

Eficiencia en el uso del agua de riego en la Finca Cinco Palmas

Efficiency in the use of water in the farmstate "Cinco Palmas"

 Ramón Tomás Turruelles-Hidalgo*,  Ramón Liriano-González,  Roxana Díaz-Amaro,
 Jovana Perez-Ramos and  Idania Rodríguez-Martínez

Universidad de Matanzas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Matanzas, Cuba. E-mail: ramon.turruelles@umcc.cu,
ramon.liriano@umcc.cu, diazamaroxi@gmail.com, jovana.perez@umcc.cu, idania.rodriguez@umcc.cu

* Autor para correspondencia: ramon.turruelles@umcc.cu

RESUMEN: El presente trabajo tiene como objetivo determinar la eficiencia en el uso del agua de riego, a partir del cálculo de la productividad agronómica del agua y de la respuesta en rendimiento agrícola de los cultivos, para su determinación se utilizaron datos tomados en el área No.1 de la Finca "Cinco Palmas", municipio Matanzas, así como herramientas de análisis para el cálculo de la productividad del agua aplicada por riego (WPI), la productividad del agua total (WPT), las precipitaciones efectivas (Pe) y el agua total aplicada (T); en los cultivos de maíz y frijol. Los resultados obtenidos muestran valores de WPI de 1,06 kg m⁻³ y 0,48 kg m⁻³ y valores de WPT de 1,01 kg m⁻³ y 0,45 kg m⁻³, para un agua total aplicada de 3 436,9 m³ ha⁻¹ en el cultivo del maíz y 3 961,1 m³ ha⁻¹ en el cultivo del frijol respectivamente, basados en los resultados obtenidos en comparación con los obtenidos por otros investigadores, se evidencia un deficiente uso del agua en los cultivos estudiados.

Palabras clave: productividad del agua, rendimiento, riego.

ABSTRACT: This work was carried out in the area No.1 farm state "Cinco Palmas", Matanzas municipality, with the aim to determine the efficiency and its use in irrigation planning as a strategic way to achieve an increases the efficiency of water use. Using data collected in the area No.1 farm state "5 Palmas", and with the help of analysis tools, the water productivity applied by irrigation (WPI), the total water productivity (WPT), the effective rainfall (Pe) and the total water (T) were calculated, in crops of corn and bean. Valuables of WPI of WPI of 1,06 kg m⁻³ and 0,48 kg m⁻³ and WPT of 1,01 kg m⁻³ and 0,45 kg m⁻³ were obtained in corn and bean crops, with a total applied water of 3 436,9 m³ ha⁻¹, in corn crop and 3 961,1 m³ ha⁻¹ in bean crop. Productivity and efficiency in the use of irrigation water, based on the calculation were inferior in comparison with other researchers; which is why it figures that in the farmstate the use of water for irrigation is not efficient.

Keywords: Waters Productivity, Yields, Irrigation.

INTRODUCCION

Los recursos hídricos deben responder a múltiples demandas: agua potable, higiene, producción de alimentos, energía y bienes industriales, y mantenimiento de los ecosistemas naturales. Sin embargo, los recursos hídricos son limitados y están inapropiadamente distribuidos. Esto complica la gestión del agua y, sobre todo, las labores de los responsables de la toma de decisiones, que han de afrontar el desafío de gestionar y desarrollar de forma sostenible unos recursos sometidos a las presiones del crecimiento económico, el gran aumento de la población y el cambio climático (Pérez, 2022).

En Cuba las precipitaciones durante el período seco del año (noviembre-abril) no son suficientes, por lo que el riego

es necesario para obtener un adecuado desarrollo de los cultivos. Este período coincide con los ciclos completos de muchos cultivos como papa, tabaco, hortalizas y con el inicio y finalización de otros. Por otra parte, durante el período lluvioso del año (mayo-octubre) se presentan problemas de drenaje en aquellos suelos que no poseen una buena velocidad de infiltración que dificultan el normal desarrollo de los cultivos.

La importancia de la utilización eficiente del agua en la agricultura, está dada por la planificación y la operación de suministro de este recurso orientado a atender en cantidad y tiempo, las necesidades de agua de un cultivo, así como por el conocimiento de las funciones agua-rendimiento (Colimba, 2020).

Recibido: 05/01/2025

Aceptado: 27/05/2025

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

Author contributions: **Conceptualization:** R. Turruelles-Hidalgo, R. Liriano-Glez. **Data curation:** R. Díaz-Amaro, J. Pérez-Ramos, I. Rodríguez-Martínez. **Formal analysis:** R. Turruelles-Hidalgo, R. Liriano-Glez. **Investigation:** R. Turruelles-Hidalgo, R. Liriano-Glez, R. Díaz-Amaro, I. Rodríguez-Martínez. **Methodology:** R. Turruelles-Hidalgo, R. Liriano-Glez, R. Díaz-Amaro, J. Pérez-Ramos, I. Rodríguez-Martínez. **Supervision:** R. Turruelles-Hidalgo, R. Liriano-Glez. **Validation:** R. Turruelles-Hidalgo, R. Liriano-Glez, R. Díaz-Amaro, J. Pérez-Ramos. **Roles/Writing, original draft:** R. Turruelles-Hidalgo, R. Liriano-Glez, R. Díaz-Amaro. **Writing, review & editing:** R. Turruelles-Hidalgo, R. Liriano-Glez, R. Díaz-Amaro, J. Pérez-Ramos, I. Rodríguez-Martínez.

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/>



A partir de lo anteriormente planteado se propone como objetivo determinar la eficiencia en el uso del agua de riego, a partir del cálculo de la productividad agronómica del agua y la respuesta en rendimiento agrícola de los cultivos en la Finca "Cinco Palmas" del municipio Matanzas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en los meses de septiembre 2022 a marzo del 2023 en el área No.1 de la Finca "Cinco Palmas" en el municipio Matanzas. Los datos del comportamiento de las variables climáticas fueron obtenidos de la Estación Meteorológica de Unión de Reyes. Latitud 22°46'00", Longitud 81° 22'30" y Altitud 29,9 m y procesados mediante software SARAM 2.24

Las variables climáticas estudiadas fueron las siguientes:

- Temperatura máxima (T máx med) y mínima (T mín med) media decenal en °C.
- Humedad relativa media decenal (Hr med) en %.
- Velocidad media del viento predominante decenal (FF med pred) en km h^{-1} .
- Radiación solar media (h).
- Acumulados de precipitación decenal (R acum) en mm.

Para la determinación de la eficiencia en el uso del agua de riego se utilizó información sobre los consumos de agua aplicada por riego, precipitaciones y los rendimientos de los cultivos de maíz y frijol en áreas bajo riego para el período analizado.

La eficiencia en el uso del agua se determinó a partir del cálculo de la productividad del agua y de la respuesta en rendimiento agrícola de los cultivos al riego.

La productividad del agua de riego aplicada se determinó mediante las siguientes ecuaciones (Betancourt, 2019):

$$WPI = \frac{R}{I} \quad (1)$$

donde:

WPI- la productividad del agua de riego aplicada (kg ha^{-1});
R- rendimiento agrícola de los cultivos (kg ha^{-1});
I- norma total bruta de agua de riego aplicada $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

$$WPT = \frac{R}{T} \quad (2)$$

donde:

WPT- la productividad del agua total (norma total de riego más precipitaciones) (kg ha^{-1});
T- total de agua aplicada al cultivo ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$).

El agua total aplicada a los cultivos se refiere a la suma del agua aplicada por riego y las precipitaciones efectivas en el período vegetativo.

Las precipitaciones caídas durante los períodos estudiados fueron convertidas a precipitaciones efectivas, mediante el software CROPWAT versión 8.0 (FAO, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La finca "Cinco Palmas" posee una superficie agrícola total de 108 ha, dedicadas a la producción de cultivos varios y frutales, así como a la cría de especies animales. Dispone de un sistema de riego por aspersión portátil, el cual presenta las siguientes características (Tabla 1).

El análisis del comportamiento de las variables climáticas durante el ciclo fenológico de los cultivos estudiados muestra un promedio de temperaturas máxima ($31,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) y mínima ($20,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) muy cercanos a los óptimos para el desarrollo de los mismos durante la campaña de frío, la velocidad del viento predominante que fue de $7,6\text{ km h}^{-1}$ y la radiación solar existente inferior en 3,5 horas, en el mes de febrero.

El promedio anual de precipitaciones fue de 1 654 mm, no bien distribuidos en el año, con períodos de sequía comprendidos en los meses de noviembre a abril (precipitaciones promedio mensuales que oscilan entre 21,8 mm a 100,3 mm); siendo necesario el riego para mantener las reservas de humedad en el suelo, y un período lluvioso que comprende los meses de mayo a octubre, con valores de 157 mm a 337,4 mm; con abundantes precipitaciones en los meses de mayo a septiembre.

De acuerdo con Ortigoza et al. (2019) el maíz necesita de 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo para dar respuesta a su requerimiento hídrico, mientras que el frijol requiere una precipitación de 300 a 700 mm durante todo su período vegetativo (Peralta et al., 2014; citado por Vínces (2020). Este cultivo necesita alrededor de diez riegos con una norma neta total promedio de $3\ 500\text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ durante todo el ciclo del cultivo, dependiendo de la variedad y el tipo de suelo (Pérez et al., 2014).

Algunos elementos de la fitotecnia de los cultivos evaluados se presentan en la Tabla 2.

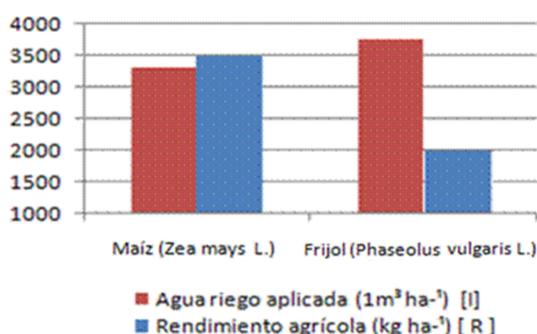
La relación entre el rendimiento agrícola y el agua aplicada por riego se muestra en la Figura 1, donde se aprecia una tendencia al incremento del rendimiento con respecto a la cantidad de agua aplicada en el cultivo del maíz y disminución en el cultivo del frijol.

Tabla 1. Características del sistema de riego por aspersión portátil

Aspersores	Espacia-miento	Caudal L h^{-1}	Diámetro de la boquilla	Presión de trabajo	Clasificación	Diámetro de cobertura
De impacto, giratorio/circular	Pequeño (12 m)	420	< 4mm	$2,5\text{ kg cm}^{-2}$	De baja presión	18,5 m
De impacto, giratorio/circular	Pequeño (12 m)	540	6 mm	4 kg cm^{-2}	De media presión	20,5 m

Tabla 2. Aspectos Fitotécnicos de los cultivos evaluados

Cultivos	Agua riego Aplicada (m ³ ha ⁻¹) [I]	Area sembrada (ha)	Rendimiento agrícola (kg ha ⁻¹) [R]	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	3 300	5	3 500	15/11/22	5/02/23
Frijol (<i>P. vulgaris</i> L.)	3 750	5	1 800	5/10/22	12/01/23
Total	7 050	10	5 300		

**Figura 1.** Relación entre el rendimiento agrícola y el agua aplicada por riego.

El aumento de la eficiencia en el uso del agua de acuerdo con Colimba (2022) conlleva asociado una reducción de la cantidad de agua aplicada al cultivo por lo que el rendimiento del cultivo disminuye.

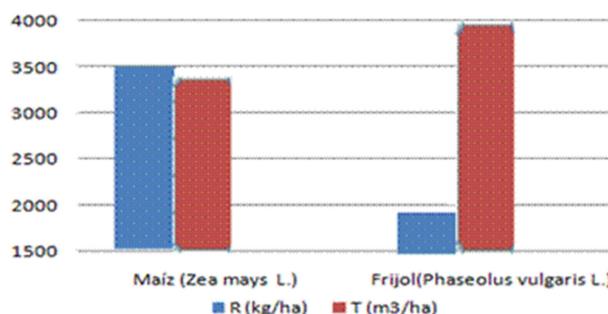
Autores como (Abd-Elhakim *et al.*, 2021 y Wu *et al.* 2021) observaron una mayor eficiencia en el uso del agua con láminas de riego más pequeñas, por el contrario, Liu *et al.* (2019) obtuvieron una mejor eficiencia en el uso del agua con 70% ETc en vez de 50% ETc.

Al estudiar el rendimiento de grano de maíz en déficit hídrico en el suelo en dos etapas de crecimiento Inzunza *et al.* (2018) manifiestan que el maíz alcanza el mayor rendimiento de grano y eficiencia de uso del agua del orden de 10,3 kg m⁻³ y de 1,63 kg m⁻³, al desarrollarse con aproximadamente el 59 y 60% de la humedad aprovechable consumida del suelo en las etapas vegetativa y reproductiva, respectivamente.

En la Tabla 3 se muestra el agua total aplicada a los cultivos estudiados, es decir el agua de riego aplicada más las precipitaciones efectivas en el período.

La relación entre el rendimiento agrícola del cultivo y el agua total aplicada se muestra en la Figura 2.

El cultivo del maíz muestra un rendimiento agrícola de 3 500 kg ha⁻¹ con una diferencia en el aumento de agua total de 136,9 m³ ha⁻¹ por las precipitaciones efectivas en el período, valores que coinciden con los señalados por Pérez *et al.* (2014) citado por Pérez *et al.* (2020), al manifestar que en Cuba los rendimientos han fluctuado para

**Figura 2.** Relación entre el rendimiento agrícola del cultivo (R) y el agua total aplicada a los cultivos (T).

las variedades; Francisco, Gibara, VST-6, P-7928, FR-28, FR-BT1, Palenque y Tusón, entre 3 000 y 4 500 kg ha⁻¹.

Boudet *et al.* (2015) al evaluar la respuesta del rendimiento y sus componentes en variedades de frijol común bajo condiciones de sequía reportan un rendimiento agrícola de 1 800 kg ha⁻¹ con una diferencia en el aumento de agua total de 211,1 m³ ha⁻¹ por las precipitaciones efectivas en el período, lo que demuestra que las precipitaciones acumuladas durante la etapa reproductiva de este cultivo juegan un papel fundamental en el aumento del rendimiento agrícola, en años con precipitaciones irregulares, por debajo de las necesidades del cultivo, los rendimientos bajan drásticamente, especialmente si coinciden con la floración y el llenado de las vainas del cultivo.

En la tabla 4, se muestran los valores utilizados para el cálculo de la productividad del agua aplicada y total a cada cultivo.

Se observa un incremento del agua aplicada por riego y rendimientos de los cultivos con valores muy cercanos al valor mínimo obtenido por otros estudios realizados en iguales cultivos con normas de riego ajustadas.

Estudios sobre la productividad del agua de riego es abordado por diferentes autores: González *et al.* (2015) informan valores de WPI y WPT en frijol común de 0,72 y 0,92 kg m⁻³ y en maíz de 2,12 y 2,68 kg m⁻³, la productividad del agua aplicada por riego (WPI) y total ingresada al suelo (WPT), fueron inferiores; por lo que se evidencia que en la finca no se está haciendo un uso eficiente del agua en estos cultivos.

Tabla 3. Precipitaciones en el período, agua aplicada al cultivo, precipitaciones efectivas y agua total aplicada a los cultivos

Cultivo	I (m ³ ha ⁻¹)	P (mm)	Pe (m ³ ha ⁻¹)	T (m ³ ha ⁻¹)	R (kg ha ⁻¹)
Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	3 300	145,9	136,9	3 436,9	3 500
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	3 750	256,2	211,1	3 961,1	1 800

Tabla 4. Productividades agronómicas del agua, el agua aplicada, el rendimiento de los cultivos y las precipitaciones efectivas

Cultivos	Pe (m ³ ha ⁻¹)	R (kg ha ⁻¹)	Cant. de agua total ingresada (m ³)	WPI (kg m ⁻³)	WPT (kg m ⁻³)
Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	136,9	3 500	3 436,9	1,06*	1,01*
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	211,1	1 800	3 961,1	0,48*	0,45*

Leyenda: Pe: precipitación efectiva (m³ ha⁻¹), R: rendimiento (kg ha⁻¹), WPI: productividad del agua de riego aplicada (kg m⁻³), WPT: productividad del agua total (norma total de riego más precipitaciones) (kg m⁻³)

Rodríguez *et al.* (2022) concluyeron que el valor medio de productividad del agua de riego obtenido para el cultivo del frijol bajo riego con máquinas de pivot central sobre suelo Fersialítico pardo rojizo es de 4,30 kg m⁻³ resultando inadecuado y mostrando mucha variabilidad entre los sistemas de riego.

Villa *et al.* (2021), reportan valores de la productividad del agua de riego de 0,334 a 0,466 kg m⁻³. Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten afirmar que, para obtener un mayor rendimiento en maíz y frijol, se debe incrementar el uso eficiente del agua aplicada. Sin embargo, teniendo en cuenta el déficit de agua, más los proyectos de incrementos en las áreas bajo riego en la finca, se necesita hacer un uso racional del agua para lograr altos rendimientos con un menor consumo de agua.

CONCLUSIONES

En la finca Finca "Cinco Palmas" se realiza un uso ineficiente del agua aplicada y total en el cultivo del frijol.

El maíz manifiesta una respuesta positiva del rendimiento agrícola al agua total ingresada al suelo, con una productividad de 1,01 kg m⁻³, no siendo así en frijol donde se obtuvo un valor de 0,45 kg m⁻³ de productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abd-Elhakim, A., Elmeadawy, M., El-Sybae, I., & Egela, M. (2021). Effect use of pulsed deficit drip irrigation for tomato crop in greenhouse powered by solar energy. *Revista Misr Journal of Agricultural Engineering*, 38(1), 1-14.

Betancourt, A. (2019). *Eficiencia en el uso del agua de riego en la UEB Integral Agropecuaria Quemado de Güines* [Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrícola]. Universidad Central de las Villas «Marta Abreu» Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Boudet, A.; Boicet, T. & Oduardo, R. (2015). Rendimiento y sus componentes en variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de sequía en Rio Cauto, Granma. *Revista Centro Agrícola*, 42(3), 61-68.

Colimba, J. E. (2020). *Eficiencia en el uso del agua en el cultivo de tomate bajo invernadero en Natabuela, Ecuador* [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Agroingeniería]. Universidad Politécnica de Madrid, España.

FAO. (1998). Crop Evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. *Irrigation and Drainage, Paper No. 56*. http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html

González, F.; Herrera, J.; López, T.; Cid, G.; Dios, R.; Hernández, M.; Salazar, W.; Romero, A. & Zúñiga, C. A. (2015). Uso de las funciones agua-rendimiento y la productividad agronómica del agua en la planificación del agua en cultivos de importancia agrícola en Cuba, *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 1(1), 96-108.

Inzunza, M. A.; Villa, M. M.; Catalán, E. A.; López, R. & Sifuentes, E. (2018). Rendimiento de grano de maíz en déficit hídrico en el suelo en dos etapas de crecimiento, *Revista Fitotecnica Mexicana*, 41(3), 283-290.

Liu, H., Li, H., Ning, H., Zhang, X., Li, S., Pang, J., Wang, G., & Sun, J. (2019). Optimizing irrigation frequency and amount to balance yield, fruit quality and water use efficiency of greenhouse tomato. *Revista Agricultural Water Management*, 226, 1-11.

Ortigoza, J.; López, C. A. & González, J. D. (2019). Guía técnica cultivo de maíz. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. 48 p.

Pérez, J. (2022). *Evaluación y manejo de los recursos hídricos para el riego en la finca Familiar Campesina «Los Alonsos» del municipio Matanzas* [Trabajo de Diploma presentado en opción al título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad de Matanzas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Matanzas, Cuba.

Pérez, J.; Liriano, R. & Moineo, S. (2020). El cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Monografías, Universidad de Matanzas. ISBN: 978-959-16-4472-5.

Pérez, P.; Rodríguez, E.; Grande, O.; Faure, B.; Benítez, R. & Torres, M. (2014). Guía Técnica para la producción de frijol común y maíz, Instituto de Investigaciones de Granos, La Habana, Cuba. 40 p.

Rodríguez, D.; Bonet, C.; Guerrero, P. A.; Mola, B.; Avilés, G. & Martínez, CH. (2022). Productividad del agua de riego en el cultivo del frijol en condiciones de producción, *Ingeniería Agrícola*, 12(3), 62-67.

Villa, A. O.; Ontiveros, R. E.; González, A. & Ordoñez, L. M. (2021). Análisis de la productividad del agua de riego en el Estado de Chihuahua, Sexto Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas, Hermosillo, Sonora. 9 al 11 de junio.

- Vinces, R. A. (2020). *Comportamiento morfo-agroproductivo de diferentes cultivares de fréjol común (Phaseolus vulgaris L.) en las condiciones edafoclimáticas de la Granja Santa Inés* [Trabajo de Titulación.]. Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Wu, Y., Yan, S., Fan, J., Zhang, F., Xiang, Y., Zheng, J., & Guo, J. (2021). Responses of growth, fruit yield, quality and water productivity of greenhouse tomato to deficit drip irrigation, *Revista Scientia Horticulturae*, 275, 1-10.