

RECYT

Año 21 / N° 32 / 2019 / 16–21

Análisis del consumo de agua y energía en el riego por surcos

Analysis of water and energy consumption in furrows irrigation

Oswal Madrigal Millian^{1,*}, Oscar Brown Manrique², Daniubis Luis Pelier¹, Yurisbel Gallardo Ballat¹, Lázaro Castellanos³

1- Departamento de Ingeniería Hidráulica. Facultad de Ciencias Técnicas.

Universidad de Ciego de Ávila "Máximo Gómez Báez", Cuba.

2- Centro de Estudios Hidrotécnicos (CEH). Facultad de Ciencias Técnicas.

Universidad de Ciego de Ávila "Máximo Gómez Báez", Cuba.

3- Estudiante de la carrera Ingeniería Hidráulica. Departamento de Ingeniería Hidráulica Mantenimiento.

Facultad de Ciencias Técnicas. Universidad de Ciego de Ávila "Máximo Gómez Báez", Cuba.

* E-mail: oswal@unica.cu

Resumen

Se muestran los resultados de la investigación desarrollada en un sistema de riego por surcos en la Finca Tío Pedro del municipio de Venezuela, provincia Ciego de Ávila, Cuba. El objetivo del trabajo fue determinar los indicadores hidráulicos y energéticos del riego por surcos para el aprovechamiento eficiente del agua y la energía eléctrica. Los resultados indican que el caudal promedio aportado por la bomba medido mediante los métodos volumétricos y flotadores es de 60 L s⁻¹. Las pérdidas unitarias de agua en el canal principal de riego son de 0,62 L s⁻¹ m⁻¹. Los indicadores energéticos del riego: consumo de energía eléctrica por unidad de volumen (E_V); consumo de energía eléctrica por unidad de producción (E_p); consumo de energía eléctrica por unidad de beneficio neto (E_B) alcanzaron valores globales de 0,56 kW m⁻³; 290 kW t⁻¹; y 90 W \$⁻¹, correspondiendo los mejores resultados al cultivo del tomate en todos los casos.

Palabras clave: Indicadores de riego, sistema de gestión energética, uso eficiente del agua.

Abstract

The results of the research developed in a furrow irrigation system at the Tío Pedro Farm in the municipality of Venezuela, Ciego de Avila province, Cuba are shown. The objective of the work was to determine the hydraulic and energy indicators of irrigation by furrows to the efficient use of water and electric energy. The results indicate that the average flow rate provided by the pump measured by volumetric and float methods is 60 L s⁻¹. The unit water losses in the main irrigation channel are 0,62 L s⁻¹ m⁻¹. The energy indicators of irrigation: consumption of electric energy per unit volume (E_V); consumption of electric energy per unit of production (E_p); consumption of electric energy per unit of net profit (E_B) reached global values of 0,56 kW m⁻³; 290 kW t⁻¹; and 90 W \$⁻¹, with the best results corresponding to the tomato crop in all cases.

Keywords: Irrigation indicators, energy management system, efficient water use.

Introducción

La agricultura es una actividad de gran importancia estratégica por constituir una base fundamental para el desarrollo autosuficiente y la riqueza de las naciones; sin embargo, requiere de la utilización de la energía eléctrica ampliamente utilizada en el regadío que es el mayor consumidor de agua y energía dentro del sector agrario. El regadío supone en algunas regiones más del 90% de los usos totales de agua [1].

El manejo y operación adecuada de los sistemas de riego se orientan hacia la reducción del consumo de agua y energía para la conservación eficaz de estos recursos

naturales. Para el cumplimiento de esta meta se requiere conocer el consumo de estos recursos y utilizar toda el agua disponible con menores costos y sin desperdicio a partir de sistemas de medición adecuados [2].

Las mayores pérdidas de agua asociadas al manejo inadecuado del agua se producen en el riego por gravedad que es el método más utilizado a nivel mundial [3]. En Cuba también ocurre este tipo de comportamiento y se debe principalmente a la carencia de una política de modernización de los sistemas por la falta de inversiones para su mejoramiento [4]. No obstante, esta situación puede mejorarse a partir del diseño, manejo correcto a nivel parcelario y la tecnificación del sistema [5,6].

Por otro lado los indicadores que relacionan el consumo de agua y energía constituyen herramientas que se construyen para el logro de diversos propósitos como: orientar el avance en relación a la consecución de objetivos y metas determinadas, encontrar las principales tendencias en la dinámica de los procesos y robustecer la evaluación integral de las variables de interés [7,8]. Su aplicación en un sistema de riego contribuye al mejoramiento del diseño y el manejo, al uso racional del agua y sobre todo a la evaluación del desempeño para su perfeccionamiento.

El objetivo del trabajo consiste en realizar la evaluación hidro energética del riego por surcos, mediante la determinación de indicadores que contribuyan al aprovechamiento eficiente del agua y la energía eléctrica.

Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en la Finca Tío Pedro del municipio de Venezuela, provincia Ciego de Ávila, Cuba que se encuentra ubicada a los 21°45'04" de Latitud Norte y 78°46'45" de Longitud Oeste.

El muestreo del suelo realizado a las profundidades podológicas comprendidas entre 0-0,32m permitieron clasificar el suelo predominante en el área como Ferralítico Rojo Típico que se correlaciona con el orden Ferralsoles según la actual clasificación de los suelos de Cuba [9].

La investigación ocupó un área neta de 5,6 ha sembrada de tomate y frijol como se muestra en la tabla 1, donde se indica la variedad y el área que ocupa cada cultivo dentro del área de estudio, sembrada según las normas establecidas para este tipo de suelo [10]. Las fechas de siembra y cosecha se exponen en la tabla 2.

En el área de estudio se encuentra establecido un sistema de riego por surcos compuesto por una bomba accionada por un motor eléctrico, una obra de derivación mediante compuertas, un canal de mampostería, un canal principal y la red interna de riego. El área evaluable se estableció con dimensiones de 12 m x 62,9 m para un mejor control de las variables experimentales (figura 1).

En la tabla 3 se muestran algunas de las características técnicas e hidráulicas del sistema.

Tabla 1: Características de los cultivos y superficie sembrada.

Cultivo	Variedad	Área (ha)
Tomate	Latinoamericano 99-92	2,6
Frijol	Colorado Velazco Largo	3,0

Tabla 2: Fechas de siembra.

Cultivo	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
Tomate	18/nov/2016	10/feb/2017
Frijol	15/ene/2017	06/abr/2017

Tabla 3: Parámetros de la bomba el pozo y el área de riego.

Parámetros	Observación
Tipo de Bomba.	Layne Memphis.
Velocidad de la bomba.	1356 rpm.
Consumo de energía.	0,25 kW h-1.
Profundidad del pozo.	9 m.
Nivel estático.	10 m.
Nivel dinámico.	11 m.
Diámetro del pozo.	50 mm.

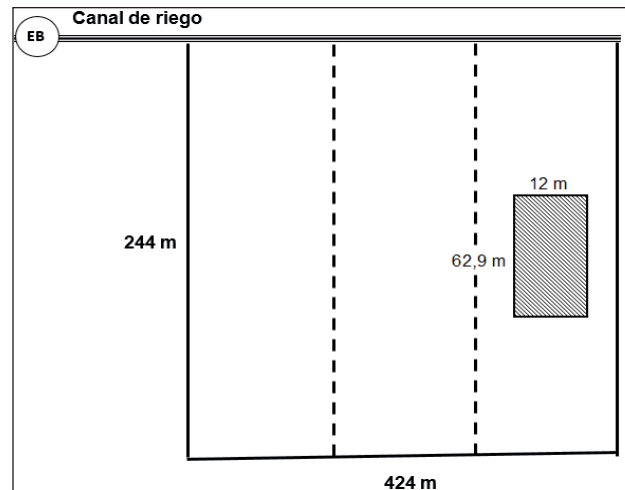


Figura 1: Esquema del área de estudio.

En la determinación del caudal de la bomba se utilizaron dos puntos: (a) medición del caudal en la tubería de descarga de la bomba y (b) medición del caudal en el canal de mampostería que recibe el caudal derivado por la bomba. La medición del caudal en la tubería de descarga se realizó por el método volumétrico [11,12] a partir de la medición del tiempo en que se llenó la obra de derivación del caudal construida junto a la bomba.

La medición del caudal en el canal de mampostería próximo a la bomba (largo de 2,0 m; ancho en la base de 0,40 m y altura promedio del tirante de agua de 0,30 m) se basó en la aplicación de la ecuación de continuidad [13]. La velocidad del agua en el canal se obtuvo con el método de flotadores [14], los cuales fueron confeccionados con poliestireno expandido. Este procedimiento se realizó en diez ocasiones para encontrar el valor promedio.

La medición del caudal en el canal de conducción del sistema también se realizó mediante la ecuación de continuidad y el método de los flotadores; teniendo en cuenta las características geométricas de la sección transversal de la zanja (para ancho máximo superficial de 0,90 m; ancho de la base de 0,45 m; altura máxima de 0,42 m y coeficiente de talud de 1,07) y la velocidad.

Las pérdidas de agua unitaria se determinaron en un tramo del canal con longitud de 30 m. La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$P_{agua} = \frac{(Q_B - Q_{canal})}{L} \tag{1}$$

Donde P_{agua} es la pérdida de agua por unidad de longitud expresada en litros por segundo por metro ($L s^{-1} m^{-1}$);

Q_B es el caudal de la bomba ($L s^{-1}$); Q_{canal} es el caudal de circulación por el canal de conducción ($L s^{-1}$); L es la longitud del canal de conducción (m).

Los rendimientos agrícolas alcanzados en el área de estudio en condiciones de producción se estimaron en los cultivos objetos de estudio a partir del conteo directo del número de plantas (10 plantas aleatorias por parcelas para un total de 30 plantas en el área experimental), el peso promedio de cada producto y su relación con el área del marco de plantación que ocupan dentro del sistema productivo. Se utilizaron las ecuaciones siguientes deducidas a partir de los resultados del presente trabajo:

$$R = \frac{P_F \cdot N_F \cdot N_P}{1000} \quad (2)$$

$$N_P = \frac{A_{sem}}{A_{pm}} \quad (3)$$

$$A_{sem} = L \cdot B \quad (4)$$

$$A_{pm} = E_h \cdot E_p \quad (5)$$

Donde R es el rendimiento del cultivo en toneladas por hectáreas ($t ha^{-1}$); P_F el peso promedio de un fruto (kg); N_F el número promedio de frutos obtenidos en una planta; N_P el número de plantas promedio en un surco a partir del conteo de las plantas en tres surcos seleccionados al azar; A_{sem} el área sembrada del cultivo analizado (m^2); A_{mp} el área del marco de plantación (m^2); L la longitud de la parcela seleccionada (m); B el ancho de la parcela seleccionada (m); E_h el espaciamiento entre hileras (0,90 m); E_p el espaciamiento entre plantas (0,14 m).

Finalmente se proponen los indicadores energéticos del riego por surcos para los cultivos estudiados; estos son: energía consumida por unidad de volumen (E_V), energía consumida por unidad de producción (E_P) y energía por unidad de costo (E_C). Estos indicadores se calcularon mediante las siguientes ecuaciones:

$$E_V = \frac{E}{V} \quad (6)$$

$$E_P = \frac{E}{P} \quad (7)$$

$$E_C = \frac{E}{C} \quad (8)$$

$$P = R \cdot A_{sem} \quad (9)$$

$$V = M_p \cdot N_R \cdot A_{sem} \quad (10)$$

$$M_p = 100 P_r \cdot \rho \cdot (C - P) \quad (11)$$

Donde E_V es la energía consumida por unidad de volumen ($kW m^{-3}$); E_P la energía consumida por unidad de producción ($kW t^{-1}$); E_C la energía consumida por unidad de costo ($kW \$^{-1}$); V el volumen total de agua aplicada durante la fase fisiológica (m^3); E la energía consumida por el riego (kW); P la producción obtenida por la venta de la cosecha en toneladas (t); C el costo incurrido para obtener la producción ($\$$); A_{sem} el área sembrada del cultivo analizado (m^2); M_p la norma parcial de riego en metros cúbicos por hectárea ($m^3 ha^{-1}$) estimada según [15,16]; N_R el número de riegos; P_r la profundidad del sistema de raíces (m); ρ la densidad del suelo ($g cm^{-3}$); CC la capacidad de campo en porcentaje en base al suelo seco (%bss); LP el límite productivo en porcentaje en base al suelo seco (%bss).

Resultados y Discusión

Los valores de caudales descargados por la bomba en la caja de distribución de mampostería con dimensiones de 3,60 m de largo; 1,55 m de ancho y 0,17 m de altura de agua se muestra en la tabla 4, donde el valor promedio del caudal aportado por la bomba es de 60,47 $L s^{-1}$.

Tabla 4: Caudal de la bomba en la tubería de descarga.

Observaciones	t (s)	QB ($L s^{-1}$)
1	15,58	60,80
2	16,00	59,29
3	15,35	61,80
4	15,45	61,40
5	16,08	58,99
Media	15,69	60,47

Los valores de caudales de la bomba medidos en el canal de mampostería anexo a la caja de distribución se muestran en la tabla 5. Este canal con longitud de dos metros, ancho de 0,62 m, tirante hidráulico de 0,15 m y área hidráulica de 0,09 m^2 conduce un flujo de agua con una velocidad promedio de 0,35 $m s^{-1}$, por lo que el caudal de la bomba medido en este punto es de 59,70 $L s^{-1}$. Esta información nos permite comprobar que el caudal de la bomba puede asumirse con un valor de 60 $L s^{-1}$.

Tabla 5: Caudal de la bomba medido en el canal de mampostería.

Observaciones	t (s)	v ($m s^{-1}$)	QB ($L s^{-1}$)
1	6,00	0,33	56,67
2	5,45	0,37	62,39
3	6,02	0,33	56,48
4	5,50	0,36	61,82
5	5,56	0,36	61,15
Media	6,00	0,35	59,70

Los valores de caudales medidos en condiciones experimentales en un canal de riego principal a una distancia de 30 m del canal de mampostería se muestran en la tabla 6. Este canal presenta una geometría trapecial con ancho de la superficie libre del agua de 1,50 m; ancho de la base del canal de 0,10 m; tirante hidráulico de 0,30 m y área hidráulica de 0,24 m². Los resultados del aforo por el método de flotadores indican que el flujo de agua alcanza una velocidad promedio de 0,21 m s⁻¹ y un caudal promedio de 41,87 L s⁻¹.

Tabla 6: Caudal del canal de conducción del sistema.

Observaciones	t (s)	v (m s ⁻¹)	Q _B (L s ⁻¹)
1	9,20	0,22	42,39
2	9,47	0,21	41,18
3	9,38	0,21	41,58
4	9,23	0,22	42,25
5	9,30	0,22	41,94
Media	9,32	0,21	41,87

El flujo de agua que se mueve por el canal principal de tierra con longitud de 30 m, experimenta una pérdida de 0,62 L s⁻¹ m⁻¹ (tabla 7). Esta pérdida está relacionada con diversos factores, entre los que se destacan la presencia de hierbas en toda la sección del canal que crecen en la época de lluvias y durante el período de riegos debido a la humedad del suelo, influyendo en la pérdida por evapotranspiración e incremento de la rugosidad.

En la figura 2 se observa que las láminas de riego que se aportó al cultivo proveniente de las precipitaciones fueron inferior a la lámina neta requerida en todos los meses del ciclo vegetativo, excepto en la cuarta semana del mes de febrero y abril que se produjo una lluvia abundante.

Tabla 7: Pérdidas de agua por unidad de longitud en el canal de conducción.

Observaciones	Q _B (L s ⁻¹)	Q _{canal} (L s ⁻¹)	P _{agua} (L s ⁻¹ m ⁻¹)
1	60,89	42,39	0,62
2	59,29	41,18	0,60
3	61,80	41,58	0,67
4	61,40	42,25	0,64
5	58,99	41,94	0,57
Media	60,47	41,87	0,62

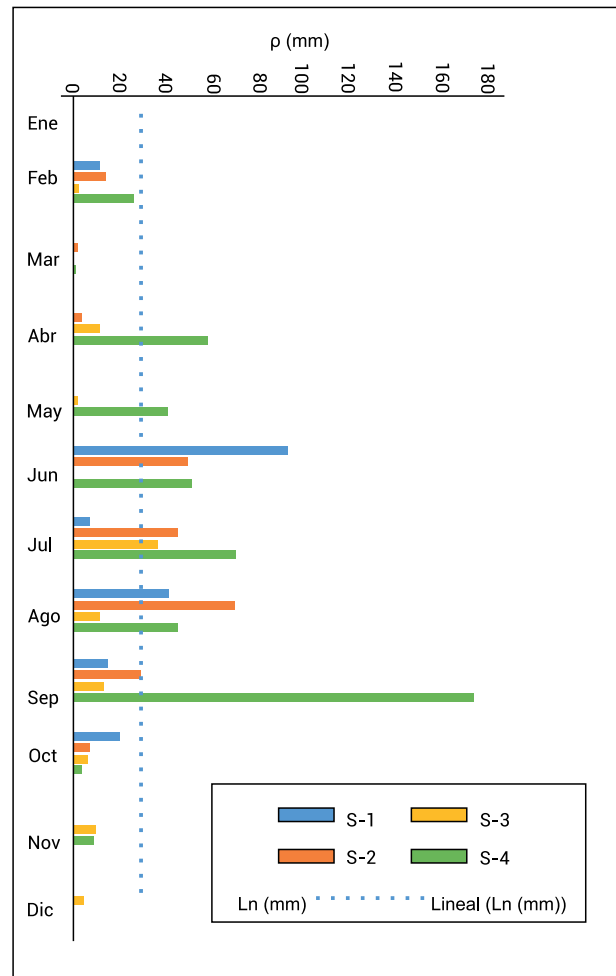


Figura 2: Lámina de lluvia semanal en el ciclo vegetativo del cultivo.

En la tabla 8 se muestra la cantidad de riego que recibieron los cultivos durante su ciclo fenológico. Se observa que en total se aplicaron 29 riegos de los cuales 15 correspondieron al tomate y 14 al frijol. En relación con la duración del tiempo de riego se obtuvo como promedio 4 horas para regar el área evaluada en cada cultivo.

En la tabla 9 se expone el volumen de agua aplicado para satisfacer la demanda hídrica de los cultivos según las propiedades del suelo y el contenido de humedad [15,16]. En ambos casos el volumen aplicado fue similar; sin embargo, el cultivo de frijol recibió una cantidad ligeramente inferior, que representó 0,96 unidades respecto al cultivo del tomate.

Tabla 8: Número de riegos por cultivo.

Cultivo	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Tomate	4	4	4	3			15
Frijol			4	3	4	3	14
Total	4	4	8	6	4	3	29

Tabla 9: Volumen de agua aplicado (m³)

Cultivo	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Tomate	2581,8	2940,6	3073,2	1562,6			10158,2
Frijol			3073,2	1562,6	2987,4	1890,2	9513,4
Total	2581,8	2940,6	6146,4	3125,2	2987,4	1890,2	19671,6

En la figura 3 se pudo comprobar que el consumo mensual de energía eléctrica con fines de riego en los cultivos de tomate y frijol es ascendente en correspondencia con las etapas fenológicas de estos cultivos; donde los valores más bajos se presentaron en los meses de siembra y cosecha; sin embargo, los consumos más elevados ocurren en los meses de enero y marzo debido a que en el primer caso coinciden las etapas de maduración y crecimiento del tomate y el frijol respectivamente y en el segundo caso, por corresponderse la maduración del frijol. En el período evaluado el consumo de energía eléctrica osciló entre 506,7 a 3571,4 kWh⁻¹.

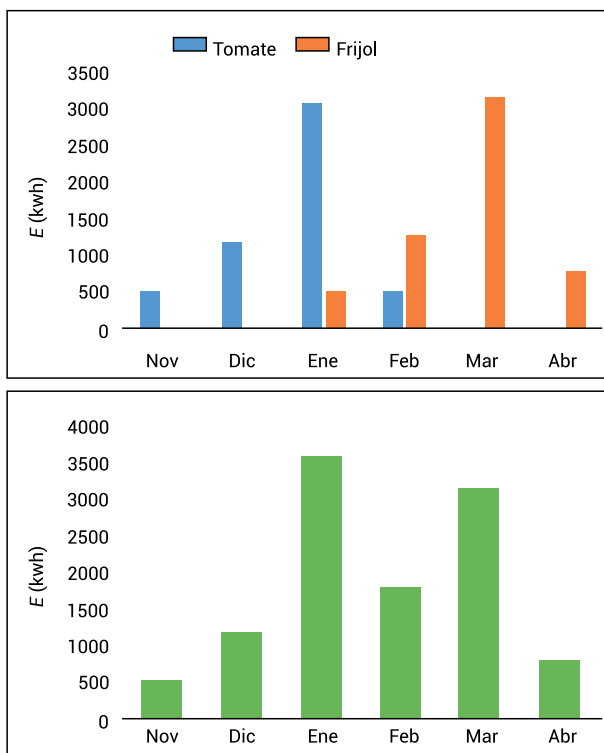


Figura 3: Consumo de energía eléctrica en kWh.

Los rendimientos alcanzados por el tomate y el frijol fueron de 13,3 t ha⁻¹ y 1,10 t ha⁻¹ (tabla 10), los cuales fueron inferiores al potencial agroproductivo de estos cultivos y respondieron a las condiciones climáticas y fitotecnias en que se desarrollaron. La producción total (P) fue de 37,8 t ha⁻¹, de las cuales 34,5 t ha⁻¹ correspondieron al tomate y 1,1 t ha⁻¹ al frijol.

Si se relaciona este rendimiento con los costos totales (C_T) incurridos (figura 4) se comprueba que estos fueron de 9555,6 y 17000,0 pesos para el tomate y el frijol respectivamente; siendo el costo total para ambos cultivos de 26555,6 pesos. Esto indica que, en el caso del frijol, a pesar de lograr un rendimiento notablemente menor, los costos totales fueron más elevados en un 40% respecto al tomate.

En la tabla 10 se observa que se obtuvieron beneficios netos (B_n) de 85875,24 pesos y 59294,26 pesos para el tomate y el frijol respectivamente. Este resultado está directamente relacionado con el rendimiento obtenido;

pero recibe la influencia directa del precio de venta; es por esto que en el frijol a pesar de proporcionar un rendimiento bajo los beneficios netos fueron satisfactorios. El costo por peso de producción (C_{pp}) fue de 0,11 y 0,29 en el caso del tomate y el frijol respectivamente, demuestra que para producir un peso en el cultivo del frijol se debe algo más del doble en relación con el cultivo del tomate; no obstante, se justifica plenamente la producción de tomate y frijol bajo las condiciones de producción evaluadas; puesto que la relación beneficio costo (B/C) fue superior a la unidad en ambos cultivos.

Tabla 10: Indicadores económicos seleccionados.

Cultivo	R (t ha ⁻¹)	C _T (\$)	B _b (\$)	B _n (\$)	C _{pp}	B/C
Tomate	13,3	9555,6	85875,24	76319,64	0,11	7,99
Frijol	1,1	17000,0	59294,26	42294,26	0,29	2,49
Total	14,4	26555,6	145169,49	118613,89	---	---

En la figura 4 se muestra que el Indicador consumo de energía eléctrica por unidad de volumen obtuvo un valor total de 0,56 kW m⁻³. El cultivo del tomate se comportó más favorable con 0,56 kW m⁻³; mientras que en el cultivo del frijol fue de 0,60 kW m⁻³.

En la figura 4 se muestra que el indicador consumo de energía eléctrica por unidad de producción obtuvo un valor total de 290 kW t⁻¹. El cultivo del tomate manifestó un comportamiento más favorable al registrarse un valor más bajo de 153 kW t⁻¹; mientras que el cultivo del frijol fue el más consumidor de energía eléctrica al determinarse un valor de 1694 kW t⁻¹. Este resultado revela que para producir una tonelada de productos el cultivo del frijol consume más energía eléctrica respecto al cultivo de tomate.

Tabla 11: Indicador consumo de energía eléctrica por unidad de costo (EC).

Cultivo	E _c (W \$ ⁻¹)
Tomate	70,0
Frijol	130,0
Total	90,0

En la tabla 11 se muestra que el indicador energía consumida por unidad de costo (E_c) alcanzó un valor total de 90 W \$⁻¹; donde el cultivo del tomate manifestó el comportamiento más favorable al registrarse un valor de 70 W \$⁻¹; mientras que el cultivo del frijol fue el más consumidor de energía con un valor de 130 W \$⁻¹. Esto indica que desde el punto de vista financiero el cultivo del frijol requiere mayor cantidad de energía eléctrica por cada peso invertido para obtener el resultado productivo esperado.

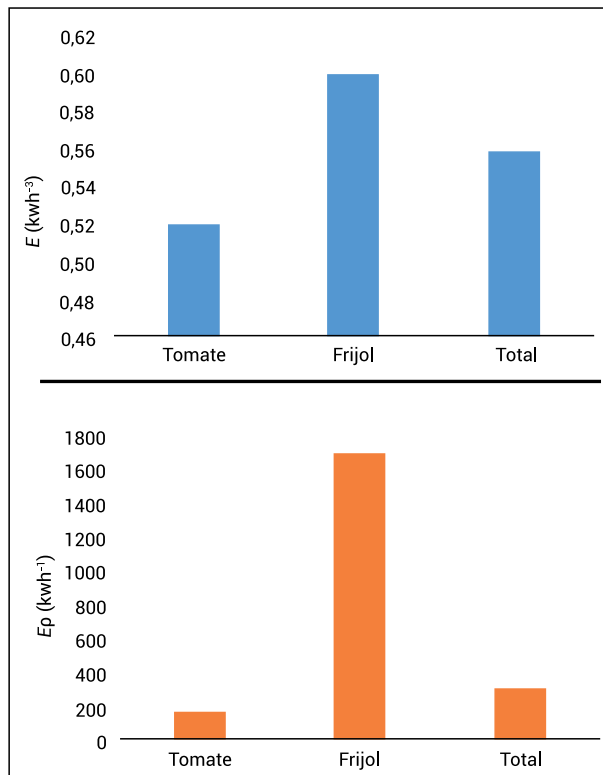


Figura 4: Indicador consumo de energía eléctrica por unidad de volumen y de producción.

Conclusiones

La investigación demostró que el caudal promedio aportado por la bomba medido con dos métodos diferentes: el volumétrico y el de flotadores alcanzan valores de 60 L s^{-1} .

El caudal promedio en el canal principal de riego es de $41,87 \text{ L s}^{-1}$; por lo que las pérdidas unitarias de agua por unidad de longitud son de $0,62 \text{ L s}^{-1} \text{ m}^{-1}$.

Los indicadores energéticos del riego: consumo de energía eléctrica por unidad de volumen (E_v); consumo de energía eléctrica por unidad de producción (E_p); consumo de energía eléctrica por unidad de costo (E_c) alcanzaron valores globales de $0,56 \text{ kW m}^{-3}$; 290 kW t^{-1} ; y $90 \text{ W } \$^{-1}$, correspondiendo los mejores resultados al cultivo del tomate en todos los casos.

Los resultados alcanzados proporcionaron la información necesaria para la evaluación del comportamiento del sistema en cuanto al consumo de agua, energía eléctrica y producción obtenida por el cultivo; lo que permite tomar las medidas correctivas necesarias para su mejoramiento.

Bibliografía

1. Tarjuelo, J. M. *El riego por aspersión y su tecnología*. Ediciones Mundi-Prensa. p 581. 2005.
2. Cadavid, J.H. *Hidráulica de canales: fundamentos*, Pri-

mera reimpresión, Fondo Editorial Universidad EA-FIT. P 392. 2009.

3. Sánchez, A., García, P. y Playán, E. *Modelo de simulación de riego por surcos inundados*. Ingeniería del Agua. Vol. 9(3): 333-346. 2002.
4. Pérez, R., Jiménez, E., Montero, L., Sarmiento, O. y Guzmán, J. *Resultados de diferentes alternativas de manejo del riego superficial tecnificado en el cultivo de la papaya Maradol Roja plantada con marco extradenso*. Revista Ingeniería Agrícola. Vol. 3(1): 8-16. 2013.
5. Santos, L., De Juan, J. A., Picornell, M. R. y Tarjuelo, J. M. *Editora Europa- América en Lisboa*. p 296. 2010.
6. Olivera, M., Bahena, G., Alpuche, O. y García, F. *La tecnificación del riego ante la escasez del agua para la generación de alimentos*. Revista Ambiente y Desarrollo. Vol. 18(35): 23-36. 2014.
7. Cervera, L.E. *Indicadores de uso sustentable del agua en Ciudad Juárez, Chihuahua*. Revista Estudios Fronterizos. Vol. 8, (16):9-41. 2007.
8. Quiroga, R. *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. CEPAL - Serie Manuales No. 55. p. 228. 2007.
9. Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D. y Castro, N. *Clasificación de los suelos de Cuba*. Ediciones INCA. p 93. 2015.
10. MINAG. *Instructivo Técnico para el cultivo del frijol*. CIDA. p 1-15. 2009.
11. Roldan, J. y Moreno, M. F. *La ingeniería y la gestión del agua de riego en Al-Andalus*. Ingeniería del Agua. Vol. 14(3):223-236. 2007.
12. Moncada, D., Juárez, I., Gutiérrez, C. y Casillas, J. D. *Resultados de pruebas de un sistema de diagnóstico de medición por placa de orificio en laboratorio de flujo de CIA-TEQ*. Ingeniería Petrolera, Vol. 54(1):7-26. 2014.
13. Rázuri, L., Rosales, J.G. y Hernández, J.D. *Formulación de alternativas de uso del agua con base en el balance disponibilidad-demanda en la zona de Santa Rosa, sector La Hechicera del estado Mérida*. Uso del agua, Academia – Trujillo. Vol. 8(16): 46-64. 2009.
14. Assan, M.M., Maris, G.S., Demin, P. y Delgado, E. *Técnicas de medición de caudales en cauces abiertos*. Facultad de Ciencias Agrarias, Agrícola y Agroindustrial. Revista de Divulgación Técnica. (63):1-13. 2016.
15. Pacheco, J., Alonso, N., Pujol, P. y Camejo, L.E. *Riego y Drenaje*. Capítulo 3 Régimen de riego. Segunda edición. Editorial Félix Varela. p 23-75. 2007.
16. Sandoval, L.M., Juárez, M.I., Brown, O., Mujica, A., Bonilla, J.D., Gallardo, Y. *Mathematical Models for Flow Estimation in Suro Weirs Used in Irrigation Systems*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 26(3): 30-38. 2017.

Recibido: 10/07/2018.

Aprobado: 27/05/2019.