

COEFICIENTE DE CULTIVO (K_c) PARA PALTOS (*Persea americana* Mill.) cv. HASS, EN QUILLOTA, CHILE

Crop Coefficient (K_c) for Avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, at Quillota, Chile

EDUARDO SALGADO V. y EDUARDO BOZZOLO V.

Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso, Casilla 4-D, Quillota

Recepción de originales: 11 de junio de 1997.

R E S U M E N

En el estudio se analiza una serie de 6 años de datos de riegos, aplicados en 2 huertos de paltos en plena producción, plantados a 9 x 9 m, y los correspondientes registros climatológicos anuales para, a través del método del balance hídrico, obtener una aproximación a los parámetros del manejo del riego de estos árboles en Quillota. Los coeficientes K_c encontrados para Quillota, difieren según la pendiente y exposición del huerto, y en parte, con el tipo de suelo. Los valores de K_c estimados para uno de los huertos estudiados, no son diferentes de los publicados para Corona Ranch, California.

A B S T R A C T

A series of 6 years of irrigation records applied in 2 avocado orchards, planted 9 x 9 m, is analyzed together with the corresponding climatological data, in order to obtain an approximation to the irrigation parameters of these trees in the Quillota area, by solving the water balance equation. K_c coefficients found at Quillota are different according to the slope and exposition of the orchards and, in part, to the soil type. On the other hand, the K_c values calculated for one of the orchards in Quillota are not different of those published for Corona Ranch, California.

INTRODUCCIÓN

Muchos autores han establecido la importancia del manejo del riego en paltos. Las principales consideraciones respecto de la disponibilidad del agua se relacionan con la caída de fruta, la tasa de crecimiento de los frutos y su calibre final (Durand y Du Plessis, 1990); con la probabilidad de infección por *Phytophthora cinamomi* (Whiley, 1990) y, con la inducción floral y consecuente magnitud de la floración (Lahav y Kalmar, 1983).

Las necesidades netas de riego en huertos comerciales, a menudo se estiman en base a la evaporación que se registra en la bandeja Clase A (USWB). Las lecturas de la bandeja deben ser corregidas por un coeficiente de bandeja (K_b) que representa las condiciones de instalación y funcionamiento del instrumento, y por un coeficiente (K_d) propio del cultivo, que varía a través de la temporada de crecimiento dependiendo de las condiciones micrometeorológicas, la fenología de las plantas y la disponibilidad de agua en el suelo (Doorenbos y Pruitt, 1977).

Meyer *et al.* (1991) presentan los siguientes coeficientes K_c mensuales para Corona Ranch, California (fechas según hemisferio norte): enero 0,35; febrero y diciembre 0,40; marzo, abril, septiembre, octu-

bre y noviembre 0,45; mayo y agosto 0,50 y, junio y julio 0,55; con una aplicación total de agua de 711 mm/año. Kurtz *et al.* (1991), trabajando en los planos costeros de Israel, encontraron valores similares para mayo, junio y julio pero, 36, 69, 60 y 87% mayores para los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre.

Mediciones preliminares tomadas en la Estación Experimental La Palma de la Universidad Católica de Valparaíso en Quillota, señalan que las necesidades de riego para paltos cv. Hass, regados por microaspersión, son de 930 mm/año, aproximadamente (Salgado, 1990; Tello, 1990), lo que corresponde al límite superior de los rangos presentados por Kurtz *et al.* (1991) para Israel y por Meyer *et al.* (1991) para California.

Con el objeto de obtener valores preliminares de K_c para paltos cv. Hass en Quillota y de compararlos con los que se han determinado en otras zonas productivas del mundo, se analizan 6 años de registros de riego correspondientes a 2 huertos y se correlacionan con los correspondientes valores de evapotranspiración de referencia (ET_R), obtenidos por el método de la bandeja evapométrica Clase A (USWB).

M A T E R I A L E S Y M É T O D O S

Los huertos de palto cv. Hass estudiados se ubican en las vecindades de Quillota. El clima es templado cálido, con una estación seca prolongada de entre 7 y 8 meses y sus temperaturas superan los 10 °C por más de 4 meses. Uno de los huertos, A, está ubicado en una posición fisiográfica más alta (piedmont) y con más pendiente que el huerto B. La textura superficial del suelo del huerto A es franco arcillo-arenosa (0-30 cm) y franco arenosa en profundidad, en tanto que en B la textura superficial es franco arcillosa (0-30 cm) y franco arcillo-arenosa en profundidad. En ambos casos, las raíces de palto más profundas fueron encontradas a 60 cm en el perfil, punto a partir del cual existe un 80% de grava.

Los árboles de ambos huertos se encuentran en plena producción, plantados a 9 x 9 m, regados por microaspersión. En el huerto A existen 3 microaspersores por árbol de 60 l/h con 6 m de diámetro mojado. En el huerto B, el riego se aplica mediante 2 microaspersores por árbol de 90 l/h cada uno, con 8 m de diámetro mojado. Considerando la descarga horaria de 180 l/h por árbol y el espaciamiento de éstos, se obtiene que la precipitación promedio es de 2,2 mm/h en ambos huertos, aunque espacialmente distribuida de manera diferente.

Los tiempos de riego y sus respectivas frecuencias fueron obtenidos de los registros llevados en el predio (Soc. Agrícola Huerto California) entre septiembre de 1986 y marzo de 1992. Los datos climatológicos necesarios para realizar las estimaciones de ET_R fueron tomados de la estación meteorológica de la Universidad Católica de

Valparaíso, localizada 4 km al norte de los huertos. Allí se obtuvo los registros mensuales de evaporación de bandeja Clase A, pluviometría y temperaturas máximas y mínimas para el mismo período.

Para calcular la ET_R promedio mensual se corrigió la evaporación de la bandeja Clase A (E_B) por el coeficiente de instalación (K_B):

$$ET_R = K_B E_B \quad (1)$$

En la Tabla 1 se presentan sumarizados los cálculos para obtener ET_R según la metodología de Doorenbos y Pruitt (1977), para el período libre de lluvias (sep-abr) promedio de 6 años (1986-1993). Los valores de K_B cambian entre los meses de acuerdo con la cubierta vegetal que rodea la bandeja evaporimétrica (Caso A ó B), con la velocidad media del viento, U_z , y con el rango de humedad relativa; HR_{MEDIA} , medida en Quillota en el mismo período.

Resolviendo la ecuación del balance hídrico (2), ET_C es igual a la lámina neta de riego, L_N , (con eficiencia de riego = 0,8), considerando que la contribución de las lluvias es $LL = 0$ debido a que se incluye sólo el período libre de lluvias; la percolación profunda es $P = 0$, ya que no existió drenaje de agua más allá de la zona de las raíces según las lecturas tensiométricas (Trometer, colocados a 1,5 m desde el tronco sobre la línea de riego) a 60 cm en el perfil; el escurrimiento superficial es $E = 0$ debido a la reducida precipitación de los microaspersores utilizados que no permiten la acumulación de agua sobre el suelo, y la variación del contenido de humedad del suelo es $\Delta\theta = 0$ entre eventos sucesivos de riego, ya que ellos se aplicaron cada vez que el suelo alcanzó una tensión de -15 KPa, medida con tensiómetro a 30 cm de profundidad.

Tabla 1. ET_R estimada mediante evaporímetro Clase A, (Doorenbos y Pruitt, 1977) para Quillota, Chile, promedio de 6 años (1986-1993).

Table 1. Estimated ET_R by Class A pan evaporation method (Doorenbos y Pruitt, 1977) for Quillota, Chile. Means values of 6 years (1986-1993).

Meses ¹	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Caso	A	A	A	B	B	B	B	B
U_z	-----medio-----o-----suave-----							
HR MEDIA	-----medio alto-----o-----medio bajo-----o-----medio alto-----							
K_d	0,78	0,78	0,83	0,70	0,60	0,60	0,70	0,80
E_R MM/MES	67,00	103,30	147,90	201,30	196,70	148,10	131,50	80,00
ET_R MM/MES	52,26	80,57	122,76	140,91	118,02	88,86	92,05	64,00

¹Según hemisferio sur.

$$ET_C = L_N + LL - P - E \pm \Delta\theta \quad (2)$$

Los coeficientes mensuales K_C fueron estimados utilizando la ecuación (3):

$$K_C = \frac{ET_C}{ET_R} \quad (3)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción y cantidad de agua

En un primer análisis de los registros disponibles se compara, en la Tabla 2, la producción de fruta anual con la correspondiente lámina neta de agua aplicada en la temporada de riego. Los datos muestran que en ninguno de los huertos existe asociación entre las láminas de riego anual aplicadas y las correspondientes producciones. Este fenómeno, que ha sido descrito antes por Whiley *et al.* (1991), se explica fundamentalmente por la característica bianual de la especie. Al respecto Whiley (1990) señala que la producción de fruta, en parte importante, depende de la

proporción de productos de la fotosíntesis que el árbol destina a dicho fin, circunstancia que permitiría encontrar una mejor asociación entre la cantidad de agua aplicada y el crecimiento total, que incluye los componentes vegetativos (raíces, tallos, madera) y reproductivos (flores, frutos).

No obstante lo anterior, Whiley *et al.* (1991) señalan además que el fenómeno se acrecienta cuando la cosecha se realiza tardíamente, coincidiendo con Meyer *et al.* (1990), quienes obtienen un efecto significativo del riego (con 120% E_b) en la producción cuando se cosecha temprano en la temporada, evitando que por competencia se produzca desprendimiento de fruta en crecimiento activo.

Adicionalmente, como se aprecia en la Tabla 2, la incidencia de las producciones bianuales es muy marcada en ambos huertos estudiados, a excepción de las temporadas 90-91 y 91-92 en el huerto B, lo que coincide con la recolección temprana (septiembre-octubre) de frutos, previa a la etapa de crecimiento acelerado de los frutos nuevos recién cuajados.

Tabla 2. Producción anual y láminas netas de riego en palto cv. Hass correspondientes a 2 huertos de Quillota.

Table 2. Annual production and net irrigation applied to 2 avocado orchards cv. Hass at Quillota.

Temporada	Huerto A		Huerto B	
	Producción ton ha ⁻¹	Lámina neta mm/temporada	Producción ton ha ⁻¹	Lámina neta mm/temporada
1986-87	29,0	754,4	13,9	375,8
1987-88	2,3	713,9	1,3	375,9
1988-89	25,2	888,7	23,3	591,8
1989-90	0,5	862,9	2,1	529,9
1990-91	29,9	782,0	19,5	557,3
1991-92	1,2	461,8	20,7	239,5
Total	88,1	4.463,7	80,8	2.670,1

¹Según hemisferio sur.

Por otra parte, al comparar las producciones totales en el período de 6 años con las correspondientes láminas netas totales de agua aplicada, aun cuando no existen repeticiones, no se observa una relación directa. Mientras la razón de producciones entre los huertos A a B es de 1,09; la razón de cantidades de agua aplicada es de 1,67. Lo anterior puede atribuirse, en parte, a la mayor altura y pendiente (exposición norte) del huerto A respecto del B. Otro factor que puede distorsionar los datos obtenidos es la menor retención de humedad del suelo que fue determinada en el huerto A. En este aspecto cabe señalar que, tratándose de datos de terreno en huertos comerciales, es posible que el supuesto que la percolación profunda, $P = 0$ (ecuación 2) no sea enteramente válido, lo que representa una limitación del estudio, particularmente en lo que se relaciona con los resultados del huerto A en cuanto a consumo real de agua (ET_C real).

No obstante lo anterior, los valores en general concuerdan con los señalados por Lahav y Kalmar (1983) y Kurtz *et al.* (1991)

en Israel y Gustafson (1979) en California, quienes indican que es posible obtener altas producciones con riegos de entre 540 y 830 mm/temporada, dependiendo del tipo de suelo y de los niveles de pluviometría y demanda atmosférica de la zona.

Coeficientes de cultivo, K_C

En la Tabla 3 se presentan los coeficientes K_C estimados según la ecuación 3, a partir de los datos de ET_R (Tabla 2) y de ET_C (Tabla 3). Los resultados señalan que los valores correspondientes al huerto A son consistentemente más altos que los del huerto B. La explicación de este hecho está relacionada con lo señalado en el punto anterior, respecto de las diferencias climatológicas y de suelo entre los huertos estudiados. El hecho de no ser posible separar completamente los efectos debidos al clima de los del suelo, determina que los resultados correspondientes al huerto A presenten mayores grados de incertidumbre que los del B, en el que es más probable que los supuestos para resolver la ecuación (2) sean aceptables.

Tabla 3. Evapotranspiración del cultivo, ET_c , estimada, coeficientes de cultivo, K_c , y combinado, $K_c K_b$, para paltos 'Hass' en Quillota.

Table 3. Estimated actual evapotranspiration, ET_c , K_c coefficients, and $K_c K_b$ combined coefficients for avocado trees 'Hass' at Quillota.

Mes ¹	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
ET_c MM/MES	27,18	43,51	66,29	91,59	75,53	55,98	51,55	35,20
K_c Huerto A	0,82	0,92	1,00	0,91	0,91	0,91	0,93	0,95
K_c Huerto B	0,52	0,54	0,54	0,65	0,64	0,63	0,56	0,55
$K_c K_b$ Huerto A	0,61	0,69	0,61	0,55	0,59	0,59	0,70	0,72
$K_c K_b$ Huerto B	0,39	0,40	0,32	0,39	0,28	0,41	0,42	0,46

¹Según hemisferio sur.

Respecto de las variaciones mensuales, Whiley *et al.* (1988), trabajando con un coeficiente combinado $K_c K_b$ (Tabla 3), que corresponde a estimar la ET_c directamente en base a E_b sin corrección por efecto de instalación, señalan que la etapa de floración es la que provoca el mayor impacto en el consumo de agua del palto, por lo que los altos valores relativos observados en los meses de septiembre y octubre pueden asociarse a ese fenómeno en Quillota (Hernández, 1991). De acuerdo a las curvas de crecimiento fenológicos determinadas para el palto por Hernández (1991), en el mes de enero se presenta la menor tasa de expansión vegetativa, lo que coincide en el huerto B con los valores tanto de K_c como de $K_c K_b$ determinados. El huerto A una vez más se aparta de esta situación, lo que reafirmaría las consideraciones anteriores en cuanto a la posible menor validez de esos valores. En los meses de marzo y abril se registran, de acuerdo a las curvas de crecimiento fenológico, las mayores tasas de expansión vegetativa, coincidiendo una vez más con los K_c estimados.

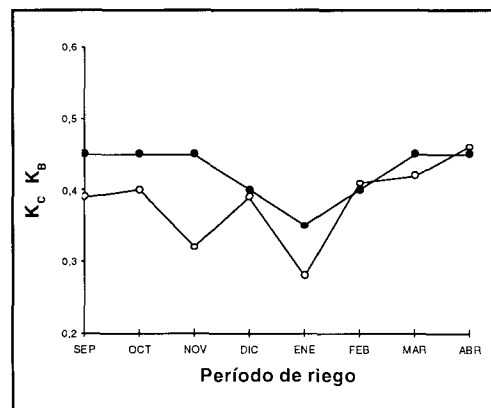


Figura 1.
Coeficientes de cultivo, $K_c K_b$ para paltos en Corona Ranch*, California, EE.UU. y Quillota, Chile.
*Valores desplazados 6 meses para hacerlos equivalentes al Hemisferio Sur.

Figure 1.
 $K_c K_b$ coefficients for avocado trees at Corona Ranch, California, USA and Quillota, Chile.

En la Figura 1 se comparan los valores K_c estimados para el huerto B con aquellos publicados por Meyer *et al.* (1990) para Corona Ranch, California. Estos últimos fueron desplazados 6 meses con el fin de hacerlos estacionalmente equivalentes al hemisferio sur. Se observa que aun cuando existen diferencias, explicables por las

diversidades climáticas entre ambas zonas, las curvas experimentan el mismo tipo de variación, de acuerdo a la sucesión de etapas fenológicas y meses.

CONCLUSIONES

Del presente estudio se puede concluir que las condiciones de riego en que se desarrolló el Huerto B, en Quillota, son comparables a las observadas en otras zonas de cultivo del palto, lo que por tanto valida, en principio, los coeficientes de culti-

vo, K_C y combinado, $K_C K_B$, obtenidos para el área de Quillota en Chile.

Por otra parte, el presente estudio confirma lo indicado por diversos autores en cuanto a que no es posible determinar una correlación directa entre la magnitud del riego y las producciones anuales, debido al enmascaramiento de su efecto por el bianualismo típico de la especie y por la regulación del equilibrio de los crecimientos vegetativo y reproductivo, debidos a factores de manejo y cosecha.

LITERATURA CITADA

- Adato, I. and Levinston, B. 1988. Influence of daily intermittent irrigation on avocado, cv. Fuerte. Fruit yield and trunk growth. J. Hort. Sci. 63(4): 675-686.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W. 1977. Crop water requirements. FAO. Irrigation and Drainage Paper 24. Rome.
- Durand, B.J. and Du Plessis, S.F. 1990. Irrigation of avocado orchards. Farming in South Africa. 2 p. (Avocados F.1).
- Gustafson, C. 1979. Avocado water relations. Calif. Avocado Soc. Yearbook. 60: 57-72.
- Hernández, F. de P. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass para la zona de Quillota, V Región. Tesis Ing. Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 112 p.
- Kurtz, C., Guil, I. and Klein, I. 1991. Water rates effects on three avocado cultivars. World Avocado Congress II. Orange, California. 21-26.
- Lahav, E. and Kalmar, D. 1983. Determination of the irrigation regimen for an avocado plantation in spring and autumn. Australian J. of Agric. Research. 34: 717-724.
- Meyer, J.L., Arpaia, M.L., Yates, M.V., Takele, E., Bender, G. and Witney, G. 1990. Irrigation and fertilization management of avocados. Research findings. Calif. Avocado Soc. Yearbook 71-83.
- Salgado, E. 1990. Manejo del riego. Curso internacional de producción, postcosecha y comercialización de paltas. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Viña del Mar, Chile.
- Tello, C. 1990. Efecto de volúmenes diferenciados de riego en el desarrollo vegetativo, producción y calidad de frutos en palto (*Persea americana* Mill), cv. Hass. Tesis Ing. Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 46 p.
- Whiley, A.W. 1990. Nutrición. Una herramienta estratégica para lograr una alta productividad y calidad en el cultivo del palto. Curso internacional de producción, postcosecha y comercialización de paltas. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Viña del Mar, Chile.
- Whiley, A.W., Chapman, R.R. and Saranah, J.B. 1988. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* Mill), cv. Fuerte during flowering. Australian J. of Agric. Research 39: 457-467.
- Whiley, A.W., Rasmussen, T.S. and Saranah, J.B. 1991. Effect of time of harvest on fruit size, yield and trunk starch concentrations of Fuerte avocados. World Avocado Congress II. Orange, California.