

# Variabilidad de factores agroclimáticos y gasto de riego en cultivo protegido del pimiento (*Capsicum annuum*)



## Variability of Agroclimatic Factors and Irrigation Rate in Protected Cultivation of Pepper (*Capsicum annuum*)

<https://cu-id.com/2177/v32n4e05>

Elvis López-Bravo<sup>I\*</sup>, Arley Placeres-Remior<sup>II</sup>, Emily Carbonell-Saavedra<sup>I</sup>,  
 Arturo Martínez-Rodríguez<sup>III</sup>, Omar González Cueto<sup>I</sup>

<sup>I</sup>Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Villa Clara, Cuba.

<sup>II</sup>Universidad Católica de Temuco, Facultad Técnica, Chile.

<sup>III</sup>Universidad Agraria de La Habana, UNAH. Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

**RESUMEN:** El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la relación entre la uniformidad del caudal de riego y la variabilidad de los factores agroclimáticos con el rendimiento durante el cultivo del pimiento en casas de cultivo. El estudio se llevó a cabo en un módulo de tres casas de cultivo protegido modelo Granma-1, perteneciente a la Empresa Agropecuaria "Valle del Yabú", en la provincia Villa Clara sobre suelo pardo con carbonatos. Dentro de cada casa se conformaron seis canchales con tres ramales de riego con goteros no autocompensantes modelo *Twin Drip*. Para el estudio se tomaron 27 puntos de muestreo, distribuidos uniformemente en las tres casas de cultivo. La velocidad del viento, temperatura y humedad relativa se midieron con la micro estación meteorológica *Kestrel 5000*. Para el muestreo del gasto de los goteros se instalaron pluviómetros en cada punto experimental y se determinó el coeficiente de uniformidad. Como resultado se evidenció que la velocidad del viento, la humedad relativa y la temperatura en el interior de la casa de cultivo mostraron valores de variabilidad espacial que satisfacen los requerimientos del cultivo. El coeficiente de uniformidad del gasto de riego obtuvo un valor de 71,2%, catalogándose de aceptable, como consecuencia de la obstrucción de goteros y denotando una amplia variabilidad del gasto en el área cultivada sin la presencia de encharcamiento ni zonas de suelo seco.

**Palabras clave:** suelo, goteo, viento, temperatura, humedad.

**ABSTRACT:** The objective of the present work was to find the relationship between uniformity of irrigation flow and agro-climatic factors with the yield, during pepper growing in greenhouse. The study was carried out in brown soil with carbonates, in a module of three greenhouses, Granma-1 Model, placed at “Valle del Yabú” Agricultural Company, in Villa Clara Province. In each greenhouse, six soil beds were formed with three irrigation branches with non-compensating *Twin Drip* drippers. For the study, 27 sampling points were taken, evenly distributed in the three greenhouses. The wind speed, temperature and relative humidity were measured with the *Kestrel 5000* micro weather station. For the sampling of dripper flow, rain gauges were located at each experimental point and the irrigation coefficient of uniformity was determined. As a result, wind speed, relative humidity and temperature, inside the greenhouse, showed spatial variability values that satisfy the crop requirements. The coefficient of uniformity of irrigation rate was considered as acceptable with value of 71.2%, as a consequence of the obstruction of drippers, denoting a wide variability of irrigation rate without the presence of water flood or dry soil.

**Keywords:** Soil, Drip, Wind, Temperature, Moisture.

\*Author for correspondence: Elvis López-Bravo, e-mail: [elvislb@uclv.edu.cu](mailto:elvislb@uclv.edu.cu)

Recibido: 21/05/2023

Aceptado: 01/09/2023

## INTRODUCCIÓN

La aplicación eficiente del agua se basa en lograr las mínimas pérdidas posibles en los procesos de percolación y escurrimiento superficial. La cantidad de agua que se aplique en cada riego debe ser suficiente para cubrir el agua consumida por la planta en el período entre riegos y cubrir las pérdidas que ocurren de forma inevitables. De la uniformidad del riego depende la distribución uniforme del agua y nutrientes que se aportan mediante el fertirriego. Una aplicación no uniforme del agua influye desfavorablemente en el cultivo por no recibir la proporción de nutrientes adecuada con las correspondientes afectaciones al rendimiento ([Ajete Gil et al., 2011](#); [Caro et al., 2015](#); [Reyes-Requena et al., 2023](#)).

El consumo del agua por las plantas está condicionado al efecto de las condiciones climáticas tales como: temperatura, radiación solar, velocidad del viento, entre otros factores, que hacen que se libere el vapor de agua desde el suelo hasta la atmósfera, desde la planta por exceso de transpiración y desde el suelo por el proceso de evaporación. Estas pérdidas de agua en conjunto, desde la planta y el suelo se denomina evapotranspiración ([Cun et al., 2012](#)).

El cultivo de hortalizas en casas de cultivos posibilita controlar la temperatura, la cantidad de luz, y la aplicación racional del riego, lográndose además incorporar un óptimo control químico y biológico para proteger el cultivo. Con el cultivo protegido se ha logrado incrementar la producción por unidad de área, alcanzando rendimientos superiores y mejor calidad de los productos que cuando se cultivan en campo abierto ([Mesa Bocourt et al., 2013](#); [Ramos-Tamayo et al., 2023](#)).

En la producción protegida del pimiento (*Capsicum annuum*), el aporte de agua y gran parte de los nutrientes se realiza mediante la técnica de riego por goteo, ajustando los parámetros del fertirriego al estado fenológico de la planta, así como del ambiente en que se desarrolla ([Rodríguez et al., 2008](#); [Liang et al., 2011](#)). Considerando las ventajas del riego por goteo en condiciones de cultivo protegido y las exigencias agrotécnicas del pimiento, el presente

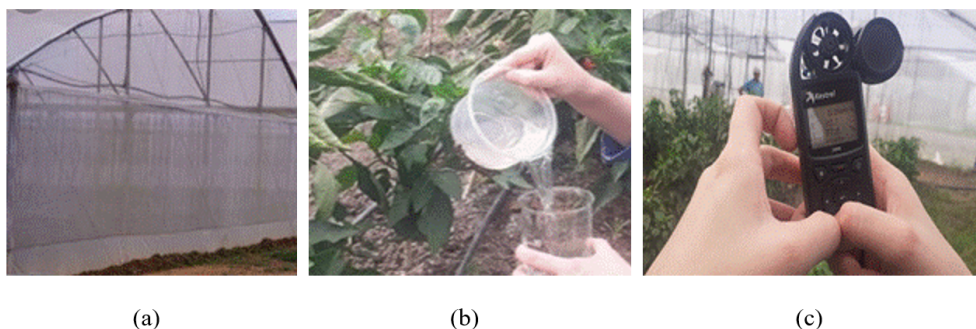
trabajo tuvo como objetivo determinar la relación entre la uniformidad del caudal de riego y la variabilidad de los factores agroclimáticos con el rendimiento, durante el cultivo del pimiento en casas de cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un módulo de tres casas de cultivo protegido perteneciente a la Empresa Agropecuaria "Valle del Yabú", en la provincia Villa Clara, situada a una latitud de 22° 27' 02,4" N, a una longitud de 80° 00' 44,7" W y a una altitud de 22 msnm. Las casas de cultivo son del modelo Granma-1 de 12 m de ancho y 46 m de largo para un área de 540 m<sup>2</sup> y una altura a la cumbre de 4,4 m, dotado de malla sombreadora 35% por los laterales y el frente ([Figura 1a](#)). Se encuentran localizadas sobre un suelo pardo con carbonatos o Cambisol ([FAO, 2012](#)).

Dentro de cada casa se conformaron seis canteros destinados al cultivo del pimiento (*Capsicum annuum*) con dimensiones de 1,20 m de ancho y 45 m de largo. Se empleó el marco de plantación de 1,20 m x 0,20 m, para un área vital de 0,24 m<sup>2</sup> por planta. Se emplearon para cada cantero tres ramales de 16 mm de diámetro y 43 m de largo, con goteros no autocompensantes modelo *Twin Drip* con gasto de 2 L/h a una presión de 10,0 mca.

Para el estudio se tomaron 27 puntos de muestreo, distribuidos uniformemente en las tres casas que conforman el módulo. Para ello se establecieron tres puntos por cada cantero seleccionado, ubicados al centro y a 5 m de los extremos y se realizaron cuatro réplicas por medición. La velocidad del viento, temperatura y humedad relativa se midieron con la micro estación meteorológica *Kestrel 5000* ([Figura 1c](#)). Para el análisis del comportamiento temporal de las variables se realizaron tres mediciones con un intervalo de 15 días entre ellas, durante la etapa de fructificación del cultivo. Para la determinación de la variabilidad del rendimiento del cultivo se empleó el promedio de frutos por plantas en cinco de las plantas aledañas a cada punto de medición previamente definido.



**FIGURA 1.** (a) Casa de cultivo; (b) medición de gasto y (c) medición de humedad relativa, temperatura y velocidad del viento.

El muestreo del gasto de los goteros (Gg) se realizó según el procedimiento descrito por [Merrian y Keller \(1978\)](#), para lo cual se instalaron pluviómetros en cada punto experimental, determinándose además el coeficiente de uniformidad según la siguiente ecuación:

$$CU = \frac{Q_{25}}{Q_n} * 100 \quad (1)$$

donde:

CU: Coeficiente de Uniformidad del sistema (%);

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).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las mediciones de las variables agroclimáticas en el interior de las casas de cultivo, el gasto de los emisores, así como el rendimiento por plantas se muestran en la [Tabla 1](#). Se constata que los valores promedio alcanzados por las diferentes variables se encuentran en el rango adecuado para los requerimientos de este cultivo en casas de cultivo ([Pérez et al., 2018](#); [Rodríguez y Hernández, 2021](#)). La velocidad del viento, alcanzó un valor promedio de 1,42 km/h. No obstante en la distribución espacial ([Figura 2a](#)) se aprecia que en más del 70% del área se obtuvieron valores por debajo de 1km/h, llegando a ser nulos en algunos casos. En este rango, la velocidad del viento se considera baja y posee un comportamiento beneficioso para el cultivo al no propiciar el movimiento de las plantas en producción y evitar con ello el daño físico de hojas y frutos, así

como el aborto de flores y la rotura de ramas ([Michels-Mighty et al., 2020](#)).

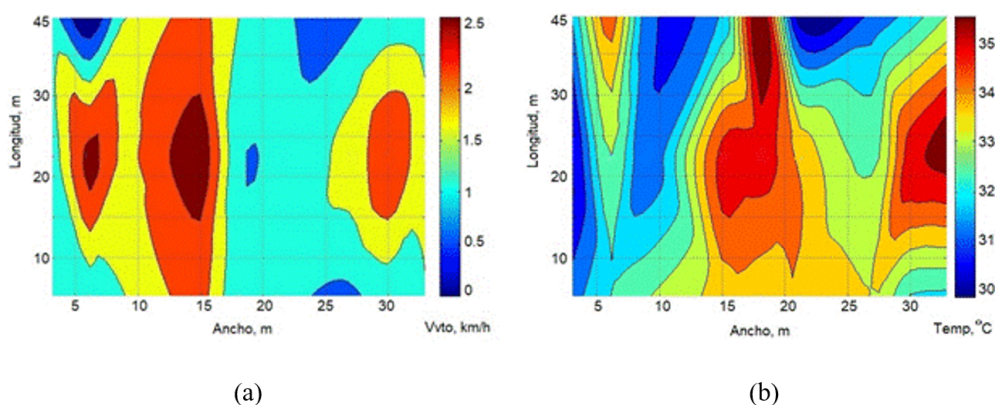
## Variabilidad espacial de la velocidad del viento y la temperatura

En la [Figura 2a](#) se muestra la variabilidad espacial de la velocidad del viento en el interior de la casa de cultivo. Los valores máximos se encontraron distribuidos en tres puntos fundamentales ubicados en la primera y la tercera sección de la instalación en el rango de 2 a 2,5 km/h, no obstante fue en la primera sección donde se denota mayor velocidad en la circulación del viento y apreciándose una tendencia a disminuir en uno de los extremos. Este comportamiento responde principalmente al efecto de la posición de la ventana cenital, por medio de la cual se garantiza la circulación del aire y control de la humedad relativa, influyendo además la posición geográfica de la instalación respecto a la dirección del viento.

La temperatura dentro de la casa de cultivo alcanzó un valor promedio de 33,02°C, lo que la define como una temperatura óptima para el desarrollo de este tipo de cultivo ([Díaz et al., 2010](#)). En este sentido los autores resaltan que las plantas pueden desecarse rápidamente si la temperatura es superior a 40°C y la combinación entre radiación solar y temperatura puede elevar hasta 50°C la temperatura del suelo seco. Como se muestra en la [Figura 2b](#) los valores más elevados se encontraron al centro y en uno de los extremos de la casa de cultivo alcanzando valores en el rango de 30 a 35,4°C.

**TABLA 1.** Resultados de las mediciones en el interior de la casa de cultivo

	V.viento km/h	Temp °C	H. relat. %	Gasto L/h	Rendimiento frutos/planta
Promedio	1,42	33,02	77,56	1,945	11,86
Desviación estándar	0,58	1,309	8,84	0,32	1,99
Coef. de variación	40,6 %	3,9%	11,4%	16,9%	16,7%
Mínimo	0,0	30,7	63,6	1,2	7,1
Máximo	2,7	35,4	90,0	2,55	13,9



**FIGURA 2.** Velocidad del viento (a) y Temperatura en el interior de la casa de cultivo (b).

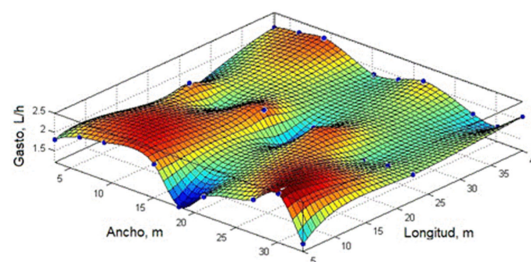
### Variabilidad espacial de la humedad relativa y el rendimiento

La humedad relativa alcanzó un valor promedio de 77,56%. En la [Figura 3\(a\)](#) se puede apreciar que los valores en el rango de 60 a 65% se encuentran en el centro de la casa de cultivo lo que está en correspondencia con los valores obtenidos de temperatura. El punto de ajuste de humedad relativa óptimo para el cultivo del pimiento se encuentra entre 65 a 85%, en este nivel se logran, las mayores tasas de crecimiento. Valores de humedad por debajo o por encima de este rango afecta los procesos fisiológicos entre ellos la polinización de las plantas, lo que lleva a un crecimiento más lento y una producción de menor calidad.

El rendimiento por su parte muestra valores entre 6,7 y 14,7 frutos por plantas, resultando en un coeficiente de variación relativamente alto (16,7%) estando en correspondencia con los resultados en estudios realizados ([Zamljen et al., 2020](#); [Kabir et al., 2021](#)). No obstante en más del 80% del área se obtienen valores promedios entre 11 y 14,7 frutos.

### Uniformidad del gasto de riego

El coeficiente de uniformidad de riego del sistema fue de 71,2%, este valor se considera aceptable no obstante de estar al límite de la denominación según los autores [Merriam y Keller \(1978\)](#). La distribución del gasto en la superficie de la casa de cultivo se muestra en la [Figura 4](#), como se puede apreciar los valores por debajo del valor nominal se encuentran dispersos en el área. En todos los casos los emisores aportan valores de humedad al terreno que contribuyen a mantener la humedad del suelo, sin llegar a identificarse zonas con suelo seco, lo que favorece el procesos de absorción y redistribución del agua en el suelo ([Ricardez-Miranda et al., 2021](#)). De igual modo, en las zonas donde las boquillas entregaron valores superiores a 2 L/h no se aprecia



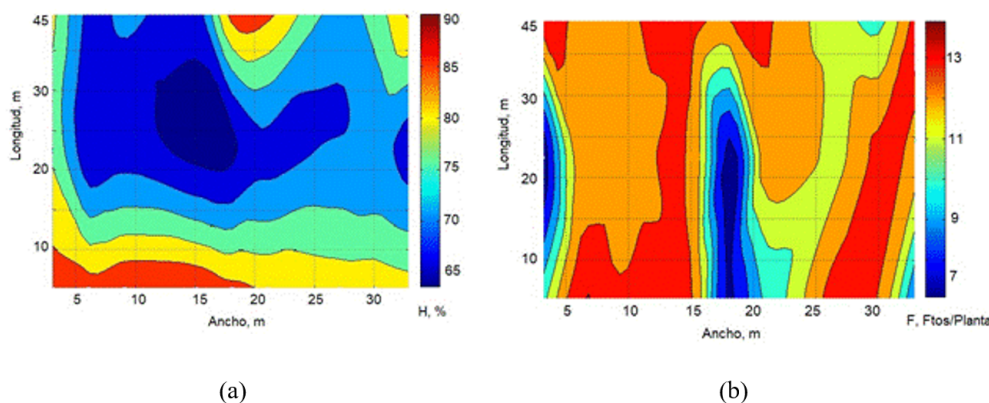
**FIGURA 4.** Distribución del gasto en la casa de cultivo.

encharcamiento, ni proliferación de hongos u otras afectaciones visibles al cultivo. En la revisión de las boquillas se denota que la causa principal de la distribución irregular es la obstrucción de las mismas por la presencia de partículas y sales de calcio.

La correlación entre los diferentes factores agroclimáticos y el rendimiento del cultivo se muestra en la [Tabla 2](#). El coeficiente de Pearson muestra una fuerte correlación de 0,85 entre el gasto y el rendimiento con una relación lineal significativa a partir de la tendencia a cero de p-valor.

### CONCLUSIONES

La velocidad del viento, la humedad relativa y la temperatura en el interior de la casa de cultivo mostraron valores de variabilidad espacial que satisfacen los requerimientos del cultivo. La circulación del aire dentro de la casa de cultivo permitió la redistribución de las temperaturas encontrándose zonas donde la velocidad es nula. Por su parte el coeficiente de uniformidad del gasto de riego obtuvo un valor de 71,2%, catalogándose de aceptable, como consecuencia de la obstrucción de goteros y denotando una amplia variabilidad del gasto en el área cultivada sin la presencia de encharcamiento ni zonas de suelo seco. El rendimiento del cultivo fue de 11,86 frutos por planta y mostró una fuerte correlación con la distribución del gasto de riego.



**FIGURA 3.** Humedad relativa (a) y rendimiento del cultivo (b).

**TABLA 2.** Correlación entre los diferentes factores agroclimáticos y el rendimiento

	Rend.	Temp.	V. viento	H. relativa
Gasto	0,8526 0,0000	0,0473 0,8146	0,1152 0,5671	0,0083 0,9671
Rend,		0,0979 0,6271	0,2070 0,3001	0,0366 0,8564
Temp,			0,1518 0,4498	-0,2046 0,3059
Vviento,				-0,3065 0,1199

1er valor: Coeficiente de Pearson

2do valor: P-valor

## 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*, vol. 20 (2): 47-50, 2011. ISSN:1010-2760.
- CARO, J.M.B.; PARÍS, J.C.; ZAFRA, P.G.: "Análisis de la uniformidad del riego en cultivos de fresa", *Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera*, vol. (988): 710-718, 2015. ISSN:0002-1334.
- CUN, R.; PUIG, O.; DUARTE, C.; MONTERO, L.; C. MORALES: "Evaluación de la uniformidad del riego en miniaspersores y difusores en casa de producción de plántulas", *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 2 (1): 12-16, 2012. ISSN:2306-1545.
- DÍAZ, A.; QUIÑONES, M.; ARANA, F.; SOTO, M.; HERNÁNDEZ, A.: "Potyvirus: Características generales, situación de su diagnóstico y determinación de su presencia en el cultivo del pimiento en Cuba", *Revista de Protección Vegetal*, vol. 25 (2): 69-79, 2010. ISSN:1010-2752.
- FAO: "Soil Clasification", *Forest Harvesting Bulletin, Promoting Environmentally Sound*, 2012.
- KABIR, M.Y.; NAMBEESAN, S.U.; BAUTISTA, J.; DÍAZ-PÉREZ, J.C.: "Effect of irrigation level on plant growth, physiology and fruit yield and quality in bell pepper (*Capsicum annuum* L.)", *Scientia Horticulturae*, vol. 281 109902, 2021. ISSN:0304-4238.
- LIANG, Y.-L.; WU, X.; ZHU, J.-J.; ZHOU, M.-J.; PENG, V.: "Response of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) to mulching practices under planted greenhouse condition", *Agricultural Water Management*, vol. 99 (1): 111-120, 2011. ISSN:0378-3774.
- MERRIAN, J.L.; KELLER, J.: *Farm irrigation system evaluation: a guide for management*, Inst. Department of Agricultural Engineerin University at Logan, Utah, USA, 1978.
- MESA-BOCOURT, Y.; DUARTE-DÍAZ, C.; GARCÍA-LÓPEZ, A.: "Efectividad de aplicación de bioplaguicida a través del sistema de riego localizado por micoaspersión en el cultivo del tomate", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 22 (2): 41-46, 2013. ISSN:2071-0054.
- MICHELS-MIGHTY, J.; RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, P.; MONTERO-LIMONTA, G.: "Producción de pimiento (*Capsicum annum* L.) en casa de cultivo protegido con fertirriego e inoculación con *Glomus cubense*", *Ciencia en su PC*, vol. 1 18-30, 2020. ISSN:1027-2887.
- PÉREZ, R.A.; BRITO, J.D.; GUERRA, Y.R.; RE, S.S.; GUTIÉRREZ, R.T.; BURGOS, J.C.V.: "Indicadores morfofisiológicos y productivos del pimiento sembrado en invernadero ya campo abierto en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana", *Centro Agrícola*, vol. 45 (1): 14-23, 2018. ISSN:0253-5785.
- RAMOS-TAMAYO, Á.L.; CUN-GONZÁLEZ, R.; DUARTE-DÍAZ, C.: "Evaluación técnica del riego localizado en una casa de cultivo de Santiago de Cuba", *Ingeniería Agrícola*, vol. 13 (1): 2023. ISSN: ISSN-2306-1545.
- REYES-REQUENA, R.; BAEZA-CANO, R.J.; ROLDÁN-CAÑAS, J.; CÁNOVAS-FERNÁNDEZ, G.; MORENO-PÉREZ, M.F.: "Evaluación hidráulica en laboratorio de goteros de bajo caudal usados en cultivos intensivos bajo plástico", *Ingeniería del agua*, vol. 27 (1): 1-12, 2023. ISSN:1134-2196.
- RICARDEZ-MIRANDA, L.E.; LAGUNES-ESPINOZA, L.C.; HERNÁNDEZ-NATAREN, E.; PALMA-LÓPEZ, D. J.; CONDE-MARTÍNEZ, F.V.: "Water restriction during the vegetative and reproductive stages of *Capsicum annum* var. *glabriusculum*, and its effect on growth, secondary metabolites and fruit yield", *Scientia Horticulturae*, vol. 285 110129, 2021. ISSN:0304-4238.

- RODRÍGUEZ, Y.; DEPESTRE, T.; GÓMEZ, O.: "Eficiencia de la selección en líneas de pimiento (*Capsicum annuum*), provenientes de cuatro subpoblaciones, en caracteres de interés productivo", *Ciencia e investigación agraria*, vol. 35 (1): 37-49, 2008. ISSN:0718-1620.
- RODRÍGUEZ, Y.E.O.; HERNÁNDEZ, D.C.: "Influencia de diferentes marcos de siembra en el desarrollo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) híbrido 'Carleza' bajo cultivo protegido", *Cultivos Tropicales*, vol. 42 (3): 15, 2021. ISSN:0258-5936.
- ZAMLJEN, T.; ZUPANC, V.; SLATNAR, A.: "Influence of irrigation on yield and primary and secondary metabolites in two chilies species, *Capsicum annuum* L. and *Capsicum chinense* Jacq", *Agricultural Water Management*, vol. 234 106104, 2020. ISSN:0378-3774.

Elvis López-Bravo, Dr.C., Profesor Titular, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Santa Clara, Villa Clara, Cuba e-mail: [elvislb@uclv.edu.cu](mailto:elvislb@uclv.edu.cu).

Arley Placeres-Remior, Dr.C., Profesor, Universidad Católica de Temuco, Facultad Técnica, Chile. e-mail: [aplaceres@uct.cl](mailto:aplaceres@uct.cl).

Emily Carbonell-Saavedra: Dr.C., Profesor, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Santa Clara, Villa Clara, Cuba e-mail: [emily@uclv.edu.cu](mailto:emily@uclv.edu.cu).

Arturo Martínez-Rodríguez, Dr.Cs. Prof. Titular e Inv. Titular, Prof. de Mérito. Universidad Agraria de La Habana (UNAH). Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [armaro646@gmail.com](mailto:armaro646@gmail.com).

Omar González-Cueto, Dr.C., Profesor Titular, 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).

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

**AUTHOR CONTRIBUTIONS:** **Conceptualization:** Elvis López Bravo. **Data curation:** Elvis López Bravo, Arley Placeres Remior. Arturo Martínez Rodríguez. **Formal analysis:** Elvis López Bravo, Arley Placeres Remior, Omar González Cueto. **Investigation:** Elvis López Bravo, Emily Carbonell Saavedra, Omar González Cueto. **Methodology:** Elvis López Bravo, Emily Carbonell Saavedra. **Supervision:** Elvis López Bravo, Omar González Cueto. **Validation:** Arturo Martínez Rodríguez, Arley Placeres Remior. **Writing, original draft:** Elvis López Bravo. **Writing, review & editing:** Arley Placeres Remior, Arturo Martínez Rodríguez

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

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