

# Criterios sobre la uniformidad de riego en cultivos protegidos de las provincias centrales

## *Criterion about the irrigation uniformity in greenhouses of the central provinces*

Miriél Ajete Gil<sup>1</sup>, Camilo Bonet Pérez<sup>1</sup>, Carmen Duarte Díaz<sup>2</sup>, María C. Vargas Cruz<sup>3</sup> y Valia Pérez García<sup>3</sup>

**RESUMEN.** El presente trabajo tiene como objetivo evaluar aspectos técnicos en sistemas de riego de las provincias centrales del país pertenecientes al Programa de Cultivos Protegidos del MINAG. A partir de la puesta en explotación de los primeros módulos comienzan a presentarse deficiencias en la uniformidad del riego. En las casas de posturas, en Camagüey se ensayó una solución alternativa utilizando el emisor bailarina con resultados preliminares aceptables, experiencia que se extendió posteriormente a otros módulos. Además se realizaron evaluaciones de uniformidad del riego en cuatro provincias, los resultados ratifican la calidad del riego por goteo con el emisor Twin Drip utilizado en cultivos protegidos, mientras en las casas de posturas con el emisor microjet de 2 x 140° de 1 mm de producción nacional los resultados fueron ineficientes, y con el emisor “bailarina” fueron aceptables.

**Palabras clave:** cultivos protegidos, microaspersión, riego por goteo.

**ABSTRACT.** To evaluate technical aspects of irrigation systems in the central provinces of Cuba, belongs to Covering Crop Program of the Agriculture Ministry the present paper was developed. At the starting phase of the first modules appears deficiencies in the irrigations uniformity at the nursery, in Camagüey province an alternative solution was using the emitter “bailarina” (dancer) with acceptable preliminary results, this experience was later extended to other modules. Evaluations about the irrigation uniformity were made in four other provinces, the results stated the quality of drip irrigation using the Twin Drip dropper in greenhouses, in the nursery the results using the microjet of national production were inefficient, while with the using “bailarina” they were acceptable.

**Keywords:** greenhouses, micro sprinkler irrigation, drip irrigation.

## INTRODUCCIÓN

El programa de Cultivos Protegidos del Ministerio de la Agricultura se revitaliza a partir del año 2005 mediante el montaje de un grupo de módulos de cultivos protegidos en el país, con prioridad para la región oriental como parte de la estrategia de enfrentamiento a la sequía.

A partir de la puesta en explotación de los primeros módulos comienzan a presentarse en ellos criterios de la mala uniformidad del riego en las casas de posturas, al mismo tiempo, se hizo evidente la necesidad de una evaluación técnicamente fundamentada sobre la calidad del proceso de riego en los nuevos módulos de Cultivos Protegidos. Para darle solución al problema descrito se plantean los siguientes objetivos:

1. Evaluar la uniformidad de riego por goteo del emisor Twin Drip en cultivos protegidos,
2. Evaluar y comparar la uniformidad de riego del emisor microjet 2 x 140° de 1 mm de producción nacional y del emisor “bailarina” en las casas de posturas.
3. Valorar el gasto del emisor por goteo Twin Drip con relación al gasto teórico de 2 L/h, así como el gasto del emisor microjet 2 x 140° de 1 mm de producción nacional y del emisor “bailarina” en la casa de posturas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en cuatro módulos de cultivos protegidos y semiprotegidos “La Quinta”, “Santana”, “Las

**Recibido** 24/07/10, aprobado 31/03/11, trabajo 25/11, investigación.

<sup>1</sup> Ing., Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera Fontanar-Wajay km 2 ½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, Telef. 033-214045, E-✉: [mercy@cav.minauditoria.cu](mailto:mercy@cav.minauditoria.cu)

<sup>2</sup> Dr. C., Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric).

<sup>3</sup> Ing., Inv., Departamento de Riego y Drenaje, Delegación de la Agricultura, Sancti Spiritus, Cuba.

Flores” y “Siguaraya” perteneciente a las provincias de Sancti Spiritus, Ciego de Ávila, Camagüey y Las Tunas respectivamente.

Se evaluaron dos técnicas de riego de tres tipos de emisores (goteo Twin Drip, microjet 2x140<sup>o</sup> de 1 mm de producción nacional y miniaspersor bailarina). Dichas técnicas fueron concebidas con las características siguientes: el emisor Twin Drip integrado en tubería de PEBD 15,50 x 13,50 mm ubicados a 0,40 x 1,00 m se utilizó en las casas de cultivos, con vista a obtener criterios del comportamiento del sistema riego en distintas condiciones se seleccionaron casas en los módulos de Sancti Spiritus y Las Tunas con condiciones de pendiente ligera y en los módulos de Camagüey y Las Tunas sin pendiente. Mientras en las casas de posturas se utilizó el microjet de 2 x 140<sup>o</sup> de 1,0 mm de producción nacional a una disposición de 1,0 x 2,0 m según proyecto, y el emisor “bailarina” colocado aéreo a una altura con respecto a las bandejas de 1,39 m en Sancti Spiritus y Ciego de Ávila y de 1,50 m en Camagüey y Las Tunas, con un espaciamiento de 3,0 m x 4,0 m, como solución alternativa.

La presión de trabajo necesaria a la entrada de las casas de cultivo es de 11,50 m.c.a. y en las casas de posturas de 17,50 m.c.a. Los emisores empleados presentan las siguientes características: el gotero Twin Drip entrega un gasto de 2 L/h a una presión de 10,00 m.c.a., el emisor microjet (2 x 140<sup>o</sup> x 1.0 mm) entrega un caudal de 40,65 L/h a una presión de 15,00 m.c.a. y el emisor “bailarina” a la misma presión entrega un gasto de 60,00 L/h. (IIRD, (2005; IIRD, 2005a; IIRD, 2005b e IIRD, 2005c).

Con el propósito de conocer el comportamiento de la calidad del riego y sustentar criterios para el manejo y la explotación se evaluó la uniformidad de riego por goteo con la selección de goteros a aforar según el planteamiento del procedimiento de campo descrito por Merriam y Keller (1978), se determinó también el Coeficiente de Uniformidad definido por Keller y Bliesner (1990) y el Coeficiente de variación total de caudales (CV) según Bralts y Kesner (1998).

Para el riego por microaspersión (microjet 2x140<sup>o</sup> de 1 mm de producción nacional y bailarina) se evaluaron los parámetros de uniformidad del riego por la metodología para la evaluación hidráulica de aspersores de García *et al.* (1977). Se calculó el coeficiente de uniformidad presentado por Christiansen, (1942).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observa el comportamiento del coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de variación total de caudales (CV) del emisor por goteo Twin Drip en cultivos protegidos en las diferentes provincias (Tabla No. 1). Los resultados del Cu de riego son de 83,5% en Sancti Spiritus y 96% en Ciego de Ávila en casas de 12 x 45 m, siendo evaluadas de aceptable y excelente, respectivamente. Por su parte Camagüey obtuvo un Cu de 94,8% para casas de 12 x 45 m y 91,3% para casas de 20 x 40 m, resultando de excelente y buena, respectivamente. En los módulos de la provincia Las Tunas el Cu alcanzó valores de 86,5% para (12 x 45 m) y 85,5% (20 x 40 m) considerados

de aceptables en ambos casos. Resultados similares encontró Cruz *et al.* (2007), al determinar el Cu en cultivos protegidos, obteniendo valores de Cu entre aceptables y excelentes de acuerdo a la clasificación de la ASAE (1978). Teniendo en cuenta los valores obtenidos, podemos decir que la eficiencia del riego es satisfactoria; señalan Hernández *et al.* (1986) que para los fines prácticos se considera que un sistema de riego localizado está técnicamente calculado cuando el coeficiente de uniformidad en la emisión alcanza valor igual o superior al 90%.

Aunque es necesario resaltar que en los módulos evaluados en Sancti Spiritus y Las Tunas, los valores de coeficiente de uniformidad no llegaron a alcanzar la categoría de excelente, clasificando como buenos. Esto se debió fundamentalmente a la pendiente tanto en la dirección del riego como en sentido transversal, lo cual provocó una dispersión de los valores de los volúmenes. Por ejemplo en Sancti Spiritus se obtuvo un incremento del 28% en los resultados observados al final de los laterales con relación al inicio de los mismos, y 12% en el último lateral con respecto al primero, lo cual denota una influencia de la pendiente del terreno en la uniformidad del riego.

La media de las 12 mediciones más bajas ( $V_{25}$ ) se concentra en los dos primeros laterales y en las dos primeras posiciones de emisores de dichos laterales, reflejando una diferenciación acentuada de los volúmenes en la evaluación realizada, resultados similares fueron encontrados en Las Tunas.

Al analizar el coeficiente de variación total de caudales (CV) en los diferentes módulos, se puede apreciar que en Sancti Spiritus se obtuvo un valor de 17,14% y 3,21% en Ciego de Ávila, considerado de bueno y excelente, respectivamente. Por su parte en Camagüey para ambas condiciones los valores oscilaron entre 4,26 % (12 x 45 m) y 5,47 % (20 x 40 m), incluidos en la categoría de excelente. Mientras que en Las Tunas los valores alcanzaron un 20,12% (12 x 45 m) y 7,41% (20 x 40 m) clasificando de aceptable y excelente, respectivamente. Lo que indica que la calidad del riego por goteo con el emisor Twin Drip es satisfactoria.

En la Tabla 1 se observan además, los gastos del emisor, resultando en todo los casos superiores a los 2 L/h previstos, según información del fabricante. Manifestando mayores valores en los módulos de Sancti Spiritus y Ciego de Ávila (2,97 y 2,71 L/h, respectivamente). Los valores encontrados, determinan la necesidad de realizar un número mayor de evaluaciones en cada módulo, que permitan ajustar los tiempos de riego al gasto real del gotero. Según Burt y Styles (1999) la optimización del tiempo de riego es muy importante con el objetivo de maximizar la eficiencia de aplicación., la combinación eficaz de las variables de manejo proporcionan una mayor eficiencia; los parámetros caudal de entrada, tiempo de riego, diámetro óptimo de tubería, separación entre emisores, longitud del lateral y presiones de trabajo a lo largo de la tubería, en la práctica representan criterios de manejo que proporcionan una mayor eficiencia y uniformidad de aplicación y pueden variarse para beneficiar los indicadores de calidad. Cada simulación basada en estos conceptos conduce a estrategias para el buen manejo del riego.

Para los efectos del manejo del riego es importante relacionar el tiempo de aplicación con el caudal y las necesidades del cultivo. El objetivo primordial del manejo de los sistemas de riego localizado es lograr una uniformidad de distribución mayor al 90% a nivel parcelario, la correcta solución de estas combinaciones idóneas de variables deben realizarse teniendo

en consideración los parámetros de calidad. Estos principios conducen a lograr patrones de uniformidad de humedad estables, y proporciona al final del ciclo del cultivo altos rendimientos agrícolas, adecuadas eficiencias de aplicación y bajo déficit hídrico (Charles *et al.*, 2002).

**TABLA 1. Comportamiento de los parámetros evaluados en el emisor Twin Drip en casas de cultivos protegidos**

Módulo	Tipo de casa	Presión de entrada (m.c.a)	Caudal (L/h)		Desviación estándar	Cu (%)	CVt (%)
			q <sub>25</sub>	q <sub>m</sub>			
Sancti Spiritus	12 x 45	11,50	2,48	2,97	0,5093	83,5	<b>17,14</b>
Ciego de Ávila	12 x 45	11,50	2,60	2,71	0,0870	96,0	<b>3,21</b>
Camagüey	12 x 45	11,50	2,06	2,20	0,0939	94,8	<b>4,26</b>
Camagüey	20 x 40	11,50	2,10	2,30	0,1260	91,3	<b>5,47</b>
Las Tunas	12 x 45	11,50	1,80	2,08	0,4186	86,5	<b>20,12</b>
Las Tunas	<b>20 x 40</b>	<b>11,50</b>	<b>2,00</b>	<b>2,34</b>	<b>0,1734</b>	<b>85,5</b>	<b>7,41</b>

En la Tabla 2 se presentan los valores de Cu y gasto del emisor microjet 2 x 140<sup>o</sup> de 1 mm de producción nacional en las casas de posturas. Apreciándose que a una presión de 17,50 m.c.a se obtuvo un Cu de 56,7% en Sancti Spiritus y 49,2% en Ciego de Ávila, considerado de inaceptables para ambos módulos. Valores similares fueron obtenidos por Cun, Puig y Morales (2009), al evaluar el mismo emisor en condiciones de organopónico. Se comprobó que este tipo de emisor no es el idóneo para el riego sobre las bandejas para posturas, ya que hay movimiento capilar del agua.

Según Gal (2006), uno de los principios de un riego eficiente es una correcta uniformidad de distribución (Cu del 90% y mayor).

De igual forma, en el módulo de Ciego de Ávila se evaluaron los parámetros de uniformidad para conocer sus efectos con diferentes presiones, estableciéndose cuatro valores a la entrada de la casa de posturas de 17,50; 20,00; 25,00 y 30,00 m.c.a; respectivamente. Se observó un incremento de los valores de uniformidad a medida que aumentaba la presión del sistema alcanzándose un Cu máximo de 66,5% a 30 m.c.a; valorados de inaceptables en todos los casos según Keller y Bliesner (1990). Se producen valores ascendentes del gasto coincidentes con el aumento de la presión, lo que ratifica que esta técnica no es adecuada para el riego en la casa de posturas, además de la baja uniformidad, el aumento de presiones y del gasto afectan en general el balance del sistema de riego ya calculado en el diseño para un buen funcionamiento.

**TABLA 2. Comportamiento de los parámetros evaluados en el emisor microjet 2 x 140<sup>o</sup> de 1 mm de producción nacional**

Emisor microjet 2 x 140 <sup>o</sup> de 1 mm de producción nacional.					
Módulo	Esquema de instalación.	Presión de entrada (m.c.a)	Gasto (L/h)	Cu (%)	
Sancti Spiritus	Superficial	17,50	33,6	<b>56,7</b>	
Ciego de Ávila	Aéreo	17,50	35,7	<b>49,2</b>	
Ciego de Ávila	Aéreo	20,00	42,2	<b>54,4</b>	
Ciego de Ávila	Aéreo	25,00	43,5	<b>59,3</b>	
Ciego de Ávila	Aéreo	<b>30,00</b>	<b>54,4</b>	<b>66,5</b>	

El comportamiento del Cu del emisor “bailarina” en casas de posturas (Tabla No. 3), mostró valores de 79,0% en Sancti Spiritus, 81,7% en Ciego de Ávila, 86,2% en Camagüey y 82,0% en Las Tunas a una presión de entrada de 17,50 m.c.a. El mismo es catalogado de pobre en Sancti Spiritus, y de acep-

table en el resto de las provincias, según el criterio de Keller y Bliesner (1990). Dichos resultados, aunque no son óptimos, si son superiores con respecto al emisor microjet 2 x 140<sup>o</sup> de 1 mm de producción nacional.

**TABLA 3. Comportamiento de los parámetros evaluados en el emisor bailarina**

Emisor bailarina				
Módulo	Esquema de instalación.	Presión de entrada (m.c.a)	Gasto (l/h)	Cu (%)
Sancti Spiritus	Aéreo	17,50	50,7	<b>79,0</b>
Ciego de Ávila	Aéreo	17,50	50,5	<b>81,4</b>
Camagüey	Aéreo	17,50	50,0	<b>86,2</b>
Las Tunas	Aéreo	<b>17,50</b>	<b>50,0</b>	<b>82,0</b>

Para este mismo emisor los valores de gasto alcanzaron valores de 50,7; 50,5; 50,0 y 52,0 L/h, en Sancti Spiritus, Ciego de Ávila, Camagüey y Las Tunas respectivamente, inferiores en todos los casos a los 60,0 L/h reportados, para una presión de 17,50 m.c.a.

Por otra parte, en observación participativa en el terreno y en la aceptación por el regante mostraron diferencias en ambas técnicas, siendo el emisor bailarina el más aceptado por los usuarios.

## CONCLUSIONES

- En cultivos protegidos el emisor por goteo Twin Drip garantiza una elevada uniformidad del riego en condiciones de topografía llana, alcanzando resultados de excelentes; si la pendiente en el interior de la casa es pronunciada en uno u otro sentido se altera la uniformidad del riego.

- En casas de posturas, la variante de riego con el emisor microjet 2 x 140° de 1mm de producción nacional considerada por proyecto resulta inadecuada para los requerimientos de esta tecnología, mientras que el empleo del emisor “bailarina” si garantiza una uniformidad de riego superior y es factible de aplicar sin alterar las condiciones de operación del proyecto.
- El gasto del emisor Twin Drip en las condiciones evaluadas es superior en todos los casos, al caudal de 2 L/h del diseño hidráulico del proyecto, el emisor microjet 2 x 140° de 1 mm de producción nacional incrementa los valores del gasto con el aumento de presión, alcanzando valores mayores a los 40 L/h previstos, mientras el gasto del emisor bailarina no alcanza los 60 L/h recomendado por el diseño hidráulico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRALT and KESNER: *Manufacturer variation and drip irrigation uniformity*. ASAE, USA, 1998.
- BURT C. M. and W. STYLES: *Drip and micro irrigation for trees, vine and row crops* ITRG. Polytechnic State Univ. San Luis, California, USA, 1999.
- CHARLES, M.; E. BURT; W. STUART and E. STYLES: “Riego por goteo y por micro aspersión para árboles, vides y cultivos anuales”, *Vida Rural*, 760: 744-745, 2002.
- CHRISTIANSEN, J. E. *Irrigation by Sprinkling*; Bulletin No 670, Agricultural experiment station, University of California, USA, 1942.
- CRUZ, L. R.: Evaluación del sistema de riego localizado del cultivo del pimiento en casas de cultivos protegidos en las condiciones de la Empresa Pecuaria Genética “Camilo Cienfuegos”. En: **Memorias de CUBA-RIEGO 2007**, CD-ROM, ISBN 978-959-246-194-9, La Habana, Cuba, 2007.
- CUN, R.; O. PUIG y C. MORALES: Comportamiento del coeficiente de uniformidad del riego por microaspersión en condiciones de organopónico y huerto intensivo. En: **Memorias de Convención Internacional Ingeniería Agrícola, IV Congreso Internacional de Riego y Drenaje (Cuba Riego 2009)**, ISBN 978-959-282-088-3, Bayamo, Granma, Cuba, 2009.
- GAL, Z.: “Principio de un riego eficiente”, *Revista Internacional del agua y riego*; 26(2): 22-23, 2006.
- GARCIA, E., A. ESTOPIÑAN y A. LEÓN: “Metodología para la evaluación hidráulica de aspersores”, *Ingeniería Hidráulica*; (3): 103-117, 1977.
- HERNÁNDEZ, P.; V. TORRALBA y O. BACA: *Manual para la proyección y explotación de sistemas de riego localizado para cítricos*, IIRD, La Habana Cuba, 1986.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RIEGO Y DRENAJE: *Proyecto de riego localizado para cultivos protegidos y semiprotegidos en la finca “La Quinta”*, Sancti Spiritus, Cuba, (monografía), 2005.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RIEGO Y DRENAJE: *Proyecto de riego localizado para cultivos protegidos y semiprotegidos en la finca “Santa Ana”*, Ciego de Ávila, Cuba, (monografía), 2005a.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RIEGO Y DRENAJE: *Proyecto de riego localizado para cultivos protegidos y semiprotegidos en la finca “La Flores”*, Camagüey, Cuba, (monografía), 2005b.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RIEGO Y DRENAJE: *Proyecto de riego localizado para cultivos protegidos y semiprotegidos en la finca “Siguaraya”*, Las Tunas, Cuba, (monografía), 2005c.
- KELLER, J. and R. BLIESNER: *Riego por goteo*, Ministerio de la Agricultura, Pesca y Alimentación, Ediciones Mundi-Prensa. España, 2005.
- MERRIAN, J. L. and J. KELLER: *Farm irrigation system evaluation: A guide for management*, 271pp., Dept. Agric. Irrig, UTA St. Univ., Logan, USA, 1978.
- TARJUELO, J. M.: *El riego por aspersión y su tecnología*, 3ª Edición, Madrid, España, 2005.