

RIEGO Y DRENAJE

ARTÍCULO ORIGINAL



<http://opn.to/a/TiC4Z>

Evaluación económica de la respuesta del cultivo de la piña (*Ananascomosus L. Merr*) al riego

Economic evaluation of the irrigation practice in pineapple cultivation (Ananascomosus L. Merr)

Dr.C. Camilo Bonet Pérez¹, MSc. Pedro Guerrero Posada, MSc. Dania Rodríguez Correa, Téc. Gerónimo Avilés Martínez
MSc. Bárbara Mola Fines

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

RESUMEN. La necesidad de aplicación de riego al cultivo de la piña en condiciones tropicales ha sido cuestionada debido a las características fisiológicas y morfológicas que condicionan baja evapotranspiración y resistencia a la sequía, motivo por el cual durante muchos años no se incluyó dentro de la agrotecnia del cultivo a pesar de la experiencia internacional; con el objetivo de valorar económicamente la respuesta del cultivo a diferentes niveles de aseguramiento de agua se realiza un estudio que toma como referencia los resultados obtenidos en relación a la respuesta al riego en la provincia Ciego de Ávila con el cultivar Española roja; para lo cual se determina la rentabilidad y el tiempo de recuperación de la inversión. Los resultados indican que los mayores beneficios económicos se obtienen cuando se garantiza el 100% de las necesidades hídricas del cultivo, en tanto el riego limitado refleja resultados favorables en relación al cultivo sin riego

Palabras clave: necesidades hídricas, rendimiento, calidad, inversión, gastos.

ABSTRACT. The necessity of the irrigation application to pineapple cultivation under tropical conditions has been questioned due to the physiologic and morphological characteristics that condition low evapotranspiration and resistance to the drought, due to that reason during many years this practice was not included inside the technical norms of the cultivation in spite of the international experience; with the objective of valuing the answer economically from the cultivation to different levels of insurance of water, it is carried out a study that takes like reference the results obtained in relation to the answer to the irrigation in the Ciego de Ávila with the Red Spanish cultivating, for that is determined the profitability and the time of recovery of the investment. The results indicate that the biggest economic benefits are obtained when 100% of the hidrics necessities of the cultivation is guaranteed, as long as the limited irrigation reflective favorable results in relation to the cultivation without irrigation.

Keywords: necessities of water, yield, quality, investment, expenses.

INTRODUCCIÓN

Es conocido que las características morfológicas y fisiológicas del cultivo de la piña le permiten bajo las condiciones climáticas características de Cuba garantizar determinados niveles de producción sin el empleo del riego o con la aplicación de niveles limitados de agua.

Los principales países productores de esta fruta utilizan

el riego como vía para suplir el déficit de humedad cuando las lluvias no son suficientes o están mal repartidas, lo cual es característico de las zonas tropicales y sub tropicales en las que se concentra la producción.

En Cuba durante muchos años la actividad de riego no estuvo contemplada en los programas de producción de este cultivo,

¹Autor para correspondencia: Camilo Bonet Pérez, e-mail: esp.riego.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

Recibido: 24/02/2019.

Aprobado: 06/12/2019.

en estudios realizados durante la década del 80 se demostró que a pesar de su alta resistencia a la sequía responde positivamente al riego según Bonet *et al.* (2015) y Bonet (2016); de estos resultados se derivaron las posteriores inversiones en tecnología de riego en las grandes áreas dedicadas a su producción en la provincia Ciego de Ávila.

A partir de ese momento el riego se ha aplicado en las plantaciones de piña de esta provincia de forma inestable empleando diversas tecnologías.

Según estudio realizado con el cultivar Española Roja en Ciego de Ávila por Bonet (2016), se demostró que la evapotranspiración del cultivo fue menor de 3 mm d⁻¹, alcanzando el máximo valor durante la etapa fisiológica de floración y desarrollo del fruto.

El efecto del agua sobre el cultivo se refleja no solo en el desarrollo de la plantación sino también en el rendimiento del cultivo según Bonet y Guerrero (2012); obteniendo una alta relación del rendimiento con la evapotranspiración y el agua aplicada por riego (Bonet *et al.*, 2010, 2014).

A pesar de estos resultados, en diversos escenarios se ha mantenido el criterio de que dada la baja evapotranspiración del cultivo de la piña y su alta resistencia a la sequía, no se justifica económicamente la aplicación del riego; durante el estudio del efecto del agua en el rendimiento del cultivo quedó demostrada la relación existente entre ambos parámetros, interesa entonces valorar los criterios económicos sobre la producción de piña con diferentes alternativas de manejo del agua de riego e incluso sin empleo del riego aprovechando las características climáticas de Cuba que garantizan un nivel medio de precipitaciones superior a los 1200 mm anuales. El objetivo de este trabajo es valorar el efecto económico del riego en el cultivo de la piña.

MÉTODOS

Con vistas a tener un criterio económico sobre la factibilidad del riego en este cultivo se determinan la rentabilidad y el tiempo de recuperación de la inversión, se comparan diferentes variantes de manejo del agua, incluyendo la producción en condiciones de secano, para ello se utiliza la información de partida disponible respecto al agua consumida y la producción obtenida durante la fase experimental de estudio de la ETc de la piña en la provincia Ciego de Ávila (Bonet, 2016). La evaluación se realiza según los criterios de Baca (1993) citado por Brown (2000).

Para la realización de los cálculos se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$Cr = Csr + Ci + Co + Cm + Ca \quad (1)$$

$$Bb = Re \times Pe \quad (2)$$

$$In = Bb - CT \quad (3)$$

$$CT = Cr + Cc \quad (4)$$

$$TRI = \frac{CT}{In} \quad (5)$$

$$RF = \frac{UNDI}{I} \quad (6)$$

$$RI = \frac{UNDI}{(I+Cr)} \quad (7)$$

$$UNDI = (Bb - Cr) - [(Bb - Cr) \times Iu] \quad (8)$$

$$\frac{B}{C} = \frac{Bb}{Cr} \quad (9)$$

donde:

Cr-Costo del riego (\$/ha);

Csr-Costo del sistema de riego (\$/ha);

Ci-Costo de instalación del sistema de riego (\$/ha);

Co-Costo de operación del sistema de riego (\$/ha);

Cm-Costo de mantenimiento del sistema de riego (\$/ha);

Ca-Costo de amortización del sistema de riego (\$/ha);

Bb-Beneficio bruto marginal (\$ ha⁻¹);

Re-Rendimiento esperado (t/ha);

Pe-Precio esperado (\$/t);

In-Ingreso neto anual (\$ ha⁻¹);

CT-Costo total anual (\$ ha⁻¹);

Cc-Costo de producción anual del cultivo sin riego (\$ ha⁻¹);

TRI-Tiempo de recuperación de la inversión (años);

RF-Rentabilidad financiera;

UNDI-Utilidades netas después de impuestos (\$ ha⁻¹);

I-Inversión inicial (\$ ha⁻¹);

RI-Rendimiento de la inversión;

Iu-Impuesto sobre utilidades (%);

B/C-Relación beneficio costo.

Se utilizó como información base los resultados sobre el rendimiento del cultivo ante diferentes condiciones de aseguramiento de agua, así como su composición por calidades según la norma NC 7726:12 (2012), obtenidos en condiciones experimentales (Bonet, 2016). En las Tablas 1 y 2 se reflejan los resultados.

TABLA 1. Rendimiento en áreas de riego

Variante	Nivel de aseguramiento de agua de riego (%)	Rendimiento Potencial (t ha ⁻¹)
80% Wmax	100	92,0
70% Wmax	65	82,8
Sin riego	0	64,4

TABLA 2. Composición de la producción por categoría de calidad durante la fase experimental de estudio de la ETc de la piña en la provincia Ciego de Ávila

Tratamiento	Categoría (%)		
	1ª.	2ª.	3ª.
80% CC	82	16	2
70% CC	79	17	4
Secano	70	22	8

Para el cálculo del costo total del riego se dispone de la siguiente información:

- Costos de producción, calculados para tres ciclos de producción considerando que los aspectos referidos a la semilla y la siembra sólo se efectúan al inicio del proceso productivo
- Costo del sistema de riego (IAgric, 2009a, 2009b).
- Costos de instalación (trazado, excavación, montaje, prueba hidráulica y rehinchó).

- Costos de operación, determinados a partir del régimen de riego calculado para los suelos predominantes en las áreas de piña en la provincia.
- Eficiencia del sistema de riego: 80%
- Intensidad de lluvia del sistema de riego por aspersión empleado: 5,0 mm·h⁻¹
- Tarifa de cobro de electricidad y costo del agua (Cuba-Ministerio de Finanzas y Precios, 2012).

Con el precio de venta establecido para las distintas categorías según la Gaceta Oficial de la República de Cuba (2016), se calcula el precio esperado de la producción y considerando el rendimiento potencial según Bonet (2016), se obtiene el valor de la producción.

Los cálculos han sido elaborados en base a una programación de riego para un año medio en las condiciones de la provincia Ciego de Ávila.

Para el desarrollo del trabajo se utilizan los siguientes Software: Microsoft Office Word 2007, Microsoft Office Excel 2007, Corel Graphics Suite 11, Map Info Professional 9.0 y Auto CAD 2007, así como el programa estadístico Visor SPSS (11.5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se refleja el Beneficio bruto marginal en diferentes alternativas de manejo del riego.

TABLA 3. Beneficio bruto obtenido en diferentes alternativas de manejo del agua

Variante	Rendimiento esperado (t ha ⁻¹)	Precio esperado (\$ t ⁻¹)	Beneficio bruto marginal (\$ ha ⁻¹)
80% W máx.	92,0	2738,15	251 910,00
70% W máx.	82,8	2703,50	223 849,80
Sin riego	64,4	2615,40	168 431,76

Con la información disponible se determinó el número de horas de riego durante los tres ciclos, con lo cual se calcularon los gastos por el consumo de agua, electricidad y salarios. Considerando las características del sistema de riego y las normas del Minag (2006), se asumió el periodo de vida útil, con lo cual resultan índices de 6,7% para la amortización y del 1% para el mantenimiento respectivamente (Tabla 4).

TABLA 4. Costos totales (\$ ha⁻¹) en diferentes alternativas de manejo del agua

Detalles	80% W max	70% W max	Sin riego
Costo de producción sin riego	33 624,50	33 624,50	33 624,50
Costo del sistema de riego	6974,31	6974,31	-
Costos de instalación	300,00	300,00	-
Costos de operación	6671,28	5125,95	-
Costos de mantenimiento	244,09	244,09	-
Costos de amortización	1611,06	1611,06	-
Costos Totales	49 425,24	47 879,91	33 624,50

La Figura 1 refleja el ingreso neto resultante de la aplicación del riego. Se observa que al garantizar la máxima demanda hídrica del cultivo durante todo su ciclo se obtiene el mayor beneficio económico lo cual está dado tanto por el incremento de los rendimientos como por una mejor composición de calidades, sin embargo, la aplicación del riego limitado e incluso la producción en condiciones de secano produce también resultados satisfactorios, resultado que se justifica por la capacidad de este cultivo de resistir períodos de sequía y su baja evapotranspiración, así como por las condiciones climáticas del país que garantizan un alto régimen de precipitaciones durante varios meses del año (Bonet y Guerrero, 2016).

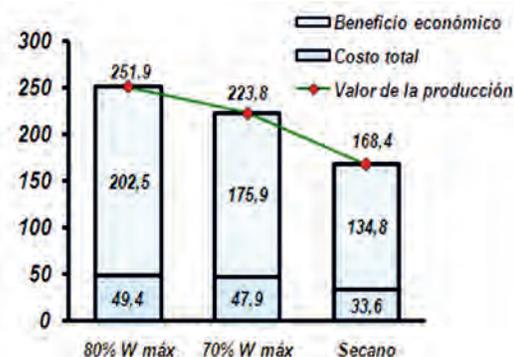


FIGURA 1. Ingreso neto en diferentes alternativas de manejo del agua (\$ ha⁻¹).

Estos resultados indican que en un ciclo del cultivo (3 cosechas) se recupera la inversión de riego, con los valores más favorables en la variante de total satisfacción de la demanda hídrica del cultivo.

Al comparar los criterios de manejo del agua se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 5.

TABLA 5. Comparación económica en variantes de manejo del agua en el cultivo de la piña

Parámetro	Manejo del agua		Diferencia
	80% CC	70% CC	
Utilidades netas después de impuestos (\$ ha ⁻¹)	50 621,19	43 992, 47	6628,72
Relación beneficio - costo	5,10	4,67	0,43
Rentabilidad financiera	7,26	6,31	0,95
Rendimiento de la inversión	1,02	0,92	0,10

Para la determinación del impuesto sobre utilidades se utilizó un índice de 0,75 (ONAT (Oficina Nacional Administración Tributaria), 2012). Los resultados confirman la efectividad económica de la respuesta del cultivo al riego; en las dos alternativas de manejo del agua los resultados son satisfactorios, pero se observa que al garantizar la máxima demanda hídrica del cultivo durante todo su ciclo se obtiene el mayor beneficio económico.

Estos resultados se reflejan en una mayor productividad del agua, reflejo de la efectiva relación agua rendimiento en este cultivo, resultado que coincide con otros cultivos estudiados en las condiciones de Cuba según (González *et al.*, 2013), sin embargo, la aplicación del riego limitado e incluso la producción en condiciones de secano produce también resultados satisfactorios, resultado que se justifica por la capacidad de este cultivo de resistir períodos de sequía y su baja evapotranspiración según Segura (2008), así como por las condiciones climáticas del país que garantizan un alto régimen de precipitaciones durante varios meses del año.

El número de riegos calculado para la garantía de la demanda de agua de la piña en los tres ciclos osciló entre 89 y 95 para los tres tipos de suelos predominantes en las áreas dedicadas al cultivo (Figura 2).

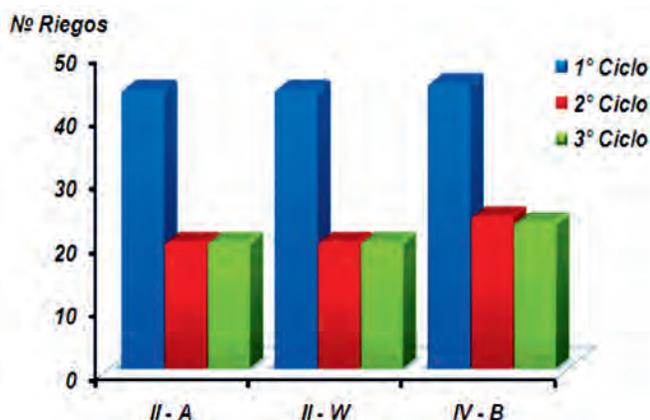


FIGURA 2. Número de riegos aplicados al cultivo durante los tres ciclos. IIA. Suelo Ferralítico Rojo Típico; II W. Suelo Ferralítico Rojo Compactado; IV B. Suelo Ferralítico Amarillento Concrecionario

Con el valor medio de una serie de 20 años de precipitaciones en las áreas de estudio se calculó la lluvia aprovechable, obteniéndose un valor anual de 725,6 mm, lo cual justifica el criterio

de su utilización para la evaluación de las necesidades de riego en el cultivo de la piña; esto confirma las posibilidades de este cultivo de garantizar determinados niveles de producción aún en condiciones de sequía si se logra un manejo adecuado del agua según Bonet *et al.* (2013); en este sentido tiene especial significación el tratamiento a las plántulas de piña obtenidas mediante reproducción *in vitro*, por cuanto se ha demostrado que mediante una efectiva preparación durante la fase de aclimatización, las plantas logran adaptarse mejor a condiciones de sequía una vez trasladadas a plantación (Rodríguez *et al.*, 2016a, 2016b).

Reportes presentados por los autores Bonet *et al.* (2014), manifiestan la eficiencia de uso del agua de este cultivo, lo cual unido a los resultados de la evaluación económica permiten diagnosticar variantes de manejo del riego en condiciones de limitaciones en el suministro de agua como las que se pueden pronosticar para el futuro por los efectos esperados del cambio climático según Planos, 2014 y Duarte *et al.*, 2017), en la medida en que el año sea más seco mayor será la diferencia entre un régimen de riego óptimo y un riego limitado.

Debe considerarse además el beneficio económico adicional que representa para el productor nacional el hecho de que la disponibilidad de sistemas de riego le permite, aprovechando la compatibilidad del clima con las exigencias del cultivo, efectuar siembras durante todo el año sin depender de la lluvia.

Los resultados justifican la aplicación de una programación de riego deficitario controlado en el cultivo de la piña a partir de: Garantizar la máxima demanda del cultivo durante las etapas de establecimiento, floración y formación del fruto.

Durante las etapas de desarrollo vegetativo y cosecha puede adecuarse la programación del riego, procurando mantener el balance de humedad sobre el 70% CC, para lo cual debe hacerse una utilización eficiente de la lluvia.

Una práctica recomendable durante el riego de la piña es la utilización del mulch con vistas a reducir los índices de evaporación desde la superficie del suelo.

CONCLUSIONES

- El riego de la piña en las condiciones de la provincia Ciego de Ávila resulta económicamente apropiado, obteniendo los mejores resultados cuando se garantiza el 100% de la demanda hídrica del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONET, C.: *El riego de la piña. Resumen de investigaciones realizadas en Cuba*, Ed. Académica Española, Madrid, España, 2016, ISBN: 978-3-8417-5155-3.
- BONET, P.C.; ACEA, L.I.; BROWN, M.O.; HERNÁNDEZ, V.M.; DUARTE, D.C.: "Coeficientes de cultivo para la programación del riego de la piña", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3): 23-27, 2010, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- BONET, P.C.; AJETE, G.M.; GUERRERO, P.P.; GONZÁLEZ, R.F.; HERNÁNDEZ, C.G.: "Efecto del agua sobre el rendimiento en el cultivo de la piña", *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(4): 8-13, 2014, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- BONET, P.C.; GUERRERO, P.P.: "Evapotranspiración de la piña (*Ananas comosus L. Merr*)", *Revista Ingeniería Agrícola*, 2(2): 12-17, 2012, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- BONET, P.C.; GUERRERO, P.P.: "Operación de sistemas de riego por aspersión en el cultivo de la piña", *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(3): 26-32, 2016, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- BONET, P.C.; GUERRERO, P.P.; RODRÍGUEZ, C.D.; HERNÁNDEZ, L.; RODRÍGUEZ, R.P.: "Régimen de riego de la piña en la provincia Ciego de Ávila", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(4): 16-24, 2015, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.

- Revista Ingeniería Agrícola, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol. 10, No. 1 (enero-febrero-marzo, pp. 3-7), 2020
- BONET, P.C.; RODRÍGUEZ, D.C.; GUERRERO, P.P.; HERNÁNDEZ, L.J.; RODRÍGUEZ, R.P.: “Manejo del riego en condiciones de sequía. Estudio de caso”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 3(1): 17-21, 2013, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- BROWN, M.O.: *Mejoramiento del diseño y manejo del riego por surcos con flujo continuo e intermitente en suelos ferralíticos, mediante la utilización de un modelo matemático simplificado*, Universidad de Ciego de Ávila, PhD. Thesis, Ciego de Ávila, Cuba, 2000.
- CUBA-MINISTERIO DE FINANZAS Y PRECIOS: *Resolución No. 421/2012. Tarifa de cobro del agua*, Inst. Ministerio de Finanzas y Precios, La Habana, Cuba, 2012.
- DUARTE, D.C.E.; HERRERA, P.J.; ZAMORA, H.E.: “Predicción de las normas netas de riego a futuro en el pronóstico de riego”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(3): 3-10, 2017, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE CUBA: “Cuba-Ministerio de Finanzas y Precios. Resolución No. 157/2016. Precios máximos de acopio para productos agrícolas en el campo o almacén del productor”, *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, La Habana, Cuba, 2016, ISSN: 0864-0793, e-ISSN: 1862-7511.
- GONZÁLEZ, R.F.; HERRERA, P.J.; LÓPEZ, S.T.; CID, L.G.: “Funciones agua rendimiento para 14 cultivos agrícolas en condiciones del sur de La Habana”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(3): 5-11, 2013, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- IAGRIC: *Proyecto de riego por aspersión estacionario de 1 ha*, Inst. Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana, Cuba, 2009a.
- IAGRIC: *Proyecto de riego por aspersión semi-estacionario de 1 ha*, Inst. Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana, Cuba, 2009b.
- MINAG: *Vida útil, valor residual y costos de mantenimiento de componentes de sistemas de riego*, Inst. Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana, Cuba, 2006.
- NC 7726: 12: *Normas cubanas de calidad para la cosecha de la piña*, Inst. Comité Estatal de Normalización (CEN), La Habana, Cuba, Vig de 2012.
- ONAT (OFICINA NACIONAL ADMINISTRACIÓN TRIBUTARIA): *Impuesto sobre utilidades. Ley 113 del Sistema Tributario. Decreto No. 308 de las normas y procedimientos tributarios*, Inst. Oficina Nacional Administración Tributaria (ONAT), La Habana, Cuba, 2012.
- PLANOS, G.E.: *Síntesis informativa sobre impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*, Ed. Editorial Agencia de Medio Ambiente (AMA), La Habana, Cuba, 26 p., 2014, ISBN: 978-959-300-044-4.
- RODRÍGUEZ, E.R.C.; LORENTE, G.Y.; RODRÍGUEZ, C.I.D.; LÓPEZ, D.; IZQUIERDO, R.E.; PÉREZ, B.L.S.; GUERRERO, P.P.; ARAGÓN, C.E.; BONET, P.C.; GARZA, G.Y.; RODRÍGUEZ, R.; PODESTÁ, F.E.; GONZÁLEZ, O.J.: “Hardening of “MD-2” Micropropagated Pineapple Plants to Improve the Acclimatization-field Transition. Newsletter of the Pineapple Working Group”, *International Society for Horticultural Science*, 23, 2016a, ISSN: 0567-7572.
- RODRÍGUEZ, E.R.C.; RODRÍGUEZ, C.I.D.; LORENTE, G.Y.; LÓPEZ, D.; IZQUIERDO, R.E.; PÉREZ, B.L.S.; BONET, P.C.; GARZA, G.Y.; ARAGÓN, C.E.; PODESTÁ, F.E.; RODRÍGUEZ, R.; GONZÁLEZ, O.J.: “Efecto del déficit hídrico sobre cambios morfo-fisiológicos y bioquímicos en plantas micropropagadas de piña MD-2 en la etapa final de aclimatización”, *Cultivos Tropicales*, 37(Especial): 64-73, 2016b, ISSN: 1819-4087.
- SEGURA, P.: “El agua para riego en regiones semiáridas. Déficit, infradotación, eficiencia y productividad. Una aproximación”, En: *Riego Deficitario Controlado. Fundamentos y Aplicaciones*, Ed. Mundi Prensa, Madrid, España, 188pp, 2008, ISBN: 84-7114-590-1.

Camilo Bonet Pérez, Investigador Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey, Cuba, e-mail: esp.riego.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

Pedro Guerrero Posada, Investigador, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey, Cuba, e-mail: esp.riego.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

Dania Rodríguez Correa, Investigadora, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey, Cuba, e-mail: esp.riego.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

Gerónimo Avilés Martínez, Técnico, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey, Cuba, e-mail: esp.riego.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

Bárbara Mola Fines, Investigadora, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey, Cuba, e-mail: esp.riego.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

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

Este artículo se encuentra bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

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.