

2.3 Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo

Almacenamiento de agua en el suelo

Como se conoce, el suelo está constituido por tres componentes: sólidos, líquidos y gaseosos. El componente sólido se conforma de partículas minerales (arena, limo y arcilla) y orgánicas. El espacio no ocupado por el componente sólido es el espacio poroso del suelo, que es ocupado por los líquidos y gases.

Una de las principales condiciones para el crecimiento y desarrollo de las plantas, se encuentra en la capacidad del suelo para el almacenamiento de agua. Desde un punto de vista agrícola se hace necesario reconocer las relaciones que se establecen entre el agua y el suelo, dónde y a través de qué mecanismos es almacenada, de qué factores depende el grado o nivel del almacenamiento, cómo es entregada a las plantas y cómo se mueve en el suelo.

La capacidad de los suelos de retener agua, de acuerdo a su textura y estructura, puede ser determinada a través de los datos proporcionados por un análisis de suelo, muy conveniente cuando la escasez de agua es un factor determinante en la producción agrícola, y también de manera práctica y resolviendo algunas fórmulas matemáticas simples.

Los suelos retienen agua de tres maneras diferentes, no toda el agua que retiene el suelo es aprovechable por las plantas. Así el **agua higroscópica** o molecular es la fracción del agua absorbida directamente de la humedad del aire. Esta se dispone sobre las partículas del terreno en una capa de 15 a 20 moléculas de espesor y se adhiere a la partícula por adhesión superficial, el agua capilar es la fracción del agua que ocupa los microporos. El poder de succión de las raíces no tiene la fuerza suficiente para extraer esta partícula de agua del terreno.

Por otro lado, el **agua capilar** se mantiene en el suelo gracias a las fuerzas derivadas de la tensión superficial del agua. Esta fracción del agua es utilizable por las plantas, es la reserva hídrica del suelo.



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

El **agua gravitacional** o drenable, es la fracción del agua que ocupan los macroporos de 10 micras de diámetro (zona no saturada). Se infiltra arrastrada por la fuerza de gravedad a las capas más profundas; utilizable por las plantas si se encuentra en el estrato reticular de la misma.

Parámetros hídricos del suelo

Para diseñar y operar correctamente un sistema de riego, se debe determinar la lámina de agua que se aplicará a un cultivo en especial, desarrollado en un determinado suelo. La lámina de agua depende de la profundidad del suelo explorado por las raíces y de los parámetros hídricos del suelo principalmente. Estos parámetros son: la capacidad de campo (CC), el punto de marchitez permanente (PMP) y el agua disponible (AD). Estos parámetros se pueden determinar en laboratorio con equipamiento adecuado, pero también es posible determinarse en campo con una precisión equivalente.

Saturación del suelo, se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios porosos están llenos de agua. En los suelos drenados, es un estado temporal, ya que el exceso de agua se filtra de los poros grandes por influencia de la gravedad, para luego ser reemplazada por aire.

Capacidad de campo (CC) se le denomina así a la cantidad de agua que el suelo es capaz de retener, después de ser saturado y drenado libremente (evitando evapotranspiración), hasta que el potencial hídrico, se estabilice (tras 24 a 48 horas de lluvia o de riego). En un suelo saturado todos los poros están ocupados por agua; en un suelo en CC, los macroporos perdieron el agua y están llenos de aire, y los microporos están llenos de agua, la que es retenida contra la fuerza de la gravedad. Este es el límite máximo de agua utilizable por las plantas, y representa el máximo nivel de confort hídrico para los cultivos.

El concepto de Capacidad de campo se aplica únicamente a suelos bien estructurados donde el drenaje del exceso de agua es relativamente rápido; si el drenaje ocurre en suelos pobremente estructurados, por lo general continuará durante varias semanas y este tipo de suelos de estructura tan pobre raramente tiene una capacidad de campo claramente definida. El suelo a capacidad de campo se siente muy húmedo en contacto con las manos.



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

Punto de marchitez permanente (PMP), se refiere al contenido de agua en un suelo que ha perdido toda su agua aprovechable a causa del cultivo; y por lo tanto, el agua que permanece en el suelo, la planta no puede utilizarla. En esas condiciones, el cultivo está permanentemente marchito y no puede revitalizarse cuando se le proporcione un ambiente saturado de agua. Al contacto manual, el suelo se siente casi seco o ligeramente húmedo.

Capacidad Disponible de Agua, es la cantidad de agua aprovechable (AD) para el crecimiento de las plantas y se encuentra entre la Capacidad de Campo y el Punto Permanente de Marchitez. El agua disponible es retenida con diferentes tensiones y un tercio de la misma, no está fácil o rápidamente disponible para los cultivos; especialmente, si los cultivos están transpirando intensamente. Cuanta más alta es la demanda de transpiración, debe haber más agua disponible en el suelo para evitar el estrés de agua en las plantas. En contraste, para un cultivo de transpiración lenta puede ser usada incluso el agua retenida a más altas tensiones sin causar estrés.

El agua que ocupa el espacio de los poros más grandes (macroporos) drena hacia capas inferiores bajo la fuerza de gravedad. Los poros más pequeños (microporos) se llenan de agua y los más grandes de aire y agua. El punto capacidad de campo corresponde a una succión de 1/3 bar. Las plantas deben producir una succión hasta 15 bares como máximo. A los 15 bares de succión, la cantidad de agua que queda en el suelo se denomina punto de marchitez permanente (PMP). A ese punto, las plantas pierden la capacidad de succión y siguen perdiendo agua mediante la transpiración. Se pierde la turgencia de la planta resultando en su marchitez. Gráficamente la diferencia entre el Punto de Capacidad de Campo y el Punto de Marchitez Permanente resulta en el agua disponible para cultivo en mm o expresado porcentualmente. La textura del suelo influencia en la cantidad de agua en un suelo drenado hasta el punto de capacidad de campo y la cantidad que está disponible para las plantas. La humedad del suelo que se encuentra disponible se puede determinar en el laboratorio como se ilustra en las curvas de retención de humedad del suelo.

La materia orgánica del suelo es particularmente importante ya que puede retener agua cerca de 20 veces su peso. Los suelos orgánicos y los suelos francos de textura media con altos contenidos de arena muy fina y sedimentos tienen la capacidad disponible de agua más alta, los suelos arcillosos tienen valores intermedios y los suelos con contenido de arena gruesa tienen la capacidad disponible de agua más baja. El contenido de piedras



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

porosas en el suelo también puede ser muy importante, dependiendo de la naturaleza y la abundancia. Alguna grava de mineral de hierro, de diámetro mayor a 2 mm puede contener más de 20 por ciento de agua a capacidad de campo y la cal porosa y el yeso agrícola también pueden hacer esta contribución a la capacidad disponible de agua en el suelo.

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

$$\text{Lámina neta de riego} \quad \text{LN} = (\text{CC} - \text{PMP}) \times \text{Da} \times \text{Fa} \times \text{Pr} / 100$$
$$\text{LN} = 12.6 \text{ mm}$$

Evapotranspiración del cultivo

$$\text{ETc} = \text{ETo} \times \text{Kc}$$
$$\text{ETo} = \text{Lt} \times \text{Ft}$$

ETc : Evapotranspiración del cultivo (mm).

ETo : Evapotranspiración potencial (mm).

Kc : Coeficiente del cultivo = 0.70

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

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



Demanda total cultivo

$$\begin{aligned} \text{Evapotranspiración potencial (ETo)} &= 6.66 \cdot 0.75 \\ &= 5 \text{ mm / día} \\ \text{Factor (Kc) del cultivo} &= 0.70 \\ \text{Eficiencia de riego por goteo} &= 0.90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Demanda diaria cultivo} &= \frac{\text{Evapotranspiración potencial (ETo/día)} \times \text{Kc (mm/día)}}{\text{Eficiencia de riego}} \\ &= \frac{5 \text{ mm} \times 0.70}{0.90} \end{aligned}$$

$$\text{Lámina total de riego DDC} = 3.89 \text{ mm/día}$$

Frecuencia de riego

$$\begin{aligned} \text{Lámina Neta Almacenada} &= 12.6 \text{ mm} \\ \text{Demanda Diaria del Cultivo} &= 3.89 \text{ mm / día} \\ \text{Frecuencia de Riego} &= \text{LN / DD} \\ &= 12.6 \text{ mm} / (3.89 \text{ mm / día}) \\ \text{FR} &= 3.24 \text{ días} \end{aligned}$$

Tiempo de riego - horas

Precipitación de cintas de goteo por hora

$$\begin{aligned} \text{Distancia entre laterales (cintas de goteo)} &= 1.5 \text{ m} \\ \text{Distancia entre goteros} &= 0.20 \text{ m} \\ \text{Caudal del gotero} &= 0.5 \text{ l/h} \\ \text{Lit /m}^2 &= 1 \text{ mm} \\ 10 \text{ m}^3 / \text{ha} &= 1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Precipitación por hora} &= \frac{\text{Caudal gotero (l/h)}}{\text{Área marco plantación (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{0.5 \text{ l/h}}{1.5 \times 0.20} \end{aligned}$$

$$\text{PP} = 1.66 \text{ mm/h}$$

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

$$\text{TR} = \frac{3.89 \text{ mm/día}}{1.66 \text{ mm/h}} = 2.34 \text{ h/día}$$

$$\text{TR} = 2 \text{ hrs: } 20 \text{ minutos}$$

Tabla 29.

Características clase textural de suelos y capacidad de almacenamiento de agua.

Clase textural	Símbolo	Da	Granulometría			Porosidad		Retención H2O		k	Retención Agua
			Arena	Arcilla	Limo	Total	Efectiva	CC	PMP	cm/h	
Arenoso	a	1.62	88	5	7	0.44	0.42	0.09	0.03	21.00	0.10
Areno franco	aF	1.64	83	13	4	0.44	0.4	0.13	0.06	6.11	0.11
Franco arenoso	Fa	1.55	62	8	30	0.45	0.41	0.21	0.1	2.59	0.17
Franco	Fa	1.26	51	15	34	0.46	0.43	0.27	0.12	1.32	0.19
Franco limoso	FL	1.31	17	13	70	0.5	0.49	0.33	0.13	0.68	0.26
Franco arcillo arenoso	Faa	1.64	58	28	14	0.4	0.33	0.26	0.15	0.43	0.18
Franco arcilloso	FA	1.34	33	34	33	0.46	0.39	0.32	0.2	0.23	0.16
Franco arcilloso limoso	FAL	1.30	10	34	56	0.47	0.43	0.37	0.21	0.15	0.21
Arcillo arenoso	Aa	1.40	55	45	0	0.43	0.32	0.34	0.24	0.12	0.14
Arcillo limoso	AL	1.30	10	45	45	0.48	0.42	0.39	0.25	0.09	0.18
Arcilloso	A	1.22	10	70	20	0.48	0.39	0.40	0.27	0.06	0.16

Movimiento del agua en el suelo

La cantidad de agua presente en el suelo, que esté disponible para la producción de cultivos, dependerá de cuánta agua permanece en el suelo después de las pérdidas por escorrentía, evaporación y drenaje profundo, sea por lluvia o riego. La cantidad de agua que llega a las capas subterráneas y que contribuye de esta manera a la seguridad hídrica, dependerá de la medida en que la cantidad de agua que se infiltra en el suelo sea excesiva para reabastecer la capacidad de retención de agua y satisfacer las necesidades de transpiración de los cultivos.



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

Cuando un suelo bien drenado está saturado hasta el límite de su zona radical, el agua que no drena fuera de esa zona en un plazo de 48 horas será retenida en los microporos del suelo menores de 0,05 mm de diámetro (el tamaño crítico de los poros puede variar entre 0,03 y 0,1 mm de diámetro). Las fuerzas (o succiones) con las cuales esta agua es retenida variará de acuerdo al tamaño de los poros. Los poros más grandes retienen agua a una tensión de cerca de un décimo a un tercio de la presión atmosférica (o 0,1 a 0,33 bar), dependiendo de qué succión corresponde a la capacidad de campo del suelo; esto varía con el tipo de suelo y la profundidad de la capa freática.

La succión máxima que pueden ejercer muchos cultivos para extraer agua del suelo varía con el cultivo, pero el valor generalmente aceptado es de cerca de 15 veces la presión atmosférica. Esto es aproximadamente equivalente a la presión que sería ejercida por un peso de una tonelada sobre la palma de la mano. Cuando el agua del suelo ha sido agotada hasta 15 bar, el agua que permanece en el suelo será aquella almacenada en los poros menores de 0,0002 mm de diámetro y corresponde al punto de marchitez permanente del suelo. El agua retenida a succiones mayores que el punto de marchitez permanente no está disponible para el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, el agua retenida entre la capacidad de campo y el punto permanente de marchitez puede ser usada por los cultivos para la transpiración.

En cualquier tipo de suelo, cuanto mayor es la profundidad de enraizamiento, también mayor será la cantidad de agua disponible para el cultivo. Esto es más importante para los cultivos anuales ya que tienen menos tiempo que las especies perennes para desarrollar raíces profundas y extensas. La capacidad disponible de agua puede tener influencia sobre la duración del periodo de crecimiento de las plantas que crecen en un suelo determinado. Los suelos con alta capacidad de agua disponible permitirán periodos de crecimiento más extensos en razón de la posibilidad de proporcionar mayores cantidades de agua almacenada durante periodos secos que los suelos con baja capacidad de agua disponible. Los suelos poco profundos tienen poca agua disponible.

2.3.1 Demanda de agua de los cultivos

Cada uno de los cultivos, tienen diferentes demandas hídricas, de acuerdo a su periodo vegetativo, a su constitución física, fisiológica y genotípica, los que podemos clasificarlos

por su permanencia en el terreno como: hortícolas, transitorios y permanentes, entre otras; pero si guardan relación con los sistemas de riego por aplicar y sus etapas fenológicas.

Por otra parte, cuando se realiza un estudio o un proyecto de riego, es necesario determinar el consumo diario de los cultivos, así como la demanda mensual del recurso hídrico o por campaña, en términos de metros cúbicos de agua por hectárea o en términos de caudal continuo equivalente de litros por segundo por hectárea, es necesario cuantificarlos.

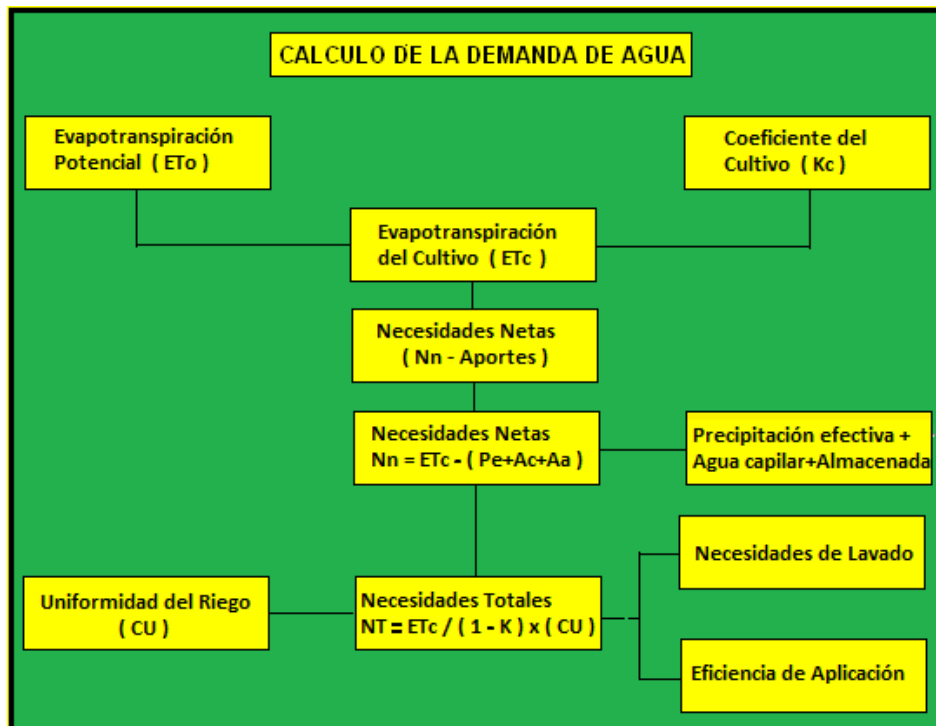


Figura 56. Cálculo de la demanda de agua.

Tabla 30.

Demanda de agua de los cultivos.

DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS	
Nº	Parámetros.
1	Nº Días / mes.
1a	Precipitación mensual: (mm / mes).
1b	Evapotranspiración Referencial / día: ('ETo / día).
2	Evapotranspiración Referencial / mes (Penman): ('ETo / mes).
3	Kc Máximo ponderado del Cultivo: (Kc).
4	Evapotranspiración Cultivo: (2)*(3): (ETc).
5	Precipitación efectiva (mm / mes / 2): (a) / 2: (Ppe (mm / mes)).
6	Demanda Neta por mes (4)-(5): (DN / mes).
7	Eficiencia sistema.
7a	Demanda Bruta (6)/(0.90): DB (mm / mes).
8	Demanda Unitaria en m3 x mes (7)*10: (m3 / mes / ha).
9	Módulo de Riego (L/s/ha) = Demanda Bruta* 0,11547/ Nº Días x mes.
10	Módulo Riego = Demanda Bruta (mm/mes)*0,11574 / Nº Días: (Lt/seg/ha).
11	Superficie a regar: (ha).
12	Volumen de riego mensual: (8)*(11): VR (m3 / mes).
13	Caudal de la demanda: (10)*(11): Q = (Lt / seg).
14	Demanda Bruta Mensual (m3/mes): DBT (m3 / mes).
14a	Demanda Bruta Campaña (m3/ campaña): DBT (m3 / campaña).
14b	Demanda Bruta Unitaria (m3/ ha): DBT (m3 / ha).



Tabla 31.
Programación de riego.

CULTIVO										
FECHA PROGRAMACION										
Eficiencia de Aplicación	(Ea)	0,90			Caudal gotero	(Q)	0,50 Lts/hr			
Coeficiente de uniformidad	(CU)	0,90			Espacio entre goteros	(G)	0,20 m			
Factor de lavado de sales	(NL)	0,10			Espacio entre laterales	(L)	0,75 m			
Coeficiente lavado	(K)	0,10			Precipitación cintas / hora	PP = Q / (G*L)	3,33 mm/hr			
Coeficiente de aplicación:	(1-Ea)	0,10			Lámina Riego Total = Lámina Neta / ((1-K) x CU)					
						$1 / ((1-K) \times CU) =$		1,23		
								Necesidades de lavado de sales		
El menor:	(K)	0,02			LRT = Lámina Neta (LN) x		1,23			
K (1-Ea)	0,10									
CE del agua de riego	0,55	Mmhos	Conductividad eléctrica del agua de riego							
CEes del extracto saturado	11,64	Mmhos	Conductividad eléctrica del extracto de suelo saturado							
K (NL) = CEa/(2*CEes) =	0,02									
K elegido	0,10			Se elige al mayor		$1/((1-K)*CU)$				
PROGRAMACION DE RIEGO										
Periodo 2018		Kc	ETo	LN (mm/día)	1/((1-K)*CU)	LRT (mm/día)	PP (mm/hr)	hr/día	hr	mtos
01 Setiembre	21 Setiembre	0,30	3,83	1,15	1,23	1,42	3,33	0,426	0	26
22 Setiembre	06 Octubre	0,45	3,90	1,76	1,23	2,17	3,33	0,650	0	39
07 Octubre	20 Octubre	0,80	3,90	3,12	1,23	3,85	3,33	1,156	1	9
21 Octubre	01 Diciembre	0,95	4,80	4,56	1,23	5,63	3,33	1,689	1	41
02 Diciembre	15 Diciembre	0,85	4,80	4,08	1,23	5,04	3,33	1,511	1	31

Conductibilidad Eléctrica del agua de riego (CEar).

Conductibilidad Eléctrica del extracto saturado del suelo (CEes).



Tabla 32.

Demanda de agua-Cultivo de pecano.

DEMANDA DE AGUA - CULTIVO DE PECANO												
0,658732343	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
(1) Días / mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
(a) Precipit: (mm)/mes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(b) ETP (mm/día)	3,71	3,89	3,61	3,12	2,25	1,9	1,78	1,86	2,15	2,59	3	3,41
(2) ETP (mm/mes)	115,01	108,92	111,91	93,60	69,75	57,00	55,18	57,66	64,50	80,29	90,00	105,71
(3) Kc Ponderado	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
(4) ETc (mm /mes)	158,79	126,67	104,69	63,53	20,88	22,00	29,60	29,12	37,89	54,37	70,90	87,83
(5) PPe (mm/mes)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(6) DN (mm/mes)	158,79	126,67	104,69	63,53	20,88	22,00	29,60	29,12	37,89	54,37	70,90	87,83
(7) Eficiencia sistema	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
(7) DB (mm/mes)	176	141	116	71	23	24	33	32	42	60	79	98
(8) DU (m3/mes/ha)	1764,36	1407,44	1163,20	705,83	232,03	244,40	328,83	323,60	421,00	604,08	787,73	975,88
(10) MR (l/s/ha)	0,657	0,580	0,433	0,272	0,086	0,094	0,122	0,121	0,162	0,225	0,303	0,363
(11) Área (ha)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
(12) VR (m3/mes)	1.764	1.407	1.163	706	232	244	329	324	421	604	788	976
(13) Q dem.(l/s)	3,286	2,902	2,166	1,358	0,432	0,470	0,612	0,603	0,810	1,125	1,516	1,817
(14) DBT (m3/mes)	8.822	7.037	5.816	3.529	1.160	1.222	1.644	1.618	2.105	3.020	3.939	4.879
(14) DBT (m3/Año)												44.792
(14) DBT (m3/Año/ha)												8.958



Tabla 33.

Demanda de agua – Cultivo de caña de azúcar precoz.

DEMANDA DE AGUA - CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR PRECOZ												
MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
(1) Días / mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
(a) Precipit: (mm)/mes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(b) ETP (mm/día)	3,71	3,89	3,61	3,12	2,25	1,9	1,78	1,86	2,15	2,59	3	3,41
(2) ETP (mm/mes)	115,01	108,92	111,91	93,60	69,75	57,00	55,18	57,66	64,50	80,29	90,00	105,71
(3) Kc Ponderado	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
(4) ETc (mm /mes)	158,79	126,67	104,69	63,53	20,88	22,00	29,60	29,12	37,89	54,37	70,90	87,83
(5) PPe (mm/mes)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(6) DN (mm/mes)	158,79	126,67	104,69	63,53	20,88	22,00	29,60	29,12	37,89	54,37	70,90	87,83
(7) Eficiencia sistema	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
(7) DB (mm/mes)	176	141	116	71	23	24	33	32	42	60	79	98
(8) DU (m3/mes/ha)	1.764	1.407	1.163	706	232	244	329	324	421	604	788	976
(10) MR (l/s/ha)	0,657	0,580	0,433	0,272	0,086	0,094	0,122	0,121	0,162	0,225	0,303	0,363
(11) Área (ha)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
(12) VR (m3/mes)	1.764	1.407	1.163	706	232	244	329	324	421	604	788	976
(13) Q dem.(l/s)	3,286	2,902	2,166	1,358	0,432	0,470	0,612	0,603	0,810	1,125	1,516	1,817
(14) DBT (m3/mes)	8.822	7.037	5.816	3.529	1.160	1.222	1.644	1.618	2.105	3.020	3.939	4.879
(14) DBT (m3/Año)												44.792
(14) DBT (m3/Año/ha)												8.958



Tabla 34.
Lámina neta – Frecuencia y tiempo de riego – Cultivo de pecano.

LÁMINA NETA - FRECUENCIA Y TIEMPO DE RIEGO - CULTIVO PECANO							
Parámetros		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
(1) Capacidad de campo		7,13%	7,13%	7,13%	7,13%	7,13%	7,13%
(2) Punto de marchitez		2,86%	2,86%	2,86%	2,86%	2,86%	2,86%
(3) Agua Disponible en peso: (1) - (2)		4,27%	4,27%	4,27%	4,27%	4,27%	4,27%
(4) Densidad aparente		1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78
(5) Porcentaje Agua disponible en Volumen (3) x (4)		7,60%	7,60%	7,60%	7,60%	7,60%	7,60%
(6) Profundidad efectiva raíz: (mm)	400	400	400	400	400	400	400
Marco Plantación: Entrecalles	8						
Entreplantas	6						
(6a) Volumen de Suelo a mojar : (m3 / ha)	1047	1047	1047	1047	1047	1047	1047
(6b) Volumen de agua almacenada/ha: (5) x (6a): (m3 / ha)		80	80	80	80	80	80
(7) Fracción de agotamiento (%)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
(7a) Volumen Neto de Reposición: (m3 / ha)		91,21	91,21	91,21	91,21	91,21	91,21
(8) Lámina Neta de Reposición (6b) x (7): LN (mm)		9,12	9,12	9,12	9,12	9,12	9,12
	LN (Lts / m2)	9,12	9,12	9,12	9,12	9,12	9,12
(9) Diámetro Área Sombreada: (m)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
(10) Área Sombreada: (As) (m2)	12,57	12,57	12,57	12,57	12,57	12,57	12,57
Porcentaje área sombreada	26,18 %						
(11) Dosis Neta Riego: (8) x (10): DN = LN (Lt/m2) x As (m2) = (Lts)		114,61	114,61	114,61	114,61	114,61	114,61
(12) Eficiencia sistema de riego: (CU x Efic)	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
(13) Dosis Bruta Riego (11) / (12): DB = DN / Efic. rgo = (Lts)		141,50	141,50	141,50	141,50	141,50	141,50
(14) Evapotranspiración Potencial Máxima: (ETo)	3,78	3,71	3,89	3,61	3,12	2,25	1,9
(15) Coeficiente de Cultivo Máximo (Kc)	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
(16) Evapotranspiración Cultivo: (14) x (15): mm/día: (ETc)	4,35	4,27	4,47	4,15	3,59	2,59	2,19
Demanda de Riego Total: DRT= ETc / (CU)	1	4,27	4,47	4,15	3,59	2,59	2,19
(17) Frecuencia de riego en Días: (8) / (16): (LN) / (ETc)		2,1	2,0	2,2	2,5	3,5	4,2
(18) Caudal de los goteros por Planta : (Lts/hr)	-	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
(19) Tiempo de riego: (13) / (18)= Dosis Bruta Rgo/ Caudal goteros		5,05	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05
(20) Horas de riego (Horas-minutos)		5:3	5:3	5:3	5:3	5:3	5:3

Caudal gotero (qg) : (Lts/hr) 4,00
 Número Goteros (ng) : 7,00
 Caudal / Planta): (qg x ng) : (Lts / hr) 28



Tabla 35.
Lámina neta – Frecuencia y tiempo de riego – Cultivo de caña.

LÁMINA NETA - FRECUENCIA Y TIEMPO DE RIEGO - CULTIVO CAÑA							
Parámetros		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
(1) Capacidad de campo	7,13%	7,1%	7,1%	7,1%	7,1%	7,1%	7,1%
(2) Punto de marchitez	2,86%	2,9%	2,9%	2,9%	2,9%	2,9%	2,9%
(3) Agua Disponible en peso: (1) - (2)	4,27%	4,3%	4,3%	4,3%	4,3%	4,3%	4,3%
(4) Densidad aparente	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78
(5) % Agua disponible en Volumen (3) x (4)	7,60	7,60%	7,60%	7,60%	7,60%	7,60%	7,60%
(6) Profundidad efectiva raíz en (mm)	400	400	400	400	400	400	400
Marco Plantación: Entrecalles	1,5						
Entreplantas	0,2						
(6a) Volumen de agua almacenada: (m3 / ha)		304	304	304	304	304	304
(7) Fracción agotamiento	0,3	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
(7a) Volumen Neto de Reposición (m3/ha)		91,21	91,21	91,21	91,21	91,21	91,21
(8) Lámina Neta de reposición (5) x (6) x (7): LN (mm)		9,12	9,12	9,12	9,12	9,12	9,12
(9) Diámetro Área Sombreada: (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
(10) Área Sombreada: As (m2)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Porcentaje área sombreada	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
(11) Dosis Neta Riego: (8) x (10): DN = LN (Lt/m2) x As (m2) = (Lts)		1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79
(12) Eficiencia sistema de riego: (CU x Efic)	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
(13) Dosis Total Riego (11) / (12): DB = DN / Efic. rgo = (Lts)		2,21	2,21	2,21	2,21	2,21	2,21
(9) (ET _o) Evapotranspiración Potencial =		3,71	3,89	3,61	3,12	2,25	1,9
(10) Kc del Cultivo		0,60	0,80	1,20	1,20	0,90	0,60
(11) (ET _c) Evapotranspiración del Cultivo: (9) x (10): mm/día		2,23	3,11	4,33	3,74	2,03	1,14
ET _c / (CU x Efic)	1	0,80	1,49	2,47	2,72	2,55	2,73
(12) Frecuencia de riego Días: (8)/(11): (LN)/(ET _c)		4,1	2,9	2,1	2,4	4,5	8,0
(18) Caudal de los goteros por Planta : (Lts/hr)		0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
(19) Tiempo de riego: (13) / (18)= Dosis Bruta Rgo/ Caudal goteros		4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42
(20) Horas de riego (Horas-minutos)		4:25	4:25	4:25	4:25	4:25	4:25
(13) Precipitación cintas : (mm/hr) = qg/(dc*dg)		1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
(14) Tiempo de riego: Hrs = Lámina Bruta / Precip cintas		6,08	6,08	6,08	6,08	6,08	6,08
(15) Horas de riego (Horas-minutos)	Hr:min	6:4	6:4	6:4	6:4	6:4	6:4

Caudal gotero (qp) : (Lts/hr) 0,50
Distanc. entre Cintas (dc): 1.5 (m); entre goteros (dg): 0,20 m.