

## EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO SOTERRADO EN PLANTACIONES DE MANGO

### ASSESSMENT OF AN UNDERGROUND IRRIGATION DRIP SYSTEM IN MANGO PLANTATIONS

**Autores:** Leonel Duarte Naranjo<sup>1</sup>

Elena Pla Rodríguez<sup>2</sup>

Eddy Camejo Barreiro<sup>3</sup>

**Institución:** Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba

**Correo electrónico:** [leoneld@unica.cu](mailto:leoneld@unica.cu)

[elenapla@unica.cu](mailto:elenapla@unica.cu)

[eddy@unica.cu](mailto:eddy@unica.cu)

#### RESUMEN

El trabajo se llevó a cabo en la unidad empresarial de base (UEB) Frutales Ciego, en la finca Palmarito-I, en plantaciones de mango, con el objetivo de evaluar el sistema de riego por goteo subterráneo, para mejorar la calidad del riego y elevar los rendimientos agrícolas en los sistemas. Se determinó el coeficiente de uniformidad del sistema, obteniendo como resultado un 88 %, lo cual refiere buenas condiciones del mismo. Se evaluó el sistema radicular de las plantaciones mediante la elaboración de una calicata, en la cual se determinó que las raíces activas se concentraban a una profundidad de 10 a 25 cm, con una mayor concentración en las zonas cercanas a los emisores. Mediante la propia calicata, se estudió el comportamiento de la infiltración para determinados valores de tiempo, lo cual garantiza un mayor aprovechamiento del agua y los fertilizantes empleados en el riego, donde se determinó que, para un riego óptimo, en un tiempo de 4 h, los emisores creaban un bulbo húmedo con una profundidad de 30 cm, los cuales se solapaban entre sí, cubriendo toda la zona de concentración de las raíces activas.

**Palabras clave:** Ahorro de agua, Desarrollo radicular, Coeficiente de Uniformidad del riego, Riego soterrado.

#### ABSTRACT

The investigation was carried out in the Business Unit (UEB, Spanish Acronym) Frutales Ciego, in the property Palmarito-I, specifically in mango plantations, with the

---

<sup>1</sup> Ingeniero en Riego y Drenaje. Profesor Auxiliar

<sup>2</sup> Ingeniera en Mecanización Agropecuaria. Profesora Auxiliar. Dr.

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo. Profesor Titular. Dr.

objective of assessing the effectivity of the trickle irrigation system and looking forward to improve the quality of the watering conditions and raise the yield per hectare of this fruit. The coefficient of uniformity of the system was determined, obtaining 88 % as a result, which shows the good conditions of the system. The system of roots of the plantations was evaluated by means of the elaboration of a calicata, in which we could determine that the active roots concentrated to a depth understood among 10 to 25 cm, with a higher concentration in the area near the originators. By means of the calicata, the infiltration for certain values of time was also checked, with the objective of guaranteeing a better use of the water and the fertilizers applied during the watering time. It was determined that, for 4 hours of effective watering, the originators created humid bulbs with a depth of 30 cm, which were overlapped among them, covering the whole area of concentration of the active roots.

**Keywords:** Irrigation uniformity coefficient, Root development, Underground irrigation, Water saving.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, nuestro país se encuentra inmerso en una gran sequía, esto se debe a la inclemencia climática. Donde el 71 % del territorio nacional presenta sequía meteorológica, de los cuales el 33 % se cataloga como moderada o extrema. Se estima que 694 000 personas están afectadas de manera parcial y 58 700 de forma total. El 81 % de la nación está afectada por la sequía meteorológica, de las cuales el 53 % es evaluado de moderada a extrema. La Habana, Matanzas, Holguín y Guantánamo entre tanto, presentan la situación más favorable (Álvarez, 2017).

El territorio nacional ha sufrido las consecuencias de la sequía meteorológica, siendo la región central la más afectada en los últimos tres años, con más de 12 meses presentando déficit en los acumulados de la lluvia.

Según datos del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), Ciego de Ávila es una de las provincias más afectadas por la sequía. Por lo que resulta necesario incrementar las medidas necesarias para el aprovechamiento y buen manejo de las reservas de agua disponibles.

Una de las medidas tomadas por el país ha sido la inversión de cuantiosos recursos para la obtención de novedosas tecnologías de riego, las cuales reducen las pérdidas innecesarias de agua, y con una buena utilización, contribuyen al incremento de las producciones y calidad de los productos, dando mayores resultados económicos al país.

El clima tropical de Cuba es muy favorable para las plantaciones de mango (Rodríguez y Guerrero, 2002), por lo que se han incrementado las áreas de plantaciones durante los últimos años. En la actualidad, según datos de la asociación nacional de agricultores pequeños (ANAP) Provincial, en Ciego de Ávila se encuentran destinadas un total de 4 463,47 ha para el cultivo, con un rendimiento promedio de 12,15 t /ha, siendo favorable para la producción de pastas, compotas, dulces, entre otras, destinadas tanto para el consumo nacional como para las exportaciones, beneficiando así la economía del país.

Mediante los sistemas de riego tradicionales, el agua es aplicada en el campo entero, lo que representa una pérdida significativa de agua, ya sea por la infiltración en zonas no deseadas, como por la evaporación (FAO, 2016).

Uno de los métodos que cumple con estas condiciones, es el riego localizado, específicamente por goteo, con ventajas como la reducción de la evaporación del agua en los suelos, lo que trae consigo una reducción significativa de las necesidades de agua al realizarse un uso más eficiente, automatización completa del sistema, uso de aguas más salinas que en riegos convencionales, debido al mantenimiento de una humedad relativamente alta en la zona radicular (bulbo húmedo); adaptación más fácil en terrenos rocosos o con fuertes pendientes, reduce la proliferación de hierbas en las zonas no regadas y permite el aporte controlado de nutrientes (Olalla, 1993) y (Ferreira y Selles, 2013).

Sin embargo, a pesar de que la UEB Frutales Ciego, en la finca Palmarito-I tiene implementada la explotación de sus sistemas de riego y el personal técnico calificado para obtener resultados de alta calidad en la producción del mango, no se cuenta en la UEB con la evaluación de la calidad en el riego subterráneo por lo que el objetivo esta investigación es evaluar el sistema de riego por goteo subterráneo en las plantaciones de mango ubicadas en la UEB Frutales Ciego de Ávila, con vistas a mejorar la calidad del riego y elevar los rendimientos agrícolas en los sistemas.

El riego localizado presenta inconvenientes, como el costo elevado de la instalación, debido a la cantidad importante de emisores, tuberías, equipamientos especiales en el cabezal de riego y la casi necesidad de un sistema de control automatizado, alto riesgo de obstrucción de los emisores, lo que trae consigo un efecto sobre la uniformidad en el riego. Por lo que es necesario implementar un sistema de filtración y requiere de un buen diseño (García, Hayash y Puppo, 2015).

En los sistemas de riego localizados son utilizados emisores de caudales bajos a presiones operativas relativamente bajas. En este sistema de riego, se suministra el agua solamente en áreas específicas del campo, en la zona radicular de las plantas. Entre los emisores más utilizados comúnmente se encuentran los que poseen un caudal de 1 a 4 L/h (Shani, Xue y Gordin 2016) y (Sela, 2017).

Según Pimstein ... *et al.*, (2012) entre los principales aspectos que deben tenerse en cuenta para el diseño de un sistema de riego son el tipo de suelo, la topografía del terreno, el clima de la zona y las características de la planta.

El mango es una planta muy resistente a la sequía, por lo que no necesita riego para poder subsistir, exceptuando los dos primeros años de vida de la planta, sin embargo, su aplicación puede modificar algunos aspectos que permiten mejorar la productividad del cultivo. Para un posible diseño y aplicación de riego, debe considerarse que, el mango necesita una precipitación mínima de 700 mm de lluvia al año bien distribuida. Según la edad del árbol, se reporta que las plantas pequeñas requieren de 5 a 10 L de agua por riego cada 4 a 6 días, las plantas en producción requieren de 60 a 120 L por semana (en riego por microaspersión), y las plantas viejas de 1 000 a 1 200 L por árbol por semana. Sin embargo, estos datos son muy generales, por lo que es necesario, para cada caso particular, establecer la necesidad de las plantas según su edad, el clima, el tipo de suelo, sistema de riego en uso, y el lugar de establecimiento de la plantación (Mora ... *et al.*, 2002).

Para la elección de un sistema de riego a usarse, se deben tener en cuenta aspectos como, la cantidad de agua disponible, la calidad del agua, las condiciones del clima, el manejo agronómico de la plantación, entre los sistemas más utilizados para el riego del cultivo se encuentran el superficial y el presurizado (microaspersión y goteo). Para definir el más adecuado es necesario considerar el número de goteros o aspersores y el porcentaje del área de mojado del suelo por planta, lámina a aplicar, intervalo de riego y épocas de aplicación.

El control de la humedad en los suelos es determinante para el correcto desarrollo de los cultivos. En algunos países del mundo, el total de precipitaciones anuales puede considerarse aceptable pero su distribución es irregular, lo que provoca un bajo aprovechamiento.

El uso adecuado y la alta efectividad de los fertilizantes, las variedades de alto potencial de rendimiento y la agrotécnica en general, exigen una regulación adecuada del régimen de humedad en los suelos, por lo que la práctica del riego y el drenaje se

torna una variante para lograr buenos resultados en la agricultura en zonas con déficit de humedad o en lugares de humedad excesiva (Pacheco, 2007).

Los equipos de riego localizado permiten el suministro de agua y fertilizantes a las plantas, estas son distribuidas a cada planta por un sistema de tuberías y entregadas por distintos emisores (goteros, difusores o cintas), mientras que, en el terreno, el agua se distribuye formando un bulbo de mojado cuya forma y tamaño dependen del tipo de suelo, caudal del emisor y tiempo de riego (Pimstein ... *et al.* 2012) y (Ferreyra, Pimstein y Selles, 2013).

El riego por goteo permite la flexibilidad en la aplicación de fertilizantes, ya que los fertilizantes pueden ser fácilmente aplicados a través del agua de riego. Dado que los nutrientes se suministran con el agua de riego, estos son suministrados directamente a la zona radicular activa de las plantas.

Los nutrientes son suministrados con frecuencia y bajas concentraciones, para satisfacer las necesidades de las plantas. Se encontró que las raíces en el área humedecida aumentan su eficiencia en la absorción de agua y nutrientes. (Sela, 2017). Este autor señala que la humectación selectiva del suelo, alcanzada por el riego por goteo, permite un ahorro en agua y fertilizantes. El riego por goteo también puede reducir las pérdidas de nitratos por lixiviación.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio fue realizado en la finca Palmarito I, perteneciente a la UEB Frutales Ciego, ubicada en el municipio de Venezuela. Esta finca cuenta con un área total de 77 ha. Las plantas de mango se encuentran a una distancia de 6x8 (6m entre plantas y 8m entre calle), con una densidad poblacional de 208 plantas por hectáreas.

Según Cum (2011) entre los parámetros del riego a determinar se encuentra el Coeficiente de Uniformidad de Riego (Cu), para determinar su valor es necesario seleccionar un sector de riego o un cuadrante en específico, siendo este representativo del sistema de riego, en el área escogida, seleccionar 4 hileras de riego y 4 goteros por hilera, en cada gotero medir el volumen de agua aplicada en 60 segundos, determinar las presiones a la entrada y en la salida de los laterales y registrar en planilla para el cálculo posterior del coeficiente.

El Sistema de riego según diseño cuenta con un mecanismo de control para el riego y la fertilización dentro de la caseta de bombeo, usando una tubería independiente para cada bloque.

La estación de bombeo dispone de una electrobomba sumergida con un caudal de  $Q=140 \text{ m}^3/\text{h}$ , mecanismos automatizados para fertirriego, filtro de malla centrífuga, un nodo de entrega a las tuberías principales (TP), las que abastecen a las tuberías secundarias (TS) y estas entregan a las tuberías distribuidoras (TD) en las que se insertan los laterales de goteo. Los laterales de goteo trabajan con 23,32; 21,08 y 20,00 m.c.a. al inicio y 20,24; 18,00 y 16,42 m.c.a. al final, lo que asegura que estén dentro del rango de autocompensación del gotero MULTIBAR, integrado antisucción y antidrenante de diámetro de 20 mm y un  $Q=1,5 \text{ L/h}$  y a una distancia de 0,75 m entre emisor. Estos se encuentran a una profundidad de 0,10 m, quedando ubicados a una distancia de 0,65 m de las plantas, con una distancia total entre lateral de 1,30 m.

El tiempo de riego en cada bloque es de 8 h, de esta forma se logran entregar a las plantas sus necesidades hídricas. En la tabla 1 se muestra el diseño del sistema de riego.

Tabla 1. Sistema de riego según diseño

Bloques	Área (ha)	Gasto (L/s)	Cantidad de laterales
1	21,03	37,7	25
2	21,56	37,1	32
3	20,90	33,2	25
4	13,83	23,0	27

En los extremos finales de cada TD se colocaron válvulas de bifunción y un tapón para la limpieza de la misma.

#### Evaluación del coeficiente de uniformidad del sistema

Para la evaluación del coeficiente de uniformidad del sistema, se empleó la metodología propuesta por Merriam y Keller (1978) de forma al azar.

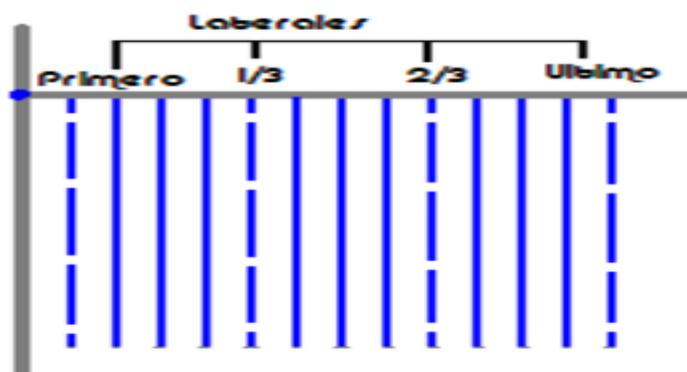


Figura 1. Distribución de las unidades a muestrear.

Para la evaluación del coeficiente de uniformidad se selecciona el área experimental, las tuberías distribuidoras, los laterales y los puntos para el estudio de los emisores, y se hace un registro de los datos.

Con los resultados de las mediciones se determina el coeficiente de uniformidad del gasto ( $C_{ug}$ ) según Merriam y Keller, (1978).

Expresión de cálculo:

$$C_{ug} = 100 \frac{Q_{25}}{Q_n} \text{ ----- (1)}$$

Donde:

$Q_{25}$  - Media de los valores del 25 % más bajo del gasto registrado en el emisor, L/h;

$Q_n$  - Media del total de los valores de gasto, L/h;

Cálculo el coeficiente de uniformidad del sistema

( $C_{us}$ )

$$C_{us} = F_c \times C_{ug} \text{ ----- (2)}$$

Donde:

$C_{ug}$  - Coeficiente de uniformidad del gasto;

$F_c$  - Factor de corrección.

$$F_c = \left( \frac{H_{25}}{H_n} \right) \text{ ----- (3)}$$

Donde:

$H_{25}$  - Media de los valores del 25 % más bajo de las presiones registradas, m.c.a.;

$H_n$  - Media del total de los valores de presión, m.c.a.

Los resultados obtenidos se comparan con los valores recomendados para caracterizar el  $C_{ug}$ , según Merriam y Keller (1978): 90 % a 100 % excelente, 80 % a 90 % bueno, 70 % a 80 % aceptable y < 70% inaceptable.

Para el estudio de la distribución del sistema radical se confecciona una calicata, de 1 m de ancho, 2 m de largo y 0,60 m de profundidad, a una distancia de 0,70 m del lateral.

Se miden los valores de longitud y profundidad de las raíces activas a partir de los laterales.

Para evaluar el bulbo húmedo se realiza el estudio del comportamiento de la infiltración del agua en el suelo, evaluando para los distintos períodos de tiempo, la profundidad que alcanza la lámina de humedad en las paredes de la calicata, a una distancia de 30 cm de los emisores.

A partir de este estudio se determina el tiempo óptimo de riego, el cual permite suministrar la cantidad de agua necesaria en la zona de mayor concentración de raíces activas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de evaluar el sistema de riego por goteo soterrado ubicado en la UEB Frutales Ciego, el cual tiene 6 años de explotación, se determinaron los parámetros siguientes:

- Coeficiente de uniformidad de riego del sistema.
- Distribución del sistema radicular de la plantación.
- Evaluación del comportamiento del bulbo húmedo en el sistema.

Mediante los cuales se pueden determinar las condiciones de explotación del sistema.

### *Coeficiente de Uniformidad de Riego del Sistema*

Comúnmente la programación del riego se realiza con el caudal nominal de cada emisor definida por el fabricante, sin embargo, el caudal puede variar por efectos de la presión, temperatura, obturaciones (físicas, biológicas o químicas) y por fallas en el diseño de los sistemas de riego, por lo que normalmente el caudal real, difiere del caudal nominal.

Por eso es necesaria la revisión periódica al sistema de riego, midiendo el volumen de descarga de los emisores, para de esta manera determinar si el sistema está funcionando de manera correcta.

En las tablas 2 y 3 se presentan los resultados obtenidos para la determinación del coeficiente de uniformidad del sistema, los cuales fueron tomados en el terreno, según la metodología propuesta por Merriam y Keller(1978).

Tabla 2. Evaluación del sistema de riego por goteo (L/h)

Inicio	2/4	3/4	final
1,62	1,68	1,65	1,59
1,66	1,59	1,64	1,64
1,70	1,66	1,52	1,60
1,67	1,71	1,71	1,64

Tabla 3. Evaluación de las presiones al final de los laterales (m.c.a.)

Laterales	P1	P2
Inicio	18	18
2/4	18	18
3/4	19	19
Final	17	16

Con las muestras obtenidas en campo se determinó el gasto medio ( $Q_n$ )=1,64 L/h, el valor más bajo del gasto ( $Q_{25}$ ) =1,56 L/h, el valor medio de las presiones ( $H_n$ )=17,8 m.c.a. y los valores de presión más bajos ( $H_{25}$ ) =16,5 m.c.a., los cuales coinciden con los valores propuestos en el proyecto. Con estos valores se calcula el coeficiente de uniformidad del sistema, como se muestra en la tabla 4, el resultado obtenido de 88 % se compara con el criterio de Merriam y Keller (1978) para determinar el estado de funcionamiento del sistema.

Tabla 4. Parámetros y calidad del sistema de riego

Parámetros	UM	Evaluación
Media de los valores de gasto ( $Q_n$ )		L/h 1,64
Media del 25 % de los valores más bajo del gasto ( $Q_{25}$ )		L/h 1,56
Coeficiente de uniformidad para el gasto ( $C_{ug}$ )		% 95
Media de los valores de presión ( $H_n$ )		m.c.a. 17,8
Media del 25 % de los valores más bajo de presión ( $H_{25}$ )		m.c.a. 16,5
Factor de corrección ( $F_c$ )		- 0,93
Coeficiente de uniformidad del sistema ( $C_{us}$ )		% 88

Al comparar los resultados del cálculo del coeficiente de uniformidad del sistema se observó que las condiciones del sistema son buenas ya que se encuentra en el rango comprendido entre 80 % y 90 %.

*Para el estudio de la distribución del sistema radicular se realizó una calicata de 1 m de ancho, 2 m de largo y 0,60 m de profundidad, a una distancia de 0,70 m del lateral.*

En la figura 2 se observa cómo se encuentran distribuidas las raíces activas del sistema radicular de las plantas, se muestra la concentración de las raíces a lo largo de los laterales, en las zonas cercanas a los emisores, con una separación de 75 cm entre sí, a una profundidad de 20 cm.



Figura 2. Concentración de las raíces activas del sistema radicular de las plantas.

Se puede apreciar una mayor concentración de raíces a una profundidad entre 10 a 30 cm de los laterales, concentrándose entre los 15 a 25 cm en las zonas cercanas a los emisores y en un radio comprendido entre 35 a 40 cm desde los emisores, como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Concentración de las raíces activas en las zonas cercanas a los emisores.

*La evaluación del bulbo húmedo* se realizó en la calicata donde se estudió el comportamiento de la infiltración para determinados valores de tiempo, con el objetivo de garantizar un mayor aprovechamiento del agua y los fertilizantes empleados en el riego.

Demostrando que a medida que transcurría el tiempo, la velocidad de infiltración disminuye y el radio del bulbo húmedo se amplía (Kramer, 1989).

En las primeras 2 h de riego, el agua alcanzó una profundidad de 20 cm, con un radio de 29 cm a partir del emisor, mientras que al cabo de las 4 h alcanzó una profundidad de 30 cm solapándose entre sí, como se muestra en la figura 4.

Un tiempo mayor a este, solo ocasionaría la pérdida de agua y fertilizantes, ya que después de los 30 cm de profundidad las raíces activas disminuyen, por lo que es menor el aprovechamiento de los nutrientes por la planta.

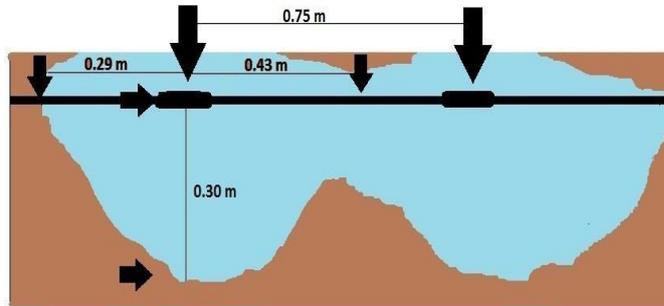


Figura 4. Comportamiento de la infiltración para un período de 4 h.

## CONCLUSIONES

- El sistema de riego por goteo soterrado, según los resultados obtenidos en el cálculo del coeficiente de uniformidad de 88 %, se cataloga como aceptable de acuerdo con los valores recomendados por Merriam y Keller (1978).
- Se determinó que, para un riego óptimo, en un tiempo de 4 h, los emisores creaban un bulbo húmedo con una profundidad de 30 cm, los cuales se solapan entre sí, cubriendo toda la zona de concentración de las raíces activas.
- El sistema de riego soterrado influye en la profundización del sistema radical del mango, localizando un alto por ciento de raíces en la capa de suelo de 0 a 30 cm de profundidad, lo que beneficia el área de extracción de agua y nutrientes dentro del bulbo húmedo y el anclaje del cultivo en el suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ ALVARIÑO, R. (2017). Sequía meteorológica. [en línea]. Marzo 2017.

Disponible en: <http://www.cubahora.cu> Visitado el 30 de Marzo de 2017.

FAO. (2016). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Roma Vol. 80, No. 298*, pp.15-86. FAO.

FERREYRA, E., PIMSTEIN, A., R. y SELLES VAN, A. (2013). Diseño, manejo y mantención de equipos de riego localizado de alta frecuencia. 4ta ed. Chile: Ed. Universidad católica de Chile.

GARCÍA PETILO, M., HAYASH, R. y PUPPO, L. (2015). Desarrollo del bulbo húmedo bajo riego localizado en suelos estratificados del Uruguay. Congreso Internacional de Riego y Drenaje Cuba- Riego, La Habana. Cuba.

- KRAMER, R. (1989). Relaciones hídricas de suelos y plantas: una síntesis moderna. 2da ed. México: Ed.Harla.
- MERRIAN, J. y ELLER, J. (1978). Farmirrigation system evaluation. Aguideformanagement. En D. A. Irrig. Ed. Univ. Logan.
- MORA MONTERO, J., GAMBOA PORRAS, J. y ELIZONDO MURILLO, R. (2002). Guía para el cultivo de mango. Costa Rica.
- OLALLA FRANCISCO DE SANTA, J. (1993). Agronomía del riego. (M. Prensa, Ed.) Madrid.
- PACHECO SEGUÍ, J. (2007). Riego y Drenaje. 2da ed. La Habana: Ed. Félix Varela.
- PIMSTEIN, G. ... [et al.] (2012). Manual de Evaluación de Sistemas de Riego Tecnificados. *Boletín INIA*. No LXXX.
- RODRÍGUEZ CEDILLOS, M. y GUERRERO BERRÍOS, M. (2002). Guía técnica para el cultivo de mango. En Tecnologías. México: Ed. La Libertad. 210 p.
- SELA, G. (2017). Los sistemas de Riego por Goteo. [en línea]. FETILIZER. Abril 2017. Disponible en: <http://www.smart-fertilizer.com>. Visitado el 10 de Marzo de 2019.
- SHANI, U., XUE, S. y GORDIN KATS, R. (2016). Condition for Water Flow from Subsurface Source. *Journal of irrigation and drenaige engineering*, Vol. CXXII, p. 24-28. 23 de Julio.