



DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CURVA DEL COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) DEL AJÍ TABASCO (*Capsicum annuum*) EN LA VEREDA DE GUACAS, MUNICIPIO DE GUACARÍ (VALLE)

Juan Fernando Herrera Guardiola¹; Norberto Urrutia Cobo¹

¹*Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente - EIDENAR- Universidad del Valle*

Palabras clave: Coeficiente de cultivo, Ají Tabasco, Evapotranspiración, Lisímetros de drenaje.

1. RESUMEN

Con el objetivo de determinar la evapotranspiración del cultivo (ETc) y el coeficiente de cultivo (Kc) del ají tabasco (*Capsicum annuum*), fue desarrollado un experimento el cual fueron utilizados tres (3) lisímetros de drenaje. La evapotranspiración de referencia (ETo) fue estimada por el método de Penman-Monteith (FAO) con ayuda del software Cropwat. De esta forma se determinó el coeficiente de cultivo del ají dado por la relación: $K_c = ET_c/ET_o$, en cada una de las fases de desarrollo. Los valores de Kc obtenidos presentaron un comportamiento creciente durante todo el periodo vegetativo y decrecimiento en la maduración y cosecha. Estos valores fueron 0,70 (fase inicial), 1,51 (fases de desarrollo, floración e desarrollo de frutos) y 1,30 (fases de maduración y cosecha).

2. INTRODUCCIÓN

En una superficie vegetada ocurren simultáneamente los procesos de evaporación y transpiración (evapotranspiración ET), donde el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y otra parte por transpiración del cultivo. Por tal motivo es un parámetro importante en la determinación de las necesidades hídricas del cultivo.

La ETc se refiere a la ET que presenta un cultivo en condiciones óptimas de contenido de humedad y manejo de suelo aportando la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas.

Estos parámetros básicos dependen de datos meteorológicos, factores de cultivo y de suelo que pueden ser medidos indirectamente con ecuaciones combinadas o directamente por lisímetros que son tanques o cajas que contienen un volumen de suelo que permiten medir términos del balance hídrico, entre ellos la evapotranspiración del cultivo, ya que aíslan la zona radicular del cultivo para tener un control más riguroso y adecuado de las condiciones del sistema suelo-agua-plantas (Da Silva, 2012).

La razón entre la ETc y la ETo se conoce como el coeficiente de cultivo (Kc) y representa la integración de efectos de características como la altura del cultivo, la evaporación del suelo, la resistencia del cultivo y el albedo (reflectancia) de la superficie del cultivo y suelo que distinguen el cultivo estudiado del cultivo de referencia que es el pasto (Pereira & Allen, 1997, citado por Miranda *et al.*, 2005). Por lo tanto, y debido a la importancia de este coeficiente, es recomendable que sea determinado para condiciones locales donde será utilizado el Kc.

A pesar de tener como referencia valores de coeficiente de cultivo en países como Brasil y Ghana, la FAO en su edición 56 no presenta valores específicos del coeficiente Kc para el cultivo del ají tabasco. Por esta razón y debido a la importancia del ají para el desarrollo de la región, por ser considerado por el Plan Hortícola Nacional (PHN) como uno de los cultivos más atractivos a nivel nacional, el objetivo de este trabajo es estimar la curva del coeficiente del cultivo (Kc) del ají tabasco (*Capsicum annuum*) en condiciones edafo-climáticas de la vereda Guacas en el municipio de Guacarí (Valle del Cauca), utilizando tres lisímetros de drenaje para la obtención de la evapotranspiración real del cultivo ETc y la fórmula Penman-Monteith para el cálculo de la ETo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue desarrollado al interior del grupo de investigación REGAR de la Universidad del Valle, y hace parte del proyecto "Desarrollo de un sistema agroindustrial rural competitivo en una bioregión del Valle del Cauca" financiado por el Sistema General de Regalías.

La parcela donde se desarrolló el proyecto cuenta con un área de 0,7 hectáreas, dividida en 5 lotes cuyos propietarios pertenecen a la asociación ASOGUAQUEÑOS localizada en la vereda Guacas en el municipio de Guacarí (Valle del Cauca) con coordenadas 3,79 latitud Norte y 76,33 de longitud Oeste. Se encuentra a 966 m.s.n.m en la región occidental de Colombia, en el centro del departamento del Valle del Cauca con una temperatura media de 25 °C.

3.1 Detalles del cultivo

Se cultivó la especie de ají Tabasco (*Capsicum annuum*.) suministrada por la empresa Hugo Restrepo y Asociados y la siembra fue realizada el 8 de agosto de 2014 en un invernadero en la ciudad de Palmira.

El 6 de octubre se realizó el trasplante en los 5 lotes de la parcela y el 7 de octubre se trasplantaron las plántulas de los lisímetros. La cosecha inició el día viernes 7 de febrero y estuvo a cargo de los integrantes de la asociación. Se registró una producción de 5894 kg durante los meses de febrero y marzo, obteniendo un rendimiento de 8,4 t/ha (Figura 1).



Figura 1. Planta y fruto del ají tabasco.

3.2 Lisímetros

La ETc del ají tabasco se determinó utilizando 3 lisímetros de drenaje con un área de superficie de 0,25 m² (dimensión de la superficie del lisímetro 0,5 m por 0,5 m) y una profundidad de 0,5 m instalados sobre las líneas de surco del cultivo repartidos en 3 de los 5 lotes de la parcela. En cada lisímetro se instalaron dos tensiómetros con el objetivo de monitorear y medir el contenido de humedad a una profundidad de 15 y 30 cm. Mediante el uso de los tensiómetros se midió el potencial mátrico (ψ_m) y el potencial gravitacional (ψ_g) que permiten conocer la tensión que ejerce el agua sobre el suelo, es decir, se evaluó la variación en el contenido de humedad del suelo.

Para ello se determinó la curva de retención de humedad de las muestras de suelo de cada lisímetro mediante el software RETC versión 6.02. que estima la curva con la textura, densidad aparente y porcentaje de arenas, limos y arcillas.

Se determinó entonces la capacidad de campo para las muestras de suelo de los 3 lisímetros a 2 profundidades: 15 y 40 cm con el fin de mantener el cultivo en un estado de ideal de humedad para el desarrollo de las plantas.

En los lisímetros se realizó el riego de forma manual con ayuda de un recipiente con medición de volumen (ml) y aplicando la cantidad el agua directamente a la superficie de suelo a regar dentro del lisímetro (Figura 2).



Figura 2. Riego de plantas de los lisímetros.

La cantidad de agua a regar para cada lisímetro y cada fase de desarrollo resulta de la diferencia entre el contenido de humedad a capacidad de campo (ml) y el contenido de humedad referente a una tensión X luego de n días de consumo (ml):

Ecuación 1:

$$Cantidad\ a\ regar = WC_{cc} - WC_x$$

Los volúmenes de agua aplicados fueron registrados para su posterior análisis en el balance hídrico del suelo de los lisímetros.

3.2 Balance hídrico

La ETc se representa como el cambio del contenido de humedad almacenado en el lisímetro y se determinó teniendo en cuenta la siguiente ecuación de balance hídrico del suelo:

Ecuación 2

$$ET_c = R - D \pm \Delta SW = R - D \pm (w_i - w_f)$$

Donde R es el riego (mm), D es la cantidad de agua drenada del lisímetro (mm) y ΔSW el cambio de humedad almacenado (mm) representado como la diferencia entre el contenido de humedad inicial (w_i) que es capacidad de campo y (w_f) que equivale a la humedad del suelo luego de n días de consumo, siendo n una constante definida de acuerdo al método de riego, en este caso riego localizado de alta frecuencia (RLAF), es decir $n < 4$ días.

3.3 Evapotranspiración de referencia (ETo)

Para la determinación de la ETo se utilizó la ecuación de Penman-Monteith de la FAO (Ecuación 3) mediante el software Cropwat tomando como referencia los datos climáticos obtenidos en tiempo real de una estación climática portátil que se descargaron por medio del software WeatherLink 6.0.3. La estación fue instalada dentro del predio e inició la toma de datos el 9 de Octubre de 2014 y finalizó el día 21 de Febrero de 2015. El registro estuvo programado para tomar datos cada 2 horas.

Ecuación 3:

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

Donde: ETo es la evapotranspiración de referencia (mm/día), R_n es la radiación neta de la superficie del cultivo (MJ m⁻²day⁻¹), G es el flujo de calor del suelo (MJ m⁻²day⁻¹), T es la temperatura media del aire a 2 m de altura (°C), u_2 es la velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹), es es la presión de vapor de saturación (kPa), e_a es la presión real de vapor (kPa), $(e_s - e_a)$ es el déficit de presión de vapor (kPa), Δ es la pendiente de la curva de presión de vapor (kPa°C⁻¹), γ es la constante psicrométrica (kPa°C⁻¹), y 0.408 es el factor de conversión de MJ m⁻²day⁻¹ a la evaporación equivalente en mm day⁻¹ (Allen et al., 1998).

3.4 Evapotranspiración de cultivo (ETc)

La ETc se determinó para cada fase del ciclo vegetativo del cultivo, y se calculó a partir de la ecuación 2 como un cambio en la humedad del suelo confinado por el lisímetro, donde el contenido de humedad inicial es capacidad de campo y la humedad final el consumo de la porción del suelo que se determinó por la curva de retención de humedad del suelo medida por los tensiómetros. Los datos registrados de ETc para cada lisímetro fueron analizados con una prueba no paramétrica por medio del software SPSS mediante el test de Friedman el cual, al ser estudiados los 3 ensayos y posteriormente ser comparados en parejas, se determinó que los datos del lisímetro 2 presentan una diferencia estadística significativa respecto a los datos de los otros lisímetros. Por esta razón se decide continuar con los datos obtenidos en los lisímetros 1 y 3 para el respectivo análisis de los resultados.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Evapotranspiración del cultivo (ETc) y de referencia (ETo)

Teniendo en cuenta la ecuación 2, se determinó la evapotranspiración del cultivo en cada una de las plantas de los lisímetros que se encontraban en un volumen de control. De esta forma la ETc resulta de la razón entre los volúmenes de riego registrados diariamente en cada uno de los lisímetros y el área equivalente al volumen de control confinado por el lisímetro, es decir:

Ecuación 4:

$$ET_c\ (mm) = \frac{Volumen\ de\ riego\ (L)}{\text{Área}\ equivalente\ (m^2)}$$

En la Figura 3 se presenta ETc determinada para cada 5 días del promedio entre los lisímetros 1 y 3 y la variación de la ETo respecto a los días después del trasplante. Los datos se registraron durante 117 días en un ciclo que inició en el día 15 después del trasplante hasta el día 134.

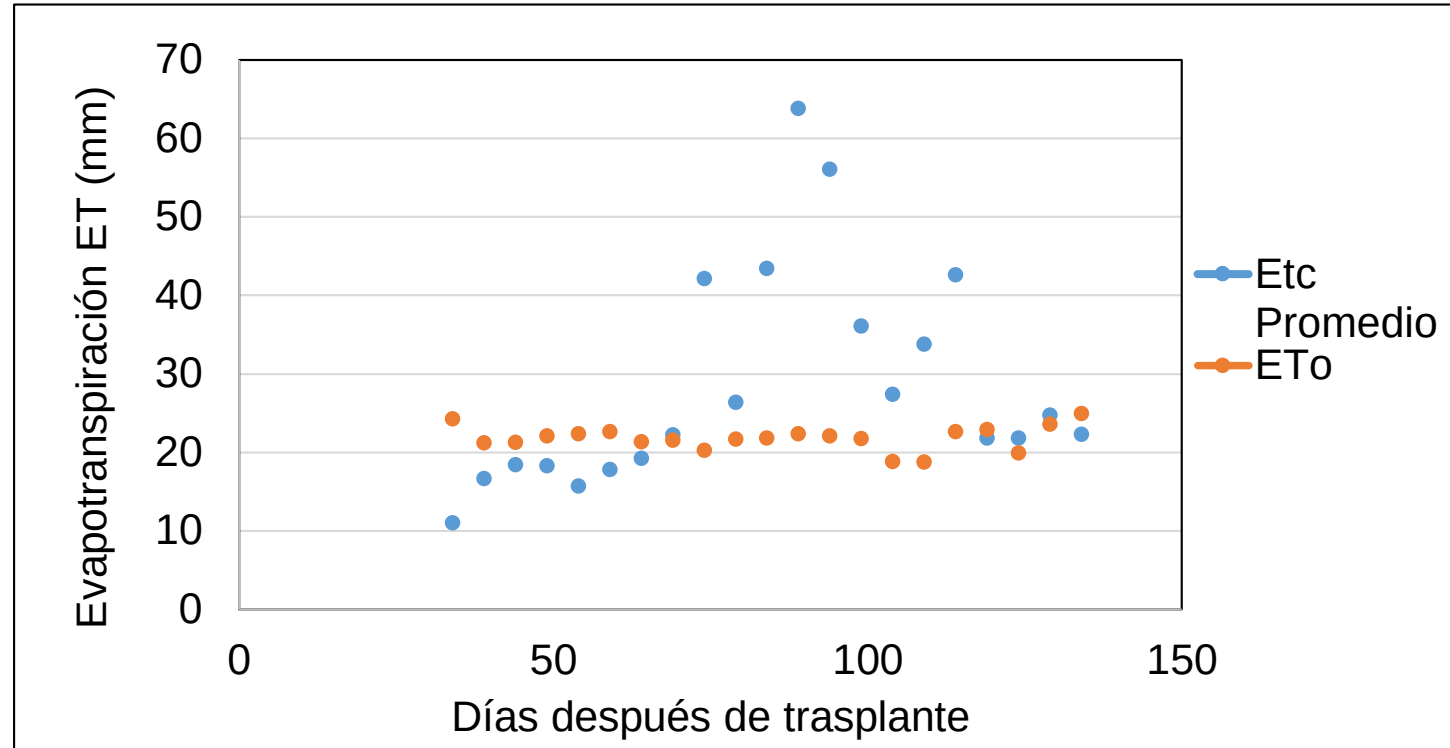


Figura 3. Evapotranspiración de referencia (ETo) y de cultivo (ETc) en los 3 lisímetros y su promedio.

4.3 Coeficiente de cultivo (Kc)

Teniendo ya los datos de ETc y ETo, se determinó el coeficiente de cultivo Kc como la razón entre estos dos valores.

La metodología aplicada para la construcción de la curva de coeficiente de cultivo Kc fue la propuesta por la FAO. En ella, los valores de Kc se dividen en cada uno de las fases fenológicas del cultivo y posteriormente se toma para cada fase un valor promedio. Luego se construye la curva obteniendo 3 valores de Kc: inicial, medio y final.

En la Figura 4, se presenta la curva del coeficiente de cultivo resultante del promedio de los datos obtenidos en los 2 lisímetros.

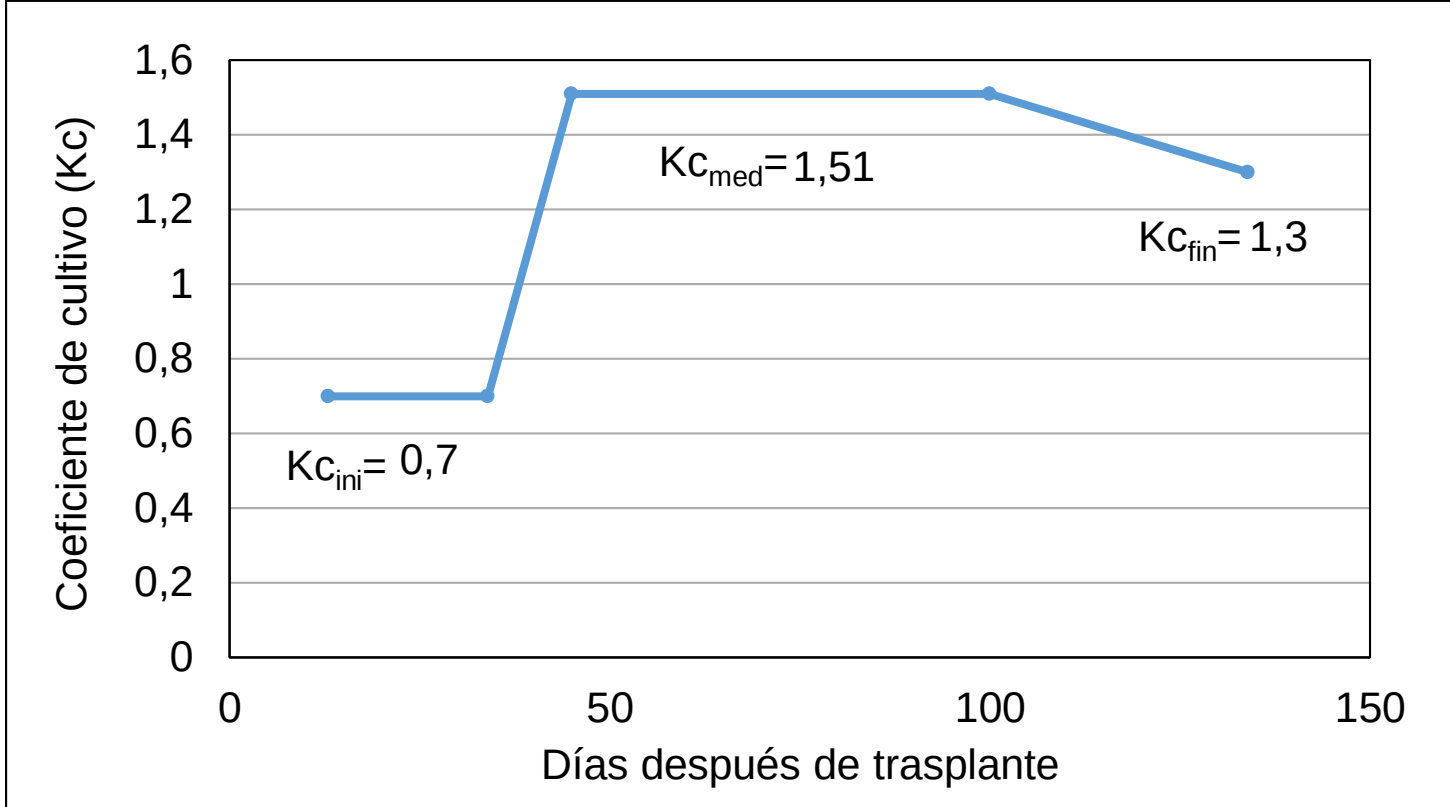


Figura 4. Curva coeficiente de cultivo (Kc) resultante del promedio entre los datos obtenidos de los 2 lisímetros.

Los valores de Kcini, Kcmed y Kcfin resultantes en esta curva de coeficiente de cultivo son 0,7, 1,51 y 1,30 respectivamente (Tabla 1). Los máximos valores de Kc obtenidos (1,51) se presentaron a partir de los 45 días después del trasplante, que corresponde a la fase de floración y desarrollo de frutos. Luego a partir de los 100 DDT, el coeficiente de cultivo disminuyó hasta 1,30 finalizando en el periodo de cosecha a los 134 DDT.

Tabla 1. Coeficiente de cultivo (Kc) obtenidos para la región del Valle del Cauca y los reportados en el Manual Riego y Drenaje #56 de la FAO (Allen et al., 1998).

FASE DESARROLLO	VALORES DE Kc OBTENIDOS ¹	VALORES DE Kc REPORTADOS POR LA FAO ²
Inicial	0,70	0,3
Medio	1,51	1,05
Final	1,30	0,9

¹ Valores promedio de los datos obtenidos en los 2 lisímetros.

² Coeficiente de cultivo Kc para Ají morrón (*Capsicum annuum*.L.)

Estos valores obtenidos son cercanos con los reportados por la FAO en el Manual de Riego y Drenaje #56 (Allen et al., 1998). No obstante, es importante mencionar que los datos presentados por la FAO corresponden al cultivo de ají morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivado en regiones áridas del mediterráneo europeo.

Por otro lado, Miranda et al., (2005) determinaron la curva de Kc para el cultivo de ají tabasco en la región del nordeste de Brasil. Los valores de Kc inicial, Kc medio y Kc final obtenidos son respectivamente 0,30, 1,22 y 0,65. Estos valores se acercan más a los obtenidos en el presente proyecto debido a que la región del nordeste de Brasil tiene condiciones edafoclimáticas similares a las del Valle del Cauca, además la especie de estudio es la misma (Ají tabasco).

5. CONCLUSIONES

Para condiciones edafo-climáticas de la vereda de Guacas, municipio de Guacarí (Valle del Cauca), los coeficientes de cultivo (Kc) determinados para las fases II, III y IV son 0,70 (30 a 44 DDT), 1,51 (45 a 100 DDT) y 1,30 (100 a 134 DDT) respectivamente. Los valores encontrados son cercanos a los propuestos por la FAO (1998), teniendo en cuenta que la región y la variedad de ají estudiados por la FAO son diferentes.

Los resultados obtenidos en este estudio indican que la evapotranspiración del cultivo (ETc) en el ají tabasco fue de 601,81 mm durante un ciclo total de 134 días después del trasplante, representándose la ETc como las necesidades hídricas del cultivo durante el periodo de estudio.

6. REFERENCIAS

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Rome, Italy: FAO Irrigation Drainage Paper no. 56.
- Chaves Paulino, S. W., Moreira de Azevedo, B., de Medeiros, J. F., Lima Bezerra, F. M., & de Moraes, N. B. (2005). Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da pimenteira em lisímetro de drenagem. Revista Ciência Agronômica, 6.
- Da Silva, N. (2012). Construção, instalação e calibração de lisímetros para a determinação da evapotranspiração de referência. Recife, Brasil.
- Miranda, F. R., Gondim, R. S., & Costa, C. A. (2005). Evapotranspiration and crop coefficients for tabasco pepper (*Capsicum frutescens* L.). Fortaleza, Brasil: Embrapa Tropical Agroindustry.