



## Necesidades hídricas del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Williams

### Water needs of the banana crop (*Musa paradisiaca*) Williams variety

Marlon Fernando Monge-Freile<sup>1</sup>, Ana Ruth Álvarez-Sánchez<sup>1</sup>, Aimé Rosario Batista-Casaco<sup>1</sup>, Wiver Humberto Santana Alvarado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Quito. Km 1 ½ vía a Santo Domingo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador  
Correspondencia para autor: [mmongef@uteq.edu.ec](mailto:mmongef@uteq.edu.ec)

Recibido: 16/06/2022. Aceptado: 7/11/2022  
Publicado el 27 de diciembre de 2022

#### Resumen

Con el objeto de establecer la evapotranspiración (ETc) y el coeficiente de cultivo (Kc) para el banano cultivado en condiciones tropicales, a través de lisímetros de drenajes se midió el consumo de agua del cultivo al 100% de la ETc, y en condiciones de estrés hídrico, al 40, 60 y 80% de la ETc. En la época crítica (agosto a diciembre), el consumo de agua al 100, 80, 60 y 40% de la ETc fue de 227.78, 79.81, 65.24 y 52.66 mm, respectivamente, mientras que, en las mismas condiciones evaluadas de ETc, los Kc fueron de 1.12, 0.69, 0.53 y 0.36, respectivamente. Los resultados evidencian que los valores de Kc recomendados por la FAO (Food and Agricultural Organization of United Nations) son menores a los Kc observados en la Costa ecuatoriana, por lo que probablemente la necesidad de agua del banano este siendo subestimada.

**Palabras clave:** Coeficiente del cultivo kc, déficit hídrico, evapotranspiración, Lamina de riego.

#### Abstract

In order to establish evapotranspiration (ETc) and the crop coefficient (Kc) for bananas grown under tropical conditions, through drainage lysimeters the water consumption of the crop was measured at 100% of ETc, and under conditions of water stress, at 40, 60 and 80% of ETc. In the critical season (September to December), water consumption at 100, 80, 60 and 40% of ETc was 227.78, 79.81, 65.24 and 52.66 mm, respectively, while, under the same evaluated conditions of ETc, the Kc were 1.12, 0.69, 0.53 and 0.36, respectively. The results show that the Kc values recommended by the FAO (Food and Agricultural Organization of United Nations) are lower than the Kc observed on the Ecuadorian coast, so the need for water in bananas is probably being underestimated.

**Key words:** Crop coefficient kc, water deficit, evapotranspiration, irrigation layer.

## Introducción

En la actualidad el impacto ambiental de la agricultura se da por el uso del agua para riego, recurso natural que es cada vez más escaso por el incremento de las áreas de cultivo con riego y por la disponibilidad de fuentes de abastecimiento, escasez de agua que se agudiza en la época seca en donde las precipitaciones no superan los 100 mm en toda la época (aproximadamente seis meses), por lo cual, se debe implementar programas de riego con técnicas que logren dar un uso más eficiente a los recursos hídricos, donde se define cantidad de agua por planta o área de cultivo, los intervalos y tiempos de riego.

En el cultivo de banano es necesario conocer los requerimientos hídricos para el normal desarrollo y producción del mismo (Aguilar, 2021). Se introdujo el estrés hídrico representado por láminas de riego, de manera que se pueda describir su efecto en los parámetros agronómicos, mismos que son parte fundamental para la programación del riego. La evapotranspiración (ET) es un parámetro muy importante en el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos (Lázaro *et al.*, 2012); este parámetro constituye la columna vertebral del diseño agronómico de todo sistema de riego, a través del cual se dimensionan redes de canales, redes de tuberías, reservorios (Ortiz y Chile, 2020); además, facilita la planificación de la operación de un sistema de riego (calendario y turnos de riego), y permite planificar la gestión de los recursos hídricos (Cuadra y García, 2016).

La estimación del Kc con base en el clima local, la variedad y las condiciones de manejo del riego para el banano ayudará a mejorar la programación del riego y la eficiencia del uso del agua, seguido de buenos rendimientos. Por ello, el uso del lisímetro aportará información útil para estimar la evapotranspiración del cultivo (ETc) y cuantificar el Kc a lo largo de todo el ciclo del cultivo, además de satisfacer las necesidades hídricas del banano, racionalizando su uso y su disponibilidad hídrica en el suelo (Neira *et al.*, 2020). El cambio climático, el acelerado crecimiento poblacional y la alta demanda de agua en la agricultura han motivado esta investigación. El objetivo se centró en cuantificar el coeficiente del cultivo (Kc) del banano empleando un lisímetro de drenaje. Además, se buscó determinar la evapotranspiración de referencia (ETo) mediante el método de FAO Penman-Monteith y la evapotranspiración del cultivo (ETc) a partir de las medidas de un lisímetro de drenaje.

## Materiales y métodos

### Evapotranspiración de referencia (ETo) y de cultivo (ETc)

Los datos climáticos utilizados para estimar la evapotranspiración de referencia (ETo) por el método de Penman-Monteith (Ecuación 1), se obtuvieron del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI – Ecuador), situada en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubica a 1.5 km de distancia del ensayo.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde, ET<sub>o</sub> = Evapotranspiración de referencia (mm día<sup>-1</sup>), Δ = Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C<sup>-1</sup>), R<sub>n</sub> = Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>), G = Flujo del calor de suelo (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>), γ = Constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>), T = Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C), u<sub>2</sub> = Velocidad del viento a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>), e<sub>s</sub> = Presión de vapor de saturación (kPa), e<sub>a</sub> = Presión real de vapor (kPa).

La evapotranspiración de cultivo (ETc) se determinó a través de un balance hídrico mediante el lisímetro de drenaje (Ecuación 2), donde se consideran las variables riego, lluvia, percolación profunda y variación de humedad en el suelo.

$$ET_c = R + P - D \pm \Delta SW \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde, R = Agua aportada por el riego (mm), P = Agua aportada por la precipitación (mm), D = Percolación profunda (mm), ΔSW = Variación de la humedad del suelo

### Coeficiente de cultivo (Kc)

Para la determinación del Kc, se estableció el cociente entre la evapotranspiración cultivo (ETc) y la evapotranspiración de referencia (ETo) obtenida por cada metodología aplicada (Ecuación 3).

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde, ET<sub>c</sub> = evapotranspiración del cultivo (mm día<sup>-1</sup>), ET<sub>o</sub> = Evapotranspiración de referencia (mm día<sup>-1</sup>)

## Resultados

Evapotranspiración de referencia (ETo) y de cultivo (ETc) La ETo con el método de Penman-Monteith presentó valores que oscilaron entre 2.15 a 2.55 mm día<sup>-1</sup> en función de las condiciones climáticas. Así mismo, se pudo evidenciar que la ETc se incrementó a medida que avanzó en su edad y consecuente el desarrollo del cultivo. La ETc acumulada se incrementó de 6.64 mm en la semana 5 de edad del cultivo, a 227.78 mm al cabo de las 16 semanas bajo condiciones óptimas que corresponde a la reposición del 100% de la ETc (Figura 1A).

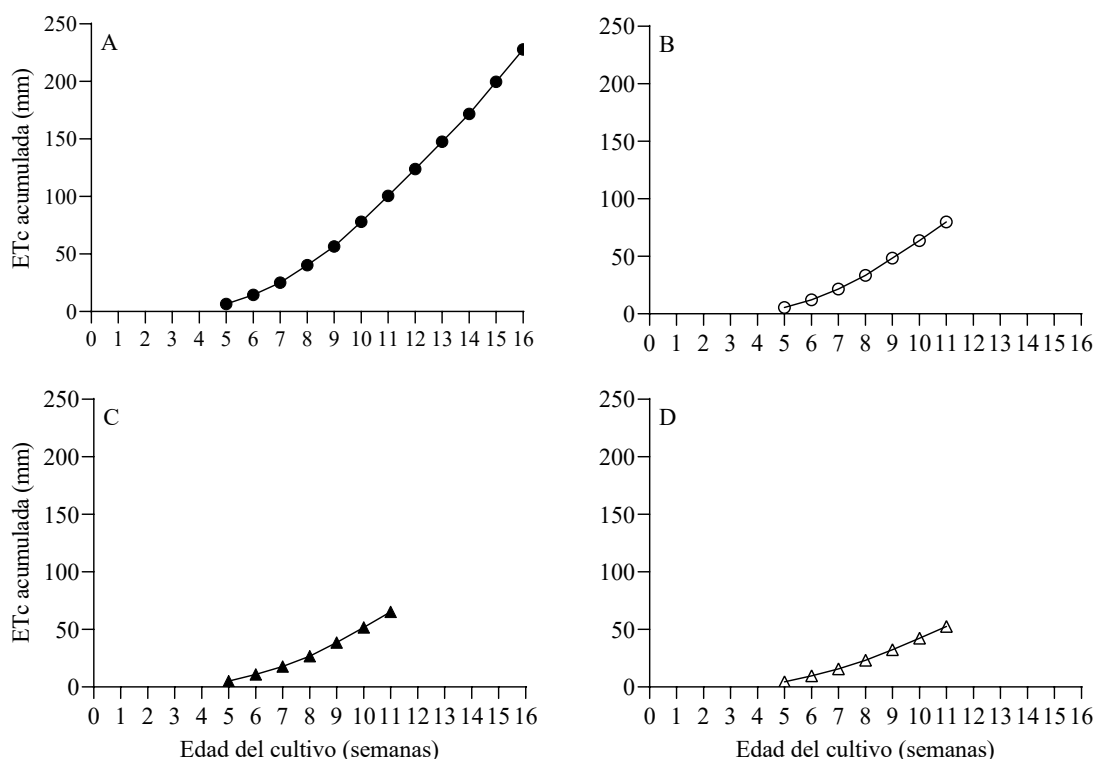
Como se observa en la Figura 1B, que corresponde a estrés hídrico porque solo se hizo la reposición de agua al 80% de la ETc, el requerimiento de agua pasó de 5.51 mm en la semana 5 a 79.81 mm al cabo de la semana 11. Para el estrés del 60% de la ETc (Figura 1C), la lámina acumulada consumida por

el cultivo fue de 5.18 mm en la semana 5 y 65.24 mm para la semana 11. Por último, para el estrés del 40% de la ETc (Figura 1D), se obtuvo un consumo de 4.46 mm en la semana 5, mientras que para la semana 11 se obtuvo un consumo de lámina acumulada de 52.66 mm.

### Coefficiente de cultivo (Kc) de banano variedad Williams en condiciones óptimas y bajo estrés hídrico

Los valores de Kc del cultivo de banano variedad Williams en condiciones óptimas de riego fluctuaron entre 0.46 a 1.77 con el 100% de la ETc entre la semana 5 a 16,

respectivamente, evidenciándose diferencias a la Kc reportada por la FAO que estiman valores por debajo a los hallados en esta investigación (Figura 2A). Los valores de Kc variaron de 0.46 a 0.96 con el 80% de la ETc entre las semanas 5 a 11, respectivamente (Figura 2B). Los valores del Kc para estrés hídrico entre las semanas 5 a 11 en un 60% de la ETc, fue entre 0.30 a 0.75 (Figura 2C). Los valores del Kc para estrés hídrico entre las semanas 5 a 11 en un 40% de la ETc, fue entre 0.12 a 0.59 (Figura 2D).



**Figura 1.** Evapotranspiración del cultivo (ETc) acumulada del cultivo de banano variedad Williams bajo condiciones de lámina 100 (A - ●), 80 (B - ○), 60 (C - ▲) y 40% (D - △) de la ETc determinada utilizando el método del lisímetro de drenaje

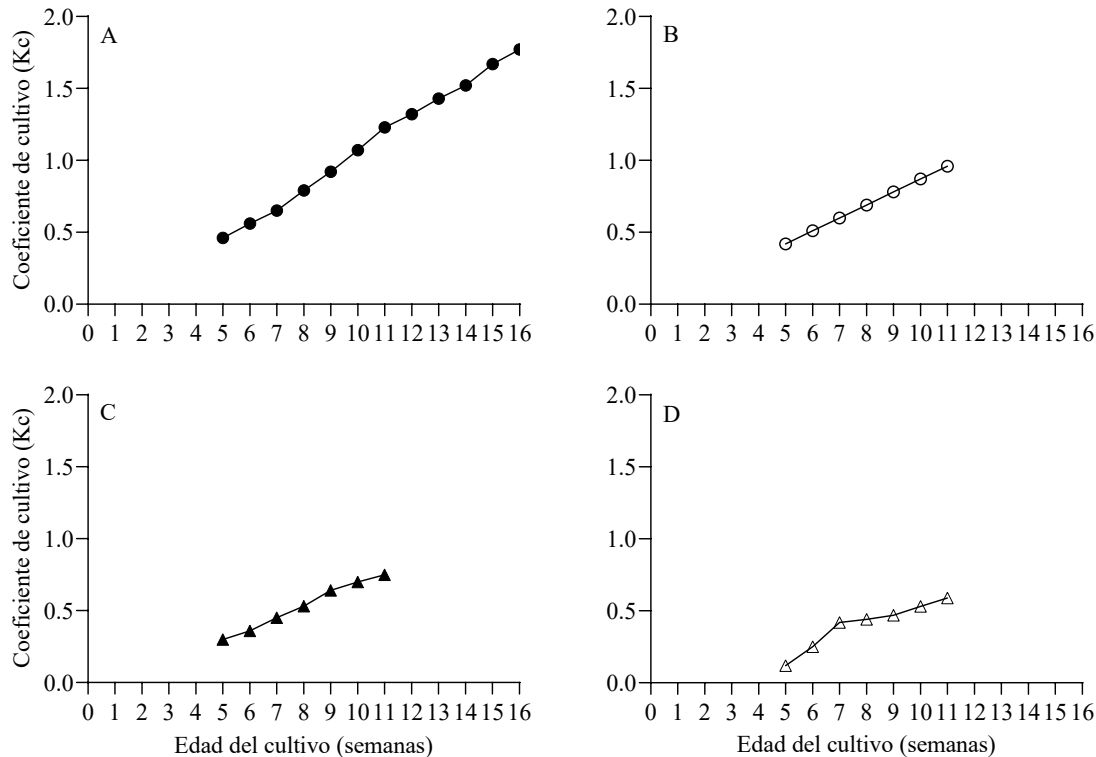
### Discusión

Para las condiciones de riego al 100% de la ETc fue evaluada entre las semanas 5 y 16 de edad del cultivo, debido a la presencia de lluvias que limitaron el aporte de riego bajo las condiciones de estrés hídrico de 40, 60 y 80% de la ETc. Esto concuerda con el estudio de Cuadra y García (2016), quienes sostienen que para evaluar estos parámetros en condiciones de campo es necesario que el estudio se desarrolle en condiciones de época seca, por lo que lluvias descontroladas interfieren en la obtención de los resultados, limitando la información generada al respecto.

La evaluación de la evapotranspiración del cultivo de banano fue disminuyendo en función del sometimiento de las plantas a condiciones de estrés hídrico, lo que se puede describir

como un efecto de la planta de adaptabilidad a las condiciones adversas, en las que se busca la sobrevivencia, esto concuerda con la investigación de Méndez *et al.* (2019), donde refiere que bajo dichas condiciones de estrés hídrico la planta trata de restringir el consumo de agua disminuyendo al máximo la tasa de transpiración. Ganchozo y Rosado (2015) manifiesta que al disminuir la dosis de riego el cultivo racionalizó el consumo de agua y por consiguiente la evapotranspiración. La estimación precisa de la evapotranspiración permite obtener valores reales sobre las necesidades hídricas de los cultivos (Willmott *et al.*, 2012).

La FAO presenta cuatro etapas de crecimiento en todos los cultivos: inicial, desarrollo, medio y final, con tres valores de coeficiente único (promedio temporal) Kc-inicial, Kc-medio y Kc-final (Allent *et al.*, 2006). El alcance de los valores de



**Figura 2. Coeficientes de cultivo (Kc) por semana del cultivo banano variedad Williams bajo condiciones de lámina 100 (A - ●), 80 (B - ○), 60 (C - ▲) y 40% (D - △) de la ETc determinada utilizando el método del lisímetro de drenaje.**

Kc en condiciones óptimas de riego obtenidos en esta investigación fue de 0.46 a 1.77 hasta inicio de la etapa media, evidenciándose que los valores de Kc recomendados por la FAO para el cultivo de banano están subestimados al recomendar valores en el rango de 0.50 a 1.10, conclusión que concuerda con la investigación desarrollada por Neira *et al.* (2020), donde reporta valores de Kc mayores a los recomendados por la FAO en el cultivo de arroz, obteniéndose valores de Kc en el rango de 0.9 a 1.7, así mismo en investigaciones desarrollada por Mohan y Arumugam (1994) se reportan valores de Kc en el rango de 0.95 -1.69, comparados a los valores Kc recomendados por la FAO que se encuentra en el rango de 0.5 a 1.2.

Por otra parte, investigaciones desarrolladas en el cultivo de ají tabasco, realizadas por Herrera (2015), presentan el mismo comportamiento que las reportadas en esta investigación y las citadas anteriormente, donde se observa claramente valores de Kc mayores a las recomendadas por la FAO, siendo estas: Kc-inicial=0.7, Kc-medio= 1.51 y Kc-final=1.30, mientras que la FAO reporta 0.3; 1.05 y 0.9 respectivamente.

### Conclusiones

La ETo obtenida por el método FAO Penman-Monteith varió de 2.15 a 2.55 mm/día en los meses de agosto a septiembre. Así mismo, La ETc acumulada bajo condiciones hídricas no limitantes, obtenida por el lisímetro de drenaje,

es aproximadamente de 230 mm entre los meses de agosto a septiembre. Los Kc para el cultivo de banano para condiciones óptimas fue de 1.12. Los hallazgos evidencian que los valores de Kc recomendados por la FAO (Food and Agricultural Organization of United Nations) son menores a los Kc observados en la Costa ecuatoriana, por lo que probablemente la necesidad de agua del banano este siendo subestimada.

### Referencias

- Aguilar, H. (2021). Incidencia del intervalo de riego en sistema de irrigación subfoliar, aplicando fertirriego y fertilización edáfica en la producción de banano. Machala-Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 298 p
- Cuadra, F., García, D. (2016). Evaluación de tres láminas de riego por goteo y dosis de biofertilizante EM-5 (Sutocho) sobre el crecimiento, desarrollo y producción de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill)) cv. Shanty, UNA, 2016. Managua-Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Ganchozo R, Rosado E. (2015). Estudio de tres frecuencias de riego por goteo sobre la producción de camote (*Ipomoea*

- batatas L.) en el valle del río Carrizal. Calceta-Ecuador: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López. 2015. 81 p.
- Herrera, J. (2015). Determinación experimental de la curva del coeficiente de cultivo (Kc) del ají tabasco (*Capsicum annum*) en la Vereda Guacas, municipio de Guacarí (valle). Tesis de Grado. Universidad del Valle, Colombia.
- Lázaro, F., Célia, M., Otto, C. (2012). Evaluation of six empirical evapotranspiration equations – Case study: campos dos Goytacazas. *Revista Brasileira de Meteorología*, 27(3), 272-280.
- Méndez-Espinoza, C., Vallejo-Reyna, M. (2019). Mecanismos de respuesta al estrés abiótico: hacia una perspectiva de las especies forestales. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 33-64.
- Mohan, S., Arumugam, N. (1994). Irrigation crop coefficients for lowland rice. *Revista Kluwer Academic Publishers*. Printed in the Netherlands, 8, 159-176.
- Neira, E., Ramos, L., Razuri, L. (2020). Coeficiente del cultivo (Kc) del arroz a partir de lisímetro de drenaje en La Molina, Lima-Perú. *Idesia*, 38(2), 49-55.
- Ortiz, R., Chile, M. (2020). Métodos de cálculo para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco. *Siembra*, 7(1), 70-79.
- Willmott, C., Robeson, S., Matsuura, K. (2012). A refined index of model performance. *International Journal of Climatology*, 32, 2088-2094.