
RELACION AGUA SUELO PLANTA (1)

SERIE DIDACTICA Nº1
CATEDRA DE RIEGO Y
DRENAJE. FCA UNCA

Assan Marcelo M.
Gorosito Stella M.
massan@agrarias.unca.edu.ar

ISBN: 978-987-661-308-8

Contenido

GUIA Didáctica: TEÓRICO - PRÁCTICA	2
TEMA: RELACION AGUA SUELO PLANTA	2
Introducción y Objetivos	2
Propiedades físicas del suelo.....	3
Densidad aparente	4
Potencial hídrico:.....	6
Contenido de agua en el suelo:.....	7
. Humedad gravimétrica:.....	7
Contenido volumétrico:	8
Lámina de agua:	8
Constantes Hídricas	10
Distintas expresiones y cálculo de contenido de agua en términos de altura.....	11
PROBLEMAS DE APLICACIÓN.....	14
Fuentes consultadas:.....	16
En internet:.....	16

GUIA Didáctica: TEÓRICO - PRÁCTICA

TEMA: RELACION AGUA SUELO PLANTA

Introducción y Objetivos

Se describe aquí la relación existente entre el suelo, las plantas y el agua; las características de las raíces y las formas en que las plantas toman el agua, asimismo se analiza y describen las diferentes formas de caracterizar el estado hídrico y algunas de las técnicas que permiten su medición.

En la producción agrícola tradicional, el suelo constituye el almacén del agua que aprovecha el cultivo, por eso resulta sumamente importante conocer las propiedades del suelo que definen su capacidad de almacenaje, como así también las fuerzas que operan en el sistema agua- suelo, que gobiernan el movimiento del agua en él y cómo toman las plantas el recurso (movimientos apoplásticos y simplásticos).

Cuando se inicia el estudio de la relación entre el agua y las plantas, resulta necesario entender que dicha relación no se da aisladamente, sino que, por el contrario, se encuentra incluida en un sistema, enlazando en este las interrelaciones que ocurren entre el cultivo, el suelo, la atmósfera y el agua. El estudio de este sistema constituye lo que se denomina “RELACIONA AGUA SUELO PLANTA ATMOSFERA” (RASPA) cuyo conocimiento es clave para el profesional que tiene la responsabilidad de planificar cuándo y cuánto regar, considerando que lo que interesa es obtener el mayor rendimiento posible y/o el mayor beneficio.

Si bien en esta serie didáctica no se abordan en detalles aspectos fisiológicos de la planta en relación al agua, se hacen algunas consideración que definen su importancia en las plantas y el cultivo. El agua es el principal constituyente de las plantas pudiendo ser mayor al 80 %; entre los procesos biológicos en los que opera el agua se pueden citar: la fotosíntesis, hidrólisis de sustancias, regulación de la turgencia, transporte de nutrientes y de sustancias hormonales, regulación de la temperatura a través de la transpiración, etc. (Angella, 2016).

En la agricultura como actividad económica, lo que interesa al productor es alcanzar el mayor beneficio; en la práctica suele ocurrir que estos se alcanzan con los máximos rendimientos potenciales aunque no siempre es así, dependiendo fundamentalmente del costo. En el caso del agua como factor de la producción el mejor resultado económico no siempre coincide con el máximo rendimiento agronómico (Assan, 2013) asumiendo que este recurso constituye un bien económico debido a su escasez y en consecuencia tiene un costo relevante.

Para calcular la cantidad de agua necesaria para el normal crecimiento y desarrollo de un cultivo en sintonía con el mejor resultado económico, y la productividad del agua, resulta necesario el dominio de conceptos y procedimientos que permiten dar respuesta a las preguntas:

. *Cuál es la capacidad de almacenaje de agua en determinado suelo y las fuerzas que operan en el movimiento del agua en el sistema.*

. *Cómo determinar el momento oportuno para regar.*

. *Qué cantidad de agua se dispone para la plantación.*

. *Cuál es el contenido hídrico actual del suelo en un momento dado.*

A los efectos prácticos, se considera en esta instancia la “Relación Agua Suelo Planta” excluyendo los aspectos atmosféricos que serán abordados en series posteriores referidos a la evapotranspiración. Las respuestas a los interrogantes planteados anteriormente se encaran entonces con el estudio aplicado de las propiedades del suelo, los procesos físicos que definen la capacidad de almacenaje y la dinámica del agua en el suelo, que es el objetivo de la presente serie.

Propiedades físicas del suelo

Los suelos poseen una composición física formada por tres estados: sólido, líquido y gaseoso.

Particularmente, en lo que hace a la parte sólida, la proporción de arena, limo y arcillo dará lugar a su textura. La forma en que se agrupan sus partículas que además se cuenta entre ellas la materia orgánica, la microflora y micro fauna, etc., da lugar a su estructura.

Esta disposición, según como esté estructurada, dará lugar a espacios entre las partículas y agregados que componen el suelo, formando los espacios porosos (que pueden dividirse en micro, meso y macroporos). La totalidad de estos espacios porosos integran la porosidad del suelo.

A su vez, el espacio poroso contiene una determinada cantidad de aire y de agua, según el tipo de suelo y el estado hídrico del mismo. De tal modo, el volumen de un suelo en forma natural, sin disturbar, está compuesto por una cierta proporción de sólidos, líquidos y gases, siendo un suelo de textura media (franco) según lo observado en la figura siguiente:

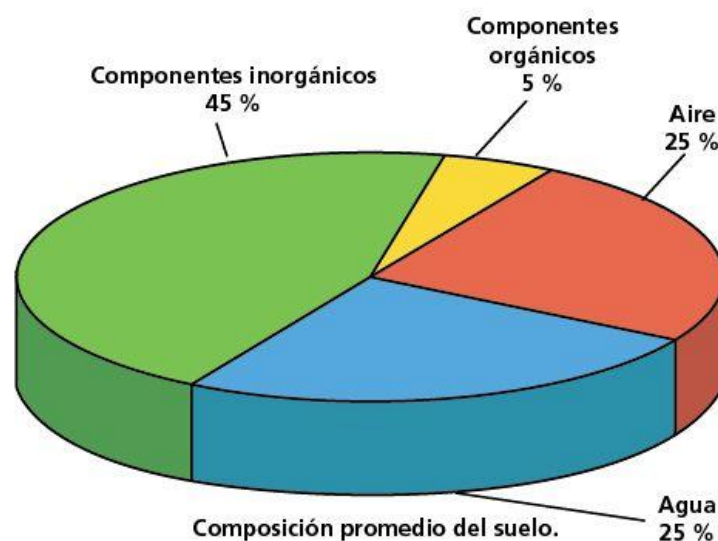


Gráfico 1: Proporción relativa de fase sólida, líquida y gaseosa en un suelo franco. (Fuente: <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/composicion-y-clasificacion-de-los-suelos-1293271.html>)

Densidad aparente

En la práctica, para calcular la densidad aparente de un suelo, se toma una muestra del mismo con barreno tipo sacabocado de tal modo que la muestra sea real, es decir, no esté disturbada ni apelmazada, conservando todas sus fases y se toman su peso total y su volumen sin disturbar, siendo:

$$p_a = \frac{\text{masa total del suelo seco [gr]}}{\text{volumen total del suelo [cm}^3\text{]}}$$

Tambiéne puede conocer la densidad real del suelo que relaciona la masa total del suelo seco con el volumen de su fase sólida, sin considerar el espacio poroso, siendo:

$$\rho_r = \frac{\text{masa total del suelo seco [gr]}}{\text{volumen fase sólida del suelo [cm}^3\text{]}}$$

En general este último tiene un valor entre 2,5 a 2,6 gr/cm³ y es casi similar en todos los suelos. Asimismo, la densidad real de un suelo es constante, pero la densidad aparente puede variar por compactación principalmente entre otros factores; por lo tanto cuanto más compactado se encuentre un suelo, más alta es su densidad y más disminuido se encuentra su espacio poroso.

Se puede expresar el porcentaje de espacio poroso de un suelo en relación al volumen total del suelo, como sigue:

$$\text{Espacio poroso [\%]} = \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}\right) \times 100$$

Así, porosidad de un suelo es el volumen total del mismo menos el volumen de su fase sólida. O lo que es lo mismo, es la fracción del volumen del suelo no ocupado por la parte sólida, es decir, es la sumatoria de los espacios ocupados por la fase gaseosa y líquida totales.

**Tabla de porosidad y densidad aparente para distintas texturas
(Fuente Ferreyra Espada, R. 2010)**

Textura del suelo	Porosidad (%)	Densidad aparente (gr/cm³)
Arenoso	38 (32 a 42)	1,65 (1,55 a 1,80)
Franco arenoso	43 (40 a 47)	1,50 (1,40 a 1,60)
Franco	47 (43 a 49)	1,40 (1,35 a 1,50)
Franco arcilloso	49 (47 a 51)	1,35 (1,30 a 1,40)
Arcillo arenoso	51 (49 a 53)	1,30 (1,25 a 1,30)
Arcilloso	53 (51 a 55)	1,25 (1,20 a 1,30)

Potencial hídrico:

Teniendo en cuenta la necesidad de agua de un cultivo, no solo importa conocer el contenido de agua del suelo, sino también, y lo que es más importante, la energía de retención de dicha agua en el suelo ya que esta se mueve hacia la planta según diferencias de potenciales, es decir, este movimiento está regido por la diferencia entre los estados energéticos entre los distintos puntos en que se mueve, siendo esto, desde el lugar donde el agua se encuentra más libre o menos retenida, hacia el lugar donde el agua está más inmovilizada o más retenida, o lo que es lo mismo: desde un potencial mayor a uno menor.

Se denomina potencial hídrico total: “o *total del suelo a la cantidad de trabajo que debe hacerse por unidad de masa de agua para transportar reversible e isotérmicamente una cantidad infinitesimal de agua desde un reservorio situado a una altura elegida arbitrariamente que contiene agua pura sometida a la presión atmosférica, hasta el suelo en el punto considerado*” (Lafi,2011). O lo que es lo mismo, hasta un cierto punto del suelo que en este caso sería el plano de las raíces de extracción.

El potencial hídrico total es la suma de:

$$\Psi_t = \Psi_g + \Psi_m + \Psi_o + \Psi_p$$

Siendo:

Ψ_g = potencial gravitatorio

Ψ_m = potencial matricial

Ψ_o = potencial osmótico

Ψ_p = potencial presión

La energía se puede medir por unidad de volumen de masa o de peso, la más común es unidad de volumen, así resulta en unidad de presión F/S por unidad de peso del agua y se expresa en unidad de longitud

Energía es la capacidad de realizar trabajo por tanto las unidades a usar son de trabajo es Energía = Trabajo = Fuerza x Distancia (L).

Energía Por unidad de Volumen FxL/V y $V = SxL$ entonces E por Unidad de Volumen tiene unidades de presión = F/S. de igual modo si expresamos por unidad de peso y como este tiene unidad de fuerza (F) entonces la energía por unidad de peso se expresa en términos de longitud (altura).

Las unidades en que se miden son unidades de presión, tales y equivalentes a como sigue:

1 atm = 760 mm Hg = 1,013 bares = 101,3 KPascal = 0,101 Pascal = 10,33 metros de columna de agua (m.c.a.)

Lo que interesa desde el punto de vista del cultivo, es conocer la fuerza con la que el agua esta retenida en la matriz del suelo, por cuanto ella debe ser la que las plantas debe vencer.

A medida que el suelo se va secando, el agua es retenida en el mismo con mayor fuerza y en consecuencia deberá ser mayor la energía que tiene que gastar el cultivo para extraerla. Esto dentro de ciertos límites no constituye disminución de la producción, pero cuando la cantidad de energía gastada es mayor a la elaborada por la absorción de agua, se refleja directamente en el rinde, por lo se hace necesario determinar un umbral de riego.

Así, se puede definir el umbral de riego como el contenido de agua que queda en la matriz del suelo a partir del cual cuando se llega a él, se debe volver a reponer agua para que la planta no sufra estrés de producción y mantenga su confort hídrico.

Contenido de agua en el suelo:

Muestra la cantidad de agua que se encuentra en el suelo y se puede expresar como:

. Humedad gravimétrica:

Para conocer esta se utiliza el método gravimétrico que es el método de referencia de todos los demás, es el más usado y el que mide directamente el agua en el suelo. Relaciona el peso del agua con el peso de suelo seco. Se determina así el contenido de agua en una muestra de suelo extraída a campo, calculándose de la siguiente forma:

$$W\% = ((Mh - Ms)/(Ms - T)) \times 100$$

Donde **W** es porcentaje de peso en peso de agua en una muestra de suelo; **Mh** es la masa de agua que resulta de la diferencia de pesar la muestra con humedad (del campo) y la misma muestra después de haber sido sometida a estufa a 105°C durante 24 a 48 hs; **Ms** es la muestra con suelo seco y **T** es el peso del recipiente que contiene la muestra.

La muestra se extrae a campo y se coloca en un recipiente hermético para que no pierda humedad. Inmediatamente se pesa y se lleva a estufa a 105 °C durante 24- 48 hs hasta que dicha muestra tenga peso constante, señal de que perdió toda el agua. Se toma el peso seco y el peso de la tara (contenedor de la muestra).

Contenido volumétrico:

Representa el volumen total de agua de una muestra en relación al volumen total de suelo. Expresa el volumen de agua de una muestra de suelo en relación al volumen total de la misma.

Si se multiplica el contenido gravimétrico en porcentaje por la densidad aparente del suelo se obtiene el contenido volumétrico:

$$\emptyset\%V/V = W\% \partial ap$$

Lámina de agua:

Esta es otra forma de conocer el contenido de agua del suelo, siendo muy habitual. Se expresa a través de determinada altura dada convencionalmente en milímetros. Esta altura se encuentra contenida en la profundidad de las raíces. Para conocer el volumen de agua debe referenciarse a una superficie, porque:

$$\text{Vol.} = \text{Lámina} \times \text{superficie}$$

Para expresar el contenido de agua del suelo en término de lámina, es decir, una altura (unidad de longitud) se relacionarán las dos formas vistas de expresar el contenido de humedad, es decir, el porcentaje de humedad gravimétrico y el porcentaje de humedad volumétrico. Entonces:

Se supone un volumen de suelo con las fases separadas (hipotético) contenidas en un cubo de lado **D**:



V_s = Volumen de suelo (aparente)

(%) = porcentaje volumétrico de agua del suelo

δ_{ap} = densidad aparente del suelo (gr/cc)

δ_a = densidad del agua. (gr/cc)

m_{ss} = masa de suelo seco (gr)

m_{agua} = masa de agua del suelo (gr)

$W(\%)$ = porcentaje gravimétrico de agua del suelo.

d es la lámina total de agua en el suelo.

$$V_s = D^3$$

$$\theta\% = \frac{d}{D} \times 100$$

$$\delta_{ap} = \frac{m_{ss}}{V_s}$$

$$\delta_{agua} = 1$$

$$m_{ss} = \delta_{ap} \times D^3$$

$$m_{agua} = \frac{d \times D^2}{1} \times \delta_{agua}$$

$$W\% = \frac{d \times D^2}{\delta_{ap} \times D^3} \times 100$$

$$d = \frac{W\%}{100} \times \delta_{ap} \times D$$

$$\theta\% = W\% \times \delta_{ap}$$

Constantes Hídricas

Son determinados contenidos de agua en el suelo que caracterizan situaciones particulares y que su interpretación y conocimiento es de interés para los cálculos en riego.

Capacidad de campo (CC):

Es el límite superior de extracción de agua por parte del cultivo. Conceptualmente es la máxima cantidad de agua que el suelo puede retener una vez que drenó toda el agua gravitacional después de un riego o lluvia.

Para medirlo se toma el porcentaje gravimétrico (por el método de gravimetría) en mediciones sucesivas a partir de un tiempo desde la aplicación del riego 18hs aproximadamente, hasta que los valores gravimétricos permanecen constantes (cuando cesa el drenaje). Dependiendo del suelo esto suele ocurrir entre 24 y 48 hs después del riego. En relación a la fuerza de retención de agua, en general $\psi = -0,33$ bares.

Punto de marchitez permanente (PMP):

Es el límite inferior de extracción por parte del cultivo. Contenido de humedad del suelo a partir del cual la planta se marchita en forma permanente y aunque se someta a una atmósfera saturada de vapor de agua (humedad ambiental 100%), no se recupera. En el caso de que sea regada, sí se recupera aunque si es prolongado el periodo de tiempo en punto de marchitez permanente, la planta puede morir. A efectos prácticos se toma la humedad retenida a -15 bares.

Agua útil (o disponibilidad total para la planta o agua utilizable. AU):

Diferencia entre el límite máximo (capacidad de campo) y el límite mínimo de extracción (punto de marchitamiento permanente) que integra un rango donde el cultivo puede extraer agua.

Umbral de Riego (UR):

Porcentaje del agua útil que marca un determinado límite de humedad del suelo a partir del cual el agua no puede ser extraída por las raíces sin producir cierto estrés hídrico e ir en detrimento de la producción. Según Daniel Prieto (2018) "...*el agua del suelo no puede ser extraída por las raíces con la velocidad suficiente para satisfacer la demanda transpiratoria y entonces el cultivo comienza a sufrir estrés hídrico...*"

El valor porcentual del umbral de riego puede variar, con lo cual la fracción fácilmente aprovechable también varía según las distintas etapas fenológicas si se habla de un mismo cultivo, o de diferentes variedades dentro de un mismo cultivo. También es variable en función al poder evaporante de la atmósfera y según el tipo de suelo porque la extracción de agua por parte de la planta depende del nivel de energía con que está retenida en la matriz del mismo.

El valor de UR debe expresarse como un porcentaje del agua útil total fácilmente aprovechable el cual tendrá un valor real expresado en contenido gravimétrico o contenido volumétrico. Este valor de humedad representa el momento en el cual al llegar a él en la humedad de suelo previamente calculada, deberá volver a regarse el cultivo, porque marca el límite entre el agua que se extra fácilmente y el agua remanente que debe quedar en el suelo porque al extraerla más allá de ese punto de humedad límite la planta gasta energía entrando en un determinado estrés (como por ejemplo desarrollo de canopia, producción de flores, rendimiento de frutos, etc.)

Distintas expresiones y cálculo de contenido de agua en términos de altura

A partir de la ecuación delámina de agua (9) y expresado como (d) pueden obtenerse diferentes láminas según la fracción que se considera, a saber:

$$\text{Lámina } a_{Cc} = (W_{cc} \cdot \delta_{ap} \cdot D)$$

$$\text{Lámina } a_{Pmp} = (W_{pmp} \cdot \delta_{ap} \cdot D)$$

La diferencia entra ambas desde el límite superior a capacidad de campo hasta el inferior a punto de marchitez permanente represente el agua útil total.

$$\text{Lámina útil total} = (W_{cc} - W_{pmp}) \cdot \delta_{ap} \cdot D$$

$$\text{Lámina fácilmente aprovechable} = (W_{cc} - W_{pmp}) (1 - UR) \cdot \delta_{ap} \cdot D$$

$$\text{Lámina remanente} = (W_{act} - W_{pmp}) \cdot \delta_{ap} \cdot D$$

$$\text{Lámina de reposición o de riego} = (W_{cc} - W_{act}) \cdot \delta_{ap} \cdot D$$

$$\text{Lámina consumida} = (W_{cc} - W_{act}) \cdot \delta_{ap} \cdot D$$

$$\text{Lámina de riego con un UR dado para diseño} = (W_{cc} - W_{pmp}) (1 - UR) \cdot \delta_{ap} \cdot D$$

$$\text{Lámina de riego consumida en un periodo} = (W_{inic} - W_{final}) \cdot \delta_{ap} \cdot D$$

Siendo:

W_{cc} porcentaje gravimétrico de agua del suelo en capacidad de campo.

W_{pmp} porcentaje gravimétrico de agua del suelo en punto de marchitez permanente.

W_{act} porcentaje gravimétrico de agua del suelo en humedad actual, es decir, en el momento en que se obtiene una determinada humedad en el suelo, que se encuentra contenido dentro del agua útil.

La lámina útil total es la lámina almacenada en el suelo comprendida entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

La lámina fácilmente aprovechable o lámina de riego con un UR determinado para diseño es la lámina equivalente a un porcentaje de la lámina útil total considerando este UR, es decir la fracción ($P = 1 - UR$) fácilmente aprovechable que es la que el cultivo puede consumir sin producir merma en el rendimiento o producto. Entonces, el *agua fácilmente aprovechable* es la que se encuentra en el rango comprendido entre capacidad de campo y el porcentaje de humedad correspondiente al umbral de riego ya descrito.

La lámina remanente es la lámina almacenada en el suelo comprendida entre una humedad actual determinada y el punto de marchitez permanente. Es la fracción del agua útil total que queda en el suelo. A los efectos prácticos el cálculo de esta lámina no tiene utilidad salvo que se esté refiriendo al UR.

La lámina consumida o de reposición según sea el caso, representa la fracción comprendida entre capacidad de campo y la humedad actual en el momento que se va a regar o que se quiere conocer lo que se va a reponer.

Lámina de riego consumida en un periodo, es la diferencia entre la lámina de suelo al inicio del periodo determinado con una humedad ($W_{inicial}$) y la lámina de suelo al final de dicho periodo dado con una humedad (W_{final}). Cuando el límite superior no coincide con la capacidad de campo, la lámina consumida se puede representar por la diferencia entre ellos.

Propiedades físicas del Suelo

Textura de suelo	Infiltración básica mm/hora	Espacio poroso %	Peso específico aparente gr/cm^3	Capacidad de campo gr/gr	Marchitez permanente gr/gr	Humedad Disponible		
						Peso seco en gr/gr	Volumen gr/gr	mm agua cada 10 cm de suelo
	Ib	N	PEA	Wc	Wm	Wc-Wm	$(Wc-Wm) \cdot \rho_a$	$D=(Wd/100) \cdot PEA \cdot D$
Arenoso	50 (25-250)	38 (32-42)	1,65 (1,55-1,8)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	8,2 (6,2-10,8)
Franco arenoso	25 (13-75)	43 (40-47)	1,50 (1,40-1,60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	12 (8,4-16)
Franco	12,5 (7,5-20)	47 (43-49)	1,4 (1,35-1,50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-24)	17 (14-20)	16,8 (13,5-21)
Franco arcilloso	7,5 (7,5-20)	49 (47-51)	1,35 (1,30-1,40)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	18,9 (15,6-22,4)
Arcilloso limoso	2 (2-15)	51 (49-53)	1,3 (1,25-1,35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	20,8 (17,5-24,3)
Arcilloso	0,5 (0,1-1)	53 (51-55)	1,25 (1,20-1,30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-25)	22,5 (19,2-26)

Intervalo de riego

Cuando se almacena agua en un suelo hasta capacidad de campo, a la profundidad radical necesaria según el cultivo y si se tiene en cuenta la lámina de reposición fijada con un umbral de riego dado, esta lámina calculada se utilizará determinados días según sea la necesidad del cultivo o evapotranspiración del mismo. Para calcular cuándo se debe volver a regar, surge el concepto de intervalo de riego. Este es la cantidad de días en que será necesario volver a regar porque se agota la lámina fácilmente aprovechable o fracción P. Este intervalo se calcula como sigue:

$$IR = \text{Lámina de reposición o de riego} / ETc$$

PROBLEMAS DE APLICACIÓN

Con los conceptos y fórmulas básicas precedentes, a continuación se agregan problemas típicos de aplicación:

1. Determinar el contenido de humedad en porcentaje de peso seco y en mm para un suelo de una profundidad de 75 cm. Datos de la muestra:

Peso húmedo: 140,5 gr.

Peso seco: 122 gr.

Tara de pesafiltro: 40 gr.

P.E.A.: 1,31 gr/cc

2. Si el suelo anterior se debe regar cuando el umbral de riego es de 60 % ¿Cuál será el porcentaje que tendrá en el momento de la reposición y cuántos mm habrá que reponer? cc: 27 % y pmp: 13 %.

3. Calcular el volumen de agua disponible en una hectárea de suelo, teniendo los siguientes datos: PEA= 1,25 gr/cm³; profundidad del suelo= 1 m; CC= 21 %; PMP= 12 %.

4. Calcular la lámina de agua que perdió un suelo en un periodo de 14 días, cuando su contenido hídrico en base al peso disminuye de 24,4 % a 11,6 %. PEA= 1,40 gr/cm³; Prof. Raíces= 80 cm.

5. ¿Cuántos milímetros de agua contiene un perfil de 1 metro de profundidad, si el contenido de humedad gravimétrico de los primeros 40 cm. Es del 15 % y el de los 60 cm inferiores es de 25 %? Las respectivas densidades aparentes son 1,20 gr/cm³ y 1,4 gr/cm³.

6. Calcular la lámina total disponible en la rizósfera de un suelo estratificado cultivado con algodón siendo la profundidad de raíces 100 cm.

Estrato (cm)	Textura	CC (%)	PMP (%)	PEA (gr/cm³)
0- 20	Fr. Are- limoso	34,5	17,5	1,57
20-40	Arcilloso	34,8	21,6	1,63
40-70	Arcilloso	30,7	18,8	1,69
70-150	Fr. Are- limoso	31,1	16,8	1,60

7. Con los datos del problema anterior, calcular la lámina de agua que perdió el suelo en la profundidad 40-70 cm. En un periodo de 15 días, cuando su contenido hídrico en base a peso disminuye de 30,7 % a 15,6 %.

8. Dado un cubo de suelo de 10 cm. de lado, con una masa de suelo húmedo de 1460 gramos, de los que 260 gramos son de agua. Calcular:

Contenido de agua en masa.

Porcentaje de agua sobre suelo seco.

Contenido volumétrico de agua.

Contenido volumétrico en porcentaje.

Lámina de agua.

Densidad aparente.

Porosidad del suelo.

9. ¿Cuál es la lámina remanente y consumida en un suelo franco si la humedad actual es de 18 %? Prof. raíces: 50 cm.

10. Repetir la operación del ejercicio anterior considerando que el contenido de humedad actual es el 60 % de agua útil.

11. Determinar la lámina de reposición considerando que el suelo fue regado en las condiciones del cuadro desarrollado a continuación:

Estrato (cm) Capacidad de campo (%) Humedad actual (%)

0-25 19 11

25-50 16 11

50-75 18 14

75-100 22 19

100-150 16 15

Suelo franco, PEA: 1,42 gr/cc

12. ¿Qué profundidad mojará una lluvia de 35 mm. aplicada en el suelo anterior que se encuentra con su humedad actual?

13. el contenido del agua de un suelo es de 113 mm. y se consumen en verano 7 mm/día. ¿Cada cuántos días se deberá volver a regar?

14. En el suelo anterior se pretende regar cuando el contenido de agua haya descendido hasta el 70 % de la lámina total, con un consumo invernal de 3 mm. Cada cuantos días será necesario volver a regar.

Fuentes consultadas:

- . Angella, G. et al. (2016). Conceptos básicos de las relaciones agua- suelo-planta. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero. ISSN en trámite.
- . Assan, M (2013) Evaluación Económica del Cultivo de Melón bajo diferentes estrategias de riego. Tesis para optar título de Magister Scientiae en Riego y Drenaje. Editorial Científica Universitaria. Catamarca. ISBN: 978-987-661-163-3.
- . Cátedra Riego y Drenaje (2017). Apuntes de clases teórico- prácticas. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCa.
- . Grassi, C. J. (1998). Fundamentos del riego. CIDIAT, Serie: Riego y Drenaje 38.
- . Jara, J. y Valenzuela, A. (1998). Relaciones S- A- P-. II:El agua en el suelo. Facultad de Ingeniería Agrícola, Dpto. Riego y Drenaje. Universidad de Concepción. Chile.
- . INTA-PROCADIS. (1999). Curso a distancia sobre métodos de riego. Módulo I. Relación agua-suelo-cultivo.
- . Lafi, S.; Angella, G. A.; Frías, C. (2011). Retención y flujo de agua en el suelo. Apuntes de Cátedra de Hidrología Agrícola. Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- . Prieto, D. (2017). Relaciones suelo- planta- agua- atmósfera. Módulo I. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero.
- . Prieto, D. (2018). Apuntes curso de posgrado Relación agua- suelo- planta- atmósfera. Maestría en Riego y Uso Agropecuario del Agua. UNCa. Catamarca.
- . Salgado, E. (2001). Curso Relación suelo- agua- planta. Ediciones Universitarias de Valparaíso de la Universidad Católica de Valparaíso, Chile. ISBN 956-17-0321-1.

En internet:

- . <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/composicion-y-clasificacion-de-los-suelos-1293271.html>
- . http://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm