

ENERGÍA

ARTÍCULO ORIGINAL

Factores que incrementan el consumo energético en las máquinas de riego de pivote central

Factors that Increase the Energy Consumption in the Irrigation Machines with Central Pivot

Dr.C. Elvis López-Bravo^I, M.Sc. Daniel Martínez-Álvarez^I, Ing. Segundo Francisco Alcívar-Ruiz^{II},
Dr.C. Omar González-Cueto^I, Dr.C. Miguel Herrera-Suárez^{II}

^IUniversidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias,
Departamento de Ingeniería Agrícola; Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

^{II} Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agrícola, Manabí, Ecuador.

RESUMEN. La determinación de los factores que inciden en el consumo energético del riego con máquinas de Pivote Central Eléctricas se llevó a cabo en la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, utilizando como caso de estudio una máquina de riego de marca *Western* con cuatro torres y una superficie regada de 18,2 ha, hidromódulo de 1,35 L/s/ha, caudal de 23,45 L/s y una eficiencia de 85% según el fabricante. El estudio se realizó durante la actividad de riego en el cultivo de la papa. Durante la investigación se realizó una evaluación de la máquina de riego en cuanto a los parámetros de diseño, montaje y explotación, se realizó además la revisión de los registros de programación. Se determinó el consumo energético de forma independiente del sistema de bombeo y de la máquina de riego. El consumo total de energía eléctrica del sistema fue de 9 039,05 kWh, para un consumo específico por metros cúbicos de agua bombeada de 0,13 kWh. Del análisis realizado a la programación de riego empleada, se identificó una tendencia a la sobre irrigación con actividades de riego adelantadas e insuficientes. De igual modo el coeficiente de uniformidad de riego se obtuvo en un 78%, lo que propicia el depósito irregular del agua y la necesidad de actividades correctivas y por tanto el incremento del gasto energético. Los costos por este tipo de actividad representaron el 9,72% de los gastos de producción.

Palabras clave: energía, hidromódulo, coeficiente de uniformidad, aspersión.

ABSTRACT. Determination of the factors that change the energy consumption for irrigation with Pivot electric power machines, was carried out in the “Valle del Yabú” Agricultural Company. By using as a case study a Western brand irrigation machine, with four towers and a irrigated area of 18.2 ha, hydropower of 1.35 L/s/ha, flow rate of 23.45 L/s and an efficiency of 85% according to the manufacturer. The study was performed during irrigation activity in potato cultivation. During the investigation, an evaluation of the irrigation machine was carried out in terms of the parameters of design, assembly and operation. Energy consumption was determined independently of the pumping system and the irrigation machine. The total electrical energy consumption of the system was 9 039.05 kWh, for a specific consumption per cubic meters of pumped water of 0.13 kWh. From the analysis done to the irrigation schedule used, a tendency was identified for over-irrigation with advanced and insufficient irrigation activities. Likewise, the coefficient of irrigation uniformity was obtained in 78%, which favors the irregular water deposit and the need for corrective activities and therefore, the increase of energy expenditure. Costs for this type of activity accounted for 9.72% of the total production costs.

Keywords: Energy, Hydromodule, Uniformity Coefficient, Spray.

INTRODUCCIÓN

La introducción de máquinas de riego en la agricultura ha posibilitado una mayor eficiencia en la distribución del agua en considerables extensiones de tierra y en áreas donde otros métodos no son adecuados. Su uso ha permitido aplicar riegos

más frecuente y cubrir mejor los requerimientos hídricos de los cultivos y aumentar la producción (Tarjuelo, 2005; Riera y Pereira, 2013). Durante las últimas tres décadas, las máquinas de pivote central se han perfeccionado considerablemente

logrando contar con un alto grado de fiabilidad mecánica manteniendo relativamente simple los sistemas de manipulación y control. No obstante la necesidad de realizar el mantenimiento sistemático acorde a las exigencias cinemáticas y complejidades constructivas de la misma (Montero et al., 2005; Nahry et al., 2011; Boyer et al., 2014; Izquier et al., 2015; Pérez y Sabatier, 2015; Montoya et al., 2016).

En Cuba esta tecnología se introduce en 1977 procedente de la antigua Unión Soviética y luego se generalizó a todo el país. En la década de 1990 se introdujeron diferentes modelos de máquinas dotados con motores eléctricos, iniciando un proyecto encaminado a la electrificación de los sistemas de riego. El empleo de la energía eléctrica presupone mayor eficiencia dada las ventajas en cuanto a la velocidad de traslación respecto a las máquinas que emplean el accionamiento hidráulico, se le agrega a ello que son más ligera, ocasionan menos pérdida de agua y presentan una menor frecuencia de rotura (Duarte et al., 2006). Pese a esto, dichos sistemas de riego son altos consumidores de energía eléctrica y muestra de ello es que el riego constituye el segundo gran consumidor de portadores energéticos dentro del Ministerio de la Agricultura cubano consumiendo entre el 18% y el 20%; solo superado por el transporte que consume el 25% (Baños, 2011).

En la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, la gran mayoría de los cultivos se benefician con el sistema de riego de pivote central eléctrico ofreciendo la posibilidad de estudiar el consumo energético de estos sistemas. En la actualidad en la empresa existen un total de 17 máquinas de pivote central eléctrico en explotación que cubren una extensión de 294,6 ha, con grandes perspectivas de aumento. Conocer los factores que ocasionan un mayor consumo energético en el regadío se hace necesario para establecer estrategias de ahorro energético en el riego (Camacho et al., 2010). Según la bibliografía consultada se destaca que la disminución del consumo energético en un regadío debe considerar aspectos fundamentales tales como: la disminución del consumo de agua, la correcta explotación de los sistemas de riego y la correcta adecuación, tanto de la estación

de bombeo como el propio equipo de riego (Stambouli et al., 2014; Tarjuelo et al., 2015; Adusumilli et al., 2016; Montoya et al., 2016)an adverse consequence of modernization is the important increase in the energy cost in the modernized irrigation districts, which is aggravated by the current high energy prices. The Almodévar irrigation district (AID).

Las medidas para mejorar la eficiencia en el uso del agua pueden ser de carácter administrativo referente a la gestión del proceso y otras técnicas referentes a la explotación del sistema. Todas ellas se pueden llevar a cabo en beneficio del ahorro y de la eficiencia energética si se proyectan e implementan de manera adecuada. Todos los participantes en la creación y explotación de un regadío tienen responsabilidad en la eficiencia energética final (IDAE, 2005; Duarte et al., 2006). Considerando la importancia del uso eficiente de la energía eléctrica en el sector agropecuario y su relevante impacto medioambiental el presente trabajo tiene como objetivo determinar los factores técnicos y de gestión que influyen en el consumo eléctrico de las máquinas de riego por pivote central.

MÉTODOS

Para el estudio se seleccionó una máquina de riego de pivote central eléctrica de marca *Western* de cuatro torres con longitud de 239,9 m y riega una superficie de 18,2 ha. Posee un hidromódulo de 1,35 l/s/ha y caudal de 23,45 L/s, con una presión de trabajo de 190 kPa y una eficiencia de 85% según el fabricante. La misma está ubicada en el km 4 ½ de la carretera a Sagua la Grande, municipio Santa Clara, provincia Villa Clara. La zona se encuentra a una altura de 116,4 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una latitud de 22,43° y longitud de 79,98°. El suelo en el cual está emplazada la máquina está clasificado como: pardo gleizoso en superficie (Hernández et al., 2006), cuya capacidad de campo en base a suelo seco (ss) es de 52,7%, y la densidad aparente es de 0,94 g/cm³. El estudio se realizó durante las actividades de riego en el cultivo de la papa de variedad Everest (*Solanum Tuberosum* Sw).



FIGURA 1. Máquina de riego *Western*.

Se realizó la revisión de los registros de riego de los cinco años anteriores y las investigaciones realizadas con anterioridad en esta máquina por Argüelles (2014) En la máquina se comprobó la presión de trabajo, el estado técnico de la conductora y

la estación de bombeo, el tipo y número de boquillas de los aspersores, la altura de los emisores y distribución de los aspersores según la carta de aspersión de la máquina a partir de las recomendaciones de Tarjuelo (2005).

La evaluación pluviométrica para comprobar la uniformidad en la aplicación del agua en el riego se llevó a cabo basado en la metodología propuesta por la norma cubana NC ISO 11545: 2005. Los datos obtenidos en la pluviometría se procesaron en el software “Pluviopivot” desarrollado por Pacheco y Pacheco (2004).

Para determinar el consumo eléctrico de cada uno de los sistemas se empleó el multímetro CMI-100 GREENLEE. Se tomaron mediciones de la intensidad de la corriente y el voltaje de cada una de las fases en la máquina y en el sistema de bombeo. Las mediciones se realizaron en cada una de las regulaciones empleadas durante todos los riegos efectuados al cultivo.

Para la determinación del consumo energético total se utiliza la fórmula de Amador (1987), empleando un factor de potencia de 0,71:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\theta \quad (1)$$

donde:

P: Potencia absorbida por el sistema de riego, W;

I: intensidad de la corriente, A;

V: voltaje, volt;

$\cos\theta = Fp$: factor de potencia.

Los resultados se multiplican por el tiempo de riego y obtenemos el consumo eléctrico de esta actividad. Para ello se tiene en cuenta la cantidad de riegos aplicados a los diferentes porcentajes con que se reguló la máquina y el tiempo total que duraron:

$$E = P \cdot Tr \quad (2)$$

donde:

E: Energía consumida por el sistema de riego, kWh;

P: potencia absorbida por el sistema de riego, kW;

Tr: tiempo de riego, h.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediciones del consumo energético

En la Figura 1 se muestra la potencia demandada por la máquina de riego a diferentes regulaciones y la estación de bombeo. La mayor demanda se registró en el motor de la estación de bombeo con un valor promedio de 8,06 kW, la cual supera en más de un 50% los valores de potencia de las regulaciones los cuales mostraron valores entre 1,9 kW y 3,2 kW.

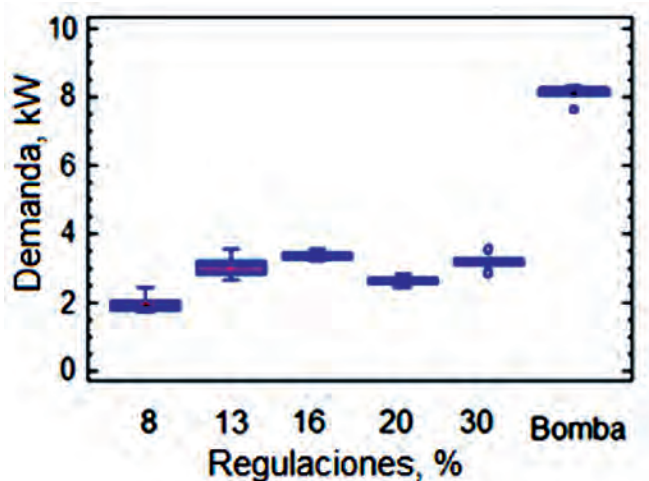


FIGURA 1. Regulaciones vs consumo eléctrico.

Los resultados del consumo energético del sistema de riego durante la campaña se muestran en la Tabla 1, donde se tiene en cuenta además de la demanda de potencia, el tiempo total de riego según la regulación de la máquina calculada a partir de las Ecuaciones 1 y 2. Como muestra la tabla el mayor consumo se alcanzó en los riegos efectuados al 13% de regulación, debido a que fue la regulación en la que más riegos se efectuaron. Por su parte, el valor del consumo energético de la estación de bombeo supera en casi 2 veces el consumo de la máquina de riego durante toda la campaña lo que incide en un consumo total de los 9 039,05 kWh.

TABLA 1. Consumo total eléctrico a diferentes regulaciones de la máquina de riego

(%)	Tiempo (h)	Riegos	T. Total (h)	P (kW)	Energía (kWh)
8	117,76	2	235,52	1,95	459,26
13	57,37	6	344,22	3,10	1067,08
16	42,40	2	84,80	3,34	283,23
20	39,75	3	119,25	2,64	314,82
30	26,50	2	53	3,21	170,13
Máq R.		15	836,79		2 294,52
Motor		15	836,79	8,06	6 744,53

Como indicador del consumo energético de la actividad de riego se considera el consumo específico de energía por metros cúbicos de agua bombeada. Este valor asciende a los 0,13 kWh/m³ de agua consumida por la actividad de riego. Estos resultados son inferiores a los obtenidos por Pérez *et al.* (2009) y López *et al.* (2012). No obstante se debe considerar que las citadas investigaciones se realizaron para riegos con normas fijas y con máquinas de mayores dimensiones lo que puede aumentar el consumo energético.

Influencia de la programación del riego

Como resultado de la revisión de los documentos sobre los riegos aplicados en las diferentes campañas se evidenció que existe una tendencia en aplicar riegos antes de fecha sin el adecuado ajuste al balance hídrico presente. En la Tabla 2 se muestra un resumen de la evaluación de los riegos aplicados en diferentes campañas de producción de papa los cuales han sido clasificados en riegos innecesarios, adelantados e insuficientes.

TABLA 2. Clasificación del riego por años de cosecha

Riegos	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014
Innecesarios	1	3	-	2
Adelantados	9	2	10	1
Insuficientes	2	6	-	-
Total	17	16	12	15

Considerando la programación de riego adecuadamente trae aparejado un sustancial ahorro de agua y energía (Duarte *et al.*, 2006), en este caso los riegos adelantados inciden en el aumento del consumo energético, aumentando el número de riego. Además, en esta campaña coincidieron con días en los que ocurrieron precipitaciones, provocando situaciones de sobresaturación. Mientras que los insuficientes, al aplicar normas pequeñas que no cumplen con la demanda hídrica del cultivo provocan un recorte en los intervalos de riego, incidiendo en la cantidad total de riegos efectuados. Como generalidad, la mayoría de los riegos innecesarios se realizaron con la finalidad de fijar las aplicaciones tanto de medios biológicos como de productos químicos. No obstante, se considera que se hubieran podido hacer coincidir con los riegos que estaban planificados en el balance agrometeorológico.

Influencia de la uniformidad de distribución del agua

Como resultado de la evaluación pluviométrica realizada, se obtuvo un coeficiente de uniformidad (CU) del 78% con una lámina media ponderada de 12,93 mm. Al comparar este resultado con las evaluaciones pluviométricas anteriormente practicadas a la máquina se detectó que este es el mayor valor de uniformidad obtenido en los últimos cuatro años pero aun así está por debajo del 80% (Figura 2).

Según Tarjuelo (2005), para valores de 70% de CU se necesita el 25% más de agua que si el CU fuese del 85%. Por lo tanto, para el valor de CU obtenido se necesitaría aplicar un 22,9% más de agua que si fuera del 85%, para poder obtener un 80%

del área adecuadamente regada. Siendo así y como en la campaña se aplicaron un total de 15 riegos, se consumió un total de 70 608,72 m³ de agua. De ahí que considerando lo anteriormente planteado, se aplicó 16 169,40 m³ más de agua de lo requerido si la máquina estuviera regando con un CU del 85%. Lo que significa que se consumieron 2 069,94 kWh más de lo necesario. Las pérdidas de agua debido a CU bajos tienen un coste adicional en su transporte y consumo de energía al tener que realizar más riegos para satisfacer las demandas hídricas del cultivo (Aleján, 2001).

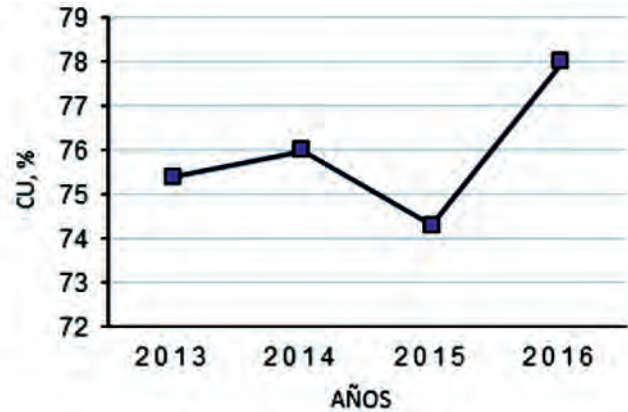


FIGURA 2. Comportamiento de la uniformidad del riego.

Estado técnico de la instalación

Una de las cuestiones que influye en los bajos CU y, por consiguiente, repercute en un aumento del consumo de energía es la incorrecta distribución de las boquillas en las cinco torres, teniendo en cuenta lo establecido en la carta técnica del fabricante. Esto implica falta de homogeneidad del agua sobre la superficie del suelo. Como muestra la Figura 3, en el primer tramo de la máquina a partir del pivote, las boquillas aplican una cantidad innecesaria de agua. Esto está dado por un sobredimensionamiento de los emisores colocados al principio de la primera torre.

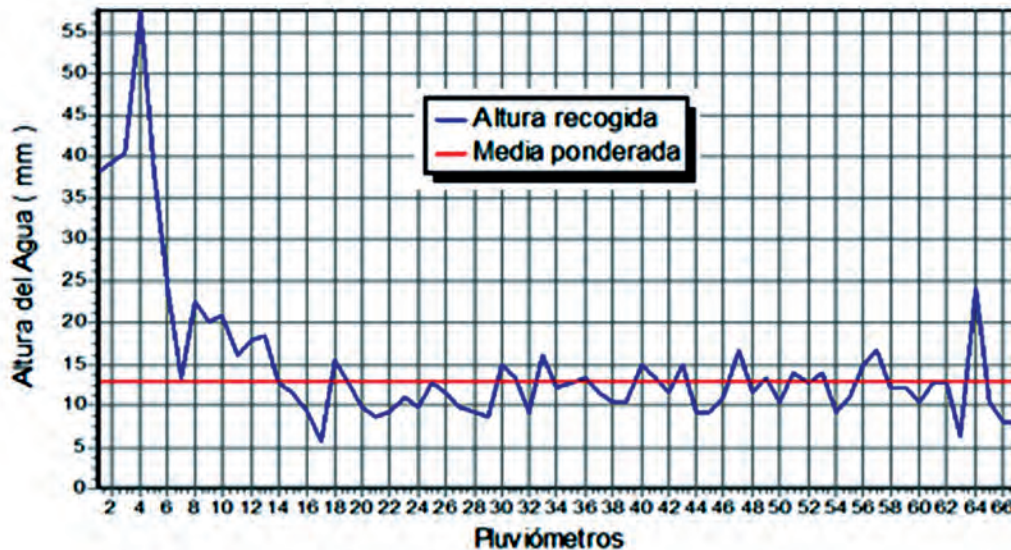


FIGURA 3. Altura del agua recolectada en los pluviómetros.

La presión de trabajo osciló entre 90 y 120 kPa. Estos valores resultan inferiores a los 190 kPa recomendados en la carta del fabricante lo cual redundó en una disminución de los caudales de entrega y por tanto en el aumento del tiempo de riego. En la selección de la motobomba se observa que satisface las demandas del caudal y carga al ser capaz de entregar 60 L/s a una altura manométrica de 85 m sin embargo solo es capaz de entregar una potencia de 18,5 kW. De tal modo la máquina aplicó una media ponderada de 12,936 mm, para una lámina requerida de 19,64 mm representando un 34,13% menos de agua aplicada.

Consideraciones sobre costo económico

En la campaña en estudio se efectuaron tres riegos no acorde con lo planificado, donde se regaron 791,5 m³ de agua con un gasto de energía de 1 376,33 kWh lo que representa un costo adicional por concepto de consumo energético de \$ 496.33 y 23.75 CUP (MN) por el consumo de agua, para un total de \$ 520.08 Este valor representa 9,72% del costo total de estos dos índices en la campaña. Por otro lado, trasladar los riegos al horario de la madrugada significaría una disminución en el

costo de la energía consumida del 45,34%, ahorrando un valor de 1 765.27 CUP.

CONCLUSIONES

- El consumo energético en la actividad de riego con máquinas eléctricas de pivote central, está sujeto a factores que propician su incremento. El manejo de la programación de riego, no ajustado al balance agrometeorológico, incrementa el volumen total de agua aplicada al cultivo, ya sea por exceso durante el riego o por la necesidad de aplicar riegos adicionales. De igual modo se incrementa el número de riegos y empleo del sistema debido al bajo coeficiente de uniformidad el cual no superó el 80% y que tiene como causa principal la inadecuada distribución de los surtidores. Por otra parte, no se logra satisfacer la potencia requerida de 190 kPa en el sistema, lo que afecta los volúmenes de líquido transportado y que tiene como causa fundamental la insuficiente potencia de la motobomba utilizada. Desde el punto de vista económico, los costos se incrementaron en un 9,72% por gastos de energía eléctrica y agua durante la aplicación de riegos considerados innecesarios, con un consumo eléctrico de 1 376,33 kWh.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADUSUMILLI, N.; DAVIS, S.; FROMME, D.: "Economic evaluation of using surge valves in furrow irrigation of row crops in Louisiana: A net present value approach", *Agricultural Water Management*, ser. Sustainable Water Resources Management: Theory and Case Studies Part I Overseen by: Dr. Brent Clothier, 174: 61-65, 2016, ISSN: 0378-3774, DOI: 10.1016/j.agwat.2016.04.024.
- ALEMÁN, G.C.: "Calidad del riego y eficiencia del uso del agua en los pivotes centrales", *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 22(2): 22-26, 2001, ISSN: 1680-0338.
- AMADOR, M.E.: *Electrotecnia Básica*, [en línea], Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 351 p., 1987, Disponible en: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qoU4aQAcFNUJ:https://www.scribd.com/document/355879701/Electrotecnia-Basica-Ingeniero-Esteban-Amador+&cd=2&hl=es&ct=clnk&client=firefox-b>, [Consulta: 30 de agosto de 2017].
- ARGÜELLES, R.: *Incidencia de la programación de riego para el ahorro de agua, energía eléctrica y los rendimientos del cultivo de la papa en la UBPC-3, "Jesús Menéndez"*, Universidad Central "MARTA ABREU" de las Villas, Tesis de Diploma, Villa Clara, Cuba, 26 p., 2014.
- BAÑOS, J.L.: "La actividad de riego: imprescindible para elevar la producción", [en línea], En: *Monografías.com*, 2011, Disponible en: <http://www.monografias.com/>, [Consulta: 1 de mayo de 2013].
- BOYER, C.N.; LARSON, J.A.; ROBERTS, R.K.; MCCLURE, A.T.; TYLER, D.D.: "The impact of field size and energy cost on the profitability of supplemental corn irrigation", *Agricultural Systems*, 127: 61-69, 1 de mayo de 2014, ISSN: 0308-521X, DOI: 10.1016/j.agry.2014.01.001.
- CAMACHO, E.; RODRÍGUEZ, J.A.; MONTESINOS, P.; CARRILLO, T.: "Ahorro de energía en el regadío", *Agricultura: Revista agropecuaria*, (930): 454-457, 2010, ISSN: 0002-1334.
- DUARTE, L.S.; CAMEJO, L.E.; MOREJÓN, J.M.: *Organización de la explotación del riego para el ahorro de agua y energía en máquinas de pivote central en el cultivo de la papa en la Empresa de Cultivos Varios La Cuba*, Ed. Universidad de Ciego de Ávila, Ciego de Ávila, Cuba, 12 p., 2006.
- HERNÁNDEZ, A.; ASCANIO, M.O.; MORALES, M.; LEÓN, A.: *La historia de la clasificación de los suelos de Cuba*, Ed. Félix Varela, La Habana, Cuba, 98 p., 2006, ISBN: 959-07-0145-0.
- IDAE (INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA): *Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura*, Ed. IDAE, Madrid, 36 p., 2005, ISBN: 978-84-86850-94-4.
- IZQUIEL, A.; CARRIÓN, P.; TARJUELO, J.M.; MORENO, M.A.: "Optimal reservoir capacity for centre pivot irrigation water supply: Maize cultivation in Spain", *Biosystems Engineering*, 135: 61-72, 1 de julio de 2015, ISSN: 1537-5110, DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2015.04.015.
- LÓPEZ, M.; MUJICA, A.; BROWN, O.; CASTELLANO, L.: "Evaluación del consumo energético de las máquinas de pivotes centrales eléctricas en la empresa cultivos varios la Cuba provincia Ciego de Ávila", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(Suppl.): 30-34, 2012, ISSN: 1010-2760.
- MONTERO, J.; ORTEGA, F.; HONRUBIA, T.; ORTIZ, J.; VALIENTE, M.: *Recomendaciones para un adecuado diseño y manejo de los sistemas de riego por aspersión*, Ed. Centro regional de Estudios del Agua - Instituto de Desarrollo Regional - Universidad de Castilla, España, 17 p., 2005.
- MONTOYA, F.; CAMARGO, D.; ORTEGA, J.F.; CÓRCOLES, J.I.; DOMÍNGUEZ, A.: "Evaluation of Aquacrop model for a potato crop under different irrigation conditions", *Agricultural Water Management*, 164: 267-280, 31 de enero de 2016, ISSN: 0378-3774, DOI: 10.1016/j.agwat.2015.10.019.

- NAHRY, A.H.E.; ALI, R.R.; BAROUDY, A.A.E.: "An approach for precision farming under pivot irrigation system using remote sensing and GIS techniques", *Agricultural Water Management*, 98(4): 517-531, 1 de febrero de 2011, ISSN: 0378-3774, DOI: 10.1016/j.agwat.2010.09.012.
- PACHECO, S.J.; PACHECO, C.Y.: "Aplicación de software para calcular coeficientes de uniformidad ponderados por superficie en máquinas de riego de pivote central", *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 1(2): 12-16, 2004, ISSN: 1692-9918.
- PÉREZ, L.R.; BERMÚDEZ, H.C.; VALDÉS, M.A.L.: "Costos de operación en los sistemas de riego mecanizado de pivote central", *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 30(3): 51-60, 2009, ISSN: 1680-0338.
- PÉREZ, L.R.; SABATIER, C.Y.: "El cambio del módulo de aspersión en pivotes según criterios económicos: aplicación a dos cultivos", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(4): 25-30, diciembre de 2015, ISSN: 2071-0054.
- RIERA, C.; PEREIRA, S.G.: "Entre el riesgo climático y las transformaciones productivas: la agricultura bajo riego como forma de adaptación en Río Segundo, Córdoba, Argentina", *Investigaciones Geográficas*, 2013(82): 52-65, 1 de diciembre de 2013, ISSN: 0188-4611, DOI: 10.14350/riig.33718.
- STAMBOULI, T.; FACI, J.M.; ZAPATA, N.: "Water and energy management in an automated irrigation district", *Agricultural Water Management*, 142: 66-76, 1 de agosto de 2014, ISSN: 0378-3774, DOI: 10.1016/j.agwat.2014.05.001.
- TARJUELO, J.M.: *El riego por aspersión y su tecnología*, Ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 318 p., 2005, ISBN: 978-84-8476-225-6.
- TARJUELO, J.M.; RODRIGUEZ-DIAZ, J.A.; ABADÍA, R.; CAMACHO, E.; ROCAMORA, C.; MORENO, M.A.: "Efficient water and energy use in irrigation modernization: Lessons from Spanish case studies", *Agricultural Water Management*, 162: 67-77, 1 de diciembre de 2015, ISSN: 0378-3774, DOI: 10.1016/j.agwat.2015.08.009.

Recibido: 13/01/2017.

Aprobado: 31/07/2017.

Elvis López-Bravo, Profesor Titular, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ingeniería Agrícola; Santa Clara, Villa Clara, Cuba. CP: 50300. Correo electrónico: elvislb@uclv.edu.cu

Daniel Martínez-Álvarez, Correo electrónico: danielma@uclv.edu.cu

Segundo Francisco Alcívar-Ruiz, Correo electrónico: sfalcivar@utm.edu.ec

Omar González-Cueto, Correo electrónico: omar@uclv.edu.cu

Miguel Herrera-Suárez, Correo electrónico: miguelhs2000@yahoo.com

Nota: 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.

