

La gestión del riego para la reducción de impactos negativos ambientales

Irrigation Management to Reduce Negative Environmental Impacts



<https://cu-id.com/2177/v32n1e03>

Felicity González Robaina*, Enrique Cisneros Zayas, Yoima Chaterlán Durruthy

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

RESUMEN: Históricamente, los esfuerzos para mejorar la eficiencia en el uso del agua y la energía han sido llevados a cabo por separado. El municipio Güira de Melena se encuentra sobre un acuífero subterráneo abierto al mar donde el fenómeno de intrusión salina está presente. Es por ello que el trabajo tiene como objetivo mostrar la importancia de la programación del riego en los consumos de agua y energía como medida para mitigar los daños ambientales. Para estudio fueron evaluadas diferentes fincas que sembraron papa en máquinas de pivote central eléctricas, donde el riego se ejecutó utilizando la herramienta "Pronóstico de riego". Además se evaluó la influencia de dicho pronóstico en los consumos energético siguiendo el protocolo de Auditorías Energéticas, todo ello se comparó con el manejo del riego efectuado por la Empresa Agropecuaria del municipio. Los resultados revelaron que la programación del riego a través de la herramienta en las entidades evaluadas fue efectiva al reducir los volúmenes de agua consumidos en un 23% como promedio y la energía en 8,8% con respecto a los consumos actuales de la empresa, lo que enfatiza la necesidad de la adecuada gestión del riego como acción para la reducción de los daños ambientales.

Palabras clave: pronóstico de riego, pivote central, eficiencia energética.

ABSTRACT: Historically, efforts to improve efficiency in the use of water and energy have been carried out separately. Güira de Melena Municipality is located on an underground aquifer open to the sea where the phenomenon of saline intrusion is present. That is why the work aims to show the importance of irrigation programming in water and energy consumption as a measure to mitigate environmental damage. For the study, different farms that planted potatoes under electric central pivot machines were evaluated, where irrigation was carried out using the "Irrigation Forecast" tool. In addition, the influence of said forecast on energy consumption was evaluated following the Energy Audit protocol, all of which was compared with the irrigation management carried out by the Municipal Agricultural Company. The results revealed that irrigation programming through the tool in the evaluated entities was effective in reducing the volumes of water consumed by 23% on average and energy by 8.8% with respect to the current consumption of the company, which emphasizes the need for proper irrigation management as an action to reduce environmental damage.

Keywords: Irrigation Forecast, Central Pivot, Energy Efficiency.

INTRODUCCIÓN

Aumentar la eficiencia del uso del agua y la energía en la agricultura es de vital importancia frente al cambio climático (Selim *et al.*, 2019), por lo que es necesario generar acciones de adaptación que permitan adecuar los procesos de planificación, operación y evaluación del servicio de riego (Ojeda *et al.*, 2012).

Según (Efeagro, 2012) los países se han comprometido a cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), uno de los cuales (el número 6) busca garantizar el acceso universal al agua potable

segura y asequible para todos en 2030. Para lograrlo, se debe aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores, incluida la agricultura, que representa el 69% del consumo de agua dulce en el mundo. Destaca además la importancia de maximizar la productividad hídrica, ya que se necesita aumentar la producción de alimentos mediante un uso del agua más eficiente. Se trata igualmente de evitar la "degradación ambiental", ya que en muchos lugares se están agotando los acuíferos, disminuye el caudal de los ríos y aumenta la contaminación procedente de las ciudades.

*Author for correspondence: Felicity González Robaina, e-mail: felicita.gonzalez@iagric.minag.gob.cu

Recibido: 05/06/2022

Aceptado: 09/12/2022

Una de las vías para lograr un adecuado uso del agua y la energía es a través de la programación del riego. La programación del riego se refiere a: cuánto, cuándo, y cómo regar los cultivos para obtener máxima eficiencia y productividad del agua (Trezza *et al.*, 2008).

El municipio Güira de Melena se ubica sobre un acuífero subterráneo abierto al mar donde el fenómeno de intrusión salina está presente, posee una gran parte de su área agrícola bajo infraestructura de riego, con cerca de 40 000 hectáreas dedicadas fundamentalmente a los cultivos de viandas, hortaliza y granos. Con un área total bajo riego de 5 600,27 hectáreas, de ella 5 539,22 con valor de uso. Al cierre del 2019 el Establecimiento de Riego y Mecanización informa que bajo riego en explotación existen 5328,15 hectáreas, de estas, las máquinas de pivote central eléctricas representan el 25% con más de 15 años de explotación y donde en los últimos tiempos se han visto deteriorados los parámetros de calidad del riego incidiendo en las normas de entrega a los cultivos y los niveles de extracción de agua del acuífero (Cisneros-Zayas *et al.*, 2021).

Es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo mostrar la importancia de la programación del riego en los consumos de agua y energía como medida para mitigar los daños ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Empresa Agropecuaria Güira de Melena de la provincia Artemisa, con coordenadas geográficas 22° 44' 6,39", latitud Norte y 82° 30' 11,54" longitud Oeste. La altura sobre el nivel medio del mar es de 8 m. En la [Figura 1](#), se muestra la ubicación geográfica del municipio.

Para el trabajo fueron seleccionadas diferentes formas productivas, Unida Básica de Producción Cooperativa (UBPC) y Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) dentro de la Empresa Agropecuaria, que sembraron papa durante la campaña analizada, las mismas se encuentran irrigadas con máquinas de pivote central eléctricas con fechas de siembra muy similares.

La programación del riego se ejecutó en el 37% del área total sembrada por la empresa la que fue de 340 hectáreas del referido cultivo.

El suelo predominante en las zonas de estudios, según la segunda clasificación genética de los suelos de Cuba (Instituto de Suelos, 1980), es del tipo Ferralítico Rojo compactado que se corresponde con un Ferralítico Rojo compactado hidratado según Hernández *et al.* (2003, citado por (Cid *et al.*, 2012).

La programación del riego se realizó mediante la herramienta "Hoja Pronóstico de Riego" definida por (Cisneros *et al.*, 2007). Dicha herramienta ha sido utilizada y validada por autores como (Aguilar, 2012; Maza, 2019) y recientemente por (Matos *et al.*, 2020).



FIGURA 1. Ubicación geográfica del municipio Güira de Melena en la provincia Artemisa.

La misma tiene como base un algoritmo de balance hídrico de la humedad del suelo simplificado definida por (López, 2002).

La programación del riego con el empleo de la herramienta fue comparada con el aplicado por la Empresa Agropecuaria Güira de Melena durante la campaña estudiada, donde el número de riego estuvo entre 20 y 21, la norma parcial neta como promedio fue de 280,0 m³·ha⁻¹, intervalo de riego cada cuatro días, con un rendimiento promedio de 22,8 t·ha⁻¹ según (Sánchez, 2019), jefe de riego en la Empresa Agropecuaria Güira de Melena, (comunicación personal e informe de riego en final de campaña).

Para el estudio de la eficiencia energética se utilizó el protocolo de Auditorías Energéticas publicado por el Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) (Abadía *et al.*, 2008), donde se contemplan una serie de indicadores de uso de la energía utilizados para evaluar energéticamente comunidades de regantes, donde se propone una calificación en función de la Eficiencia Energética General (EEG) y de la energía activa consumida por hectárea (Eaa).

La EEG se obtiene como el producto de la Eficiencia Energética de los Bombeos (EEB) y la Eficiencia de Suministro Energético (ESE). La EEB representa el rendimiento conjunto del grupo de bombeo, mientras que la ESE representa la relación entre la energía demandada por el sistema de riego y la energía suministrada. La calificación dada en el Protocolo de Auditorías Energéticas establece 5 grupos en función del valor de EEG, como se puede ver en la [Tabla 1](#).

En cuanto al consumo de energía activa por unidad de superficie regada (Eaa), se establecen igualmente 5 grupos según se muestra en la [Tabla 2](#).

Además de estos indicadores, entre los propuestos en el Protocolo, hay dos que dan una información muy concreta sobre cómo se gestiona la energía en la Comunidad de Regantes, como son la energía activa consumida por unidad de volumen (Eav), también llamado consumo energético específico medido en kWh·m⁻³, y el coste energético por unidad de volumen

(Cev), llamado también coste energético específico medido en Peso (\$)·m⁻³. El primero de ellos da una idea del consumo energético que supone cada m³ de agua que se consume en la entidad estudiada. Por otro lado, el segundo indicador da una idea de la eficiencia económica de la gestión de la tarifa eléctrica. Estos dos indicadores están desagregados de la dotación de agua que tenga la unidad productiva y su mayor o menor valor es indicativo de un mayor o menor consumo y coste energético.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia de la programación del riego en los consumos de agua y el rendimiento del cultivo

En la [Tabla 3](#) aparece el comportamiento promedio del riego en las entidades estudiadas durante la campaña y el ejecutado por la empresa. Para el riego programado el número de riego fue de 18,71 y el intervalo de riego (IR) de 3,37 días en función de las fechas de siembra y la demanda evaporativa de la atmósfera, mientras que para la empresa se aplicaron 21 con un intervalo de riego de 4 días, en la misma tabla se observa además que la norma neta parcial (NNP) promedio fue de 240,6 m³·ha⁻¹ y 280,0 m³·ha⁻¹ para el riego programado y el efectuado por la empresa respectivamente.

Resultados similares fueron obtenidos por ([Maza, 2019](#); [Cisneros-Zayas et al., 2020](#)), gestionando el riego en función de las necesidades hídricas del cultivo en la misma zona de estudio.

El rendimiento promedio en la empresa agropecuaria fue de 22,8 t·ha⁻¹ mientras que para las fincas estudiadas fue 29,7 t·ha⁻¹ resultando superior en un 30%. En sentido general el número e intervalo de riegos, norma neta parcial y total para el promedio de todas de las áreas bajo pronóstico de riego con respecto al promedio del resto de las áreas de la empresa agropecuaria son inferiores, confirmando con esto la efectividad de este procedimiento de manejo del riego para lograr un uso eficiente del agua y la energía y la reducción de los daños ambientales.

Repercusión de la gestión del riego en los consumos de agua y energía

Hacer un adecuado manejo del riego permite lograr importantes reducciones de los volúmenes de agua a extraer del acuífero y en consecuencia una protección a tan importante recurso natural y finito. Como se observa en la [figura 2](#) mediante la programación del riego solo se necesitan 29935,45 m³ para satisfacer las necesidades de riego de la papa, mientras que para lograr la misma finalidad en la empresa son necesarios 60362,40 m³.

De haberse gestionado el riego en todas las áreas de la empresa como se hizo en las entidades estudiadas se podría reducir la norma neta total en un 23% y con ello la extracción del acuífero, similares reducciones fueron obtenidas por ([Aguilar, 2012](#)) con la programación del riego en idéntico cultivo y zona de estudio.

En términos energéticos, del 23 al 48% de la energía usada directamente para la producción

TABLA 1. Calificación energética de una Comunidad de Regantes

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
A	Eficiencia excelente	EEG ≥ 50%
B	Eficiencia buena	40% ≤ EEG < 50%
C	Eficiencia normal	30% ≤ EEG < 40%
D	Eficiencia aceptable	25% ≤ EEG < 30%
E	Eficiencia no aceptable	EEG < 25%

TABLA 2. Calificación en función del consumo de energía activa por hectárea regada

GRUPO	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
1	No consumidora	Eaa = 0
2	Poco consumidora	0 < Eaa ≤ 300
3	Media consumidora	300 < Eaa ≤ 600
4	Consumidora	600 < Eaa ≤ 1000
5	Gran consumidora	Eaa > 1000

Eaa: Energía activa consumida por hectárea regada (kWh·ha⁻¹·año⁻¹)

TABLA 3. Resultados de la campaña de riego. Valores promedios

Finca	Área (ha)	No de riego	I R (días)	NNP (m ³ ·ha ⁻¹)	NNT (m ³ ·ha ⁻¹)	Rendimiento (t·ha ⁻¹)
Programación	124,42	18,71	3,37	240,64	4502,43	29,70
Empresa	340,00	21,00	4,00	280,00	5880,00	22,80

agrícola es para el bombeo de agua en las fincas (Singh *et al.*, 2002).

En la figura 2 se muestra el comportamiento de esta relación en los sistemas evaluados, donde el consumo energético promedio entre todas las fincas fue de 24,15 mW mientras que en la empresa alcanzó el valor de 48,72 mW, en este sentido de haberse ejecutado la programación del riego en toda la empresa los consumos de energía se reducen en un 8,8% con respecto a los consumos actuales en dicha entidad productiva.

A la hora de proponer medidas de ahorro y eficiencia energética según el Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE, 2008) hay que prestar especial atención a los puntos críticos de consumo energético de las comunidades de regantes.

En la Tabla 4 aparecen las características generales de los sistemas estudiados donde se destaca que el hidromódulo más elevado de 1,58 L·s⁻¹ ha⁻¹ como promedio entre las fincas de la empresa, donde además presenta la mayor superficie de área regada y el mayor volumen de agua facturado.

En la Tabla 5 se muestra el valor de los indicadores analizados. La Eficiencia Energética General (EEG) y Energía consumida por unidad de área regada (Eaa) no son totalmente consistentes según Moreno *et al.* (2009) y su utilización para analizar la evolución en sucesivas campañas del consumo energético en entidades productivas, así como para comparar entre sí comunidades de regantes distintas, puede inducir a errores de interpretación.

En cuanto a la EEG, según el criterio de la tabla 1, las entidades donde se programó el riego se clasifican como de eficiencia aceptable, mientras que las entidades donde el riego se ejecutó con normas e intervalos fijos (empresa) se clasifican como de eficiencia no aceptable.

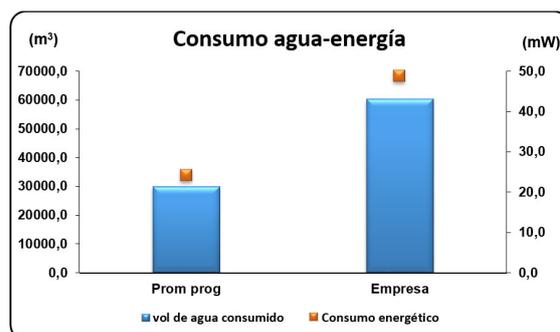


FIGURA 2. Consumos de agua y energía entre el riego programado y el ejecutado por la Empresa Agropecuaria Guira de Melena.

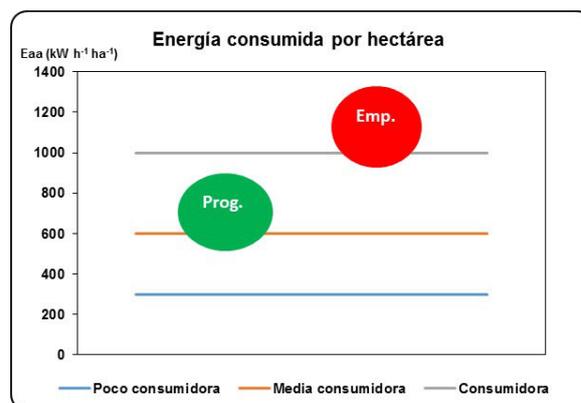


FIGURA 3. Energía activa consumida por hectáreas regadas en las fincas estudiadas.

(Moreno *et al.*, 2009b) plantean que otro indicador utilizado en las calificaciones es la energía consumida por unidad de área regada (*Eaa*) y su valor está ligado al consumo de agua en la zona regable, pudiendo adoptar valores muy altos o muy bajos, como

TABLA 4. Características generales de los sistemas estudiados

Entidades	Hidro módulo (L·s ⁻¹ ·ha ⁻¹)	Superficie Regada (ha)	Volumen Agua facturada (Hm ³)	IDE*(%)	Sectores hidráulicos	Tipo suministro
Programación	1,33	124,42	0,560	100	1	MPC
Empresa	1,58	340,00	1,999	100	1	MPC

*IDE representa la relación entre volumen de agua bombeado y volumen total de agua suministrado. MPC máquina de pivote central eléctrica.

TABLA 5. Valor de los indicadores analizados

Entidades	Eaa (kWh·ha ⁻¹)	Eav (kWh·m ⁻³)	Cea (\$·ha ⁻¹)	Cev (\$·m ⁻³)	ICE (m)	EEB (%)	ESE (%)	EEG (%)
Programación	787,91	3,283	229,07	0,952	19,3	58,30	46,48	27,10
Empresa	1199,86	4,290	347,96	1,244	33,8	52,69	44,22	23,30

Leyenda: Eaa: Energía consumida por unidad de área regada; Eav: Energía específica; Cea: Coste energético por área regada; Cev: Coste energético por m³ suministrado a los regantes; ICE: Índice de carga energética; EEB: Eficiencia Energética de los bombeos; ESE: Eficiencia de Suministro Energético; EEG: Eficiencia Energética General.

consecuencia de un exceso o defecto de dotación de agua de riego.

En la [Figura 3](#) se muestran los valores de energía activa consumida por hectárea (E_{aa}) en la campaña de papa frente a los umbrales de consumo fijados en la [Tabla 2](#). Como se observa en el análisis conjunto de todas las fincas donde se gestionó el riego mediante la hoja de pronóstico (Prog.) las mismas se encuentran en el rango de medianamente consumidoras a consumidoras, mientras que en las fincas de la Empresa Agropecuaria Güira de Melena (Emp.) donde el manejo del riego no se realizó teniendo en cuenta la demanda evapotranspirativa de la atmósfera, en su conjunto se clasifican como consumidora y gran consumidora según la clasificación de la [Tabla 2](#) protocolo de auditorías energéticas.

Del estudio se pudo conocer la importancia que tienen los análisis energéticos en la actividad del riego con el fin de minimizar los costos de producción, además como se aprecia en la [Tabla 4](#), el hidromódulo tiene un gran peso dentro del mismo, donde se tiene que como promedio en la empresa el hidromódulo es de $1,58 \text{ L s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$, elemento a tener en cuenta en la relación bomba-motor-área y no sobredimensionar los equipos de bombeo innecesariamente. Resultados obtenidos por ([González y Cisneros, 2003](#)) al hacer un estudio de la selección de equipos de bombeo en la Empresa de Cultivos Varios de Batabanó concluyeron que determinar el hidromódulo adecuado tiene un peso muy significativo en los costos, pues determina la potencia requerida en motores y transformadores, elevándose con ello los consumos energéticos.

Un incremento en el uso del riego a los cultivos, según ([Hernández, 2010](#)), requiere de una mayor explotación de los recursos hídricos y de los recursos energéticos para lograr así mayores producciones con rendimientos altos y estables.

Las máquinas de pivote central eléctrica tienen un peso importante dentro de las producciones agrícolas en Cuba, pero producto a la electrificación y modernización de esta técnica de riego, se ha incrementado el consumo energético como consecuencia de la modernización ([López, 2010](#)).

CONCLUSIONES

- Cuando se programa el riego en función de la demanda evapotranspirativa de la atmósfera y la humedad presente en el suelo, se reducen la norma neta total en un 23% protegiendo el acuífero de la intrusión salina.
- En consecuencia, la reducción en el número de riego y el tiempo de rotación de las máquinas de pivote central, sin dejar de aplicar la norma necesaria al cultivo contribuirían en la disminución de los consumos energéticos en 8,8% con respecto a los actuales en la Empresa Agropecuaria Güira de Melena.

- La aplicación de auditorías energética en el regadío permitió conocer que la programación del riego por sí sola no garantiza la reducción en los consumos de energía, debe considerarse otro aspecto de interés como es la correcta relación bomba-motor-área.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABADIA, R.; ROCAMORA, C.; RUIZ, A.; PUERTO, H.: "Energy efficiency in irrigation distribution networks I: Theory", *Biosystems Engineering*, 101: 21-27, 2008, ISSN: 1537-5110, E-ISSN: 1537-5129.
- AGUILAR, S.E.: *Precisión en la programación de riego para el cultivo de la papa, regado con máquinas de pivote central en la finca Girón de Güira de Melena*, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Tesis presentada en opción al título de Especialista en Explotación de Sistemas de Riego y Drenaje, La Habana, Cuba, 68 p., 2012.
- CID, G.; LÓPEZ, T.; GONZÁLEZ, F.; HERRERA, J.; RUIZ, M.E.: "Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, 2(2): 25-31, 2012, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- CISNEROS, Z.E.; LÓPEZ, S.T.; GUERRERO, P.; BONET, P.C.: *Hoja de cálculo en EXCEL para la programación del riego titulada "Hoja de pronóstico"*, Inst. Instituto de Inv. de Riego y Drenaje, Hoja de cálculo, La Habana, Cuba, 2007.
- CISNEROS-ZAYAS, E.; GONZÁLEZ-ROBAINA, F.; HERRERA-PUEBLA, J.; DUARTE-DÍAZ, C.; MATOS-CREMÉ, H.: "Influencia de la programación del riego en los consumos energéticos", *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(4), 2020, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- CISNEROS-ZAYAS, E.; GONZÁLEZ-ROBAINA, F.; PLACERES-MIRANDA, Z.; CUN-GONZÁLEZ, R.: "Operational Parameters in Center Pivot Machines and their Influence on the Delivery Irrigation Duty/Los parámetros operacionales en máquinas de pivote central, su influencia en las normas de entrega.", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(3): 5-19, 2021, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- EFEAGRO: *Un buen uso del agua en la agricultura, clave para el desarrollo sostenible, [en línea]*, Efeagro, 2012, Disponible en: <https://www.efegro.com/>.
- GONZÁLEZ, B.P.; CISNEROS, Z.E.: "Estudio sobre la selección de equipos de bombeo para riego en la empresa Batabanó", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 12(3): 55-57, 2003, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- HERNÁNDEZ, C.C.: *Determinación de casos de extracción de agua subterránea en Chapingo*, Inst.

- Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Irrigación, Chapingo, Texcoco, Edo. México, México, 2010.
- IDAE: *Ahorro y Eficiencia Energética en las Comunidades de Regante*, Ed. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Depósito Legal: M-26382-2008 ed., 2008, ISBN: 978-84-96680-27-2.
- INSTITUTO DE SUELOS: *Clasificación genética de los suelos de Cuba*, Ed. Editorial Academia, La Habana, Cuba, 28 p., 1979.
- LÓPEZ, S.: *Determinación de los parámetros técnico-hidráulicos de los emisores de baja presión que utilizan las máquinas de pivote central eléctrica en la provincia de Ciego de Ávila*, UNICA, Tesis (en opción al título de Máster en Ciencias de Riego y Drenaje), Ciego de Ávila, Cuba, publisher: Tesis (en opción al título de Máster en Ciencias de Riego y Drenaje), Ciego ..., 2010.
- LÓPEZ, S.T.: *Caracterización del movimiento del agua en suelos irrigados del sur de La Habana: contribución metodológica al procedimiento actual para la determinación de los balances hídricos*, Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical (INIFAT), PhD. Thesis, La Habana, Cuba, 105 p., 2002.
- LÓPEZ, S.T.; RUIZ, M.; CID, L.G.; GONZÁLEZ, F.: "Caracterización del movimiento del agua en suelos irrigados del sur de la Habana: Contribución metodológica en la determinación de los balances hídricos", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias (Cuba)*, 12(2): 49-53, 2003, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- MATOS, C.H.; CISNEROS, Z.E.; HERRERA, P.J.; GONZÁLEZ, R.F.; DUARTE, D.C.: "Contribución a la protección del recurso agua en el municipio Güira de Melena", *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(2): 5-14, 2020, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- MAZA, D.Y.: *Influencia de la programación del riego en el uso eficiente del agua y los rendimientos de la papa (Solanum tuberosum)*, Universidad Tecnológica de La Habana-CUJAE, Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Hidráulico, Marianao, La Habana, Cuba, 64 p., 2019.
- MORENO, M.A.; MORALEDA, D.; CORCOLES, J.I.; TARJUELO, J.M.; ABADIA, R.; ROCAMORA, M.C.; RUIZ, A.; MORA, M.; VERA, J.; PUERTO, H.; ANDRÉU, J.; CÁMARA, J.M.; MELIÁN, A.: "Estudio comparativo sobre eficiencia energética de comunidades de regantes", En: *XXVII Congreso Nacional de Riegos, en Murcia*, vol. 10, Murcia, España, 2009a.
- MORENO, M.A.; ORTEGA, F.; TARJUELO, M.: *Diseño hidráulico y energético óptimo de pivotes alimentados por inyección directa desde sondeos*, Inst. Centro Regional de Estudios del Agua (CREA), España, 2009b.
- OJEDA, W.; SIFUENTES, E.; ROJANO, A.; ÍÑIGUEZ, M.: *Adaptación de la agricultura de riego ante el cambio climático*, Primera edición ed., vol. 4 ed., vol. 4, México, 65-113 p., 2012, ISBN: 978-607-7563-55-6.
- SÁNCHEZ, E.C.: *Comunicación personal sobre ssustratos de cultivo de plántulas de Coffea arabica L.*, 2019.
- SELIM, T.; KARLSSON, L.; BOUKSILA, F.; BEN SLIMANE, A.; PERSSON, M.: "Evaluation of different irrigation treatments with saline water in a future climate in Tunisia", *Irrigation and Drainage*, 68(2): 281-296, 2019, ISSN: 1531-0353, DOI: <https://doi.org/10.1002/ird.2307>.
- SINGH, H.; MISHRA, D.; NAHAR, N.: "Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India--part I", *Energy conversion and management*, 43(16): 2275-2286, 2002, ISSN: 0196-8904.
- TREZZA, R.; PACHECO, Y.; SUÁREZ, Y.; NUÑEZ, A.; UMBRÍA, I.: "Programación del riego en caña de azúcar en una zona semiárida del estado Lara, Venezuela, utilizando la metodología FAO-56", *Bioagro*, 20(1): 21-27, 2008, ISSN: 1316-3361.

Felicita González-Robaina. Dr.C., Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353.

Enrique Cisneros-Zayas. Dr.C., Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353a, e-mail: enrique.cisneros@iagric.minag.gob.cu, cisneroszayasenrique@gmail.com.

Yoima Chaterlán-Durruthy. Dr.C., Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353, e-mail: yoima.chaterlan@iagric.minag.gob.cu.

The authors of this work declare no conflict of interests.

AUTHOR CONTRIBUTIONS: **Conceptualization:** F. González E. Cisneros. **Data curation:** F. González E. Cisneros, Y. Chaterlán. **Formal analysis:** F. González E. Cisneros. **Investigation:** F. González E. Cisneros, Y. Chaterlán. **Methodology:** F. González E. Cisneros. **Supervision:** F. González E. Cisneros. **Validation:** F. González E. Cisneros, Y. Chaterlán. **Papers/Editorial, original project:** F. González E. Cisneros, Y. Chaterlán. **Writing, revision and editing:** F. González E. Cisneros, Y. Chaterlán.

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.