

## Determinación del coeficiente de cultivo (Kc) del maíz, en la región central de Cuba

### *Determination of the Crop Coefficient (Kc) of Corn, in the Central Region of Cuba*

 Reinaldo Pérez-Armas<sup>I\*</sup>,  Carmen Duarte-Díaz<sup>II</sup>,  Adís R. Jiménez-Hernández<sup>III</sup> and  Lissett Ponce-Rancel<sup>I</sup>

<sup>I</sup>Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cienfuegos, Cuba.

<sup>II</sup>Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

<sup>III</sup>Empresa Agropecuaria de Horquita, Cienfuegos, Cuba.

\*Autor para correspondencia: Reinaldo Pérez-Armas, e-mail: [rey66130perez@gmail.com](mailto:rey66130perez@gmail.com)

**RESUMEN:** Con el objetivo de determinar los coeficientes de cultivo (Kc) del maíz en las condiciones de la Empresa Agropecuaria Horquita de la provincia Cienfuegos se llevó a cabo la presente investigación en la Finca “La Prosperidad” en la campaña de siembra de invierno, con variedad de maíz H-Ame 15 del CIGB. Con las variables meteorológicas de la Estación 78335 de Aguada de Pasajeros se determinó la evapotranspiración de referencia (Eto de 3 mm día<sup>-1</sup> hasta 5,85 mm día<sup>-1</sup>) y mediante el monitoreo a la humedad del suelo por el método gravimétrico y considerando las lluvias registradas en el propio escenario productivo mediante el pluviómetro instalado y las láminas de riego aplicadas, se determinó la evapotranspiración del cultivo (Etc de 2,35 y 4,4 mm día<sup>-1</sup>) y de la relación entre ambos tipo de evapotranspiración se determinó el coeficiente del cultivo para cada una de las fases de desarrollo fisiológica: Inicio, media y final, los que reflejaron los valores de 0,83; 0,91 y 0,50 respectivamente, los cuales son una expresión de las exigencias de agua en los requerimientos del maíz para esta época de siembra de invierno y en función de las variables de suelo y clima local. Para las mismas condiciones de suelo, clima y cultivo se obtuvieron rendimientos medios de 10,29 t ha<sup>-1</sup>, con desviación estándar de 0,49 y coeficiente de variación de 4,83%.

**Palabras clave:** evapotranspiración, riego, dinámica de humedad.

**ABSTRACT:** With the objective of determining the crop coefficients (Kc) of corn under the conditions of the Horquita Agricultural Company of the Cienfuegos province, this research was carried out at the “La Prosperidad” Farm in the winter planting campaign, with variety of H-Ame 15 corn from CIGB. With the meteorological variables of Station 78335 of Aguada de Pasajeros, the reference evapotranspiration was determined (Eto from 3 mm day<sup>-1</sup> to 5,85 mm.day<sup>-1</sup>) and by monitoring soil humidity by the gravimetric method and considering the rainfall recorded in the production scenario itself through the installed rain gauge and the applied irrigation sheets, the evapotranspiration of the crop was determined (Etc of 2,35 and 4,4 mm día<sup>-1</sup>) and from the relationship between both types of evapotranspiration, the crop coefficient was determined for each of the phases of physiological development: Beginning, middle and end, which reflected the values of 0,83; 0,91 and 0,50 respectively, which are an expression of the water demands in the requirements of corn for this winter planting season and depending on the soil and local climate variables. For the same soil, climate and crop conditions, average yields of 10,29 t ha<sup>-1</sup> were obtained, with a standard deviation of 0,49 and a coefficient of variation of 4,8 %.

**Keyword:** Evapotranspiration, Irrigation, Humidity Dynamics.

## INTRODUCCIÓN

Las formas tradicionales de aprovechamiento del agua unidas al requerimiento hídrico específico de cada cultivo, requieren su entendimiento en el sistema agua suelo y planta. Por lo tanto, cualquier intento de mejorar la eficiencia del uso del agua debe estar basado en estimaciones precisas de la evapotranspiración, que considera tanto la evaporación del suelo como la transpiración de los cultivos (Allen et al., 2006).

En la actualidad, el cultivo del maíz sigue siendo una actividad económica importante del mundo, ya que se utiliza tanto para la alimentación humana como para el animal por y los agricultores locales han adoptado nuevas

tecnologías agrícolas para mejorar la producción y la calidad del maíz (Morán et al., 2021).

La variedad de maíz H-Ame15, considerada un híbrido posee además buen potencial productivo, está presente el carácter de senescencia retardada y las mazorcas son cilíndricas con granos de color amarillo semicristalinos Téllez et al. (2021), lo que potencia el estudio del manejo del agua en el cultivo.

En el contexto actual y futuro la escases de agua es un problema presente en Cuba según Fernández & Corrales (2007) y Rodríguez et al. (2018), a consecuencias de la variabilidad climática inducida por el cambio climático global según la ONU (2019),

Recibido: 03/05/2024

Aceptado: 17/02/2025

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

**CONTRIBUCIONES DE AUTOR:** **Conceptualización:** Reinaldo Pérez Armas. **Curación de datos:** Reinaldo Pérez Armas. **Análisis formal:** Reinaldo Pérez Armas y Carmen E Duarte Díaz. **Investigación:** Reinaldo Pérez Armas, Carmen E Duarte Díaz, Adís Ramona Jiménez Hernández y Lissett Ponce Rancel. **Supervisión:** Reinaldo Pérez Armas y Carmen E Duarte Díaz. **Validación:** Reinaldo Pérez Armas y Carmen E Duarte Díaz. **Papeles/Redacción, proyecto original:** Reinaldo Pérez Armas y Carmen E Duarte Díaz. **Redacción, revisión y edición:** Reinaldo Pérez Armas y Carmen E Duarte Díaz.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



que hace imprescindible aumentar la eficiencia en el uso del agua de riego por ser la actividad que consume más del 60% del agua disponible y una de las estrategias fundamentales que tiene la agricultura para adaptarse a estas condiciones, precisando los cálculos de las necesidades hídricas, para lo cual el coeficiente de cultivo es un parámetro esencial (UNESCO, 2020).

El coeficiente de cultivo varía de acuerdo a las etapas de crecimiento a medida que la planta crece en altura y el área foliar, el área de tierra cubierta por la vegetación cambiará gradualmente. Debido a la diferencia en la evaporación del cultivo en diferentes etapas de crecimiento, el valor de Kc correspondiente a un cultivo específico también cambiará a lo largo del período de crecimiento. Este período de crecimiento se puede dividir en cuatro etapas: etapa temprana, desarrollo del cultivo, etapa intermedia y etapa tardía (Allen et al., 2006).

Los coeficientes de cultivo recomendados por la FAO Doorenbos & Kassan (1979), son un referente de obligada consulta en cualquier trabajo que sobre el tema se realice, pero cuando se comparan las series de Kc obtenidos para Cuba reportados por Duarte et al. (2014) y la serie internacional presentada por Allen et al. (2006), bajo el auspicio de FAO, puede observarse que los Kc de Cuba presentan valores menores, lo que se explica debido a que en el área de estudio, la humedad relativa es mayor (79 %) y la velocidad del viento promedio menor ( $1,4 \text{ m s}^{-1}$ ). Esta situación puede considerarse como una expresión de las condiciones tropicales, válidas para Cuba y la región del Caribe.

Conocer con exactitud la evapotranspiración del cultivo del maíz en cada momento puede contribuir de manera más precisa y efectiva al manejo del riego y con ello suplir los requerimientos hídricos de la planta, aumentar la eficiencia en el uso del agua y obtener la mejor respuesta productiva, lo cual no se ha logrado en la unidad objeto de estudio por carencias en la preparación del personal que se ocupa de la actividad del riego, lo que conllevó a realizar el siguiente estudio con el objetivo de determinar los coeficientes de cultivo (Kc) del maíz en las condiciones de la Empresa Agropecuaria Horquita de la provincia Cienfuegos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la finca “La Prosperidad” de la Empresa Agropecuaria Horquita del municipio Abreu, la Provincia Cienfuegos, situada en las coordenadas geográficas  $22.16796^\circ\text{N}$  y  $80.72754^\circ\text{W}$  en el período comprendido a la campaña de siembra de invierno, con la variedad H-Ame 15. El marco de siembra fue de  $0,90 \times 0,25 \text{ m}$ .

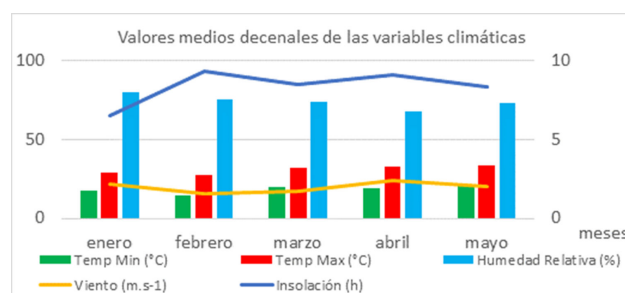
Se utilizó la variedad de maíz H-Ame15, que es un híbrido simple desarrollado por el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), a partir del cruce entre la línea transgénica L-Moltó y la línea comercial cubana CT9. L-Moltó que aporta al híbrido eventos transgénicos que facilitan su manejo a gran escala, al proveerle resistencia a la palomilla del maíz y tolerancia a herbicidas a base de

glufosinato de amonio. Se sembró en época seca de enero a mayo 2022.

Para las mediciones de cultivo y de rendimiento se tomaron muestras al azar dentro del área de estudio, con 5 repeticiones. La evaluación del rendimiento se determinó en el momento de la cosecha de maíz tierno.

## Clima

Las variables que influyen en la evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>) empleando el método de Penman Monteith se muestran en la Figura 1, tales como la temperatura máxima y mínima, cuyos valores tienen tendencia al incremento de enero a mayo, en tanto la humedad relativa descende desde el 80% registrado en enero hasta el 68% en abril y con un ligero incremento en la primera decena de mayo.



Fuente: Centro meteorológico provincial.

**FIGURA 1.** Comportamiento de las variables meteorológicas en el período de estudio.

## La evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>)

Se determinó empleando la herramienta CROPWAT 8.0 (FAO, 2015). Este programa se fundamenta en el empleo de la fórmula de Penman-Monteith para el cálculo de la ET<sub>0</sub>

Ecuación de Penman-Monteith.

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$$

donde:

ET<sub>0</sub>: evapotranspiración del cultivo de referencia (mm día<sup>-1</sup>)

R<sub>n</sub>: energía de radiación neta (MJ m<sup>2</sup> día<sup>-1</sup>)

G: flujo termal del suelo (MJ m<sup>2</sup> día<sup>-1</sup>)

T: temperatura promedio del aire (°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 a saturación a la temperatura promedio del aire (kPa)

e<sub>a</sub>: presión de vapor tomada a la temperatura a punto de rocío (kPa)

e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub>: déficit de presión de vapor (kPa)

γ: constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>)

Δ: pendiente de la curva de presión de la saturación de vapor a una temperatura específica (kPa °C<sup>-1</sup>)

La información climática requerida para el cálculo de la evapotranspiración de referencia se tomó de la estación meteorológica 78335 de Aguada de Pasajeros.

## La evapotranspiración del cultivo (ETc)

La evapotranspiración del cultivo se determinó a partir del comportamiento de la dinámica de la humedad del suelo, la que fue obtenida aplicando el método gravimétrico, según establece la [NR AG- 710 \(1982\)](#) y la ecuación del balance de humedad con la toma de muestras de suelo tres veces por semana a diferentes profundidades y en seis puntos diseminados a lo largo del campo. Lo cual se obtuvo para el 80% del límite superior del agua disponible en el suelo, porque a partir del 80-85% se definen los máximos rendimientos de los cultivos en condiciones bajo riego, lo que se corresponde con el 50% de la humedad aprovechable en el suelo ([Y. Chaterlán et al., 2010](#); [Zamora et al., 2014](#)).

La humedad presente en cada muestreo se consideró como la final (Wf) del período que concluye y la inicial (Wi) del que comienza y se calculó a partir de la ecuación:

$$Wp = 100HDaHp \quad (2)$$

donde:

Wp: Humedad presente en el momento del muestreo

H: Profundidad de la muestra tomada

Da: Densidad aparente del suelo

Hp: % de humedad presente en el suelo

La densidad aparente (Da) se determinó aplicando el método del anillo aplicando la [NC ISO 11545 \(2009\)](#).

Conocidos los valores de la humedad al inicio y al final de cada periodo de muestreo, la lámina de riego aplicada y la lluvia, se determinó la evapotranspiración del cultivo despejando esta variable de la ecuación del balance de humedad según Norma Ramal 709 del 1986, recomendado por [Duarte et al. \(2014\)](#).

$$Wf = wi + R + Lla - ETc \quad (3)$$

$$ETc = wi + Mh + Mn - Wf \quad (4)$$

donde:

Wf: Reserva final (mm)

Wi: Reserva inicial (mm)

R: Norma de riego neta (mm)

Lla: Lluvia aprovechable (mm)

ETc: Evapotranspiración (mm)

Para el cálculo de la precipitación efectiva se utilizó el método de USDA, incluido en el programa (CROPWAT 8.0) y considerado el más apropiado para este efecto dentro de la herramienta utilizada, ya que ha sido validado su eficacia al compáralo con el método de Savo que es el más exacto por excelencia, siendo este más simplificado y recomendado por [Chaterlán et al. \(2022\)](#) y [Elizastigue \(2018\)](#).

## Estimación indirecta de la precipitación efectiva

Se utilizó el método del USDA (Soil Conservation Service):

donde: USDA SCS (P)

$$Pe = Pt (125 - 0,2 Pt/125) \text{ para } Pt < 250 \text{ mm} \quad (5)$$

$$Pe = 125 + 0,1 Pt \text{ para } Pt > 250 \text{ mm} \quad (6)$$

donde:

Pe: Precipitación efectiva (mm)

Pt: Precipitación media mensual (mm)

## Determinación de los coeficientes del cultivo (Kc)

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

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (7)$$

donde:

Kc: Coeficiente del cultivo

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm)

ETo: Evapotranspiración de referencia (mm)

El suelo de la finca pertenece al grupo IIA, Ferralítico Rojo lixiviado según [Hernández et al. \(2015, 2019\)](#), considerado apto, para el cultivo del maíz. Para el estudio se determinaron, *in situ*, las propiedades de capacidad de campo, [NC 1042 \(2014\)](#), densidad aparente y coeficiente de marchitez, [NC 1046 \(2014\)](#), además se estimó el límite productivo para la profundidad de 0 a 30 cm, las cuales que se resumen en la [Tabla 1](#).

El área se riega con la máquina de pivote central No 2, del modelo Western según [Tabla 2](#), con una longitud de 311,5 m con 5 torres y abarca un área de 30,7 ha.

Para el estudio se toma un cuadrante de la máquina y se establecerá en una parcela de 60 m<sup>2</sup> (10 m de largo por 6 de ancho) en cada tramo de máquina de riego para las evaluaciones de las variables de crecimiento y desarrollo y rendimiento del cultivo

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización del área de estudio

El área de estudio se riega con la máquina de pivote central No 2, del modelo Western, con cinco torres. Para el experimento se seleccionó el II cuadrante de la máquina, donde se realizaron las evaluaciones de las variables de suelo y cultivo, siendo representativo del área total, por no existir variabilidad espacial de las propiedades del suelo Ferralítico Rojo lixiviado, vinculadas al manejo del agua, según estudios anteriores de [Cid et al. \(2012\)](#).

La densidad aparente promedio obtenida (1,24 g cm<sup>-3</sup>), en el perfil de suelo 0-30 cm en el área de investigación, determinada en el momento en que el suelo se encontraba en el límite superior del agua disponible en el suelo, resultó superior a la reportada por [Cid et al. \(2012\)](#), para otros suelos Ferralítico Rojo lixiviado donde obtuvo valores entre 1,11 y 1,20 a 20 y 40 cm de profundidad, denotando que el suelo en estudio por su explotación, se encuentra compactado en las profundidades superiores. También es considerada inferior a los reportados por [Rodríguez et al. \(2018\)](#), hasta los 30 cm en el suelo Ferralítico Rojo compactado en la finca Pulido de Alquízar.

**TABLA 1.** Determinación del límite superior del agua disponible en el suelo o capacidad campo y densidad aparente del suelo Ferralítico Rojo lixiviado de Horquita, Cienfuegos

Profundidad	Límite superior del agua disponible LSADS (%)	DA (g.cm <sup>-3</sup> )	Coefficiente de Marchitez (%)	Límite Productivo (%)
0-10 cm	28,1	1,25		
10-20 cm	26,9	1,24		
20-30 cm	26,3	1,23		
Total 0-30	27,1	1,24	14,73	21,68 (80%CC)

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 2.** Características técnicas de la máquina de pivote central 2 de la finca “La Prosperidad”

Parámetros	Descripción
Tipo de máquina de riego	De pivote central
Modelo	Western
Número de torres (u)	5
Radio de la máquina (m)	312,6
Área que riega (ha)	30,7
Velocidad máxima de la última torre (m.min <sup>-1</sup> )	3,26
Caudal que entrega (l.s <sup>-1</sup> )	39,47
Tiempo mínimo para dar una vuelta (al 100 %) (h)	306,99
Tiempo máximo para dar una vuelta (al 3 %) (h)	9,21
Lámina mínima de riego (mm)	4,26
Lámina máxima de riego (mm)	142,08



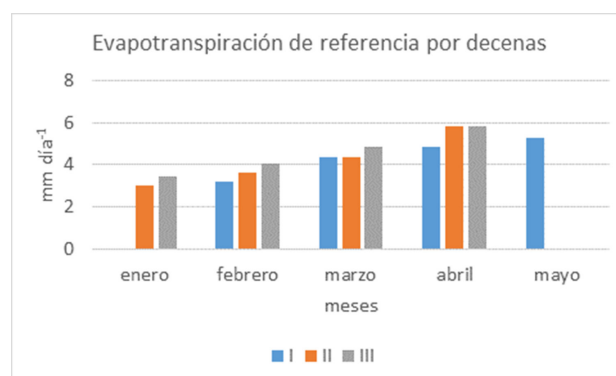
La evapotranspiración de referencia mostró, como tendencia, una variación creciente a lo largo del ciclo del cultivo como también los tuvieron las variables que en ella influyen y como consecuencia de ir transitando de los meses más fríos a los meses más cálidos y que conducen a un incremento del poder evaporante de la atmósfera (Figura 2). Sus valores oscilan desde 3 mm día<sup>-1</sup> hasta 5,85 mm día<sup>-1</sup>, que se presentaron en la segunda y tercera decena de abril. Este comportamiento coincide, para igual periodo de tiempo, con el reportado por Sosa et al. (2023), en un estudio realizado en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” en Jagüey Grande, provincia de Matanzas.

### Evapotranspiración del cultivo (Etc)

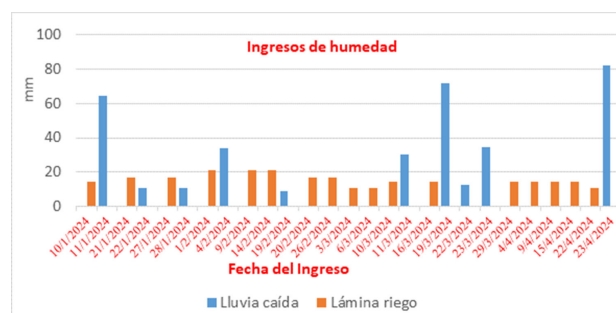
Durante el ciclo del cultivo se produjeron nueve eventos de lluvias con volúmenes variables y espaciados entre sí, como muestra la Figura 3, las que aportaron 359,6 mm de las cuales el 66,4 % se consideran efectivas.

Como complemento de estas lluvias para suplir las necesidades hídricas del cultivo se aplicaron 17 riegos con una lámina total de 264 mm.

Los resultados de la evapotranspiración del cultivo (Etc) obtenidos a partir del balance de humedad mostraron un crecimiento sostenido hasta que el cultivo alcanzó su máximo desarrollo (ETc de 4,4 mm día<sup>-1</sup>), con la floración y fructificación, para luego descender durante la fase de senescencia, como muestra la figura 4 con valores de 2,35 mm día<sup>-1</sup>. El cultivo pudo expresar su



Fuente: Elaboración propia con datos del CMP procesados con el programa CROPWAT 8.0

**FIGURA 2.** Evapotranspiración de referencia.

Fuente: elaboración propia.

**FIGURA 3.** Láminas de lluvia caída y riego aplicado.



máximo potencial de consumo de agua al mantenerse la humedad del suelo dentro de los límites óptimos durante todo el ciclo de cultivo, coincidiendo con lo planteado por Rodríguez et al. (2018) al evaluar del efecto del cultivo del maíz bajo principios de la agricultura de conservación sobre el régimen hídrico de un suelo Ferralítico Rojo compactado al sur de La Habana.

### Cálculo de los Kc

Mientras ETo representa un indicador de la demanda climática, el valor de Kc varía principalmente en función de las características particulares del cultivo y su estado de desarrollo, afectado solo en una pequeña proporción en función del clima. Esto permitió la transferencia de valores estándar del coeficiente del cultivo entre distintas áreas geográficas y climas (Herrera et al., 2018).

Los coeficientes de cultivo calculados mantienen valores cercanos a los reportados por Zamora et al. (2014) en su trabajo sobre coeficientes de cultivos (Kc) en Cuba, aunque son ligeramente superiores en las dos primeras fases e inferiores en la última fase.

Los coeficientes de cultivo mostrados en la Tabla 3, por fases como global, pueden ser utilizados y corregir las demandas de agua del cultivo en la zona según aparecen en la Resol 17/2020 del INRH (GOC-Cuba, 2020).

**TABLA 3.** Coeficientes de cultivos (Kc) por fases vegetativas en la campaña de siembra de invierno

Coeficientes/etapas	Inicio	Medio	Final	Global
Kc	0,83	0,91	0,50	0,75

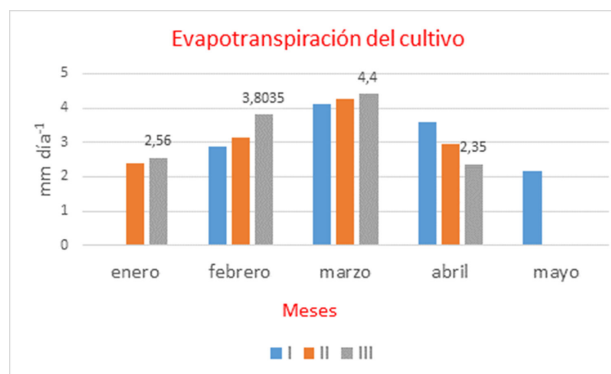
Fuente: Elaboración propia.

Los mismos se encuentran en un rango más elevado a los que fueron presentados por Doorenbos & Kassam (1979) a nivel global, en el cultivo del maíz en las diferentes fases, sin embargo, se encuentran bien cercanos a los determinados por Giralt (1990), en la etapa de invierno y recomendados por González et al. (2024) para la zona occidental de Cuba, en suelo Ferralítico Rojo compactado, en la variedad T 66 de 124 días, tales como ( $k_c=0,81$ ,  $0,88$  y  $0,52$ ) en las fases establecimiento- vegetativa, floración- formación del grano y maduración- cosecha respectivamente, obtenidos en condiciones de agotamiento crítico del 90% de límite superior del agua disponible en el suelo

### Rendimiento

Es válido tener en cuenta la producción agrícola lograda a los efectos de la determinación de los coeficientes de cultivo de maíz, para que los mismos puedan ser utilizados, con la seguridad que el manejo hídrico en el sistema suelo-planta, estará en consonancia con el rendimiento esperado.

Las características edafoclimáticas de la zona de estudio y el manejo correcto del cultivo, incluyendo el riego óptimo,



Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 4.** Evapotranspiración del cultivo (Etc) por decenas.

garantizando que la humedad del suelo Ferralítico Rojo lixiviado de la investigación, se mantuviera siempre entre los límites de alta disponibilidad para el cultivo, permitió que la variedad tuviera rendimientos medios de  $10,29 \text{ t ha}^{-1}$ , como muestra la Tabla 4, con humedad del grano del 10%, superior a los obtenidos en la zona occidental de Cuba, donde se obtuvieron los coeficientes de cultivo anteriormente mencionados, los cuales fueron de  $5-7 \text{ t ha}^{-1}$ , según Giralt (1990), dada la diferencia entre las variedades utilizadas.

Los valores a nivel de parcelas oscilaron entre  $9,67$  y  $11,06 \text{ t ha}^{-1}$ , con desviación estándar de  $0,49$  y coeficiente de variación de  $4,83\%$ . Estos resultados, aunque por debajo de los alcanzados por Téllez et al. (2021) para la misma variedad, cuyos rendimientos fueron de  $12 \text{ t ha}^{-1}$  superan la media nacional que se obtiene en Cuba en áreas de producción, la que viene mostrando un comportamiento decreciente desde el 2017, donde se registró  $2,37 \text{ t ha}^{-1}$ , hasta alcanzar  $1,76 \text{ t ha}^{-1}$  en el año 2022 según la Oficina Nacional de Estadísticas e Informática ONEI-Cuba (2023).

**TABLA 4.** Rendimientos del maíz obtenidos a nivel de parcela

Parcelas	Rendimientos T Ha
1	10,24
2	10,27
3	10,19
4	11,06
5	9,68
media	10,29
ES±	0,497
CV%	4,83

## CONCLUSIONES

- El manejo de la humedad del suelo para mantenerla dentro de los límites óptimo permitió, a partir de la evapotranspiración de referencia y la evapotranspiración del cultivo, determinar los coeficientes ( $K_c$ ) por cada fase de desarrollo fisiológico del maíz:  $K_{inicial}$  0,83;  $K_{medio}$  0,91 y  $K_{final}$  0,50 y coeficiente global de 0,75 para ser utilizados en la estimación de la demanda de agua del cultivo determinada para un 80 % límite superior del agua disponible en el suelo.
- La evapotranspiración del cultivo de maíz en el período óptimo de enero a mayo fue de 2,35 mm día<sup>-1</sup> como valor mínimo en la fase de maduración cosecha y 4,4 mm día<sup>-1</sup> en la de máximo crecimiento y desarrollo
- Los rendimientos alcanzados con el manejo del riego para estimar los coeficientes de cultivos tuvieron una media de 10,29 t ha<sup>-1</sup>, desviación estándar de 0,49 y coeficiente de variación de 4,83%.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio de FAO de Riego y Drenaje (Vol. 56). Roma. Ser. Didact. Fac. Agron. y Zootec. Univ. Nac. Tucuman, 56.
- Chaterlán, D. Y., Duarte, D. C., Riverol, M. L. H., & Zamora, H. E. (2022). Caracterización a futuro de las precipitaciones y la evapotranspiración de referencia, en diferentes zonas de Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*, 12(4), ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- Chaterlán, Y., León, M., Duarte, C., Paredes, P., López, T., & Pereira, L. S. (2010). Determination of crop coefficients for horticultural crops in Cuba through field experiments and water balance simulation. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1), 90-95, ISSN: 1010-2760.
- Cid, G., López, T., González, F., Herrera, J., & Ruiz, M. E. (2012). Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*, 2(2), 25-31, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- Doorenbos, J., & Kassam, A. (1979). Yield response to water. *Irrigation and drainage paper*, 33, 257.
- Doorenbos, J., & Kassan, A. (1979). Efectos del agua en rendimiento de los cultivos. Roma: FAO, 1979. 212p. *Boletim Riego y Drenaje*, 33, 212, Roma: FAO.
- Duarte, C., Chaterlán, Y., González, F., & Zamora, E. (2014). *Contribución al estudio de las necesidades hídricas de cultivos de interés agrícola en Cuba* (p. Propuesta de Premio anual de la Academia de Ciencias de Cuba). Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana, Cuba.
- Elizastigue, S. (2018). *Evaluación de la lluvia efectiva con diferentes métodos empíricos*, Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE), [Eng. Thesis]. Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE).
- FAO. (2015). *Perspectivas por sectores principales, producción de cultivos por sectores principales, producción de cultivos*. FAO, Roma Italia. <https://www.fao.org/4/y3557s/y3557s08.htm>
- Fernández, G., & Corrales, C. (2007). Indicadores globales para la evaluación del uso sostenible del recurso agua: Caso cubano. *Volunt. Hidráulica*, 99, 1-16.
- Giralt, E. (1990). *Informe final proyecto IIRD* (p. 56) [Informe final de proyecto]. Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD).
- GOC-Cuba. (2020). Resolución 17- 2020 Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, ISSN: 0864 I-0793, e-ISSN: 1682-7511, GOC 2020-557-061.
- González, R. F., Toledo, P. L. B., Cisneros, Z. E., Duarte, D. C., & Chaterlán, D. Y. (2024). Estimación del rendimiento de maíz sembrado en suelo Ferralítico Rojo para el escenario climático SSP1-2.6. *Ingeniería Agrícola*, 14(2), ISSN: 2227-8761.
- Hernández, J. A., Pérez, J., Bosch, I. D., & Castro, S. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: Énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1), Article 1.
- Hernández, J. A., Pérez, P., Bosch, I. D., & Castro, S. N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas,). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas,.
- Herrera, P. J., González, R. F., & Díaz, P. Y. (2018). Consumo de agua y coeficientes de cultivo en el sorgo de grano (*Sorgum vulgare* L. Monech). *Ingeniería Agrícola*, 8(3), 25-30, ISSN: 2227-8761.
- Morán, H. E. S., García, B. S. J., Carrillo, Z. M. D., Cabanilla, D. W. D., & Cobos, M. F. J. (2021). Sustentabilidad del sistema de producción del maíz, en la provincia de Los Ríos (Ecuador), bajo la metodología multicriterio de Sarandón. *Journal of the Selva Andina biosphere*, 9(1), 26-40, ISSN: 2308-3859, Publisher: Universidad Católica Boliviana San Pablo.
- NC 1042. (2014). *Calidad del suelo-Determinación de la Capacidad de Campo* [Noma cubana]. Oficina Nacional de Normalización. La Habana, Cuba.
- NC 1046. (2014). *Calidad del suelo-Determinación de la humedad de marchitez*. Oficina Nacional de Normalización. La Habana, Cuba.
- NC ISO 11545. (2009). *Máquinas agrícolas para riego: Pivotes centrales y máquinas de avance frontal equipadas con boquillas difusoras o aspersores, determinación de la uniformidad de distribución del agua*. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- NR AG- 710. (1982). *Pronóstico del momento del Riego, Método Gravimétrico*, MINAG. Oficina Nacional de Normalización: máquinas agrícolas y forestales, La Habana, Cuba.

- ONEI-Cuba. (2023). *Anuario Estadístico de Cuba, Edición 2023*. Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI), La Habana, Cuba. <http://www.onei.gob.cu/anuario-estadistico-de-cuba>
- ONU. (2019). *Informe de políticas de ONU-AGUA sobre el Cambio Climático y el Agua* [Informe sobre el Cambio Climático y el Agua]. UN wáter: Suiza.
- Rodríguez, G. A., López, S. T., Martínez, C. J. A., Herrera, P. J., & Hernández, L. O. (2018). Régimen hídrico en un suelo Ferralítico cultivado con maíz bajo principios de agricultura de conservación. *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(3), 3-11, ISSN: 2227-8761.
- Sosa, S. Y., Duarte, D. C. E., Cisneros, Z. E., Puente, S. A., González, R. L., García, P. A., & Martínez, P. D. (2023). Ajuste de las normas netas de riego del naranjo en un suelo ferralítico rojo. *Ingeniería Agrícola*, 13(1), ISSN: 2227-8761.
- Téllez, R. P., Morán, B. I., Ríos, H. A., Espinoza, D. D., Hernández, H. D., Martínez, R. A., Ayra, P. C., & Isidró, P. M. (2021). H-Amel15: Nuevo híbrido simple de maíz transgénico, resistente a la palomilla y tolerante a herbicidas. *Cultivos Tropicales*, 42(4), 1-3, ISSN: 1819-4087, Publisher: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- UNESCO. (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y cambio climático, resumen ejecutivo*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), París, Francia.
- Zamora, H. E., Duarte, C. E., González, C. R., & León, F. M. (2014). Coeficientes de cultivos (Kc) en Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(3), 16-22, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.

Reinaldo Pérez-Armas, MSc., Profesor Auxiliar, Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cienfuegos, Cuba.

Carmen E Duarte-Díaz, Dr.C., Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353a, e-mail: [carmen.duarte@iagric.minag.gob.cu](mailto:carmen.duarte@iagric.minag.gob.cu).

Adis Ramona Jiménez-Hernández Empresa Agropecuaria de Horquita, Cienfuegos, e-mail: [hernandezjimenezadisramina@gmail.com](mailto:hernandezjimenezadisramina@gmail.com).  
Lissett Ponce-Rancel, Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cienfuegos, Cuba, e-mail: [nereidarancelgarcia@gmail.com](mailto:nereidarancelgarcia@gmail.com).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.