

OPORTUNIDAD DEL RIEGO EN UN CULTIVO DE PERA WILLIAMS EN EL ALTO VALLE DE RIO NEGRO

Galeazzi, J.; Aruani, M.C. y Blanco, F.*

*Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Comahue
Ruta 151, Km 12.5 CC 85. (8303) Cinco Saltos Río Negro. Teléfono: (0299) 4980005
Email: juan.galeazzi@faca.uncoma.edu.ar

RESUMEN

En la mayoría de los establecimientos frutícolas del Alto Valle de Río Negro no se realiza una programación de riego basada en las necesidades del cultivo, debido a que el sistema de distribución del agua de riego es por turnado. Esto genera un inadecuado uso de los recursos hídricos. El presente trabajo tiene como objetivo estimar los requerimientos hídricos de un cultivo en condiciones óptimas de humedad en el suelo, utilizando el programa Cropwat 8.0 y compararlos con la reposición de agua que realiza habitualmente el productor por medio del método gravitacional a manto. El estudio se llevó a cabo en un monte frutal implantado con pera Williams durante dos temporadas (2009-2010 y 2010-2011). Las determinaciones efectuadas fueron: textura, capacidad de almacenamiento y velocidad de infiltración del agua en el suelo. Se definieron parámetros que caracterizan al cultivo, tales como: duración de las fases de desarrollo, los coeficientes de cultivo (Kc) correspondientes y el umbral óptimo de riego y se obtuvieron los requerimientos de agua del cultivo. Para la programación del riego se definió el estado inicial de la humedad del suelo al comienzo de cada temporada y la eficiencia de aplicación del agua de riego. Se definió el momento óptimo del riego al agotamiento del agua fácilmente aprovechable (AFA) y la simulación real se programó con las fechas efectivas de riego a partir de niveles de agotamiento del agua en equilibrio con la ETreal. En ambos casos se consideró una reposición de la humedad del suelo a nivel de capacidad de campo. Los resultados obtenidos mostraron que para mantener la ETc a un nivel máximo se deberían realizar en promedio 24 riegos. Sin embargo, el número de riegos aplicados fue de 8 y 9 respectivamente y la simulación de las dos temporadas, indicó que en promedio, el 80% de los riegos fue realizado con niveles de humedad del suelo por debajo del agotamiento crítico. La lámina neta de reposición acumulada, en condiciones óptimas de tensión del agua en el suelo, fue de 1033 mm, y en condiciones reales fue de 649 mm. Sin embargo, del total de los registros de humedad a campo, el 68% se mantuvo dentro del intervalo del agua fácilmente aprovechable, debido al aporte por ascenso capilar desde la freática, que el Cropwat no contempla en el balance hídrico.

Palabras clave: frecuencia de riego, simulación por Cropwat 8.0, frutales de pepita

INTRODUCCION

Los frutales de pepita presentan, durante el desarrollo del fruto, distintos requerimientos hídricos y el contenido de humedad en el suelo es primordial para lograr fruta de calidad, un ajuste preciso en la oportunidad del riego según los estadios fenológicos, permitiría minimizar el déficit resultante e incrementar los rendimientos del cultivo.

En la mayoría de los establecimientos frutícolas del Alto Valle de Río Negro no se realiza una programación de riego basada en las necesidades del cultivo, debido a que el sistema en la distribución del agua de riego por turnos rotativos no tiene la flexibilidad que requiere dicha programación. Esto genera un inadecuado uso de los recursos hídricos (Aruani et al. 2006). El productor debe tener en cuenta que lo importante no es solamente la cantidad de agua aplicada, sino el momento oportuno de riego. Por ejemplo se ha comprobado en el INTA Alto Valle que perales cv Williams que recibieron 12 riegos durante el ciclo de cultivo produjeron 62 t/ha de fruta comercial con diámetro mayor a 64 mm; mientras que aquellos regados ocho veces, teniendo en cuenta el período de rápido crecimiento del fruto, produjeron 76 t/ha de fruta comercial (Requena, 2001).

Al comienzo del ciclo anual del cultivo la mayor parte de los suelos de nuestra región contienen agua suficiente por las lluvias de otoño e invierno. La mayor velocidad de crecimiento del brote tiene lugar aproximadamente a los 40 días de floración y el exceso de agua puede causar abscisión de frutos recién cuajados. En tanto que la mayor velocidad de crecimiento del fruto se presenta cerca de cosecha. En los 60 días anteriores a cosecha el fruto adquiere el 80% de su peso final, por lo que un estrés hídrico en esta etapa puede tener efectos negativos sobre el crecimiento del fruto, por lo tanto en el período de crecimiento final del fruto, la frecuencia de riego debe acompañar la evapotranspiración del cultivo para que la planta tenga máximo aprovechamiento del agua aplicada. Después de cosecha, debe disminuirse el número de riego para evitar un excesivo crecimiento vegetativo, pero debe ajustarse de tal manera que no comprometa la futura cosecha (Requena, 2001).

El presente trabajo tiene como objetivo estimar los requerimientos hídricos de un cultivo en condiciones óptimas de humedad en el suelo, utilizando el programa Cropwat 8.0 y compararlos con la reposición de agua que realiza habitualmente el productor por medio del método gravitacional a manto.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en un monte comercial ubicado a 38° 5` 55,3" S y 68° 2` 38,6" O, implantado con pera (*Pyrus communis* L.) cultivar Williams, conducidos en espaldera en un marco de plantación de 4m x 2m y con riego por melgas sin desagüe al pie (a manto). El material originario de los suelos es aluvial, el régimen de humedad corresponde al arídico y el de temperatura es térmico, lo que reflejan las condiciones de déficit hídrico durante todo el año (CIL, 1991).

Se seleccionaron 5 plantas de edad y tamaño similar, conformando cada una un sitio experimental. En cada sitio se describió el perfil del suelo, se determinó densidad aparente $t\ m^{-3}$ (mét del cilindro) y profundidad de enraizamiento colocando una grilla de 1 x 1 m dividida en sentido horizontal y vertical cada 10 cm. La distribución de raíces dentro de cada

cuadrado fue mapeada después de remover una delgada capa de suelo, para poner al descubierto las raíces. Se cuantificaron raíces, menores a 2 mm y entre 2 a 5 mm (Aruani, 2009). Se extrajeron muestras de cada horizonte y se determinó: porcentaje de arena, limo y arcilla (método Bouyoucos) y contenido hídrico a capacidad de campo (CC a 1/3 atm) y punto de marchites permanente (PMP a 15 atm). Se clasificó el suelo según Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 2006).

Se determinó velocidad de Infiltración (I : cm min^{-1}) por el método del infiltrómetro de doble anillo, (ASTM D 3385-88).

Se extrajeron muestras de suelos para determinar humedad actual a 20 y 40 cm de profundidad con una periodicidad entre 15 a 20 días y se midió semanalmente el nivel freático, en las temporadas 2009-2010 y 2010-2011.

Se utilizaron datos climáticos de la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Ciencias Agrarias (Lat. $38^{\circ} 50' S$ y Long $68^{\circ} 4' O$ a 282 m.s.n.m.) tales como: valores diarios de temperatura, humedad relativa, viento, heliofanía y precipitación. Con estos datos se obtuvo la ETo para cada una de las temporadas.

Uso del programa Cropwat 8.0

En la Tabla 1 y 2 figuran las variables requeridas por el programa Cropwat 8.0, tales como:

- 1) Duración de las fases de desarrollo del cultivo: consideradas en función a observaciones locales (comunicación personal Cátedra de Fruticultura FaCA-UNCo).
- 2) Coeficientes de cultivo (K_c): Se seleccionaron teniendo en cuenta la cobertura vegetal en el espacio interfilar, con vientos débiles a moderados y fuertes heladas (Allen, et al. 2006).
- 3) Niveles críticos de agotamiento del agua del suelo (umbral crítico). Fueron considerados para una ET_c máxima y media.
- 4) Capacidad de almacenamiento del agua disponible total (ADT).
- 5) Velocidad de infiltración de los suelos.

Tabla 1: Parámetros del cultivo

Etapa	Inicial	Desarrollo	Media	Final	Total
Longitud (días)	22	83	75	60	240
Valores K_c	0,5	→	1,28	0,95	
Prof. Radicular (m)	0,7	→	0,70	0,70	
Agotam. Crítico	0,5	→	0,40	0,50	
Altura del cultivo (m)	4				

Teniendo en cuenta la distribución de raíces mapeadas con la grilla se tomó la profundidad radicular a 0,70 cm

Tabla 2: Parámetros del suelo

Variables	
Agua disponible total (ADT) mm/m	146
Velocidad de infiltración (lb mm /día)	180
Humedad de suelo inicialmente disponible mm/m	146

Para realizar el balance hídrico el Cropwat utiliza la ETo estimada mediante la fórmula FAO Penman-Monteith (Allen et al, 2006), con las variables climáticas, los valores de Kc según la etapa de desarrollo del cultivo, y datos de precipitación efectiva (se consideró el 100 % de la lluvia caída dada su escasa significación). De esta manera calcula los requerimientos de agua del cultivo (RAC) considerando rendimientos máximos.

Etapa de programación del riego

Para esta etapa se definieron variables que condicionan el desarrollo de la programación, tales como:

- 1) Estado inicial de la humedad del suelo (HA) al comienzo de cada temporada de riego. Mediciones efectuadas por el método gravimétrico permitieron establecer contenidos de humedad cercana a capacidad de campo.
- 2) Eficiencia de aplicación del agua de riego: fue asumida a partir de evaluaciones realizadas en la zona de estudio (Aruani et al., 2006; Latinoconcult, 1987), con un valor promedio del 30%.
- 3) Se consideró una reposición de la humedad del suelo a nivel de capacidad de campo.

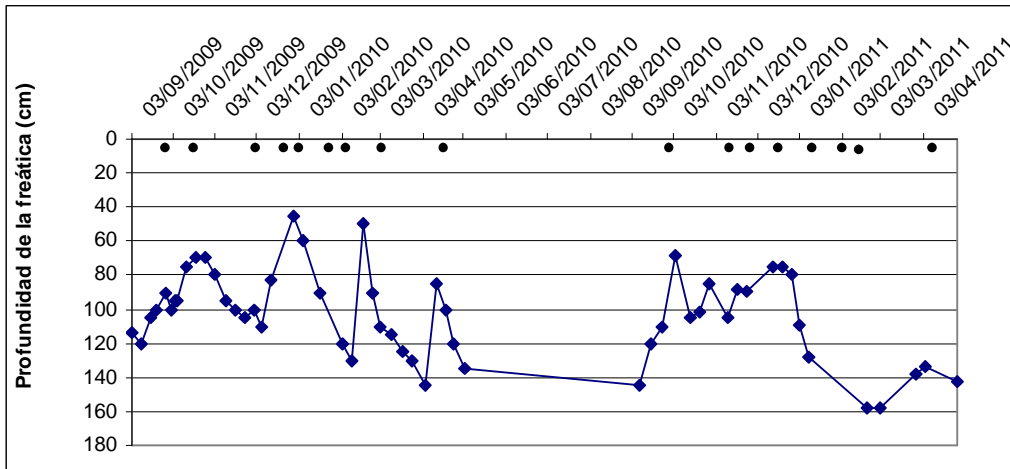
Simulación en condiciones reales: La simulación real se programó con las fechas efectivas de riego (8-9 según la temporada), a partir de niveles de agotamiento del agua en el suelo en equilibrio con la ETreal ($E_{Tr} < E_{Tc}$).

Simulación en condiciones óptimas: Se definió el momento oportuno del riego al agotamiento total del agua fácilmente aprovechable (AFA).

RESULTADOS

El suelo fue clasificado como Acuicambid típico, moderadamente bien drenado, es profundo, con predominio de textura franco arcillosa a franco limosa, (Aruani, 2010). La capacidad de campo es de 28.8% y el PMP de 16.9 % y la densidad aparente de 1,23 tn m^{-3} .

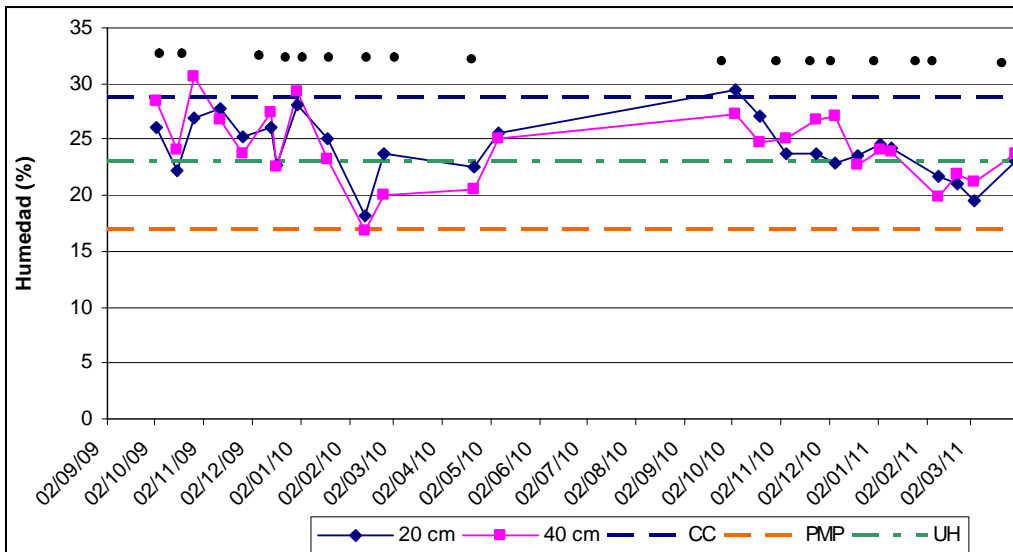
En la Figura 1 se grafican las fluctuaciones del nivel freático en ambas temporadas. Se puede observar que hay dos períodos bien definidos, uno corresponde a la temporada del cultivo (septiembre - abril) y el otro corresponde al receso invernal, que comienza con el corte del riego (mayo). Si se considera que la profundidad crítica de la freática para este suelo y cultivo oscila entre 1,40 -1,60 m (FAO, 1985) se pudo observar que durante el período vegetativo el nivel se mantuvo alrededor de los 80 cm, por lo que la franja capilar ingresó a la rizósfera generando algunos síntomas de hidromorfismo, tales como la presencia de moteados en el perfil del suelo a partir de los 50 cm (Aruani, 2010).



Los puntos rellenos indican los riegos efectuados

Figura 1: Fluctuaciones de la napa freática durante las temporadas 2009-2010 y 2010-2011

En la Figura 2, se grafica el contenido de humedad determinado por el método gravimétrico a 20 y 40 cm de profundidad durante las temporadas 2009-2010 y 2010-2011. De las 11 mediciones realizadas se observó que el estado de humedad del suelo se mantuvo en general dentro de la franja de la fracción del agua fácilmente aprovechable (AFA). En el 2009-2010 el 36 % de las mediciones se encontraron en CC, 37 % en AFA y 27 % entre umbral hídrico y PMP. En el 2010-2011 fue del 27 %, 55 % y 18 % respectivamente.



Los puntos rellenos indican los riegos efectuados

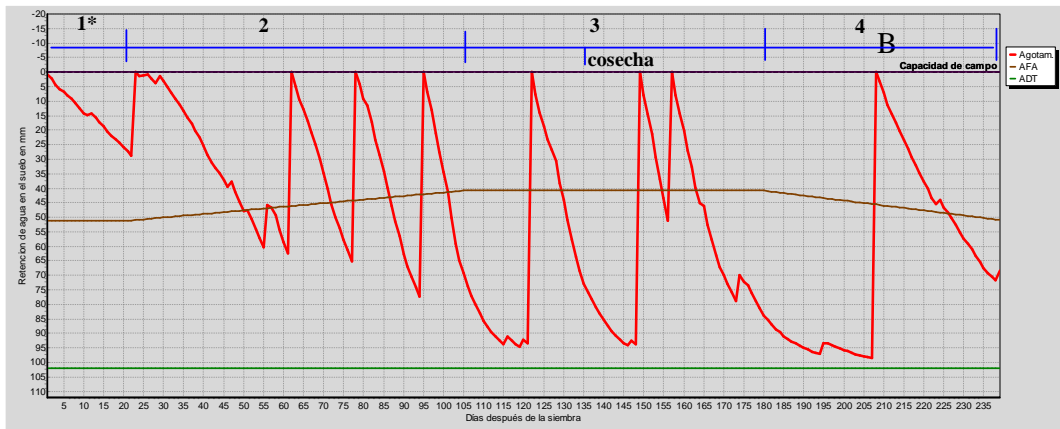
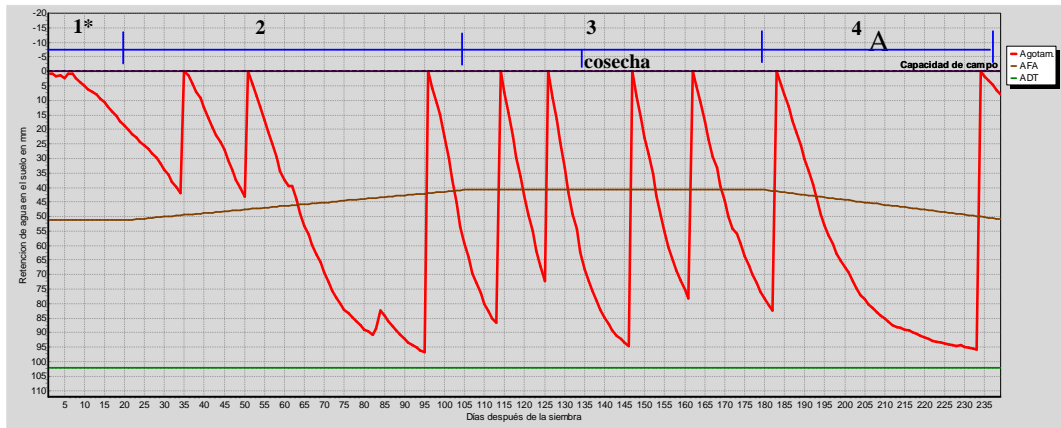
Figura 2: Registro de la humedad del suelo a 20 cm y 40 cm de profundidad durante las temporadas 2009-2010 y 2010-2011.

Los requerimientos hídricos del cultivo calculados por medio del Cropwat para las temporadas 2009-2010 y 2010-2011 fueron de 1074 y 1022 mm respectivamente. En la Tabla 3 a modo de ejemplo, se muestran los requerimientos de agua del cultivo (RAC) para la temporada 2009-2010.

Tabla 3: Requerimiento de agua del cultivo ciclo 2009-2010

Mes	Decada	Etap	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Sep	1	Inic	0,5	1,04	9,3	17,8	0
Sep	2	Inic	0,5	1,35	13,5	0	13,5
Sep	3	Des	0,53	1,47	14,7	0	14,7
Oct	1	Des	0,62	2,15	21,5	0	21,5
Oct	2	Des	0,71	3,09	30,9	0	30,9
Oct	3	Des	0,8	4,07	44,7	0	44,7
Nov	1	Des	0,9	4,14	41,4	3,5	37,9
Nov	2	Des	0,99	4,94	49,4	0	49,4
Nov	3	Des	1,08	5,49	54,9	11	43,9
Dic	1	Des	1,18	6,52	65,2	3,5	61,7
Dic	2	Med	1,26	7,69	76,9	0	76,9
Dic	3	Med	1,26	7,05	77,6	0	77,6
Ene	1	Med	1,26	8,33	83,3	0	83,3
Ene	2	Med	1,26	8,02	80,2	0	80,2
Ene	3	Med	1,26	7,48	82,2	0	82,2
Feb	1	Med	1,26	6,78	67,8	0	67,8
Feb	2	Med	1,26	5,63	56,3	1	55,3
Feb	3	Med	1,26	5,4	43,2	2	41,2
Mar	1	Fin	1,23	4,64	46,4	3	43,4
Mar	2	Fin	1,18	4,27	42,7	0	42,7
Mar	3	Fin	1,13	3,89	42,8	0	42,8
Abr	1	Fin	1,07	2,56	25,6	0	25,6
Abr	2	Fin	1,02	2,21	22,1	0,6	21,5
Abr	3	Fin	0,96	1,7	15,3	0	15,3
					1108	42,4	1074,1

En la Figura 3 se observa la programación del riego simulada en la situación real donde se consideraron los 9 riegos que se realizaron en la temporada 2009-2010 (A) y 8 en la 2010-2011 (B). Muestra niveles de agotamiento de la humedad del suelo en su mayoría por debajo del umbral hídrico y en algunos casos (35 %) cercanos al PMP. Debe tenerse en cuenta que el Cropwat no contempla el aporte por ascenso capilar desde la freática.



*Fases del cultivo 1: Inicial 0-22 días; 2: Desarrollo 22-105 días; 3: Medios 105-180 días; 4: Fin al 180-240 días; Cosecha 135 días

**Figura 3: Programación del riego en condiciones reales.
Temporada 2009-2010 (A) y 2010-2011 (B)**

En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos de la simulación en condiciones óptimas de agotamiento de la humedad del suelo. Como los resultados de las dos temporadas son similares se muestra el gráfico de la última temporada. Se observa que la frecuencia de riego resultante se incrementó notablemente debido a que la restricción impuesta al programa fue que el nivel de humedad no superase el umbral crítico.

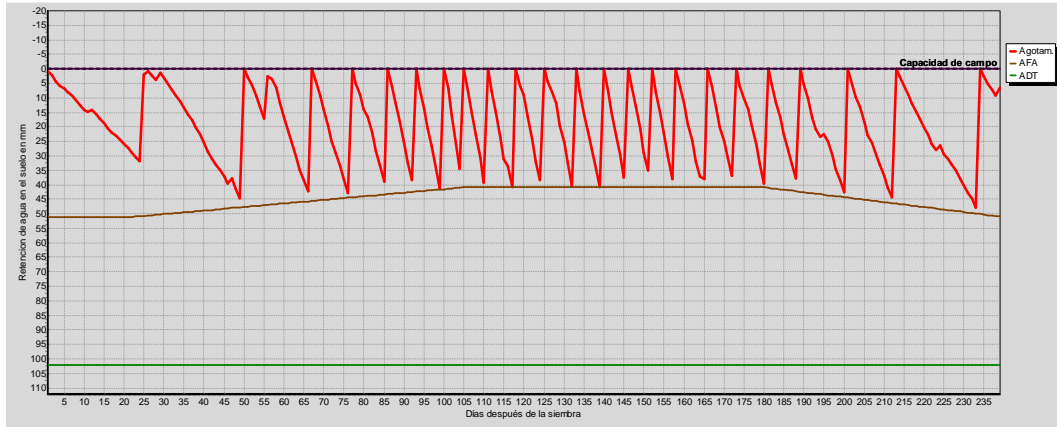


Figura 4: Programación del riego en condiciones óptimas

En la Tabla 3 se consignan los resultados de las simulaciones de las temporadas consideradas. La lámina de reposición acumulada, en condiciones óptimas de tensión del agua en el suelo, fue en promedio de 1033 mm, y en condiciones reales la lámina neta fue de 649 mm. La lámina bruta total en condiciones óptimas de riego fue de 3442 mm y la lámina acumulada por los riegos efectuados fue de 2162 mm, ambas promedio de las temporadas analizadas.

Tabla 3: Láminas simuladas óptima y real

Láminas aplicadas (mm)	2009-2010	2010-2011
Lam. neta óptima	1056	1010
Lám neta según nivel de agotamiento real	708	590
Lam. bruta óptima	3518	3366
Lam bruta real	2360	1965

DISCUSION

En el ciclo anual del cultivo de pera, los estados fenológicos corresponden a cuatro fases. La fase inicial comprende desde brotación (2 de septiembre) hasta el momento de plena floración (24 de setiembre). En este período no se efectuaron riegos en ambas temporadas y el contenido de humedad se mantuvo dentro de la franja del AFA. Esto es debido a la baja evapotranspiración del cultivo y a las precipitaciones otoño - invernal.

La fase de desarrollo del cultivo se extiende desde la finalización de floración hasta alcanzar el máximo desarrollo de la canopia (15 de diciembre) y abarca la etapa de crecimiento acelerado del fruto. En esta etapa se realizaron 3 y 4 riegos en las temporadas 1 y 2 respectivamente. En la primera el contenido de humedad permaneció 33 días dentro del AFA, mientras que en la segunda 25 días. En la segunda mitad de este período en ambas temporadas, el contenido de humedad previo al riego se mantuvo por debajo del umbral crítico, llegando en el primer ciclo a niveles cercanos al PMP.

En la fase media, el índice del área foliar se mantiene en su nivel máximo, abarca cosecha (10 al 25 de enero) y se extiende hasta comienzo de reducción del área foliar (1 de marzo). En esta etapa se realizaron 4 y 3 riegos en la temporada 1 y 2 respectivamente y el contenido de humedad del suelo previo al riego estuvo siempre por debajo del umbral crítico y en algunos casos cercanos al PMP.

En la fase final del ciclo anual, que se extiende hasta el 30 de abril, se realizó el último riego.

En este período se debe disminuir la frecuencia de riego para no aumentar el crecimiento vegetativo, pero debe asegurarse un contenido de humedad que garantice la acumulación de reservas para la futura cosecha (Requena, 2001).

Al analizar los resultados correspondientes a los valores de humedad tomados a campo en toda la fase de desarrollo del cultivo en ambas temporadas, se mantuvieron dentro del AFA. Esto coincide parcialmente con los resultados del balance hídrico simulado, puesto que a partir de la segunda mitad de dicha fase estos valores permanecieron por debajo del umbral hídrico. Observando las fluctuaciones de los niveles freáticos (Fig. 1) a lo largo de las 2 temporadas se manifiesta el aporte de humedad producto del ascenso capilar, que el Cropwat en su análisis del balance hídrico no contempla. Teniendo en cuenta la clase textural del suelo, franco limoso, el agua fácilmente aprovechable se encuentra entre tensiones de 0,3 a 0,8 atm (-300 a - 800 cm de columna de agua) de acuerdo al gráfico de la Figura 5, (Taylor y Ashcroft, 1972).

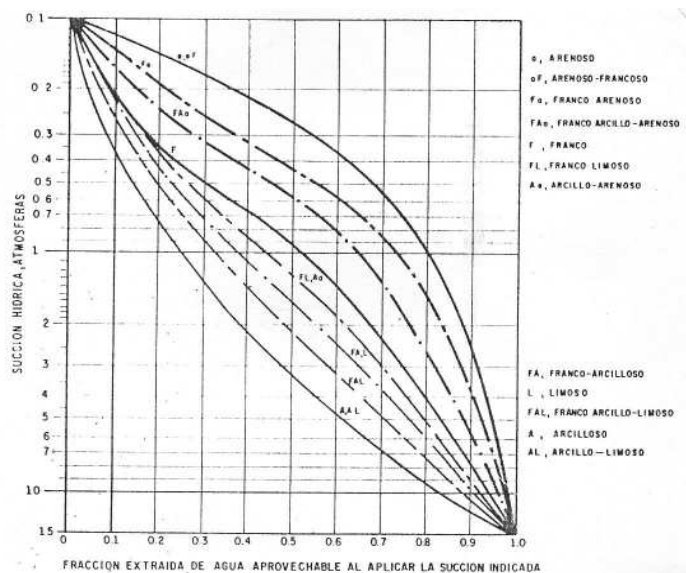


Figura 5: Relación entre la fracción de agua aprovechable y la succión aplicada al suelo, en función a la textura

Según Van Genuchten (1980) para un suelo de textura similar y para tensiones del agua del suelo de 0,4 atm el ascenso capilar es de aproximadamente de 60 cm con un aporte de 7,5 mm día⁻¹, Figura 6. Considerando que la evapotranspiración máxima diaria en los meses de diciembre enero fue de 7,5 – 8,0 mm día⁻¹ (Tabla 3) se demuestra que el aporte capilar puede suplir las necesidades del cultivo.

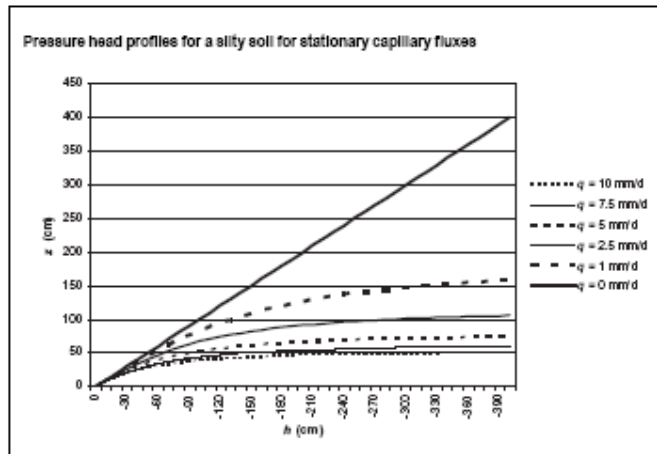


Figura 6: Flujo capilar desde la superficie freática para un suelo de textura media

En el análisis de la fase media, en la primera mitad, se observa que los valores de humedad a campo permanecieron dentro del AFA y en la segunda por debajo de dicho umbral. Sin embargo, en el balance realizado por el programa el contenido de humedad se mantuvo cercano al PMP.

En la fase final la humedad a campo registra valores del 50% dentro del AFA que se corresponde con el último riego de fin de temporada. Mientras que en la simulación, el 66% del tiempo el contenido de humedad aparece por debajo del umbral hídrico.

A modo de resumen y de acuerdo a la discusión planteada, no se obtuvo correspondencia de los valores de humedad del suelo obtenidos a campo con los resultados de la simulación basada en los riegos efectivamente realizados como se observa en la Tabla 4. Esto demuestra la contribución del agua subterránea por ascenso freático hacia la rizósfera.

Tabla 4: Valores promedio que resumen las diferentes situaciones planteadas

	Frecuencia de riego (días)		Lámina neta de reposición por riego (mm)	Tensión del agua en el suelo (atm)
	ETc max.	ETc med		
Simulación en condiciones óptimas	6	12	44	0,8
Simulación en condiciones reales	14	21	77	hasta mediados de desarrollo < 0,8 después de desarrollo entre 4 y 5
Humedad a campo	-	-	40 y 100	hasta cosecha < 0,8 después de cosecha > 2,5

En conclusión, es necesario continuar con este estudio pero con registros continuos de humedad del suelo, fluctuaciones de la freática e incorporar el tenor salino, con el fin de conocer el potencial total del agua en el suelo (matricial + osmótico) y su efecto sobre la producción y calidad de la fruta.

BIBLIOGRAFIA

- Allen, R.; Pereira, L. y Raes, D. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Serie Riego y drenaje FAO N° 56, 300 p.
- Aruani, M.C. 2009. Raíces: condiciones de suelo que afectan su crecimiento. Boletín Electrónico de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNComahue Vol 1 Nro 5 - ISSN 1852-4559. <http://sites.google.com/site/boletinfaunco/Home>.
- Aruani, M.C. 2010. Pera Williams: Suelos que la sustentan. Boletín Electrónico de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNComahue Vol 2 Nro 7 - ISSN 1852-4559. <http://sites.google.com/site/boletinfaunco/Home>.
- Aruani, M.C.; Galeazzi, J.O. y E. Sánchez 2006. Dinámica de nitratos en un suelo irrigado cultivado con manzanos. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Realizado en Salta. Resumen publicado en Acta p. 385 ISBN-10: 987-21419-6-7, ISBN-13:978-987-21419-6-7 y Trabajo completo en CD.
- Consorcio Inconas Latinoconsult S.A (C.I.L.) 1987. Estudio para el aprovechamiento integral del Río Negro, Argentina. Diagnóstico de la eficiencia de riego predial. Sector riego agrícola. Buenos Aires, Argentina. 349 p.
- FAO, 1985. Elementos para el proyecto de drenajes. Estudio Riego y Drenaje n° 38. Roma Italia, 40 p.
- Flore, J.A. 1994. Stone Fruit, pp. 233-270. In: B. Schaffer and PC. Andersen (eds). Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. Volume I: Temperate Crops. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA.
- Requena, 2001. Peras, riego y calidad. Revista Rompecabezas Tecnológico. INTA Alto Valle N° 29 p 18-21.
- Soil Survey Staff 2006. Clave para la taxonomía de suelos. Departamento de Agricultura para los Estados Unidos Servicios de Conservación para los Recursos Naturales. Décima edición.
- Taylor. S.A. y Ashcroft, G.L. 1972. Physical edaphology; the physics of irrigated and non irrigated soils. WH Freeman & Co, San Francisco USA
- Van Genuchten, M.T. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Am. J., (44): 892-898.