



# Effect of Flow Variations in Micro Irrigation Systems in Guava Crop (*Psidium guajava L*)

## *Efecto de variaciones del caudal en sistemas de microirrigación en el cultivo de la guayaba*

Dr.C. Dayma Carmenates-Hernández<sup>1</sup>, Dr.C. Maiquel López-Silva<sup>1</sup>, Dr.C. Albi Mujica-Cervantes<sup>1</sup>,  
Dr.C. Pedro Paneque-Rondón<sup>11</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Estudios Hidrotécnicos, Ciego de Ávila, Cuba.

<sup>11</sup>Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

**ABSTRACT.** The research was carried out in the Cooperative “El Tezón” of Ceballos Agroindustrial Company in Ciego de Ávila. Two models of drippers were studied with the objective of evaluating the effect of flow variations on self-compensating emitters in micro irrigation systems in guava (*Psidium guajava L.*). In mechanical and hydraulic evaluations of emitters, the pressure-flow curve was experimentally determined for the models evaluated, obtaining polynomial equations with very good adjustment of the curves and correlation coefficients above 90%. In addition, it was determined the variation of the flow rate due to the water temperature, where the sensitivity of the self-compensating emitters to the temperature variations was demonstrated.

**Keywords:** curve, pressure, coefficient of variation, temperature

**RESUMEN.** La investigación se realizó en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) el Tezón de la Empresa Agroindustrial de Ceballos de Ciego de Ávila. Se estudiaron dos modelos de goteros con el objetivo de evaluar el efecto de las variaciones del caudal en emisores autocompensantes en sistemas de microirrigación en el cultivo de la guayaba (*Psidium guajava L.*). En la evaluación mecánica e hidráulica de los emisores se determinó la curva caudal- presión experimentalmente para los modelos evaluados, obteniéndose ecuaciones del tipo polinómicas con muy buen ajuste de las curvas y coeficientes de correlación por encima del 90%. Además se determinó la variación del caudal producto de la temperatura del agua, donde se demostró la sensibilidad de los emisores autocompensantes a las variaciones de temperatura.

**Palabras clave:** curva, presión, coeficiente de variación, temperatura.

## INTRODUCTION

Guava is the most prominent species within Myrtaceae family, due to the high nutritive value of its fruit and its multiple uses (Hernandez *et al.*, 2009). It is one of the richest sources of vitamin C known since it contains 200 to 400 mg per 100 g of fresh weight and that exceeds five times its content in orange and other citrus. The crop was domesticated by the indigenous in America; its origin is located in a point between Mexico and Peru (Benami & Ofen, 1983). In Cuba, it existed before the discovery by the Spanish, but its development began after the triumph of the Revolution, it is cultivated in all regions of the country, being Ciego de Ávila one of the major producer provinces and it occupies 10% of the current structure of fruit on the island, only surpassed by mango and fruit bomb (Peña

## INTRODUCCIÓN

La guayaba es la especie más destacada dentro de la familia *Myrtaceae*, por el alto valor nutritivo de su fruta y sus múltiples usos Hernández *et al.*, (2009). Es una de las fuentes más ricas de vitamina C conocida, pues contiene de 200 a 400mg por 100g de peso fresco supera cinco veces al contenido de la naranja y otros cítricos. El cultivo fue domesticado por los indígenas en América, su centro de origen se localiza en un punto ubicado entre México y Perú (Benami y Ofen, 1983). En Cuba existe desde antes del descubrimiento por los españoles, pero su desarrollo comienza después del triunfo de la revolución, se cultiva en todas las regiones del país siendo Ciego de Ávila unas de las provincias mayores productoras y ocupa el 10% de la estructura actual de frutas en la isla, solo superada por el mango y la fruta bomba

*et al.*, (1996)). The low-sized varieties of the Cuban Red Dwarf group are the ones with the greatest demand by the producers. Today they constitute 52% of the cultivated area and contribute to 84% of national harvesting.

The emitters are the most important elements of a micro irrigation system and their main function is to allow a controlled flow of water exit in places of the culture previously determined Solomon (1985). An emitter is a pressure head sink specially constructed to generate localized head loss inducing vorticity, hydraulic friction or a combination of the two (Feng & Wu, 1990).

The emitters must provide a low flow rate, in order that the diameters of pipes, mainly lateral and distributing, are reduced. The large lengths of these pipes that are used in micro irrigation systems make that a slight increase in their diameter significantly increases the price of the system project (Sammis & Wu, 1985).

On the other hand, service pressure of emitters should not be too low to minimize the effect of the terrain unevenness and the load losses along the distributors and the lateral emitters on the uniformity of irrigation (Velez *et al.*, (2013)). Its diameter of passage must be as large as possible to avoid the filling which is the main problem in the management of micro irrigation systems (Pereira *et al.* (2010). The objective of this work is to evaluate the effect of flow variations on self - compensating emitters in micro irrigation systems in guava (*Psidium guajava L.*).

## METHODS

The research was carried out in areas of the Cooperative “El Tezón” of Ceballos Agroindustrial Company, in guava cultivation with a typical Ferrallitic Red Soil. The methodology used for the evaluation of the dripper-type emitters was established in the International Standard ISO 9260 (1991) entitled “Irrigation Equipment for Agriculture Drippers-Specifications and Test Methods”. The emitters selected for the study were those found in the irrigation systems of the Cooperative “El Tezón”.

For the determination of the pressure-flow curve  $q = f(h)$ , the aspects indicated in ISO 9260 (1991) were taken into account. Then, four flow measurements were taken for each dropper of this series (numbers 3, 12, 13, 23), randomly selected according to Pizarro (1987), and the emission flow variation was determined as a function of inlet pressure. Each emitter was tested in stages and at pressures not greater than 50 kPa from zero pressure to 1.2 times the maximum pressure (Pmax). The regulated emitters were tested at different pressures within the regulation range. The reading of the results was taken during 3 minutes after reaching the test pressure.

The determination of flow rate variation due to water temperature was carried out by measuring three times the discharge of each of the randomly selected emitters with numbers 3, 12, 13 and 23 of the 25 emitters evaluated from each model according to Pizarro (1987) at different water temperatures in a range of 7-55 °C and at the nominal pressure of each dripper and at half the regulation interval for the self-compensated droppers. The water temperature

Peña *et al.*, (1996). Las variedades de porte bajo del grupo de las Enana Roja Cubana son las de mayor demanda por parte de los productores. Estas en la actualidad constituyen el 52% del área cultivada y contribuyen al 84% de la cosecha a nivel nacional.

Los emisores son los elementos más importantes de un sistema de microirrigación y su función principal es permitir la salida del agua a un caudal controlado y en lugares del cultivo previamente determinados por Solomón (1985). Un emisor es un disipador de presión construido especialmente para generar una pérdida de carga localizada induciendo vorticidad, fricción hidráulica o una combinación de las dos (Feng y Wu, 1990).

Los emisores deben proporcionar un caudal bajo, con el objetivo de que los diámetros de las tuberías sobre todo laterales y distribuidoras, sean reducidos; las grandes longitudes que de estas tuberías se emplean en los sistemas de microirrigación hacen que un ligero incremento en su diámetro encarezca de forma importante el proyecto del sistema (Sammis y Wu, 1985). Por otra parte, la presión de servicio de los emisores no debe ser muy baja para minimizar el efecto que sobre la uniformidad del riego tienen los desniveles del terreno y las pérdidas de carga a lo largo de las distribuidoras y los laterales Vélez *et al.*, (2013). Su diámetro de paso ha de ser lo mayor posible para evitar las obturaciones que es el principal problema en el manejo de los sistemas de microirrigación Pereira *et al.* (2010). El objetivo del trabajo es evaluar el efecto de las variaciones del caudal en emisores autocompensantes en sistemas de microirrigación en el cultivo de la guayaba (*Psidium guajava L.*).

## MÉTODOS

La investigación se realizó en áreas de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) el Tezón de la Empresa Agroindustrial de Ceballos, en el cultivo de la guayaba con un suelo Ferralítico Rojo Típico. La metodología utilizada para la evaluación de los emisores tipo gotero fue la establecida en la norma NMX-O-082-SCFI-2001 titulada Equipos de Riego para la Agricultura Goteros- Especificaciones y métodos de prueba. Los emisores seleccionados para el estudio fueron los que se encuentran en los sistemas de riego de la UBPC el Tezón.

Para la determinación de la curva caudal- presión  $q=f(h)$  se tuvo en cuenta los aspectos señalados en la por la norma NMX-O-082-SCFI-2001. Luego se tomaron 4 mediciones de caudal para cada gotero de esta serie (los números 3, 12, 13, 23) seleccionados al azar según Pizarro (1987), y se les determinó la variación del caudal de emisión en función de la presión de entrada. Se probó cada emisor por etapas y con presiones no mayores a 50 kPa desde la presión cero hasta 1,2 veces la presión máxima (Pmax). Los emisores regulados fueron probados a distintas presiones dentro del rango de regulación. La lectura de los resultados se tomó durante 3 minutos después de alcanzar la presión de prueba.

La determinación de la variación del caudal producto de la temperatura del agua se llevó a cabo midiendo tres veces la descarga de cada uno de los emisores seleccionados al azar con los números siguientes (3, 12,13 y 23) de los 25 emisores evaluados de cada modelo según Pizarro (1987), a distintas temperaturas del agua en un rango de 7 – 55 °C y a la presión nominal de cada gotero y a la mitad del intervalo de regulación para los goteros autocompensados. La temperatura del agua fue

was measured with thermometers at the source of water. The temperature difference between these readings should not exceed 2 °C.

## RESULTS AND DISCUSSION

Figures 1 and 2 show the results obtained in the flow distribution of the emitters studied. In the case of the Vip Line dropper, the greatest dispersion was obtained in emitter 11, with a drop in the flow rate to 3.4 L/h.

As it can be observed in the Naan PC emitter, the greater flow dispersion was obtained, essentially in the drippers 14 and 23 of the test side pipe, in which the flow rate dropped to about 3 L/h supply and at the side entrance.

medida con termómetros en la fuente de abasto de agua y en la entrada del lateral. La diferencia de temperatura entre estas lecturas, no debió exceder los 2 °C.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Figuras 1 y 2 se presentan los resultados obtenidos en la distribución del caudal de los emisores estudiados. En el caso del gotero Vip Line la mayor dispersión se obtuvo en el emisor número 11, ocurriendo un descenso del caudal hasta unos 3,4 L/h. Como puede observarse en las mismas, en el emisor Naan PC la mayor dispersión de caudales se obtuvo, esencialmente en los goteros números 14 y 23 de la tubería lateral de prueba, en los cuales el caudal descendió casi a unos 3 L/h.

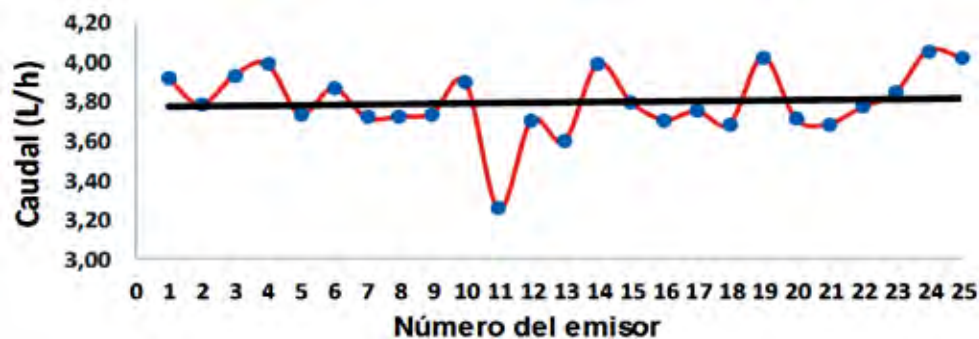


FIGURE 1. Flow rate variation of the self-compensating Vip Line dropper with nominal flow rate of 3.9 L/h.  
 FIGURA 1. Variación del caudal del gotero modelo Vip Line autocompensante con caudal nominal de 3,9 L/h.

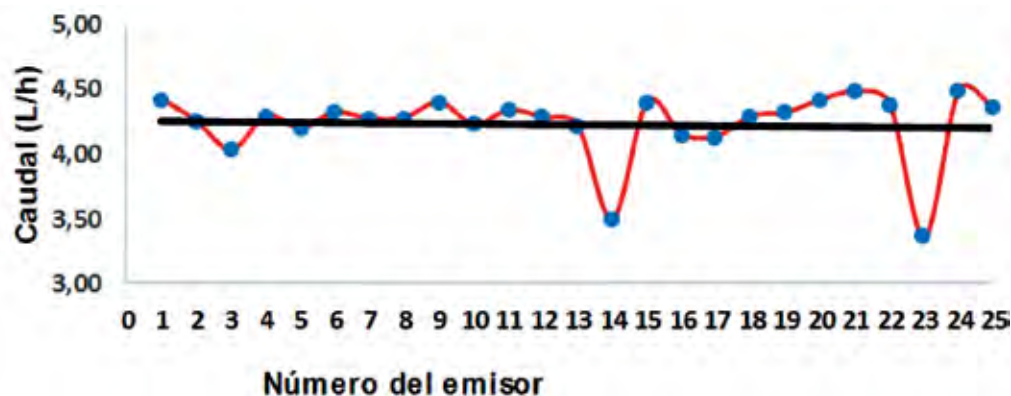


FIGURE 2. Flow rate variation of the Naan dripper PC self-compensating model with nominal flow rate of 3.8 L/h.  
 FIGURA 2. Variación del caudal del gotero Naan PC modelo autocompensante con caudal nominal de 3,8 L/h.

The results obtained in this research coincide with those reported by Solomon (1985). This author obtained that the flow of the emitters, according to the manufacturer's specifications, suffers a series of variations when placing in the field, some inherent to the emitter itself and others to the conditions to which it works. Carmenates *et al.* (2014) obtained different results with emitters of the same model and apparently identical, but with slight constructive differences. That justifies what Benami & Ofen (1983) state, they obtained that every industrial process is imperfect, therefore, the product manufactured undergoes variations within an acceptable tolerance and there will always be a slight difference between objects that appear to be identical.

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los reportados por Solomón (1985), este autor obtuvo que el caudal de los emisores de acuerdo con las especificaciones del fabricante, sufran al colocarlo en el campo una serie de variaciones, unas inherentes al propio emisor y otras a las condiciones a las que trabaja. Carmenates *et al.* (2014), obtuvieron resultados diferentes con emisores de un mismo modelo y aparentemente idénticos, pero con ligeras diferencia constructivas. Lo anterior justifica lo planteado por Benami y Ofen (1983), este autor obtuvo que todo proceso industrial es imperfecto, por tanto, el producto elaborado experimenta variaciones dentro de una tolerancia aceptable y siempre existirá una ligera diferencia entre objetos que aparentemente resultan idénticos.

The variations in flow rates in the emitters evaluated can also be produced because emitters experience accelerated aging due to the difference in temperature to which they are subjected during the day and at night. The elastomers of the self-compensating drippers are particularly affected by this phenomenon, coinciding with the results reported by Bralts (1977).

**Results of flow-pressure curve (q = f (h)) determination**

Figures 3 and 4 show how the flow varies according to the pressure in the emitters studied when they are subjected to different pressures.

Figure 3 shows the pressure flow rate of the Vip Line emitter with self-compensating flow, nominal flow rate of 3.9 L/h and a compensation range between 68-413 kPa, which responds to an equation obtained under experimental conditions of polynomial type in an upward direction. It is necessary to emphasize that the relationship between flow and pressure was typical of this kind of self-compensating emitter condition. The tendency to parallel the curve q = f (h) to the axis of the pressures can be observed, specifically in the range between 75-375 kPa, indicating that the self-compensating behavior of the flow with respect to the applied pressure manifested a satisfactory relation with a correlation coefficient of 90% (R2 = 0.9026).

These results coincide with those obtained by López *et al.*, 2009; Pereira *et al.*, 2010; Hernandez *et al.*, 2010 and Nerm, 2012) with other models of emitters, where they evaluate compensating and non-compensating droppers by determining the flow for each model evaluated.

Las variaciones de caudales en los emisores evaluados también pueden estar dadas a que los emisores experimentan un envejecimiento acelerado debido a la diferencia de temperatura a que se someten durante el día y la noche. Los elastómeros de los goteros autocompensantes se ven particularmente afectados por este fenómeno, coincidiendo con los resultados reportados por Bralts (1977).

**Resultados de la determinación de la curva caudal-presión (q=f (h))**

En las Figuras 3 y 4 se muestra cómo varía el caudal en función de la presión en los emisores estudiados cuando son sometidos a distintas presiones.

En la Figura 3 se presenta la relación caudal presión del emisor Vip Line con flujo autocompensante, caudal nominal de 3.9 L/h y un rango de compensación entre (68-413 kPa), el cual responde a una ecuación obtenida en condiciones experimentales de tipo polinómica en sentido ascendente. Es necesario destacar, que la relación entre el caudal y la presión resultó típica de la condición de auto compensación propia de los emisores de este tipo. Puede observarse la tendencia al paralelismo de la curva q= f(h) respecto al eje de las presiones específicamente en el intervalo comprendido entre 75 kPa y 375 kPa, indicando que el comportamiento de auto compensación del caudal con respecto a la presión aplicada manifestó una relación satisfactoria con un coeficiente de correlación del 90% (R<sup>2</sup>=0,9026).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por (López *et al.*, 2009; Pereira *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2010 y Nerm, 2012) con otros modelos de emisores, donde evalúan goteros compensantes y no compensantes determinando el régimen de flujo para cada modelo evaluado.

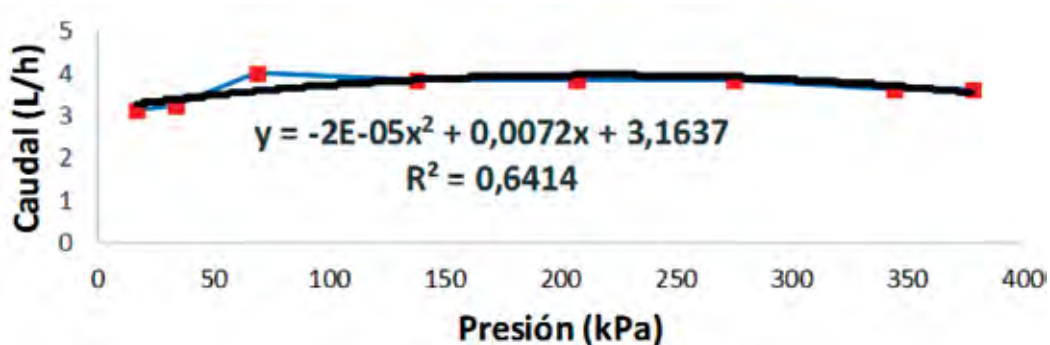


FIGURE 3. Flow-pressure rate of the self-compensating Vip Line dropper nominal flow rate of 3.9 L / h.  
 FIGURA 3. Relación caudal - presión del gotero Vip Line autocompensante caudal nominal de 3.9 L/h.

Figure 4 shows the results obtained in the flow rate-service pressure ratio (q = f (h)) of the Naan PC dropper, with a nominal flow rate of 3.8 L/h and a compensation range of 68- 475 kPa. For the behavior of the obtained curve q = f (q), it is inferred that the flow rate responds to the service pressures following certain trend of compensation according to the value obtained from the correlation coefficient of 92%, R2 = 0.9234. However, it is evident that the flow increases in a very low proportion with respect to the pressure increase, thus demonstrating the high compensation of this dropper, which is evidenced by the fact that at 100 kPa the flow

En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos en la relación caudal emitido presión de servicio (q= f (h)) del gotero Naan PC, con un caudal nominal de 3,8 L/h y un rango de compensación de 68- 475 kPa.

Por el comportamiento de la curva q= f (q) obtenida se infiere que el caudal responde a las presiones de servicio siguiendo determinada tendencia de compensación de acuerdo al valor obtenido del coeficiente de correlación del 91 %. R<sup>2</sup>=0,9234.

Sin embargo, se evidencia que el caudal aumenta en una proporción muy baja respecto al incremento de la presión, demostrando así, la alta compensación de este gotero, lo cual se

reached 4.2 L/h and at 275 kPa the flow resulted of 4.0 L/h, so there is a high capacity of compensation in this model. The results coincide with those obtained by Al-Ghobari (2012). In the emitters evaluated the behavior of the pressure flow curve is reflected in a polynomial equation  $y = ax^2 + bx + c$  obtained experimentally, since it was the one that provided the best fit with correlation coefficients of values higher than 90% in all cases. The results agree with those obtained by Carmenates *et al.*, (2012).

evidencia por el hecho de que a 100 kPa el caudal alcanzó los 4,2 L/h y a 275 kPa el caudal resultó de 4,0 L/h existiendo una alta capacidad de compensación en este modelo. Los resultados coinciden con los obtenidos por Al-Ghobari (2012).

En los emisores evaluados el comportamiento de la curva caudal presión se refleja en una ecuación de tipo polinómica  $y = ax^2 + bx + c$  obtenida experimentalmente, ya que fue esta con la que mejor ajuste se obtuvo con coeficientes de correlación con valores superiores al 90% en todos los casos. Los resultados coinciden con los obtenidos por Carmenates *et al.*, (2012).

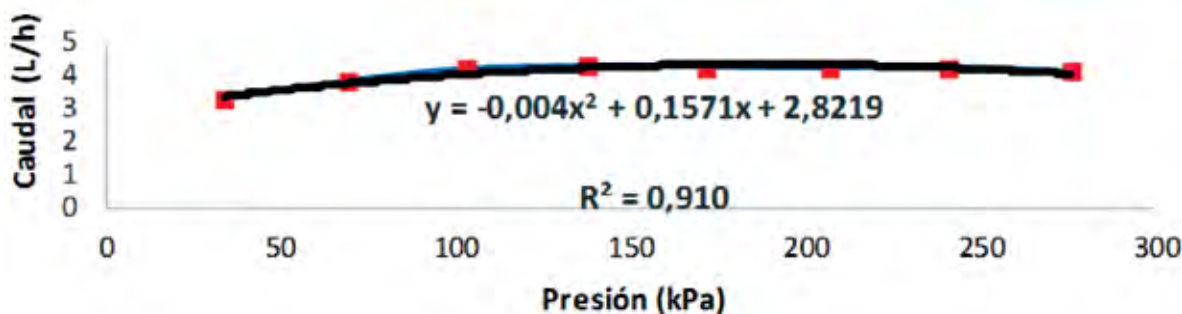


FIGURE 4. Flow-pressure ratio of the Naan dripper PC self-compensating model with nominal flow of 3.8 L/h.  
 FIGURA 4. Relación caudal-presión del gotero Naan PC modelo autocompensante con caudal nominal de 3,8 L/h.

**Results of the rate: flow-water temperature (q = f (T)) of emitters**

The experimental results obtained of the flow rate variation of the emitters studied, subjected to different temperatures, correspond to a linear equation as follows:

$$q = m + nT^0 \tag{1}$$

Where:

m and n are constant and  $T^0$  is the water temperature in degrees Celsius.

It can be seen that experimental equations with correlation coefficients above 90% were obtained for all dropper models evaluated. The results obtained correspond to those reported by Lobo *et al.* (2011).

Figure 5 shows the results obtained in the tests carried out in the test lateral pipe of the variations in the flow rate of Naan PC and Vip-Line dripper-type emitters that are self-compensating, when they were subjected to different water temperatures.

The experimental results obtained from the flow rate variation of the studied emitters subjected to different temperatures indicate that they tend to respond to a linear equation. It can be seen that experimental equations with correlation coefficients above 90% were obtained for all models evaluated. The results obtained coincide with those obtained by Goyal (2012).

The Naan PC emitter was the one that presented the greatest variation of the flow rate due to the water temperature, reaching values higher than 39°C. These temperature increases are due to the fact that a commercial heater was placed in the test side pipe under experimental conditions, coinciding with the results obtained by Valipour *et al.* (2014).

However, Ouazaa *et al.* (2013), obtained, with other models of compensating emitters, that the increase in temperature

**Resultados relación caudal-temperatura del agua (q=f(T)) de emisores**

Los resultados experimentales obtenidos de la variación del caudal, de los emisores estudiados, sometidos a distintas temperaturas, responden a una ecuación lineal de la forma siguiente:

$$q = m + nT^0 \tag{1}$$

donde:

m y n, son constantes y  $T^0$  es la temperatura del agua en grados Celsius.

Puede observarse que se obtuvieron ecuaciones experimentales con coeficientes de correlación por encima del 90% para todos los modelos de goteros evaluados. Los resultados obtenidos se corresponden con los reportados por Lobo *et al.* (2011).

En la Figura 5 se presentan los resultados obtenidos en los ensayos realizados en la tubería lateral de prueba de las variaciones de caudal de emisores tipo goteros modelos Naan PC y Vip-Line autocompensantes al ser sometidos a distintas temperaturas del agua.

Los resultados experimentales obtenidos de la variación del caudal de los emisores estudiados sometidos a distintas temperaturas, indican que presentan la tendencia de responder a una ecuación lineal. Puede observarse que se obtuvieron ecuaciones experimentales con coeficientes de correlación por encima del 90% para todos los modelos de goteros evaluados. Los resultados obtenidos coinciden con los obtenidos por Goyal (2012).

El emisor modelo Naan PC fue el que presentó mayor variación del caudal producto de la temperatura del agua alcanzando valores superiores a los 39°C, estos incrementos de la temperatura están dados a que se colocó un calentador comercial en la tubería lateral de prueba en condiciones experimentales. Coincidiendo con los resultados obtenidos por Valipour *et al.* (2014).

Sin embargo, Ouazaa *et al.* (2013), obtuvo con otros modelos de emisores compensantes que el aumento de la temperatura



decreases the kinematic viscosity of the water and increases the Reynolds number. As a consequence, the Darcy-Weisbach coefficient decreases and the emitter flow increases.

disminuye la viscosidad cinemática del agua y aumenta el número de Reynolds. En consecuencia disminuye el coeficiente de Darcy-Weisbach y aumenta el caudal del emisor.

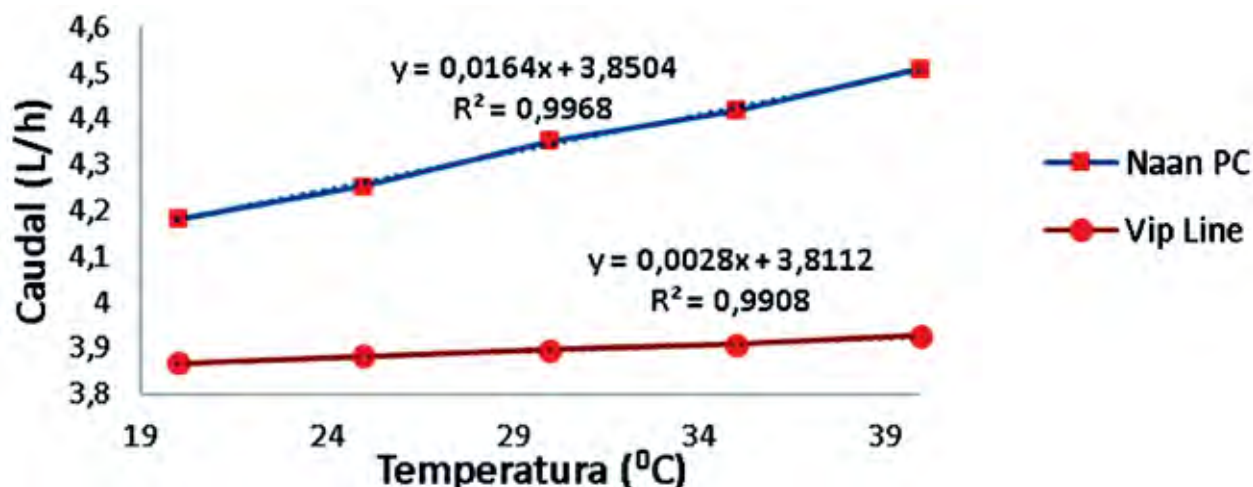


FIGURE 5. Determination of the water temperature flow curve of Naan PC and Vip line self-compensating drippers.  
 FIGURA 5. Determinación de la curva caudal temperatura del agua de los goteros autocompensantes Naan PC y Vip line.

The sensitivity of the flow to the water temperature is expressed by means of the curve slope (n), with the lowest values the in Vip Line model, a relatively high value in Naan PC. This has its explanation in that the water pass in the self-compensating drippers is of turbulent regime; therefore, the flow is not affected mainly by the viscosity of the water, which varies at different temperatures. In addition, it can be observed that the coefficient of relation is very significant for the emitters evaluated, for the case of Naan PC ( $R^2 = 0.9968$ ) and Vip Line ( $R^2 = 0.9908$ ). The results coincide with those obtained by Velez *et al.* (2013), and Rodriguez *et al.* (2014) and for emitters with similar hydraulic and mechanical characteristics, but with lower correlation coefficients than those obtained in this work.

La sensibilidad del caudal a la temperatura del agua se expresa por medio de la pendiente de la curva (n), presentando los valores más bajos el modelo Vip Line un valor relativamente alto en Naan PC. Esto tiene su explicación en que el conducto de paso del agua en los goteros autocompensantes es de régimen turbulento, por lo tanto, el caudal no se ve mayormente afectado por la viscosidad del agua, la que varía a distintas temperaturas. Además se puede observar que el coeficiente de relación es muy significativo para los emisores evaluados, para el caso del Naan PC ( $R^2 = 0.9968$ ) y el Vip Line ( $R^2 = 0.9908$ ). Los resultados coinciden con los obtenidos por Vélez *et al.* (2013), y Rodríguez *et al.* (2014), y para emisores con similares características hidráulicas y mecánicas pero con coeficientes de correlación más bajos que los obtenidos en este trabajo.

## CONCLUSIONS

- The hydraulic and mechanical characteristics of the emitters evaluated, basically formed by the flow-pressure curve, and the flow-temperature ratio, are fundamental parameters for the proper design and management of micro-irrigation systems. For the behavior of the pressure-flow curve, a polynomial equation type  $y = ax^2 + bx + c$  was obtained experimentally for the models of emitters evaluated with an adjustment of the relation coefficient of 0.99 for both cases.

## CONCLUSIONES

Las características hidráulicas y mecánicas de los emisores evaluados conformadas básicamente por la curva caudal-presión, y la relación caudal-temperatura constituyen parámetros fundamentales para poder realizar un adecuado diseño y manejo de los sistemas de microirrigación. Obteniéndose para el comportamiento de la curva caudal-presión una ecuación de tipo polinómica  $y = ax^2 + bx + c$  obtenida experimentalmente para los modelos de emisores evaluados con un ajuste del coeficiente de relación con valores superiores a 0,90 para ambos casos.

## REFERENCES / REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-GHOBARI, H.M.: "A comparison of water application uniformity for drip irrigation system above and below soil surface at various soil depths and scheduling techniques in arid region", *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, 168: 311-322, 2012, ISSN: 1743-3541, DOI: <http://dx.doi.org/10.2495/S1120271>.

BENAMI, A.; OFEN, A.: *Irrigation engineering. Sprinkler, trickle, surface irrigation principles and agricultural practices*, Ed. Irrigation Engineering Scientific Publications, Israel, 257 p., 1983, ISBN: 965-222-030-2.

BRALTS, V.F.: "Trickle Irrigation: Application Uniformity from simple emitters", En: *Proc. 4th. ANN. Int. Drip Irrig.*, Ed. Assoc. Meet., Fresno, California, pp. 65-76, 1977.

- CARMENATES, H.D; MUJICA, C.A; PELIER, .D.L; PANEQUE, R.P.: “Evaluación de los parámetros de manejo de los sistemas de microirrigación mediante el criterio de Merian y Keller”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1): 37-40, 2014, ISSN: 2071-0054.
- CARMENATES, H.D; MUJICA, C.A; PANEQUE, R.P.: “Desviación del coeficiente de variación de diferentes tipos de emisores obturados y tendencias de la ecuación que describe el comportamiento hidráulico de un emisor”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(Suppl.): 6-9, 2012, ISSN: 1010-2760.
- FENG, J.; WU, I.P.: “A simple computerized drip irrigation design”, [en línea], En: *Proceedings of the Third National Irrigation Symposium*, Ed. American Society of Agricultural Engineers, Phoenix, Arizona, pp. 348-355, 1990, Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9174981>, [Consulta: 14 de abril de 2017].
- GOYAL, M.R.: *Management of Drip/Trickle or Micro Irrigation*, [en línea], Ed. CRC Press, 350 p., 2012, ISBN: 978-1-926895-12-3, Disponible en: <https://www.crcpress.com/Management-of-DripTrickle-or-Micro-Irrigation/Goyal/p/book/9781926895123>, [Consulta: 14 de abril de 2017].
- HERNÁNDEZ, N.; SOTO, F.; CABALLERO, A.: “Modelos de simulación de cultivos, características y usos”, *Cultivos Tropicales*, 30(1): 73-82, 2009, ISSN: 0258-5936.
- HERNANDEZ, G; PÉREZ, J; MARTÍNEZ, R; LÓPEZ, T.: “Respuesta productiva del guayabo al manejo del agua en condiciones de agricultura urbana”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3): 1-6, 2010, ISSN: 1010-2760.
- LOBOA, J.; RAMÍREZ, S.; DÍAZ, J.E.: “Evaluation of the uniformity coefficient in four irrigation emitters using upflow coarse filtration in layers”, *Revista EIA*, (16): 29-41, 2011, ISSN: 1794-1237.
- LÓPEZ, S. T; HERRERA, P. J; GOMZÁLEZ, R. F; CID, L. G; CHATERIÁN, D. Y.: “Eficiencia de un modelo de simulación de cultivo para la predicción del rendimiento del maíz en la región sur de la Habana”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(3): 1-6, 2009, ISSN: 1010-2760.
- NEMR, M.K.: “An interactive spreadsheet for drip irrigation system uniformity parameters evaluation”, *Journal International Journal of Agriculture Sciences*, 4(4): 216-220, 2012, ISSN: 0975-3710.
- SECRETARÍA DE ECONOMÍA DGN: *Goterros para sistemas de riego – especificaciones y métodos de prueba*, [en línea], no. NMX-O-082-SCFI-2001, México D.F., p. 19, 2001, Disponible en: [http://www.kriego.net/NMX\\_GOTEROS.PDF](http://www.kriego.net/NMX_GOTEROS.PDF), [Consulta: 14 de abril de 2017].
- OUAZAA, S.; BURGUETE, J.; PANIAGUA, P.; SALVADOR, R.; ZAPATA, N.: “Calibración y validación de un modelo de reparto de agua de boquillas de plato fijo”, *Revista Tierras-Riego*, (211): 112-119, 2013, ISSN: 1889-0776.
- PEÑA, A.H.; DÍAZ, Á.J.A.; MARTÍNEZ, R.T.: *Fruticultura tropical*, Ed. ICFES, Santafé de Bogotá, Colombia, 1996, ISBN: 978-959-07-0099-6.
- PIZARRO, C.F.: *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación*, [en línea] Ed. Mundi-Prensa, ISBN-84-7114-171-X, Madrid, España, 1987. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=56625> [Consulta: 14 de abril de 2017].
- RODRÍGUEZ, G.M; SANTANA, S; BROWN, M.O; ALONSO DE LA PAZ, F.: “Mejoramiento del riego por surcos, continuo e intermitente, en suelo Ferralítico Rojo Lixiviado en sistema productivo Banao”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1): 56-59, 2014, ISSN: 1010-2760.
- SAMMIS, T.W.; WU, I.P.: “Effect of Drip Irrigation Design and Management on Crop Yield”, *Transactions of the ASAE*, 28(3): 832-838, 1985, ISSN: 2151-0059, DOI: <http://dx.doi.org/10.13031/2013.32347>.
- PEREIRA, L.S.; VALERO, J.A. de J.; PICORNELL, B.M.R.; TARJUELO, M.-B.J.M.: *El riego y sus tecnologías*, [en línea], Ed. Centro regional de estudios del agua, Universidad de Castilla La Mancha, España, 296 p., 2010, ISBN: 978-84-692-9979-1, Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/272171215\\_El\\_riego\\_y\\_sus\\_tecnologias](https://www.researchgate.net/publication/272171215_El_riego_y_sus_tecnologias), [Consulta: 14 de abril de 2017].
- SOLOMÓN, K.: “Global Uniformity of Trickle Irrigation Systems”, *Transactions of the ASAE*, 28(4): 1151-1158, 1985, ISSN: 0733-9437.
- VALIPOUR, M.: *Handbook of water engineering problems*, [en línea], Ed. OMICS Group eBooks, USA, 2014, Disponible en: <https://es.scribd.com/document/299371357/Handbook-of-Water-Engineering-Problems>, [Consulta: 14 de abril de 2017].
- VÉLEZ, S.J.E; CAMACHO, T.H.J; ÁLVAREZ, H.J.G.: “Evaluación de goteros utilizados en microirrigación en Colombia”, *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(2): 812-817, 2013, ISSN: 2011-2173.

**Received:** 02/04/2016.

**Approved:** 13/03/2017.

Dayma Carmenates-Hernández, Profesor Titular, Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Estudios Hidrotécnicos, Ciego de Ávila, Cuba. E-mail: [daymas@unica.cu](mailto:daymas@unica.cu)

Maiquel López-Silva, E-mail: [maiquel@unica.cu](mailto:maiquel@unica.cu)

Albi Mujica-Cervantes, E-mail: [albis@unica.cu](mailto:albis@unica.cu)

Pedro Paneque-Rondón E-mail: [paneque@unah.edu.cu](mailto:paneque@unah.edu.cu)

Note: the mention of commercial equipment marks, instruments or specific materials obeys identification purposes, there is not any promotional commitment related to them, neither for the authors nor for the editor.