

# Evaluación de la uniformidad del riego por goteo en condiciones de casas de cultivo en explotación

## *Evaluation of the irrigation uniformity in drip liner under green house conditions*

Reinaldo Cun González<sup>1</sup>; Omar Puig Estrada<sup>2</sup>; Carlos Morales Gómez<sup>2</sup> y Carmen Duarte Díaz<sup>3</sup>

**RESUMEN.** En Cuba existen 673 casas de cultivo de diferentes dimensiones, 12 m x 45 m y 20 m x 40 m agrupadas en 24 módulos (42 ha), distribuidos en 13 provincias, las que brindan a la población y al mercado de frontera producciones entre las 200 t·ha<sup>-1</sup> y 300 t·ha<sup>-1</sup> de hortalizas por año. Para las que los especialistas del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, proyectaron sistemas de riego por goteo. En la obtención de cosechas de buena calidad y altos rendimientos es imprescindible que los sistemas de riego funcionen con una elevada eficiencia. El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de determinar la uniformidad del riego a través del cálculo del coeficiente de uniformidad (Cu) del sistema trabajando con un solo lateral y con dos laterales de gotero sobre el cantero en condiciones de producción. El estudio se realizó en el módulo de casas de cultivos "Las Guásimas", situada en la provincia de La Habana a los 23° 00'; 33,12" Latitud Norte y 82° 17'; 42,57" Longitud Oeste, a 92 m sobre el nivel medio del mar, Municipio Arroyo Naranjo; donde quedó demostrado que el coeficiente de uniformidad para el gasto de los emisores, clasifica en la categoría de bueno (> 80%), pero fuera del valor nominal recomendado por el fabricante (2 L·h<sup>-1</sup>) para ambas situaciones. El Cu general de los sistemas fue bueno y excelente (> 80 y > 90%). Concluimos que fue superior el coeficiente de uniformidad de los gastos y del sistema en general (incluyendo presiones), cuando se utilizó un lateral por hilera de cultivo. Los sistemas de riego en estas unidades productivas funcionan en muchos casos con presiones superiores a las calculadas por proyecto, lo que provoca que el gasto de los emisores sea superior a los diseñados por el fabricante.

**Palabras clave:** emisores, unidad de riego, lateral de riego, gasto del emisor, presión de trabajo.

**ABSTRACT.** There are 673 greenhouses in Cuba, their dimensions ranges between (12 m x45 m y 20 m x 40 m) and they belong to 24 modules spread along 13 provinces with a production of (200 t·ha<sup>-1</sup> y 300 t·ha<sup>-1</sup>) vegetables nearly. In this units drip irrigation is used. To obtain good quality harvestings is important that the systems perform with a high uniformity. The research was developed with the main objective of determining the irrigation uniformity through the calculation of the uniformity coefficient (Cu) of the system working with one lateral on the furrow and with two lateral of dripper on the bed under production conditions. The study was carried out in the module of greenhouses "Las Guásimas", located in Arroyo Naranjo municipality in Havana City province to 23° 00 ' ; 33,12 North latitude and 82° 17 ' ; 42,57 longitude West, to 92 m on the sea level. The results demonstrated emitters work with good uniformity in the rates (> 80%), but outside of the value recommended by the manufacturer (2 L·h<sup>-1</sup>) for both situations. The general Cu of the systems was excellent and good (> 80 and> 90%). We conclude that it was higher the coefficient of uniformity of the rate and the system in general when a lateral by furrow instead of two. The irrigation systems in these productive units operate with higher pressures to those stated by the project, that's why the rate of the originators is superior to those outlined by the maker.

**Keywords:** emitters, irrigation unit, irrigation lateral, expense of the emitter, working pressure.

## INTRODUCCIÓN

Los cultivos protegidos, como modalidad de horticultura intensiva, han cobrado un notable auge y difusión desde la década de los noventa debido a la necesidad imperiosa de pro-

ducir vegetales frescos en lugares y épocas del año donde su desarrollo se ve limitado e imposibilitado en muchas regiones del mundo. A mediados de la primera década del 2000, los especialistas del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, proyectaron sistemas de riego por goteo para casas de

**Recibido** 09/09/09, aprobado 12/11/10, trabajo 07/11, investigación

<sup>1</sup> MSc., Ing., Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Apdo. postal 6090. La Habana, Cuba, Telefax: 6911038, E-✉: rcun@iird.cu

<sup>2</sup> Ing. Inv. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Ave. Camilo Cienfuegos y Calle 27, Arroyo Naranjo, La Habana, Cuba.

<sup>3</sup> Dr.C., Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Ave. Camilo Cienfuegos y Calle 27, Arroyo Naranjo, La Habana, Cuba

Cultivo Tropical, con diseño cubano y efecto sombrilla (largo 12 m, ancho 45 m y 40 m de largo y 20 m de ancho). En la actualidad el país cuenta con 24 módulos con un total de 673 casas diseminadas en 13 provincias, lográndose producciones hasta las 200 t·ha<sup>-1</sup> por año en el caso del cultivo del tomate y alrededor de 300 t·ha<sup>-1</sup>, en el caso del pepino, etcétera, las que son destinadas al mercado nacional y de frontera (Ministerio de la Agricultura, 2009).

Estos sistemas de riego fueron concebidos, en una primera versión con un lateral por hilera de plantas, separados a 0,40 m entre emisores y 1,00 m entre laterales. En la actualidad se le adicione otro lateral, llegando a ser dos por cantero con una sola hilera de plantas al centro. La separación entre emisor es de 0,40 m y entre lateral 0,30 m. Este cambio se realiza para lograr mayor pluviometría (L·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>), disminuyendo así la distancia entre planta por metro cuadrado y por tanto aumentar los rendimientos. Uno de los indicadores importantes en la determinación del buen funcionamiento de estos sistemas es la uniformidad del riego, ésta es una magnitud que interviene en su diseño hidráulico. En función de la misma, se definen los límites entre los que se permite que varíen los caudales de los emisores, de ahí la importancia de evaluar dicho indicador en las instalaciones en funcionamiento. (Ruiz, 1988 y Rodrigo, 1991). Un sistema de riego debe distribuir el agua uniformemente por toda la superficie regada de manera que todas las plantas reciban la misma cantidad y satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos durante el intervalo entre riegos. (Pizarro, 1987).

La aplicación eficiente del agua, equivale a un manejo óptimo del riego, lo que permite la obtención de rendimientos altos y estables, logrando un ahorro en el consumo de este preciado líquido utilizado en otras esferas productivas y sociales.

En la práctica es muy difícil que un sistema de riego opere con una uniformidad perfecta, una forma de evaluarla es mediante el Coeficiente de Uniformidad (Cu). Tomando en consideración los elementos antes expuestos, se desarrolla el presente trabajo con el objetivo principal de evaluar el comportamiento de la uniformidad del riego mediante la determinación del coeficiente de uniformidad del sistema (Cus) en un modulo de casas de cultivo utilizando laterales con goteros integrados a la tubería.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el modulo de casas de cultivos “Las Guásimas”, situado en la provincia Ciudad de La Habana, Municipio Arroyo Naranjo, a los 23° 00’; 33,12” Latitud Norte y 82° 17’ 42,57” Longitud Oeste, a 92 m sobre el nivel medio del mar. El módulo cuenta con 18 casas de 12 m x 45 m.

El suelo se clasifica como un *Ferralítico Rojo Hidratado* (Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, 1984).

El emisor utilizado es no autocompensante, integrado en tubería de PEBD 15,50 x 13,50 mm, el cual entrega un caudal de 2,00 L·h<sup>-1</sup> con una presión de trabajo 10,0 m.c.a. (ecuación

del emisor:  $q=0,6h^{0,52}$ ), la separación entre emisores es de 0,40 m. El coeficiente de variación de fabricación CV es del 3,00% lo cual lo sitúa en la categoría A (IIRD, 2005).

En la Tabla 1 se puede observar los diferentes parámetros de diseño de los módulos de casas de cultivo.

Las determinaciones en los sectores se realizaron en condiciones de explotación. Un caso de estudio consistió en medir en cuatro casas representativas del módulo, la uniformidad del riego al utilizar un lateral de gotero por hilera de cultivo, separados los laterales entre sí a 1,00 m y los emisores a 0,40 m. El segundo caso de estudio, consistió en dos laterales de riego con una hilera de cultivo por el medio sobre un cantero, separados los laterales a 0,30 m a ambos lados de la hilera del cultivo y los emisores a 0,40 m en la misma cantidad de casas.

**TABLA 1. Parámetros de diseños de los módulos de riego de las casas de cultivo**

Datos de diseño	UM	Casa de Cultivo
Cultivos emisores		Hortalizas Twin Drip
Caudal	L·h <sup>-1</sup>	2,00
Pluviometría	mm·h <sup>-1</sup>	5,00
Presión de trabajo	m.c.a	10
Lámina de riego.	mm·días <sup>-1</sup>	3,5
Intervalo de riego	días	1,17
Tiempo de aplicación	h·días <sup>-1</sup>	0.82
Tiempo de operación diario	h	8
Presión en el cabezal	m.c.a	15
Presión en la válvula hidráulica	m.c.a	12

Fuente: IIRD (2005).

La uniformidad se evaluó mediante el coeficiente de uniformidad (Cu). En este caso se utilizó la metodología descrita por Merrian y Keller (1978).

Se midieron las presiones a la salida del cabezal principal y en las válvulas hidráulicas que se encuentran a la entrada de las casas de cultivo utilizando un manómetro con una escala de 0 a 60 m.c.a y una aguja manométrica.

### Coeficiente de uniformidad para el gasto:

$$Cu_g = 100 \times \left( \frac{\bar{Q}_{25}}{\bar{Q}_n} \right)$$

$\bar{Q}_{25}$ -Media de los valores del 25% más bajo del gasto registrado en el emisor;

$\bar{Q}_n$ -Media del total de los valores de gasto.

### Coeficiente de uniformidad del sistema:

$$Cu_s = Fc \times Cu_g$$

$Cu_g$ -Coeficiente de uniformidad del gasto;

$Fc$ -Factor de corrección.

$$Fc = \left( \frac{\bar{H}_{25}}{H_n} \right)^X$$

$H_{25}$ -Media de los valores del 25% más bajo de las presiones registradas;

$H_n$ -Media del total de los valores de presión.

Los valores de presión se tomaron en las válvulas hidráulicas a la entrada de las casas y a la salida del cabezal de riego.

Valores recomendados para caracterizar el Cu, según Merriam y Keller (1978):

90%-100%	Excelente
80%-90%	Bueno
70%-80%	Aceptable
< 70%	inaceptable

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra los valores de  $Cu_q$  (%) de los gastos de los emisores y del Coeficiente de uniformidad del sistema en general ( $Cu_s$ ) al utilizar un lateral por hilera de plantas. El valor de  $Cu_q$ , fue de 94,76% y el de  $Cu_s$  de 93%, clasificándose ambos de excelentes según Merriam y Keller (1978). Resultados similares fueron encontrados por Ajete y Bonet (2007) y Bonet y Miriel. (2007) en evaluaciones realizadas en casas de cultivo de 12 m x 45 m con goteros, donde los coeficiente de uniformidad obtenidos estuvieron cercanos al 94%.

Al momento de la evaluación las presiones de trabajo en el cabezal y en la válvula a la entrada de la casa, resultaron superiores a las de diseño, con valores de 25 mca y 13 mca, respectivamente. Esto provocó un valor de caudal medio del emisor (2,78 L·h<sup>-1</sup>) superior al que debe entregar el emisor. Similares resultados fueron encontrados por Cruz y León (2007), al estudiar el comportamiento de los goteros en casas de cultivo.

**TABLA 2. Comportamiento del Coeficiente de uniformidad (Cu) de los gastos con un lateral de riego por goteo**

Subunidad de riego	Presión en el cabezal, m.c.a	Presión media en la válvula a la entrada de la casa, m.c.a	Caudal medio, L·h <sup>-1</sup>	$Cu_q$ , %	Fc	$Cu_s$ , %
Funcionando dos Casa de Cultivo al mismo tiempo.	25	13	2.78	94,76	0,98	93

Fc: Factor de corrección.

La Tabla 3 muestra los valores de  $Cu_q$  (%) de los gastos de los emisores y del Coeficiente de uniformidad del sistema ( $Cu_s$ ) cuando se utilizaron dos laterales por cantero. El valor de  $Cu_q$ , fue de 88,71% y el de  $Cu_s$  de 83,37%, clasificándose ambos de bueno según Merriam y Keller (1978). Valores similares de  $Cu_q$  en el sistema (89,90%), fueron encontrados por Cun *et al.* (2008), al fertirrigar con doble hileras de tuberías con goteros insertados.

**TABLA 3. Comportamiento del Coeficiente de uniformidad (Cu) de los gastos con dos laterales de riego por goteo**

Subunidad de riego	Presión en el cabezal, m.c.a	Presión media en la válvula a la entrada de la casa, m.c.a	Caudal medio, L·h <sup>-1</sup>	$Cu_q$ , %	Fc	$Cu_s$ , %
Funcionando dos Casa de Cultivo al mismo tiempo.	25	13	2,93	88,71	0,94	83,38

De igual forma las presiones de trabajo en el cabezal y en la válvula a la entrada de la casa, resultaron superiores a las de diseño, con valores de 25 mca y 13 mca, respectivamente. Esto provocó un valor de caudal medio del emisor (2,93 L·h<sup>-1</sup>) superior al que debe entregar el mismo. Cun *et al.* (2009), con el empleo de micro difusores en condiciones de organopónicos, obtuvo valores de uniformidad en el sistema clasificados como buenos, cuando los emisores trabajaron fuera de sus parámetros técnicos.

Fontela *et al.* (2009), demostraron que el manejo del riego (tiempo de aplicación y presión en cabecera de riego), influye en los resultados del coeficiente de aplicación del riego y uniformidad de distribución. Por su parte Charles y Burt. (2002), señalan que para llevar a cabo un correcto manejo del riego se necesita conocer el caudal con que se cuenta para en función de éste, determinar el tiempo de riego, de acuerdo a las necesidades hídricas de los cultivos. Cuanto más elevada sea la

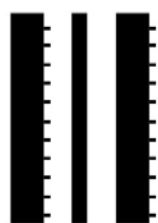
uniformidad del sistema al aplicar el agua más uniforme será el crecimiento de los cultivos y proporcionará al final del ciclo altos rendimientos agrícolas.

## CONCLUSIONES

- Las presiones de trabajo en el cabezal y en la válvula a la entrada de la casa, así como los caudales medios de los emisores, resultaron en ambos casos, superiores a las de diseño.
- El coeficiente de uniformidad para el gasto ( $Cu_q$ ) alcanzó valores de 94,76% y 88,71% para uno y dos laterales, respectivamente, siendo superior cuando se utilizó un solo lateral.
- El coeficiente de uniformidad del sistema ( $Cu_s$ ) tuvo valores de 93% y 83,37% para uno y dos laterales, quedando demostrado la superioridad del uso de un solo lateral.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJETE, M.; C. BONET: Criterios sobre la uniformidad del riego en casas de cultivos protegidos y sistemas semiprotegidos de las provincias centrales, En: **Memorias de Cubariego 2007**, La Habana, Cuba, 2007.
- BONET, C.; A. MIRIEL: *Criterios sobre la uniformidad del riego en casas de cultivo s protegidos y Sistemas Semiprotegidos de la provincia Camagüey* (monografía en ordenador). Camagüey, Cuba, 2007.
- CHARLES, M.; P. BURT: "Riego por goteo y por micro aspersión para árboles, vides y cultivos anuales", *Vida Rural*, 1: 744-760, 2002.
- CUN, R.; C. DUARTE; L. MONTERO: "Producción orgánica de tomate mediante la aplicación de humus de lombriz y EcoMic® en condiciones de casa de cultivo", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(3): 22-25, 2008.
- CUN, R.; O. PUIG; C. MORALES: "Comportamiento del coeficiente de uniformidad del riego por microaspersión en condiciones de organopónicos y huerto intensivo", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(3): 35-36, 2009.
- CRUZ, R.; L. LEON: Evaluación del sistema de riego localizado del cultivo del pimiento (*Capsicum anum* L.) en casas de cultivo protegido en las condiciones de la Empresa Pecuaria Genética Camilo Cienfuegos., En: **Memorias de Cubariego 2007**, La Habana, Cuba, 2007.
- FONTELA, C.; S. SALATINO; C. MIRÁBILE: Riego por goteo en Mendoza, Argentina: evaluación de la uniformidad del riego y del incremento de salinidad, sodicidad e iones cloruro en el suelo. *Rev. FCA UN Cuyo*, XLI(1): 135-154, 2009.
- Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía*, Mapa de Suelos, escala 1/25000, ICGC, Edición 1, La Habana, Cuba, 1984.
- IIRD: *Proyecto de riego localizado para cultivos protegidos y semiprotegidos en "Las Guácimas*, 7pp., Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD), La Habana, Cuba, 2005.
- MERRIAN, J.; J. KELLER: *Farm irrigation system evaluation. A guide for management*, Dept. Agric. Irrig, Utah St. Univ. Logan, USA, 1978.
- MINISTERIO DE LA AGRICULTURA, CUBA: *Documento Rector para el Desarrollo de los Cultivos Protegidos en Cuba*, 21pp., La Habana, Cuba, 2009.
- PIZARRO, F.: *Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF): gotero, microaspersión, exudación*, 300pp., Ediciones Mundi-prensa, Madrid, España, 1987.
- RODRIGO, P.: *Proyecto TCP/CUB/005. Riego localizado automatizado para el cultivo del plátano*, 30pp., Primer Informe, FAO, Cuba, 1991.
- RUIZ, J.: *Explotación de los sistemas de riego localizado. Curso para explotadores*, 50pp., Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, MINAG, Melena del Sur, La Habana, Cuba, 1988.



# GIAF