0.55 * \theta cc \qquad Ec.N°6$$

De este modo, en el ejemplo anterior, el valor aproximado de q PMP sería de un 15.3%.

¿CUANDO REGAR?

Una de las preguntas mas frecuentes en la agricultura de riego, es determinar cuando regar (frecuencia de riego). Así, diferentes métodos son usados para este propósito y se pueden clasificar como

1. Técnica de balance de agua
2. Indicadores del suelo
3. Indicadores de la planta

Sigue siguiente clase

,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,Gracias

1. Técnica de balance de agua

Esta basada en aspectos meteorológicos del suelo y de la planta.
Tres aspectos deben considerarse previamente. (a) **Determinar un criterio de riego (CR)** con un % tolerable de disminución del agua aprovechable del suelo (HA). Sugerimos --valor (CR = 0.5), un CR del 30%(CR = 0.3) en cultivos sensibles a un déficit de agua y valores de CR = 0.6 para cultivos que soportan de mejor un estrés hídrico (Tabla 3).

b) **El II aspecto: refiere a la profundidad de raíces del cultivo** (Tabla 3). En cultivos anuales, dicha profundidad cambia rápidamente con el tiempo, a partir, de emergencia a madurez fisiológica. **Por tanto, una adecuada programación del riego, requiere el conocimiento de la profundidad efectiva de raíces en cada período de tiempo analizada.** Así, este valor determinará la profundidad P del suelo desde donde se extrae agua.
Ej. …… si el suelo tiene 1.80 m de profundidad, pero el cultivo está en una etapa temprana de desarrollo (30 cm de profundidad de raíces, por ejemplo), el valor de **profundidad P** a considerar en debe ser de 30 cm., Ec.N°2

En general, se establece que la planta alcanza el 90% de su profundidad radical efectiva, cuando su desarrollo fonológico corresponde al 50%, acorde al modelo mostrado en la Figura 3.

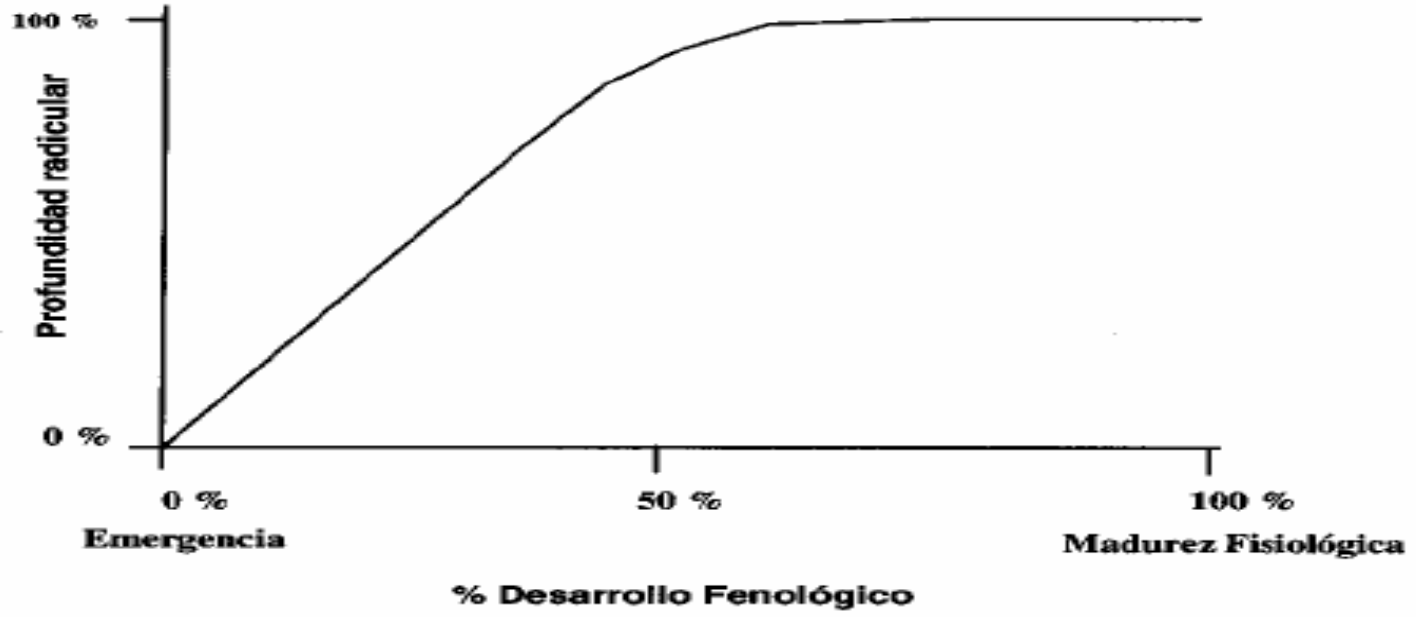


Figura 3. Evolución de la Profundidad radical acorde al desarrollo fonológico del cultivo.

Tabla 3. Criteyios de riego (CR) y profundidad radical efectiva para diferentes cultivo

Cultivo	CR	Profundidad radical efectiva (cm)
Aji	0.5	60
Ajo	0.5	60
Alcachofa	0.50	100
Alfalfa	0.65	180
Arveja	0.6	60
Brocoli	0.5	60
Cebolla	0.50	60
Coliflor	0.5	60
Damascos	0.65	180
Duraznos	0.65	180
Espárragos	0.5	180
Empastadas	0.65	60
Frejol	0.50	90
Frutilla	0.5	60
Habas	0.6	80
Lechugas	0.40	60
Maíz	0.65	120
Manzanos	0.65	180
Melón	0.5	90
Menta	0.35	60
Papas	0.30	60
Perales y ciruelos	0.65	180
Pimiento	0.5	60
Repollo	0.5	60
Sandía	0.5	120
Trigo invierno	0.65	100
Trigo primavera	0.65	90
Vid	0.65	180
Zanahoria	0.5	90
Zapallo	0.5	120

El III aspecto: ETc, se refiere al conocimiento de la cantidad(Q) de agua que el cultivo y el ambiente extraen desde el suelo (**Evapotranspiración** del cultivo, ETc). Esta cambia con la edad del cultivo, clima y ubicación geográfica. Por tanto, debe recurrirse a una fuente de información o metodología contable de cálculo que considere los aspectos reseñados. De este modo, **la frecuencia de riego (FR)** o cada cuantos días tenemos que regar nuevamente para no perjudicar el rendimiento del cultivo, se Determinará por:

$$FR = \frac{HA * CR}{ETc} \qquad Ec.N°7$$

Así, del ejemplo del suelo Arrayán de 90cm. de profundidad y con las raíces de un cultivo de maíz en enero explorando la totalidad del perfil, un CR = 0.5 y ETc = 6 mm/día.

$$FR = \frac{143.5mm * 0.5}{6mm/dia} = 12.dias$$

Viene de anterior……

2. Indicadores del suelo.

Esta **metodología considera la determinación del contenido actual de humedad o agua del suelo, comparándolo con un valor predeterminado mínimo** de contenido de humedad, regando cada vez que se alcance dicho valor.

El contenido mínimo de humedad varía, con el estado fonológico del cultivo y sensibilidad a déficit hídrico de la planta.

El contenido de humedad del suelo puede medirse o estimarse directamente, o bien ingerirse a partir de otros parámetros del suelo. La Tabla 4 señala las ventajas y desventajas de estos indicadores.

Tabla 4. Indicadores del suelo de cuando regar (James, 1988).

Parámetro observado o medido	*Instrumental o Procedimiento*	*Ventajas*	*Desventajas*
Apariencia y tacto	*Visual*	*Simple*	*Demandante de tiempo; aproximado. Requiere entrenamiento para adquirir habilidades interpretativas*
Gravimetría	*Barreno, cápsulas, balanza y horno*	*Simple y exacto*	*Destructivo; no instantáneo dado los requerimientos de secado de la muestra*
Resistencia Eléctrica	*Block de yeso*	*Da lecturas indirectas del contenido de agua del suelo*	*Calibración individual de cada block de yeso. Requiere instalación cuidadosa en terreno y numerosas repeticiones. Baja durabilidad (1-2 años). No adecuado en suelos de textura gruesa.*
Potencial matricial de agua en el suelo	*Tensiometro*	*Permite medir dirección del movimiento del agua en el suelo, e indirectamente, el contenido de humedad de él.*	*Requiere mantención, instalación cuidadosa y numerosas repeticiones. Lecturas frecuentes.*
Dispersión de neutrones	*Neutrómetro y tubos de acceso*	*Permite sucesivas mediciones en el mismo punto; rápido y exacto*	*Equipo de alto costo que requiere calibración y precauciones especiales en su manejo y almacenamiento; calibración afectada por cambios en materia orgánica.*
Propiedades dieléctricas	*TDR*	*No destructivo, rápido y exacto, sin riesgo de radiaciones*	*Alto costo, limitada resolución espacial. No apto en suelos rocosos o pedregosos.*

3. Indicadores de la planta.

Dado que el objetivo de riego es restablecer el agua de la planta, el método más directo de cuando regar es monitorear la planta directamente.

Diferentes técnicas y procedimientos pueden utilizarse, señalándose en la Tabla 5 sus ventajas y desventajas.

Parámetro observado o medido	Instrumental o Procedimiento	Ventajas	Desventajas
Apariencia	Visual	Simplicidad	La detección temprana en cambios de color y otros cambios requieren experiencia. Aún así, los rendimientos ya han sido afectados.
Temperatura de la hoja	Termometría infrarroja	Mediciones a distancia	Metodología de aplicación bien desarrollada. Problemas de sensibilidad en climas húmedos.
Potencial de agua en la hoja	Cámara de presión, psicrometro de termocupla	Grado de deshidratación; integra el efecto del ambiente en la planta; lecturas se correlacionan con los procesos metabólicos; indicador del flujo del agua	Grandes variaciones durante el día; demandante de tiempo; requiere personal calificado; destructivo.
Resistencia Estomática	Porómetro de difusión	Mide resistencia de la hoja a la pérdida de vapor de agua.	Semejante a potencial de agua en la hoja.

Recapitulando lo anterior ……EL AGUA EN EL SUELO

Debido a que las plantas requieren un suministro constante de agua, a través del suelo en el riego, es fundamental determinar:

1. *Cómo se mueve el agua en el suelo?*
2. *Cuánta agua está disponible para las plantas?*
3. *Cuánta agua puede almacenar un suelo?*
4. *De qué manera es posible reponer el agua del suelo consumida por las plantas?*

a) Los dos primeros factores están relacionados con la distribución del tamaño de las partículas minerales *(textura) en relación a su característica de retener agua.*

b) El tercer factor con la profundidad de la zona radicular, y el cuarto, con la tecnología disponible.

VELOCIDAD DE INFILTRACION DEL AGUA

El proceso a través del cual el agua ingresa al suelo, se denomina *infiltración.*
*E*s la capacidad del suelo para absorber el agua aplicada mediante el riego o en forma natural, mediante la lluvia.
Este concepto es uno de los más importantes en la práctica del riego porque interviene en la determinación de *"cuánta agua" se debe aplicar al suelo. Por otro lado, la velocidad de infiltración del suelo es un factor fundamental en el diseño de los diferentes sistemas de* irrigación, ya sean estos gravitacionales (*surcos, melgas, etc), a presión (aspersión, micro aspersión, goteo o exudación). De este factor depende el tiempo de riego y la planificación del predio en* relación al riego, ya que de acuerdo a estas variaciones se establecen las unidades de riego, cada una de las cuales tendrá un diseño diferente en el campo.

La *velocidad de infiltración indica la capacidad del suelo de absorber agua. Al principio (cuando el suelo está más seco) la velocidad de infiltración es más rápida, luego disminuye hasta que llega un* momento en que se hace más o menos constante.

Tabla A-1: Valores referenciales de la velocidad de infiltración en función de la textura del suelo (mm/h)

ARENOSO	20 - 25
FRANCO ARENOSO	15 - 20
FRANCO	10 - 15
FRANCO ARCILLOSO	8 - 10
ARCILLOSO	< 8

FACTORESQUE INFLUENCIAN LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

Los factores que influencian la velocidad de infiltración son aquéllos que afectan las propiedades del suelo:

1. ***Compactación del suelo.- La labranza del suelo (aradura, rastras, etc.) realizada en condiciones*** húmedas, produce compactación en la zona donde no llegan los implementos. Las capas duras e impermeables impiden el movimiento del agua y reducen la velocidad de infiltración.

2. ***Contenido de humedad del suelo.- El nivel de humedad del suelo en el momento del riego,*** influencia significativamente la velocidad a la cual el agua ingresa al suelo. El suelo absorbe rápidamente el agua al comienzo del riego. A medida que la aplicación de agua continúa, la superficie del suelo se satura, produciendo el hinchamiento de arcillas expandibles, lo que provoca una gradual disminución de la velocidad de infiltración hasta que se alcanza un valor prácticamente constante llamada velocidad de infiltración básica o estabilizada.

3. ***Sellamiento superficial.- La formación de una capa fina y compacta en la superficie del suelo***

reduce rápidamente la velocidad de infiltración. Este sello superficial resulta del deterioro del estado estructural del suelo.

4. ***Preparación del suelo.- El pasaje de rastras, arado o cultivador incrementa la velocidad de***

infiltración. Sin embargo, el efecto dura sólo mientras el terreno vuelva a su condición inicial de densidad como consecuencia del mismo riego.

5.Enmiendas orgánicas y rotación de cultivos.- La materia orgánica humificada, al favorecer y mantener la porosidad del suelo, evita que la velocidad de infiltración se altere y más aun que
disminuya, debido a la influencia de otros factores. Asimismo, es positiva la rotación de cultivos
al incrementar el contenido de materia orgánica del suelo.
6. *Salinidad del suelo y del agua.- Las sales de sodio, principalmente carbonatos y* bicarbonatos, son extremadamente nocivas para la permeabilidad del suelo y, por lo tanto, de la velocidad de infiltración. Si la concentración de sodio es elevada, la estructura del suelo se destruye al dispersarse los coloides, dando como resultado un suelo impermeable.
7.*Perfil del suelo.- La estratificación de las diferentes capas u horizontes en el perfil tiene gran* influencia en la velocidad de infiltración, aunque evidentemente este factor no es manejable por el hombre, sobre todo en las capas sub-superficiales.
8.*Hidratación de los coloides y otros.- El incremento en el tamaño de partículas coloidales por* hidratación, sella parcialmente el espacio poroso, disminuyendo la velocidad de infiltración.

Proceso de infiltración del agua en el suelo. Factores que lo condicionan

PASO DEL AGUA ATRAVEZ DE LA SUPERFICIE DEL SUELO
SE EXPRESA COMO UNA VELOCIDAD O INTENSIDAD. LAS UNIDADES UTILIZADAS SON DE VOLUMEN (lt,cm3) O DE LAMINA (mm, cm) EN FUNCION DE UN TIEMPO DADO (hora, minuto)

LA VELOCIDAD DE INFILTRACION ES MAXIMA AL INICIO DEL RIEGO EN SUELOS SECOS Y DISMINUYE A MEDIDA QUE EL SUELO SE HUMEDECE.

EN SUELOS EN PROCESO DE HUMEDECIMIENTO LA INFILTRACION DISMINUYE HASTA UN VALOR CONSTANTE LLAMADO INFILTRACION BASICA

FACTORES

- CALIDAD DEL SUELO
  - ESTADO SUPERFICIAL DEL SUELO
  - CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
  - CUBIERTA VEGETAL
  - ESTRUCTURA DEL SUELO
  - CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA DEL SUELO
- CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO
  - c ONCENTRACION DE SOLIDOS NO SOLUBLES
  - c ONCENTRACION DE SOLIDOS SOLUBLES
  - CLASE DE SOLIDOS SOLUBLES
  - TEMPERATURA

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE RIEGO SEGÚN LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

Valores críticos en la velocidad de infiltración limitan el uso de los diferentes métodos de riego. Así, valores por encima de 7.0 cm/h hacen muy difícil el establecimiento de estos métodos, determinando surcos o melgas muy cortos, lo que dificulta y aumenta los costos de operación. Además, se presentan pérdidas de terreno por exceso de acequias y desagües; también es difícil *Contenido de materia orgánica del suelo hasta un valor constante llamado infiltración básica cubierta vegetal estructura del suelo contenido de humedad del suelo estado superficial del suelo factores clase de sólidos solubles temperatura en función de un tiempo dado (hora, minuto) la velocidad de infiltración es máxima al inicio del riego en suelos secos y disminuye a medida que el suelo se humedece. en suelos en proceso de humedecimiento la infiltración disminuye (lt, cm Calidad del suelo calidad del agua de riego concentración de sólidos no solubles concentración de sólidos solubles paso del agua atreves de la superficie del suelo se expresa como una velocidad o intensidad. las unidades utilizadas son de volumen 3) o de lamina (mm, cm)* controlar las pérdidas de agua producidas por escorrentía (*una alternativa a este problema es la irrigación con sistemas modernos a presión). Por otro lado, velocidades de infiltración por debajo de 0.6 cm/h,* fijan el limite inferior para el establecimiento de riego gravitacional. Bajo estas condiciones, el tiempo de riego es excesivo y prácticamente imposible de lograr, obteniéndose una insuficiente penetración de agua al suelo.

MEDICION DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION

Varios métodos son utilizados para medir la velocidad de infiltración. Las mediciones realizadas, en la mayoría de los casos presentan bajos grados de confianza respecto de la velocidad de infiltración real (***el dato debe relacionarse con la superficie que se desea representar y la variabilidad del perfil) .***

1.- CILINDROS INFILTROMETROS

2.- SURCOS INFILTROMETROS

CILINDROS INFILTROMETROS

Son los instrumentos más usados en el estudio de la velocidad de infiltración del suelo. Dobles cilindros (***con el objeto de minimizar el flujo lateral del cilindro central), con un determinada lámina de agua,*** instalados en diferentes lugares del predio según las variaciones de suelo, permiten el movimiento de agua en dirección descendente. La lámina de agua medida en el cilindro central a diferentes tiempos permite la determinación de la velocidad de infiltración

Los cilindros infiltrómetros han sido ampliamente utilizados para obtener valores de infiltración que permitan el diseño de métodos de riego por inundación.

SURCOS INFILTROMETROS

El método consiste en la medición de los caudales de entrada y de salida del agua que escurre a través de un surco. La diferencia entre estos caudales corresponde al volumen del agua infiltrada en una unidad de tiempo. En este caso, solo una parte del suelo se encuentra en contacto con el agua; la infiltración total del suelo regado dependerá tanto de la infiltración vertical como de la infiltración lateral entre surcos consecutivos.

EXTRACCION DE AGUA POR LAS PLANTAS

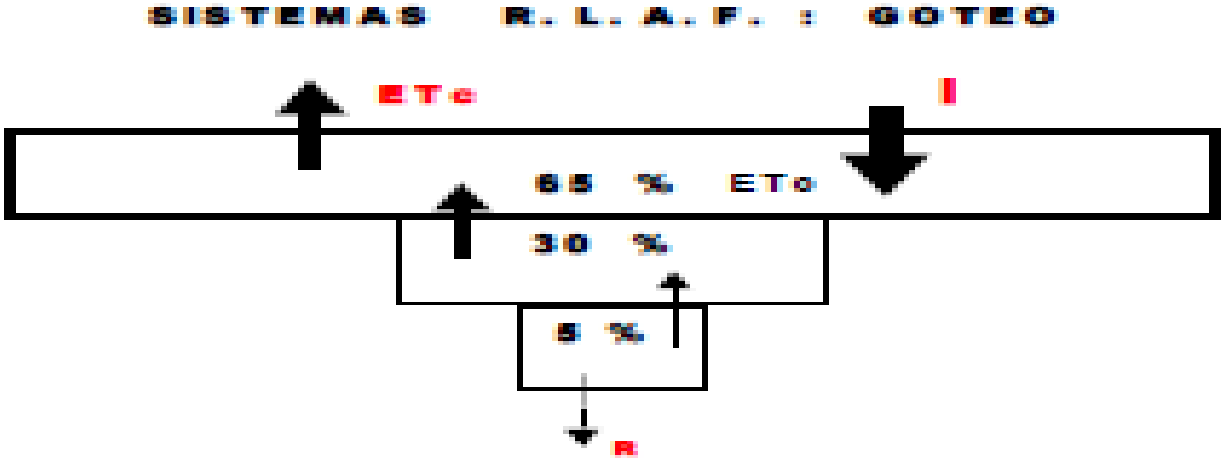
La cantidad de agua a aplicarse a un suelo depende, entre otros factores, de la profundidad de enraizamiento.
El tipo de sistema radicular que desarrolla una planta es carácter hereditario.
También suelos con problemas de drenaje, con napas freáticas altas limitan el crecimiento radicular y eventualmente causan daños irreversibles.
Finalmente, las deficiencias nutricionales en el suelo limitan la profundidad de penetración de las raíces de las plantas.

A medida que las raíces extraen agua, se produce un aumento de la tensión de humedad alrededor de las partículas del suelo ***(disminuye el potencial del agua del suelo), generándose un movimiento de*** agua hacia estos puntos de absorción. Sin embargo, la velocidad en el movimiento de agua a través del suelo hacia las raíces, es muy bajo para mantener un satisfactorio balance de agua en plantas transpirantes a ritmo normal.

NIVELES DE EXTRACCIÓN EN EL PERFÍL DEL SUELO

En el riego por surcos, un esquema para muchos cultivos, de su *patrprofundidad dada de desarrollo radicular, la planta extrae* aproximadamente **40% de agua del cuarto superior, 30% del segundo cuarto, 20% del tercer cuarto** y **10% del último. Bajo riego localizado de alta frecuencia** (*goteo, exudación), la planta extrae 65% o* más del cuarto superior y **30% del segundo cuarto. En la** *Figura 9.5 se muestra la diferencia en los* patrones de extracción de humedad del suelo, bajo dos sistemas de riego, donde *I es el* requerimiento de riego (*ETc + Fracción de lavado) y R es la fracción de lavado de extracción de humedad, es la*

Patrón de extracción de humedad del suelo bajo condiciones de riego por gravedad y de riego localizado de alta frecuencia.



EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO, ETc

La cantidad de agua removida desde el suelo y la planta se denomina evapotranspiración. Esta agua, debe reponerse periódicamente al suelo para no dañar el potencial productivo de la planta. Diversas metodologías se han propuesto para su detenminación, debiendo considerarse siempre que la evapotranspiración depende, entre otros aspectos, de las condiciones climáticas, tipo y estado de desarrollo del cultivo, y de la disponibilidad de agua del suelo.

La evapotranspiración del cultivo (ETc) puede determinarse a partir de la evapotranspiración potencial, ETp (o evapotranspiración del cultivo de referencia), según la expresión

$$ETc = ETp * Kc \qquad \text{Ec.N°8}$$

CONCLUSIONES

RECOMEDACIONES

GRACIAS