

## RIEGO Y DRENAJE

### ARTÍCULO ORIGINAL

# Operación de sistemas de riego por aspersión en el cultivo de la piña

## *Operation of sprinkler irrigation systems in pineapple crop*

Dr.C. Camilo Bonet Pérez, M.Sc. Pedro A. Guerrero Posada

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

**RESUMEN.** Con vistas a valorar la posibilidad del empleo de los sistemas de riego por aspersión estacionarios y semi estacionarios de 1,03 ha diseñados por el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (Agric) como alternativa para el riego del cultivo de la piña, se realizan evaluaciones encaminadas a comprobar la operatividad práctica de ambos sistemas de riego en las condiciones particulares de este cultivo, así como las posibilidades de satisfacer las necesidades hídricas calculadas en las condiciones edafoclimáticas predominantes en la provincia de Ciego de Ávila. Los resultados indican que tanto desde el punto de vista operacional como respecto a la satisfacción de las necesidades hídricas, los sistemas evaluados pueden responder positivamente a los requerimientos del cultivo de la piña. Se recomienda el empleo de la siembra paralela a la conductora y trochas en las posiciones de los laterales de 1,20 m en los sistemas estacionarios y 1,80 m en los sistemas semi estacionarios, así como altura del emisor de 0,40 m durante los primeros meses de establecimiento del cultivo y de 0,70 m en las etapas posteriores.

**Palabras clave:** Operatividad, productividad, evaluación, calidad, aspersión de baja intensidad

**ABSTRACT.** With a view to valuing the possibility of the employment of the stationary and semi stationary sprinkler irrigation systems of 1,03 ha, which has been designed for the IAgric like alternative for the irrigation of pineapple crop, there are carried out evaluations guided to check the practical operability of both irrigation systems under the peculiar conditions of this cultivation, as well as the possibilities to satisfy the hidrics necessities calculated under the edaphoclimatic conditions predominant in Ciego de Ávila province. The results indicate from the operational point of view as well as regarding the satisfaction of the hidrics necessities, the evaluated systems can respond positively to the requirements of pineapple crop. It is recommended the plantation parallel to the principal line of the system and trails in the positions of the lateral of 1,20 m wide in the stationary systems and 1,80 m wide in the semi stationary systems, as well as height of the sprinkler of 0,40 m during the first months of establishment of the cultivation and of 0,70 m later.

**Keywords:** Operability, productivity, evaluation, quality, aspersion of low intensity

## INTRODUCCIÓN

Como parte del programa de impulso a la producción de alimentos en el país se han diseñado y construido sistemas de riego por aspersión de 1,03 ha, en dos versiones, estacionarios y semi estacionarios. Estos sistemas tienen la característica de ser básicamente de producción nacional, lo cual puede garantizar un adecuado nivel de explotación a partir de la reposición de los elementos que se requieran, factor que ha constituido un aspecto limitante en el nivel de aprovechamiento de nuestros sistemas de riego.

Actualmente la provincia Ciego de Ávila enfrenta un

amplio programa dirigido al rescate de la producción de piña, lo cual según es un anhelo de los avileños por ser la fruta que identifica al territorio. Dicha estrategia incluye la introducción de cultivares más productivos (MD-2), la utilización de la micro propagación y la diversificación de las áreas productivas en el sector cooperativo y campesino (Rodríguez *et al.*, 2009a).

Dentro de la estrategia para la recuperación de la producción de piña se ha dado un gran impulso en el mundo al desarrollo de pequeñas áreas en el sector cooperativo y campesino (Caraballo y Chaurán, 2009), por lo cual el empleo de pequeños

sistemas riego por aspersión se ha valorado como una posible alternativa, sin embargo, las características particulares de este cultivo, sobre todo en las áreas de producción del cultivar Española Roja predominante en nuestro país y el cual se caracteriza por la presencia de espinas que dificultan el trabajo del hombre dentro del área, requiere de una evaluación que permita definir la factibilidad del empleo de estos sistemas de riego (Rodríguez *et al.*, 2009b).

El empleo del riego en este cultivo se hace particularmente importante a partir del incremento de las condiciones de sequía por efecto del cambio climático que nos ha venido afectando (Ricardo *et al.*, 2015). Por lo anterior se hace necesario efectuar una evaluación técnica de ambos sistemas en las condiciones de operación dirigida a los siguientes objetivos:

- Valorar la factibilidad de la operación de los sistemas de riego por aspersión de 1,03 ha diseñados por el IAgric en las condiciones del cultivo de la piña.
- Determinar la posibilidad de garantizar la demanda hídrica del cultivo de la piña a través del uso de los sistemas de riego por aspersión de 1,03 ha en las condiciones predominantes en la provincia Ciego de Ávila

## MÉTODOS

Se estudian dos sistemas de riego por aspersión de 1,03 ha para el cultivo de la piña, los han sido diseñados por el IAgric y están conformados básicamente por componentes de producción nacional. Para la evaluación se utilizaron sistemas de riego semi estacionario y estacionario instalados en áreas de la provincia Ciego de Ávila (Bonet y Guerrero, 2016).

El sistema semi estacionario consta de una conductora principal de polietileno baja densidad (PEBD) Ø 63 mm (40 m.c.a.) con tres hidrantes, dos laterales de polietileno alta densidad (PEAD) Ø 50 mm con cuatro aspersores NAANDAN 5022 de dos boquillas (3,0 y 1,7 mm) y ángulos de salida de 18° y 23° respectivamente en cada lateral. El sistema estacionario consta de una conductora principal de PEBD Ø 50 mm (40 m.c.a.) con nueve nudos de montaje, de cada uno de los cuales parten dos laterales de PEAD Ø 32 mm; en cada lateral se instalan 4 aspersores tipo Mankad con boquilla de 3,5 mm y ángulo de salida de 25°. La Tabla 1 resume las características de los sistemas de riego.

**TABLA 1. Parámetros de diseño de los sistemas de riego**

Datos de diseño	U.M.	Sistema de riego	
		Semi Estacionario	Estacionario
Número de emisores	U	8	72
Gasto del emisor	L h <sup>-1</sup>	900	740
Espaciamiento entre emisores	m	12	12
Espaciamiento entre laterales	m	12	12
Presión de trabajo en el emisor	m.c.a.	25	25

En la Tabla 2 se presentan las propiedades hidrofísicas del suelo.

**TABLA 2. Propiedades hidrofísicas**

	Capacidad de campo (% b.s.s.)	Densidad aparente del suelo (g cm <sup>-3</sup> )
0 - 10	30,75	1,34
10 - 20	30,50	1,34
20 - 30	30,00	1,34

Fuente: Bonet *et al.* (2015).

Para la evaluación de los sistemas de riego en las condiciones de este cultivo se siembra 1 ha de piña en cada uno de los sistemas y se realizan evaluaciones y observaciones referidas a:

1. Efecto de la orientación de la siembra. Se utilizan dos esquemas de siembra, perpendicular y paralelo al lateral (Figura 1), y se realizan observaciones sobre la factibilidad del trabajo del regador en ambas condiciones y en distintas etapas de desarrollo del cultivo.
2. Relación del ancho de trocha con el trabajo del regador y la altura del cultivo en distintas etapas de desarrollo. Se evalúan los anchos de 1,20; 1,80 y 2,40 m en cada uno de los esquemas de siembra utilizados, y se realizan observaciones sobre la factibilidad del trabajo del regador en distintas etapas de desarrollo del cultivo.
3. Altura del emisor adecuada a las exigencias del cultivo. Se evalúa el emisor a la altura original del sistema de riego (1,00 m), así como a la altura de 0,40 m, con vistas a tener otros criterios de la influencia de la altura en la calidad del riego.
4. Relación de la intensidad de lluvia en las condiciones de explotación de los sistemas con la velocidad de infiltración de los suelos utilizados.

Compatibilidad del sistema de riego con los parámetros agronómicos determinados para la programación del riego. Se determina la factibilidad de ambos sistemas de riego de satisfacer los requerimientos del cultivo en cuanto a normas y frecuencias de riego en cada una de las etapas de desarrollo fisiológico sobre la base de la

5. Evapotranspiración del cultivo (ETc) calculada y las condiciones de suelo presentes (Allen *et al.*, 2006), para ello se realizaron evaluaciones destinadas a comprobar la factibilidad del sistema de riego de garantizar los parámetros calculados para la pro-

gramación del riego; previamente se seleccionó una unidad productiva representativa de cada uno de los tres tipos de suelos predominantes y se calcularon los indicadores de operación de los dos sistemas de riego evaluados en la etapa de máxima demanda del cultivo, en la cual durante el primer ciclo se obtuvo experimentalmente una  $ET_c$  de  $3,20 \text{ mm d}^{-1}$  (Bonet *et al.*, 2010)

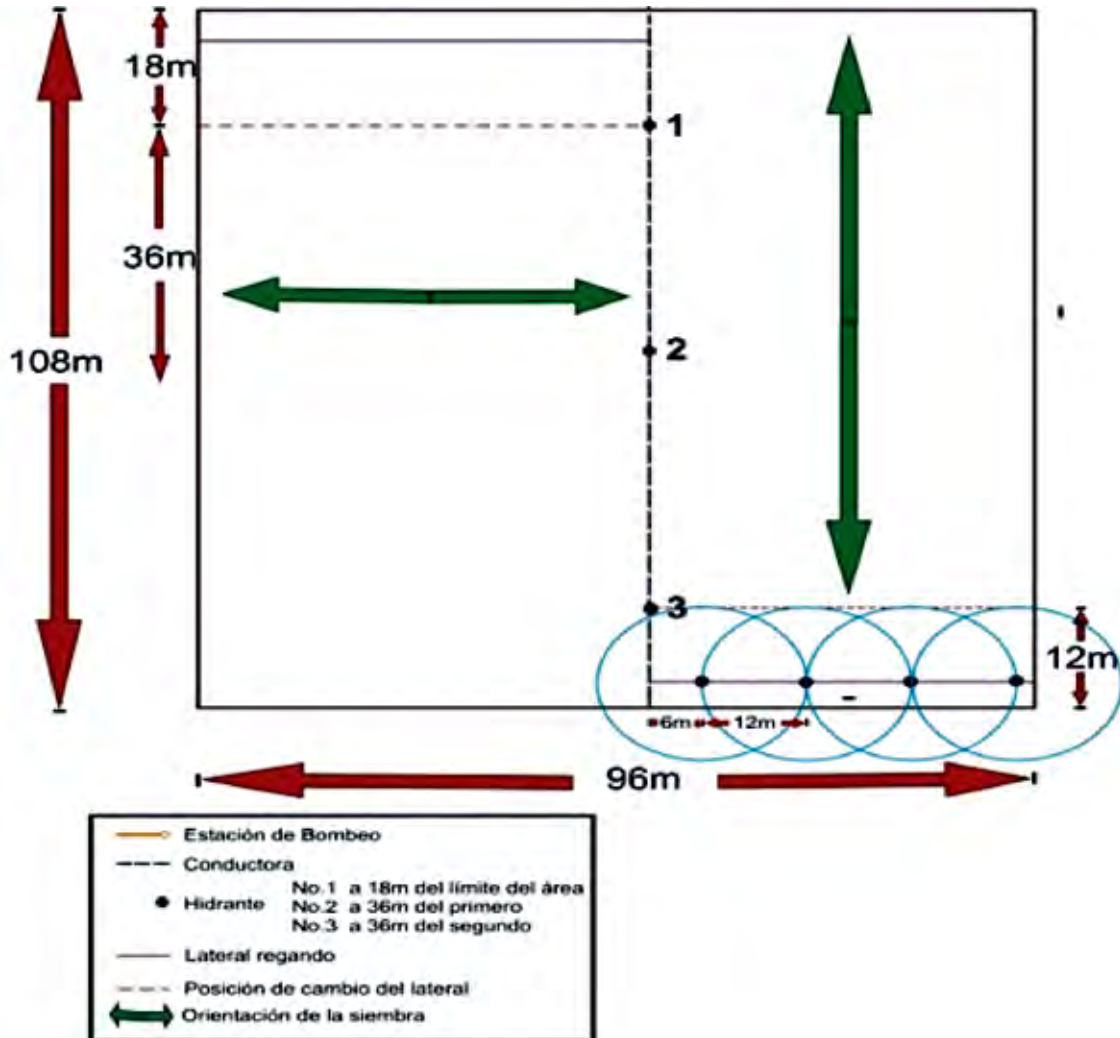


FIGURA 1. Orientación de la siembra.

6. Validación de los resultados: se realiza el riego a partir de:

- Determinación del nivel de humedad en el suelo mediante lectura diaria del tensiómetro instalado en el área, para lo cual previamente se obtiene mediante prueba de campo la curva que relaciona la tensión con la humedad presente en el suelo del área experimental.
- Realizar muestreos gravimétricos de comprobación cada 10 días.
- Lectura de la lluvia en pluviómetro estándar instalado en el área.
- Determinación del tiempo de riego a partir de la  $ET_c$  obtenida durante la etapa experimental y las características del sistema de riego previamente evaluado.
- Control de la Evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ) en tiempo real, obtenida del Instituto de Meteorología (INSMET).
- Cálculo del balance de humedad y a partir del mismo de la  $ET_c$  y los Coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) en tiempo real, los que se comparan con los obtenidos durante la etapa experimental de estudio de la  $ET_c$  (Bonet *et al.*, 2010).
- Comprobaciones sobre la operatividad del sistema de riego y la calidad del riego en las condiciones previamente sugeridas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Orientación de la siembra.** Respecto a la orientación de la siembra, en el sistema de riego semi estacionario resultó más apropiada la siembra paralela a la dirección de la conductora en la cual el traslado de la tubería se realiza por los surcos entre

hileras de plantas, para lo cual es necesario realizar la poda de la plantación a ambos lados de los surcos seleccionados cuando el desarrollo del cultivo lo requiere; al utilizar la siembra paralela al lateral el regador debe realizar el traslado de la tubería

saliendo hasta la guardarraya central, lo cual implica mayor trabajo y menor productividad. En el sistema estacionario este aspecto no tiene significación por no requerirse el traslado de la tubería lateral.

**Ancho de trocha.** El mayor ancho de trocha incrementa la facilidad para el trabajo del regador pero al mismo tiempo incrementa las pérdidas de producción por menor área productiva. La Tabla 3 muestra la afectación al rendimiento como consecuencia del ancho de trocha utilizado.

**TABLA 3. Afectación al rendimiento de acuerdo al ancho de trocha utilizado para la operación del sistema de riego**

Ancho de trocha (m)	Número de plantas (plantas ha <sup>-1</sup> )	Afectación a la producción (%)
1,20	3 348	10
1,80	5 022	15
2,40	6 696	20

En los sistemas estacionarios puede emplearse el ancho de trocha de 1,20 m sin afectación a la operación del sistema de riego. En los sistemas semi estacionarios, al utilizar el ancho de 1,20 m el trabajo del regador se hace prácticamente im-

sible a partir de los 6 meses de sembrado el cultivo, además, en determinados periodos de desarrollo del cultivo se produce intercepción del chorro por el follaje; el ancho de trocha de 2,40 m resulta adecuado para el trabajo del regador, sin embargo provoca una gran pérdida de plantas con una afectación significativa a la producción. Los mejores resultados desde el punto de vista operacional, técnico y económico se obtienen con la trocha de 1,80 m, la cual permite el trabajo del regador y garantiza la distribución de la lluvia sin intercepción del follaje.

La efectividad del riego está íntimamente relacionada con su efecto sobre el rendimiento (Doorenbos y Kassam, 1998). Asumiendo el rendimiento de 102,20 t ha<sup>-1</sup> que se obtuvo en el tratamiento regado con un régimen de riego óptimo durante el estudio de la respuesta del cultivo al riego (Bonet *et al.*, 2012), un ancho de trocha de 1,80 m representaría una afectación de 15,33 t ha<sup>-1</sup> en los tres ciclos.

**Altura del emisor.** La Figura 2 indica que en ambos sistemas la altura del emisor de 0,40 m puede ser utilizada hasta que el cultivo alcanza aproximadamente 70 cm de altura, luego puede emplearse la altura de 0,70 m con la cual se lograría una calidad del riego superior a la obtenida con el emisor situado a 1,00 m de altura.

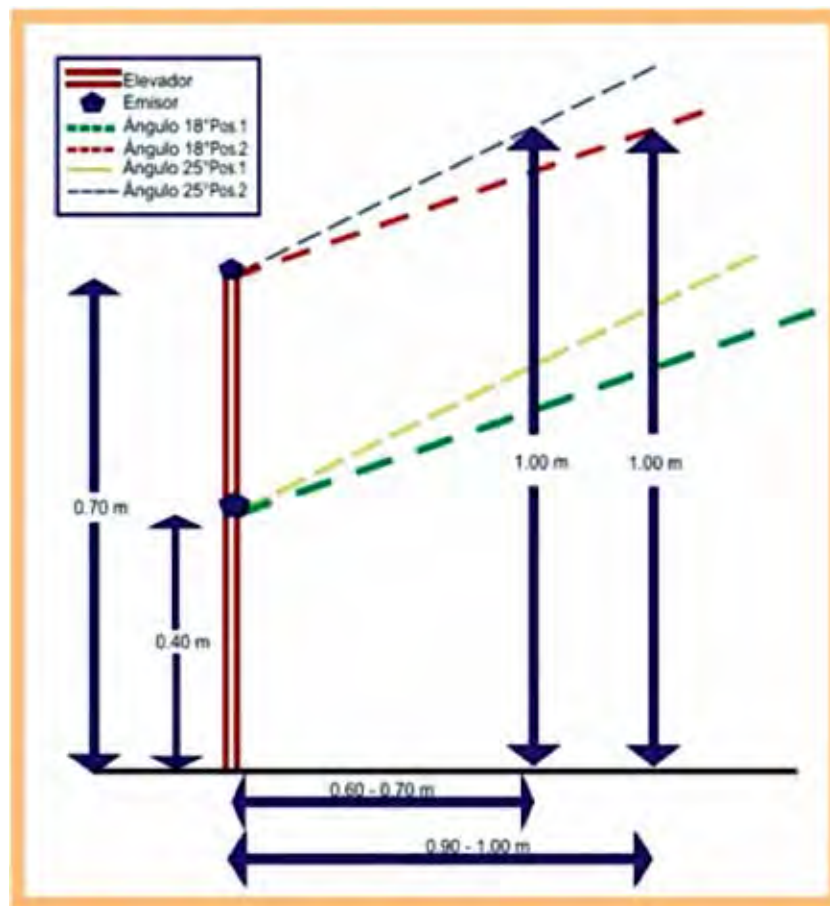


FIGURA 2. Posición del chorro respecto a la altura del emisor, el ángulo de salida y la altura del cultivo

**Intensidad de lluvia.** La valoración de la intensidad de lluvia en relación a la velocidad de infiltración del suelo es vital para lograr una adecuada calidad del riego en sistemas de riego aéreo (Tarjuelo, 2005; Santos Pereira *et al.*, 2010). La intensidad de lluvia considerada (4,25 y 5,00 mm h<sup>-1</sup>), en los sistemas estacionario y semi estacionario respectivamente corresponde a los valores obtenidos a partir del aforo de los emisores (Bonet *et al.*, 2016) y no a los valores teóricos; la mayoría de los suelos utilizados en la producción

de piña en la provincia de Ciego de Ávila (Ferralítico Rojo típico y Ferralítico Rojo compactado) poseen características apropiadas para los sistemas de riego diseñados, no obstante, debe manejarse con cuidado el riego en las áreas enclavadas sobre suelo Ferralítico Amarillento concrecionario, en las cuales la velocidad de infiltración, aunque mayor que la intensidad de lluvia que aplican estos sistemas en los diseños propuestos, es relativamente baja, pudiendo en determinadas condiciones provocar escurrimiento superficial y baja calidad del riego.

**Compatibilidad del sistema de riego con los parámetros agronómicos de programación determinados.** La valoración

de la productividad del agua es una tendencia actual en la evaluación de la eficiencia del riego (Segura, 2008; González *et al.*, 2015; Cisneros *et al.*, 2015). Las necesidades hídricas del cultivo de la piña están muy relacionadas con su fisiología, alcanzando altos valores de eficiencia de uso del agua según reportes de San José *et al.* (2007).

En un estudio sobre el régimen de riego del cultivo de la piña en la provincia Ciego de Ávila (Bonet *et al.*, 2015) se determinaron las normas y frecuencias de riego por etapas de desarrollo para cada uno de los suelos predominantes. Las normas totales se corresponden con los reportes de Duarte *et al.* (2015).

**TABLA 4. Resumen de parámetros de programación del riego**

Período de desarrollo vegetativo	Suelo IIA			Suelo IIW			Suelo IV B		
	Norma de riego (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Frecuencia de riego(días)		Norma de riego (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Frecuencia de riego(días)		Norma de riego (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Frecuencia de riego(días)	
		1 <sup>er</sup> Cic.	2 <sup>o</sup> y 3 <sup>er</sup> Cic.		1 <sup>er</sup> Cic.	2 <sup>o</sup> y 3 <sup>er</sup> Cic.		1 <sup>er</sup> Cic.	2 <sup>o</sup> y 3 <sup>er</sup> Cic.
Establecimiento	74	5-6	-	76	5-6	-	67	5-6	-
Crec. vegetativo	111	6	-	114	6	-	101	6	-
Floración	150	7-10	7-10	152	7-10	7-10	135	7	7-10
Des. del fruto	150	6-7	7-10	152	6-7	7-10	135	6-7	6-7
Cosecha	150	-	-	152	-	-	135	-	-

En la Tabla 5 se presentan los resultados de las evaluaciones para comprobar la factibilidad de los sistemas de riego de dar respuesta a las necesidades del cultivo.

**TABLA 5. Indicadores de operación de sistemas de riego**

Indicador	Unidad de medida	Tipo de suelo		
		IIA	IIW	IV B
<b>A. Sistema de riego semi estacionario</b>				
Norma de riego neta	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	166	130	134
Norma de riego bruta	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	221	173	179
Tiempo de riego por posición	Horas	4,40	3,46	3,58
Tiempo de cambio	Horas	0,25	0,25	0,25
Número de posiciones de riego diarias	Uno	2,1	2,7	2,6
Tiempo necesario para regar toda el área	Días	4,3	3,3	3,5
Intervalo de riego	Días	5	4	4
<b>B. Sistema de riego estacionario</b>				
Norma de riego neta	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	166	130	134
Norma de riego bruta	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	221	173	179
Tiempo de riego por posición	Horas	5,20	4,07	4,21
Número de posiciones de riego diarias	Uno	1,9	2,5	2,3
Tiempo necesario para regar toda el área	Días	4,7	3,6	3,9
Intervalo de riego	Días	5	4	4

Nota: IIA. Ferralítico rojo típico IIW. Ferralítico rojo compactado IVB. Ferralítico amarillento concrecionario

Se ha comprobado que los dos sistemas de riego por aspersión de 1,03 ha evaluados permiten garantizar los parámetros de programación del riego determinados para el cultivo de la piña, así como niveles de calidad del riego satisfactorios, por tanto, la definición sobre la conveniencia de utilizar uno u

otro debe basarse en un criterio económico.

**Validación de resultados.** La validación de los resultados experimentales resulta imprescindible durante la evaluación de las tecnologías de riego (Esseat, 2005). Se utilizó una parcela de 1 ha sobre suelo Ferralítico rojo com-

pactado en áreas experimentales de la Universidad de Ciego de Ávila; previamente se determinó la curva de tensión de humedad del suelo.

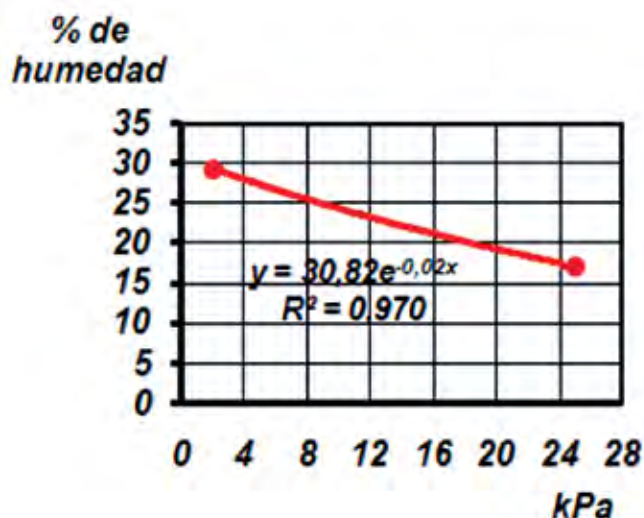


FIGURA 3. Relación entre la tensión y el nivel de humedad.

Se ejecutó el riego para un nivel de 16 kPa correspondiente al 80% CC. Los resultados confirman la confiabilidad de los parámetros calculados sobre la ETc y los Kc para la programación del riego. Estos indicadores reflejan que ambos sistemas pueden teóricamente garantizar el régimen de riego previsto, lo cual quedó comprobado en la práctica mediante las observaciones de tensión y los muestreos gravimétricos de humedad, así como la comprobación de la profundidad de humedecimiento después del riego realizada en el área experimental con un sistema de riego semi estacionario (Tabla 6).

TABLA 6. Comprobaciones de humedad y profundidad humedecida después del riego

Muestreo N <sup>o</sup> .	Valores de tensión (kPa)	Humedad determinada mediante muestreo (% CC)	Profundidad humedecida (m)	
1	8	102	98	0,23
2	10	96	96	0,19
3	11	91	95	0,17
4	9	100	97	0,18
5	11	91	94	0,17
6	10	96	97	0,19
7	9	100	98	0,20
8	9	100	99	0,22
9	10	96	93	0,28
10	11	91	94	0,17
Media	9,8	96,3	96,1	0,20

## CONCLUSIONES

- El sistema de siembra más apropiado para facilitar la operación del sistema de riego semi estacionario es con los surcos paralelos a la conductora; en el caso del sistema de riego estacionario este aspecto no es relevante.
- La operación de estos sistemas para el riego de la piña se hace efectiva con trochas de 1,20 m en el sistema estacionario y de 1,80 m en el sistema semi estacionario, utilizando elevadores de 0,40 m durante los primeros meses del cultivo y de 0,70 m posteriormente.
- Ambos sistemas tienen posibilidades prácticas de garantizar los requerimientos hídricos del cultivo de la piña

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.; L. PEREIRA; D. RAES y M. SMITH: *Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio FAO Riego y Drenaje 56, Ed. FAO, ISBN-92-5-304219-2, Roma, 2006.
- BONET, C.; I. ACEA; O. BROWN; M. HERNÁNDEZ y C. DUARTE: “Coeficiente de cultivo para la programación del riego en el cultivo de la piña”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 19(3): 23-27, 2010.
- BONET, C.; M. AJETE; P. GUERRERO; F. GONZÁLEZ y G. HERNÁNDEZ: “Efecto del agua en el rendimiento del cultivo de la piña”, *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 4(4): 8-13, 2014.
- BONET, C.; P. GUERRERO; D. RODRÍGUEZ; J. HERNÁNDEZ y P. RODRÍGUEZ: “Régimen de riego del cultivo de la piña en la provincia Ciego de Ávila”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 24(4): 16-24, 2015.
- BONET, C. y P. GUERRERO: “Análisis de la calidad de riego de dos sistemas por aspersión de producción nacional” *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 6(1): 14-18, 2016.
- CARABALLO, L. y O. CHAURÁN: “Comportamiento de la piña Cayena Lisa en condiciones de sabana”, *Agricultura Andina*, ISSN: 1315-3919, 12(2): 2009.
- CISNEROS, E.; F. GONZÁLEZ; R. MARTÍNEZ; T. LÓPEZ; R. REY: “Respuesta productiva del cafeto al manejo del riego. Función agua rendimiento”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 24(4): 5-11, 2015.
- DUARTE, C.; E. ZAMORA; J. HERRERA; T. LÓPEZ y F. GONZÁLEZ: “Nuevas normas netas de riego para los cultivos agrícolas en Cuba” *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 5(4): 46-51, 2015.
- DOORENBOS, J. y A. H. KASSAM: *Yield response to water*, 193pp., Irrigation and Drainage, Paper 33, Food and Agriculture Organization of the United Nations, ISBN 92-5-300744-3, Rome, 1998.
- ESSEAT, F.: “Centro virtual para agua en la agricultura”. Ed. FAO, Roma, *Revista GRID*, ISSN 1021-268 X, 23: 17-18, 2005.
- GONZÁLEZ, F.; T. LÓPEZ; J. HERRERA: “Indicadores de productividad del agua por cultivos y técnicas de riego en Cuba”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 24(4): 57-63, 2015.
- RICARDO, M.; M. MÉNDEZ; C. BONET; E. SIERRA y V. CUTIÉ. Evaluación de la eficiencia de la captación de agua de lluvia en casas de cultivos. *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 5(4): 3-9 2015.

- RODRÍGUEZ, D.; A. FARRÉS; G. PLACERES; G. PEÑA, R. FORNARIS y P. MULÉN: “Manejo del cultivo de la piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cv. Española Roja, en Cuba”, *CITRIFRUT*, ISSN: 1607-5072, 29(2): 2009a.
- RODRÍGUEZ, D.; S. JARDINES; A. FARRÉS, G. PLACERES, G. PEÑA y R. FORNARIS: “Las fincas integrales de frutales en Cuba”, *CITRIFRUT*, ISSN: 1607-5072, 29(1): 2009b.
- SAN JOSÉ, J.; N. NIKONOVA and R. MONTES: “Diurnal patterns of carbón dioxide, water vapour, and energy fluxes in pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr. cv. Red Spanish) field using Eddy covariance”, *Photosynthetica*, ISSN: 0300-3604 45: 370-384, 2007.
- SEGURA, P.: *El agua para riego en regiones semiáridas. Déficit, infradotación, eficiencia y productividad. Una aproximación*, pp. 15-41, En: Riego Deficitario Controlado. Fundamentos y Aplicaciones, 188pp., Ed. Mundi Prensa. ISBN 84-7114-590-1, España, 2008.
- TARJUELO, J.: El riego por aspersión y su tecnología, 492pp., Ed. Ediciones Mundi Prensa, 3a edición, ISBN: 84-8476-225-4, Madrid, Barcelona, México, 2005.
- SANTOS PEREIRA, L.; J. VALERO; M. PICORNELL y J.M. TARJUELO: *El Riego y sus Tecnologías*, CREA-UCLM (1ra edición en castellano), ISBN: 13:978-84-692-9979-1, España, 2010.

**Recibido:** 13/10/2015.

**Aprobado:** 15/06/2016.

Camilo Bonet Pérez, Investigador Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2½, Reparto Abel Santamaria, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléfono: (53) (32) 291926Ext. 163, Correo electrónico: [esp.iagric@cmg.minag.cu](mailto:esp.iagric@cmg.minag.cu)

Pedro A. Guerrero Posada, Correo electrónico: [esp.iagric@cmg.minag.cu](mailto:esp.iagric@cmg.minag.cu)

Nota: 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.



**Instituto de Investigaciones  
de Ingeniería Agrícola**



### **DATOS DE LOCALIZACIÓN DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA AGRÍCOLA (IAgric)**

#### ***Sede Boyeros:***

Dirección General y Económica. Dirección: Carretera de Fontanar, km 2½, Reparto Abel Santamaria, Boyeros, La Habana, Cuba. E-mail: [IAgricdireccion@minag.cu](mailto:IAgricdireccion@minag.cu); [direccion.general@iagric.cu](mailto:direccion.general@iagric.cu) Teléfonos: (53) (7) 645-1731; 645-1353.

#### ***Sede Arroyo Naranjo:***

Direcciones Científica y de Desarrollo Institucional, Unidad de Producciones Tecnológicas y Comercial. Dirección: Avenida Camilo Cienfuegos y Calle 27, Municipio Arroyo Naranjo, Apartado Postal 6090, Habana 6, Cuba. E-mail: [directoradjunta@iagric.cu](mailto:directoradjunta@iagric.cu) Teléfonos: (53) (7) 691 2533/ 691 2665 Telefax: (53) (7) 691 7595/ 691 1038.