

Determinación de coeficientes del cultivo del frijol para las condiciones de las provincias centrales, Cuba



<https://cu-id.com/2177/v32n2e07>

Determination Crops Coefficients of Bean for Conditions of the Central Provinces in Cuba

¹[Dania Rodríguez-Correa](#)^{1*}, ¹[Camilo Bonet-Pérez](#)¹, ¹[Bárbara Mola-Fines](#)¹, ¹[Pedro A. Guerrero-Posada](#)¹

¹Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey, Cuba.

RESUMEN: Las necesidades de agua de los cultivos están determinadas por la demanda climática y el tipo de cultivo, estos dos parámetros a su vez, están relacionados entre sí a través del Coeficiente de Cultivo (Kc), este coeficiente varía en el tiempo debido a los factores que influyen en el desarrollo del cultivo. El objetivo determinar los Kc del frijol en las condiciones de las provincias centrales de Cuba. El estudio se realizó en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) "Victoria II", perteneciente a la Empresa Agropecuaria Camagüey, empleando tecnología de máquinas de pivó central sobre suelo Fersialítico pardo rojizo, para ello se efectuaron muestreos de humedad del suelo cada cinco días con el equipo TDR-300, se determinó la evapotranspiración del cultivo (ETc) teniendo en cuenta los riegos realizados y la lluvia aprovechable durante el periodo del cultivo, los valores de Kc fueron calculados a partir de la relación del balance de humedad cada cinco días y se validaron de los resultados. Los resultados obtenidos mostraron el incremento de la ETc durante la etapa de floración y formación de las vainas con un valor de 3,98 mm/día, los Kc obtenidos fueron 0,45 (Kc inic), 1,00 (Kc med) y 0,38 (Kc fin) y en la validación de los resultados se observó que se mantiene la tendencia en el comportamiento de los valores de Kc, en tanto la variación en relación a los resultados de la etapa investigativa se mantienen en un rango menor al 10% de variación. Se concluye que los valores de Kc obtenidos pueden emplearse para la programación del riego del frijol en las condiciones de las provincias centrales.

Palabras clave: programación de riego, eficiencia, requerimientos de agua.

ABSTRACT: Water needs of crops are determined by climate demand and crop type, these two parameters are interrelated through Crop Coefficient (Kc). It varies in time because of the factors that influence in the crop development. The objective of the research was to determine bean Kc under the conditions of the Cuban central provinces. The study was carried out in the Cooperative Production Basic Unit (UBPC) "Victoria II", belonging to the Agricultural Enterprise Camagüey. Center pivot machines were used on red Fersalitic soil, where samplings of soil moisture were made every five days with TDR-300. Crop evapotranspiration (ETc) was determined taking into account the irrigation made and the usable rain during the cropping period. Kc values were calculated starting from the relationship of moisture balance every five days and the results were validated. These results showed the increase in ETc during the flowering and pod formation stages with a value of 3.98 mm/day. The Kc obtained were 0.45 (Kc initial), 1.00 (Kc mid) and 0.38 (Kc end) and in their validation, a constant trend was observed in the behavior of the Kc results, while their variation in relation to the results of the research stage is maintained in a range of less than 10 %. It was concluded that Kc parameters obtained can be used for bean irrigation scheduling under the conditions of the central provinces.

Keywords: Irrigation Scheduling, Efficiency, Water Needs.

*Autora para correspondencia: Dania Rodríguez-Correa, e-mail: daniarc1975@gmail.com

Recibido: 24/10/2022

Aceptado: 13/03/2023

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 (Cabello, 2015). 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) (Bonet-Pérez et al., 2010).

La correcta planificación del agua para riego basada en un adecuado balance implica del conocimiento de las necesidades de agua del cultivo y de la disponibilidad del agua en la fuente de abasto, las necesidades de agua del cultivo están determinadas por la demanda climática y el tipo de cultivo, estos dos parámetros a su vez, están relacionados entre sí a través del denominado Coeficiente de Cultivo (Kc) el cual es un valor obtenido al relacionar la evapotranspiración del cultivo (ETc) con la evapotranspiración de referencia (ETo), este coeficiente varía en el tiempo debido a los factores que influyen en el desarrollo del cultivo (Herrera-Puebla et al., 2018).

El Kc integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo de referencia, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo, distintos cultivos poseerán distintos valores de Kc, las características del cultivo que varían durante el crecimiento del mismo también afectarán al valor del Kc (Allen et al., 2006).

En la unidad objeto de estudio los principales problemas relacionados con la programación de riego en el cultivo del frijol en la provincia están referidos a la poca preparación del personal a cargo de la actividad debido a la falta de capacitación trayendo como consecuencia que se realice un manejo ineficiente del agua en el riego del cultivo del frijol mediante sistemas con máquinas de pivó central eléctrico, afectando al cultivo al no aplicarse las normas y frecuencias de riego necesarias para su normal crecimiento y desarrollo, por lo que resulta necesario una programación del riego que garantice el uso adecuado de las áreas bajo riego y la obtención de resultados productivos satisfactorios.

Objetivo. Determinar los Coeficientes de cultivo (Kc) del frijol en las condiciones de las provincias centrales de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló durante tres campañas (2019-2022) en áreas de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) “Victoria II”,

pertenciente a la Empresa Agropecuaria Camagüey, la misma se encuentra ubicada geográficamente en el municipio Camagüey, provincia Camagüey, Cuba, entre las coordenadas N (310.00-315.00) y E (403.00-408.00) en la hoja cartográfica San Serapio (4680-II-A) a escala 1:25 000 (Figura 1).

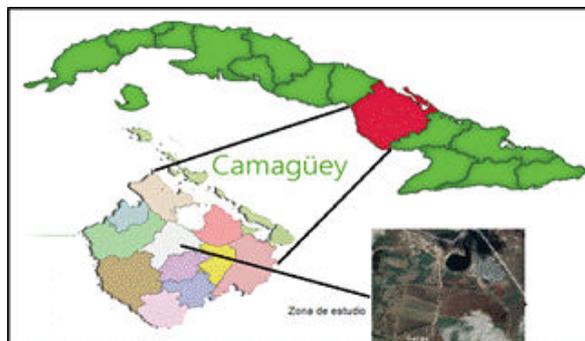


FIGURA 1. Imagen satelital UBPC “Victoria II” Cuba. Fuente: <https://www.google.com.cu> (2020)

La actividad fundamental de la UBPC está encaminada a la producción de cultivos varios, entre ellos viandas, hortalizas, vegetales, frutales y granos, siendo el frijol el más representativo.

Infraestructura de riego

La UBPC cuenta con un área total de 403,0 ha distribuidas en 17 fincas, de ellas 144,0 ha bajo riego, que incluyen 82,0 ha con riego por aspersión vinculadas a seis sistemas semi estacionarios (media presión) y 62,0 ha de riego con cinco máquinas de pivó central eléctrica (Rodríguez-Correa y Bonet-Pérez, 2018).

La UBPC dispone para el riego de una fuente de abasto de agua superficial (micropresa Borges), sus parámetros principales ocupando un volumen total 1,102 MM m³ según información de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico en Camagüey (INRH-Cuba, 2018).

El sistema de riego funciona a partir de una Estación de Bombeo principal situada en el embalse, a partir del cual el agua es impulsada por una conductora cerrada hasta una caja reguladora situada en un punto alto del área y desde esta por gravedad el agua se distribuye hacia toda la red de riego empleando conductoras cerradas, las cuales alimentan las Estaciones de Bombeo de cada uno de los sistemas de riego instalados de la unidad (IIRD-Cuba, 2000).

Suelos

Mediante la actualización del estudio realizado por el Instituto de Suelos IS-Cuba (2010), se precisó la existencia de seis tipos de suelos en la UBPC “Victoria II” (Figura 2).

Clima

La localidad presenta características propias de clima tropical de bosques estacionalmente húmedo ecuatorial de sabana con verano húmedo y con una tendencia al carácter continental comparativamente notable dentro del país; en su condición físico-geográfico predominan las llanuras.

Para la caracterización de la UBPC “Victoria II” en el año 2019 se utilizaron los datos correspondientes a la estación meteorológica de Camagüey, Cuba (78355) [CMP-Camagüey \(2020\)](#), ubicada en los 21° 24’ de latitud norte y los 77° 51’ de longitud oeste, con una altura de 118 m sobre el nivel del mar, siendo la estación más cercana y representativa para la zona de estudio ([Tabla 1](#)).

Caracterización del área experimental

La investigación se llevó a cabo en áreas de una máquina de pivot central eléctrica. El suelo predominante en el área de investigación es el Fersialítico pardo rojizo cuyas principales características se muestran en la [Tabla 2](#).

Cálculo de la eficiencia de aplicación de la máquina de pivot central eléctrica

Se efectuó la evaluación de la máquina según procedimiento descrito en la norma [NC ISO 11545 \(2009\)](#), obteniéndose valores de coeficiente de uniformidad (Cu) y eficiencia de descarga (Ef) que fueron utilizados para la determinación del régimen de trabajo en cada una de las fases de desarrollo del cultivo.

Regulación de la máquina de pivot

A partir de las características del suelo y del cultivo se determinaron las normas netas de riego a aplicar

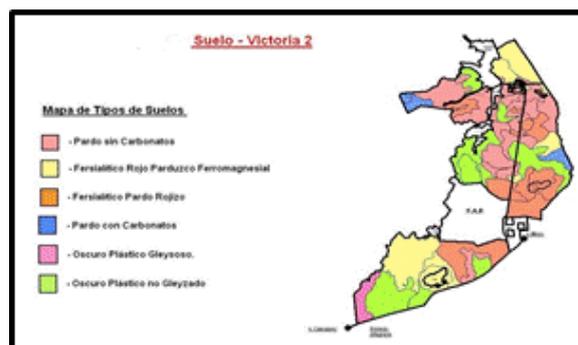


FIGURA 2. Suelos predominantes en la UBPC “Victoria II”. Fuente: Instituto de Suelos [IS-Cuba \(2010\)](#).

por etapa de desarrollo fisiológico, las cuales fueron utilizadas para con el empleo de la tabla de regulación de la máquina de pivot y la eficiencia de aplicación obtenida durante la evaluación determinar la regulación necesaria para toda la etapa del cultivo.

Calibración del TDR-300

Para la determinación de la humedad del suelo se utilizó el sensor digital de humedad del suelo, conocido como TDR-300 (*Time Domain Reflectometer*) ([Figura 3](#)).

La sonda TDR-300 ha demostrado ser un método eficaz que permite obtener de forma rápida y eficiente las lecturas del contenido volumétrico de humedad en el suelo para operar el sistema de riego y mantener el nivel de humedad disponible entre el límite superior y el límite inferior de la reserva fácilmente utilizable ([López-Silva et al., 2017](#)).

Previamente al inicio del estudio se procedió a realizar la calibración del equipo TDR-300 utilizando el método gravimétrico para la determinación de la humedad presente, empleando una balanza digital

TABLA 1. Valores medios de parámetros climáticos

Parámetro	U.M.	Media
Temperatura	°C	22,2
Humedad relativa	%	77
Velocidad del viento	km/h	8,6 a 13,7
Precipitaciones	mm	1390,9
Insolación	horas-luz/día	7,8
Nubosidad	octavos	4 a 5

TABLA 2. Características del suelo predominante en el área de investigación. Clasificación Genética: Fersialítico Pardo Rojizo, Cuba

Profundidad (cm)	Densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad (%)	Capacidad de Campo (% bss)	Velocidad Infiltración (mm/h)
00 - 10	1,26	52,4	31,4	21
20 - 30	1,26	52,4	34,9	21

Fuente: Instituto de Suelos, Camagüey, Cuba. [IS-Cuba \(2018\)](#).

SORTORIOS Signum 1 con rango de pesada hasta 35 kg y precisión de 0,1 g (Figura 4).

Cálculo de la evapotranspiración del cultivo

Para la determinación de la humedad del suelo a emplear en el balance de humedad se definió una posición control (Figura 5) ocupando un área de 4 m²; en la misma se efectuaron los muestreos de humedad del suelo presente cada cinco días

A partir de la humedad presente se calculó la reserva de humedad.

$$W = 100xHxDaxHp \quad (1)$$

Donde: W. Reserva de humedad (mm); H. Profundidad a humedecer (mm); Da. Densidad aparente (mm); Hp. Humedad presente (mm)

A partir del método de balance de humedad del suelo se calculó la reserva de humedad inicial y final del periodo, considerando la reserva final de un periodo como la reserva inicial del periodo siguiente:

$$Wf = Wi + R + LLa - ETc \quad (2)$$

Donde: Wf. Reserva final (mm); Wi- Reserva inicial (mm); R. Norma de riego neta (mm); LLa. Lluvia aprovechable (mm); ETc. Evapotranspiración (mm).

El valor de la magnitud de la lluvia ocurrida se midió con un pluviómetro ubicado en el área de investigación realizándose la lectura diaria en un mismo horario. El cálculo de la lluvia aprovechable durante el periodo se realizó teniendo en cuenta la lluvia (LI) y el riego (R) aplicado, así como la ETc del cultivo durante la decena evaluada en el periodo anterior a la lluvia.

Después de calcular la Wf final se determina la ETc del periodo evaluado teniendo en cuenta los riegos realizados y la lluvia aprovechable durante el mismo, según la siguiente ecuación:

$$ETc = (Wi + R + LLa) - Wf \quad (3)$$

Donde: ETc. Evapotranspiración del cultivo (mm); Wi- reserva de humedad inicial (mm); Wf- reserva de humedad final (mm); LLa- lluvia aprovechable (mm); R- riego (mm).

Cálculo de los Kc

Durante las campañas 2019 - 2020 y 2020-2021 se calculó el comportamiento de la evapotranspiración del cultivo del frijol, se muestran los resultados medios obtenidos.

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) (Bonet-Pérez et al., 2010).

Los valores de Kc fueron calculados a partir de la relación del balance de humedad del periodo cada cinco días conociendo la ETc y la ETo según la expresión:



FIGURA 3. Medidor de humedad de suelo TDR 300.

Fuente: <https://www.viaindustrial.com/pp/>. (viaindustrial, 2020).



FIGURA 4. Balanza digital SORTORIUS Signum 1.

Fuente: <https://rsu.mx/producto/Alibaba.com> (2020).



FIGURA 5. Ubicación de la posición control.

$$Kc = ETc/ETo \quad (4)$$

Para ello se obtuvo con frecuencia semanal desde el Centro Meteorológico Provincial (CMP) en la provincia de Camagüey, Cuba [CMP-Camagüey \(2020\)](#), el pronóstico del comportamiento de la evapotranspiración de referencia (ETo) para el área de estudio (Figura 6).

Los valores de Kc obtenidos fueron transformados a las etapas descritas en el método de Penman - Monteith (Allen et al., 2006).

Después de realizar el cálculo se procedió a la confección de la curva de Kc a partir de los datos obtenidos determinando el periodo de duración de las etapas de desarrollo y el valor de los Kc correspondientes a cada una, representando la curva los cambios a lo largo de su periodo de crecimiento.

Validación de resultados del Kc

La validación de los resultados está encaminada a la comprobación en condiciones de producción de los

resultados obtenidos, la misma fue realizada durante la campaña 2021-2022 para lo cual se determinaron los valores de E_{Tc} a partir del balance de humedad, con esta información y los valores de la E_{To} obtenidos del Centro Meteorológico de Camagüey, Cuba [CMP-Camagüey \(2020\)](#), se calcularon los K_c, los valores obtenidos fueron comparados con los calculados durante la etapa de investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la máquina de pivot central eléctrica

Como resultado de la evaluación de la máquina de pivot central eléctrica se obtuvieron valores de Coeficiente de Uniformidad y Eficiencia de aplicación de 82% y 75% respectivamente; [Tarjuelo \(2005\)](#) considera que para esta tecnología el Coeficiente de Uniformidad resulta adecuado en el rango entre 85 y 90%, [Jiménez, et al. \(2011\)](#), por lo cual el valor obtenido puede catalogarse como aceptable, en tanto la Eficiencia de aplicación es baja, lo cual se atribuye a la velocidad del viento predominante que se comportó en el rango de 2,8 a 3,5 m/s, valores habituales durante la operación de este sistema de riego, por lo que en el desarrollo de la investigación uno de los aspectos que se tuvo en cuenta fue colocar los emisores a una misma altura para disminuir la incidencia del viento, refiriéndose al tema [Tarjuelo \(2005\)](#), uno de los aspectos planteados es la reducción de la altura del emisor al suelo, para disminuir las pérdidas por evaporación y arrastre, sin perjudicar los parámetros de calidad de riego y el riego nocturno contribuye también a reducir estas afectaciones.

Regulación de la máquina de pivot

Los resultados de la regulación necesaria para la aplicación de los riegos en toda la etapa del cultivo se muestran en la [Tabla 3](#).

TABLA 3. Regulación de la máquina de pivot

Etapa de desarrollo fisiológico	Norma neta (mm)	Norma bruta (mm)	Regulación (%)
Siembra - Germinación	5,92	10,03	25
Germinación - Establecimiento	5,92	10,03	25
Establecimiento -Floración	5,92	10,03	25
Floración - Formación vainas	11,34	19,22	15
Formación vainas - Cosecha	11,34	19,22	15

TABLA 4. Escala para programación de riego a partir de la lectura del TDR - 300

Lectura TDR	CC bss (%)	Lectura TDR	CC bss (%)	Lectura TDR	CC bss (%)
> 75	100	67	92	54	84
75	98	65	90	49	82
72	96	62	88	45	80
69	94	60	86	< 45	< 80



FIGURA 6. Información de evapotranspiración de referencia diaria. Fuente: Centro Meteorológico Provincial de Camagüey [CMP-Camagüey \(2020\)](#).

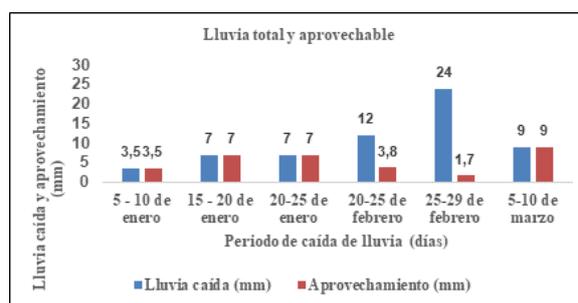


FIGURA 7. Lluvia total y aprovechable.

Calibración del TDR - 300

Con la calibración del TDR- 300 se obtuvieron valores que reflejan la relación entre la lectura del equipo y la humedad del suelo en el área de investigación como se muestra en la [Tabla 4](#).

Cálculo de la evapotranspiración del cultivo

Durante el ciclo del cultivo se produjeron 6 eventos de lluvias con una magnitud total de 62,5 mm y 51% de aprovechamiento. En la [Figura 7](#) se muestran su distribución.

Se realizaron 16 riegos, en total los ingresos de humedad durante todo el ciclo del cultivo fueron de 263 mm, su distribución se muestra en la [Figura 8](#).

Los resultados de la evapotranspiración del cultivo (ETc) obtenidos a partir del balance de humedad por etapas de desarrollo fisiológico se muestran en la [Tabla 5](#).

Los valores de ETc variaron en todas las etapas de desarrollo del cultivo, aumentando a medida que el cultivo fue creciendo y se desarrollándose, alcanzando su valor máximo en el momento de la floración y formación de vainas.

Los resultados reportados por diferentes autores coinciden en plantear que el frijol es un cultivo susceptible tanto al exceso de humedad como a su déficit durante su ciclo de desarrollo ([Polón-Pérez et al., 2014](#)).

Se observa el mayor consumo en la etapa de Floración y Formación de vainas, resultado coincidente con reportes de [Rivera y Chaves \(2019\)](#), que identifican el periodo comprendido durante la etapa de floración como crítico para la demanda de agua.

Cálculo de los Kc

Un resumen de la información de la ETo recibida desde el Centro Meteorológico Provincial Camagüey, Cuba [CMP-Camagüey \(2020\)](#) durante las dos campañas de la etapa experimental se muestra en la [Tabla 6](#).

El Kc integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo de referencia, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo, distintos cultivos poseerán distintos valores de Kc, las características del cultivo que varían durante el crecimiento del mismo también afectarán al valor del Kc ([Rodríguez-Correa et al., 2022](#)).

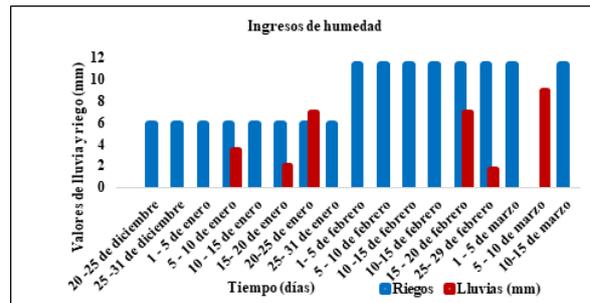


FIGURA 8. Ingresos de humedad.

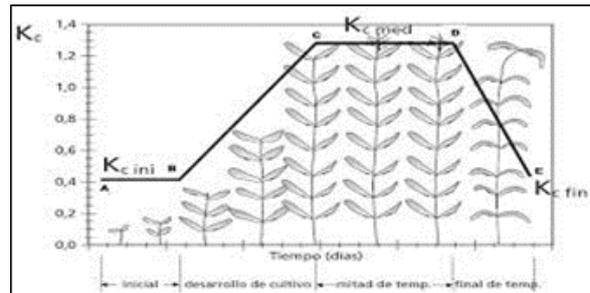


FIGURA 9. Coeficiente de Cultivo (Kc) durante el desarrollo del cultivo. Fuente: [Allen et al. \(2006\)](#).

Los factores que afectan los valores en el Kc son las características del cultivo, la etapa de desarrollo y la duración del período vegetativo; tendrán una variación estacional: fase inicial (germinación y crecimiento inicial con el 10% de cobertura), fase de desarrollo (desde el final de fase inicial y entre 70% - 80% de cobertura), fase de maduración (desde cobertura completa hasta inicio de maduración (caída de hojas) y fase final (desde el final de fase anterior hasta la cosecha) ([Rivera y Chaves, 2019](#)).

El método Penman - Monteith recomendado por [Allen et al. \(2006\)](#) para el cálculo de los Kc sugiere la utilización del gráfico en el cual se enmarcan las cuatro etapas ([Figura 9](#)).

TABLA 5. Valores de evapotranspiración del cultivo durante la etapa experimental

Etapas de desarrollo fisiológico	ETc (mm/día)
Siembra - Germinación	1,61
Germinación - Establecimiento	2,43
Establecimiento -Floración	2,82
Floración - Formación vainas	3,98
Formación vainas - Cosecha	1,86

TABLA 6. Valores medios de ETo durante la etapa experimental

Mes	ETo (mm/día)		
	1ª Decena	2ª Decena	3ª Decena
Diciembre	3,50	3,72	3,50
Enero	3,69	3,41	3,75
Febrero	3,71	3,88	3,80
Marzo	4,02	4,25	4,20

Los valores obtenidos fueron utilizados para la confección de la curva de Kc [Figura 10](#).

Los resultados obtenidos en la investigación fueron 0,45 (Kc inic), 1,00 (Kc med) y 0,38 (Kc fin), los cuales se asemejan a reportes de [Allen et al. \(2006\)](#), con valores de 0,40; 1,15 y 0,35 y se alejan de los señalados en [Hermoso-Veramendi \(2020\)](#), que fueron de 0,89; 0,90 y 0,57 respectivamente; en estos últimos resultados se observa que los valores de Kc de las etapas inicial y media son prácticamente coincidentes, lo cual se aleja del comportamiento observado durante la etapa de investigación.

Los valores mostrados en la [Figura 10](#) están en correspondencia con lo planteado por [Zamora-Herrera et al. \(2014\)](#), quienes han señalado que durante el período de crecimiento del cultivo la variación del Kc expresa los cambios en la vegetación y en el grado de cobertura del suelo, en la investigación se tuvo en cuenta desde el punto de vista fisiológico cuando la planta estaba en el período de más alta demanda hídrica demostrado en los resultados obtenidos.

Estudios realizados por [López-Silva et al. \(2017\)](#), reportan la posibilidad de aplicar criterios de Riego Deficitario Controlado en el cultivo del frijol cuidando de no crear condiciones de estrés hídrico en la etapa de floración y formación de vainas, con lo cual se garantiza la mayor productividad del agua de riego.

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 permite la transferencia de valores estándar del coeficiente del cultivo entre distintas áreas geográficas y climas ([Herrera-Puebla et al., 2018](#)).

Validación de resultados del Kc

Durante la validación se obtuvieron los resultados que se muestran en la [Tabla 7](#).

Se observa que se mantiene la misma tendencia en el comportamiento de los valores de Kc, en tanto la variación en relación a los resultados de la etapa investigativa se mantienen en un rango menor al 10%

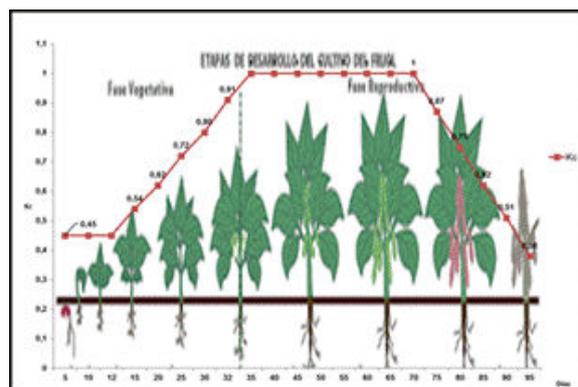


FIGURA 10. Curva de Kc obtenida durante la investigación

de variación, lo cual confirma la validez de los valores calculados.

CONCLUSIONES

- Los resultados de la evapotranspiración del cultivo en la etapa experimental se obtuvo un valor de 3,98 mm/día y la mayor demanda se obtuvo en la fase de floración - formación de la vaina.
- Los valores de coeficientes de cultivo en el frijol variaron de la siguiente manera: 0.45 en la etapa inicial, 1.00 para la etapa intermedia y 0.38 para la etapa final.
- Los valores de Kc obtenidos pueden emplearse para la programación del riego del frijol en las condiciones de las provincias centrales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIBABA.COM: *Balanza digital SORTORIUS Signum I.*, [en línea], Alibaba.com, 2020, Disponible en: <https://rsu.mx/producto/>, [Consulta: 20 de octubre de 2020].
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M.: *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, Ed. Estudio FAO Riego y Drenaje 56, vol. 298, Roma. Italia, 2006, ISBN: 92-5-304219-2.

TABLA 7. Resultados de la validación de los valores de Kc

Etapa	Días		Kc		
	A	B	A	B	C
Inicial	12	10	0,45	0,50	0,90
Desarrollo	23	20	0,45 - 1,00	0,50-0,96	0,99
Media	38	35	1,00	0,96	1,04
Final	22	27	1,00 - 0,38	0,96-0,42	0,90
Total	95	92	0,79	0,78	1,01

Leyenda: A. Etapa de investigación. B. Validación. C.Relación entre los resultados obtenidos durante la etapa experimental y la etapa de validación

- BONET-PÉREZ, C.; ACEA-LAHERA, I.; BROWN-MANRIQUE, O.; HERNÁNDEZ-VICTORIA, M.; DUARTE-DÍAZ, C.: “Coeficientes de cultivo para la programación del riego de la piña”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3): 23-27, 2010, ISSN: 2071-0054, Publisher: Universidad Agraria de La Habana.
- CABELLO, J.: *Determinación del coeficiente de cultivo kc para frejol Phaseolus vulgaris bajo invernadero en la granja Santa Inés, [en línea]*, Universidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica., Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, Machala, 2015, Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3022/10/tesis.pdf>, [Consulta: 28 de febrero de 2019].
- CMP-CAMAGÜEY: *Información de evapotranspiración de referencia diaria de la zona de estudio*, Inst. Centro Meteorológico Provincial (CMP), Camagüey, Cuba, 2020.
- HERMOSO-VERAMENDI, S.: “Determinación del coeficiente de cultivo (KC), para frijol (phaseolus vulgaris L.), Bajo invernadero en el centro de investigación y experimentación de Cañasbamba, 2018”, mayo de 2020.
- HERRERA-PUEBLA, J.; GONZÁLEZ-ROBAINA, F.; DÍAZ-PÉREZ, Y.: “Consumo de agua y coeficientes de cultivo en el sorgo de grano (Sorghum vulgare L. Monech)”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(3): 25-30, 2018, ISSN: 2227-8761, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- HTTPS://WWW.GOOGLE.COM.CU: *Mapa Satélite de Altagracia. Ubicación de la UBPC Victoria II. Provincia de Camagüey, [en línea]*, Camagüey, Cuba, 2020, Disponible en: <https://www.google.com.cu>, [Consulta: 20 de octubre de 2020].
- IIRD-CUBA: *Proyecto 2253. Incremento de la efectividad de los sistemas de riego en una unidad productiva de referencia*, Inst. Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD), Informe de proyecto, La Habana, Cuba, 2000.
- INRH-CUBA: *Parámetros principales de la Micro presa Borges.*, Inst. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), Camagüey, Cuba, 2018.
- IS-CUBA: *Informe sobre la actualización de los suelos en la UBPC Victoria II para el Programa de Polígonos de Conservación de Suelos*, Inst. Instituto de Suelos (IS), Camagüey, Cuba, 2010.
- IS-CUBA: *Informe de actualización de los datos de suelos del Polígono provincial de suelos en Camagüey, Cuba*, Inst. Instituto de Suelos (IS), Camagüey, Cuba, 2018.
- JIMÉNEZ, E.; DOMÍNGUEZ, M.; PÉREZ, R.: “Parámetros de explotación y uniformidad de riego en la máquina de pivote central OTECH-IRRIMEC”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 1(1): 7-12, 2011, ISSN: 2227-8761, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- LÓPEZ-SILVA, M.; CARMENATES-HERNÁNDEZ, D.; MUJICA-CERVANTES, A.; PANEQUE-RONDÓN, P.: “Operación del pivote central evaluando la dinámica de humedad en el suelo con TRD”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(3): 11-16, 2017, ISSN: 2227-8761, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- NC ISO 11545: *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*, Inst. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba, 2009.
- POLÓN-PÉREZ, R.; MIRANDA-CABALLERO, A.; RAMÍREZ-ARREBATO, M.A.; MAQUEIRA-LÓPEZ, L.A.: “Efectos del estrés de agua sobre el rendimiento de granos en la fase vegetativa en el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.)”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4): 33-36, 2014, ISSN: 2071-0054, Publisher: Universidad Agraria de La Habana.
- RIVERA, J.C.; CHAVES, C.A.: “Riego restringido en cinco cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris L.)”, *Boletín Técnico*, 17: 2019, Publisher: Universidad de Costa Rica.
- RODRIGUEZ-CORREA, D.; BONET-PÉREZ, C.: “Propuesta de estrategia de extensión de buenas prácticas de riego en una unidad productiva agrícola”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(2): 35-40, 2018, ISSN: 2227-8761, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- RODRÍGUEZ-CORREA, D.; BONET-PÉREZ, C.; DE LA CARIDAD MOLA-FINES, B.; GUERRERO-POSADA, P.; MARTÍNEZ-DER, C.; MACHADO-CARBALLO, M.: “Estrategias de riego deficitario controlado para el cultivo del frijol”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 12(1): 54-58, 2022, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- TARJUELO, J.M.: *El riego por aspersión y su tecnología*, Ed. Mundi-Prensa, Tercera ed., Madrid, España, Centro Regional de Estudios del Agua-CREA- Universidad de Castilla-La Mancha, 2005, ISBN: 84-8476-239-4.
- VIAINDUSTRIAL: *Medidor de humedad de suelo equipo TDR-300, [en línea]*, viaindustrial.com, 2020, Disponible en: <https://www.viaindustrial.com/pp/>.
- ZAMORA-HERRERA, E.; DUARTE-DÍAZ, C.; CUN-GONZÁLEZ, R.; PÉREZ-HERNÁNDEZ, R.; LEÓN-FUNDORA, M.: “Coeficientes de cultivos (Kc) en Cuba”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(3): 16-22, 2014, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.

Dania Rodríguez Correa, MSc., Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey, Cuba,

e-mail: daniarc1975@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0475-5868>

Camilo Bonet Pérez Dr.C., Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey, Cuba,

e-mail: camilobp51@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2782-964X>

Bárbara Mola Fines MSc., Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey, Cuba,

e-mail: Barbaramola35@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9547-0376>

Pedro A. Guerrero Posada MSc., Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey, Cuba,

e-mail: esp.principal.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0235-9327>

Conceptualization: D. Data curation: D. Rodríguez, C. Bonet. Formal Analysis: D. Rodríguez, C. Bonet, B. Mola. Investigation: D. Rodríguez, C. Bonet, B. Mola, P. Guerrero. Methodology: D. Rodríguez, C. Bonet. Supervision: D. Rodríguez, C. Bonet. Validation: D. Rodríguez, C. Bonet. Visualization: D. Rodríguez, C. Bonet, B. Mola, P. Guerrero. Writing - original draf: D. Rodríguez, C. Bonet. Writing - review & editing: C. Bonet, P. Guerrero.

The authors of this work declare no conflict of interests.

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher

This article is under license [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)