

ARTÍCULO ORIGINAL

Respuesta económica del cultivo de banano al riego por goteo subterráneo

Economical response of banana cropping to subsurface drip irrigation

Dr.C. Roberto Martínez Varona, Dr.C. Manuel Reinaldo Rodríguez García

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

RESUMEN. El riego localizado superficial de alta frecuencia ha demostrado ser una técnica conveniente para el cultivo del banano, por las bajas tensiones de humedad que permite mantener en el suelo y la productividad agrícola que se obtiene como consecuencia. Sin embargo la inducción que provoca en esta especie a mantener un sistema radical superficial, afecta significativamente los rendimientos ante la ocurrencia de fuertes vientos por desarraigo de un alto porcentaje de plantas. El riego por goteo subterráneo podría ser una alternativa tecnológica que minimice este daño, disminuyendo las pérdidas económicas que se producen por esta causa. Con el objetivo de definir la influencia de esta tecnología sobre la profundidad de enraizamiento y su efecto económico, se ensayaron a escala experimental cuatro posiciones de colocación del lateral de riego; superficial, soterrados a 0,15 m, a 0,30 m y a 0,45 m. de profundidad, seleccionándose como la más promisorio la variante de 0,30 m, donde se obtuvo el sistema radical más profundo (89,7% de la masa total a 70 cm), lo mayores rendimientos (entre 44,52–52,18 t/ha) y las mayores relaciones B/C (2,42), beneficios generados con relación al capital gastado a largo plazo (5,96), al costo del riego (0,98), así como las mayores utilidades netas (23726.89 pesos/ha).

Palabras clave: Profundización del bulbo húmedo, desarrollo radical, economía del riego

ABSTRACT. High frequency surface localized irrigation has shown to be a convenient technique for banana cropping due to low moisture tensions obtained, which allows to keep soil productivity. However, the induction caused by surface root system result in negative effects on yields due to strong winds in a high percent of plants. Drip subsurface irrigation would be a diminishing technological alternative to face this situation. Aimed at defining the performance of this technology on rooting depth and its economical effect, four experiment position of the irrigation lateral were trialed: surface, buried to, 15 m, 0,30 m, 0,45 m, selecting as the best one 0,3 m, because of root system was the deepest one (89,7% of total root mass at 70 cm deep) the highest yields (44,52 -52,18 t/ha) and the major relation B/C (2,42), benefits obtained in relation to expenses at long term (5,96), to irrigation cost (0,98), as well as the biggest net profits (23726.89 pesos/ha).

Keywords: humid bulb depth, root development, irrigation economy.

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa Sp*) es una planta herbácea que por sus características fisiológicas y fenológicas requiere lugares donde predominen zonas húmedas y cálidas, lo que limita su producción a las regiones tropicales y subtropicales, con temperaturas medias entre 20–35 °C, alta humedad relativa, alta insolación, suficiente luminosidad y buen aprovisionamiento de agua (Guzmán, 2010)¹.

Sus reservas hídricas, aunque grandes, pueden ser consumidas en pocas horas de transpiración normal, lo que obliga a la planta a equilibrar constantemente las pérdidas de agua a través de un sistema de raíces superficial y poco eficiente, por lo que el banano requiere un suministro de agua abundante y frecuente durante todo su ciclo de desarrollo (Coelho *et al.*, 2001)².

¹ GUZMÁN, S.M.: "Evaluación de la productividad del agua en el cultivo del banano (*Musa AAA Simmonds*) para la zona de Santa Marta por medio de la variación de tres coeficientes de cultivo (kc)". Trabajo de Grado presentado para optar por el título de Magíster en Ingeniería Agrícola. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad nacional de Colombia, Bogotá, 2010

² COELHO, E.F.; S.L. OLIVEIRA; E.L. COSTA: Irrigação da bananeira. In: Simpósio Norte Mineiro sobre a Cultura da Banana, 1., 2001, Nova Porteirinha. Anais. Montes Claros: Unimontes: 91-101, 2001.

El Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) ha demostrado ser por múltiples investigaciones realizadas, tanto en Cuba, (Martínez y Puig, 1999a), como internacionalmente, (Ferreira y Borges, 2003), un método de riego adecuado para este cultivo por su particularidad de lograr mantener en el suelo altos potenciales hídricos, en forma localizada, algo que beneficia a esta especie.

Sin embargo, de acuerdo con trabajos realizados por Martínez y Puig (1999b) en áreas de producción, el riego localizado de alta frecuencia con emplazamiento superficial (goteo, microaspersión y miniaspersión) utilizado tradicionalmente en Cuba, induce un desarrollo superficial del sistema radical del banano, el cual produce grandes pérdidas por caída de plantas en desarrollo o con racimos que aún no han alcanzado su valor comercial, afectando de forma relevante la productividad que se puede alcanzar con el uso de estas tecnologías y su impacto económico.

El Riego por goteo subterráneo pudiera ser una alternativa adecuada para minimizar estas pérdidas, por lo que el objetivo del presente trabajo fue conocer la respuesta del sistema radical de esta especie al soterramiento del lateral y su impacto económico, definiendo de paso la profundidad más conveniente de puesta de lateral con esta tecnología.

MÉTODOS

El experimento fue realizado en la Unidad de Desarrollo Científico Técnico del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, enclavada en el municipio de Alquizar, provincia de Artemisa. (Latitud 22°46' N y Longitud 82° 37' W) a seis metros sobre el nivel del mar.

El comportamiento del clima durante el período de investigación se siguió mediante la información recogida en la estación agrometeorológica de la propia finca experimental, situada a 100 m del área, donde se recogieron los resultados de las mediciones de evaporación (Ev), mediante la cual se determinó la ETc (Ev.Kb) y las precipitaciones, cuyos valores medios mensuales oscilaron entre los 53–248 mm/mes y 0–170 mm/mes respectivamente, valores estos que muestran el régimen hídrico deficitario existente en la zona para este cultivo.

El suelo del área está clasificado como Ferralítico Rojo compactado (AGRIFO. Instituto de Suelos, 1999), siendo equivalente a la clasificación de Orthic Ferrasols según FAO/UNESCO (Instituto de Suelos, 1996)³. Las propiedades físicas e hidrofísicas fundamentales para cada capa del perfil del suelo han sido determinadas y actualizadas por Cid (2010)⁴, las cuales son resumidas en la Tabla 1.

TABLA 1. Análisis granulométrico y propiedades hidrofísicas del perfil del suelo

Prof. (m)	Arena %	Arcilla %	limo %	dr kg.m ⁻³	da a θ_{FC} kg.m ⁻³	θ_{FC} m ³ .m ⁻³	θ_{WP} m ³ .m ⁻³	Pt (%)	V _{inf.básica} m.día ⁻¹
0,20	20,9	57,4	21,7	2,55	1,18	0,394	0,280	53,73	4,9
0,40	17,7	61,8	20,5	2,53	1,28	0,431	0,288	49,41	
0,60	28,9	62,8	14,3	2,54	1,20	0,397	0,274	52,76	
0,80	20,3	61,4	18,3	2,48	1,20	0,396	0,285	51,61	
1,00	20,1	61,5	18,4	2,48	1,20	0,396	0,286	51,61	

Nota: dr - densidad real o peso específico del suelo; da a θ_{FC} - densidad volumétrica o aparente del suelo determinada a θ_{FC} ; θ_{FC} - contenido de agua en el suelo correspondiente a la capacidad de campo; θ_{WP} - contenido de agua en el suelo correspondiente al punto de marchitez permanente; Pt - porosidad total del suelo.

El clon utilizado fue el FHIA-18 (*Musa AAAB*), plantado con vitroplantas, en doble hilera y con marco de 2,4 m entre plantas, 2,0 m entre hileras y dejando una calle de 4,0 m cada doble hileras (densidad de 1 389 plantas·ha⁻¹), lo cual dio lugar a un área vital por plantón de 7,2 m²

Se utilizó un sistema de riego por goteo, con emisores autocompensantes, de caudal medio 3,6 L·h⁻¹, dispuestos en franja de humedecimiento continuo y espaciados a 0,6 m, con laterales de PEBD de 16 x 13 mm, dispuestos uno por hilera de plantas. Los laterales superficiales se colocaron al lado de las plantas a una distancia de 0,2 m. En el caso de los laterales soterrados se usó el mismo emplazamiento, pero se enterraron mediante un implemento soterrador de laterales sin abertura previa de zanja, el cual permitió lograr una profundidad uniforme de la tubería a lo largo de toda la hilera de plantas.

Las labores culturales, excepto el riego, fueron realizadas de acuerdo a lo planteado por el Instructivo Técnico del Cultivo del plátano (Minag, 1994)⁵.

Durante el período de investigación, las plantas recibieron el mismo volumen de agua de riego, éste se efectuó de acuerdo con la estrategia de intervalo fijo (cada dos días) y dosis variable en función del coeficiente bioclimático (Kb) expuesto por Martínez (1996)⁶, y la evaporación promedio de los dos días anteriores al riego, obtenida del tanque evaporímetro clase A ubicado en la estación agrometeorológica. La dosis anual de fertilizantes aplicada fue la recomendada por el Instructivo Técnico del Cultivo del plátano (Minag, 1994), realizándose la fertirrigación en los tratamientos de riego con frecuencia

³ INSTITUTO DE SUELOS. MINAG. Correlación de la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, con Clasificaciones Internacionales (SOIL TAXONOMY y FAO-UNESCO) y Clasificaciones Nacionales (2da. Clasificación Genética y Clasificación de Series de Suelos). Publicación Interna. La Habana, 22pp. 1996.

⁴ CID, G.: Propiedades físicas e hidrofísicas de algunos suelos cubanos, Informe parcial del proyecto SIM 16150510 del PNCT Cambios Globales, IAgric, 20pp, 2010.

⁵ MINAG.: Instructivo técnico para el cultivo del plátano. CIDA, 1994.

⁶ MARTÍNEZ, R.: Necesidades de agua para el cultivo del banano en los suelos Ferralíticos Rojos de la región de Alquizar, 102pp., Trabajo de Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Inst. Inv. Riego y Drenaje. 1996.

semanal. En el tratamiento sin riego, la fertilización se ejecutó en cuatro momentos del ciclo del cultivo y con la misma dosis anual que los demás tratamientos.

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques al Azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, las parcelas experimentales estuvieron conformadas por 36 plantas, de las cuales se utilizaron ocho plantas como área de cálculo.

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

T0 - Riego por goteo superficial y fertirrigación.

T15 - Riego por goteo sub superficial a 15 cm de profundidad con fertirrigación.

T30 - Riego por goteo sub superficial a 30 cm de profundidad con fertirrigación.

T45 - Riego por goteo sub superficial a 45 cm de profundidad con fertirrigación.

Como una labor cultural especial se realizaron dos aplicaciones anuales de treflán por el sistema de riego, a razón de 0,25 g-emisor⁻¹ en los tratamientos soterrados, según lo expuesto por Gury (1997), con el objetivo de evitar el taponamiento de los emisores por la entrada de las raíces en su interior.

La cosecha se efectuó antes que los frutos alcanzaran su estado de maduración biológica, pero teniendo en cuenta que los dedos estuvieran lo suficientemente llenos, esta labor se dio por concluida cuando se cosecharon el 100% de las plantas de cálculo, para obtener la masa por racimo y el rendimiento en t·ha⁻¹ en cada ciclo.

Para cumplir el objetivo de este trabajo, durante el transcurso del experimento se realizaron como mediciones y observaciones fundamentales, la distribución de raíces y el rendimiento del cultivo.

Las observaciones para determinar la distribución radical se ejecutaron durante la fase de floración del primer ciclo. Para el estudio se tomaron cuatro plantas de cada tratamiento de riego, una por cada réplica, las cuales se seleccionaron teniendo en cuenta la representatividad de las mismas, con relación al perímetro y altura delseudotallo. La extracción de las raíces del suelo se efectuó siguiendo el método del monolito, según Martínez (1984).

El rendimiento por planta se obtuvo, pesando cada uno de los racimos cosechados del área de cálculo de las cuatro parcelas de cada tratamiento y dividiendo este resultado entre el número de plantas de cálculos del tratamiento, con este valor y el número de plantas que tiene una hectárea plantada con esta densidad (1 389 plantas), se obtuvo el rendimiento estimado de cada tratamiento en toneladas por hectáreas.

Aprovechando la ocurrencia y paso fortuito de fuertes vientos por el área experimental entre 60 km·h⁻¹ y 70 km·h⁻¹, se pudieron evaluar los daños causados por este fenómeno atmosférico en el cultivo.

Con el fin de definir y evaluar económicamente la variante

más promisorio desde el punto de vista económico, se realizó un análisis utilizando como principal indicador la relación beneficio costo (B/C), el cual al decir de Muñoz (2007), constituye un indicador muy útil para recomendar la implementación de un proyecto de inversión sea a largo o corto plazo. De la misma forma fueron calculados y evaluados la rentabilidad financiera (RF) y el rendimiento de la inversión (RI), ambos a partir de las utilidades netas obtenidas después de impuestos (UNDI). El daño económico producido por fuertes vientos, fue calculado a partir de la afectación que tuvo en los ingresos brutos el porcentaje de plantas desarraigadas, lo cual quedó evidenciado en el indicador B/C*.

Para el cálculo de estos indicadores fueron empleadas las siguientes relaciones:

$$UNDI = (Bb - CR) - ((Bb - CR) \times Iu) \quad (1)$$

$$B/C = Bb \times CR^{-1} \quad (2)$$

$$RF = UNDI \times Inv^{-1} \quad (3)$$

$$RI = UNDI \times (Inv + CR)^{-1} \quad (4)$$

donde:

Bb–Beneficio bruto marginal (pesos·ha⁻¹) = Rendimiento agrícola marginal (t·ha⁻¹) x precio unitario del banano (pesos·t⁻¹);
CR–Costo por riego (pesos·ha⁻¹) = Sumatoria de todos los gastos y costos, directos e inducidos (variables y fijos) por el riego;

Iu–Impuestos sobre utilidades (%);

Inv–Inversión inicial (pesos·ha⁻¹) = Sumatoria de todos los costos en que se incurrieron (tangibles e intangibles) durante la fase de pre ejecución de la inversión.

Para la determinación de las partidas diferenciales y los importes obtenidos por la contabilidad durante la fase experimental, se utilizaron las siguientes fuentes:

Impuesto sobre utilidades: 17,5% (Según Ley 113 del Sistema Tributario. Decreto No 308 de las normas y procedimientos tributarios del 31/10/2012)⁷.

Precio unitario del banano 1980 pesos·t⁻¹ (según Resolución No 298/2012 del Ministerio de Finanzas y Precios del 31/08/2012)⁸.

Costos incurridos durante la fase de pre ejecución de la inversión y costos totales de explotación (según sistema de contabilidad de la finca experimental)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de la humedad dentro del bulbo húmedo

La distribución espacial de la humedad del suelo dentro del bulbo húmedo a las 24 horas después de efectuado el riego, es mostrada en la (Figura 1).

⁷ ONAT: Impuesto sobre utilidades. Ley 113 del Sistema Tributario. Decreto No 308 de las normas y procedimientos tributarios. 2012.

⁸ MINISTERIO DE FINANZAS Y PRECIOS.: Precio unitario del banano. Resolución No 298, 2012.

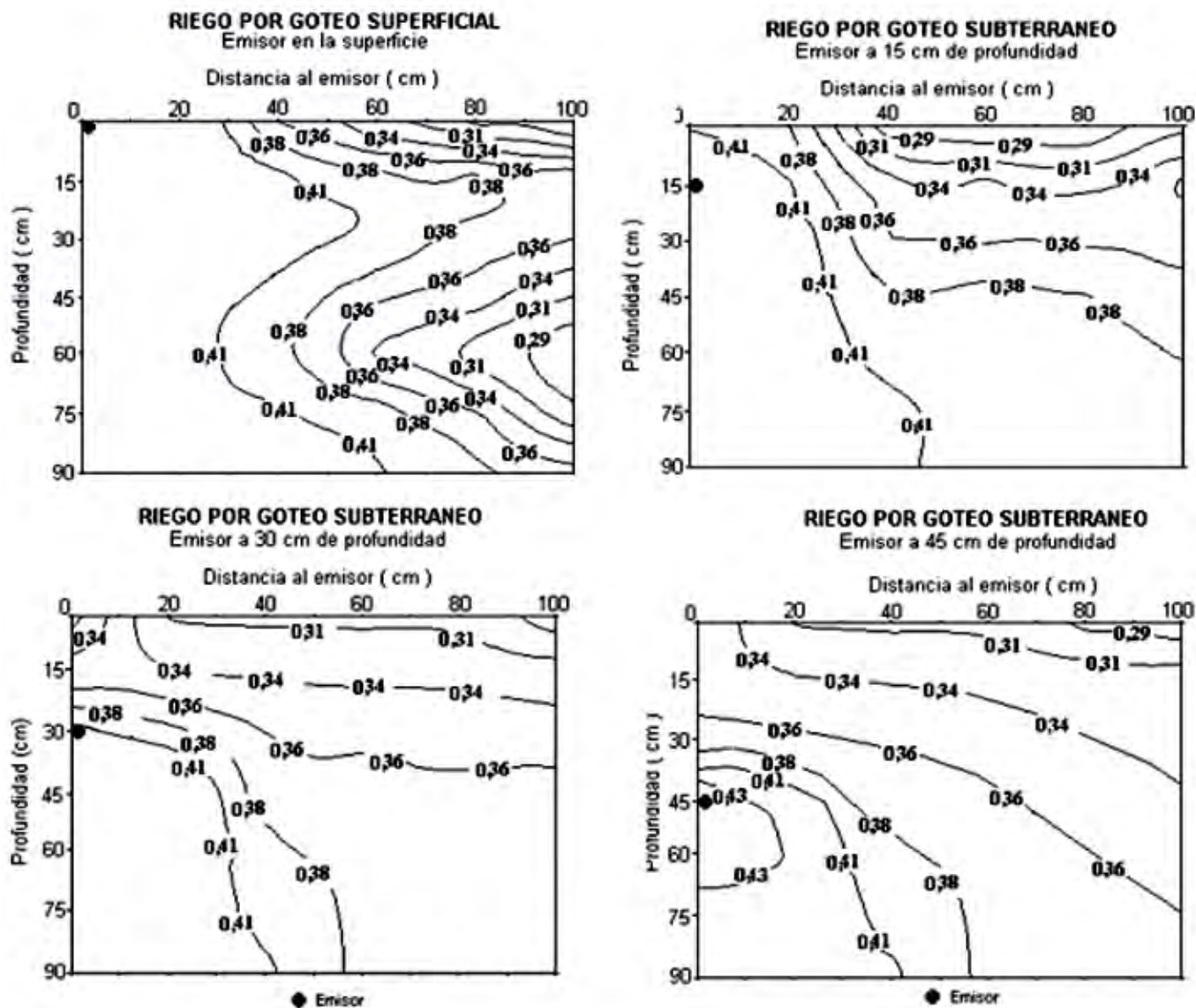


FIGURA 1. Distribución espacial de la humedad del suelo dentro del bulbo.

Como se puede observar en la misma, el riego por goteo superficial produce en los estratos superiores del suelo (hasta 30 cm de profundidad) y en la zona cercana a la planta de banano (entre 30-40 cm de distancia horizontal), donde se localizan la mayor concentración de raíces, una alta humedad volumétrica con valores entre $0,36-0,41 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$, en una amplia zona de suelo dentro del bulbo húmedo, lo cual permite a la planta extraer de estos estratos superficiales el agua y los nutrientes necesarios para su nutrición y procesos fisiológicos, y no necesitar de explorar estratos más profundos.

En los tratamientos subterráneos, comenzando por el lateral colocado a 15 cm de profundidad, se puede observar que debido al poco soterramiento del lateral, el frente húmedo en las proximidades del emisor, se comporta de forma similar al tratamiento superficial en profundidad, aunque no así horizontalmente en la capa superior del suelo hasta la distancia de 30- 40 cm, donde se obtuvieron valores de humedad entre $0,29 - 0,38 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$.

El tratamiento a 30 cm de profundidad, presenta una condición más favorable de humedad en la zona de mayor concentración de raíces del cultivo (hasta los 30 cm de profundidad y 40 cm de distancia delseudotallo) tanto en términos de cantidad de agua como de uniformidad. El contenido de humedad varió en el rango de $0,34 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ (aproximadamente el 83% del límite superior de humedad disponible en el suelo) a $0,41 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ (límite superior de humedad disponible en el suelo), rango óptimo para el desarrollo de los principales cultivos agrícolas.

La distribución de la humedad en el tratamiento a 45 cm de profundidad, ya no fue tan uniforme como el anterior y la ubicación de la humedad a una mayor profundidad pudieran incrementar las pérdidas por percolación profunda. Similares resultados en cuanto a las pérdidas de agua hacia las capas mas profundas del suelo, fueron encontrados por Cote et al. (2003) y Badr (2007) con laterales soterrados a la misma profundidad.

Efecto en la distribución de raíces

En la Tabla 2, se puede observar que en el tratamiento T0 con laterales de goteo superficiales, el 90% en masa de raíces se encontró en los primeros 50 cm profundidad, lo que se corresponde con lo planteado por Martínez (1984), Soto (1992) y Lecompte (2003), los cuales han informado, que en la capa de 0 cm a 40 cm de profundidad se encuentra por lo general el 80% o 90% del volumen total de raíces del banano.

TABLA 2. Distribución porcentual del sistema radical del banano en los diferentes tratamientos

Profundidad (cm)	Distribución vertical T0		Distribución vertical T15		Distribución vertical T30		Distribución vertical T45	
	por capa	acumulado	por capa	acumulado	por capa	acumulado	por capa	acumulado
0 a 10	34,1	34,1	22,6	22,6	17,8	17,8	15,3	15,3
11 a 20	22,4	56,3	37,3	59,9	18,8	36,6	24,3	39,6
21 a 30	14,6	70,9	9,3	69,2	23,0	59,6	15,7	55,3
31 a 40	11,5	82,5	9,0	78,2	10,1	69,7	11,7	67,0
41 a 50	7,6	90,0	6,5	84,7	7,2	76,9	9,5	76,5
51 a 60	4,0	94,0	6,2	90,9	6,7	83,6	7,6	84,1
61 a 70	3,0	97,0	4,9	97,8	6,1	89,7	6,9	91,0
71 a 80	2,4	99,4	2,2	100,0	5,4	95,1	4,8	95,8
81 a 90	0,4	100,0	0,0	-	4,1	99,2	3,0	98,8
91 a 100	0,0	-	0,0	-	0,8	100,0	1,2	100,0

El tratamiento T15, con laterales soterrados a 15 cm, muestra en sus resultados, mayor profundización de su sistema radical, con el 90,9% acumulado en la capa que va desde la superficie a los 51–60 cm.

En el tratamiento T30, el cual presentó una condición favorable de distribución de la humedad dentro del bulbo húmedo tanto en términos de monto como de uniformidad, (Rodríguez et al., 2003) mostró un 89,7% de las raíces en la capa de 0 cm a 70 cm, lo que trajo consigo la exploración por las raíces de estratos más profundos del suelo con la consiguiente mejora en el anclaje de la planta al suelo.

Similar comportamiento presentó el tratamiento T45 con laterales soterrados a 45 cm, cuyos valores muestran que el 91% de las raíces exploran también hasta una profundidad de 70 cm.

Hay que destacar que en todos los tratamientos (excepto T45), el horizonte donde se encuentra colocado el lateral de goteo es donde se alcanza los mayores porcentajes de raíces y mucho más importante, donde se localizan gran número de raicillas con gran cantidad de pelos absorbentes. Resultados similares, aunque en otros cultivos han sido informados por Mmolawa y Or (2000) y Machado et al. (2003).

De igual forma al analizar los datos se puede observar que

para todos los tratamientos más del 50% de las raíces se encontraron localizadas a una distancia de la planta no mayor de 60 cm, aunque hay que destacar que la franja húmeda creada por los laterales de goteo permitió encontrar porcentajes de raíces superiores al 10%, a distancias cercanas a los 100 cm de la planta.

Efecto en la masa del racimo

Los rendimientos por tratamientos en los diferentes ciclos de producción, son presentados en las tablas 3. Como se observa, en los tres ciclos existieron diferencias significativas en la masa del racimo, destacándose el tratamiento T30 que en dos de los ciclos supero al resto, no obstante haber regado con potencial mátrico del suelo cercano a los -25 kPa, lo cual es aceptable según lo señalado por Martínez (1984) y Socarrás y Martínez (1990). Este tratamiento presentó las mejores condiciones de humedad tanto en términos de cantidad como de uniformidad dentro del bulbo húmedo y además las menores pérdidas de agua hacia los estratos inferiores del suelo, manteniendo a disposición de la planta un tenor de humedad en el suelo más favorable que le permite absorber con menor gasto energético el agua y los nutrientes necesarios.

TABLA 3. Componentes del rendimiento en las distintas variantes

Parámetros	Tratamientos				CV (%)	Es ±
	T0	T15	T30	T45		
Durante el primer ciclo de producción						
Masa del Racimo (kg)	29,57b	29,76b	32,08a	31,86b	6,231	0,883
Rendimiento (t·ha ⁻¹)	41,07b	41,34b	44,52a	42,74b	5,469	1,068
Durante el segundo año de producción						
Masa del Racimo (kg)	33,96b	36,01ab	37,22a	36,72a	4,400	0,740
Rendimiento (t·ha ⁻¹)	47,17b	50,01ab	51,70a	51,16a	4,480	1,048
Durante el tercer año de producción						
Masa del Racimo (kg)	35,25b	36,42b	37,57a	35,73b	5,517	1,801
Rendimiento (t·ha ⁻¹)	49,09b	50,59b	52,18a	49,65b	5,503	1,238

Medias con letras distintas, difieren significativamente según prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Efecto de fuertes vientos en la plantación de banano

En la Tabla 4, se expone el resultado de las plantas afectadas por fuertes vientos en el area experimental, comprobándose que las plantas regadas con los tratamientos soterrados donde su sistema radical exploró y ancló a mayor profundidad, sufrieron en mucho menor grado el desarraigo total del suelo, comparado con el tratamiento superficial, lo cual posibilita una recuperación más inmediata del hijo seguidor. Resultados coincidentes son informados por Vargas (2013), quien plantea que vientos con una velocidad mayor a los 50 km·h⁻¹, pueden producir desenraizamiento y doblamiento de la planta de banano causando pérdidas de entre 60% y 100%, además expresa que a nivel mundial se puede estimar una pérdida de cosecha del 20% al 30% por efecto de los vientos.

TABLA 4. Afectaciones producidas por fuertes vientos al área experimental

Índices analizados	Tratamientos				Sig.	Es ±
	T0	T15	T30	T45		
Total de plantas en las cuatro replicas.	984	984	984	984		
Total de plantas desarraigadas del suelo.	111 a	61 b	37 c	24 d	***	0,714
Porcentaje de plantas afectadas (%)	11.28	6.19	3.76	2.43		

Medias con letras distintas, difieren significativamente según prueba de Tukey 5% de probabilidad.

Efecto económico de los tratamientos experimentales

En la Tabla 5, se presentan los resultados obtenidos en los indicadores de rentabilidad económica calculados para los diferentes tratamientos experimentales. Como se puede observar, fue el tratamiento T0 el que en mayores gastos por riego incurrió producto fundamentalmente de mayores gastos en mantenimiento del sistema, importe éste que supero en 24.48% al tratamientos T15 y en un 51,14% a los tratamientos T30 y T45, no obstante estos tratamientos con laterales enterrados haber tenido un gasto adicional de 1 025.0 peso·ha⁻¹ por aplicación de herbicida Treflán. Aun cuando el tratamiento T15 contó con sus laterales soterrados a 15 cm de profundidad, se observa que no fue ésta garantía suficiente de su total protección, por lo que este tratamiento incurrió en gastos de mantenimiento superiores en un 21,42% a los obtenidos en los tratamientos T30 y T45 con laterales más profundamente enterrados. Como resultado de estos gastos y los mayores rendimientos obtenidos se observa en la tabla, que fue el tratamiento T30 el que mayores UNDI

obtuvo con 23 726.89 pesos·ha⁻¹ en los tres ciclos, importe éste que supero en un 42,04% a lo obtenido en el tratamiento T0, con laterales no soterrados. El impacto económico de este tratamiento queda demostrado al analizar los indicadores B/C, RF y RI. En este caso la relación B/C obtenida por el tratamiento T30 muestra que los beneficios obtenidos por él, superaron en un 23,43% al obtenido por el tratamiento T0.

Estas diferencias también fueron destacables al comparar los beneficios generados respecto al capital gastado al largo plazo (RF), el cual fue superior en un 38,28% al obtenido por el tratamiento T0 y respecto al costo total por riego (RI) el cual lo supero en un 46,26%.

El impacto económico producido por el soterramiento de los laterales también queda evidenciado por el menor número de plantas desarraigadas producidas en los diferentes tratamientos por fuertes vientos. En la tabla se muestra que fueron los tratamientos con laterales enterrados a mayor profundidad (T30 y T45), los que menores afectaciones del indicador B/C tuvieron, con solo un 3,8 y 2,44% respectivamente.

Tabla 5. Resultados económicos del área experimental.

Tratam.	Inversion Inicial	Gastos	Ingresos	UNDI	B/C	RF	RI	B/C*	Porcentaje de afectación.
Valores en (peso ·ha ⁻¹)									
T0	3 869,00	20 930,36	41 178,00	16 704,30	1,96	4,31	0,67	1,74	11,25
T15	3 976,00	19 701,13	44 401,00	20 377,39	2,25	5,12	0,86	2,11	6,21
T30	3 976,00	20 165,13	48 925,00	23 726,89	2,42	5,96	0,98	2,33	3,8
T45	3 976,00	19 647,13	45 525,00	21 349,24	2,31	5,36	0,90	2,26	2,44

B/C* Obtenido sobre la base de las afectaciones ocasionadas en los beneficios debido a plantas desarraigadas por fuertes vientos

CONCLUSIONES

- Existe un distribución más uniforme del agua cuando los laterales se soterran a 30 y 45 cm, mostrandose una mayor ocurrencia de valores de humedad volumetrica en el rango de 0.36 y 0.41 cm³.cm⁻³.
- El diferente patrón de mojado de los laterales soterrados a 30 y 45 cm, trae consigo que el 90% de las raíces se localicen en la capa de suelo de 0 a 70 cm de profundidad, con el mayor anclaje del cultivo en el suelo, lo cual propicia que disminuya

el número de plantas desarraigadas en presencia de fuertes vientos, ayudando a garantizar con ello, la obtención de los rendimientos previstos con la tecnología aplicada.

- La profundidad de colocación mas conveniente desde el punto de vista económico es la de 30 cm, con lo cual se obtienen las mayores relaciones B/C (2.42), beneficios generados con relación al capital gastado a largo plazo (5.96), al costo total por riego (0.98) y), asi como las mayores utilidades netas después de impuesto (23726.89 pesos/ha).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRINFOR. INSTITUTO DE SUELOS. MINAG.: Nueva versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Editorial Academia, ISBN: 959-246-022-1, La Habana, 102pp. 1999.
- BADR, M.A.: "Spatial distribution of water and nutrients in root zone under surface and subsurface drip irrigation and Cantaloupe yield". *World Journal of Agriculture Sciences* ISSN: 1817-3047, 3 (6): 747-756, 2007.
- COTE, C.M., K.L. BRISTOW, P.B. CHARLESWORTH, F.J. COOK AND P.J. THORBURN: "Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation". *Irrig. Sci.* ISSN: 0342 - 7188, 22 (3/4): 143-156, 2003.
- GURY, D.: "Teflan Stops root penetration into sub-surface drippers", *International Water Irrigation Review*, ISSN: 0334-5807, 17 (2), 1997.
- LECOMPTE, F., H. OZIER-LAFONTAINE & L. PAGES: "An analysis of growth rates and directions of growth of primary roots of field-grown banana in an andisol at three levels of soil compaction". *Agronomie*, ISSN: 0249 - 5627, (23): 209-218, 2003.
- MACHADO, M.A., M.R. OLIVEIRA., C. A. PORTAS: Tomato root distribution, yield and fruit quality under subsurface drip irrigation, *Plant and Soil*. ISSN: 0032 - 079X, 255: 333-341, 2003
- MARTÍNEZ, R.; 0. PUIG: "Distribución radical del banano con riego localizado de alta frecuencia", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-1010-2760, 8 (2): 53-55, 1999a.
- MARTÍNEZ, R., 0. PUIG: "Importancia de aplicar dosis de riego de acuerdo a la demanda bioclimática en el cultivo del banano con microaspersión", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-1010-2760, 8 (3): 31-34, 1999b.
- MARTÍNEZ, R.: "Distribución del sistema radical del plátano fruta (Musa AAA) clon Cavendish gigante", *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Riego y Drenaje*, ISSN: 0138 - 8487, 7 (2): 61-73, 1984.
- MMOLAWA, K. & D. OR: "Root zone solute dynamics under drip irrigation: A review". *Plant and soil*, ISSN: 0032-079X, 222: 163-190, 2000.
- MUÑOZ, C.: "Comparación económica de dos sistemas de producción de plátano en la zona norte de Costa Rica". *Tecnología en Marcha*, ISSN: 0379 - 3962, Vol.20 (3): 35-45, 2007.
- RODRÍGUEZ, M.R., R. REY., V. TORRALBA, O. SARMIENTO: Comportamiento del patrón de mojado bajo riego por goteo subsuperficial y superficial, 1er Congreso Internacional de Riego y Drenaje. Cuba Riego 2003, ISBN: 959-7164-49-3, Palacio de las Convenciones, La Habana, 2003.
- SOCARRÁS, F.; R. MARTÍNEZ: "Respuesta del plátano vianda CEMSA ¾ (Musa AAB) a diferentes niveles de humedad en el suelo". *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Riego y Drenaje*, ISSN: 0138 - 8487, 13 (1): 33-47, 1990.
- SOTO, M.: *Bananos, cultivo y comercialización*. San José: Litografía e impresos LIL. 1990. ISBN: 997747057X, 9789977470573, 627 p. 1992.
- VARGAS, J.L: *Antecedentes del Banano y/o Platano, [en línea] Disponible en:*
<http://www.monografias.com/trabajos73/antecedentes-banano-platano/antecedentes-banano-platano2.shtml>. [Consulta: 4 de febrero del 2013].

Recibido: 25/06/2014.

Aprobado: 08/01/2015.

Publicado: 15/02/2015.

Roberto Martínez Varona, Ingeniero en Riego y Drenaje. Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, Correo electrónico: dptoambiente2@iagric.cu

