

RIEGO Y DRENAJE

ARTÍCULO ORIGINAL



<https://eqrcode.co/a/h3qUue>

Riego localizado mediante tuberías porosas

Localized irrigation using geotextil porous pipe

Dr.C. Julián Herrera-Puebla*, MSc. Víctor Tejeda-Marrero, Ing. Luis Hiran Riverol-Marrero,
Dr.C. Enrique Cisneros Zayas, MSc. Reinaldo Cun-González, Tec. Orlando Sarmiento-García
Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. El riego por tubería porosa (o exudante) es un sistema de riego localizado que aplica el agua de forma continua mediante un tubo poroso que exuda agua en toda su longitud y en la totalidad o parte de su superficie, en este sistema, al entrar en contacto la cinta con el suelo, actúa la capilaridad del mismo y cuando el suelo está húmedo auto regula su flujo de agua. Aun cuando en el mercado existen diferentes tipos de cintas exudantes, los mejores resultados se han obtenidos con las cintas exudantes de material geotextil. Presente a escala comercial en Europa y varios países de América Latina, mientras que en Cuba el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola en colaboración del Instituto del Tabaco en Cuba y la empresa española VisaReg han comenzado la evaluación del mismo en *varios cultivos*.

Palabras clave: características hidráulicas, capilaridad, tubería exudante.

ABSTRACT. Irrigation porous pipe are localized irrigation system that applied water in a continuous way using a porous pipe that exude water along its long and in the totality or part of its surface, in contact with the soils surface, soil capillarity act over the pipe and when the soil is sufficient wet, the pipe can regulate its water flow. There are different types of porous pipes in the market, but the best results have been obtained with exuding pipe made of geotextil fabric. This irrigation system are introduced in Europe at commercial scale and also in some Latin American countries, while in Cuba the Agricultural Engineering Research Institute in collaboration with the Research Tobacco Institute and the Spanish enterprise VisaReg are carrying out research in the use of this irrigation system in various crops.

Keywords: Exudation pipes, hydraulic characteristics, soil suction.

INTRODUCCIÓN

El riego por exudación (o exudante) es un sistema de riego localizado que aplica el agua de forma continua mediante un tubo poroso que exuda agua en toda su longitud y en la totalidad o parte de su superficie (Pizarro, 1996; Poritex, 2010, 2014). A diferencia con un gotero, que tiene un único punto de emisión, la multitud de puntos de emisión de las tuberías porosas le confieren ventajas e inconvenientes a su comportamiento hidráulico y características puntuales del mismo, como los relacionados con la obturación (Burbano *et al.*, 2000, 2001; Tillo, 2006; Casado y Sirgado, 2015; Porras, 2015, 2015; Portal Frutícola, 2020).

Han existido en el mercado 4 tipos de tubería exudante según Poritex (2014): tubería de polietileno intensamente perforada con rayos láser, tubería de celulosa en la que el agua es

transpirada por los espacios intermoleculares de la red celulósica, tuberías de caucho reciclado (TPE) que aplica el agua a través de micro-túneles laberínticos con una pared porosa de 2,6 mm de espesor y la tubería textil exudante (TTE), en la que el agua es exudada entre la trama de un tejido de fibra sintética de poliéster, impregnada con una resina porosa.

Según información brindada por Poritex (2014), la tubería perforada con rayos láser no logró un impacto en la industria del riego presurizado, por su alto costo y por la facilidad con que los micro-orificios se obturaban, especialmente con cristales de los fertilizantes, que precipitaban en los bordes de cada orificio al finalizar el riego, pues éste presentaba irregularidades y aristas causadas por el rayo láser. La tubería de

*Autor para correspondencia: Julián Herrera Puebla, e-mail: direccioninvest1@iagric.cu

Recibido: 28/12/2019.

Aprobado: 12/06/2020.

celulosa presentó el inconveniente de su poca durabilidad, tanto por roturas mecánicas (era muy poco resistente a la tracción) como por el efecto de los micro-organismos del suelo, que la utilizaban como sustrato para su alimentación, descomponiéndola biológicamente. La tubería de caucho (TPE) reciclado a pesar de tener una larga vida, también presenta problemas de obturación por concentración de sólidos en suspensión y por formación de cristales de los fertilizantes.

Al evaluar este último tipo de tuberías porosas (TPE) Casado y Sirgado (2015), señalan que las mismas presentan un interés adicional al servir para el reciclado de un elemento problemático a nivel medioambiental como son los neumáticos de caucho, pero indican que Teeluck y Sutton (1998, citado por Casado y Sirgado (2015), al estudiar experimentalmente la variación del gasto desaguado en una TPE, concluyeron que la tubería estudiada no posee las cualidades adecuadas como ramal de riego debido a su alto coeficiente de variación, del 0,20 a 0,35, que además aumento con el paso del tiempo. Por su parte Pinto *et al.* (2014), en un estudio más reciente, ensayaron una TPE y concluyeron que a todas las presiones ensayadas se obtuvo un resultado satisfactorio del coeficiente de variación (valores próximos a 0,05). Asimismo, observaron unas pérdidas de carga que no parecían corresponder con las obtenidas por las expresiones clásicas y una curva de gasto que no era bien representada por la expresión potencial típica y propusieron otra más compleja, también empírica, que ajustaba mejor sus resultados experimentales.

En la actualidad, el sistema más extendido y utilizado es el tubo textil exudante (TTE), con aplicación continua de agua en toda su longitud y superficie, por ello, en lo adelante se hará énfasis solo en este tipo de tuberías porosas.

En Cuba este método de riego no ha sido aún utilizado por lo que existen vacíos en cuanto a su funcionamiento hidráulico para las condiciones de suelo, calidad del agua y adaptabilidad a diferentes cultivos, lo que requiere que el mismo sea evaluado.

En correspondencia con lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo realizar un estudio del arte sobre el riego localizado mediante tuberías porosas que permita conocer sus características generales, así como algunos resultados de investigación sobre su funcionamiento.

Características técnicas de la cinta exudante

Según datos de diferentes fuentes Poritex (2010, 2014); ArteriaEcoAgro (2019); VisaREg (2019), estas cintas se fabrican en un telar de forma cilíndrica, de manera que se obtiene una cinta continua y sin costuras. Está fabricada con fibras de poliéster e impregnado con una resina permeable al agua que le da rigidez. Se presiona la cinta y se refuerza por ambos lados mediante planchado y bobinado sobre el propio envase.

Al introducirse agua en su interior, el tejido se transforma en un tubo de sección circular de 14,5 mm de diámetro interno, con una pared porosa del mm de espesor.

Las micro fibras de polietileno entrecruzadas forman una malla en la cual los poros tienen un tamaño medio de 4 a 5 micras y ocupan el 50% de la superficie.

La Figura 1a muestra la apariencia de la cinta original, mientras que en la 1b puede verse la cinta funcionando en el campo.

Es flexible, enrollable y resistente. No es afectada por las temperaturas extremas y tiene gran resistencia a la tracción y al reventamiento (hasta 15 kg·cm⁻²) La durabilidad está enmarcada entre los treinta años.

Ofrece mayor facilidad en su operación y mantenimiento, es fácil de recoger y almacenar para realizar labores culturales, permite realizar fertirrigación con altos niveles de eficiencia.

A diferencia del riego por goteo, requiere un sistema sencillo de filtrado.

La Tabla 1 muestra las características generales de la cinta porosa ofertada por diferentes fabricantes (Poritex, 2014; VisaREg, 2019; Portal Frutícola, 2020).

TABLA 1. Características generales de la cinta porosa con material geotextil

Material	Fibras de poliéster y resina porosa
Presión de trabajo recomendada	0,2-1 bar (2–10 m.c.a)
Caudal	De 2 a 8 L/m/h
Eficiencia de riego	-90%
Diámetro nominal (exterior)	16 mm
Diámetro interior	14,5 mm
Tamaño del poro	4 micras
Color	negro
Presentación	Bobinas de 15, 50, 100, 200 y 400 m
Envase Malla Verde CT-16 MV	2 -4 L/h/m lineal
Envase Malla Roja CT-16 MR	4-8 L/h/m lineal
Peso	20 g/m
Filtración recomendad	130 a 150 micrones
Resistencia a la rotura	145 kgf
Presión de estallido	15 bar (150 m.c.a)
Resistencia química	Abonos sólidos y líquidos solubles en agua, herbicidas fitosanitarios, ácido sulfúrico, nítrico, clorhídrico hipoclorito sódico
Resistencia a la intemperie	Rayos UV
Fabricación y patente	Europea



FIGURA 1. (a) Muestra de la cinta geotextil porosa y (b) funcionamiento de la cinta en el campo.

Interacción cinta suelo

El concepto de riego mediante sistemas porosos se remonta a la antigüedad donde según Tillo (2006), los fenicios utilizaron un sistema de riego que consistía en vasijas de arcilla porosa enterradas al pie de los olivos. Estas vasijas eran rellenas de agua a intervalos regulares, la cual se filtraba hasta las raíces de los árboles gracias al efecto capilar según (Martínez de Azagra y del Río (2015), también en Cuba Ortega *et al.* (1986), indicaron las ventajas de este sistema para la repoblación forestal.

La TTE basa su funcionamiento en este principio, al mismo se le reconoce un carácter de auto regulador de su emisión por cuanto existe interacción, entre los potenciales de humedad del suelo, la carga del sistema (m.c.a.) y la absorción por parte de la planta. La Figura 2 muestra de forma esquemática según Zaldivar (2020) el funcionamiento de esta interacción.

Según Zaldivar (2020), la ubicación en la Figura de la cinta bajo el área radicular se hace para efecto práctico, ya que el mismo no recomienda una profundidad mayor a los 5 cm.

De acuerdo con el concepto de auto regulación mostrado

en la Figura 2, el agua sale de la cinta con una cierta tensión que se va equilibrando en la medida que el suelo se humedece, este equilibrio se rompe con la absorción por parte de la planta y se produce un flujo de entrada (cinta-suelo) y uno de salida (suelo-planta), a medida que es mayor la demanda del cultivo la velocidad de entrada al suelo por parte de capilaridad entre cinta-suelo y al revés ocurrirá lo contrario.

Esta, auto regulación del caudal, permite que el riego se haga en forma continua no existiendo riesgo de saturación del suelo si se trabaja con presiones similares a las que puede alcanzar la succión del suelo cuando alcanza la capacidad de Campo.

(Martínez de Azagra y del Río (2015), al trabajar con potes porosos, en los que se produce el mismo efecto de interacción suelo emisor, explican el fenómeno a través de la ecuación de continuidad y Darcy.

Por su parte Kacimov y Obnosov (2017), utilizando una modificación del modelo de Phillips para flujo no saturado, mostraron una solución para la relación tensión-flujo saturado y no saturado en tuberías porosas en riego sub superficial.

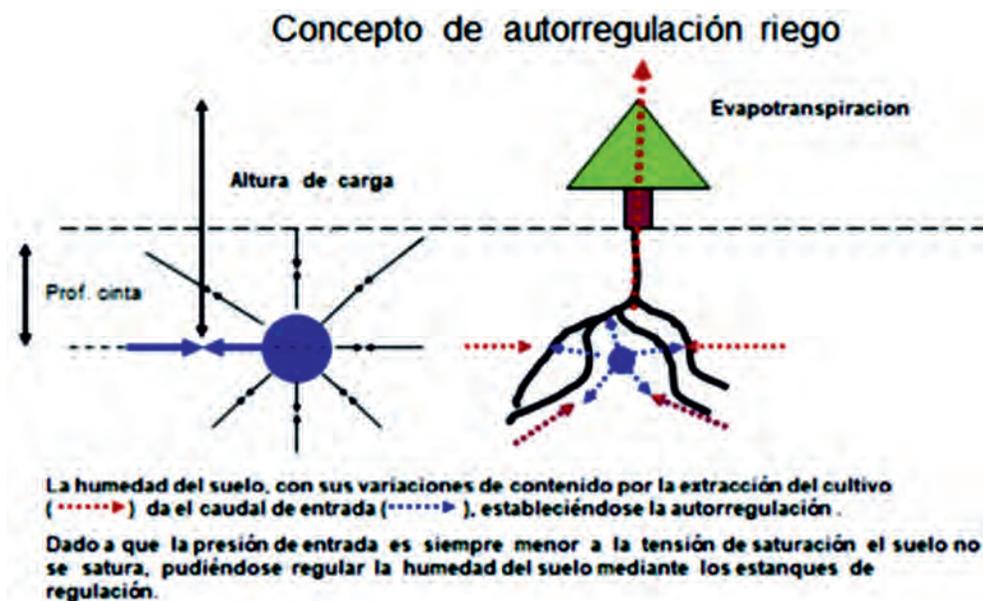


FIGURA 2. Esquema de funcionamiento de la interacción potencial de agua en el suelo - tubería porosa (tomado de Zaldivar (2020)).

Características Hidráulicas según evaluaciones del laboratorio

Según datos del Catálogo Técnico, citando varios ensayos realizados en laboratorio a este emisor en 25 muestras de 3 m de longitud (CEMAGREF, 1995; citados por VisaREg (2019), se determinó que la fórmula que define el caudal en función de la presión sigue la siguiente expresión:

$$Q = 5,84 \cdot H^{0,54} \quad (1)$$

A partir de la misma, elaboraron la curva presión gasto que se muestra en la Figura 3

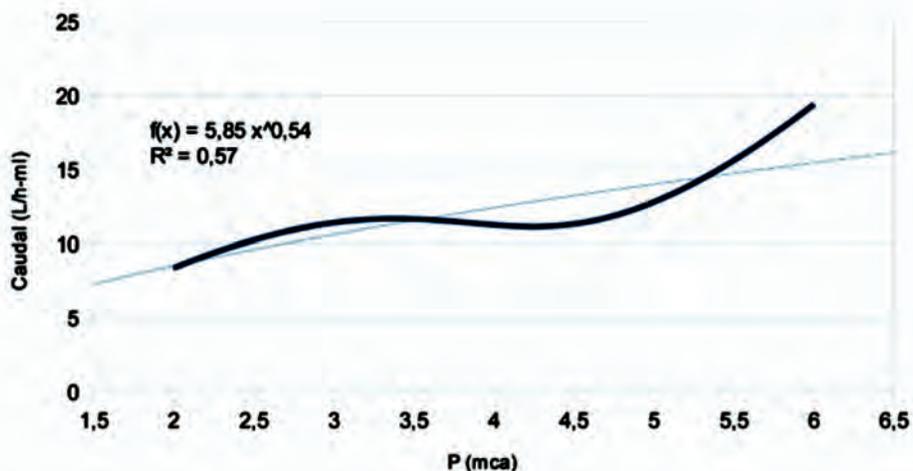


FIGURA 3. Curva Presión Caudal para la cinta exudante VisaREG según catálogo del fabricante VisaREg (2019)

Otros ensayos, también en laboratorio, realizados en la Universidad Politécnica de Madrid Casado y Sirgado (2015), con muestras de 1 m de largo, trabajando con presiones desde 1 a 10 m.c.a, encontraron desviaciones promedios relativas de los caudales de 0,22, valores que se reducían a 0,14 para las presiones mayores de 2 m y a 0,11 para las mayores de 4 m, estos autores señalaron que si bien los valores de las desviaciones son más altos de lo que es frecuente en riego por goteo los resultados podrían ser aceptables si se mantienen las características y encontraron además una ecuación del emisor como:

$$q = 0,78 \cdot h^2 \quad (2)$$

De las evaluaciones realizadas en laboratorio, los catálogos de diferentes fabricantes Poritex (2014); ArteriaEcoAgro (2019); VisaREg (2019), recomiendan trabajar hasta un máximo de 2 bar, aunque la presión de rotura es de 14,5 bar. Se recomienda no sobrepasar 1,2 bar dado que los micro poros de la resina pueden colmatarse y producir un hilo de agua. En atención a lo anterior, una ventaja del sistema puede encontrarse en que al proporcionar un bajo caudal permite abaratar los costos de la red de distribución de riego y regar con por gravedad por las bajas presiones admitidas.

Resultados de evaluaciones de campo

En pruebas de campo Porras (2015) encontró coeficientes de uniformidad (CU) al utilizar riego por exudación, para el inicio de campaña de 94% y para el final 90%, concluyendo este autor que dichos valores para este índice tienen una categoría de excelente. Al comparar este sistema, con el riego por goteo en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), encontró una disminución de la cantidad de agua aplicada con la cinta exudante de un 8%

a la vez que el rendimiento se incrementó en 1,2 veces en relación a lo obtenido con el riego localizado. De acuerdo con estos resultados Porras (2015) concluyó que al obtener una relación B/C 20% mayor en el riego por exudación frente al gotero, este sistema constituía una mejor opción para el cultivo.

También al comparar el riego por goteo y exudación en lechuga (*Lactuca sativa L.*), repollo (*Brassica oleracea L. var. Capitata*) y brócoli (*Brassica oleracea L. var. Italica*) Benavides *et al.* (2017), encontraron resultados diferentes y concluyeron que el tratamiento de riego por goteo presentó mayor relación B/C para los cultivos de lechuga y brócoli, mientras que con el sistema de exudación en cultivo de repollo se obtuvo la mayor relación B/C.

Por su parte Burbano *et al.* (2017), comparó el riego por exudación con el riego por aspersión en 6 cultivos y concluyó que con el riego por exudación se obtuvo un ahorro del 60% del agua en promedio para todos los cultivos y se aumentó el rendimiento de los cultivos de sandía (*Citrulus lanatus*) de 12 a 31 t·ha⁻¹, maíz (*Zea mays*) 1 a 7 t·ha⁻¹, de 9 a 19 t·ha⁻¹ en pimentón (*Capsicum annum*), de 1 a 2 t·ha⁻¹ en maní (*Arachis ipogaea*), de 10 a 24 t·ha⁻¹ en zapallo (cucurbita máxima) y en cebolla (*Allium cepa*) de 18 a 36 t·ha⁻¹. También al evaluar el riego mediante goteo y cinta exudante en túneles de cultivo Lab. Ferrer (2019), encontró que durante el período comprendido en el ensayo (1/8/2019 a 27/8/2019) al mantener un mismo tiempo de riego para ambos sistemas, la tubería exudante utilizó un 52% menos de agua que el riego localizado para mantener al cultivo de tomate en la "zona de confort" del cultivo.

La Figura 4, de acuerdo a resultados obtenidos por Gurovich (1999), muestra que las diferencias en la descarga obtenidas con presiones desde 0,5 hasta 10 m.c.a para tubería virgen usada (1 año) son muy pequeñas, salvo el caso de la presión de operación

de 0,5 m.c.a, lo que indica que basta usar una presión (superior a 1 m.c.a) para mantener limpias de sedimentos y/o cristales de sales que pudieran haberse acumulado en la pared interior de la TTE después de un año de uso con aguas salinas.

El rango de descarga es bastante alto (1 a 35 L/h/m de TTE); sin embargo, el incremento en la descarga con aumentos palatinos de presión, crece más sobre los 3 m.c.a, por lo que es posible operar normalmente este tipo de TTE en el que la pérdida de carga no es tan significativa de acuerdo a los valores presentados en la Figura 3.

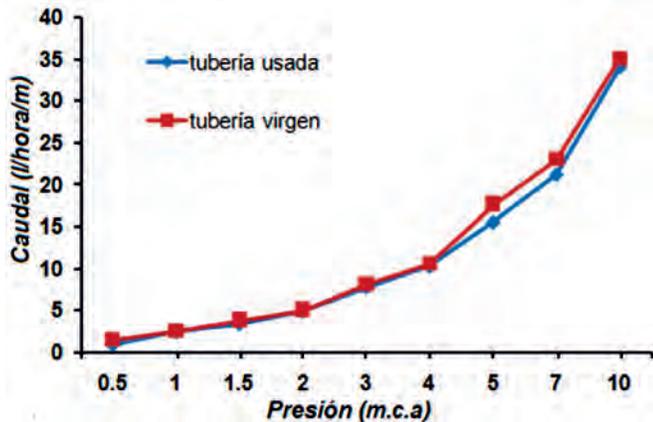


FIGURA 4. Relación entre la presión y el caudal en TTE nuevas y con un año de uso

Pérdidas de carga

Para determinar las pérdidas de carga a lo largo de la tubería Gurovich (1999), utilizó un tramo de tubería de 200 m de largo conectado a una fuente de agua a presión, y aplicó presiones iniciales de 5 y 10 m.c.a, respectivamente. Después de un periodo de operación continua de 24 horas, midió la presión del agua desde el final de la tubería y luego por tramos de 20 m de longitud hasta el punto de entrega de agua. De esta manera obtuvo las dos curvas de pérdidas de carga, que se muestran en la Figura 5.

De acuerdo con la Figura 5, la pérdida de carga es significativa, aun considerando que hay una reducción continua a lo largo de la tubería por su evacuación, y su presión interna se estabiliza alrededor de 1 m.c.a. a los 140 m del punto de ingreso-

so. Esto indica que la fibra de poliéster impregnada en resina porosa es bastante rugosa en su interior; que este aspecto puede influir significativamente en la uniformidad de la descarga de una TTE específica, según sea su distancia desde el punto de ingreso del agua, lo que podría ser una limitación en su largo máximo la tubería.

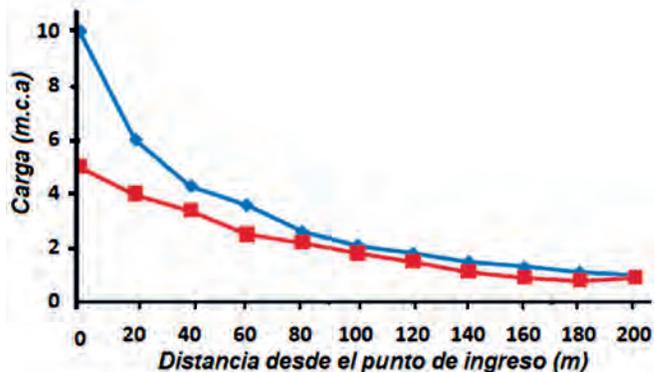


FIGURA 5. Pérdida de carga a lo largo de tuberías TTE para cargas de 5 y 10 m.c.a.

Otros usos de la tubería exudante

El sistema de riego mediante tubería exudante también es recomendado para el riego subterráneo de céspedes Poritex (2010), recomendando en el caso de establecimiento mediante mantas en jardines regar manualmente durante los primeros 3 días, con el objeto que la raíz se conecte con el bulbo de humedad generado por la tubería. También es recomendado para el riego de arbustos y árboles en áreas públicas, añadiendo la ventaja de que al estar instalados sub superficialmente evita el daño que pudiera ocasionar el mantenimiento al jardín y el vandalismo.

Ventajas y desventajas del sistema de riego por manguera exudante

De los diferentes trabajos consultados y manuales de los diferentes fabricantes se elaboró la Tabla 2 donde se resumen las posibles ventajas y desventajas del riego mediante manguera exudante.

TABLA 2. Posibles ventajas y desventajas de la tubería porosa para su empleo en el riego

Ventajas	Desventajas
Mucho más sencillo de montar que la manguera de goteo.	Más caro (casi el doble que la manguera de goteo).
Ideal con poca presión.	Al ir enterrado, hay que marcarlo para no romper la manguera al plantar.
Abarca más espacio con una sola línea.	Necesita de una brida o algún sistema de agarre de las conexiones.
Enterrado no existe pérdida de agua por evaporación.	No funciona bien si la toma de agua tiene una presión mayor de 4 m.c.a.
Solo expulsa agua cuando la tierra lo necesita.	Si no se entierra, se recomienda taparlos con mulch para evitar el sobrecalentamiento y evaporación.
El agua se aplica directamente a las raíces	Es conveniente utilizar sistemas de regulación de caudal para evitar el exceso de presión.
Evita encharcamientos.	

Ventajas	Desventajas
<p>Su material es más duradero que la manguera de goteo y además si se entierra se evita su degradación por irradiación.</p> <p>Permite cultivar donde queramos sin tener que acercar la planta al gotero.</p> <p>Es más estético.</p> <p>Permite más posibilidad de curva y serpenteo.</p> <p>Permite riego de agua continuo y auto regula la cantidad que expulsa, por lo que solo gasta el agua necesaria para mantener un grado de humedad óptimo.</p>	

CONCLUSIONES

- El riego por tubería exudante es una técnica de riego localizado que aporta agua al suelo y cultivo a través de los poros de la tubería localizada en una franja de humedad a lo largo de la misma. Se fabricada con material geotextil de alta resistencia a la rotura, muy flexible y fácil de manipular. Aunque su costo es ligeramente mayor que el del riego por goteo o micro aspersión, diferentes evaluaciones de campo indican que puede ahorrar entre un 50 al 60% de agua y es capaz de trabajar con menos presión que otras técnicas de riego localizado.
- Es una tecnología procedente de Europa (España) su uso se ha extendido a muchos países de América Latina como Chile, Perú, Nicaragua y México. En Cuba esta tecnología es de reciente introducción y está en proceso de evaluación en varios cultivos en la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola y en el cultivo del Tabaco en el Instituto de Investigaciones de este cultivo situado en San Antonio de los Baños.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTERIAECOAGRO: *Ficha Técnica Tubería Exudante*, [en línea], ARTERIA ECO AGRO, 2019, Disponible en: <https://cdn.mycomandia.com>.
- BENAVIDES, B.; EDMUNDO, O.; BARRAZA, A.; VICENTE, F.; NAVIA, E.; JORGE, F.: “Efecto del riego por goteo y exudación sobre el rendimiento de hortalizas en clima frío”, *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1): 108-116, 2017, DOI: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.67>.
- BURBANO, L.L.; CADENA, C.C.; MUÑOZ, C.A.; RUIZ, E.H.: “Determinación de la cantidad de agua aprovechable en algunos cultivos de clima cálido, mediante el sistema de riego por exudación”, *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28(2): 199-210, 2017, DOI: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.67>.
- BURBANO, L.L.; CADENA, C.V.; MUÑOZ, C.A.; RUIZ, E.H.: “Determinación de la cantidad de agua aprovechable en algunos cultivos de clima cálido, mediante el sistema de riego por exudación”, *Revista de Ciencias Agrícolas*, 18(2), 2001.
- BURBANO, L.L.; GOMEZ, G.W.; NOGUERA, G.I.D.: “El riego por exudación: Descripción, características y ventajas del sistema”, *Revista de Ciencias Agrícolas*, 17(1): 355-361, 2000, ISSN: 2256-2273.
- CASADO, F.E.; SIRGADO, J.L.: “Ensayos y caracterización hidráulica de tuberías porosas para riego”, [en línea], En: *XXXIII Congreso Nacional de Riegos, Valencia 16-18 junio de 2015*, Ed. Editorial Universitat Politècnica de València, Valencia, España, 2015, DOI: <http://dx.doi.org/10.4995/CNRiegos.2015.1519>, Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/300140615>.
- GUROVICH, L.A.: *Nueva tecnología de riego localizado de aplicación continua*, [en línea], Universidad Católica de Chile. Revista ACONEX, 1999, Disponible en: <https://riegoexudanteporoso.es.tl>.
- KACIMOV, A.R.; OBNOSOV, Y.V.: “Analytical solution for tension-saturated and unsaturated flow from wicking porous pipes in subsurface irrigation: The K ornev-P hilip legacies revisited”, *Water Resources Research*, 53(3): 2542-2552, 2017, DOI: 10.1002/2016WR019919.
- LAB. FERRER: *Ensayo con el Sistema de riego exudante Visa Reg.*, Inst. Food Environment CRCPS, Barcelona, España, 2019.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA, P.A.; DEL RÍO, S.J.J.: “Microrriego de brinzales a través de recipientes porosos enterrados: Fundamentos teóricos y prácticos”, *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 41: 47-58, 2015.
- ORTEGA, S.F.; FORBES, L.T.; DE LA ROSA, S.: “Uso de potes porosos en la repoblación forestal, en suelos de zonas secas”, *Ciencias de la Agricultura*, 27: 159-160, 1986.
- PINTO, M.F.; DE CAMARGO, A.P.; RETTORE, N.O.; FRIZZONE, J.A.: “Caracterização hidráulica de tubos porosos oriundos de pneus reciclados utilizados em irrigação subsuperficial”, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(11): 1095-1101, 2014, ISSN: 1415-4366, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1095-1101>.
- PIZARRO, C.F.: *Riegos localizados de alta frecuencia-goteo-microaspersión-exudación*, Ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 250-252 p., 1996, ISBN: 84-7114-610-X.
- PORITEX: *Riego textil exudante poritex. Cálculos hidráulicos e instalación. Parques y jardines “césped, arbustos y árboles*, [en línea], Riego textil exudante poritex, 2010, Disponible en: <http://riegoexudante.zp.cl>.
- PORITEX: *Riego localizado por exudación*, [en línea], Riego textil exudante poritex, 2014, Disponible en: <http://riegoexudanteporitex.mex>.
- PORRAS, J.R.: *Evaluación del sistema de riego por goteo y exudación en el cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd) en El INIA-La*

Molina., [en línea], Universidad Nacional Agraria La Molina, Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrícola, Lima, Perú, 2015, Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/331327778>, [Consulta: 15 de marzo de 2020].

PORTAL FRUTÍCOLA: Riego Exudante. Características y manejo, [en línea], Portal Frutícola.com, 2020, Disponible en: www.portalfruticola.com

TILLO, T.J.: Riego por exudación, [en línea], Texbor S.A.r, 2006, Disponible en: <https://docplayer.es>.

VISAREG: Sistema de riego por Exudación. Manual Técnico Practico, [en línea], Ed. VisaREg., Barcelona, España, 2019, Disponible en: www.visareg.es.

ZALDIVAR, O.A.: Características de sistema de riego por cinta exudante a baja presión, agroriegoeirl, 2020.

Julián Herrera-Puebla, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana. Cuba. e-mail: direccioninvest1@iagric.cu

Victor M. Tejera-Marrero, Inv., Director General del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: dirgeneral@boyeros.iagric.cu

Enrique Cisneros-Zayas, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana. Cuba. e-mail: dptoriego1@iagric.cu

Luis Hiran Riverol-Marrero, Adiestrado, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana. Cuba. e-mail: direccioninvest1@iagric.cu

Reinaldo Cun-González, Inv. Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana. Cuba. e-mail: dptoriego3@iagric.cu

Orlando Sarmiento-García, Técnico, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana. Cuba. e-mail: direccioninvest1@iagric.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).

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.

**...sistemas integrales de ingeniería agrícola,
nuestra contribución a la seguridad alimentaria...**



**desarrollamos
y comercializamos**

- Elementos para Sistemas de Riego.
- Implementos y Equipos de Mecanización Agropecuaria.
- Asistencia Técnica especializada para la instalación, y explotación de tecnologías agrícolas.
- Servicios de ingeniería para el diseño de sistemas de riego y drenaje y equipos y máquinas agrícolas.
- Servicios de pruebas y validación de tecnologías agrícolas.
- Servicios de capacitación y entrenamiento especializados en los campos de la ingeniería agrícola.

INFORMACIÓN: Unidad de Producciones Tecnológicas y Comercial
Avenida Camilo Cienfuegos y Calle 27 Arroyo Naranjo
E-mail: agriccomercial@minag.cu Teléfonos(537) 691 2533 / 691 2665