

2.3.2. Franjas de humedecimiento, bulbo húmedo, profundidad efectiva de la raíz

Franjas de humedecimiento

Las franjas de humedecimiento guardan relación con la textura del suelo y con el distanciamiento entre las franjas; así como también con el frontis húmedo, formado de acuerdo al tipo de sistema de riego utilizado.



Figura 57. Franjas de humedecimiento.



Figura 58. Surcos mellizos por franja de humedecimiento en el sistema de riego por goteo.

Humedecimiento del área sombreada

Para plantaciones de cultivos perennes, el manejo del riego, se realiza a nivel del área del círculo sombreado, en el cual se realizan las enmiendas, incorporación de materia orgánica y el riego a nivel de anillos concéntricos, de acuerdo al crecimiento de la planta.



Figura 59. Humedecimiento del área sombreada.



Figura 60. Humedecimiento en anillo del área sombreada.

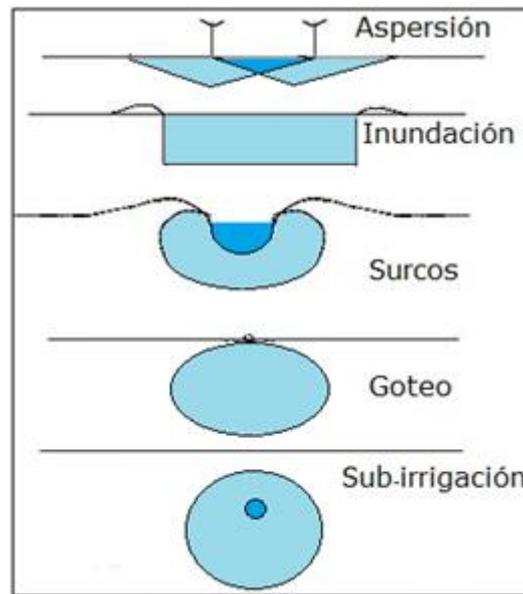


Figura 61. Sección de humedecimiento, por sistema de riego.

Bulbo húmedo

De acuerdo a la textura del suelo, el bulbo húmedo se va ensanchando en sentido horizontal o alargando en sentido vertical debido a la capilaridad, gravedad y porosidad.

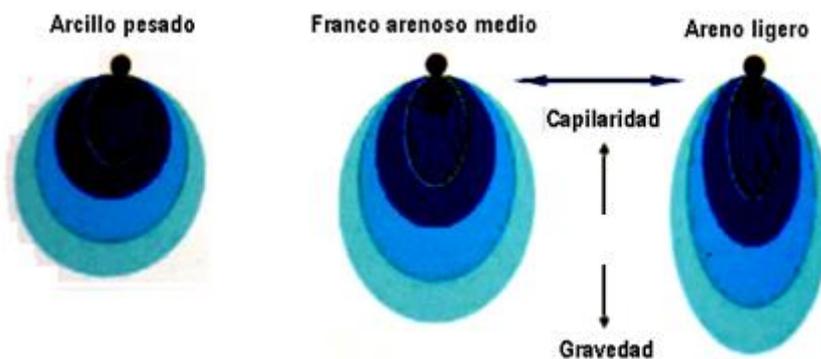


Figura 62. Bulbo húmedo por tipo de suelo.

Profundidad efectiva de raíz

Las raíces profundizan en busca de humedad, sobre todo cuando el agua escasea; pero la mayor concentración de raíces, siempre se hallan cercanas a la superficie, en un orden mayor al 80%; Si se riega a la profundidad de las raíces, este problema induce a un mayor gasto de agua, en detrimento de la eficiencia del sistema; por lo que se recomienda, regar hasta la profundidad efectiva de la raíz, donde se hallan la mayor cantidad de raíces y raicillas de la planta, entre el 80% y 85% de concentración.

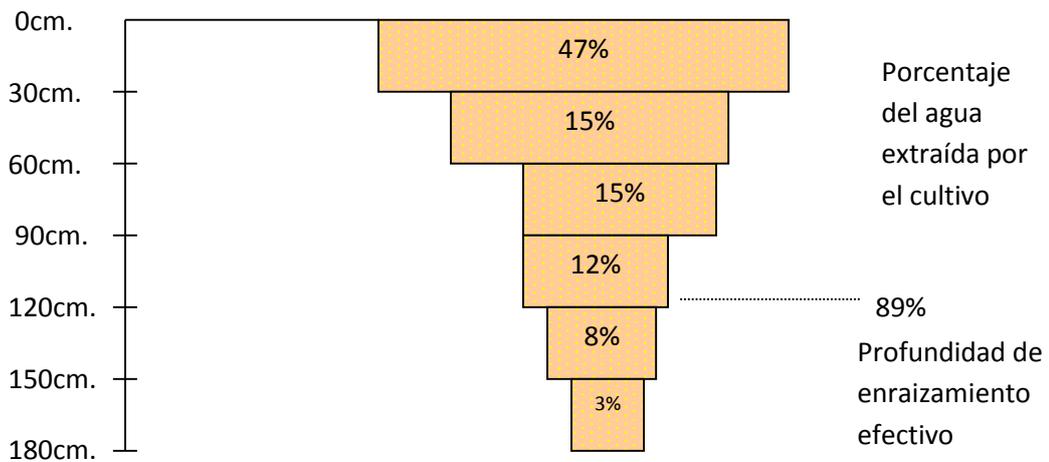


Figura 63. Distribución de las raíces y extracción del agua por un cultivo de alfalfa.

Por lo tanto, la lámina de riego se determina tomando en consideración a la profundidad efectiva del sistema radicular que corresponde al perfil del cual un cultivo en pleno desarrollo extrae de 80 – 85% del agua entre riegos sucesivos.

PROFUNDIDAD MEDIA DE LAS RAICES DE LOS CULTIVOS					
Cultivo	Prof. (metros)	Cultivo	Prof. (metros)	Cultivo	Prof. (metros)
Aguacate	0.8-1.2	Col y coliflor	0.6	Patata	0.6-0.9
Albaricoque	0.6-1.4	Esparrago	1.2-1.8	Pepino	0.4-0.6
Alcachofa	0.6-0.9	Espinaca	0.4-0.6	Peral	0.6-1.2
Alfalfa	1.2-1.8	Fresa	0.3-0.5	Pimiento	0.4-0.9
Algodón	0.6-1.8	Girasol	1.5-2.5	Remolacha	0.6-1.2
Almendro	0.6-1.2	Guisantes	0.4-0.8	Soja	0.6-1.0
Avena	0.6-1.1	Lechuga	0.2-0.5	Sorgo	0.6-0.9
Berenjena	0.5-0.6	Leguminosas grano	0.5-1.0	Tabaco	0.5-0.9
Cebada	0.9-1.1	Maiz grano	0.6-1.2	Tomate	0.6-1.2
Cebolla	0.3-0.6	Manzano	0.8-1.4	Trigo	0.8-1.1
Cerezo	0.8-1.2	Melocotón	0.6-1.2	Vid	0.8-1.1
Ciruelo	0.8-1.2	Melón	0.6-1.1	Zanahoria	0.4-0.6
Cítricos	0.9-1.5	Olivo	0.9-1.5		

Figura 64. Profundidad efectiva del sistema radicular de algunos cultivos.

2.3.3 Evapotranspiración del cultivo y coeficiente de cultivo

La evapotranspiración del cultivo es el resultado de la determinación de la evapotranspiración referencial o evapotranspiración potencial (ETo), multiplicado por el coeficiente de desarrollo fenológico del cultivo (Kc); siendo este último determinado experimentalmente, mediante la relación del consumo de agua medido en un lisímetro de drenaje libre o de otro tipo y la evapotranspiración referencial o potencial.



Figura 65. Determinación del coeficiente del cultivo (Kc) en el lisímetro.

La otra forma de estimar la evapotranspiración del cultivo, es realizada mediante el tanque evaporímetro modelo “A”, que tiene por características, de una altura de 25 cm y un diámetro de 1.128 cm, (1 m²) y es aislado del suelo por maderos de 15 cm de alto.

Por sus características de construcción, influencias de la humedad relativa y lugar donde vienen los vientos, sus resultados son afectados con un mínimo de 0.50 y un máximo de 0.85, como se puede apreciar en el Cuadro de Coeficientes de Cubeta Clase “A” (Kc).

EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO TANQUE EVAPORIMETRO

$$ET_c = E_{T_o} \times K_c$$

$$L_t \times F_t$$

Donde:

E_{T_c} : Evapotranspiración del cultivo (mm)

E_{T_o} : Evapotranspiración potencial (mm)

K_c : Coeficiente del cultivo

L_t : Lectura del tanque (mm)

F_t : Factor de corrección de tanque (0.60 – 0.75)

Figura 66. Determinación del E_{T_c} .

Cultivo de Grass Referencial y Tanque Evaporímetro



Figura 67. Tanque evaporímetro.

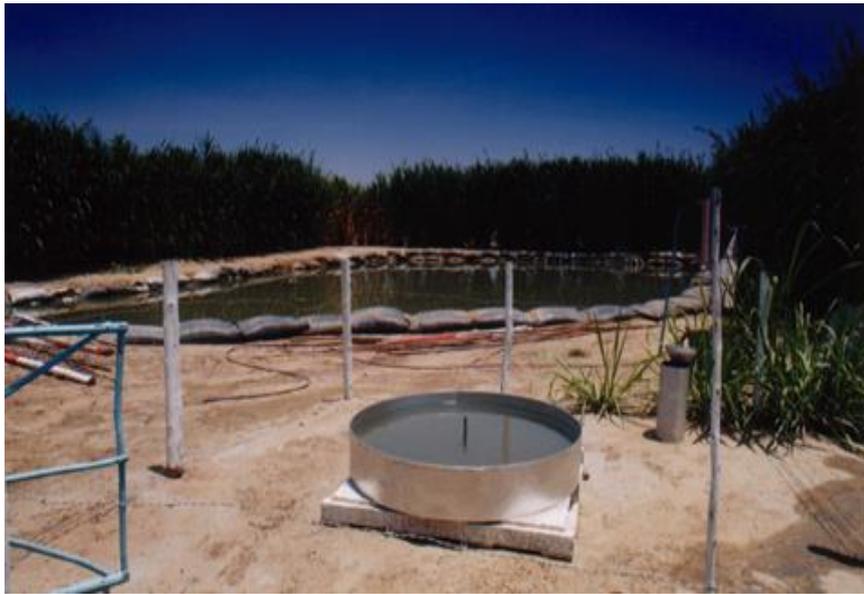


Figura 68. Método práctico: Tanque Evaporímetro.

Tabla 36.

Coeficiente de la cubeta clase "A".

Coeficiente de la Cubeta Clase "A" (Kp)							
Vientos		Cubeta con cubierta verde baja			Cubeta con barbecho de secano		
Vientos (Km / día)	Distancia de donde viene el viento	Humedad Relativa			Humedad Relativa		
		Baja <40	Media 40-70	Alta >70	Baja <40	Media 40-70	Alta >70
Débiles < 175 Km/h	0,0	0,55	0,65	0,75	0,70	0,80	0,85
	10,0	0,65	0,75	0,85	0,60	0,70	0,80
	100,0	0,70	0,80	0,85	0,55	0,65	0,75
	1000,0	0,75	0,85	0,85	0,50	0,60	0,70
Moderados 175-425 Km/h	0,0	0,50	0,60	0,65	0,65	0,75	0,80
	10,0	0,60	0,70	0,75	0,55	0,65	0,70
	100,0	0,65	0,75	0,80	0,50	0,60	0,65
	1000,0	0,70	0,80	0,80	0,45	0,55	0,60
Fuertes 425-700 Km/h	0,0	0,45	0,50	0,60	0,60	0,65	0,70
	10,0	0,55	0,60	0,65	0,50	0,55	0,65
	100,0	0,60	0,65	0,70	0,45	0,50	0,60
	1000,0	0,65	0,70	0,75	0,40	0,45	0,55
Muy fuertes > 700 Km/h	0,0	0,40	0,45	0,50	0,50	0,60	0,65
	10,0	0,45	0,55	0,60	0,45	0,50	0,55
	100,0	0,50	0,60	0,65	0,40	0,45	0,50
	1000,0	0,55	0,60	0,65	0,35	0,40	0,45

Necesidades diarias de frecuencia y horas de riego

CALCULO DEL ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA LOS CULTIVOS

LAMINA NETA

$$Ln = \frac{CC - PMP}{100} \times Da \times Pr \times Cr$$

Donde:

- Ln = Lamina neta [mm]
- CC = Capacidad de Campo [%]
- PMP = Punto de Marchitez Permanente [%]
- Da = Densidad Aparente [gr/cm³]
- Pr = Profundidad efectiva de las raíces [m]
- Cr = Criterio de Riego [%] o Fracción de Agotamiento (Fa)

*Figura 69. Lámina neta.*

Evapotranspiración del Cultivo - (ETc)

Consumo diario de agua por las plantas

ETc = Coeficiente (Kc) Cultivo x Evapotranspiración Potencial

$$= (Kc) \times (ETo)$$
$$= 0.90 \times 3.16$$

ETc = 2.84 mm/día

$$ETc = ETo \times Kc$$
*Figura 70. Evapotranspiración del cultivo.*

Precipitación Riego por Goteo



Figura 71. Precipitación de riego por goteo.

Cálculo de Horas de Riego

Cálculo de Horas de Riego

$$\begin{aligned} Hr &= ETc / PP \\ &= (3.32 \text{ mm/día}) / (1.66 \text{ mm / hr}) \\ &= 2.0 \text{ hrs / día} \end{aligned}$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración del Cultivo (mm / día)

PP = Precipitación del Sistema de Riego (mm / hora)

Figura 72. Horas de riego.



Para el cálculo de la Lámina de la Evapotranspiración del Cultivo, se utilizan los datos del Coeficiente del Cultivo (K_c): al inicio, crecimiento, desarrollo, madurez fisiológica e inicio de la madurez, datos que luego son multiplicados por los datos de la Evapotranspiración referencial (ETo), proporcionados por cada mes del año (mm/mes).

Tabla 37.

Coeficientes de cultivo (K_c) para las especies vegetales y estados de desarrollo.

COEFICIENTES DE CULTIVO (K_c) PARA LAS ESPECIES VEGETALES Y ESTADO DE DESARROLLO										
CULTIVO	INICIO		CRECIMIENTO		DESARROLLO		MADUREZ FISIOLÓGICA		INICIO MADUREZ	
Alfalfa	0,30	0,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Avena	0,30	0,40	0,70	0,80	1,00	1,15	0,60	0,70	0,20	0,25
Trigo	0,30	0,40	0,70	0,80	1,00	1,15	0,60	0,70	0,20	0,25
Remolacha	0,25	0,40	0,60	0,70	0,90	1,10	0,90	1,10	0,80	0,90
Papa	0,40	0,50	0,70	0,80	1,00	1,20	0,95	1,00	0,65	0,75
Tabaco	0,30	0,40	0,70	0,90	1,00	1,20	0,90	1,00	0,75	0,85
Maíz	0,30	0,50	0,70	0,85	1,00	1,20	0,80	0,95	0,50	0,60
Frijol verde	0,30	0,40	0,65	0,75	0,95	1,05	0,90	0,95	0,85	0,95
Frijol grano	0,30	0,40	0,70	0,80	1,05	1,20	0,65	0,75	0,25	0,30
Vid	0,30	0,50	0,60	0,80	0,80	0,90	0,60	0,80	0,50	0,70
Frutal caducifolios	0,40	0,50	0,75	0,85	1,10	1,20	1,10	1,20	0,70	0,90
Cítricos	0,60	0,70	0,60	0,70	0,80	0,90	0,80	0,90	0,60	0,70
Palto	0,60	0,70	0,60	0,70	0,80	0,90	0,80	0,90	0,60	0,70
Frutal siempre verde	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Arveja verde	0,40	0,50	0,70	0,85	1,05	1,20	1,00	1,15	0,95	1,05
Pimentón	0,30	0,40	0,60	0,75	0,95	1,10	0,95	1,10	0,80	0,90
Cebolla	0,40	0,50	0,60	0,80	0,95	1,15	0,80	1,00	0,70	0,80
Cebolla verde	0,40	0,50	0,60	0,75	0,95	1,10	0,95	1,10	0,95	1,10
Tomate	0,30	0,40	0,60	0,80	1,10	1,25	0,80	1,00	0,60	0,80
Sandía	0,40	0,50	0,70	0,80	0,95	1,05	0,80	0,95	0,65	0,75
Melón	0,40	0,50	0,60	0,75	0,95	1,05	0,70	0,80	0,60	0,70
Zapallo	0,40	0,50	0,60	0,75	0,95	1,05	0,70	0,80	0,60	0,70
Hortalizas	0,30	0,40	0,60	0,75	0,90	1,10	0,90	1,10	0,80	0,90
Algodón	0,30	0,40	1,00	1,20	1,20	1,00	0,70	0,70	0,50	0,50
Cebada	0,30	0,40	0,70	0,80	1,00	1,15	0,60	0,70	0,20	0,25

Fte: FAO.



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria



San Andre de Tupicocha, Huarochiri, Lima (Lat 12° 1' 28" S Long 76° 30' 5")

	P50 (Mm/month)	Temp (mean) (deg. C)	(DTR) (deg. C)	Ref Humid (%)	Sunshine (% of Hrs)	Wind Run (m/s)	Penman ETo (mm/day)
Jan	17.90	15.00	10.50	76.00	43.00	3.90	3.44
Feb	37.61	15.30	10.40	76.00	45.00	3.70	3.47
Mar	56.27	15.10	11.00	77.00	48.00	3.80	3.31
Apr	1.50	14.30	12.10	74.00	54.00	3.50	3.17
May	0.12	11.90	12.80	71.00	54.00	3.50	2.89
Jun	0.12	11.90	13.90	68.00	49.00	3.50	2.72
Jul	0.12	11.30	13.90	67.00	48.00	3.70	2.79
Aug	0.17	11.60	13.40	68.00	47.00	4.10	3.02
Sep	0.17	12.20	11.90	71.00	43.00	4.10	3.12
Oct	0.14	12.90	11.80	72.00	45.00	4.00	3.35
Nov	0.12	13.60	12.00	71.00	47.00	4.00	3.58
Dec	7.16	14.10	12.00	73.00	45.00	4.20	3.55

Data from IWMI Water & Climate Atlas (www.iwmi.org)

Figura 73. Página Web www.iwmi.org.

Evapotranspiración del Cultivo - (ETc)

Consumo diario de agua por las plantas

ETc = Coeficiente (Kc) Cultivo x Evapotranspiración Potencial

= (Kc) x (ETo)

= 0.90 x 3.16

ETc = 2.84 mm/día

$$ETc = ETo \times Kc$$

Figura 74. Evapotranspiración del cultivo.

Para determinar el consumo diario en litros por cada árbol, se determina el área sombreada a medio día (m^2); la que luego es multiplicada por la lámina neta de riego en ($mm/día$), dandonos por consumo: $(Lts/día/árbol)/Eficiencia$; para conocer el consumo total por hectárea, el dato se multiplica el número de árboles por hectárea.

Cálculo del almacenamiento de agua para los cultivos.

$$Ln = \frac{CC - PMP}{100} \times Da \times Pr \times Cr$$

Donde:

Ln = Lámina neta [mm].

CC = Capacidad de campo [%].

PMP = Punto de marchitez permanente [%].

Da = Densidad aparente [gr/cm^3].

Pr = Profundidad efectiva de las raíces [m].

Cr = Criterio de riego [%] o fracción de agotamiento [Fa].

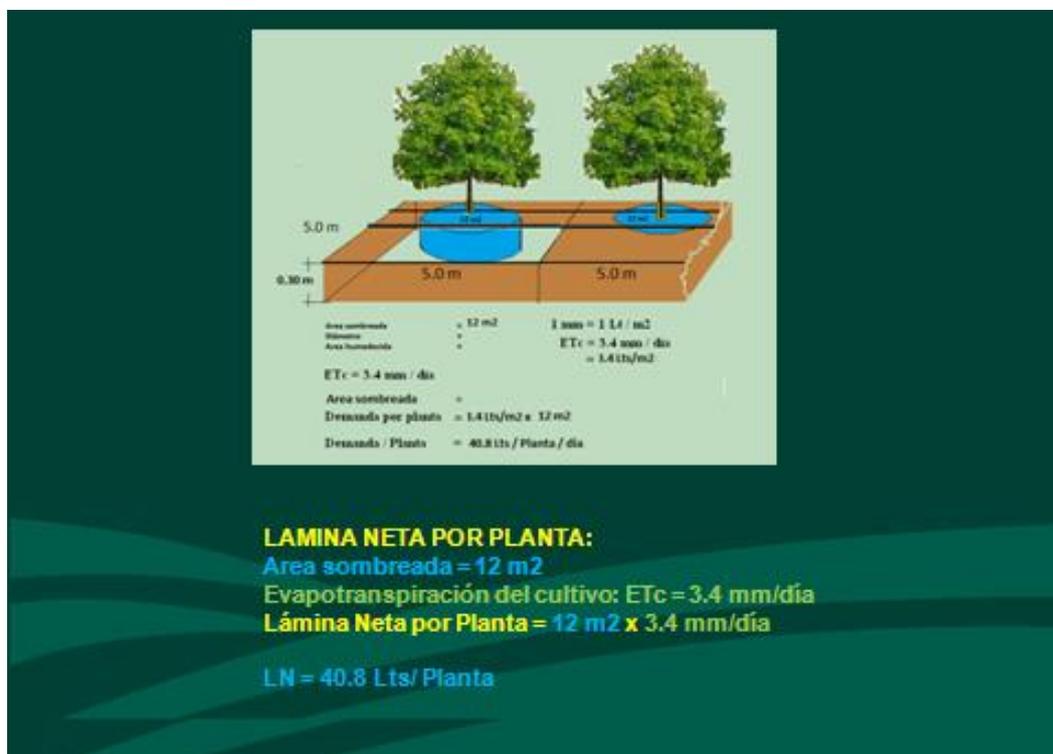


Figura 75. Lámina neta por planta.



Figura 76. Área sombreada a medio día (12 m²).

2.3.4 Lámina de almacenamiento, fracción de agotamiento y lámina de reposición

La lámina de almacenamiento, está relacionada con la textura del suelo y algunos casos con agregados tales como el contenido de materia orgánica incorporada y de protección como una cubierta de un mulch o colchón de materia orgánica que una vez descompuesta se incorpora al suelo.

Por otro lado, se relaciona con la profundidad de la raíz y profundidad efectiva de la raíz, donde se halla la mayor concentración de las raicillas en un orden mayor al 80%, que determina la lámina aconsejable regar y por otro con la presencia de sales en el suelo y agua.



Figura 77. Almacenamiento de agua en el suelo.

La Fracción de Agotamiento, se relaciona con una mayor eficiencia en el uso del recurso hídrico y como un parámetro de seguridad para una mayor productividad; es decir que no se debe agotar toda el agua almacenada, sino llegar hasta un límite en el cual la planta no gaste energía para extraer el agua del suelo; debido a ello, también, se hace uso del riego de alta frecuencia, es decir se riega todos los días para compensar el agua diaria consumida.

La Lámina de reposición, permite reponer el agua consumida hasta un porcentaje aconsejable para la especie dado por la fracción de agotamiento.



Figura 78. Almacenamiento de agua en el suelo.

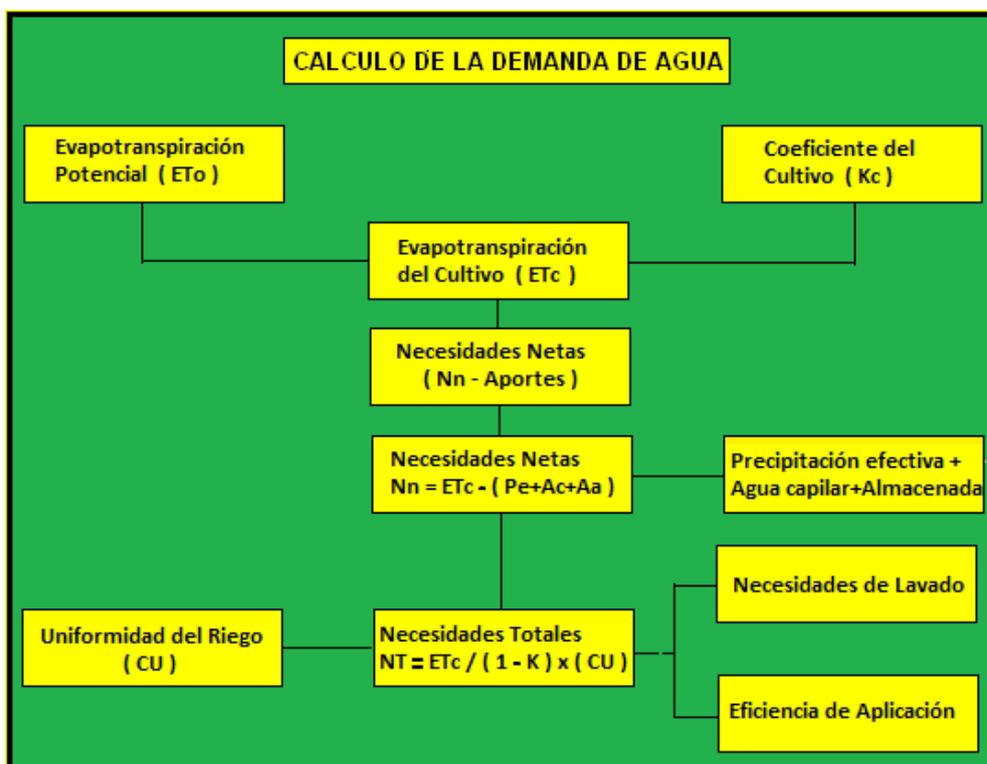


Figura 79. Cálculo de la demanda de agua.



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

2.4 Necesidades de agua de los cultivos

Lámina neta

Cálculo de la lámina neta.

Porcentaje de almacenamiento de agua en el suelo:

Capacidad de campo CC = 10%

Punto de marchitez permanente PMP = 4%

Densidad aparente Da = 1.40 gr/cc

Fracción de agotamiento Fa = 0.25

Profundidad de raíz Pr = 600 mm

Lámina Neta de riego LN = (CC-PMP) x Da x Fa x Pr /100

LN = 12.6 mm

Evapotranspiración del cultivo

ETc = ETo x Kc

ETo = Lt x Ft

ETc : Evapotranspiración del cultivo (mm).

ETo : Evapotranspiración potencial (mm).

Kc : Coeficiente del cultivo = 0.69

Lt : Lectura del tanque tipo "A" (mm) = 6.66 mm

Ft : Factor de construcción del tanque "A" = 0.75

Demanda total cultivo

Evapotranspiración potencial (ETo) = 6.66*0.75
= 5 mm / día

Factor (Kc) del cultivo = 0.69

Eficiencia de riego por goteo = 0.90

Demanda Diaria Cultivo = $\frac{\text{Evapotranspiración Potencial (ETo/día) x Kc (mm/día)}{\text{Eficiencia de Riego}}$

$$= \frac{5\text{mm} \times 0.69}{0.90}$$



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

Necesidades diarias

Lámina Total de Riego **DDC = 3.83 mm/día.**

Frecuencia de Riego

Lámina Neta Almacenada	= 12.6 mm.
Demanda Diaria del Cultivo	= 3.83 mm / día.
Frecuencia de Riego	= LN / DD.
	= 12.6 mm / (3.83 mm / día).
FR	= 3.3 días.

Tiempo de Riego - Horas

Precipitación de cintas de goteo por hora

Distancia entre laterales (cintas de goteo)	= 1.5 m.
Distancia entre goteros	= 0.20 m.
Caudal del gotero	= 0.5 l/h.
Lit /m2	= 1 mm.
10 m3 /ha	= 1 mm.

Precipitación por hora = $\frac{\text{Caudal gotero (l/h).}}{\text{Área marco plantación (m2).}}$

$$= \frac{0.5 \text{ l/h}}{1.5 \times 0.20}$$

PP = 1.66 mm/h

Tiempo de Riego (TR) = $\frac{\text{Demanda Total (mm/día)}}{\text{PP (mm/hr)}}$

TR = $\frac{3.83 \text{ mm/día}}{1.66 \text{ mm/h}}$

= 2.30 h/día

TR = 2 hrs: 18 minutos.

2.5 Precipitación del sistema de riego

La precipitación en los sistemas de riego tecnificado es importante determinarla, teniendo en consideración, que va a permitir determinar, las horas de riego necesarias hacerlas en un día.

Para ello, se debe determinar el caudal horario del emisor en litros por hora; asimismo determinar el marco en metros cuadrados de los distanciamientos entre los laterales y los emisores.

Ejemplo: en el Sistema de Riego INIA por goteo de baja presión, cada gotero descarga: 0.5 Lts/hr y el marco en m², de los distanciamientos entre laterales (cintas de goteo) y de los goteros es respectivamente: 1.50 m y 0.20 m, (0.3 m²).

Relacionando los 0.5 Lts/hr entre el marco 0.3 m², nos da una precipitación de:

$$P_p = (0.5 \text{ Lt/hr}) / (0.3 \text{ m}^2) = 1.66 \text{ Lt} / \text{m}^2.$$

Pero 1 mm equivale a 1 Lt/m² y a 10 m³/Ha (por definición); entonces:

$$P_p = 1.66 \text{ mm/hr} = 16.6 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

Si la lámina de consumo diario (necesidad diaria) es de 3.0 mm/día, se tendría que regar:

$$\text{Hr de riego} = (3.0 \text{ mm/día}) / (1.66 \text{ mm/hr}) = 1.8 \text{ hrs} = 1 \text{ hr: } 48 \text{ minutos}.$$

Otro **ejemplo:**

En el cultivo de Palto, al utilizar un gotero que trabaja a 10 m.c.a., descarga un caudal de 4 Lts/hr y el espaciado entre goteros es de 0.83 m y entre laterales 0.85 m; dando un marco de 0.70 m², luego la precipitación será: $P_p = (4 \text{ Lts/hr}) / (0.70 \text{ m}^2) = 5.7 \text{ mm/hr}$.



Figura 80. Sistema de microaspersión (riego localizado).

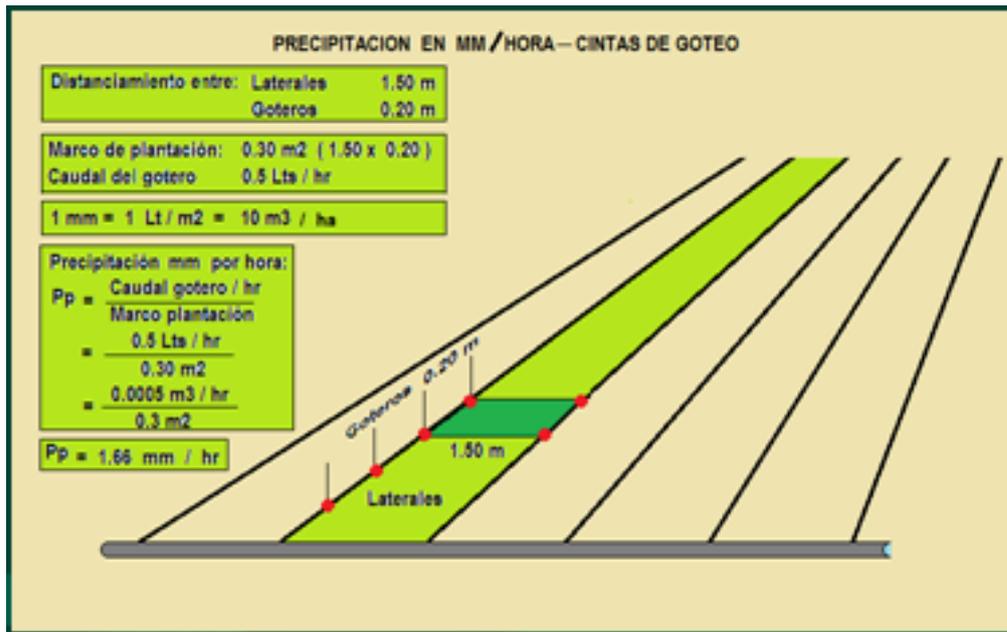


Figura 81. Precipitación riego por goteo.

Precipitación de un aspersor

En el sistema de aspersión, el aspersor debe proporcionar un caudal en litros por hora; el diámetro de humedecimiento, el diámetro la boquilla, así como la presión de trabajo.

En la tabla siguiente se presenta como ejemplo las especificaciones técnicas de un aspersor, en el cual a una presión de 3.5 bares un aspersor de boquilla 1/4" de pulgada proporciona 3830 litros por hora y humedece con un diámetro de 40.2 metros.

Tabla 38.

Especificaciones técnicas del aspersor VYR 70v0.

PRESIÓN BARES	7/32"		1/4"		9/32"		5/16"	
	L/h	Ø m	L/h	Ø m	L/h	Ø m	Ph	Ø m
2.8	2,630	36.30	3,250	38.40	3,550	39.00	4,650	39.80
3.15	2,810	36.90	3,450	39.30	3,800	40.20	4,970	40.80
3.50	2,850	37.50	3,830	40.20	4,400	41.40	5,270	43.80
4.20	3,250	38.70	4,000	41.70	4,860	43.20	5,770	44.40
4.55	3,450	39.40	4,180	42.60	5,080	44.10	6,040	45.60
5.60	3,650	41.40	4,490	44.40	5,470	45.70	8,490	47.40

2.6 Granulometría en el almacenamiento de agua

Efectos de la compactación del suelo

La compactación del suelo produce un aumento en su densidad aparente, aumenta su resistencia mecánica a la penetración y destruye y debilita su estructuración, haciendo disminuir la porosidad total y la macro porosidad del suelo, traduciéndose sus efectos en un menor desarrollo del sistema radicular de las plantas y por tanto, un menor desarrollo y producción de la planta.

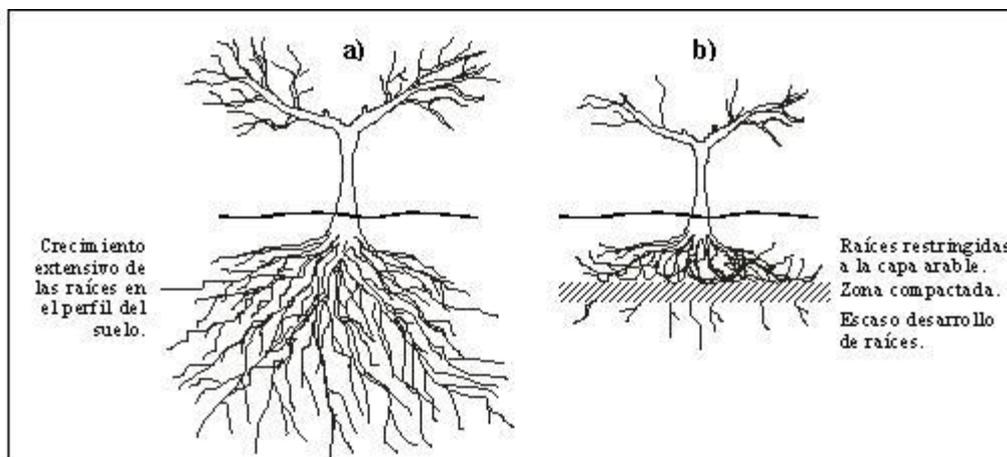


Figura 82. Desarrollo de la raíz sin restricciones físicas de suelos (a) y raíz en suelos con estrato de suelo compactado (b).

El aumento de la resistencia mecánica del suelo va a restringir el crecimiento de las raíces a espacios de menor resistencia, tales como los que se ubican entre las estructuras de terrones, en cavidades formadas por lombrices y en espacios producidos por la descomposición de restos orgánicos gruesos, formándose un patrón de crecimiento de raíces aplanadas, ubicadas en fisuras del suelo, con escasa exploración del volumen del suelo.

La disminución de la macro porosidad del suelo va a producir una baja capacidad de aireación y oxigenación del suelo, que va a producir una disminución de la actividad de las raíces y, consecuentemente, un menor crecimiento de éstas, un menor volumen de suelo explorado, una menor absorción de agua y nutrientes, agravándose este efecto cuando se riega en forma excesiva, llegando a producirse la muerte de las raíces por asfixia.



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



Factores relacionados con el suelo

Características físicas y propiedades mecánicas del suelo:

Textura.

Densidad aparente.

Estabilidad y tipo la estructura.

Resistencia a la deformación.

Contenido de humedad del suelo: a mayor contenido de humedad, el suelo puede deformarse y compactarse con menores presiones recibidas; por tanto, las labores deben realizarse con el suelo lo más seco posible.

Medidas que pueden ayudar a evitar el problema

Incorporación de materia orgánica al suelo; la materia orgánica incorporada al suelo, actúa en forma directa e indirecta, favoreciendo la formación y estabilidad de la estructura del suelo, la que ayuda a prevenir la compactación.

Uso de cubiertas vegetales, la penetración de las raíces y su posterior muerte producen poros continuos que ayudan al movimiento del aire y el agua en el suelo, incorporando materia orgánica al suelo.

Uso de pistas de circulación exclusivas para el tránsito de la maquinaria pesada; así se puede evitar el paso innecesario de maquinaria por otra superficie del suelo.

Ajustar la maquinaria a una misma trocha, medida orientada a reducir el área usada por la maquinaria, manteniendo una sola huella para el paso de las ruedas.

Evitando la compactación del suelo

Para abordar el problema de la compactación, se pueden tomar medidas correctivas, como en el caso del subsolado, y medidas de tipo complementaria, que no modifican rápidamente la condición actual del suelo, pero que ayudan a mejorar el comportamiento del cultivo o bien tiene un efecto en el suelo a un mediano plazo.



Subsolado

La práctica del subsolado consiste en soltar el suelo poco más bajo que la profundidad normal de cultivo, usando un arado de uno o más brazos rígidos, con el objetivo de romper capas de suelos compactadas. Los subsoladores normalmente trabajan a profundidades de 30-70 cm. Existe también la alternativa de usar algún tipo de arado de vertedera, teniendo en consideración que la capacidad de profundizar es menor y tiene mayores requerimientos de potencia.

Cuando el subsolador pasa por el suelo va soltando las capas compactadas, levantándolas y disgregándolas, formándose una red de macro poros interconectados; algunos de los cuales, van desde el subsuelo suelto hasta la superficie, actuando como vías para la penetración de raíces y el flujo de aire y agua.

El subsolado es una labor de elevado costo y por lo tanto debe hacerse sólo cuando las características del suelo lo justifican. Por lo tanto, antes de tomar la decisión de hacer esta labor, debe estudiarse con detención el perfil del suelo, determinando la presencia de estratos compactados de suelo, analizando su ubicación y distribución en el predio.

Es muy importante tener en consideración, el contenido de humedad del suelo, ya que la labor debe realizarse con el suelo seco como para que se quiebre y disgregue, caso contrario el subsolador va a pasar haciendo sólo un corte vertical en el suelo. En el caso de uso de un arado de vertedera, la labor debe hacerse en capacidad de campo de forma tal que el suelo se encuentre en un estado friable.

Acondicionadores físicos

La incorporación de materiales que actúen como acondicionadores físicos del suelo, en la profundidad requerida va a permitir mejorar y mantener una mejor condición para el desarrollo de las raíces en el suelo y subsuelo.

Esta labor consiste en incorporar el material orgánico: guano, aserrín, viruta, restos de poda trozados, compost, desechos orgánicos de animales y vegetales diferentes, en hoyos o zanjas, a la profundidad del suelo compactado; es una labor costosa que se puede justificar en el caso que el subsolado no puede ser una buena alternativa, como por ejemplo en el caso de plantaciones frutales establecidas, donde se dificulta el trabajo de tractores de gran potencia.

Camellones

Construcción de un lomo o camellón sobre el suelo suelto donde las raíces encontrarán mejores condiciones para su desarrollo, aumentando con el suelo adicionado la profundidad aprovechable en las hileras de la plantación, contrarrestando en parte el efecto negativo del estrato compactado en profundidad y permitiendo el lavado de sales en el caso de frutales en suelos con este problema.

Es recomendable el uso de camellones con un "mulch" orgánico con el objetivo de reducir la evaporación del agua desde el camellón, manteniendo un adecuado nivel de humedad en el suelo sobre todo bajo la conducción de riego por goteo o microaspersión.



Figura 83. Uso de camellones altos con tierra suelta para el lavado de sales y para la prevención de la compactación.

Colchón de restos de cosecha (mulch)

Tienen el doble propósito evitar la evaporación del agua del suelo y la incorporación de materia orgánica al suelo.

Otra práctica de incorporación de materia orgánica mediante la siembra de leguminosas de raíces profundas, favoreciendo la formación de macroporos en la estructuración del suelo; plantas que, además, incorporan el nitrógeno almacenado en los módulos de sus raíces.



Figura 84. Colchón con restos de cosecha (mulch).