

ARTÍCULO ORIGINAL

## Evaluación de la distribución del riego mediante microaspersión en condiciones de organopónico

### *Evaluation of the irrigation distribution by means of microjet under organoponic conditions*

MSc. Reinaldo Cun González, Dr.C. Manuel Reinaldo Rodríguez, Ing. Leynis Rosales Naranjo, Ing. Jorge Aguilera Díaz, Ing. Denis Rodríguez Echeverría

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba.

**RESUMEN.** El trabajo se desarrolló en el Organopónico Experimental del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric) en el municipio Arroyo Naranjo, La Habana, con el objetivo de evaluar la calidad del riego mediante el estudio de patrones de distribución al colocar el difusor a diferentes alturas sobre el cantero. Se utilizaron canteros de 1,20 m de ancho y 10 m de largo en los que se instalaron laterales con microaspersores situados a diferentes alturas: sobre el lateral de riego a 0,05 m; 0,15 m; 0,25 m y 0,60 m. Se realizaron diferentes pruebas pluviométricas para determinar parámetros de calidad del riego. Según los resultados obtenidos los volúmenes de agua caídos fuera del cantero se incrementaron a medida que aumenta la altura del emisor, teniendo mayor afectación cuando el emisor se colocó a 0,60 m y con pérdidas de agua entre 44,6 y 65%. El coeficiente de uniformidad de la lámina aplicada se incrementó a medida que aumentó la altura de los emisores, mejorando la distribución del agua asperjada dentro del cantero, aunque con valores que oscilaron entre 56 y 81%. Se encontró una buena uniformidad de distribución y coeficiente de uniformidad de la humedad en el suelo al redistribuirse la misma en 24 h después del riego. Los resultados obtenidos muestran un mayor rendimiento del cultivo de la lechuga de 4,35 kg·m<sup>-2</sup> y sus componentes, cuando se situó el emisor sobre el cantero a una altura de 0,15 m para realizar el riego.

**Palabras clave:** Coeficiente de uniformidad, difusor, pluviometría.

**ABSTRACT.** The work was developed in the experimental organoponic of the Institute on Agricultural Engineering Research (IAgric), Arroyo Naranjo municipality, in Havana province. It was aimed at evaluating irrigation quality by means of the study of distribution patterns when are placed to different diffuser's heights on the bed. Beds of 1.20 m and 10 m long were used to settle lateral microjet located to different heights, (on the irrigation lateral to 0.05 m of height, 0.15 m, 0.25 m and 0.60 m). Different pluviometric tests were carried out to determine irrigation quality parameters. According to the results obtained, water volumes fallen outside the bed increase with the emitter's height, having bigger damage when the emitter is placed to 0,60 m getting losses ranging from 44,6 % to 65% of the water outside the bed. The uniformity coefficient of the applying sheet was increased as the height of emitters is increased, improving the distribution of the water inside the bed, but they were of low values (56 % - 81%). It was obtained a good uniformity of distribution and coefficient of moisture uniformity on the soil when it is redistributed 24 hours after irrigation. The results obtained show a bigger yield of lettuce (4.35 kg·m<sup>-2</sup>) and their components, when the sprinkler was placed on the bed to 0.15 m height for the irrigation.

**Keywords:** Coefficient of uniformity, emitter, pluviometry.

## INTRODUCCIÓN

Los rendimientos actuales de los cultivos en Cuba están por debajo de los valores que deben alcanzar en condiciones de riego, lo cual disminuye la eficiencia de utilización del agua y además la rentabilidad de las producciones. Los problemas que determinan los altos consumos brutos de agua por la agricultura derivan de la baja eficiencia en el uso de la misma; ésta depende de varios componentes: almacenamiento, conducción y aplicación a los

sistemas agrícolas Lobo *et al.* (2011). El uso ineficaz del agua no solo limita emplearla en otras funciones sino que también afecta la productividad de los cultivos (Fueyo *et al.*, 2010). En general, cuando se aplica un riego, no toda el agua queda almacenada en la zona del suelo explorada por las raíces, sino que parte se pierde por evaporación, arrastre del viento, escorrentía y percolación profunda, siendo muy diferente la cuantía de cada tipo de pér-

didada según el tipo de suelo, dimensiones del cantero y sistema de riego Ribeiro *et al.* (2012<sup>1</sup>). Conceptualmente, la idoneidad de un riego depende del incremento del agua almacenada en la zona radicular del cultivo producido por el mismo (Shilo, 2000<sup>2</sup>; Cun *et al.*, 2012). En este sentido, la aplicación correcta del riego permite que los cultivos tengan la cantidad necesaria de agua en el momento oportuno, en función de las condiciones climáticas, dejando un contenido de humedad en el suelo suficiente con una distribución homogénea para todas las plantas en un área determinada Salcedo *et al.* (2005<sup>3</sup>).

La uniformidad de aplicación del agua es un criterio de funcionamiento importante para el diseño y explotación de los sistemas de riego presurizados, en la mayoría de los casos la lámina de agua aplicada no es completamente uniforme en toda el área regada. Son muchos los factores que distorsionan el patrón de distribución del agua por el riego, dentro de ellos tenemos, altura de las boquillas, velocidad y dirección del viento. Estos factores pueden llegar a reducir de forma importante el coeficiente de uniformidad (CU), la uniformidad de distribución (UD) y la eficiencia de aplicación Dechmi *et al.* (2004). El cultivo responde al agua disponible en la zona radicular, por lo tanto la uniformidad del agua en el suelo es más importante que en la superficie del mismo (Ortiz *et al.*, 2012<sup>4</sup>).

Los sistemas de riego localizado de alta frecuencia (RLAF) ofrecen ventajas comparativas frente a otros, especialmente en lo relacionado con la optimización y el uso eficiente del agua para la producción agrícola (Loboa *et al.*, 2006; Bryla *et al.*, 2010). Cuba ya cuenta con más de 5000 unidades de organopónicos, huertos intensivos y semiprottegidos (Páez, 2013), cuyas fuentes de abasto de agua para el riego son diversas y en gran porcentaje son de acueducto. La irrigación en estas condiciones se realiza a través de la boquilla difusora microjet de fabricación nacional la cual se coloca a diferentes alturas con respecto al sustrato, en algunos casos como se establece en la memoria descriptiva de los proyectos: 0,15 m de altura y en otros a consideraciones del productor logrando así diferentes parámetros de distribución del agua en los canteros.

Teniendo en cuenta los elementos planteados se desarrolló el presente trabajo con el objetivo general de evaluar la calidad del riego mediante el estudio de parámetros de distribución del mismo al colocar a diferentes alturas el difusor microjet sobre el cantero en condiciones de organopónico.

## MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el Organopónico Experimental del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric),

perteneciente al Municipio de Arroyo Naranjo en La Habana, Cuba, en febrero del 2015. El cultivo utilizado fue la lechuga (*Lactuca sativa L.* var. BSS-13), caracterizada por formar roseta de hojas abiertas de color verde claro (Grupo Nacional de Agricultura Urbana, 2011<sup>5</sup>).

Se utilizaron 5 canteros de 10 m de largo y 1.20 m de ancho, delimitados por guarderas de 0,30 m de altura y separados a 0,50 m.

Se trasplantó a 6 hileras por cantero, a una distancia de 0,15 m entre plantas y 0,20 m entre hileras, presentando una densidad de plantación de 27 plantas por m<sup>2</sup> (Grupo Nacional de Agricultura Urbana, 2011).

El sustrato utilizado consistió en una mezcla de suelo Ferralítico Rojo (50 %) y materia orgánica (estiércol vacuno 50%), cuyas propiedades hidrofísicas aparecen en la Tabla 1 (Cid, 1995<sup>6</sup>).

**TABLA 1. Propiedades hidrofísicas del sustrato utilizado a la profundidad de 0,30 m**

Permeabilidad (mdía <sup>-1</sup> )	Capacidad de campo (% Pss)	Da. (g cm <sup>-3</sup> )	Densidad Real (g cm <sup>-3</sup> )	PT %
5,6	44,5	0,977	2,5	61

Da: Densidad aparente, Dr: Densidad real, PT: Porosidad Total.

La aplicación del agua se realizó a través de un sistema de riego localizado con difusores microjet (2 x 140°) que poseen un gasto de 40,65 L·h<sup>-1</sup> a una presión de 150 kPa, insertados en laterales de PEBD de 16 mm de diámetro separados a 1 m.

Ecuación del emisor:

$$q = 10,83H^{0,4884} \quad (1)$$

donde:

q: gasto del emisor (L·h<sup>-1</sup>);

H: presión de trabajo (m.c.a);

de variación Cv 0,016.

Los tratamientos fueron seleccionados teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las encuestas realizadas por Jiménez (2009<sup>7</sup>), estas muestran que los productores colocan los emisores a diferentes alturas sobre el cantero.

T1 – Aplicación del riego con difusor microjet situado sobre el lateral de riego por encima del sustrato.

T2 - Aplicación del riego con difusor microjet situado a una altura de 0,05 m sobre el sustrato y lateral enterrado a 0,05 m.

T3 - Aplicación del riego con difusor microjet situado a una

<sup>1</sup> RIBEIRO, D., N, FURTADO, F, NOBRE: “Distribuição de laminas de agua em sistema de irrigação por aspersão fixo” Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, 2012.

<sup>2</sup> SHILO, C. “¿Riego por Aspersión puede aumentar su eficiencia?” Revista Internacional de Agua y Riego. Vol 20. No 4. 2000.

<sup>3</sup> SALCEDO, F., R. BARRIOS, M. MORAIMA: ”Distribución de agua en un sistema de microaspersión sobre un ultisol cultivado con Lima Tahiti en el estado Monagas, Venezuela” Revista UDO Agrícola, 5(1): 88-95. 2005.

<sup>4</sup> ORTIZ, J., H, MIRANDA, D, PEROZA. “Distribución del agua bajo riego por aspersión y su efecto sobre el cultivo de caraota (*Phaseolus vulgaris L.*)”. Revista UDO Agrícola, 12(1): 106-116. 2012.

<sup>5</sup> GRUPO NACIONAL DE AGRICULTURA URBANA.: Manual Técnico para Organopónicos, Huertos Intensivos y Organoponía Semiprottegida, 184pp., Séptima edición, La Habana, 2011.

<sup>6</sup> CID, G.: Introducción de métodos y metodologías para la caracterización de las propiedades hidrofísicas así como, las variaciones espacio temporales, Informe del Contrato 004-17 IIRD-MTCMA, 1995.

<sup>7</sup> JIMÉNEZ REYES, N.: Adopción de la Tecnología de Riego Localizado Desarrollada en Condiciones de Organopónico en Ciudad de La Habana, 91 pp., Tesis (en opción al título de Master en Extensión Agraria), Universidad Agraria de La Habana, 2009.

altura de 0,15 m sobre el sustrato y lateral enterrado a 0,05 m.  
 T4 - Aplicación del riego con difusor microjet situado sobre estacas de PVC a 0,25 m de altura, alimentado por extensor y lateral enterrado a 0,05 m.

T5 - Aplicación del riego con difusor microjet situado a 0,60 m de altura sobre el sustrato, alimentado por extensor y lateral enterrado a 0,05 m.

Durante el periodo de desarrollo del trabajo la lluvia alcanzó un total de 115 mm distribuida en 3 ocasiones consecutivas.

El riego se le aplicó a las plantas teniendo en cuenta las fases de cultivo y los intervalos planteados en el Manual Técnico para organopónicos y huertos intensivos, (Grupo Nacional de Agricultura Urbana, 2011), en el momento de las evaluaciones se aplicó una lámina media de 6 mm. En el caso de la experiencia del cantero sin cultivo se aplicó una lámina de 4 mm.

### Métodos utilizados para las mediciones pluviométricas

La zona de evaluaciones fue el área efectiva entre dos difusores colocados en el centro del cantero experimental (2,20 m x 1 m). En este lugar fue colocada una red de 24 pluviómetros con un área de captación para cada uno de 69,68 cm<sup>2</sup> espaciados a 0,30 m. Estos fueron ubicados con la finalidad de captar el agua que se aplicaba sobre el cantero, y la derramada en los pasillos.

Las evaluaciones se realizaron a las 8:00 de la mañana cuando la velocidad del viento fue 0 metros por segundo. Los primeros estudios se realizaron sin cultivo dando un tiempo de puesta de 15 min. y después con el cultivo de lechuga a los 25 días después del trasplante (DDT) dando un tiempo de puesta de 17 min.

Con los datos de las lecturas de los colectores se determinó el Coeficiente de uniformidad (CU), Christiansen (1942<sup>8</sup>), Tarjuelo (2005) y la Uniformidad de Distribución (UD), Merriam y Keller (1978), (Ortiz *et al.*, 2012)

$$CU = 1 - \left[ \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{\bar{X} \cdot n} \right] \quad (2)$$

X<sub>i</sub> = lámina de agua colectada en cada pluviómetro (mililitro);  
 X = lamina media de agua colectada (mililitro);  
 n = cantidad de pluviómetros.

Muy próximo a cada pluviómetro (2 cm), se tomaron lecturas del contenido de humedad volumétrica antes y 24 horas después del riego a una profundidad de 0.05 m utilizando un equipo portátil TDR HH<sub>2</sub> Delta T Moisture Meter previamente calibrado por Duarte *et al.* (2012<sup>9</sup>), según las características del sustrato utilizado cuya ecuación se muestra a continuación:

$$\phi v = 0,000285 \cdot mV + 0,2534 \quad (3)$$

donde:

Φv = humedad volumétrica en el sustrato (cm<sup>3</sup>·cm<sup>-3</sup>);

mV = lectura del TDR;

r<sup>2</sup> = 0,645

Con estos datos se calculó el CU y la UD de la humedad en el suelo después del riego utilizando las siguientes ecuaciones (Ortiz *et al.*, 2012):

$$CU_h = 1 - \left[ \frac{\sum |\Theta_i - \Theta_m|}{\Theta_m \cdot n} \right] \quad (4)$$

donde:

CU<sub>h</sub> = Coeficiente de uniformidad del contenido de humedad en el suelo;

Θ<sub>i</sub> = Valor de humedad volumétrica en cada lectura (cm<sup>3</sup>·cm<sup>-3</sup>);

Θ<sub>m</sub> = Valor de humedad volumétrica promedio (cm<sup>3</sup>·cm<sup>-3</sup>);

n = cantidad de lecturas.

$$UD_h = \left( \frac{\Theta_{25}}{\Theta_m} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

donde:

UD<sub>h</sub> : Uniformidad de distribución de la humedad en el suelo;

θ<sub>25</sub> : Promedio del 25% de los valores de humedad volumétrica más bajos recogidos (cm<sup>3</sup>·cm<sup>-3</sup>);

θ<sub>m</sub> : Valor de humedad volumétrica promedio (cm<sup>3</sup>·cm<sup>-3</sup>).

Los resultados obtenidos mediante la pluviometría fueron organizados de acuerdo a su distribución creándose un plano de contorno a través del programa Surfer (Golden Software Inc., 1994<sup>10</sup>).

Por otra parte se cuantificó el rendimiento del cultivo de la lechuga. Se determinó la masa fresca de las plantas en 4 m<sup>2</sup> en cada cantero. También se evaluó el número de hojas por plantas, altura y diámetro de las mismas.

Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA). Las diferencias entre las medias de los tratamientos estudiados se determinaron según la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD con un 95% de confiabilidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 1 y 2 se muestra el comportamiento de los volúmenes de agua aplicados al cantero a diferentes alturas del emisor con plantas y sin ellas. Se observó que las pérdidas de agua fuera del cantero sin cultivo (Tabla 1), van de 0,65 L cuando el emisor se colocó sobre el lateral (T1) hasta 4,16 L a la altura de 0,6 m (T5). Cuando el cultivo se encuentra sembrado en el cantero (Tabla 2), se apreció un comportamiento similar al caso anterior, los volúmenes de agua caídos fuera del cantero van desde 2,4 L hasta 9,7 L. Por lo tanto a medida que el emisor se ubicó a mayor altura, las pérdidas de agua van aumentando llegando a alcanzar un 44,6 y 65% del total de agua aplicada con presencia o no de cultivo, disminuyendo la cantidad de agua

<sup>8</sup> CHRISTIANSEN, J.: *Irrigation by sprinkling*. University of California. Agricultural Experiment Station, 124pp., Bulletin 670. 1942.

<sup>9</sup> DUARTE, C., R. CUN, C. BONET, R. RODRÍGUEZ.: Informe final del proyecto: 22-0601. *Precisión de requerimientos de riego de cultivos agrícolas cubanos en diferentes zonas edafoclimáticas*. Ed. Instituto de Ingeniería Agrícola, La Habana, 2012.

<sup>10</sup> GOLDEN SOFTWARE INCORPORATED SURFER: *Surfase Mapping System*, Colorado, USA, 1994.

que cae dentro del cantero y que queda a disposición de las plantas para ser usada durante el proceso de crecimiento. Aunque el viento alcanzó una velocidad de 0,0 m. s<sup>-1</sup> en las 2 pruebas, se observó que se mueven con facilidad las finas gotas de la lluvia de aplicación del microjet. Similares resultados fueron encontrados por León *et al.*, (2009<sup>11</sup>) y Rodríguez, (2007<sup>12</sup>) al evidenciar que sobre la distribución del agua en el cantero pueden actuar muchos factores, dentro de ellos uno de gran importancia, la altura a la cual se colocan de los emisores.

**TABLA 1. Descarga del agua en el cantero durante la prueba pluviométrica sin plantas**

Parámetro	Tratamientos				
	1	2	3	4	5
Área total de evaluación (m <sup>2</sup> )			2,20		
Área dentro del cantero (m <sup>2</sup> )			1,20		
Área fuera del cantero (m <sup>2</sup> )			1,00		
Volumen de agua aplicado (L)	9,34	9,34	9,34	9,34	9,34
Volumen de agua caído fuera del cantero (L)	0,65	1,23	1,37	1,62	4,16
Volumen de agua caído dentro del cantero (L)	8,69	8,11	7,97	7,72	5,18
Porcentaje de agua caída fuera del cantero (%)	7	13	14,6	17,3	44,6
Porcentaje de agua caída dentro del cantero (%)	93	87	85,4	82,7	55,4

**TABLA 2. Descarga del agua en el cantero durante la prueba pluviométrica con plantas de lechuga**

Parámetro	Tratamientos				
	1	2	3	4	5
Área total de evaluación (m <sup>2</sup> )			2,20		
Área dentro del cantero (m <sup>2</sup> )			1,20		
Área fuera del cantero (m <sup>2</sup> )			1,00		
Volumen de agua aplicado (L)	15	15	15	15	15
Volumen de agua caído fuera del cantero (L)	2,4	3,3	4,8	8,7	9,7
Volumen de agua caído dentro del cantero (L)	12,6	11,7	10,2	6,3	7,24
Porcentaje de agua caída fuera del cantero (%)	16	22	32	56	65
Porcentaje de agua caída dentro del cantero (%)	84	78	68	44	35

En la Figura 1, se representa el patrón de distribución del agua dentro del cantero y los pasillos cuando los canteros no tienen cultivos de lechuga. Se evidenció que a medida que se elevó el emisor sobre el cantero aumentó la lámina de agua en los pasillos, como fue el caso del tratamiento T5.

En la Tabla 3 se muestran los resultados del Coeficiente de uniformidad de las láminas aplicadas, de la humedad en el sustrato y su uniformidad de distribución. Se apreció que los coeficientes de uniformidad de las láminas aplicadas aumentan de valor a medida que aumentó la altura de los emisores desde el emisor que se ubicó sobre el cantero (T1) hasta el emisor colocado a 0,60 m de altura sobre el sustrato (T5).

Por lo tanto, la distribución del agua asperjada por el difusor aumentó a medida que el emisor fue colocado a mayor altura, pues con el aumento de la misma el radio de alcance del difusor es mayor y más uniforme es el patrón de humedecimiento. Los valores en su gran mayoría se ubicaron por debajo de los límites aceptables según Keller y Bliesner (1990<sup>13</sup>), lo cual

refleja que no existió uniformidad en la distribución del agua, salvo el tratamiento T6 sin presencia de plantas de lechuga que fue superior al 80 %. La uniformidad fue más baja aún con la presencia del cultivo, partiendo de 16% cuando el emisor está sobre el cantero hasta alcanzar 46 % a 0,6 m de altura. En este caso las plantas producen apantallamiento cuando alcanza la fase de formación de la roseta de hojas. Estos resultados coinciden con los obtenidos por diferentes autores como Barrios *et al.*, (2003<sup>14</sup>), Li (2000) y Marques *et al.*, (2009), al señalar que la cobertura vegetal del suelo influye sobre la redistribución del agua tanto en la superficie como a través del perfil.

En cuanto a la distribución del agua en el suelo, el coeficiente de uniformidad de la humedad fue superior al de las láminas aplicadas. Los porcentajes variaron de 92,04% a menor altura del emisor (T1) a 85,91% cuando se elevó el emisor a 0,60 m (T5). La uniformidad de distribución de la humedad disminuyó con la altura de los emisores de 90% a 85,91%. De manera general estos valores fueron elevados, superiores al 80% por lo que se

<sup>11</sup> LEÓN, R., Y, RODRÍGUEZ. Influencia de la altura del emisor en la uniformidad del riego en organopónicos. Convención Internacional de Ingeniería Agrícola. 2009.

<sup>12</sup> RODRÍGUEZ, Y.: *Influencia de la altura del emisor en la uniformidad del riego en organopónicos*, 97pp., Tesis en opción al título de Ingeniera Agrónoma. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. 2007.

<sup>13</sup> KELLER, J., R. BLIESNER: *Sprinkle and trickle irrigation*. Van Nostrand Reinhold, New York, USA. 1990.

<sup>14</sup> BARRIOS, R., A. ARTEAGA, A. FLORENTINO: "Evaluación de sistema de subirrigación y de aspersión en suelos cultivados con palma aceitera". Revista UDO Agrícola, 3(1): 39-46. 2003.

constató una favorable redistribución del agua en el sustrato positiva para el cultivo. Resultados similares fueron obtenidos por Salcedo *et al.*, (2005) al evaluar la distribución de la humedad en el suelo provocada con microaspersores, estos encontraron valores superiores a la uniformidad del agua aplicada a través de dichos microaspersores. Lo anterior se justifica por la redistribución de la humedad a través del perfil, tanto en el sentido

horizontal como vertical por efecto de la acción ejercida por la matriz del suelo y por la gravedad. Por otra parte Rezende *et al.*, 2002 plantean que la aplicación no uniforme del agua al suelo crea gradientes de tensión que provocan un movimiento del agua desde los puntos de menores tensión a los de mayores, por tanto hay una redistribución de la humedad mejorando la uniformidad de la misma.

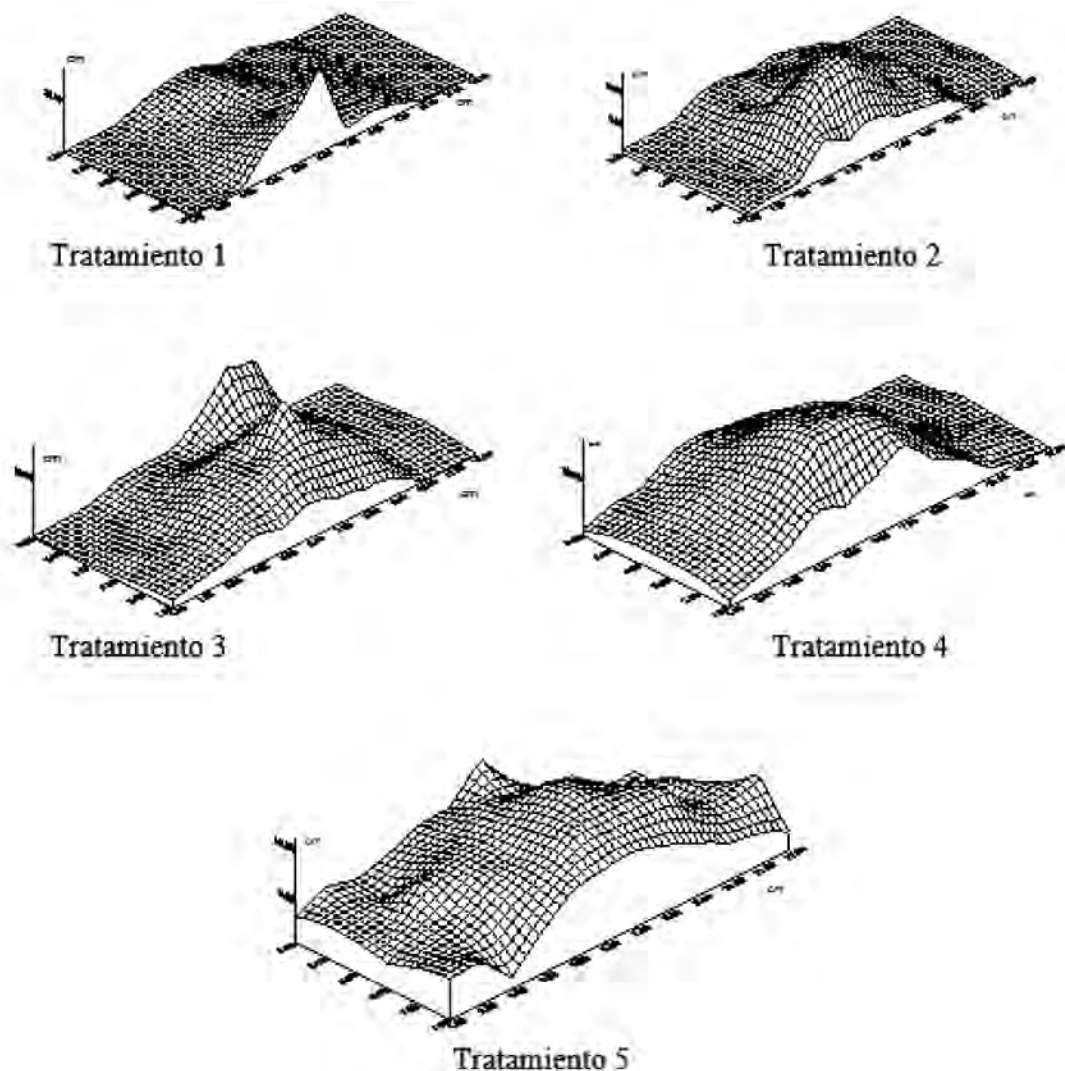


FIGURA 1. Distribución del agua asperjada por el difusor en el área de trabajo (2,20 m<sup>2</sup>).

TABLA 3. Uniformidad del riego dentro del cantero durante prueba pluviométrica con plantas de lechuga

Parámetros	Tratamientos				
	1	2	3	4	5
Cu de la lámina aplicada sin plantas (%)	56	60	63	65	81
Cu de la lámina aplicada con plantas (%)	16	26	35	38	46
Cu de la humedad del cantero con plantas después del riego (%)	92,04	91,45	87,57	86,48	85,91
UD de la humedad en cantero con plantas después del riego (%)	90	90	92	91	95
Humedad volumétrica media en los canteros (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,43	0,43	0,43	0,40	0,37

En cuanto a los rendimientos obtenidos (Tabla 4), se observó que el mayor valor de 4,35 kg m<sup>-2</sup> fue alcanzado cuando se regó con el emisor a una altura de 0.15 m sobre el suelo, dado por una mayor cantidad de hojas por planta que fue de 20,25. Estos resultados están relacionados con los valores buenos de coeficiente de uniformidad y distribución de la humedad en el suelo. Los mayores diámetros de las plantas se alcanzaron en los tratamientos T2, T3, T4 sin diferencias significativas entre ellos, éstos variaron de 21,20 cm a 24,95 cm. En cuanto a la altura de las plantas, los mayores valores se encontraron en los tratamientos T3, T4 y T5, éstos no mostraron diferencias significativas, variando de 15,20 cm a 18,05 cm.

**TABLA 4. Comportamiento del Rendimiento y componentes, diámetro y altura de las plantas**

Tratamientos	Rendimiento (kg m <sup>-2</sup> )	Número de hojas por plantas	Diámetro de las plantas (cm)	Altura de las plantas (cm)
T1	2,89 c	14,25 c	19 b	9,10 b
T2	3,65 b	16,75 bc	23,70 a	11,55 b
T3	4,35 a	20,25 a	23,15 a	15,20 a
T4	3,33 bc	19,25 ab	24,95 a	18,05 a
T5	2,95 c	17,50 b	21,20 ab	16,30 a
Sig	**	**	**	**
E. S.	0,230	0,821	1,289	1,013
C.V%	9,66	9,34	5,71	7,221

Como se evidencia en la Tabla 5, a medida que aumentó la altura de los emisores desde el lateral sobre el cantero (T1) hasta los 0,60 m sobre el sustrato (T5), hubo un incremento del volumen de agua a aplicar de 240 L. Esto se debió a que disminuyó el porcentaje de agua caída en el cantero en 49% por lo que hubo que aplicar una lámina mayor para que realmente llegue la necesaria al cultivo. Lo anterior influyó en el consumo de energía para el bombeo, en este caso la electrobomba utilizada consume 1.5 kW h<sup>-1</sup>, y éste se incrementó en 0,67 kW h<sup>-1</sup>, debido a que también aumentó el tiempo de riego para satisfacer el consumo de agua para las plantas de lechuga. Desde el punto de vista material, también fue necesario el aumento en 14,4 m de extensores o microtubos de diámetro de 6 mm por cantero para lograr colocar el emisor a 0,60 m de altura, lo cual encarece el costo del sistema.

**TABLA 5. Indicadores que evalúan el comportamiento de la altura de los emisores**

Indicadores	T1	T2	T3	T4	T5
Consumo de agua por cantero de 24 m de largo (L)	171,4	184,6	211,7	327,2	411,4
Tiempo de riego (h)	0,32	0,34	0,39	0,61	0,77
Consumo de energía (Kw)	0,48	0,51	0,58	0,91	1,15
Cantidad de extensores de 6 mm Ø en cantero de 24 m de largo.	-	3,6	4,8	6	14,4

## CONCLUSIONES

- Los tratamientos T1, T2 y T3 con alturas de los emisores: sobre el lateral, a 0.05 m y 0,15 m), alcanzaron los más bajos valores de pérdida de agua fuera del cantero y mayores porcentos de agua caída dentro del mismo, por lo tanto a mayor altura más pérdidas de agua.
- El coeficiente de uniformidad aumentó a medida que se incrementó la altura de los emisores, por lo que se mejora la distribución del agua asperjada dentro del cantero.
- Los valores de coeficiente de uniformidad y uniformidad de distribución de la humedad en el cantero son superiores a los

- valores del coeficiente de uniformidad de la lámina aplicada debido a la redistribución en 24 horas de la humedad en el suelo.
- Los mayores valores del rendimiento y sus componentes se obtuvieron cuando el riego se realizó al colocar el emisor a una altura de 0,15 m sobre el cantero, por lo tanto en condiciones similares, se deben instalar los sistemas de riego, teniendo en cuenta este resultado.
- Se confirmó que a medida que aumenta la altura de colocación del emisor sobre el cantero es necesario incrementar el tiempo de riego y por lo tanto el consumo de energía por el bombeo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRYLA, D., T. TROUT: “Weighing lysimeters for developing crop coefficients and efficient irrigation practices for vegetable crop”, *Horticultural Science.*, ISSN: 0862-867X, 4(11): 2010.

CUN, R.; C, DUARTE; L, MONTERO: “Influencia de diferentes niveles de humedad del suelo en el cultivo de la lechuga en condiciones de organopónico en La Habana” *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-p: 2306-1545, ISSN-d: **2227-8761**, 2(2): 60-65, 2012.

DECHMI, F.; PLAYAN, J. CAVERO, A. MARTÍNEZ COB: “Couple crop solid set sprinkler simulation model. I: Model development” *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE*, ISSN: 0733-9437, 130(6): 499-510. 2004.

FUEYO, M., A, ARRIETA: *Producción de lechuga Tecnología Agroalimentaria, CIATA, (en línea), Edición especial 1998. <http://www.Infoagro.com>. [Consulta 18 de enero 2014].*

- Li, J., M. RAO: "Sprinkler water distributions as affected by Winter wheat canopy", *Irrigation Science*, ISSN: 0342-7188, 20: 29-35. 2000.
- LOBOA, J., S, RAMÍREZ, J, DÍAZ: "Evaluación del coeficiente de uniformidad en cuatro emisores de riego usando filtración gruesa de flujo ascendente en Capas". *Revista EIA*, ISSN: 1794-1237 16: 29-41, 2011.
- MARQUES, P., M. FONSECA, P.V. BALDOTTO. "Influence of lettuce crop of the soil on sprinkler irrigation uniformity and parameters of efficiency" *Horticultura Brasileira*, ISSN: 0102-0536, 27: 377-382. 2009.
- PÁEZ, E. "La Agricultura Urbana y Suburbana en el contexto cubano", *Agricultura Orgánica*, ISSN: 1028-2130, 19(1): 2013.
- REZENDE, R., GONÇALVES, A, LOURENÇO, P. "Influencia da aplicação de água na uniformidade no perfil do solo". *Acta Scientiarum-Agronomy*, ISSN: 1679-9275, 24(5):1553-1559. 2002.
- TARJUELO, J.M.: *El riego por aspersión y su tecnología*, Ed. Ediciones Mundi Prensa, vol. 3a edición, ISBN: 84-8476-225-4, Madrid, Barcelona, México, 2005.

**Recibido:** 14/07/2015.

**Aprobado:** 01/4/2016.

**Publicado:** 30/4/2016.

Reinaldo Cun González, Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2 ½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Correo electrónico: [dptoriego3@iagric.cu](mailto:dptoriego3@iagric.cu)

Manuel Reinaldo Rodríguez, Correo electrónico: [dptoriego2@iagric.cu](mailto:dptoriego2@iagric.cu)

Leynis Rosales Naranjo, Correo electrónico: [adiestradainv1@iagric.cu](mailto:adiestradainv1@iagric.cu)

Jorge Aguilera Díaz, Correo electrónico: [dptoriego3@iagric.cu](mailto:dptoriego3@iagric.cu)

Denis Rodríguez Echeverría, Correo electrónico: [dptoriego3@iagric.cu](mailto:dptoriego3@iagric.cu)



**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 Santamaría, 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.