

Coeficientes de cultivo para la programación del riego de la piña

Crop coefficients for the irrigation scheduling in pineapple

Camilo Bonet Pérez¹, Irene Acea Lahera¹, Oscar Brown Manrique², Manuel Hernández Victoria³
y Carmen Duarte Díaz⁴

RESUMEN. Con vistas a determinar los parámetros adecuados para la programación del riego en el cultivo de la piña en Ciego de Ávila se estudiaron los coeficientes de cultivo en condiciones estándar (Kc) utilizando tanto la información disponible en base al estudio sobre la evapotranspiración de este cultivo en las condiciones edafoclimáticas de la mencionada provincia como la metodología alternativa propuesta por la FAO. Los resultados encontrados en base a la metodología FAO difieren notablemente de los valores resultantes de la fase experimental, estos últimos fueron determinados en las condiciones concretas de suelo y clima de la provincia y en base a los métodos recomendados para los estudios de la evapotranspiración del cultivo y de la evapotranspiración de referencia, por lo cual se recomiendan para su empleo en la programación del riego.

Palabras clave: evapotranspiración, necesidad hídricas, régimen de riego.

ABSTRACT. With a view to determining the appropriate parameters for the irrigation scheduling in pineapple crop in Ciego de Avila province, the crop coefficients were studied under standard conditions (Kc) using the available information based on the study of pineapple evapotranspiration in the climatic and edaphic conditions of the region and also using the alternative methodology proposed by the FAO. The obtained results based on the methodology FAO differs notably of the resulting values of the experimental phase, these last ones were determined in the concrete conditions of soil and climate and based on the methods recommended for the studies of crop evapotranspiration and the reference evapotranspiration, reason why they are recommended for its employment in the pineapple irrigation scheduling.

Keywords: evapotranspiration, water requirement, irrigation regime.

INTRODUCCIÓN

El agua disponible para el riego de los cultivos está cada vez más limitada tanto cuantitativa como cualitativamente debido al crecimiento acelerado de las demandas para uso doméstico e industrial, ello hace cada vez más necesaria la utilización eficiente del agua en los sistemas de riego.

Un riego eficiente es aquel capaz de mantener la humedad del suelo dentro de límites apropiados, ello va a estar en dependencia de las características propias de los cultivos, las condiciones climáticas, el manejo y el medio de desarrollo, todo lo cual se expresa a través de la evapotranspiración (ET).

La metodología aprobada por la FAO para el estudio de la evapotranspiración de los cultivos (ETc) se basa en su cálculo como el producto de la evapotranspiración de referencia (ETo) y el coeficiente de cultivo (Kc). (Allen *et al.*, 2006).

El cultivo de la piña es capaz de resistir periodos de sequía, sin embargo responde positivamente al riego tanto en lo referido al rendimiento como a la calidad de la producción. (Sether y Hu, 2001).

Los pocos estudios realizados en el mundo sobre el Kc del cultivo de la piña reflejan bajos valores de ETc debido a sus características fisiológicas y a la particularidad de cerrar los estomas durante el día y abrirlos durante la noche. (Bartholo-

Recibido 20/10/09, aprobado 23/07/10, trabajo 36/10, investigación.

¹ Ing., Esp., Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, Ave. Camilo Cienfuegos y Calle 27, Arroyo Naranjo, La Habana. Tel: 032-282013 Ext. 163.
E-[✉](mailto:camilo@eimanet.co.cu): camilo@eimanet.co.cu

² Dr.C., Prof. Tit., Universidad de Ciego de Ávila. Provincia Ciego de Ávila, Cuba.

³ Prof., Universidad de Camagüey, Provincia Camagüey, Cuba.

⁴ Dr.C., Inv. Tit., Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, La Habana, Cuba.

mew y Kenneth, 2002).

En Cuba se han realizado estudios sobre la ETc y el coeficiente bioclimático (Kb) del cultivo de la piña (Bonet, et al., 2008), durante los cuales se observó un incremento de la ETc en el período enero-mayo con picos en marzo y abril; estos resultados son atribuidos a las condiciones climáticas características de este período y a la etapa fisiológica en que se encontraba el cultivo (floración-fructificación-desarrollo del fruto), resultado que coincide con lo planteado por otros autores (Doorenbos y Pruitt, 1975), (Doorenbos y Kassam, 1979). No existen sin embargo en nuestro país estudios sobre el Kc para el cultivo de la piña.

Considerando el incremento manifiesto de la actividad de riego en este cultivo durante los últimos años así como las perspectivas de desarrollo, resulta de interés el conocimiento de los elementos técnicos necesarios para una adecuada programación del riego en este cultivo.

El presente trabajo pretende la determinación de los Kc para la programación del riego del cultivo de la piña en Ciego de Ávila en condiciones estándar así como la obtención de la curva correspondiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación de los coeficientes de cultivo

Los coeficientes de cultivo establecen una relación entre la ETc y la ETo (Allen, et al., 2006):

$$Kc = ETc/ETo$$

A partir de esta relación, los Kc de cultivo son calculados considerando la ETc del cultivo de la piña en condiciones apropiadas de humedad estudiada en las condiciones de la provincia de Ciego de Ávila, por Bonet, et al. (2008), la ETo determinada por Solano et al. (2003).

En estudios precedentes, la ETc fue estudiada en condiciones experimentales utilizando el método del balance de humedad del suelo, determinándose la humedad presente por el método gravimétrico.

La ETo fue determinada a partir de la ecuación FAO Penman-Monteith utilizando una corrección a la fórmula para ajustarla a las condiciones de Cuba, considerando que el método fue diseñado con la información de estaciones meteorológicas donde la temperatura, la humedad del aire y la velocidad del viento fueron observadas al nivel de dos metros de altura, mientras que los sensores de los instrumentos de temperatura y humedad en las estaciones de Cuba se encuentran a la altura de 1,5 m. y los de velocidad del viento a 10 m de altura (Solano et al., 2003).

Considerando que el estudio de ETc fue realizado durante el período 1984–1987 en áreas de la Estación Experimental de la UNICA, se utilizaron los datos de ETo calculados para el mismo período y lugar; ambos parámetros fueron determinados por períodos decenales y agrupados en correspondencia con las etapas de desarrollo fisiológico diferenciadas durante la determinación de la ETc;

Con vistas a tener una referencia comparativa de los resultados obtenidos, se determinaron a la vez los Kc utilizando la metodología propuesta por Allen et al. (2006), la cual parte de valores obtenidos en condiciones de humedad relativa mínima del 45% y velocidad del viento a 2 m de altura de 2 m·s⁻¹, y establece el mecanismo para su adecuación a las condiciones locales.

En este caso se parte de los valores de Kc que aparecen en dicha publicación, ajustándose los valores de Kc_{inic}, Kc_{med} y Kc_{fin} para las condiciones específicas del lugar.

En el caso del Kc_{inic}, la adecuación parte de la selección de un valor obtenido de las Figuras 1 y 2 en las cuales Kc_{inic} es una función de la ETo en esa etapa, las láminas y el intervalo entre riegos o lluvias. La Figura 1 se utiliza para cualquier tipo de suelo y láminas ligeras (≤ 10 mm), mientras que la Figura 2 se utiliza para suelos de textura media o fina y láminas grandes (≥ 40 mm), (Allen et al., 2006).

En este caso, considerando que durante la etapa inicial se aplicaron láminas de riego de 15 mm es necesario interpolar el valor de Kc_{inic} utilizando ambos gráficos a partir de la expresión: (Allen et al., 2006).

$$Kc_{inic} = Kc_{inic}(\text{Figura 1}) + \frac{1-10}{40+10} [Kc_{inic}(\text{Figura 2}) - Kc_{inic}(\text{Figura 1})]$$

donde:

Kc_{inic} (Figura 1)-valor de Kc_{inic} correspondiente a la Figura 1;

Kc_{inic} (Figura 2)-valor de Kc_{inic} correspondiente a la Figura 2;

I-Lámina infiltrada promedio (mm).

Para el cálculo de Kc_{med} la metodología FAO de Allen et al. (2006), establece una función que parte del valor indicado en la propia publicación para este cultivo corregido en función de la velocidad del viento, la humedad relativa mínima y la altura del cultivo:

$$Kc_{med} = Kc_{med}(\text{FAO} - 56) + [0,04 (U_2 - 2) - 0,004(HR_{min} - 45)](h/3)^{0,3}$$

donde:

Kc_{ed}-(FAO-56)-valor de Kc_{med} para el cultivo en condiciones de humedad relativa mínima (HR_{min}) de 45% y velocidad del viento a 2 m de altura (U₂) de 2 m·s⁻¹, reflejados por Allen et al. (2006);

U₂-Velocidad del viento a 2 m de altura durante el período considerado, m·s⁻¹;

HR_{min}-Humedad relativa mínima durante el período considerado, %;

h-Altura media que alcanza el cultivo, m.

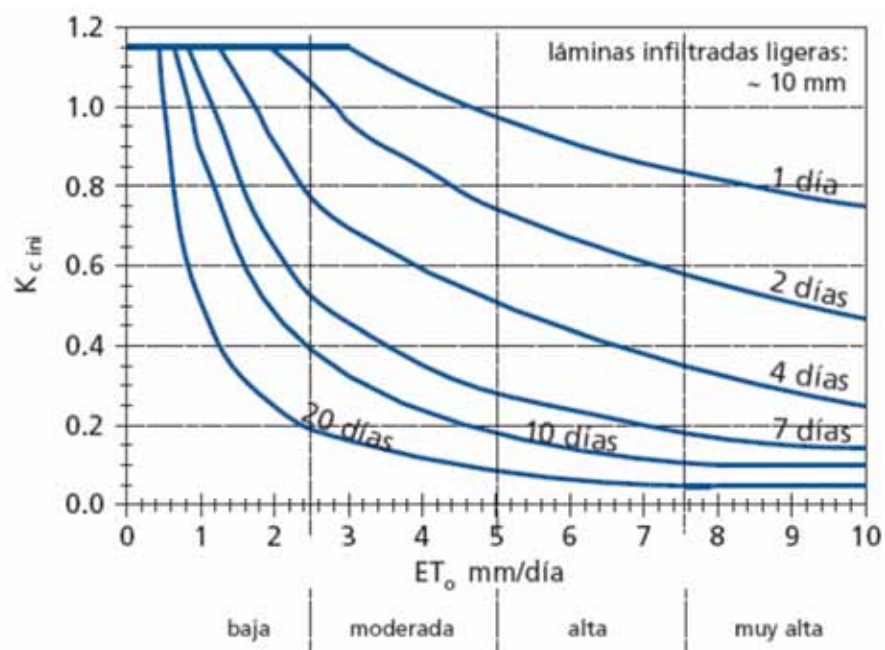


FIGURA 1. $K_{c\ ini}$ en función de la ET_0 por etapas, las láminas y el intervalo entre riegos o lluvias (Tomado de FAO – 56, Allen *et al.*, 2006).

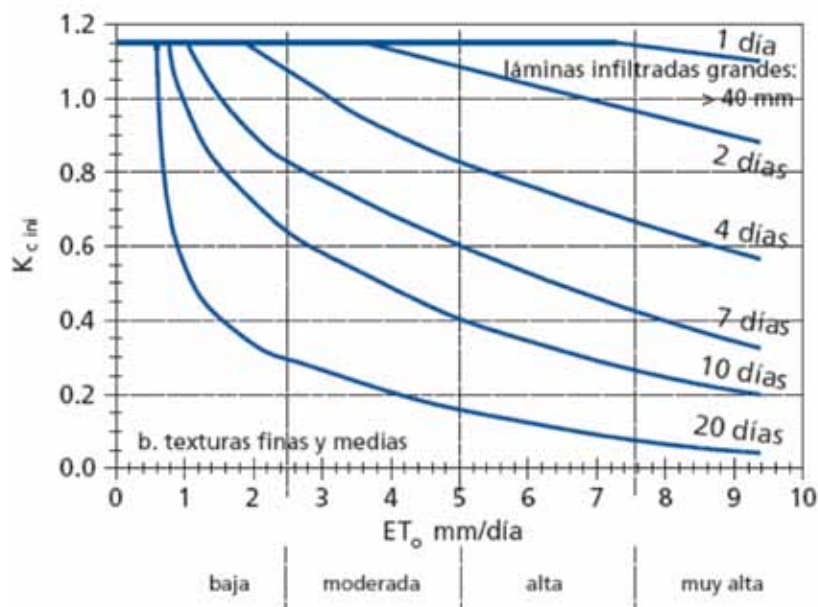


FIGURA 2. $K_{c\ ini}$ en función de la ET_0 por etapas, las láminas y el intervalo entre riegos o lluvias (Tomado de FAO-56, Allen *et al.*, 2006).

Considerando que en Cuba las mediciones de velocidad del viento son tomadas a 1,5 m de altura, fue necesario hacer la corrección para 2 m de altura, para ello la metodología FAO de Allen *et al.* (2006) plantea:

$$U_2 = U_z \frac{4,87}{\ln(67,8 \cdot Z - 5,42)}$$

donde:

U_z -Velocidad del viento a una altura determinada, $m \cdot s^{-1}$;

Z-Altura a la cual se midió la velocidad del viento, m.

Para el cálculo de $K_{c\ fin}$ se utiliza la misma metodología que para $K_{c\ med}$, (Allen *et al.*, 2006):

$$K_{c\ fin} = K_{c\ fin} (FAO - 56) + [0,04 (U_2 - 2) - 0,04 (HR_{min} - 45)](h/3)^{0,3}$$

Curva del coeficiente de cultivo (Kc)

Durante la fase experimental realizada por Bonet, *et al.* (2008), fueron definidos cinco períodos de desarrollo del cultivo: Establecimiento, Desarrollo vegetativo, Floración, Desarrollo del fruto y Cosecha, distribuidos en tres ciclos, cada uno de los cuales finaliza durante la cosecha del fruto. El período de establecimiento aparece solamente durante el primer ciclo, debido que en los restantes el desarrollo inicial de la nueva planta coincide con la etapa final de formación del fruto.

Utilizando la metodología propuesta por la FAO de Allen *et al.* (2006), se confecciona la curva de Kc a partir de los valores obtenidos para las cuatro etapas: Etapa inicial, Etapa de desarrollo, Etapa de mediados de temporada y Etapa final.

Los valores de Kc se calculan para cada uno de estos períodos, y posteriormente deben ser adecuados para cada una de las etapas propuestas en la metodología FAO de Allen, *et al.* (2006) con vistas a su utilización en la confección de la curva de Kc.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cálculo de los coeficientes de cultivo

Los valores de Kc correspondientes a las distintas etapas de desarrollo fisiológico obtenidos a partir de la ETc y la ETo se muestran en la Tabla 1, en la cual cada ciclo corresponde al período hasta la cosecha. Estos valores de Kc agrupados para las etapas planteadas en la metodología FAO de Allen, *et al.* (2006), para los tres ciclos resultaron de: Kc_{inic} (0,50), Kc_{med} (0,78; 0,71 y 0,71); y Kc_{fin} (0,57; 0,50 y 0,42), con valores medios de 0,50; 0,73 y 0,50, respectivamente. Al calcular los Kc a partir de la metodología alternativa propuesta por la FAO, se obtienen valores significativamente menores: Kc_{inic} (0,27); Kc_{med} (0,33) y Kc_{fin} (0,31).

TABLA 1. Valores de Kc por etapas de desarrollo

Etapas	ETc	1er. Ciclo		ETc	2do. Ciclo		ETc	3er. Ciclo	
		ETo (mm·día ⁻¹)	Kc		ETo (mm·día ⁻¹)	Kc		ETo (mm·día ⁻¹)	Kc
Establecimiento	1,90	3,80	0,50						
Desarrollo vegetativo	2,74	4,72	0,58	2,39	4,51	0,53	2,33	4,75	0,49
Floración	3,21	3,49	0,92	2,61	2,96	0,88	2,68	3,43	0,78
Desarrollo del fruto	3,18	4,48	0,71	2,47	3,92	0,63	2,52	3,76	0,67
Cosecha	2,89	5,07	0,57	2,38	4,76	0,50	2,34	3,96	0,59

La comparación de los resultados obtenidos por ambas vías manifiesta una marcada diferencia, con valores mucho menores al calcularlos por la metodología alternativa propuesta por la FAO de Allen *et al.* (2006). La interpretación de los valores iniciales reportados por la FAO para este cultivo en diferentes condiciones climáticas indican que la mayor ETc se produciría en la etapa inicial, o sea, durante los dos primeros meses a partir de la siembra. Los resultados obtenidos durante el estudio desarrollado en las condiciones de Cuba realizadas por Bonet *et al.* (2008), difieren de estos resultados, mostrando un incremento de los Kc en la fase media, lo cual coincide con reportes de investigaciones realizadas en otras condiciones edafoclimáticas (Bartholomew y Rohrbach, 2000) y (Bartholomew *et al.*, 2002).

Los valores de Kc señalados en la metodología alternativa propuesta por la FAO de Allen *et al.* (2006), se recomiendan por la propia publicación para ser utilizados como referencia cuando no se dispone de una información más precisa.

Confección de la curva del coeficiente de cultivo (Kc)

Las cinco etapas de desarrollo fisiológico del cultivo definidas durante la etapa experimental alcanzaron durante los tres ciclos aproximadamente la siguiente duración de 1 260 días, distribuidos en: Establecimiento (90 días), Desarrollo vegetativo (450 días), Floración (180 días) y Desarrollo del fruto (360

días), (Bonet, *et al.*, 2008). Estos resultados difieren ostensiblemente de los reportados por Allen, *et al.* (2006), los cuales señalan que para el cultivo de la piña en una plantación de tres cosechas se señala una duración total de 790 días distribuidos en las siguientes etapas: Inicial (60 días), Desarrollo (120 días), Media (600 días) y Final (10 días).

Las diferencias respecto a la duración total de los tres ciclos no resultan de particular interés por cuanto el ciclo del cultivo de la piña puede variar significativamente en dependencia de varios factores tales como el cultivar empleado, la dimensión del material de siembra utilizado y las condiciones ambientales y de cultivo (nutrición, balance de humedad, etcétera) (Py *et al.*, 1987). Sin embargo, la distribución proporcional del tiempo de cada una de las etapas reportadas por Allen *et al.* (2006) si debe ser analizada; esta distribución del tiempo presupone que todo el período comprendido a partir de la cobertura completa del suelo y hasta el final del tercer ciclo del cultivo se agrupe en una sola etapa, la cual denomina de “media”; en la práctica se pudo comprobar que durante ese período se producen cambios significativos en el uso del agua por el cultivo durante las fases de floración, formación del fruto, cosecha y luego el inicio de una nueva fase de desarrollo correspondiente al nuevo ciclo, de manera que en caso de considerar todo ese período del ciclo de vida del cultivo como una sola etapa quedarían enmascaradas estas diferencias.

Al respecto Allen *et al.* (2006) plantea: “Los valores presentados son útiles solamente como una guía general y para propósitos comparativos. Las duraciones de las etapas de desarrollo presentadas representan duraciones promedio para regiones y períodos específicos y su intención es servir de ejemplo. Cuando sea posible se deberá utilizar información local acerca de las duraciones de cada etapa de crecimiento, con el objetivo de incorporar los efectos de la variedad del cultivo, el clima y las prácticas agrícolas”.

A partir de estas apreciaciones, para la confección del gráfico de K_c se consideraron cada uno de los ciclos del cultivo de forma independiente.

Utilizando los valores obtenidos de los coeficientes de cultivo en las etapas inicial ($K_{c_{inic}}$), media ($K_{c_{med}}$) y final ($K_{c_{fin}}$) en cada uno de los ciclos del cultivo y la metodología propuesta por Allen, *et al.* (2006), se confeccionó la curva de K_c . (Figura 3).

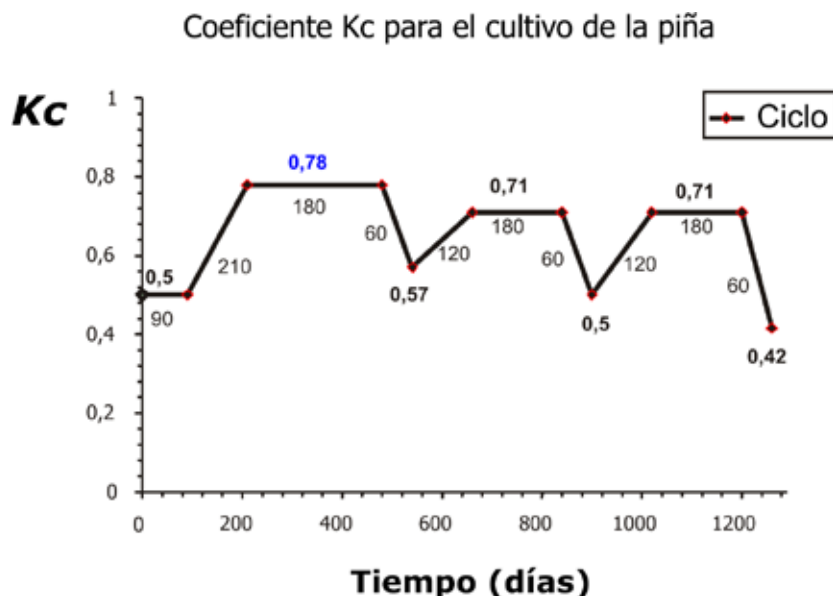


FIGURA 3. Gráfico de coeficiente cultivo (K_c).

CONCLUSIONES

- Para la programación del riego del cultivo de la piña en condiciones estándar (sin stress hídrico) en la provincia de Ciego de Ávila durante los tres ciclos se obtuvieron los

siguientes coeficientes: $K_{c_{inic}}$ (0,50), $K_{c_{med}}$ (0,78; 0,71 y 0,71); y $K_{c_{fin}}$ (0,57; 0,50 y 0,42).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.; L.S. PEREIRAS; D. RAEKS Y M. SMITH: *Evapotranspiración del cultivo*, 298pp., Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, Estudio FAO Riego y Drenaje, No. 56, Roma, Italia, 2006.
- BARTHOLOMEW, C. P.; R. E. PAUL AND K. G. ROHRBACH: *The pineapple: Botany, Production and Uses*, 320pp., Commonwealth Agricultural Bureau, USA, 2000.
- BARTHOLOMEW, C. P. AND K. G. ROHRBACH: “Pineapple cultivation in Hawaii”, *Fruits and Nuts*, 7(1): 2-7, 2002.
- BARTHOLOMEW D.P. AND R. KENNETH: “Pineapple cultivation in Hawaii”, *Fruits and Nuts*, 8(1): 5-10, 2002.
- BONET, P. C., I. ACEA Y M. AJETE: “Evapotranspiration of pineapple in Cuba”, *Pineapple News*, 15(2): 5-15, 2008.
- DOORENBOS J. AND W. O. PRUITT: *Guidelines for predicting crop water requirements*, 250pp., Roma, Italia, Irrigation and Drainage Paper, No. 24, 1975.
- DOORENBOS J. Y A. H. KASSAM: *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*, 212pp., Roma, Italia, Estudio FAO Riego y Drenaje, No. 33, 1979.
- PY, C.; J. J. LACOEUILHE AND C. TEISSON: *The pineapple, cultivation and uses*, 570pp., Editions G.P. Maisonneuve and Larose, Paris, 1987.
- SETH D.M. AND J.S. HU.: “The impact of pineapple mealybug wild-associated virus 1 and reduced irrigation on pineapple yield”, *Australasian Plant Pathology*, 30: 31-36, 2001.
- SOLANO, O.; C. MENÉNDEZ; R. VÁZQUEZ Y J. A. MENÉNDEZ: “Estudio de la evapotranspiración de referencia en Cuba”, *Rev. Cubana de Meteorología*, Instituto de Meteorología, 10(1): 33-38, 2003.