

## **Influencia de diferentes porcentajes de superficies de suelo humedecido sobre la respuesta del banano**

### *Influence of different percentages of surfaces of ground humidified on the Answer of the banana*

**Isabel Durañona Larduet<sup>1</sup>, Manuel Reinaldo Rodríguez García<sup>2</sup>.**

**RESUMEN.** El experimento fue realizado en la Unidad Desarrollo Científico del IAgriC situada en el municipio Alquizar, Provincia Artemisa (Latitud 22°46' N y Longitud 82° 37' W) a seis metros sobre el nivel medio del mar. El mismo tuvo como objetivo determinar el por ciento de superficie a mojar en el cultivo del banano con riego localizado, en un suelo Ferralítico rojo compactado.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, los tratamientos, consistieron en colocar uno y dos laterales de goteo por hileras de planta, y un lateral por el centro de la calle estrecha con microaspersor bailarina y miniaspersores MANKAD, espaciadas a 7x6 m. Los resultados experimentales demuestran la influencia del tamaño de la superficie de suelo humedecida, sobre la producción del banano. El tratamiento que resulto tener mejores resultados productivos en los tres años experimentales con un rendimiento de 113,93 T·ha<sup>-1</sup>, es el de la técnica de micro aspersión, con una superficie humedecida del 78,33 % del marco de plantación.

**Palabras clave:** riego localizado, porcentaje de suelo mojado y rendimientos.

**ABSTRACT.** The experiment was accomplished in the Unit Scientific Development of the IAgriC placed at the Alquizar municipality, Artemisa province (Latitude 22°46' N and Longitud 82 37' W) to six meters on the half-way level of the sea. The same he aimed at determining the percent of surface to wet in the cultivation of the banana with irrigation localized, in a ground red compacted Ferralítico.

The experimental utilized design was the one with blocks to the chance, with four treatments and four repetitions, the treatments, they consisted in placing one two lateral of dripping for rows from the beginning, and one lateral for the center of the narrow street with microaspersor ballerina and mini-sprinklers MANKAD, spaced to 7x6 m. The experimental results demonstrate the influence of the size of the surface of ground humidified, on the production of the banana.

He met than the treatment that prove to be having better productive results in three experimental years with 113,93 t·ha<sup>-1</sup> performance, the one belonging to micro's technique is aspersion, with a surface humidified of the 78,33 % of the frame of plantation.

**Keywords:** Localized irrigation, percentage of wet ground and performances

---

<sup>1</sup> Ing., Ave. Independencia km 1½, Cerro, La Habana, Teléfono: 648-7335, Fax: 648-7122, e-mail: [riego4@enpach.com.cu](mailto:riego4@enpach.com.cu)

<sup>2</sup> M.Sc. Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Telefax 6911038, La Habana, Cuba.

Recibido 21/07/10, aprobado 25/11/11, trabajo 11/11, investigación.

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

## INTRODUCCIÓN

Las regiones tropicales semi-áridas no reciben suficiente precipitación anual para el cultivo rentable del banano, por lo que la consecución del riego se hace imprescindible, (Adám, 1994). Para el caso concreto de Cuba el acumulado anual de precipitaciones suple las demandas evapotranspirativas del banano, pero en la estación seca del año es imprescindible beneficiar este cultivo con la realización del riego. El principal sistema de riego que se utiliza en el mundo para el riego de los frutales es el riego localizado; el mismo se caracteriza por una alta eficiencia en el uso del agua, posibilitando además una mayor precisión en las aplicaciones del agua, fertilizantes y pesticidas bajo adecuadas condiciones de diseño (Pedras & Pereira, 2001; Holzapfel *et al.*, 2001). Para lograr un correcto diseño de un sistema de irrigación según criterios de Rodrigo (1997), es de suma importancia un buen diseño de la instalación y dentro de él, en el diseño agronómico es fundamental la determinación del Porcentaje Mínimo de Superficie de Suelo a Humedecer, pues a partir de este parámetro, se determinan el número de emisores a instalar por plantón, el caudal del sistema, el tiempo de riego y la frecuencia de aplicación de la norma, elementos que redundan en un buen diseño hidráulico de la instalación; y en un correcto y eficiente manejo de su explotación. Black y West (1974) trabajando en manzanos jóvenes obtuvieron una reducción de tan solo el 74% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) al reducir el volumen de suelo mojado a un 25%. En función de este experimento básico, varios investigadores han realizado trabajos a efecto de determinar el porcentaje mínimo de suelo mojado necesario que no afecta los rendimientos de los cultivos. Hernández (1979), evaluó la respuesta del banano (*cv. Dwarf Cavendish*) en las Islas Canarias, al aumentar el número de puntos de emisiones de agua, lo que permitió elaborar niveles de repuesta en término de producción para diversos valores de porcentaje

de superficie de suelo humedecida con relación al marco de plantación. Las respuestas más probables del cultivo se encontraron con porcentaje de superficie de suelo humedecida del orden de 30 a 60%. Actualmente estas investigaciones de respuesta en función al porcentaje de suelo mojado en frutales para clima húmedo y áridos han sido escasa, por lo que este trabajo se fundamenta en la necesidad de realizar estudios de experimentación, a los efectos de generar la información necesaria que permita el correcto diseño y manejo eficiente del riego localizado en las plantaciones bananeras para las condiciones edafoclimáticas de Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en la Finca de la Unidad Desarrollo Científico (UDCT) del IAGric situada en el municipio Alquizar, Provincia Artemisa (Latitud 22°46" N y Longitud 82° 37" W) a seis metros sobre el nivel medio del mar.

El suelo del área en estudio se clasificó como Ferralítico Rojo compactado, siendo equivalente a la clasificación de Orthic Ferrasols. Según (FAO/UNESCO, 1992), citado por Instituto de suelos (1996).

Las principales propiedades hidrofísicas son: velocidad de infiltración promedio de 24 mm/h, capacidad de campo promedio de 34,17% PSS, densidad aparente promedio de 1,20 g/cm<sup>3</sup>, punto de marchites promedio de 22,82% PSS y porosidad promedio de 48,17%.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, las parcelas experimentales estuvieron conformadas por veinte plantas, de las cuales se utilizaron seis plantas como área de cálculo y las demás fueron áreas de bordes (Figura 1).

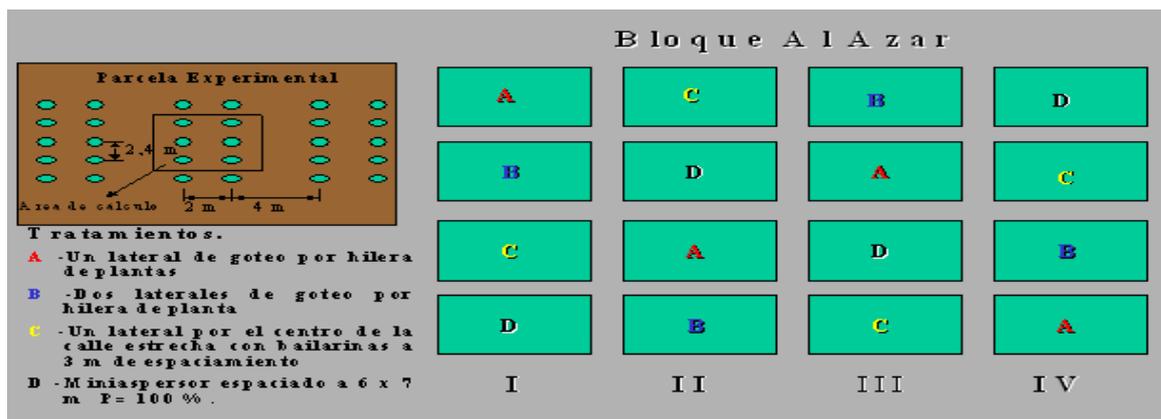


FIGURA 1. Diseño Experimental.

Tratamiento A - Un lateral de goteo por hilera de plantas con emisores espaciados a 60 centímetros, de PEBD Ø 16 x 13 mm, goteros autocomp. de 4l/h; Tratamiento B - Dos laterales de goteo por hilera de plantas con emisores espaciados a 60 centímetros, de PEBD Ø 16 x 13 mm, con goteros autocomp. de 4 L/h; Tratamiento C- Un lateral por el centro de la calle estrecha de 2 m y bailarinas espaciadas a 3 m en el lateral, caudal 30 l/h y radio de alcance de 3 m ; Tratamiento D - Lateral ubicado en el centro de la calle ancha y espaciados a 6,0 m, con miniaspersor MANKAD, de caudal 207 L/h y espaciados a 7 m en el lateral. (Tratamiento testigo).

Durante el periodo de investigación las plantas recibieron el mismo volumen de agua de riego, equivalente al 100% de la ETc, éste se efectuó de acuerdo con la estrategia del intervalo fijo (cada dos días) y dosis variable en función del coeficiente bioclimático (kb) determinado por Martínez (1996), y la evaporación promedio de los dos días anteriores al riego, obtenida del tanque evaporímetro clase A, ubicado en la estación agro meteorológica de la estación experimental.

El potencial mátrico del suelo fue registrado durante todo el periodo de investigación; con el monitoreo diario de baterías de tensiómetros, colocados a las profundidades de 15, 30, 45, y 60 cm de profundidad.

Las áreas realmente humedecidas se determinaron mediante el muestreo gravimétrico, hasta la profundidad de un metro y muestras tomadas cada diez centímetros, el frente húmedo se midió a ambos lados del emisor de riego y de forma perpendicular al lateral de riego, tomando dos

puntos en dirección a la calle estrecha de dos metros, un punto en el centro de la línea de plantas y tres puntos en dirección a la calle ancha de cuatro metros. Todos los puntos estaban separados a una distancia equidistante de cincuenta centímetros. Interpolando las líneas de igual contenido de humedad y utilizando el programa SURFER, se conformaron los frentes de humedad. La delimitación del frente de humedad se efectuó, tomando como límite de la misma la curva de isocontenido de agua en el suelo que representa el 85% del límite superior de humedad disponible del suelo (32% de humedad en base a peso de suelo seco). Estos frentes húmedos, al multiplicarlos por la distancia entre plantas de 2,4 metros y dividirla entre el área vital de una planta de 7,2 m<sup>2</sup> nos dan los por cientos de área humedecida por tratamiento.

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 (1389 plantas), se obtuvo el rendimiento experimental de cada tratamiento en toneladas por hectáreas.

Una vez que se tuvieron los resultados de áreas humedecidas y rendimientos por tratamientos mediante un análisis de correlación regresión se determinaron las ecuaciones matemáticas de mejor ajuste por ciclo de producción; a través de estas funciones matemáticas se construyeron las curvas de repuestas del cultivo a diferentes porcentaje de superficie de suelo húmedo, un análisis de máxima de cada función determinaron

las áreas humedecidas óptimas de cada ciclo productivo.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El análisis para el período de fomento, para todos los tratamientos de riego, presentado en la Figura 2, muestra que el potencial mátrico del suelo se mantuvo alrededor del 80 % de las veces con valores entre 8–12 kPa, o sea, con valores

comprendidos dentro del rango de la humedad fácilmente asimilable por la planta en la capa comprendida entre 0–40 cm de profundidad, la capa de mayor concentración de raíces activas del banano según reporta Martínez (1984). Este favorable estado energético del agua en el suelo, permitió la fácil absorción del agua y los nutrientes por parte de las raíces de la planta y concedió a la misma contar con mayores reservas para sus principales funciones fisiológicas.

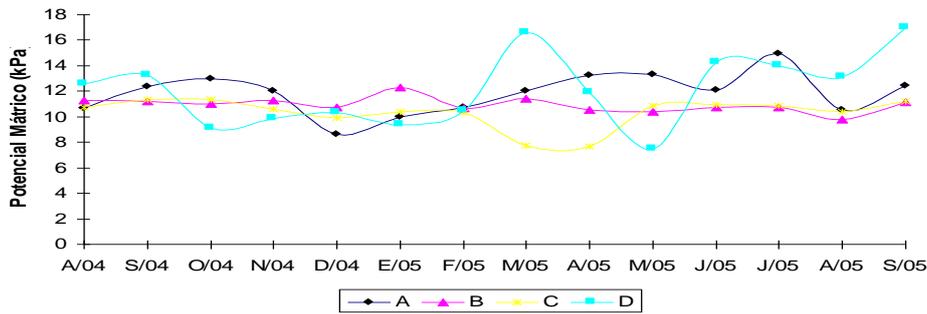


FIGURA 2. Comportamiento del potencial mátrico promedio mensual (medio de la capa 0 a 45 cm), de todos los tratamientos durante la etapa de fomento del cultivo.

En la etapa de producción, la humedad del suelo mantuvo un favorable comportamiento en todo el periodo,

producto de una consecución adecuada del riego y un aprovechamiento eficaz de las precipitaciones (Figura 3).

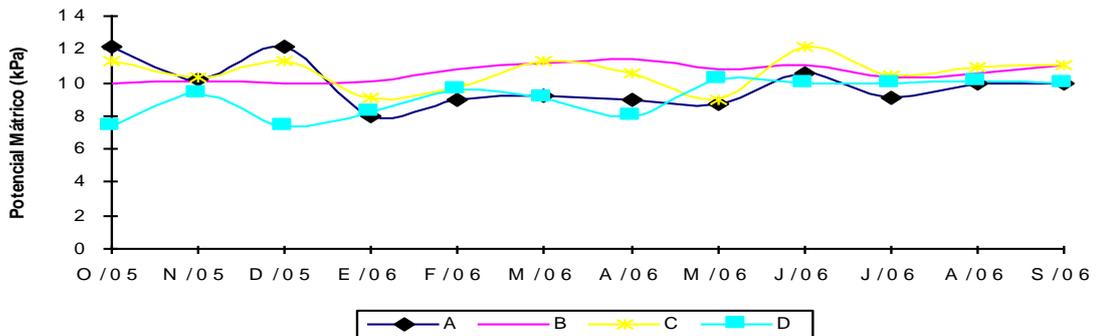


FIGURA 3. Comportamiento del potencial mátrico promedio mensual (medio de la capa 0 a 45 cm de profundidad), de todos los tratamientos durante la etapa de producción del cultivo.

**Comportamiento del área humedecida en los tratamientos**

Las figuras que se presentan a continuación representan la distribución espacial del área humedecida y los frentes de humedad, determinados mediante muestreo gravimétrico del suelo en cada tratamiento experimental. En la figura 4, representa el tratamiento A (una línea de

goteo por hilera de plantas), donde se obtiene un frente húmedo de 1,3 m y un porcentaje de área humedecida de 43%. En la misma, puede observarse la forma elipsoide que adopta el volumen de suelo húmedo y el predominio en este caso del desplazamiento vertical respecto al horizontal del frente de humedad. Prueba inequívoca de que el volumen de agua

suministrado a esa pequeña área humedecida provoca pérdidas de agua por percolación profunda, pues si se observan los contenidos de humedad en la línea vertical debajo del gotero se

encuentran valores de humedad por encima de la capacidad de campo a profundidades mayores que donde se desarrollan el mayor porcentaje de raíces activas del banano.

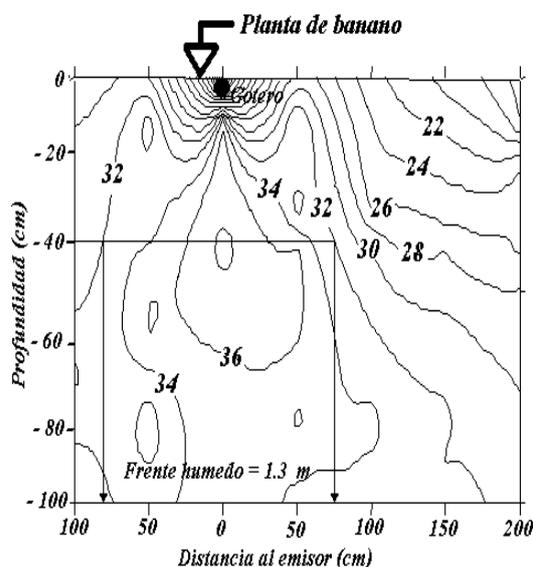


FIGURA 2. Distribución de humedad en PSS en el tratamiento A.

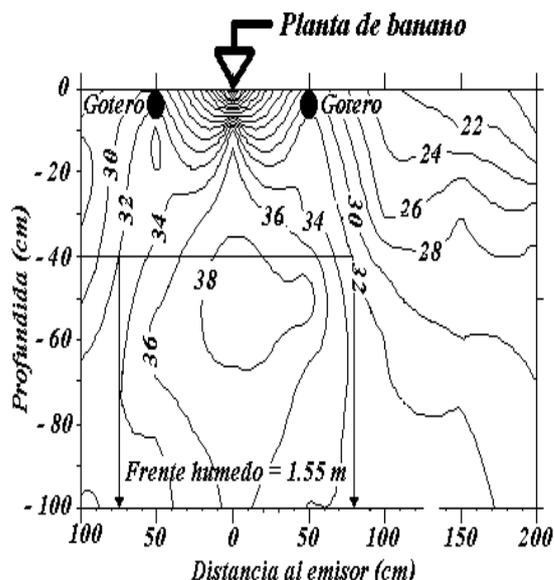


FIGURA 3. Distribución de humedad en PSS en el tratamiento B.

El frente húmedo obtenido en el tratamiento B, (dos líneas de goteo por hilera de plantas) fue de 1,55 m y el porcentaje de área humedecida de 52%. Se alcanza con esta disposición un mayor desarrollo horizontal del frente húmedo pero se observan en la zona donde se solapan los bulbos húmedos de ambas líneas de goteo en el centro de la calle estrecha valores de humedad superiores a la capacidad de campo, situado muy por debajo de la zona más activa de extracción de agua del banano, lo cual conspira con la eficiencia de aplicación del agua y de la técnica de riego, ya que se establecen zonas con gran cantidad del volumen de agua aplicado a una mayor profundidad de la capa activa proyectada para este cultivo a los 40 cm de profundidad. En la Figura 6, correspondiente al tratamiento C, de micro aspersión, se presenta un frente húmedo de 2,35 m y un porcentaje de área humedecida de 78,33% en relación al marco de plantación, en este tratamiento prevalece el desarrollo horizontal del frente húmedo frente al vertical, encontrándose un contenido de humedad a las 24 horas del riego mucho más favorable y con

valores cercanos a la capacidad de campo. Los porcentajes de suelo mojado logrados son similares a los encontrados en regiones con abundantes lluvias como es el caso de Cuba en el periodo lluvioso, el porcentaje de área mojada debe ser mayor debido a que las raíces se extienden más allá de la zona mojada y la respuesta de las plantas varía directamente con el aumento del área mojada (Zekri & Parsons, 1988). Para el caso del tratamiento D, testigo de mini aspersión con riego del área total del marco de plantación del cultivo, (Figura 5), se determinó un frente húmedo de 3,0 m y un porcentaje de área humedecida de 100%. La distribución espacial de la humedad es bastante homogénea y en la capa activa de suelo a humedecer sus valores se encuentran entre la capacidad de campo (34% PSS) y el límite productivo impuesto del 85% de la capacidad de campo (32% PSS). Y por debajo de esta profundidad las humedades siempre son menores, demostrando la alta eficiencia con que la técnica permite almacenar el agua en la capa de mayor absorción del cultivo.

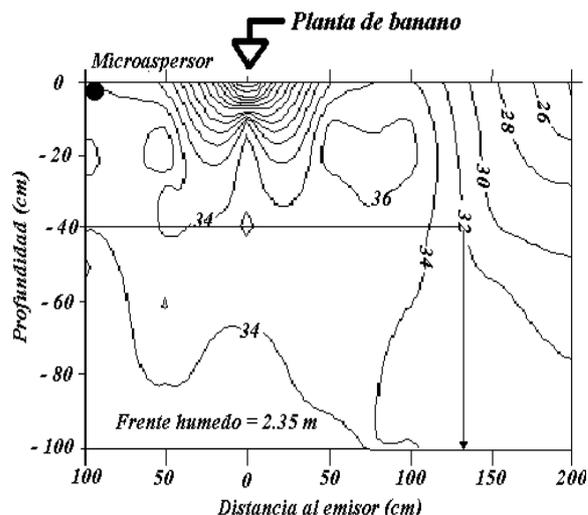


FIGURA 4. Distribución de humedad en PSS en el tratamiento C.

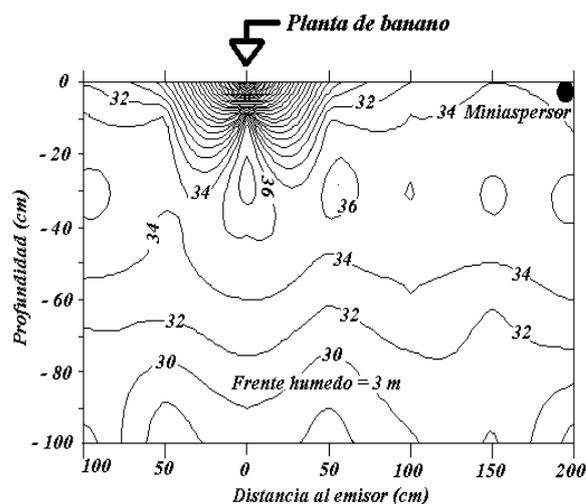


FIGURA 5. Distribución de humedad en PSS en el tratamiento D.

### Rendimientos

Al analizar los resultados de la cosecha durante los tres ciclos de producción del cultivo, Tabla 1, se puede apreciar, que se fueron incrementando los rendimientos a medida que se hacía mayor el por ciento de área humedecida hasta alcanzar el 78% del marco de plantación en el tratamiento "C" de micro aspersión. Este comportamiento es lógico y está fundamentado por diversos autores entre los que se encuentran: Pizarro (1987), y Rodrigo (1997), Los mismos aseveran que los cultivos bajo riego localizado, pueden desarrollarse exitosamente sin explorar su sistema radical al 100% del área de su marco de plantación y necesitan de un porcentaje mínimo de superficie humedecida desde donde puedan extraer con facilidad el agua y los nutrientes. En los distintos tratamientos, se observa que los tratamientos de goteo "A" con un lateral por hilera de plantas y "B" con dos laterales por hilera de plantas no difieren estadísticamente para un 0,05 de probabilidad en el ciclo de fomento y primer ciclo de producción, lo que de forma preliminar nos conduciría a la selección del primer tratamiento de un lateral por hilera con un porcentaje de superficie humedecida de 43% del marco de plantación, el cual desde el punto de vista económico será mucho más barato que el tratamiento "B". Los resultados de los 3 años de observación, permiten apreciar un incremento progresivo y significativo de la producción

respecto a la superficie de suelo humedecida. Ello indica el nivel creciente de influencia que ésta superficie de suelo humedecida va teniendo sobre el entorno al adaptarse, progresivamente, la distribución radicular de la planta al porcentaje de suelo humedecido generada por el emisor. Estas razones indujeron a encontrar ecuaciones matemáticas que permiten relacionar los rendimientos obtenidos en cada ciclo de cosecha, con las áreas humedecidas realmente medidas en el campo por tratamientos, se obtuvieron ecuaciones polinómicas, las cuales muestran a través de los gráficos, las curvas tentativas de repuestas del banano a diversos valores de porcentaje de suelo húmedo con referencia a la producción potencial la tendencia de crecimiento de los rendimientos se expone en función del incremento del área humedecida y del ciclo de producción (Tabla 2). Un análisis de máximas matemáticas de estas funciones posibilitó definir los porcentajes óptimos de áreas a humedecer para obtener rendimientos máximos. No obstante los rendimientos alcanzado con el tratamiento "C", de micro aspersión probado en el campo muestran diferencias en el rendimiento de tan solo + 0,64 ( $T \cdot ha^{-1}$ ) en la etapa de fomento y no difieren desde el punto de vista estadístico de los dos restantes ciclos con el tratamiento testigo del 100% de superficie humedecida, lo que avala su utilidad, teniendo en cuenta su facilidad de aplicación en la práctica.

**TABLA 1. Resultados de la cosecha durante los tres ciclos de desarrollo del cultivo**

<b>Tratamientos</b>	<b>Peso del Racimo (kg)</b>	<b>Rendimiento (T·ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Diferencia con respecto a D (T·ha<sup>-1</sup>)</b>
Etapa de fomento			
A-(1) Lat. de Goteo – 43%	15,58 b	21,64 b	- 3,18
B- (2) Lats. de Goteo – 52%	16,49 b	22,90 b	- 1,92
C-Microasp. Bailar. – 78%	18,33 a	25,46 a	+ 0,64
D-Miniasp. Mankad – 100%	17,87 a	24,82 a	-
Es ±	0,545	0,834	
Signif	*	*	
CV (%)	6,386	5,452	
Primer ciclo de fomento			
A-(1) Lat. de Goteo – 43%	25,83 b	35,87 b	- 4,70
B- (2) Lats. de Goteo – 52%	26,74 b	37,14 b	- 3,43
C-Microasp. Bailar. – 78%	29,00 a	40,28 a	- 0,29
D-Miniasp. Mankad – 100%	29,21 a	40,57 a	-
Es ±	0,665	0,923	
Signif	*	*	
CV (%)	4,799	4,798	
Segundo ciclo de producción			
A-(1) Lat. de Goteo – 43%	30,63 c	42,56 c	- 5,64
B- (2) Lats. de Goteo – 52%	33,13 b	44,62 b	- 3,58
C-Microasp. Bailar. – 78%	34,70 a	48,19 a	- 0,01
D-Miniasp. Mankad – 100%	34,73 a	48,20 a	-
Es ±	0,729	0,574	
Signif	*	*	
CV (%)	4,383	2.502	

• **Ciclo de fomento**

$$R = -0,002 AH^2 + 0,499A H + 26,23$$

$$R^2 = 0,999$$

• **Primer ciclo de producción**

$$R = -0,001 AH^2 + 0,353 AH + 24,03$$

$$R^2 = 0,996$$

• **Segundo ciclo de producción**

$$R = -0,002 AH^2 + 0,391AH + 9,010$$

$$R^2 = 0,994$$

donde:

R: Rendimiento, T·ha<sup>-1</sup>;

AH: Área humedecida, %.

Similares resultados a los obtenidos en la Tabla 1 son reportados para este cultivo por Hernández (1979). Para otros cultivos, estudios realizados por Porras *et al.* (1988), sobre la influencia que la superficie de suelo regada tenía sobre el consumo de agua y la producción de plántones de olivo, indican que el diámetro del tronco es mayor cuando más importante es el porcentaje de superficie de suelo que se moja. También reportan resultados similares Fereres (1981) y Gispert (2003), en olivos.

**TABLA 2. Relación obtenida a través de las ecuaciones polinómicas entre el porcentaje óptimo de Área humedecida y los Rendimientos del banano por etapas de producción**

	AH óptima, %	Rend. Óptimo, T·ha <sup>-1</sup>	R <sup>2</sup>
Fomento	85,11	25,67	0,99
Primer Ciclo	92,89	40,15	0,99
Segundo Ciclo	87,50	47,64	0,99
Promedio	88,50	37,82	0,99

**CONCLUSIONES**

Los rendimientos en el cultivo del banano se incrementaron a medida que aumentaba el porcentaje de área humedecida hasta alcanzar el 78,33% del marco de plantación; por lo que

regar el 100% del área que ocupa la planta, no incrementó los mismos.

El rendimiento óptimo durante los tres años de experimentación se logró con porcentajes de área humedecida entre 85 y 93% del área del marco de plantación del banano.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ADAM, S.: *It pays to irrigate plantains and bananas*, Agricultural Research, USA, 1994.
2. BLACK, J. D.F., and D.W. WEST: Water uptake by an apple tree with various partions of the root septem supplied with water. In: **Proc. Int. Drip Irrigations Congress 2<sup>nd</sup>**, pp. 432-433, Spain, 1974.
3. FERERES, E.: Papel de la fisiología vegetal en la microirrigación, Recomendaciones para el manejo mejorado, En: **Seminario Latinoamericano de Microirrigación**, IICA, 23pp., 4, 1981, Barquisimeto, Lara, Venezuela, 1981.
4. GISPERT, J.R.: “Evaluación del volumen de suelo húmedo en microirrigación. Influencia del porcentaje de este volumen sobre el comportamiento del olivo (*Olea Europaea* L.; Cult. ‘Arbequina’)”, Estudios de la zona no saturada del suelo, *Eds. Valladolid*, 6: 51- 57, 2003.

5. HERNÁNDEZ, A. J.M.: Algunas consideraciones sobre el volumen de suelo mojado y su importancia en el diseño y eficiencia de riego Localizado. En: **III Seminario Latinoamericano de riego por Goteo, IICA**, pp. 286-308, Brasil, 1979.
6. HOLZAPFEL, E. A.; J. JARA y R. MATTA: “Nivel de agua aplicado y fertirrigación bajo riego por goteo en cítricos”, *Agro-Ciencia*, 17: 20-31, Chillan, Chile, 2001.  
  
INSTITUTO DE SUELOS: *Nueva versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba*, Ministerio de la Agricultura, Editorial Academia, La Habana, 1996.
7. KELLER J. and D. BLIESNER: *Sprinkle and trickle irrigation*, Van Nostrand, Reinhold, New York, 1990.
8. MARTÍNEZ, R.: “Influencia del riego en el crecimiento y desarrollo del plátano fruta (*Musa AAA*)”, *Aerotecnica de Cuba*, 18(1): 61:73, 1984.
9. MARTÍNEZ, R.: Necesidades de Agua para el cultivo del banano en los suelos Ferralíticos rojos de la región de Alquizar, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD), La Habana, (informe), 1996.
10. PIZARRO, F.: *Riego Localizado de Alta Frecuencia. Goteo, Microaspersión, exudación*, 511pp., Edición. Mundi Prensa, Madrid, España, 1987.
11. PEDRAS, C. M.G. y S. PEREIRAS: A simulation model for design and evaluation of micro-irrigation systems. *Journal of Irrigation and Drainage*. 50(4): 323-334, ASCE, New York, 2001.
12. PORRAS, A., J. ARNAL y F. MUÑOZ: “Influencia de la superficie de suelo regada sobre el consumo de agua y producción de plantones de olivo, un sistema electrónico de automatización y control de riego”, *Fruticultura Profesional*, 17: 51-62, 1988.
13. RODRIGO, L.: *Riego Localizado*, 405pp., Ed Mundi-Prensa, Madrid, 1997.
14. ZEKRI, M. and R. PARSONS: “Water relations of grapefruit tree in response to drip, microsprinkler irrigation”, *Journal of American Society of Horticultural Science*, 113(6): 819-823, 1988.

