

Efecto del riego localizado sobre el rendimiento del ajo (*Allium sativum* L.)

*Effect of localized irrigation on garlic yield (*Allium sativum* L.)*

 Reinaldo Cun González*,  Julián Herrera Puebla,  Enrique Cisneros Zayas y  Yoima Chaterlán Durruthy

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

E-mail: julian.herrera@iagric.minag.gob.cu, enrique.cisneros@iagric.minag.gob.cu, yoima.chaterlan@iagric.minag.gob.cu

*Autor para correspondencia: Reinaldo Cun González, e-mail: reinaldo.cun@iagric.minag.gob.cu

RESUMEN: El trabajo se realizó en la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola en la Provincia de Artemisa, sobre un suelo Ferralítico Rojo compactado. El objetivo fue evaluar el efecto de las técnicas de riego localizado por exudación y por goteo sobre el cultivo del ajo (*Allium sativum* L.). Para el estudio se utilizó un sistema de riego por goteo y un sistema por exudación. La evaluación hidráulica en cada sistema se realizó mediante el método del cuarto más bajo, se determinó el rendimiento con sus componentes y la productividad agronómica del agua del cultivo regado por ambos sistemas. Como resultado se tiene que el mayor valor del coeficiente de uniformidad de los gastos fue alcanzado mediante el sistema de riego por goteo (87%), clasificado como bueno. En cuanto a los resultados en el cultivo podemos observar que el diámetro medio del bulbo, número medio de dientes por plantas y peso promedio de los dientes no presentaron diferencias significativas según el tipo de riego utilizado, mientras que el peso promedio de los bulbos, al ser regado mediante la técnica de exudación fue superior a la de riego por goteo en un 9 %. El rendimiento estimado no presentó diferencias entre los valores obtenidos ya sea por el uso del riego por goteo o el riego por exudación, sin embargo, la productividad agronómica del agua mediante el riego por exudación (1,0 kg/ m³), fue superior al riego por goteo (0,93 kg/ m³).

Palabras clave: coeficiente de uniformidad, componentes del rendimiento, régimen de riego, productividad del agua.

ABSTRACT: The study was conducted at the Experimental Station of the Agricultural Engineering Research Institute in Artemisa Province, on compacted red ferralitic soil. The objective was to evaluate the effect of localized exudation and drip irrigation techniques on garlic (*Allium sativum* L.) cultivation. A drip irrigation system and an exudation system were used for the study. Hydraulic evaluation in each system was performed using the lowest-fourth method. Yields were determined with their components, as well as the agronomic productivity of the water used in the crop irrigated by both systems. The highest coefficient of flow uniformity was achieved with the drip irrigation system (87%), classified as good. Regarding crop results, we can observe that the average bulb diameter, average number of cloves per plant, and average clove weight did not show significant differences according to the type of irrigation used, while the average weight of bulbs irrigated using the exudation technique was 9% higher than that of drip irrigation. The estimated yield did not show differences between the values obtained either by using drip irrigation or exudation irrigation, however, the agronomic productivity of water through exudation irrigation (1,0 kg/m³) was higher than drip irrigation (0,93 kg/m³).

Keywords: Uniformity Coefficient, Yield Components, Irrigation Regime, Water Productivity.

INTRODUCCIÓN

El ajo es una de las plantas cultivadas desde la antigüedad, reconocido mundialmente como un condimento valioso en la cocina y como agente terapéutico para varios desórdenes alimenticios o enfermedades (Brewster, 2001). Para las condiciones de Cuba, en el periodo de poca disponibilidad de agua, el cultivo requiere de riego ya que la precipitación es insuficiente para

satisfacer su demanda de agua. El manejo del riego en esta época tiene que ser llevado a cabo eficientemente, con el objetivo de ahorrar agua y maximizar su productividad. Es de gran importancia lograr la máxima eficiencia en el aprovechamiento del agua en la agricultura, para lo cual deben perfeccionarse de modo continuo los sistemas de riego e introducirse tecnologías avanzadas que garanticen un manejo racional del agua disponible, (Tarjuelo et al., 2005).

Recibido: 05/01/2026

Aceptado: 04/05/2026

Conflictos de interés: Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

Contribución de los autores: Conceptualización, Curación de datos, Metodología, Investigación, Supervisión, Redacción-borrador inicial, Redacción-revisión y edición: Reinaldo Cun González. Curación de datos, Metodología, Redacción-revisión y edición: Julián Herrera Puebla, Enrique Cisneros Zayas. Curación de datos, Investigación, Supervisión: Yoima Chaterlán Durruthy.

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



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Por otra parte, González et al. (2013) plantean que, si el riego no se aplica oportunamente y en la dosis requerida, pueden existir momentos en que no se satisfacen óptimamente los requerimientos hídricos del cultivo o se produce un exceso de humedad; ocurriendo en ambos casos afectaciones en los rendimientos. El riego localizado de alta frecuencia es una técnica avanzada de suministrar el agua a las plantas que permite incrementar la rentabilidad del cultivo mediante el aumento en el rendimiento y de la calidad de los productos. También incrementa la eficiencia en el uso del agua evitando prácticamente las pérdidas de agua por evaporación, escurrimiento superficial y percolación profunda (Shock, 2006). El riego por exudación 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 (Poritex, 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, a aspectos puntuales del mismo, como los relacionados con la obturación (Casado & Sirgado, 2015). Según Poritex (2010) han existido en el mercado cuatro tipos de tubería exudantes: 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. Este sistema también es recomendado para el riego subterráneo de céspedes (Poritex, 2010), para el riego de arbustos y árboles en áreas públicas. El riego localizado mediante exudación ha sido utilizado poco en Cuba 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. El presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar el efecto de las técnicas de riego localizado por exudación y por goteo sobre el cultivo del ajo (*Allium sativum* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), situada en Alquízar, provincia Artemisa, con las coordenadas: Latitud 22° 46' 50" N y Longitud 82° 36' 5" O, a una altura sobre el nivel medio del mar de 6 m y a 12 km de la costa. El área de trabajo cuenta con una superficie de 0,46 ha, esta se dividió en dos áreas de 0,23 ha, sobre un suelo Ferralítico Rojo compactado caracterizado en estudios anteriores en cuanto a sus propiedades hidrofísicas por López et al. (2008) y Cid et al. (2012). El cultivo utilizado fue el ajo (*Allium sativum* L.), variedad vietnamita, con un ciclo del cultivo de 122 días, la siembra se realizó en diciembre 2021 con un marco de plantación de 90 cm x 20 cm x 7 cm a una

profundidad de 3 cm. La fertilización se realizó según lo recomendado por el Instructivo Técnico del Ministerio de la Agricultura (2019). Durante el periodo experimental las precipitaciones fueron registradas en un pluviómetro ubicado en la zona y la evaporación fueron registrada mediante una estación Evaporimétrica (Evaporation pan with floater Mod. MET 46018).

Para el trabajo se utilizó el método de riego localizado de alta frecuencia conformado por el cabezal de riego con sistema de filtrado doble cuerpo de 3" de diámetro que permite el filtrado del caudal de un turno de riego. En el caso de la técnica de exudación se utilizaron tuberías VISAREG, la presión de trabajo recomendada por el fabricante varía entre 2 y 10 m.c.a, el caudal varía entre 2 y 8 L/h/m, la separación entre laterales en este caso fue de 0,90 m. Según datos de diferentes fuentes Poritex (2010, 2014); ArteriaEcoAgro (2019); VisaREg (2019), En el caso de la técnica de goteo se utilizaron goteros con un caudal de 2,2 L/h (presión en cabezal 2,5 bar), goteros separados a 0,50 m y entre lateral 0,90 m.

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes:

T1: Riego del cultivo del ajo con sistema localizado por exudación.

T2: Riego del cultivo del ajo con sistema localizado por goteo.

En cada área se seleccionarán 16 puntos, en cada punto se tomó un metro cuadrado donde se realizaron mediciones en las 2 hileras de plantas que coincidan con este punto. Cada tratamiento contó con 16 réplicas. (Figura 1)

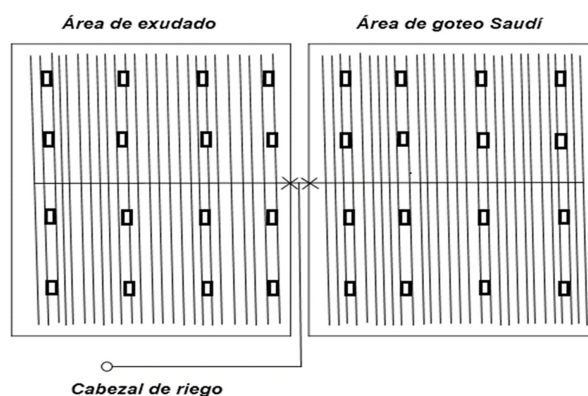


Figura 1. Esquema del área experimental con la distribución de las réplicas en cada área de estudio.

El régimen de riego se aplicó al cultivo con un intervalo diario. La ET_o (Evapotranspiración de referencia) se calculó tomando el valor de la evaporación en el evaporímetro clase "A" y se multiplicó por el coeficiente de tanque (Herrera et al., 2024), para cada mes del año, según la expresión (1). La humedad en el suelo fue registrada mediante la colocación de 2 baterías de tensiómetros (IRROMETER Moisture indicator), una en cada tratamiento a la profundidad de 15 y 30 cm donde se encuentra el mayor porcentaje de raíces activas del cultivo, separados a 20 cm entre sí sobre los canteros.

Se asumió el valor de -20 cbar como límite productivo (85%) del límite superior del agua disponible en el suelo (Herrera et al., 1986).

$$ET_0 = E_o \times K_p \quad (1)$$

donde:

ET₀: Evapotranspiración de referencia (mm) E_o: Evaporación del tanque evaporímetro clase A (mm) K_p: Coeficiente de tanque (adimensional).

Se calculó la evapotranspiración del cultivo mediante la expresión:

$$ET_c = ET_0 \times K \quad (2)$$

ET₀: Evapotranspiración de referencia (mm). ET_c: Evapotranspiración del cultivo (mm). K_c: Coeficiente del cultivo (adimensional), (Zamora et al., 2014).

La uniformidad de riego en campo, se evaluó mediante la determinación del Coeficiente de Uniformidad (Cu), en este caso se utilizó la metodología descrita por Merriam & Keller (1978) presente en la Norma Cubana: Técnicas de Riego. Riego localizado. Evaluación Hidráulica (NC 15097 (2007), IDT).

Todas las lecturas de volumen se convirtieron a caudal (litros por hora), utilizando la expresión siguiente:

$$Q = \left(\frac{V}{t} \right) \quad (3)$$

Donde:

Q: Caudal del gotero evaluado (L/h). V: Volumen de agua recolectado en cada emisor evaluado (L).

t: Tiempo utilizado en la evaluación (minutos).

Con los datos de los volúmenes de agua recogidos en el campo, se calculó el Coeficiente de Uniformidad para el gasto en la sub unidad de riego evaluada, utilizando la siguiente expresión:

$$Cu_g = 100 \times \left(\frac{\bar{Q}_{25}}{\bar{Q}_n} \right) \quad (4)$$

donde:

$\bar{Q}_{25}$: Media de los valores del 25% más bajo del gasto registrado en el emisor (L/h). $\bar{Q}_n$: Media del total de los valores de gasto (L/h), Qu_g: Coeficiente de uniformidad para el gasto (%).

Con los datos de las presiones mínimas obtenidas en la unidad operacional de riego que contiene la subunidad evaluada, se calculó el factor de corrección de las descargas (Fc), utilizando la expresión siguiente:

$$Fc = \left(\frac{\bar{H}_{25}}{\bar{H}_n} \right)^X \quad (5)$$

donde:

Fc: Factor de corrección de las descargas. H₂₅: Presión media del 25% de las presiones más bajas dentro de las mínimas de las subunidades medidas (bar). H_n: Presión media de todas las presiones mínimas de las subunidades de la unidad operacional de riego en donde se halla

la subunidad evaluada (bar). X: Exponente de descarga del emisor.

Calculado el factor de corrección, se procedió a calcular la Uniformidad de Riego del Sistema aplicando la siguiente expresión:

$$Cu = (Fc \times Cug) \quad (6)$$

donde:

Cug: Coeficiente de uniformidad del gasto (%). Fc: Factor de corrección.

Se caracterizó la uniformidad de riego (Tabla 1), mediante la determinación del Coeficiente de Uniformidad de riego (Cu), según los criterios de Merriam & Keller (1978):

Tabla 1. Valores recomendados para caracterizar la uniformidad de riego

Puntuación	Calificación
90%-100%	Excelente
86%-94%	Bueno
80%-86%	Aceptable
70%-80%	Pobre
< 70%	Inaceptable

En cada área seleccionada dentro del campo, se realizó las siguientes mediciones: Conteo del número de plantas, altura, número de hojas, lectura de tensiómetros antes y después de cada riego. Para la cosecha se tuvo en cuenta: diámetro del bulbo (mm), peso (g), número de dientes, pesos de los dientes (g).

La productividad del agua (WP) se determinó mediante la expresión (Molden, 1997):

$$Pa_{agua} (kg/m^3) = \frac{R(kg)}{Irr(m^3)} \quad (7)$$

donde:

Pa_{agua} - productividad agronómica del agua utilizada por riego (I) (kg /m³). Irr- riego aplicado (m³).

R- rendimiento (kg).

Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA). Las diferencias entre las medias de los tratamientos estudiados se les aplicaron análisis de varianza de clasificación simple y la diferencia entre medias se comprobó con la dócima de Tukey a un nivel de confianza del 95%. Toda la información generada de las observaciones fue procesada mediante el paquete estadístico Statgraphic. Plus 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de desarrollo del cultivo la lluvia alcanzó un total de 50 mm, distribuida en 6 ocasiones, en el caso de la evaporación, la media fue de 3,8 mm con un total en el período de 243,8 mm, siendo superior a las precipitaciones. El comportamiento de estas variables climáticas es típico para este periodo.

La **Tabla (2)** muestra los valores de Coeficiente de uniformidad de los gastos (%), el Coeficiente de uniformidad del sistema en general (%) y las presiones de trabajo de ambos sistemas. Se puede observar que el valor del Coeficiente de uniformidad de los gastos en el riego por exudación alcanzó un valor de 56% lo cual repercute en el coeficiente de uniformidad del sistema el que alcanzó el valor de 43 % clasificándose éste como inaceptable según **Merriam & Keller (1978)**. El gasto medio alcanzó un valor de 10,7 L/h/m. Resultados similares fueron encontrados por **Gaspar (2020)** al determinar gran variación en el gasto y la presión en diferentes puntos del lateral del sistema de riego por exudación lo que influyó en el comportamiento de la uniformidad. En cuanto al riego por goteo, el valor del coeficiente de uniformidad de los gastos alcanzó un valor de 87% logrando un coeficiente de uniformidad del sistema de 87 %, clasificándose éste como bueno según **Merriam & Keller (1978)**. Resultados similares fueron encontrados por **Ajete (2007)**; **Bonet et al. (2007)**; **Cun et al. (2009)** en evaluaciones realizadas en casas de cultivo de 12m x 45 m con goteros, donde los coeficientes de uniformidad obtenidos fueron superiores al 87%. El gasto medio de los emisores alcanzó un valor de 0,87 L/h inferior al planteado por el fabricante (2,2 L/h) debido a que la presión de trabajo fue inferior a la recomendada por el fabricante. Resultados similares fueron encontrados por **Ramos et al. (2023)** en casas de cultivo al determinar bajos caudales, inferiores al fabricante dado esto por bajas presiones en la explotación.

En la **Tabla (3)** podemos encontrar el régimen de riego aplicado al cultivo utilizando ambas técnicas (goteo y exudación). Como observamos se le aplicó un total de 28 riegos con una norma neta parcial de 6,9 mm y un total de 193,2 mm. **Montalvo et al. (1987)** determinaron una

norma de riego total de 210,4 mm regando al 100% de la Evapotranspiración máxima del cultivo del ajo en las mismas condiciones donde se desarrolló este trabajo.

La mayoría de los trabajos desarrollados en Cuba sobre régimen de riego aplican como parámetro crítico para la ejecución del mismo, el concepto del límite productivo, (Lp), definido como un porcentaje del valor de la humedad correspondiente a la capacidad de campo, (Cc). Trabajos más recientes introducen el parámetro de Límite Superior de Agua Disponible (LSAD) determinado a partir del valor de (Cc) como criterio para el valor máximo de la lámina de agua disponible en el suelo para las plantas (**López, 2008**; **Cid, 2012**). En este sentido se define, que el valor del Lp igual al 85% del LSAD es el más recomendado para la mayoría de los cultivos agrícolas de interés económico en suelos Ferralíticos Rojos compactado (**Chaterlán, 2012**).

En la **Figura 2**, se muestra el comportamiento de humedad en valores de tensión (kPa), durante todo el período estudiado. Como se puede observar el régimen de riego aplicado permito que la humedad en el suelo no sobrepasara el 85% del Lp que corresponde este a -20 kPa. Investigaciones más recientes recomiendan para el riego localizado en las hortalizas, que el agua no sobrepase tensiones de -20 kPa (**NETAFIM, 2012**). Como se puede observar la reserva de humedad antes del riego fue encontrada por encima del límite productivo, debido a que el riego se aplicó en días alternos según la demanda del cultivo, no se observaron síntomas de estrés hídrico en las plantas, por lo que en sentido general el cultivo se desarrolló sin limitaciones de agua. Resultado similar fueron planteados por **Huez et al. (2009)** en el cultivo del ajo regado mediante riego localizado y manteniendo la humedad en un rango cercano al límite LSAD en el suelo.

Tabla 2. Evaluación hidráulica del sistema

Indicadores	Riego por exudación	Riego por goteo
Presión media en el cabezal de riego. (bar)	1,3	1,3
Gasto medio. Riego exudación (L/h/m). Riego por goteo (L/h)	10,7	0,87
Coeficiente de Uniformidad de los gastos. (%)	56	87
Coeficiente de Uniformidad del sistema. (%)	43	87

Tabla 3. Régimen de riego del cultivo del ajo

Número de riegos	Norma neta parcial (mm)	Norma neta total (mm)
28	6,9	193,2

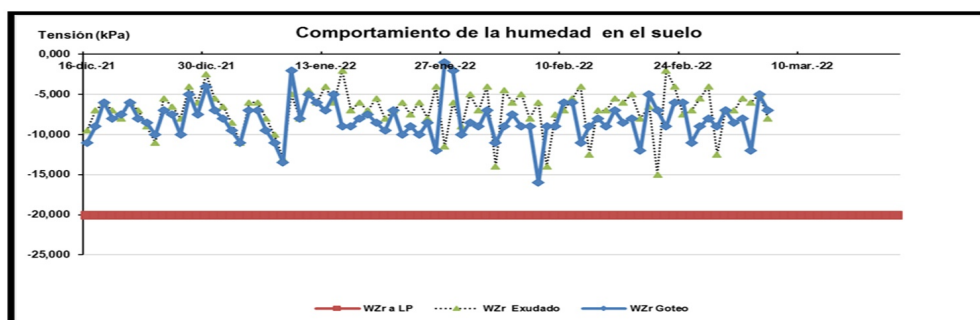


Figura 2. Comportamiento de humedad en el suelo a la profundidad de 30 cm utilizando ambos sistemas.

Como se puede apreciar en la [Tabla 4](#), muchos componentes del rendimiento no presentaron diferencias significativas al ser regados por ambas técnicas, en este caso se tiene que el diámetro medio del bulbo del cultivo varió entre 2,83 cm y 2,86 cm, el número medio de dientes por plantas varió entre 11,1 y 10,6; el peso promedio de los dientes, entre 7,36 g y 6,86 g. En el caso del peso promedio de los bulbos, al regar con riego por exudación se obtiene un peso de 8,16 g siendo superior al riego por goteo en un 9 % (7,45 g). El rendimiento estimado no presenta diferencias entre los valores obtenidos, aunque se nota una superioridad al utilizar el riego por exudado (2,45 t/ha), en comparación al valor del rendimiento estimado mediante el goteo (2,24 t/ha). Esto puede estar determinado por el comportamiento de la humedad en el suelo en valores de tensión provocado por las diferentes técnicas de riego utilizadas.

En el caso del riego por exudación la tensión varió entre -2 kPa y -14 kPa, obteniendo un valor medio de -6,9 kPa. En el caso del riego por goteo la tensión varió entre -4 kPa y -16 kPa, obteniendo un valor medio de -8 kPa. Resultados obtenidos por [Barrios et al. \(2006\)](#) muestran en el cultivo del ajo regado por riego localizado un mayor rendimiento en el tratamiento de más humedad (-5 a -10 kPa). El riego localizado aumentó el rendimiento del cultivo debido, en parte, al frecuente y constante régimen de humedad al que es sometido el volumen radicular, lo cual, según [Neeraja et al. \(2001\)](#), influye en la solubilización, absorción y translocación de los nutrimentos aplicados como fertilizantes. [Pier & Doerge \(1995\)](#), en sandía, [Thompson & Doerge \(1995\)](#), en lechuga romana, y [Thompson et al. \(2002\)](#), en brócoli, hicieron reportes semejantes.

En la [Tabla 5](#) se analiza la relación productiva existente entre el rendimiento del cultivo y el agua total aplicada por el riego y las precipitaciones. Como se puede observar, con la utilización del riego por exudación se logró producir 1,0 kg de ajo por cada m³ de agua aplicado, en el caso del riego por goteo por cada m³ de agua aplicado se logra producir 0,91 kg. Para el caso del cultivo del ajo estos valores están por debajo del índice de productividad del agua determinado por [González \(2013\)](#), en este cultivo es

de 3,62 kg/m³. En los sistemas agrícolas la productividad agronómica del agua (WP, por sus siglas en inglés) varía con la demanda climática y puede aumentar, disminuir o permanecer constante en un mismo año en dependencia de que se riegue o no el cultivo; varía además por las diferentes prácticas de manejo tales como la aplicación de los fertilizantes ([Molden, 1997](#); [Molden et al., 2003](#); [Bouman et al., 2007](#)); [Dehghanisanij et al. \(2009\)](#); [Kandil et al. \(2011\)](#)) y también con la técnica de riego que se utilice. Aunque el coeficiente de uniformidad en el sistema de exudación fue menor que el determinado en el sistema de goteo la productividad del agua fue mayor, esto pudo estar justificado por la redistribución de la humedad a través del perfil del suelo, tanto en el sentido horizontal como vertical por efecto de la acción ejercida por la matriz del suelo y por la gravedad. En trabajos realizados por [Cun et al. \(2015\)](#); [Salcedo et al. \(2005\)](#); [Rezende et al. \(2002\)](#), podemos encontrar que la aplicación no uniforme del agua al suelo crea gradientes de tensión que provocan un movimiento del agua desde los puntos de menores tensión a los de mayores, por tanto, hay una redistribución de la humedad mejorando la uniformidad de la misma.

CONCLUSIONES

- La mayor uniformidad del sistema de riego se encontró en el riego por goteo con un valor de 87 %, clasificándose como bueno.
- De los componentes del rendimiento del ajo, el diámetro medio del bulbo, número medio de dientes por plantas y peso promedio de los dientes no presentaron diferencias significativas según el tipo de riego utilizado. El peso promedio de los bulbos, al regar con riego por exudación fue superior al riego por goteo en un 9 %.
- El rendimiento estimado no presentó diferencias entre los valores obtenidos mediante el uso del riego por goteo o el riego por exudación, sin embargo, la productividad agronómica del agua mediante el riego por exudación (1,0 kg/m³), fue superior al riego por goteo (0,91 kg/m³).

Tabla 4. Rendimiento y sus componentes mediante el uso de ambos sistemas de riego

Rendimiento y sus componentes					
Tratamiento	Diámetro medio del bulbo (cm)	Número medio de dientes	Peso promedio de los dientes (g)	Peso promedio de los bulbos (g)	Rendimiento estimado (t/ha)
T1 Riego por exudación.	2,83	11,1	7,36	8,16 a	2,45
T2 Riego por goteo	2,86	10,6	6,86	7,45 b	2,24
Sig	NS	NS	NS	*	NS
Error Estándar	0,0303	0,2473	0,1649	0,1782	0,08061
Coefficiente de variación (%)	6,029	12,820	13,1201	12,905	19,4114

Tabla 5. Productividad del agua

Técnica de riego	Rendimiento estimado (kg/ha)	Cantidad de agua recibida por el cultivo (m ³ /ha)	Productividad del agua (kg/m ³)
Exudación	2450	2445	1,0
Goteo	2240	2445	0,91

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajete. M.; & Bonet, C. (2007). *Criterios sobre la uniformidad del riego en casas de cultivos protegidos y sistemas semiprotegidos de las provincias centrales*. En: Memorias de Cubariego 2007, La Habana, Cuba.
- Arteriaecoagro. (2019). *Ficha Técnica Tubería Exudante*, [en línea], ARTERIA ECO AGRO, Disponible en: <https://cdn.mycomandia.com>.
- Barrios, J. M., Larios, M. C., Castellanos, J. Z., Alcántar, G., Tijerina, L., & de las Nieves, R. M. (2006). Efecto del sistema de riego y tensión de humedad del suelo en rendimiento y calidad del ajo. *Terra Latinoamericana*, 24(1), 75-81, ISSN: 2395-8030, Publisher: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, AC.
- Bonet. C.; & Miriel A. (2007). *Criterios sobre la uniformidad del riego en casas de cultivo s protegidos y Sistemas Semiprotegidos de la provincia Camagüey* (monografía en ordenador).
- Bouman, B.A.M.; Iampayan, R.M.; & Tuong, T.P. (2007). *Water management in irrigated rice: coping with water scarcity*. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute, 54.
- Brewster, J. (2001). *Las cebollas y otros Alliums*. Ed. Acirbia, Barcelona, España.
- Casado F, L.; & Sirgado. (2015). *Ensayos y caracterización hidráulica de tuberías porosas para riego*. XXXIII Congreso Nacional de Riegos. Universitat Politècnica de València, Valencia, España.
- Chaterlán, Y. (2012). *Precisión en la estimación de las necesidades hídricas de los cultivos. Caso de estudio: cultivos de ajo y cebolla en las condiciones edafoclimáticas del sur de Artemisa*, 156. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias), Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana, Cuba,
- Cid, G.; López, T.; González, F.; Herrera, J.; & Ruiz M.E. (2012). Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba, *Ingeniería Agrícola*, 2(2): 25-31. ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- Cun, R.; Puig, O.; & Morales, C. (2009). Comportamiento del coeficiente de uniformidad del riego por microaspersión en condiciones de organopónicos y huerto intensivo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(3), 35-39. ISSN: 1010-2760.
- Cun, R., Rodríguez, M. R., & Aguilera, J. (2015). Evaluación de la aplicación del riego mediante microjets a diferentes alturas en condiciones de organopónico. *Agrotecnia de Cuba*, 39(4), 22-30.
- Dehghanisanij, H., Nakhjavani, M. M., Tahiri, A. Z., & Anyoji, H. (2009). *Assessment of wheat and maize water productivities and production function for cropping system decisions in arid and*.
- Duarte, C; González, F.; & Cid, G. (2008) Actualización de propiedades físicas e hidrodinámicas para un sustrato en condiciones de organopónico. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(3): 1-5. ISSN:1010-2760.
- Gaspar. E.; & Da Silva (2020). *Evaluación Hidráulica del Riego Localizado Mediante Tubería Geotextil Porosa*. Trabajo de Diploma presentado en opción al Título de Ingeniero Hidráulico, Universidad Tecnológica de la Habana (CUJAE), 75.
- González, F. (2013). *Funciones agua-rendimiento para cultivos de importancia agrícola en Cuba*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias. Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba. 146.
- Herrera, J.; Cid, G.; & María A. (1986). *Relaciones tensión-humedad para algunos suelos cubanos*. Suelo y Agua. Actas del Seminario de La Habana. Editorial ORSTOM. París.
- Herrera. J.; González, F.; Sarmiento, O.; Cun, R.; Chaterlán, Y.; & Cisneros, E. (2024). Coeficiente del tanque evaporímetro Clase A para estimar la evapotranspiración de referencia en la provincia Artemisa. *Ingeniería Agrícola*, 14(1). E-ISSN: 2227-8761.
- Huez, M.; Preciado, A.; & López, J. (2009). Productividad del ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la costa de Hermosillo, México, *Biotécnica*, 11(9): 3-12.
- Kandil, A.; Attia, A.; Badawi, M.; Sharief, A.; & Abido, W. (2011). Effect of water stress and fertilization with inorganic nitrogen and organic chicken manure on yield and yield components of potato. *Australian Journal of Basic and applied sciences*, 5(9), 997-1005. ISSN: 1991-8178.
- López, T.; Duarte, C.; González, F.; & Cid, G. (2008). Actualización de propiedades físicas e hidrodinámicas para un sustrato en condiciones de organopónico. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(3), 1-5. ISSN: 1010-2760.
- Merriam, J. L.; & Keller, J. (1978). *Farm irrigation system evaluation: A guide for management*. Utah State Univ: Utah, USA.
- Ministerio de la Agricultura. (2019). *Instructivo técnico del cultivo del ajo Allium Sativum L*. Dirección de la Agricultura, La Habana, Cuba.
- Molden, D. (1997). *Accounting for water use and productivity*. SWIM Paper 1. International Irrigation Management Institute: Colombo, Sri Lanka; 16.
- Molden, D. Murray-Rust, H.; Sakthivadivel, R.; & Makin, I. (2003). *A water productivity framework for understanding and action*. In: J.W. Kijne, R. Barker, and D. Molden (eds.) *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. CABI Publishing, Wallingford, UK. 1-18.
- Montalvo, M.; León, M.; & Jiménez, R. (1987). Requerimientos de agua del cultivo del ajo. *Revista Ciencias Técnicas Agrícolas. Riego y Drenaje*. 10(2). 10 pp. .
- NC 15097. (2007). *Técnicas de riego. Riego localizado. Evaluación hidráulica*. [Noma cubana]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.

- Neeraja, G. K.; Malla Reddy, M.; Suryanarayan Y V.; & Praveen R. (2001) Influence of irrigation and nitrogen levels on bulb yield, nutrient uptake and nitrogen use efficiencies in rabi onion (*Allium cepa*). *Indian J. Agric. Sci.* 71: 109-112.
- NETAFIM. (2012) *Irrigation equipment & drip systems*. Internet world wide web site: [disponible en <http://www.netafim.com>, 1999.
- Pier, J.W.; & Doerge, T.A. (1995). Nitrogen and water interactions in trickle-irrigated watermelon. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 145-150.
- Poritex (2014). *Riego localizado por exudación*, [en línea], Riego textil exudante poritex, 2014, Disponible en: <http://riegoexudanteporitex.mex>.
- Poritex: (2010) *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>.
- Ramos, T.; Cun, R.; & Duarte, C. (2023). Evaluación técnica del riego localizado en una casa de cultivo de Santiago de Cuba, *Ingeniería Agrícola*, 13(1). ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761.
- Rezende, R.; Gonçalves, A.; & Lourenço, P. (2002). Influencia da aplicação de água na uniformidade no perfil do solo. *Acta Scientiarum, Maringá*, 24(5):1553-1559.
- Salcedo, F. R.; & Barrios, M. (2005). Distribución de agua en un sistema de microaspersión sobre un ultisol cultivado con Lima Tahití en el estado Monagas, Venezuela *Revista UDO Agrícola*, 5(1): 88-95.
- Shock, C. (2006). *Drip irrigation an introduction*. Sustainable Agriculture Techniques. M 8782E. Oregon State University. Extension Service.
- Tarjuelo J.M. (2005). *El riego por aspersión y su tecnología*. ISBN: 84-8476-225-4 ediciones Mundi-Prensa, Madrid-Barcelona-México.
- Thompson, T. L.; & Doerge, T. A. (1995). Nitrogen and water rates for subsurface trickle-irrigated romaine lettuce. *HortScience*, 30(6), 1233-1237. ISSN: 2327-9834, Publisher: American Society for Horticultural Science.
- Thompson, T. L.; Doerge, T. A.; & Godin, R. E. (2002). Subsurface drip irrigation and fertigation of broccoli: I. Yield, quality, and nitrogen uptake. *Soil Science Society of America Journal*, 66(1), 186-192, ISSN: 0361-5995. Publisher: Wiley Online Library.
- VISAREG. (2019). *Sistema de riego por Exudación. Manual Técnico Practico*, VisaREg, Barcelona, España.
- Zamora, E. I.; Duarte, C. E.; Cun, R.; Pérez, R.; & León, M. (2014). Coeficientes de cultivos (Kc) en Cuba. *Ingeniería Agrícola*, 4(3), 16-22. ISSN: 2306-1545.