

Información adicional

El agua en el suelo

La capilaridad es una propiedad de los fluidos como lo es el agua de riego que depende de su tensión superficial; la cual, a su vez, depende de la cohesión del fluido, que ocasiona la ascensión del agua por encima del nivel freático del terreno, a través de los espacios intersticiales del suelo, en un movimiento contrario al de la gravedad.

El movimiento ascendente del agua representa el fenómeno de capilaridad; cuyas fuerzas responsables son:

La atracción del agua por superficies sólidas (adhesión o adsorción) y por la tensión superficial del agua (puente iónico del hidrógeno); y debido también en gran parte, a la atracción entre las moléculas de agua (cohesión).

Siendo la adsorción o adhesión el fenómeno por el cual, un sólido, atrae y retiene en su superficie: gases, vapores, líquidos o cuerpos disueltos.

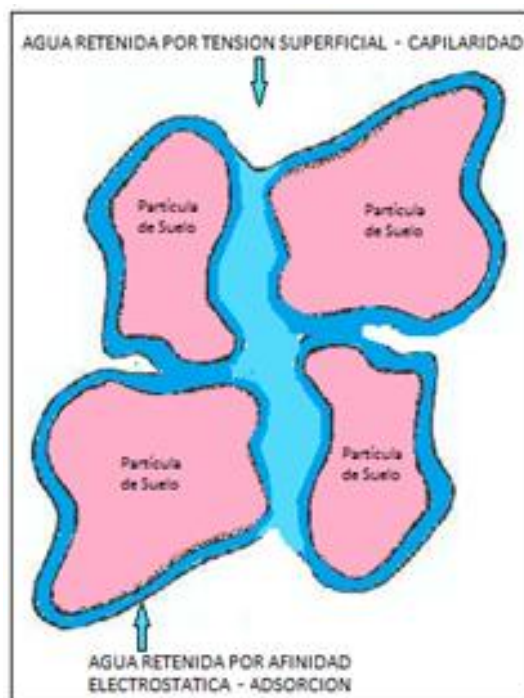


Figura 85. Agua retenida.

La tensión superficial, es la propiedad de un líquido en el cual, las moléculas de la superficie soportan fuerzas de tensión; tal como explica la tensión superficial del rebote de una piedra, lanzada al agua en un lago, un río o una fuente de agua.

La tensión superficial se define como: la fuerza que es capaz de soportar, un milímetro de longitud de superficie de agua, cuyo valor se mide, en unidades de trabajo o energía, representando la fuerza por unidad de longitud, en cualquier línea, sobre la superficie.

La eficiencia del uso del agua a nivel celular se mide con equipos portables o no portables denominados detectores de verdor (Green seeker), que proporciona al mismo tiempo lecturas fotosíntesis / transpiración de las hojas, cuya relación de comportamiento en la producción a nivel de planta: biomasa / transpiración; dando lecturas máximas, a una cifra cercana a 1.00; (por otra parte, existen también equipos que son instalados en plataformas satelitales para lecturas a mayor nivel).

Porcentaje de sodio intercambiable y capacidad de intercambio catiónico

Los laboratorios de aguas y suelos, mediante el estudio de análisis de las muestras de suelos y aguas, proporcionan los datos de caracterización, en las que figura la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y el contenido de Sodio (Na); para luego aplicar las fórmulas: $PSI = 100 \times Na / CIC$.

Determinación de las variaciones de la RAS, bajo diferentes enfoques conceptuales:

RAS (Gapón, citado por Richards, 1973, Ecuación 1).

RAS ajustado (RASaj) (Bower y Wilcox, 1965; Bower et al, 1965, Ecuación 2).

RAS corregido (RAS°) (Suárez, 1981, Ecuación 3).

En las que intervienen en su determinación, otros elementos modificatorios como el Ca, Mg, Carbonatos, etc.

$$RAS = \frac{C_{Na^+}}{\sqrt{\frac{C_{Ca^{2+}} + C_{Mg^{2+}}}{2}}} \quad (1)$$

$$RAS_{aj} = \frac{C_{Na^+}}{\sqrt{\frac{C_{Ca^{2+}} + C_{Mg^{2+}}}{2}}} [1 + (8.4 - pH_c)] \quad (2)$$

$$RAS^\circ = \frac{C_{Na^+}}{\sqrt{\frac{C_{Ca^{2+}} + C_{Mg^{2+}}}{2}}} \quad (3)$$

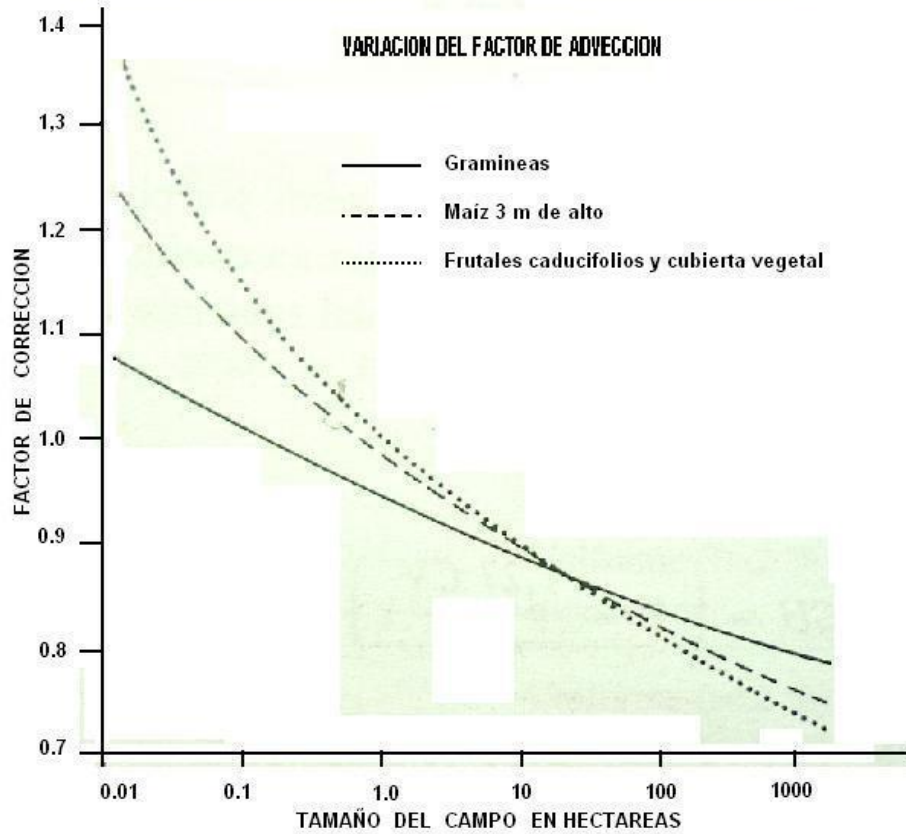


Figura 86. Corrección sobre advección.

Cálculo uso consuntivo o módulo de riego - litros por segundo/ha (Caudal ficticio)

USO CONSUNTIVO O MODULO DE RIEGO DE LOS CULTIVOS	
ETc (mm/día) =	Evapo Transpiración del Cultivo = ETP x Kc
ETP (mm/día) =	Evapo Transpiración Potencial (Consumo del Cultivo Referencial : Grass) en función a factores climáticos (mm / día)
Kc =	Coeficiente del Cultivo en función a sus características genéticas y ciclo vegetativo (fenología). generalmente varía entre 0.3 y 1.0; (puede llegar a 1.2 en algunos cultivos y en tomate a 1.25)
Kc = (ETc/ETo)	Evapo Transpiración del Cultivo / Evapo Transpiración de Referencia (Grass)
Ef =	Eficiencia de Riego (Goteo=0.90 a 0.95 ; Aspersión = 0.65 a 0.70; Gravedad= 0.30 a 0.40)
Ln (mm/día) =	Lámina Neta = ETP x Kc (mm / día)
LB (mm/día) =	Lámina Bruta = Ln / Ef (mm / día)
L (1mm/día) =	Lámina de agua de 1 mm / día / ha = 0.116 Lt /seg/ha = 10 m3/ha
Módulo de Riego=	LB x 0.116 Lt /seg = Módulo de Riego o Uso Consuntivo del Cultivo

1 mm = 10 m³ /día = 1 Lt/m².
 = (10000 Lt/ha/día) / (86400 seg/día).
 = 0,1157 Lts/seg/ha.

Cálculo referencial de capacidad de campo y punto de marchitez permanente

Horizonte cm	Peso Húmedo gr	Peso Seco gr	% Capacidad de Campo	% Punto de Marchitez
30	732	568	29%	16%
40	649	495	31%	18%

Capacidad de Campo = $\left(\frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \right) \times 100$
Punto Marchitez Permanente = $(CC \times 0.74) - 5$

Cálculo lámina total de riego por lavado de sales

$LTR = LN / [(1-k) \times CU]$

Coeficiente de Uniformidad	CU	0,90	
Eficiencia Aplicación: Goteo 0.9; Microaspersión 0.85	Ea	0,85	
Coeficiente de aplicación para goteo: K =	(1-Ea)	0,15	No elegido
Factor de Lavado de Sales			
Coeficiente de lavado de sales: K =	NL	0,20	Mayor Elegido
(1-K) x CU	(1-K)xCU	0,72	

Elección del Máximo valor de K

Conductividad eléctrica del agua de riego en dS/m		4,3	
Conductividad eléctrica extracto del suelo saturado en dS/m		10,8	
Coeficiente de lavado de sales: $K = 4.3 / (2 \times 10.8)$:	k (lav)	0,20	Mayor Elegido
Coeficiente de aplicación para goteo: $(1-Ea) = (1-0.9)$	K (apli)	0,15	No elegido
Lámina Neta: LN = 3 mm/día	(mm/día)	3	
Lámina Total Riego: $LTR = LN / 0.72 = (3 \text{ mm/día}) / 0,72 =$	(mm/día)	4,16	

Coefficiente de cultivo Kc en cacao

Para una plantación ya en producción de tres m de alto se otorga un Kc de 0.90, 1.00 y 1.15, estos dos últimos datos son de la FAO; se supone que en una plantación de inicio se estima que esta debe ser 0.4, luego 0.6, 0.8, para estabilizarse en 0.9. Mayor información en el siguiente enlace: http://www.inia.org.uy/online/img/gras/FAO_kc.pdf .

Procedimiento para determinar el coeficiente de uniformidad en el campo

Se pueden tomar como unidad de muestra, goteros o metro lineal de cinta de goteo por bandeja donde quepan cinco goteros (ésta mide 1.10 m), determinando el universo de muestras 16 de ellas que representa el 100%, determinando 4 de las bandejas que recibieron menor cantidad de agua, la que representa el 25% de las muestras, los resultados se obtienen recibiendo el agua en cada bandeja, durante 5 minutos; como los caudales se miden en litros por hora; aplicando la regla de tres simple, los centímetros cúbicos captados, por ejemplo 208 cc, la llevamos a hora, multiplicando los cc y los minutos por 12 por ejemplo, nos daría por resultado 2496 cc/ hr; es decir, 2.5 Lt/hr, algunos de ellos arrojarán 2600 cc y así por el estilo.

Escogiendo 4 bandejas que arrojaron menos caudal (25%) y comparándolas con el promedio de todas las 16 bandejas (que representan el 100% de las muestras), nos darían el CU.





Ecuación del gotero

Gl / hr	PSI	Bar	h (mca)	q (Lts/hr)		Elección
0,73	5	0,34	3,45	2,76		
0,97	10	0,69	6,89	3,67		
0,96	15	1,03	10,34	3,63		
0,97	20	1,38	13,78 = h1	3,6718477 = q1	q1(L/h) =	3,67
1	25	1,72	17,23	3,79	h1(m) =	13,78
1,01	30	2,07	20,67	3,82		
1,01	35	2,41	24,115 = h2	3,8232641 = q2	q2(L/h) =	3,82
1	40	2,76	27,56	3,79	h2(m) =	24,12
0,98	45	3,10	31,01	3,71		
0,95	50	3,45	34,45	3,60		

Ecuación del gotero

El fabricante, recomienda que el gotero trabaje entre 0,7 a 3,5 bares o 7 a 35 mca para que las desviaciones de caudales, sean mínimas, Elegimos dos valores de presión y sus caudales, situados en la zona marcada por el intervalo, en m.c.a., de presiones de la tabla

$$q \text{ (Lt/hr)} = K \cdot h^x$$

K = Coeficiencia de descarga
x = Exponente de descarga
h = Presión a la entrada del emisor en (mca)

Determinación del Exponente de descarga (x):

$$x = \frac{\ln(q1/q2)}{\ln(h1/h2)}$$

Aplicando Logaritmos Naturales:

$$x = \frac{\ln(3,67/3,82)}{\ln(13,78/24,12)}$$

$$x = 0,072$$

Determinación del Coeficiente de descarga (K):

$$K = \frac{q1}{(h1^x)} = \frac{3,67}{(13,8^x)}$$

$$K = 0,072$$

$$K = 3,04$$

$$K = \frac{q2}{(h2^x)} = 3,041906273$$

Determinación de caudales de los goteros

Que corrobora los datos de caudales de la tabla

$$q1 = K \cdot h1^x = 3,67 \text{ Lt/hr}$$

$$q2 = K \cdot h2^x = 3,82 \text{ Lt/hr}$$

Tabla 39.

Fracción y nivel de agotamiento permisible en capacidad de campo.

FRACCION Y NIVEL DE AGOTAMIENTO PERMISIBLE EN CAPACIDAD DE CAMPO			
Cultivo	Fracción de Agotamiento	Nivel de Agotamiento en atmósferas como tensión del agua	
Alfalfa	0,60	0,80	1,50
Algodón		1,00	3,00
Apio	0,15		
Arvejas	0,25	0,30	0,80
Arroz		Saturado	
Brócoli	0,30		
Caña de azúcar	0,60	0,80	1,50
Cártamo		1,00	2,00
Cebolla	0,30	0,40	0,70
Cebolla maduración	0,40		
Cereales secundarios		0,40	1,00
Cítricos		0,50	1,00
Col		0,60	1,00
Coliflor	0,45		
Flores/ornamentales		0,10	0,50
Fresas	0,10	0,20	0,50
Frijoles	0,50	0,60	1,00
Frutales hoja caduca	0,40	0,60	1,00
Gramíneas		0,40	1,00
Guisantes verdes	0,25		
Lechuga	0,35	0,40	0,60
Limonero	0,25		
Maíz	0,40	0,50	1,50
Melón	0,20	0,30	0,80
Naranja	0,35		
Palto	0,30		
Papa	0,30	0,30	0,70
Pepino		1,00	3,00
Plátano	0,30	0,30	1,50
Prados	0,35		
Remolacha	0,50	0,60	0,80
Repollo	0,35		
Sorgo		0,60	1,30
Soya		0,50	1,50
Tabaco	0,25		
Tabaco tardío		0,80	2,50
Tabaco temprano		0,30	0,80
Tomate	0,45	0,50	1,50
Trébol		0,30	0,50
Trigo		0,80	1,50
Trigo maduración		3,00	4,00
Vid	0,55	0,40	1,00
Zanahoria	0,40	0,50	0,70

Fertilización en quinua

Distanciamiento entre surcos: La distancia entre surcos depende de la cobertura de la planta y su precocidad, por lo tanto, se recomienda desde 60 a 80 cm.

Densidad de siembra: La siembra se realiza en forma directa a chorro continuo, utilizando entre 12-15 Kg. De semilla/ha.

Fertilización: La fórmula de abonamiento es 80 – 60 – 30 de N-P₂O₅-K₂O con el nitrógeno fraccionado, el 50 % de nitrógeno todo el fósforo y potasio a la siembra y el otro al 50% del nitrógeno al aporque, al inicio del panojamiento. Si se quiere manejar con abonamiento orgánico, se puede utilizar compost, humus de lombriz, estiércoles descompuestos más la adición de bioles.

Respecto al Kc de algunos cultivos

En el cultivo de Cacao la FAO proporciona datos de Kc de 1,00; 1,05 y 1.10 para plantas de 3 m de altura y en algunas zonas de la región, como Ecuador, una constante de 0.9 .

Tabla 40.

Coefficiente de cultivo (Kc) para la tara.

Mes	Coeficiente de cultivo – Kc		
	T1 (10 días)	T2 (20 días)	T3 (30 días)
Mayo	1.06	0.55	0.34
Junio	1.19	0.58	0.39
Julio	1.39	0.68	0.50
Agosto	1.29	0.68	0.58
Septiembre	1.28	0.76	0.47
Octubre	1.00	0.65	0.44

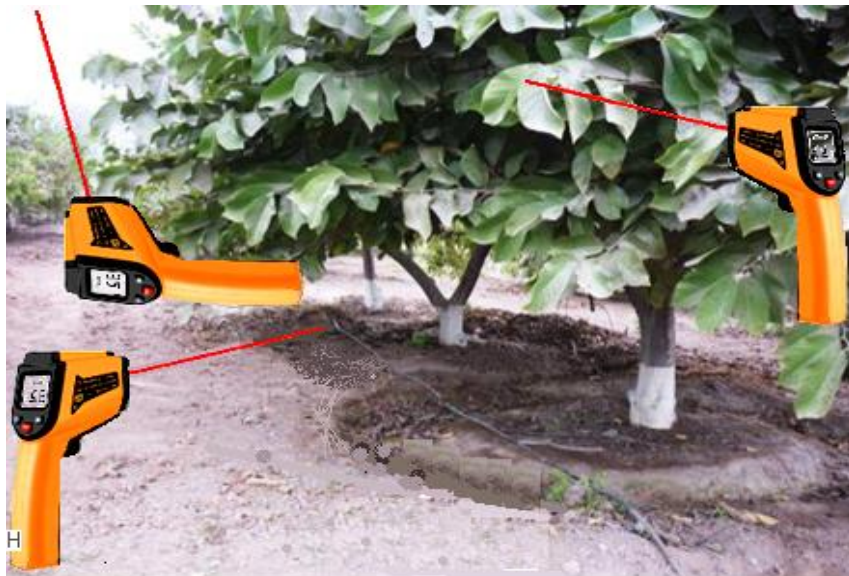
La fuente de este trabajo es de una tesis en la zona de Pacaycasa - Huamango, pero los datos son demasiados altos, solo se ha tomado para este estudio la frecuencia de riego, cuanto más lejano lo es, por supuesto menor rendimiento; el consumo que se presenta es de algo más de 9000 m³ el cual es exagerado; hay necesidad de entender que la planta de tara es de tipo cerofítico y siempre verde.

Lo que si son rescatables son los datos de ETo de Penman y lo de Hargreaves para la zona.

Tabla 41.

Resumen de evapotranspiración en mm/día.

Mes	Evapotranspiración (ET _o)		Evapotranspiración (ET _c)		
	FAO Penman-Montheit	Hargreaves	T1 (10 días)	T2 (20 días)	T3 (30 días)
Enero	3.93	4.23			
Febrero	3.86	4.08			
Marzo	3.76	3.89			
Abril	3.75	4.04			
Mayo	3.67	3.91	4.03	2.07	1.29
Junio	3.50	3.79	4.34	2.11	1.44
Julio	3.57	3.86	5.14	2.51	1.84
Agosto	4.03	4.36	5.42	2.84	2.43
Setiembre	4.46	4.58	5.80	3.41	2.13
Octubre	4.67	4.89	4.79	3.12	2.11
Noviembre	5.01	5.03			
Diciembre	4.59	4.55			



INDICE DE ESTRES HIDRICO EN LA PLANTA

LECTURAS DE TEMPERATURAS

$$CWSI = (FOLLAJE - TERRENO HUMEDO) / (AIRE + 5^{\circ}C - TERRENO HUMEDO)$$

Temperaturas	Estresado	Bien regado
Dosel	28	21
Suelo húmedo	12	16
Aire	26	27
°C Adicionales	5	5
CWSI	0,84210526	0,3125