

## **EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL RIEGO MEDIANTE MICROJETS A DIFERENTES ALTURAS EN CONDICIONES DE ORGANOPONICO.**

MSc Reinaldo Cun González, Dr Manuel Reinaldo Rodríguez y Tec Jorge Aguilera Díaz.

### **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 a diferentes alturas el difusor sobre el cantero. Se utilizaron canteros de 1,20 m de ancho y 10 m de largo en los que se instalaron laterales con microjet situados a diferentes alturas, (sobre el lateral de riego, a 5 cm de altura, 10cm, 25 cm y 60 cm). Se realizaron diferentes pruebas pluviométricas para determinar parámetros de calidad del riego. Según los resultados obtenidos los volúmenes de agua caídos fuera del cantero van aumentando a medida que aumenta la altura del emisor, teniendo mayor afectación cuando el emisor se coloca a 60 cm perdiéndose un 44,6 % del agua fuera del cantero. Cuando se coloca el emisor sobre el lateral, a los 5 y 15 cm de altura, aumenta el área excesivamente regada de 72,2 % a 83,33%, disminuyendo el área insuficientemente regada alcanzando valores entre 5,55% y 16,66%. El coeficiente de uniformidad se incrementó a medida que aumenta la altura de los emisores, mejorando la distribución del agua asperjada dentro del cantero. Se recomienda una altura del emisor sobre el cantero hasta los 15 centímetros, a mayor altura es mayor el área con insuficiencia de agua y se pierde mucha fuera del cantero ya sea por el viento o la evaporación.

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

**Evaluation of the irrigation application by means of microjets to different heights under organoponic conditions.**

---

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Avenida Camilo Cienfuegos y Calle 27, Arroyo Naranjo, La Habana, Cuba, telf. 6912533.

[dptoriego3@iagric.cu](mailto:dptoriego3@iagric.cu)

## ABSTRACT

The work was developed in the experimental organoponic of the Research Institute on Agricultural Engineering (IAgric) Arroyo Naranjo, municipality in Havana province, with the objective of evaluating the irrigation quality by means of the study of distribution patterns when placing to different heights the diffuser on the bed. Bed of 1,20 m an 10 m long were used to settle lateral with microjet located to different heights, (on the irrigation lateral to 5 cm of height, 10cm, 25 cm and 60 cm). They were carried out different pluviometric tests to determine irrigation quality parameters. According to the results obtained, water volumes fallen outside the bed increase with emitter's height, having bigger affectation when the emitter is placed to 60 cm getting losses of 44,6% of the water outside the bed. When the emitter is placed on the lateral one, to 5 and 15 cm of height, the excessively watered area of 72,2% increases to 83,33%, diminishing the insufficiently watered area reaching values between 5,55% and 16,66%. The coefficient of uniformity increased as emitter's height increases, improving the distribution of the water inside the bed. An emitter's height of 15 cm is recommended on the bed until the 15 centimeters, to more height it is bigger the area with inadequacy of water and which gets lost outside the bed due to wind or evaporation.

**Key words:** Coefficient of uniformity, emitter, pluviometry.

## INTRODUCCIÓN

Los rendimientos actuales de los cultivos en Cuba están por debajo de los valores que deben alcanzar con sistemas de riego lo cual disminuye la eficiencia de utilización del agua y además la rentabilidad del mismo. Los problemas que determinan los altos consumos brutos de agua por la agricultura derivan de la baja eficiencia en el uso de la misma. La eficiencia en el uso del agua depende de varios componentes que van desde su 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. 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 diferentes la cuantía de cada tipo de pérdida según el tipo de suelo,

dimensiones del cantero y sistema de riego Ribeiro et al. (2012). Conceptualmente, la idoneidad de un riego depende del incremento del agua almacenada en la zona radicular del cultivo producido por el mismo (Shilo, 2000).

Cuba ya cuenta con más de 5000 unidades de organopónicos, huertos intensivos y semiprotegidos (Páez, 2013), cuyas fuentes de abasto de agua para el riego son diversas y en gran por ciento 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 desarrolla 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.

## **MATERIALES Y 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. Se utilizaron 15 canteros separados a 0,5 m, 10 m de largo y 1,20 m de ancho, delimitados por guarderas de 0,25 m de altura.

El sustrato utilizado consistió en una mezcla de suelo Ferralítico Rojo (50 %) y materia orgánica (cachaza 50 %). 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.

El cultivo utilizado fue la lechuga (*Lactuca sativa* L. var. BSS-13), caracterizada por formar roseta de hojas abiertas de color verde claro trasplantada en un marco de 0,15 m entre plantas y 0,20 m entre hileras, (Grupo Nacional de Agricultura Urbana, 2011).

Los tratamientos fueron los siguientes:

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 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 0,20 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 y lateral enterrado a 0,05 m.

### **Métodos utilizados para las mediciones pluviométricas**

Siguiendo los criterios anteriormente expuestos, se determinó la eficiencia de descargada del difusor durante el tiempo de riego en el área de estudio, (cantero y pasillo).

Para ello utilizamos la siguiente expresión:

$$Ed = \frac{ADC}{ADE} * 100$$

.....1

Donde:

ADE: agua descargada por el emisor en el tiempo de riego (litros).

ADC: agua depositada dentro del área del cantero (litros).

Ed: Eficiencia de descarga %

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 72 pluviómetros espaciados a 0,25 m, de diámetro interior de 47,9 mm y área de captación de 1801,1 mm<sup>2</sup>, con la finalidad no solo de captar el agua que se aplicaba sobre el cantero, sino también la que caía en los pasillos entre canteros.

Las primeras evaluaciones pluviométricas se realizaron sin cultivo y después con el cultivo de lechuga a los 10 días después del trasplante. Una vez calculada la lámina de agua que queda dentro del cantero a disposición de la planta, se determinó la distribución de la aplicación.

La uniformidad del riego indica el grado de igualdad de dosis recibida por los diferentes puntos del área.

Un criterio general para determinar la uniformidad con que se distribuye el agua aplicada por un micro aspersor o difusor lo es el coeficiente de uniformidad de Christiasen, el cual se calculó según la Norma Internacional NC ISO 11545: 2005 enriquecida por los criterios de Wu et al. (1983) y Tarjuelo, (1999).

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

X<sub>i</sub>= lámina de agua colectada en cada pluviómetro (mililitro).

X= lamina media de agua colectada (mililitro).

n= cantidad de pluviómetros.

Además se determinaron otros parámetros como:

-Área Regada Adecuadamente (ARA): basada en la lámina que está dentro del rango del 10% por encima y por debajo de la lámina media.

-Área Regada Excesivamente (ARE): basada en la lámina que está por encima del 110% de la lámina media.

-Área Regada Insuficientemente (ARI): basada en la lámina que está por debajo del 90% de la lámina media.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la eficiencia con que se descargó el agua en los distintos tratamientos. Podemos observar que a medida que el emisor de riego se coloca a mayor altura, las pérdidas de agua son mayores, disminuyendo por ende la cantidad de agua que cae dentro del cantero y que queda a disposición de las plantas para ser usada. Las láminas de agua colectadas en los pasillos entre canteros, se incrementan a medida que aumenta la altura de colocación del difusor sobre el sustrato. Aunque el viento alcanzó una velocidad de 0,0 m. s<sup>-1</sup> y despreciable en algunos momentos de la evaluación, siempre mueve con facilidad las finas gotas de la lluvia de aplicación del microjet.

Similares resultados fueron encontrados por León et al (2009) y Rodríguez, 2007 al evidenciar que sobre la distribución del agua en el cantero pueden actuar muchos factores, dentro de ellos uno de gran importancia, la velocidad del riego.

En la Figura 1, se representa el patrón de distribución del agua dentro del cantero y los pasillos, como podemos observar a medida que elevamos el emisor sobre el cantero va aumentando la lámina de agua en los pasillos, el caso tope es el tratamiento 5.

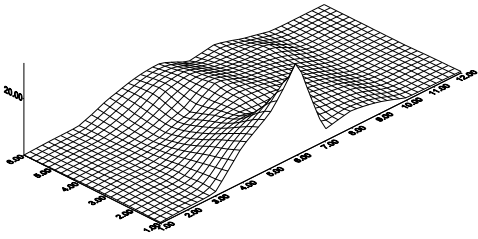
**Tabla 1.** Eficiencia con que se descargó el agua dentro del cantero, durante la prueba pluviométrica sin plantas.

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 (litro)	9,34	9,34	9,34	9,34	9,34
Volumen de agua caído fuera del cantero (litro)	0,65	1,23	1,37	1,62	4,16
Volumen de agua caído dentro del cantero (litro)	8,69	8,11	7,97	7,72	5,18
Eficiencia de descarga (%)	93	87	85,4	82,6	55,4
Porcentaje de agua caída fuera del cantero (%)	7	13	14,6	17,3	44,6

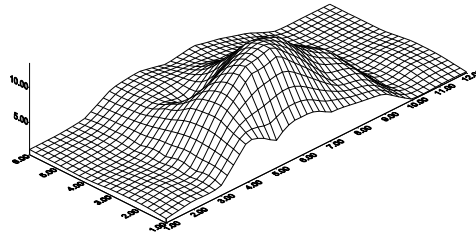
En la tabla 2 se muestran los resultados del Coeficiente de Christiasen y las áreas normal, suficiente e insuficientemente humedecidas, determinadas de los resultados de la prueba pluviométrica dentro del cantero. Al contrario de lo acontecido anteriormente, la distribución del agua asperjada por el difusor aumentó a medida que el emisor fue colocado a mayor altura, pues con el aumento de la altura el radio de alcance del difusor es mayor y mejor y más uniforme es el patrón de humedecimiento.

En cuanto a las áreas humedecidas, se puede notar que existen mayores áreas

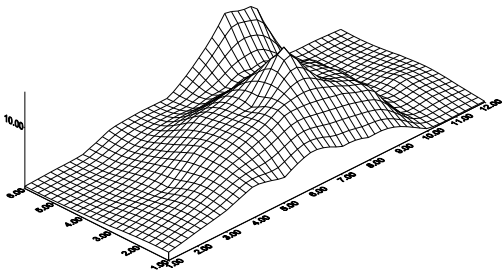
sobre humedecidas en los tratamientos de menor altura del emisor, pues al distribuirse un mayor volumen de agua en una misma área necesariamente tendrá que existir zonas sobre humedecidas. Como se puede observar en la Tabla 3, a medida que aumenta la altura de los emisores desde el lateral sobre el cantero (T1) hasta los 0.60 m sobre el sustrato (T6), hay un incremento del volumen de agua a aplicar de 107,1 L por cantero, debido a que disminuye la eficiencia de descarga en un 37,6 % y por lo tanto hay que aplicar una lámina mayor para que realmente llegue la necesaria al cultivo.



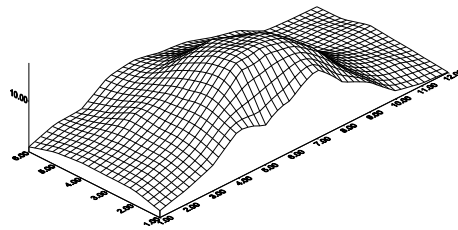
Tratamiento 1



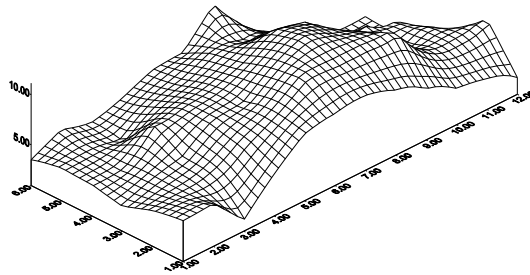
Tratamiento 2.



Tratamiento 3



Tratamiento 4.



Tratamiento 5

**Figura 1. Distribución del agua asperjada por el difusor, dentro y fuera del cantero.**

Todo esto influye en el consumo de energía para el bombeo, la cual aumenta en  $0,64 \text{ Kw.h}^{-1}$ , esto se debe a que también aumenta el tiempo de riego para satisfacer el consumo del cultivo. Desde el punto de vista material, también es

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, esto encarece el costo del sistema.

**Tabla 2.** Eficiencia de distribución del agua dentro del cantero, según Christiasen, (1945) durante una prueba pluviométrica con plantas.

Parámetros	Tratamientos				
	1	2	3	4	5
Lámina media (mm/h)	4,326	3,372	3,758	5,429	4,319
Área humedecida Adecuada (%)	16,667	11,111	8,333	13,889	30,556
Área excesivamente humedecida (%)	72,222	83,333	75,000	38,889	33,333
Área insuficientemente humedecida (%)	11,111	5,556	16,667	47,222	36,111
Coefficiente de Uniformidad de Christiasen (%)	57,921	60,692	63,271	65,161	81,068

**Tabla 3.** 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)	154,7	165,5	169,4	175,6	261,8
Tiempo de riego (h)	0,22	0,24	0,24	0,25	0,38
Consumo de energía (Kw.h <sup>-1</sup> )	0,88	0,96	0,96	1	1,52
Cantidad de extensores de 6 mm Ø en cantero de 24 m de largo.	-	3,6	4,8	6	14,4

### CONCLUSIONES

- Los tratamientos 1, 2 y 3 con muy poca altura de los emisores (sobre el lateral, a 10 cm y 15 cm), presentan los más bajos valores de pérdida de agua fuera del cantero y mayor eficiencia de descarga del agua dentro del mismo.
- El tratamiento 5, con altura del emisor sobre el cantero de 60 cm, presenta las

mayores pérdidas de agua fuera del cantero con 4,16 litros.

- Cuando se coloca el emisor sobre el lateral, a los 5 cm y 15 cm de altura, aumenta el área excesivamente regada de 72,2 % a 83,33%, disminuyendo el área insuficientemente regada alcanzando valores entre 5,55% y 16,66%.

- El coeficiente de uniformidad aumenta a medida que aumenta la altura de los emisores, es decir aumenta la distribución del agua asperjada dentro del cantero.
- A medida que aumenta la altura del emisor sobre el cantero aumenta el consumo de agua, tiempo de riego y mayor consumo de energía por el aumento del tiempo de bombeo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GRUPO NACIONAL DE AGRICULTURA URBANA.: Manual Técnico para organopónicos , Huertos Intensivos y Organoponía Semiprotegida, p-184 7ma. Edición, C. de La Habana, 2011.

LEÓN, R. ,Y, RODRÍGUEZ. Influencia de la altura del emisor en la uniformidad del riego en organopónicos. Conv. Internacional de Ingeniería Agrícola. 2009.

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.

NC ISO 11545:2005. Máquinas agrícolas para riego–pivotes centrales y máquinas de avance frontal equipadas con boquillas difusoras o aspersores–

determinación de la uniformidad de distribución del agua, Vig. 2005.

PÁEZ, E. La Agricultura Urbana y Suburbana en el contexto cubano. *Agricultura Orgánica*. 19 (1). 2013

RIBEIRO, D., N, FURTADO, F, NOBRE. "Distribucão de laminas de agua em sistema de irrigação por aspersão fixo" *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. 2012.

RODRÍGUEZ, Y. Influencia de la altura del emisor en la uniformidad del riego en organopónicos. Tesis en opción al título de Ingeniera Agrónoma. Univ. de Matanzas Camilo Cienfuegos. 2007.

SHILO, C. Riego por Aspersión puede aumentar su eficiencia? *Revista Internacional de Agua y Riego*. Vol20. No 4. 2000.

Tarjuelo J.M. El riego por aspersión y su tecnología. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 1999.

WU, I-PAI AND H.M. GITLIN. Sprinkler Irrigation Design for Uniformity on slopes. *Transactions of the ASAE*, 1983: 1698-1703. 1983.