

Estudio comparativo de las cintas de riego Aqua Traxx modelos autocompensantes y no compensantes



Comparative Study of Aqua Traxx Watering Belts, Self-Compensating and Non-Compensating Models

<http://opn.to/a/Bu0Q8>

Dr.C. Dayma Carmenates Hernández ^{I*}, Dr.C. Maiquel López Silva ^{II}, Dr.C. Albi Mujica Cervantes ^I, Dr.C. Pedro Paneque Rondón ^{III}

^IUniversidad de Ciego de Ávila (UNICA), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Estudios Hidrotécnicos, Ciego de Ávila, Cuba.

^{II}Instituto de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos, INRH, Ciego de Ávila, Cuba.

^{III}Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN: El presente trabajo se desarrolló en áreas de la Empresa Agroindustrial de Ceballos, Ciego de Ávila, con el objetivo de realizar un estudio comparativo de dos modelos de cintas de riego, la Aqua Traxx autocompensante y la no compensante. Las cintas utilizadas fueron los modelos existentes en la empresa, las cuales fueron adquiridas de firmas extranjeras que comercializan componentes de sistemas de riego en Cuba. Las muestras de las cintas de riego utilizadas se obtuvieron de un universo de 500 emisores para cada modelo, escogiendo 20 emisores de cada modelo de cinta. Las evaluaciones realizadas fueron determinación de las características hidráulicas y calidad de las cintas. Determinación del coeficiente de variación de fabricación y de la variación del caudal. Determinación de la curva caudal-presión. Determinación de la variación del caudal producto de la temperatura del agua. El estudio demostró la mejor calidad, resistencia, constancia en las variaciones del caudal, presión y coeficiente de variación de fabricación de la cinta Aqua Traxx compensante en relación a la no compensante.

Palabras claves: caudal, presión, temperatura, agua, coeficiente.

ABSTRACT: The present work was developed in areas of the Agroindustrial Company of Ceballos, Ciego de Avila, with the objective of carrying out a comparative study of two irrigation tape models, the self-compensating Aqua Traxx and the non-compensating one. The tapes used were the existing models in the company, which were acquired from foreign firms that commercialize components of irrigation systems in Cuba. The samples of the irrigation tapes used were obtained from a universe of 500 emitters for each model, choosing 20 emitters of each tape model. The evaluations carried out were the determination of the hydraulic characteristics and quality of the tapes, determination of the coefficient of variation of manufacture and of the variation of the flow, determination of the flow-pressure curve and determination of the variation of the flow product of the water temperature. The study showed the best quality, resistance, constancy in the variations of the flow, pressure and coefficient of variation of manufacture of the compensating Aqua Traxx tape in relation to the non-compensating one.

Keywords: flow, pressure, temperature, water, coefficient.

*Autor para correspondencia: Dayma Carmenates-Hernández, e-mail: daymas@unica.cu

Recibido: 20/05/2018

Aceptado: 25/02/2019

INTRODUCCIÓN

Las cintas son tuberías flexibles, capaces de tomar una forma plana, provistas de puntos de emisión a distancias variables y que consisten en dos conductos paralelos, uno principal del cual el agua pasa al secundario a través de un orificio que provoca una primera pérdida de carga y uno secundario del cual el agua sale al exterior (Ucker *et al.*, 2013; Carmenates, *et al.*, 2017).

Las tuberías o cintas de riego conducen y aplican el agua de forma simultánea a través de orificios practicados en el proceso de fabricación (Carmenates- *et al.*, 2017). Normalmente se fabrican de polietileno (PE) y suelen utilizarse en cultivos con marcos de plantación muy estrecho que requieren una gran densidad de emisores o en cultivos en líneas, con el propósito de crear una banda continua de humedad (FAO, 2013; Carmenates *et al.*, 2014).

Los sistemas de goteo poseen numerosos beneficios entre los que se encuentran: mayor uniformidad y alta producción, emisores Integrados, cada salida del gotero forma parte de un emisor que emite un flujo sin chorros, proporcionan eficiencia del agua en la zona de la raíz, ahorro de agua y energía, reducen el consumo de agua y reducen los costos de energía, ahorro en los productos de protección del cultivo, eliminando agua estancada que reduce las enfermedades y las malezas, eficiente ahorro en mano de obra, menor compactación del suelo y surcos más secos que mejoran el acceso al campo (Vélez *et al.*, 2013; Valipour, 2014; Carmenates, *et al.*, 2017). El objetivo del trabajo es realizar un estudio comparativo de dos modelos de cintas de riego Aqua Traxx autocompensante y la no compensante.

MÉTODOS

La investigación se realizó en la Universidad de Ciego de Ávila y en áreas de la Empresa Agroindustrial de Ceballos, en el cultivo de la guayaba (*Psidium guajava L.*) en un suelo Ferralítico Rojo Típico. Las cintas utilizadas fueron los modelos existentes en la empresa Aqua Traxx autocompensante (A1) y aqua traxx no compensante (A2), las cuales fueron adquiridas de firmas extranjeras que comercializan componentes de sistemas de riego en Cuba. Las muestras de las cintas de riego utilizadas se obtuvieron de un universo de 500 emisores para cada modelo, escogiendo 20 emisores de cada modelo de cinta. La metodología utilizada para la evaluación de las tuberías o cintas de riego se basó fundamentalmente en las recomendaciones especificadas en la norma mexicana (IMTA.MX, 2003).

Determinación de la variación del caudal producto de la temperatura de las cintas de riego

Este ensayo 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) según Bralts (2010), a distintas temperaturas del agua en un rango de 7 - 55°C y a la presión nominal de cada gotero, para el caso de los goteros no compensados y en la mitad del intervalo de regulación para el caso de goteros autocompensados. Para obtener temperaturas del agua superior a la del ambiente, se utilizó un calentador comercial conectado a la entrada de la tubería principal de la instalación de prueba. La temperatura del agua fue medida con termómetros en la cisterna que abastece el tanque de agua y en la entrada del lateral. La diferencia

TABLA 1. Características hidráulicas de los modelos cintas evaluadas

No.	Fabricante	Modelo	Flujo	Caudal (L/h)	Diámetro de las boquillas (mm)	Rango de Compensación (kPa)	de Espaciamento entre goteros (EEG) (cm)
4	Mondragón	Aqua Traxx 1	AC	1,02	1,578	70-175	0,80
5	Mondragón	Aqua Traxx 2	NC	1,14	1,327		0,80

de temperatura entre estas lecturas, no debió exceder los 2°C. Para determinar la calidad de las cintas se utilizó la norma mexicana [IMTA.MX \(2003\)](#).

Determinación del espaciamiento entre los emisores o puntos de emisión según la Norma ([ISO. 9260: 91, 1991](#)). La unidad de muestra es cinco metros lineales (m) de tubería o cinta de riego. Para el caso de los emisores de la cinta Aqua Traxx modelos A1compensado y A2 no compensado el espaciamiento entre emisores es 0.80m. Para determinar el espesor de pared de la tubería o cinta de riego por la citada Norma ([ISO. 9260: 91, 1991](#)).

Determinación del coeficiente de variación de fabricación (CVF) de las cintas

Para la medición de la uniformidad del caudal se seleccionó un tramo de cinta con 20 puntos de emisión. Para el caso de la cinta autocompensada se procedió de la siguiente forma:

Se sometió la tubería de prueba 3 veces a una presión próxima a la presión máxima de operación, durante 3 minutos y a una presión mínima durante el mismo tiempo. Los puntos de emisión se aforaron a una presión igual al punto medio del intervalo de regulación. Por último, al estabilizarse la presión de prueba (después de 3 minutos), se llevó a cabo la medición de los caudales de emisión de la tubería de riego, registrándose cada punto por separado.

Para el caso de la cinta de riego no compensada se procedió de la forma siguiente:

Como esta no requiere de un acondicionamiento previo, solo se le llevó a la presión nominal especificada por el fabricante. Luego se midieron los caudales y se registró cada punto por separado. Para ambos tipos de cinta de

riego, las evaluaciones se hicieron con una temperatura del agua de 23 °C + 1 °C.

Determinación de la curva caudal vs presión (q=f(h))

Se tomó al azar el 25% de los emisores de la muestra obtenida, identificándose cada uno de ellos. Los seleccionados en la cinta, se probaron a diferentes presiones dentro de un intervalo comprendido de 0 hasta 1,2 veces la presión máxima (p_{máx.}), los emisores autocompensante se operaron dentro de la amplitud de regulación, aumentando o disminuyendo la presión de entrada. Se construyó la curva (q=f(h)).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la determinación de la calidad de las cintas de riego

En la [Tabla 3](#) se presentan los resultados obtenidos de los espaciamientos entre emisores de las cintas de riego y su comparación con los valores ofrecidos por los fabricantes. Los modelos de evaluadas fueron las siguientes: Aqua Traxx y sus respectivos modelos evaluados (A1) autocompensante y (A2) no autocompensante.

En la [Tabla 4](#) se presentan los resultados de la medición del espesor de pared de las cintas de riego estudiadas. Los modelos medidos cumplen con la norma, es decir, presentan una diferencia menor del 10% de lo informado en los catálogos por los fabricantes.

En la [Tabla 5](#) se presenta el rango de valores críticos de la desviación del caudal de las cintas de riego evaluados respecto al caudal nominal (qn) según la norma ISO 9260. Como puede observarse la cinta Aqua Traxx modelo compensado, es de categoría A, según la desviación del caudal respecto al caudal nominal (qn) y la cinta Aqua Traxx no compensada no

TABLA 2. Especificaciones técnicas de los modelos de cintas de riego utilizadas en el estudio

Modelo	Clase	Vida útil	Espaciamiento entre emisores m x 10 ⁻²	Espesor m x 10 ⁻²	mil	Caudal según fabricante m ³ x 10 ⁻³ h ⁻¹
TR-A1	A	R	30	203,2	8	1,02
TR-A2	A	NR	10	150	6	0,4

NR: no reutilizable R: reutilizable

TABLA 3. Espaciamiento entre los emisores de las cintas de riego

Modelo	Espaciamiento del fabricante.(mx10) ⁻²	Espaciamiento medido.(mx10) ⁻²	Diferencia porcentual
A1	20	20,52	2,6
A2	10	10,64	6,4

obtuvo ninguna categoría según esta norma, ya que su desviación supera el 10%. Los modelos cumplen con la norma ISO. 9260: 91 (1991), según [Bralts et al. \(1981\)](#). Estos resultados coinciden con los obtenidos por ([Levien y Figueirêdo, 2013](#); [Ouazaa et al., 2013](#); [González et al., 2014](#)).

Resultados de la determinación del coeficiente de variación de fabricación y variación del caudal en las cintas de riego

En las [Figuras 1](#) y [2](#) se presentan la distribución de caudales en la tubería de prueba de las cintas de riego, Aqua Traxx, modelo A1 y A2. Para el caso de la tubería o cinta de riego Aqua Traxx, se presentan en la [Figura 1](#) para el modelo autocompensante y el no autocompensante en la [Figura 2](#).

Al analizar los datos obtenidos se observa que la tubería o cinta de riego Aqua Traxx modelo (A2) no autocompensante muestra la mayor dispersión de caudales en la línea de prueba, lo que le confiere el mayor valor del coeficiente de variación de fabricación en comparación con la tubería o cinta Aqua Traxx modelo (A1)

autocompensante cuyas variaciones del caudal pueden catalogarse como muy inferiores en comparación con el modelo A2.

Es importante señalar que los dos valores del coeficiente de variación de fabricación de las cintas Aqua Traxx modelo compensado (1,02%) y no compensado (4,46%) pertenecen a la categoría A de la Norma ISO9260 según [Nakayama y Bucks,\(1991\)](#) y además su categoría es buena según la propia Norma ISO. 9260: 91 (1991). Sin embargo, el modelo A1 tiene un menor coeficiente de variación de fabricación que el modelo A2 y por tanto, es de mejor calidad.

Resultados de la determinación de la curva caudal-presión

En las [Figuras 3](#) y [4](#) se presenta la variación de la curva caudal - presión de las cintas de riego de los modelos compensantes y no compensantes, al ser sometidas a distintas presiones.

En la [Figura 3](#) se presenta la relación caudal-presión de la cinta Aqua Traxx modelo autocompensante, la que tiene un caudal nominal de 1,021L/h y un rango de compensación de

TABLA 4. Espesor de pared por modelo de las cintas de riego

Modelo	Espesor según Fabricante (m x 10 ⁻²)	Espesor medido (m x 10 ⁻²)	Diferencia porcentual
A1	152,4	154,98	1,7
A2	381	385,78	1,2

TABLA 5. Valores críticos de desviación del caudal medio de las cintas respecto al caudal nominal, según la norma ISO9260

No.	Cinta de Riego	qn10% L/h	qn5% L/h	Caudal nominal L/h	qn5% L/h	qn10% L/h	Clasificación Según norma ISO9260
1	Aqua Traxx PC (A1)	0.918	0.969	1.021	1.072	1.123	Categoría A
2	Aqua Traxx NC (A2)	1.026	1.083	1.14	1.197	1.254	Sin categoría

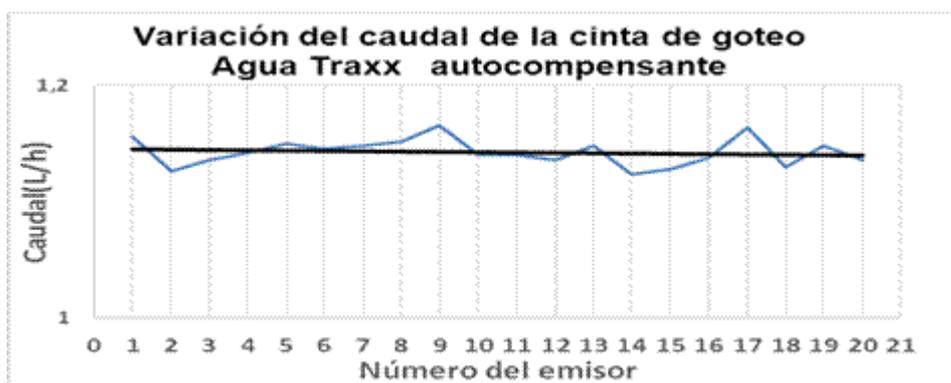


FIGURA 1. Distribución de caudales en línea de prueba perteneciente a la cinta de riego Aqua Traxx (modelo A1) autocompensante (68,966 -172,416 kPa), caudal nominal (qn=1,021 L/h).

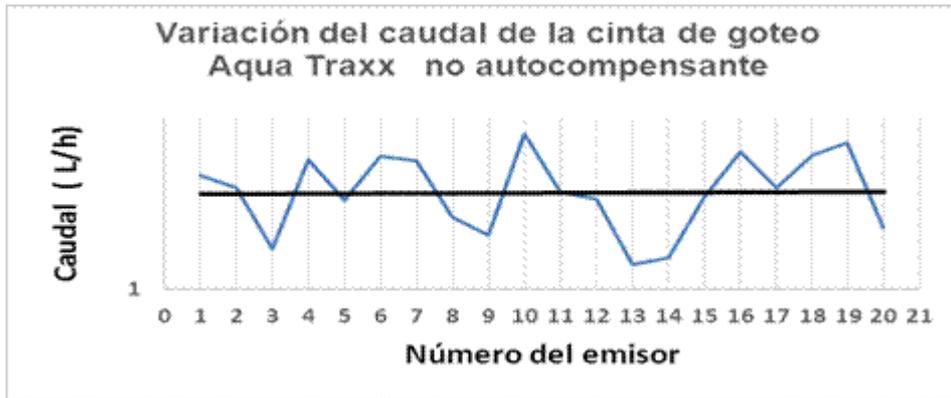


FIGURA 2. Distribución de caudales en líneas de prueba perteneciente a la cinta de riego Aqua Traxx (A2) no autocompensante, presión nominal 68,966 kPa y caudal nominal ($q_n= 1,14$ L/h).

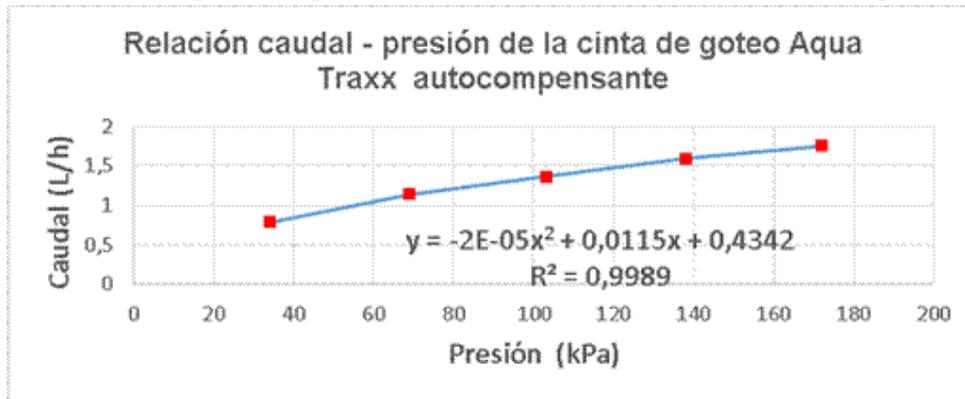


FIGURA 3. Relación caudal-presión de la cinta Aqua Traxx Autocompensante.

68,966-172,416 kPa. En la figura existe una fuerte relación entre el caudal y la presión, lo que se evidencia con el coeficiente de correlación obtenido, alcanzó un valor de 0,9989. Podemos señalar que las variaciones obtenidas en los caudales al variar la presión se alejan de los parámetros dados por el fabricante según el caudal nominal de este modelo.

En la [Figura 4](#) se presenta la relación caudal-presión de la cinta Aqua Traxx modelo no autocompensante, la cual tiene un caudal nominal de 1,14L/h y una presión nominal 68,966 kPa. En la figura también existe una fuerte relación entre el caudal y la presión, esto se evidencia con el coeficiente de correlación obtenido que alcanzó un valor de 0,9317.

En las cintas o tuberías de riego modelos compensantes y no compensantes, la ecuación que muestra el comportamiento de la curva caudal - presión obtenidas experimentalmente en esta investigación son del tipo polinómica de la forma: $y= ax^2 + bx + c$ mostrándose en las citadas figuras los elevados coeficientes de correlación para el modelo A1 del 99% y para el modelo A2 del 93%.

Resultados de la determinación de la variación del caudal producto de la temperatura

En la [Figura 5](#) se muestra el comportamiento de la curva caudal temperatura de las cintas de riego Aqua Traxx modelos compensados y no compensados, estas responden a un comportamiento de tipo lineal en su variación del caudal según distintas temperaturas. Para el caso de las cintas de riego, se tienen los valores más altos de la pendiente de la curva y por lo tanto, una mayor sensibilidad del caudal a la temperatura para el modelo compensado. Esto se debe a que el material del tipo resiliente que presenta el elastómero que le proporciona la característica autocompensante a la cinta Aqua Traxx A1, se dilata con mayor facilidad por causa del aumento de la temperatura del agua, obturando el paso de esta y compensando con esto el aumento del caudal producto de la menor viscosidad del líquido. Estos resultados coinciden con los obtenidos por [Bralts \(2010\)](#) donde encontró que el aumento de la temperatura disminuye la viscosidad cinemática del agua y aumenta el número de Reynolds. En consecuencia disminuye el coeficiente de Darcy-Weisbach y aumenta el caudal.

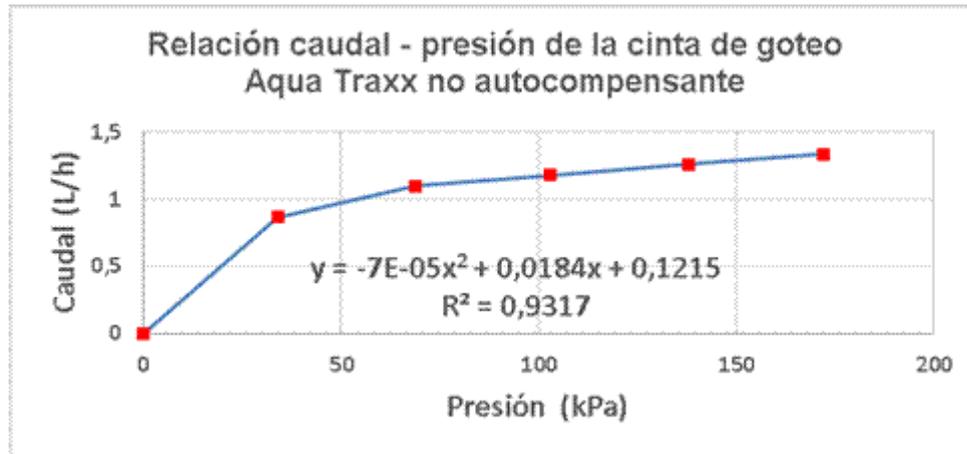


FIGURA 4. Relación caudal - presión de la cinta Aqua Traxx no autocompensante.

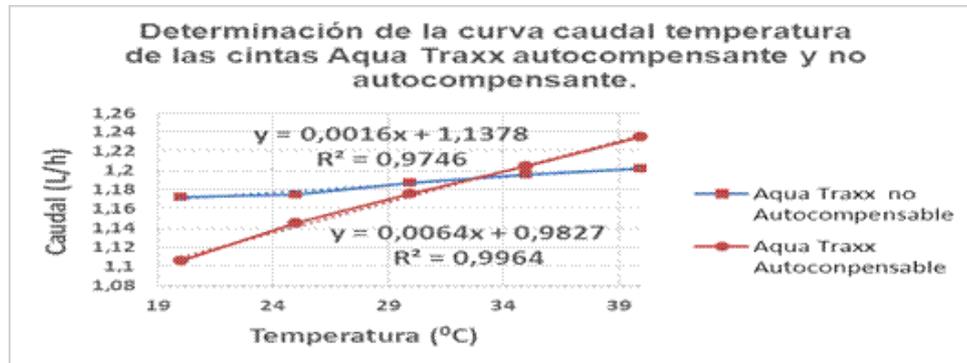


FIGURA 5. Determinación de la curva caudal temperatura de las cintas Aqua Traxx modelos A1 y A2.

CONCLUSIONES

- Con el estudio realizado se demostró que la cinta Aqua Traxx autocompensante presentó menor variación del caudal que la no compensante, demostrando ser el modelo de mejor calidad.
- En la relación caudal-presión se obtuvieron para ambos modelos de cintas coeficientes de correlación superiores al 90 %, obteniéndose ecuaciones polinómicas en condiciones para condiciones experimentales de la forma $y = ax^2 + bx + c$.
- En la determinación de la variación del caudal producto de la temperatura del agua de los modelos de cintas evaluadas, el modelo autocompensante demostró mayor sensibilidad del caudal a la temperatura del agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRALTS, V.F.: *Trickle Irrigation: Application Uniformity from simple emitters*, Ed. Int. Drip Irrig. Assoc. Meet, 4th. ANN. ed., Fresno,

California, USA, 65-76 p., 2010, ISBN: 978-1-926895-12-3.

BRALTS, V.F.; WU, I.; GITLIN, H.M.: "Manufacturing variation and drip irrigation uniformity", *Transactions of the ASAE*, 24(1): 113-0119, 1981, ISSN: 2151-0032, E-ISSN: 2151-0040.

CARMENATES-, H.D.; LÓPEZ, S.M.; MUJICA, C.A.; PANEQUE, R.P.: "Effect of Flow Variations in Micro Irrigation Systems in Guava Crop (*Psidium guajava* L)", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 26(2): 48-54, 2017, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.

CARMENATES, H.D.; LÓPEZ, S.M.; MUJICA, C.A.; PANEQUE, R.P.: "Evaluación mecánica e hidráulica de emisores en sistemas de riego en Ciego de Ávila", *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(4): 17-22, 2017, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.

CARMENATES, H.D.; MUJICA, C.A.; LUIS, P.D.; PANEQUE, P.R.: "Evaluación de los parámetros de manejo de los sistemas de

- microirrigación mediante el criterio de Merriam y Keller”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1): 37-40, 2014, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- FAO: *Informe sobre temas hídricos. organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura*, Ed. FAO, Roma, Italia, 2013, ISBN: 978-92-5-307304-7.
- GONZÁLEZ, R.M.; SANTANA, S.M.; BROWN, M.O.; ALONSO, P.F.: “Mejoramiento de riego por surcos, continuo e intermitente, en suelo ferralítico rojo lixiviado en el sistema productivo Banao”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1): 56-59, 2014, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- IMTA. MX: *Comité Técnico de Normalización Nacional de Sistemas y Equipos de riego*, [en línea], Inst. Comité Técnico de Normalización Nacional de Sistemas y Equipos de riego, México, Vig de 2003, Disponible en: <http://www.imta.mx/otros/cursos/cotenns/e-225.htm>, [Consulta: 14 de mayo de 2018].
- ISO.9260: 91: *Equipos de riego para la Agricultura- goteros - especificaciones y métodos de prueba*, Inst. International Standar Organizationj, La Habana, Cuba, Vig de 1991.
- LEVIEN, S.L.A.; FIGUEIRÊDO, V.B.: “Metodologia simplificada para a estimativa em campo da uniformidade de sistemas de irrigação por gotejamento superficial”, *Revista brasileira de agricultura irrigada-RBAI*, 7(5): 290-299, 2013, ISSN: 1982-7679.
- NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A.: “Water quality in drip/trickle irrigation: a review”, *Irrigation Science*, 12(4): 187-192, 1991, ISSN: 0342-7188.
- OUAZAA, S.; BURGUETE, J.; PANIAGUA, P.P.; SALVADOR, E.R.; ZAPATA, R.M.V.: “Calibración y validación de un modelo de reparto de agua de boquillas de plato fijo”, *Tierras, Riego*, (211): 112-119, 2013, ISSN: 1889-0776.
- UCKER, F.E.; DE OLIVEIRA, L.P.; CAMARGO, F.M.; PENA, S.D.; CARDOSO, F.C.; EVANGELISTA, W.A.: “Elementos interferentes na qualidade da água para irrigação”, *Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental*, 10(10): 2102-2111, 2013, ISSN: 2236-1170.
- VALIPOUR, M.: *Handbook of water engineering problems*, Ed. OMICS Group International, USA, 2014, ISBN: 03650340.
- 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): 186-200, 2013, ISSN: 2422-3719.

Dayma Carmenates-Hernández, Prof., Inv., Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Estudios Hidrotécnicos, Ciego de Ávila, Cuba, e-mail: daymas@unica.cu

Maiquel López-Silva, e-mail: daymas@unica.cu

Albi Mujica-Cervantes, e-mail: albi@unica.cu

Pedro Paneque-Rondón, e-mail: paneque@unah.edu.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.