

# Dinámica de la humedad del suelo en el cultivo protegido de minitubérculos de papa (*Solanum tuberosum*)

## *Soil moisture dynamics in the protected cultivation of potato mini-tubers (*Solanum tuberosum*)*

 Elvis López-Bravo<sup>1\*</sup>,  Arley Placeres-Remior<sup>2</sup>,  Pedro Paneque-Rondón<sup>3</sup>,  
 Yuriel León-Silverio<sup>1</sup> and  Omar González-Cueto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. E-mail: [omar@uclv.edu.cu](mailto:omar@uclv.edu.cu)

<sup>2</sup>Universidad Católica de Temuco, Facultad Técnica, Chile. E-mail: [aplaceres@uct.cl](mailto:aplaceres@uct.cl)

<sup>3</sup>Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuarias, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. E-mail: [paneque@unah.edu.cu](mailto:paneque@unah.edu.cu)

\*Autor para correspondencia: Elvis López-Bravo, e-mail: [elvislb@uclv.edu.cu](mailto:elvislb@uclv.edu.cu)

**RESUMEN:** El uso de tecnologías de riego en cultivos protegidos constituye uno de los principales retos para el empleo eficiente del agua. El presente trabajo se propone como objetivo evaluar los parámetros de uniformidad del riego en condiciones de casa de cultivo con sustrato de zeolita, empleando los métodos de microaspersión y nebulizador en el cultivo de minitubérculos de papa (*Solanum tuberosum*). La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto de Biotecnología de Las Plantas (IBP), ubicado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Los sistemas de riego evaluados fueron el nebulizador modelo Hadar 7110 y el microaspersor Mamkad 16. Para determinar los parámetros de los sistemas se instalaron un total de 21 colectores organizados en tres hileras, en arreglo regular de cuadrículas de 2x2 m. Los parámetros evaluados fueron: coeficiente de uniformidad, uniformidad de distribución, coeficiente de variación de aplicación y eficiencia de aplicación; se determinó además la distribución espacial de la humedad y la variación durante el ciclo. Los resultados mostraron que en ambos casos se cumplen con los criterios de calidad del riego, catalogándose de excelente el desempeño del nebulizador y bueno el del microaspersor. Se evidencia una mejor distribución espacial de la humedad en el riego con nebulizador, asociada a un menor rango de variación. Como consecuencia del riego ininterrumpido en ambos sistemas de aspersión se alcanzan valores de humedad del sustrato superiores al 50%. La humedad más estable se alcanza en menor tiempo en el sistema de nebulizadores lográndose valores estables durante el resto del ciclo.

**Palabras clave:** sustrato, microaspersión, eficiencia, riego.

**ABSTRACT:** The use of irrigation technologies in protected crops constitutes one of the main challenges for the efficient use of water. This study aims to evaluate irrigation uniformity parameters under grow house conditions with zeolite substrate, using micro-sprinkler and nebulizer methods for the cultivation of potato minitubers (*Solanum tuberosum*). The research was conducted at the Institute of Plant Biotechnology (IBP), located at the Marta Abreu Central University of Las Villas. The irrigation systems evaluated were the Hadar 7110 nebulizer and the Mamkad 16 micro-sprinkler. To determine the system parameters, a total of 21 collectors were installed in three rows, in a regular 2x2 m grid arrangement. The parameters evaluated were: uniformity coefficient, distribution uniformity, application coefficient of variation, and application efficiency. The spatial distribution of moisture and its variation during the cycle were also determined. The results showed that irrigation quality criteria were met in both cases, with the nebulizer performing as excellent and the micro-sprinkler performing as good. Better spatial moisture distribution was evident in irrigation with the nebulizer, associated with a smaller range of variation. As a result of uninterrupted irrigation, both sprinkler systems achieved substrate moisture levels above 50%. The most stable moisture level was reached in less time in the nebulizer system, and stable values were achieved throughout the remainder of the cycle.

**Keywords:** Substrate, Micro-Sprinkler, Efficiency, Irrigation.

Recibido: 13/03/2025

Aceptado: 18/09/2025

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

**Contribución de los autores:** **Conceptualización:** Elvis López Bravo, Arley Placeres Remior. **Curación de datos:** Elvis López Bravo, Omar González Cueto. **Análisis formal:** Elvis López Bravo, Arley Placeres Remior. **Investigación:** Elvis López Bravo, Arley Placeres Remior, Yuriel León Silverio. **Metodología:** Elvis López Bravo, Yuriel León Silverio. **Supervisión:** Omar González Cueto, Pedro Paneque Rondón. **Validación:** Elvis López Bravo, Omar González Cueto. **Redacción, borrador original:** Elvis López Bravo. **Redacción, revisión y edición:** Elvis López Bravo, Pedro Paneque Rondón.

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/>



## INTRODUCCIÓN

El cultivo de minitubérculos de papa es actualmente un método especializado para la producción de semillas de alta calidad y libre de patógenos. El proceso se lleva a cabo bajo condiciones controladas en casas de cultivo con iluminación, temperatura y humedad relativa bajo determinados rangos (Veitía-Rodríguez et al., 2016). Entre los sustratos más empleados están la turba, la perlita, la vermiculita, el estiércol y la zeolita. Como principales requerimientos deben tener un comportamiento inerte y buen drenaje. Sin embargo, la producción de minitubérculos empleando plantas propagadas in vitro tiene varios desafíos tales como: lograr una alta uniformidad de crecimiento de las poblaciones, el aumento del rendimiento y la calidad de los tubérculos. Entre las limitaciones tecnológicas están la aplicación de esquemas de fertirrigación con formulaciones comerciales y la variación de los factores agrometeorológicos que afectan la calidad de riego (García-Segura et al., 2021; Cioloca et al., 2024; López et al., 2025).

Por otra parte, el empleo de la zeolita como sustrato en casas de cultivo mejora las condiciones para el crecimiento de los microtubérculos. La zeolita es un mineral de aluminosilicato microporoso de origen natural, posee excelentes propiedades físicas y una estructura cristalina particular. Con su empleo se logra disminuir el pH y mejorar la capacidad de intercambio catiónico. Su empleo se relaciona con una alta eficiencia de adsorción como consecuencia de su alto valor de superficie interna. La alta cantidad y la distribución de los poros en la zeolita produce un incremento significativo del potencial de adsorción lo que la hace muy útil en aplicaciones agrícolas y de enmienda del suelo. Como consecuencia, los suelos enmendados con zeolita pueden retener más agua y nutrientes, reduciendo la frecuencia de riego y mejorando el crecimiento de las plantas (Sánchez et al., 2006; Urbina-Sánchez et al., 2011; Franco et al., 2024).

En condiciones protegidas, el manejo del riego en el cultivo de la papa se hace vital para alcanzar los rendimientos esperados. La máxima demanda de agua debe estar concentrada en la fase de tuberización y engrose del tubérculo y contar con la cantidad y calidad requerida. Para lograr un riego eficiente es necesario aplicar el agua en la cantidad adecuada, de acuerdo a las condiciones del sustrato y en el momento oportuno, dejando un contenido

de humedad suficiente y una distribución homogénea en la parcela. Para humedecer correctamente el suelo, es fundamental conocer cómo se mueve el agua, como se almacena, se absorbe por las plantas y cuáles son las pérdidas que se producen (García-Segura et al., 2021).

Los sistemas de microaspersión y nebulizadores ofrecen oportunidades que posibilitan el incremento de la eficiencia del riego en casas de cultivo, sin embargo, su uso bajo patrones imprecisos puede generar impactos negativos. Entre las ventajas de su empleo se encuentra el aumento de la humedad relativa y la consiguiente reducción de la temperatura, evitando así el estrés térmico, la uniformidad en la distribución y limpieza del follaje. No obstante, posee un mayor riesgo a la aparición de enfermedades fúngicas, el uso excesivo de agua y el consiguiente lavado de nutrientes (Colombi et al., 2023). El presente trabajo se propone como objetivo evaluar los parámetros de uniformidad del riego en condiciones de casa de cultivo con sustrato de zeolita, empleando los métodos de microaspersión y nebulizador en el cultivo de minitubérculos de papa (*Solanum tuberosum*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en condiciones de casa de cultivo modelo Granma-1 del Instituto de Biotecnología de Las Plantas ubicado en la Universidad Central de Las Villas, en la ciudad de Santa Clara, Villa Clara Cuba. El sustrato empleado en la producción de minitubérculos fue de zeolita 100% de tipo clinoptilolita, con un rango de 1.0 - 4.0 mm de granulometría, densidad aparente  $da = 0.76\text{g/cm}^3$ , capacidad de campo  $cc = 38.3\%$ ,  $pmp 16.5\%$ , porosidad  $p = 63.7\%$  (Urbina-Sánchez et al., 2011).

Para evaluar los sistemas de riego se empleó el nebulizador modelo Hadar 7110 y el microaspersor Mamkad 16. Los nebulizadores fueron dispuestos de forma aérea con espaciamiento de 3x3 m, boquilla de 1.4 mm, caudal de entrega de 103 L/h presión de trabajo de 1,5-3,0 bar, precipitación de 11,4 mm/h, eficiencia de entrega del 90%. Los microaspersor se instalaron a 5x5 m de distancia con caudal de entrega de 252 L/h, presión de trabajo de 2,5 bar, precipitación de 10.2 mm/h, eficiencia de entrega del 92%. Los sistemas se instalaron mediante tuberías de polietileno de 16 mm de alta resistencia. El agua se suministró mediante una motobomba con un caudal de 200 L/min y una presión de 2,5 bar.

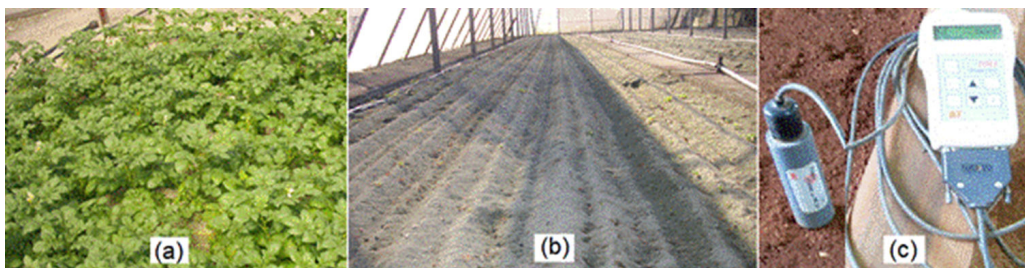


Figura 1. Cultivo de papa (a), Sustrato de zeolita (b) y sensor de humedad de suelo (c).

Los minitubérculos de papa cultivados fueron de la variedad Yara, propagada por métodos biotecnológicos con potencial de rendimiento superior a las 32 t/ha y más del 90% clasificada como comercializable. Esta variedad presenta un buen desarrollo foliar, su altura media es de 0,55 m, de color verde oscuro y período vegetativo de 80 a 85 días y una demanda hídrica de 650 mm con dosis de 50 mm semanales distribuida de forma uniforme según su etapa de desarrollo.

Para determinar los parámetros de los sistemas de riego se instalaron un total de 21 colectores organizados en tres hileras, en arreglo regular de cuadrículas de 2x2 m, para un área de 84 m<sup>2</sup> y se recolectó el volumen de agua entregado por el sistema en una hora de riego. Las mediciones de humedad del sustrato se realizaron siguiendo el mismo patrón de muestras a intervalos de 3 horas, hasta las siguientes 48 horas, momento en que se repite el ciclo de riego, para ello se empleó el sensor de humedad de HH2 Delta T. Se controló además la temperatura del aire y la humedad relativa empleando una miniestación meteorológica modelo MT306.

El coeficiente de uniformidad de riego (CU), se determinó mediante la siguiente ecuación (Christiansen, 1942).

$$CU = 100 \cdot 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i|}{M \cdot n} \quad (1)$$

donde:

n: Número de mediciones;

M: Promedio de las cantidades de agua recolectadas, mm;

X: Desviación absoluta.

Para evaluar la calidad del riego se considera que CU ≥ 85%: excelente uniformidad, 80% ≤ CU < 85%: bueno, 70% ≤ CU < 80%: regular y CU < 70%: pobre.

Para determinar la uniformidad de la distribución del riego (DU) se realizó el muestreo del gasto de los goteros (Gg) según el procedimiento descrito por Merriam y Keller (1978), y se empleó la siguiente ecuación:

$$DU = \frac{Q_{25}}{Q_n} \cdot 100 \quad (2)$$

donde:

DU: coeficiente de Uniformidad de distribución (%);

Q<sub>25</sub>: valor medio del 25% de los emisores de más bajo caudal (ml);

Q<sub>n</sub>: valor medio del total de emisores (ml).

Los criterios aceptados para la uniformidad del riego Keller y Bliesner (1990) definen la uniformidad del riego como UD ≥ 85%: excelente, 75% ≤ UD < 85%: buena, 60% ≤ UD < 75%: aceptable, UD < 60%: mala.

El coeficiente de variación de riego se calculó mediante la siguiente expresión:

$$CV = \frac{\sigma}{M} \quad (3)$$

donde:

σ: desviación media;

M: promedio.

El agua útil total se determinó como:

$$AUT = cc - pmp \cdot d_a \cdot p_{raíz} \quad (4)$$

donde:

cc: capacidad de campo (%);

pmp: punto de marchitez permanente (%);

d<sub>a</sub>: densidad aparente (kg/cm<sup>3</sup>);

p<sub>raíz</sub>: profundidad de la raíz (cm).

Para la presentación de la variación espacial de la distribución del riego, se empleó el método de interpolación de Kriging adaptado por Goovaerts (2008). Para la confección de los mapas se tomaron los registros a las 8 h posteriores al riego y se a tabularon los datos en el programa Matlab-R2020a.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Uniformidad del riego

El resultado de la evaluación de los diferentes parámetros de los sistemas de microaspersión y nebulizador se muestran en la [Tabla 1](#), en ambos casos la uniformidad de riego (CU) se considera excelente según los criterios propuestos por Christiansen (1942), con valores superiores al 85%. Esta evaluación es consistente con sistemas que han tenido un diseño adecuado y que además son objeto de una revisión y mantenimiento sistemáticos (Ajete-Gil et al., 2011; Roque et al., 2013). La diferencia entre los CU de cada caso no arroja una diferencia significativa después de aplicar la prueba de Fisher, con valores de p > 0,05. La uniformidad de distribución del riego alcanza valores que se consideran como excelente para el nebulizador y buena para el microaspersor a partir de los criterios de Keller y Bliesner (1990). La mejora del 2,6 % del DU en el nebulizador, proporciona una mejor distribución del agua en tono el área, no obstante, el análisis estadístico arroja valores de p > 0,05 lo que se considera no significativo para un nivel de confianza del 95,0 %. Por su parte, el cálculo del coeficiente de variación de la aplicación (CV) muestra mejores resultados en el sistema de nebulizadores, aunque la diferencia obtenida no muestra diferencia significativa entre ellas.

El agua útil en la zeolita a una profundidad estimada de la raíz de 200 mm fue de 33,4 mm. La profundidad del riego y su relación con la densidad radicular y la profundidad de las raíces es fundamental para entender como las plantas aprovechan el agua disponible (Veitia-Rodríguez et al., 2016). Estos factores determinan la eficiencia con la que un cultivo puede absorber agua y nutrientes, evitando el estrés hídrico (Franco et al., 2024). Los volúmenes de agua aplicada lograron una alta eficiencia de la aplicación del riego, lo cual evita pérdidas por escorrentía, evaporación y percolación profunda. Para el riego con nebulizadores este valor supera el 100% como resultado de la aplicación de un volumen menor al agua útil del sustrato.

**Tabla 1.** Resultados de la evaluación de los diferentes parámetros de los sistemas de microaspersión y nebulizador

	Símbolo	Riego Nebulizador	Riego Microaspersor
Coefficiente de uniformidad, %	CU	87,8	83,7
Uniformidad de distribución, %	DU	85,2	81,6
Coef. variación de aplicación	CV	0,12	0,14
Agua útil total, mm	AUT	33,4	33,4
Agua aplicada, mm	AA	30,0	34,2
Eficiencia de aplicación, %	EA	111,4	97,7

### Variación espacial de la distribución del agua

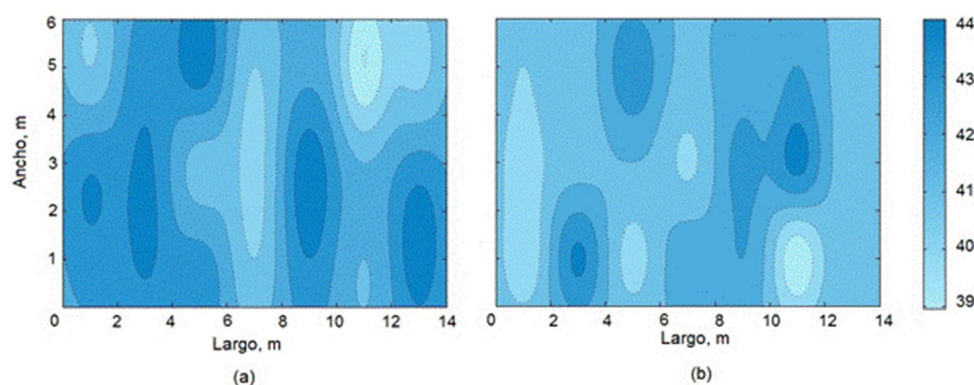
La variación espacial de la distribución del agua en la zeolita se muestra en la [Figura 2a](#). El riego con microaspersores se caracteriza por tener una zona con valores mínimos al centro y múltiples zonas con valores máximos repartidos con regularidad a lo largo del área de estudio. Este patrón coincide con la distribución espacial de los aspersores y el máximo de humedad con la ubicación de las zonas de solapamiento. El riego con nebulizadores por su parte, muestra una menor discontinuidad de la humedad ([Figura 2b](#)), predominando valores medios de 41%. Se aprecian tres zonas con valores máximos distribuidos al centro y en la periferia, solo dos de ellas con valores en el rango de 44% de humedad. No obstante a la variabilidad encontrada, se obtienen coeficientes de uniformidad de la humedad en el sustrato para ambos casos superiores al 80% con bajos coeficientes de variación en rangos adecuados para el cultivo de tubérculos ([Ruiz y Rodrigo, 2011](#)).

Entre las causas de la fluctuación de la distribución para ambos casos están las posibles diferencias de caudal de los aspersores empleados y la tendencia al escurrimiento del agua por ligeras desviaciones del nivel. Trabajos similares en casas de cultivo empleando sistemas por goteo reflejan que la uniformidad experimenta variaciones hasta un 5% a pesar de lograr una adecuada nivelación, de igual modo el caudal de los aspersores puede tener una determinada variación, lo que debe ser controlada mediante el aumento de la presión en las secciones de la tubería ([Ajete-Gil et al., 2011](#); [Ruiz y Rodrigo, 2011](#)).

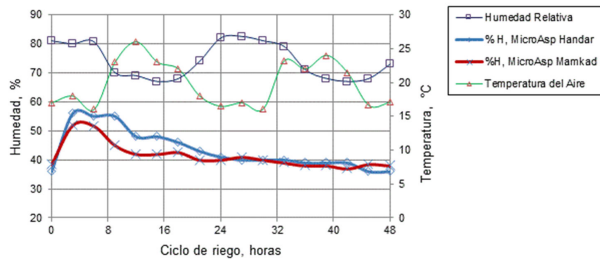
### Variaciones de la humedad del sustrato en el ciclo de riego

La variación de la humedad en la zeolita lo largo del ciclo de 48 horas se muestra en la [Figura 2](#). En las mediciones antes de comenzar el riego se obtienen valores de humedad superiores a 35% en ambos casos, este valor inicial está en correspondencia con la capacidad de campo del sustrato y corrobora su capacidad para la retención del agua. El incremento de la humedad tiene lugar como consecuencia del riego ininterrumpido en las tres horas posteriores donde se alcanzan valores superiores al 50% de humedad, la intensidad con que se entrega el agua sobrepasa la capacidad de campo de la zeolita, mostrando un estado de saturación hídrica, siendo mayor en el caso del microaspersor. Este exceso puede ser perjudicial debido a una mayor susceptibilidad a enfermedades fúngicas y la ocurrencia de la lixiviación de nutrientes ([Colombi et al., 2023](#)).

La rápida disminución de la humedad en ambos casos que tiene lugar las 24 horas del ciclo posterior al riego, se destaca que el riego por nebulizadores muestra un ajuste en menor tiempo a los valores de humedad más estables. Todo ello se debe principalmente a la alta capacidad de infiltración de la zeolita, lo cual favorece el drenaje del agua en exceso junto a los procesos de evapotranspiración de la planta. La pérdida de la humedad por conceptos de infiltración, escorrentía y evapotranspiración ha sido objeto de estudio en diferentes investigaciones mostrando su relación con los ciclos de riego ([Ruiz y Rodrigo, 2011](#); [Colombi et al., 2023](#)).

**Figura 2.** Variación espacial de la humedad de la zeolita con riego. a) riego con microaspersores, b) riego con nebulizadores.

Como muestra la **Figura 3**, la disminución de la humedad en el sustrato es menor en las últimas 24 horas, con pérdidas en el rango de 4% al final del ciclo y apreciable después de las 32 horas. Se denota que estos valores se encuentran en el rango de la capacidad de campo y su variación no constituye peligro de estrés hídrico para las plantas. No obstante, a la disminución de los valores de humedad en las últimas 8 horas, las condiciones agroclimáticas son favorables en tanto ocurre una disminución de la temperatura del aire y el aumento de la humedad relativa propios del horario nocturno. Los procesos de evapotranspiración se ralentizan por la ausencia de radiación solar y el cierre de las estomas, los mismos han sido estudiados para diferentes condiciones y cultivos. La humedad mínima no debe disminuir de 20% por peligro al estrés hídrico para condiciones de suelos pesados, no obstante, trabajos realizados sugieren determinados períodos cortos de valores bajos de humedad para favorecer el crecimiento radicular (Roque *et al.*, 2013; Colombi *et al.*, 2023; López *et al.*, 2025).



**Figura 3.** Variación de la humedad del sustrato, la temperatura y la humedad relativa.

## CONCLUSIONES

Los parámetros de riego del sistema de nebulizador muestran mejores resultados que los del microaspersor en aspectos como coeficiente de uniformidad, uniformidad de distribución y eficiencia de distribución. En ambos casos se cumplen con los criterios de calidad del riego, calificándose como Excelente el CU y DU en el nebulizador y Excelente el CU y Bueno el DU del microaspersor. De igual modo se evidencia una mejor distribución espacial de la humedad en el riego con nebulizador asociada a un menor rango de variación, no obstante, se obtienen coeficientes de uniformidad de la humedad en el sustrato para ambos casos superiores al 80%. El incremento de la humedad en la zeolita en las tres horas de riego ininterrumpido en ambos sistemas, alcanza valores superiores al 50%, sobrepasando ligeramente la capacidad de campo de la zeolita. Durante las 24 horas siguientes ocurre una rápida disminución de la humedad en ambos sistemas y se alcanza una humedad más estable en menor tiempo en el sistema de nebulizadores, lográndose valores satisfactorios durante el resto del ciclo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJETE-GIL, M.; BONET-PÉREZ, C.; DUARTE-DÍAZ, C.; VARGAS-CRUZ, M.C.; PÉREZ-GARCÍA, V.: "Criterios sobre la uniformidad de riego en cultivos protegidos de las provincias centrales", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(2): 47-50, 2011, ISSN: 2071-0054.
- CIOLOCA, M.; TICAN, A.; POPA, M.: "Evaluation of virus-free potato minitubers derived from "in vitro" meristem cultures for high-quality seed potato production", *Rom. J. Hortic*, 5: 15-22, 2024.
- COLOMBI, T.; TORRES L.C.; WALTER, A.: "Hypoxia tolerance in potato: Linking root physiology to field performance", *Journal of Experimental Botany*, vol. 74 (5): 21-34, 2023. ISSN:0022-0957.
- CHRISTIANSEN, J. E.: "Bulletin of the California Agricultural Experiment Station", *California Agricultural Experiment Station, University of California*, vol. 670 124, 1942. ISSN:0096-0683.
- FRANCO, A.M.M.; GARCÍA, E.R.; MEDINA, R.L.; RAMÍREZ, A.A.C.: "Properties and applications of natural zeolites", *Brazilian Journal of Development*, 10(1): 1713-1799, 2024, ISSN: 2525-8761.
- GARCÍA-SEGURA, D.R.; VALDEZ-AGUILAR, L.A.; RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, H.; ZERMEÑO-GONZÁLEZ, A.; CADENA-ZAPATA, M.: "Producción de mini tubérculos de papa en aeroponía en comparación con suelo y polvo de coco", *Terra latinoamericana*, 39, 2021, ISSN: 0187-5779.
- GOOVAERTS, P.: "Kriging and semivariogram deconvolution in the presence of irregular geographical units", *Mathematical geosciences*, 40(1): 101-128, 2008, ISSN: 1874-8961.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D.: *Sprinkle and trickle irrigation*, 1990, ISBN: 0-442-24645-5.
- LÓPEZ, R.F.; GUTIÉRREZ, F.X.F.; HERRERA, M.E.M.; MORA, O.F.; RUIZ, E.S.; DELGADO, H.L.: "Evaluación de soluciones nutritivas hidropónicas en genotipos de papa en invernadero", *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 16(3): 11, 2025, ISSN: 2007-0934.
- MERRIAM, J.L.; KELLER, J.: "Farm irrigation system evaluation: a guide for management.", 1978.
- ROQUE, R.R.; GONZÁLEZ, R.F.; HERRERA, P.J.: "Eficiencia en el uso del agua de riego en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en el occidente de Cuba", *Ingeniería Agrícola*, 3(3): 3-7, 2013, ISSN: 2306-1545.
- RUIZ, J.; RODRIGO, P.: "Evaluación de la uniformidad del riego por goteo en condiciones de casas de cultivo en explotación", *AgroIngeniería*, vol. 20 37-41, 2011. ISSN:1010-2760.
- SÁNCHEZ, E.U.; CASTILLO, G.A.B.; ESCOBAR, R.N.; LEÓN, M.T.C.; CHÁVEZ, L.T.; TORRES, J.L.T.: "Cultivo hidropónico de plántulas de jitomate en zeolita cargada con K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> o Mg<sup>2+</sup> y diferente granulometría", *Agrociencia*, 40(4): 419-429, 2006, ISSN: 1405-3195.

URBINA-SÁNCHEZ, E.; BACA-CASTILLO, G.A.; NÚÑEZ-ESCOBAR, R.; COLINAS-LEÓN, M.T.; TIJERINA-CHÁVEZ, L.; TIRADO-TORRES, J.L.: “Zeolita como sustrato en el cultivo hidropónico de gerbera”, *Terra Latinoamericana*, 29(4): 387-394, 2011, ISSN: 0187-5779.

VEITÍA-RODRÍGUEZ, N.; MARTIRENA-RAMÍREZ, A.; LEIVA-MORA, M.; ROMERO-QUINTANA, C.; LEÓN-QUINTANA, M.; HURTADO-RIBALTA, O.: “Respuesta morfoagronómica en casa de cultivo de plantas cultivadas in vitro de dos variedades de papa cubana”, *Cultivos Tropicales*, 37(3): 66-71, 2016, ISSN: 0258-5936.