

**INDICADORES ENERGÉTICOS DEL RIEGO POR SURCOS EN PRODUCTORES DEL MUNICIPIO VENEZUELA**  
***ENERGY INDICATORS OF IRRIGATION BY SOAKS IN PRODUCERS OF THE VENEZUELA MUNICIPALITY***

**Autores:** Oswal Madrigal Milian  
Oscar Brown Manrique

**Institución:** Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba

**Correo electrónico:** [oswal@unica.cu](mailto:oswal@unica.cu)

**RESUMEN**

Las nuevas transformaciones que se han aplicado en el sector agrario demandan que de forma coordinada al incremento de la producción se apliquen mecanismos que permitan el ahorro eficiente de recursos vitales para el desarrollo de otros renglones económicos, estas transformaciones han conducido a la utilización de la energía eléctrica para la distribución de agua; convirtiéndose el regadío en el mayor consumidor de energía dentro del sector agrario. En cultivos de malanga, plátano y tomate fueron evaluados indicadores de eficiencia energética a partir del empleo de los sistemas de riego por surcos y el rendimiento en las plantas cultivadas, determinándose el consumo de energía eléctrica en el sistema de riego para el bombeo de agua, se realizaron los análisis económicos de la producción obteniéndose una respuesta productiva, proponiéndose indicadores energéticos.

**Palabras clave:** Energía eléctrica, Bombeo de agua, Indicadores energéticos.

**ABSTRACT**

The new transformations that have been applied in the agrarian sector demand that in way coordinated to the increment of the production mechanisms they are applied that allow the efficient saving of vital resources for the development of other economic lines, these transformations have borne the use of the electric power for the distribution of water becoming the irrigable one the biggest energy consumer inside the agrarian sector. In malang cultivations, banana and tomato they were evaluated indicative energy efficiency starting from the employment of the watering systems for furrows and the yield in the cultivated plants, being determined the electric power consumption in the watering system

for the pumping of water, they were carried out the economic analyses of the production being obtained a good productive answer, intending energy indicators

**Keywords:** Electric power, Pumping of water, Energy indicators.

## INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad de gran importancia estratégica como base fundamental para el desarrollo autosuficiente y riqueza de las naciones, lo que ha conducido a la utilización de la energía eléctrica para la distribución de agua, por lo que el regadío se ha convertido en el mayor consumidor de energía dentro del sector agrario.

El regadío, como principal consumidor de agua en el mundo, supone en algunas regiones más del 90 % de los usos totales de agua, la cual juega un papel fundamental para el desarrollo y supervivencia de esas regiones (Tarjuelo, 2007). En todos los países el agua constituye un elemento que determina en gran medida el buen funcionamiento de los sistemas productivos (Dueñas, 1970; Camejo, 2000) e influye en la calidad de vida de sus habitantes, sin embargo, la disponibilidad de agua tiende a una reducción notoria y se tornará definitivamente crítica, por lo que en un futuro cercano, el agua dejará de ser un problema y se convertirá en un asunto estratégico de supervivencia.

El riego y el drenaje son considerados como un elemento fundamental en la producción agrícola, debido a su efecto en el incremento de la producción, la mejora de la calidad de los productos, la intensificación sostenible del uso de la tierra, la diversificación en la producción y su contribución a la mejora de la seguridad alimentaria. (Pacheco, 1985; Rey Rey, R., J. Fonseca, R. Roque., 1998; MINAGRI, 2010)

La tecnología tiene gran importancia para el desarrollo y el aumento de la producción agropecuaria. El regadío se ha convertido, junto con la maquinaria agrícola, en el principal consumidor de energía dentro del sector agrario (Esteve, 1986; Hernández, *et al.*, 1987; Martínez y León, 1988; Torralba, 1989; López *et al.*, 1992).

La extracción de agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento para el riego agrícola, para ello es necesario que en los centros de extracción (pozo) se encuentren dispositivos de medición y monitoreo así como la documentación para conocer el comportamiento, el gasto el volumen acumulado, el nivel dinámico, el nivel estático y las horas de operaciones; todo ello permitirá el monitoreo del consumo energético así como su uso racional.

El objetivo del trabajo consiste en proponer los indicadores energéticos en sistemas de riego por surcos para los cultivos de malanga, plátano y tomate, que permita el ahorro de energía eléctrica en productores del municipio Venezuela.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio consistió en la evaluación de los indicadores energéticos en sistemas de riego por surcos para los cultivos de tomate, plátano y malanga con vista a contribuir al ahorro de energía eléctrica en pequeños productores en el municipio Venezuela. El suelo donde se desarrolló la investigación es del tipo Ferralítico Rojo Concrecionario y es el más representativo en el área de estudio, ocupando un área neta de 12.0 ha.

Se realizó una caracterización general del área en el periodo comprendido de noviembre de 2013 a febrero 2014 (Tabla 1). Las principales propiedades hidrofísicas de los suelos se presentan en la tabla 2. El muestreo del suelo se realizó a las profundidades pedológicas según el tipo de suelo, siendo estas (0,00-0,32 m). Las muestras tomadas permitieron clasificar el suelo a través del sistema taxonómico vigente: Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba del Instituto Nacional de Suelos y Fertilizantes, según Hernández et al., (1999).

Horizonte	Profundidad	pH		M.O	Análisis Agroquímico.	
		H <sub>2</sub> O	KCL		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
A <sub>1</sub> P	0-32	7,50	6,10	3,20	5,50	43,0

Tabla 1 Caracterización de las propiedades químicas y morfológicas del suelo.

Profundidad (cm)	$\theta_{ini}$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	$\rho$ (g cm <sup>-3</sup> )	$\rho_s$ (g cm <sup>-3</sup> )	$\theta_{cc}$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	$\theta_{sat}$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	$\theta_{PMP}$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )
0-10	0,35	1,33	2,65	0,37	0.504	0,17
10-20	0,36	1,34	2,66	0,38	0.518	0,18
20-30	0,35	1,34	2,71	0,36	0.413	0,18
30-40	0,36	1,35	2,72	0,37	0.424	0,18

Tabla 2 Propiedades hidrofísicas del suelo.

En la Tabla 3 se muestra la variedad y el área que ocupa cada cultivo dentro del área de estudio, sembrada según las normas establecidas para este tipo de suelo. En la misma se observa que el plátano es el cultivo de mayor peso en la finca.

Cultivo	Variedad	Área (ha)
Tomate	Latinoamericano 99-92	4,0
Plátano	Censa $\frac{3}{4}$	5,0
Malanga	Rosada Habana	3,0

Tabla 3 Características de los cultivos y superficie sembrada.

En el área de estudio se encuentra establecido un sistema de riego por surcos cuyas características técnico-hidráulicas son las siguientes:

- Marca del motor: Siemen.
- Tipo de Bomba: Layne 12 x 18.
  - Caudal de la bomba: 306 m<sup>3</sup>.
  - Velocidad de la bomba. 1356 rpm.
  - Carga de la bomba. 2 toneladas.
  - Cantidad de impelentes: 1.
- Consumo de energía: 0.25kWh
- Profundidad del pozo: 9 m.
- Nivel estático: 10 m.
  - Nivel dinámico: 11 m.
- Diámetro del pozo: 635 mm.
- Área total del sistema: 12,0 ha.

La altura de las plantas se obtuvo mediante la medición de las plantas en el momento de la madurez fisiológica, con la utilización de una regla de 3 m de altura graduada hasta la centésima. Los rendimientos agrícolas alcanzados en esta área de producción se estimaron en los cultivos objetos de estudio, a partir del pesaje directo de la producción de 10 plantas de cada cultivo y su relación con el área del marco de plantación que ocupan dentro del sistema productivo. Se utilizaron las ecuaciones siguientes:

$$R = R_{10p} \cdot N_p \quad (1)$$

$$N_p = \frac{A_{sem}}{A_{mp}} \quad (2)$$

$$A_{sem} = L \cdot B \quad (3)$$

$$A_{mp} = E_h \cdot E_p \quad (4)$$

Donde:

R: Rendimiento del cultivo (t/ha).

R<sub>10p</sub>: Rendimiento de las 10 plantas seleccionadas al azar (t/ha).

N<sub>p</sub>: Número de plantas.

A<sub>sem</sub>: Área sembrada del cultivo analizado (m<sup>2</sup>).

A<sub>mp</sub>: Área del marco de plantación (m<sup>2</sup>).

L: Longitud del campo (m).

B: Ancho del campo (m).

E<sub>h</sub>: Espaciamiento entre hileras (m).

E<sub>p</sub>: Espaciamiento entre plantas (m).

Los principales índices económicos determinados fueron los beneficios brutos y netos mediante las siguientes expresiones:

$$B_b = R \cdot P_v \cdot A \quad (5)$$

$$B_n = B_b - C_t \quad (6)$$

Los índices energéticos del riego por surcos para los cultivos estudiados fueron: energía consumida por unidad de volumen, energía consumida por unidad de producción y energía por unidad de costo. Estos indicadores se calcularon mediante las siguientes ecuaciones:

$$E_v = \frac{E}{V} \quad (7)$$

$$E_p = \frac{E}{P} \quad (8)$$

$$E_c = \frac{E}{C_t} \quad (9)$$

Donde:

Ev: Energía consumida por unidad de volumen (kW/m<sup>3</sup>).

Ep: Energía consumida por unidad de producción (kW/t).

Ec: Energía por unidad de costo (kW/\$).

V: Volumen total de agua aplicada al cultivo durante la fase fisiológica (m<sup>3</sup>).

P: Producción obtenida por la venta de la cosecha (t).

Ct: Costo total incurrido para obtener la producción (\$).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 4 se muestra la cantidad de riego que recibieron los cultivos durante su ciclo fenológico. Se observa que en total se aplicaron 76 riegos de los cuales 10 correspondieron al tomate, 26 al plátano y 40 a la malanga. En relación con la duración del tiempo de riego se obtuvo como promedio dos horas para el tomate, cuatro para el plátano y tres para la malanga.

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Tomate	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	10
Plátano	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26
Malanga	6	6	6	3	2	2	2	3	2	2	3	3	40
Total	12	9	8	5	4	4	4	5	4	4	9	8	76

Tabla 4 Número de riegos por cultivo.

En la Tabla 5 se expone el volumen de agua aplicado para satisfacer la demanda hídrica de los cultivos. El mayor volumen correspondió a la malanga, seguido del plátano y por último el tomate. Este resultado está relacionado con la norma de riego, el número de riego y el tiempo de riego establecido durante el proceso productivo.

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Tomate	648	0	0	0	0	0	0	0	0	0	864	648	2160
Plátano	129 6	1296	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864	1123 2
Malanga	194 4	1944	194 4	972	648	648	648	972	648	648	972	972	1296 0
Total	518	3888	345	216	172	172	172	216	172	172	388	345	3283

	4		6	0	8	8	8	0	8	8	8	6	2
--	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 5 Volumen de agua aplicado ( $m^3$ ).

En relación con el consumo mensual de energía eléctrica con fines de riego, en la Tabla 6 se demuestra que existe una relación directa entre el agua y la energía. En este sentido el consumo de electricidad se comportó de forma similar al consumo de agua, correspondiendo los valores más elevados a la malanga, el plátano y el tomate.

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Tomate	875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	155	131	3743
Plátano	875	1167	875	140	175	175	175	140	175	175	778	875	7583
Malanga	175	2333	262	210	175	175	175	210	175	175	116	131	1166
	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3	7

Tabla 6 Consumo de energía eléctrica (kW).

En la Figura 1 se observa que los tres cultivos evaluados lograron rendimiento superiores a las 15 t/ha, destacándose el tomate con 30 t/ha y la malanga con 21 t/ha. En el caso del plátano el rendimiento obtenido fue de 17 t/ha. En todos los casos el rendimiento fue bueno acorde con las condiciones fitotécnicas en que se desarrollaron.

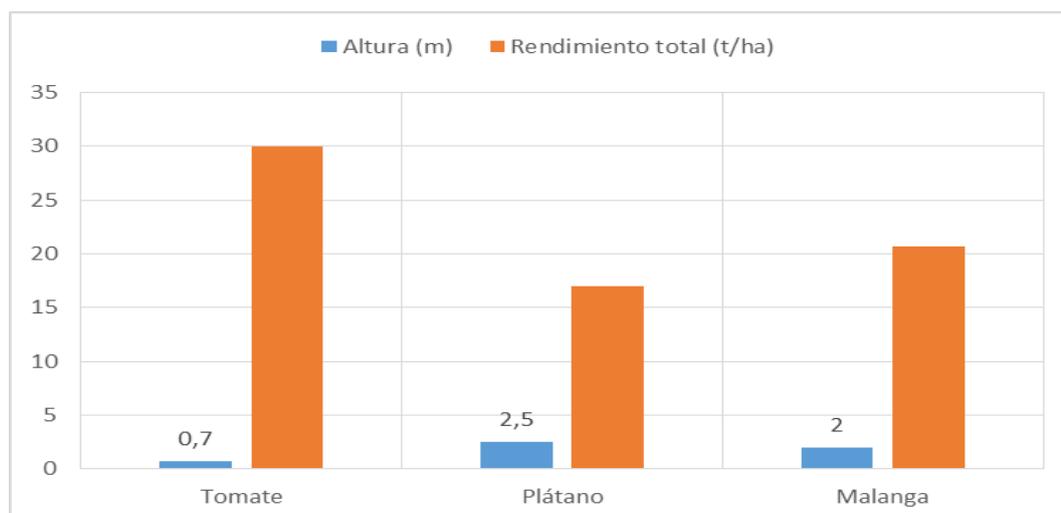


Figura 1. Altura y rendimiento agrícola del cultivo.

En la Tabla 7 se observa que para los tres cultivos evaluados se obtuvieron beneficios netos ( $B_n$ ) superiores a los 20000 pesos, sobre todo en el tomate con 308 000 pesos y la malanga con 118 690 pesos. Es meritorio destacar que en el cultivo de la malanga se invirtió la menor cantidad de dinero; sin embargo, los beneficios fueron relativamente altos.

Cultivo	B <sub>b</sub> (\$)	C <sub>T</sub> (\$)	B <sub>n</sub> (\$)
Tomate	336 000	28 000	308 000
Plátano	62 000	42 000	20 000
Malanga	138 690	20 000	118 690

Tabla 7 Beneficios obtenidos (\$).

En la Figura 2 se observa que el indicador que relaciona la energía con el volumen de agua unitario tuvo el peor comportamiento en el cultivo del tomate al tener que consumirse 1,71 kWh para lograr que el cultivo recibiera un metro cúbico de agua. Este indicador se comportó más parejo en el caso del cultivo del plátano y la malanga con 0,63 y 0,90 kWh/m<sup>3</sup> respectivamente.

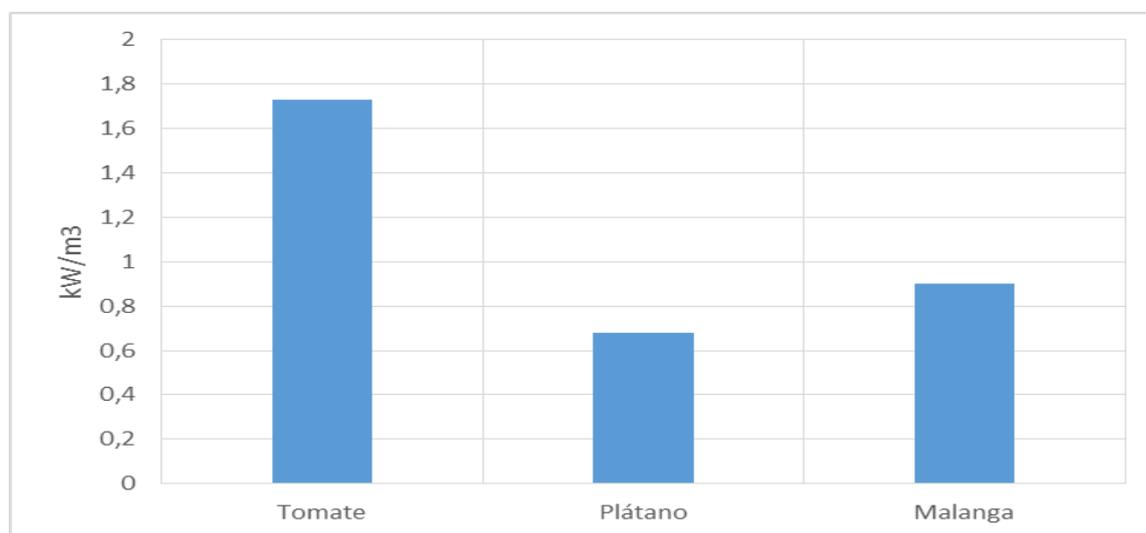


Figura 2. Indicador energía por unidad de volumen.

En la Figura 3 se muestra que el indicador que relaciona la energía con la unidad de producción expresada en toneladas fue muy favorable en el cultivo del tomate al requerirse un consumo de 30 kW para producir una tonelada de producto; sin embargo se

produjo un incremento notable en el cultivo del plátano y la malanga con valores de 88 kWh/t y 186 kWh/t respectivamente.

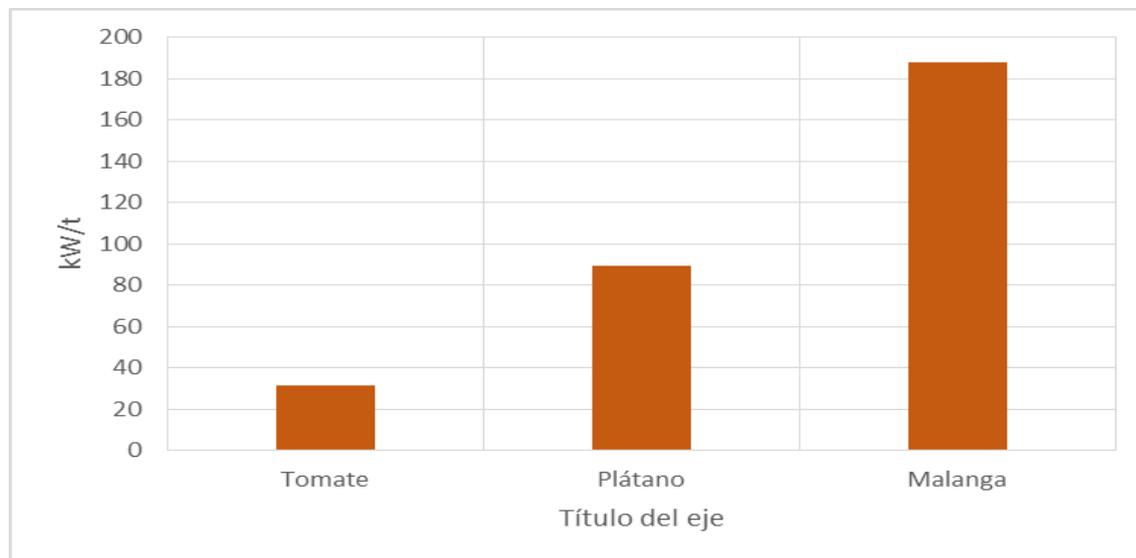


Figura 3. Indicador energía por unidad de producción.

En la Figura 4 se muestra que el indicador que relaciona la energía con el beneficio neto unitario expresado en pesos fue 0,38 kW por cada peso de ganancia obtenido en el cultivo del plátano, lo que demuestra el peor comportamiento, seguido por la malanga con 0,10 kW/\$. El cultivo del tomate manifestó ser el más favorable con 0,01 kW/\$.

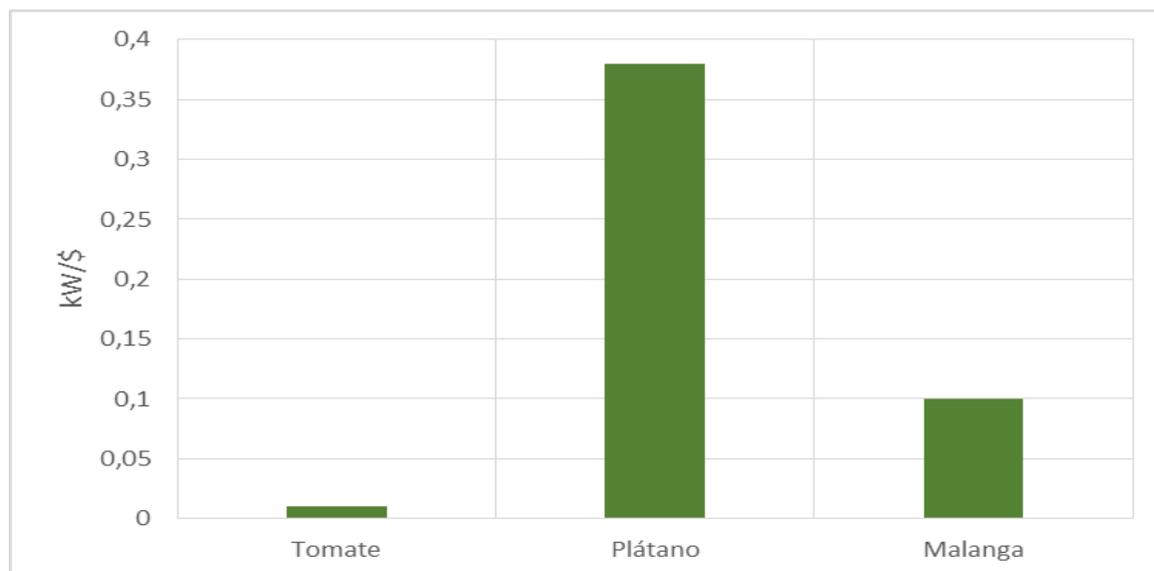


Figura 4. Indicador energía por unidad de peso.

En la Figura 5 se presenta el comportamiento general del indicador energético considerando el consumo de energía eléctrica respecto al consumo de agua, la producción y el beneficio neto unitario. Se comprobó que el cultivo del tomate fue el menos consumidor de energía al requerir sólo el consumo de 0,012 kW, seguido por la malanga con 0,089 kW. El plátano fue el de mayor consumo de energía eléctrica de forma integral al necesitar 0,24 kW para el bombeo, la producción y la ganancia de forma integral.

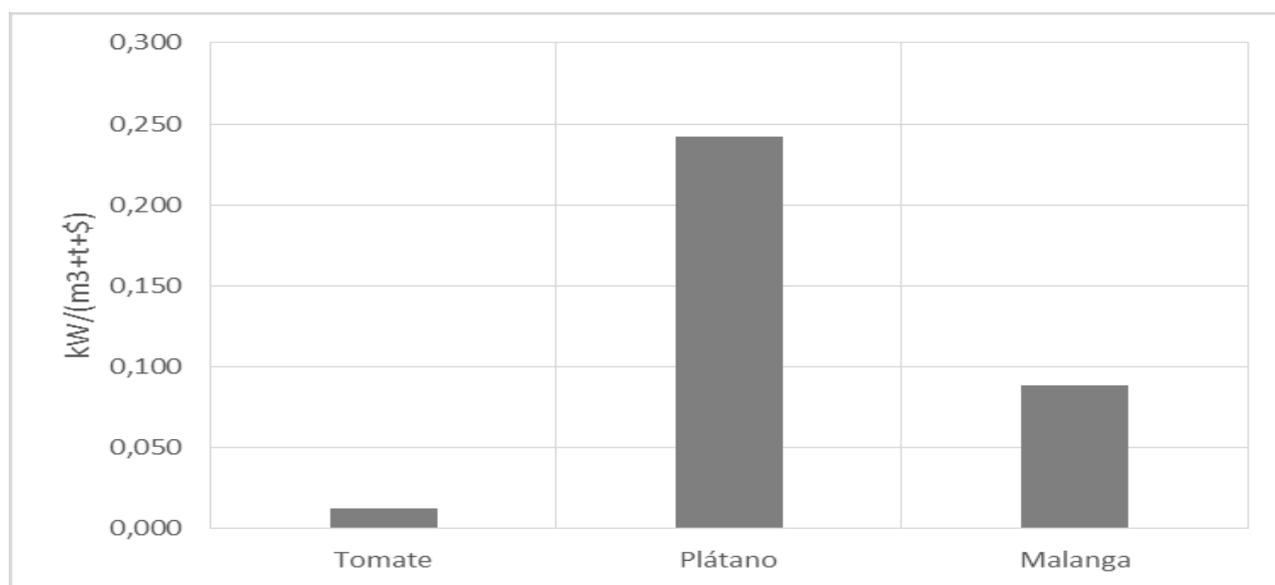


Figura 5. Indicador general de energía por unidad de agua, producción y beneficio.

## CONCLUSIONES

El cultivo de la malanga es el que más riego necesita durante toda la campaña, seguido por el plátano y el tomate, por lo que el volumen total de agua requerido por estos cultivos se comportan de forma similar a la cantidad total de riego. El consumo de energía eléctrica para el bombeo de agua fue superior en el área de estudio a los 3 700 kWh, sin embargo, el consumo en el cultivo de la malanga fue tres veces superior al cultivo del tomate y 1,5 veces superior al cultivo del plátano. En el área de estudio se obtuvo un beneficio neto superior a los 20 000 pesos en los tres cultivos evaluados, el mayor beneficio se obtuvo en el cultivo del tomate, el cual superó 15 veces al cultivo del plátano y 2,5 veces al cultivo de la malanga. Los indicadores energéticos determinados expresan que el plátano y la malanga requieren entre 0,6 y 0,9 kWh/m<sup>3</sup> de agua, el tomate consume 30 kW para producir una tonelada de producto y también el consumo de tomate es 0,12 kWh para la obtención de un peso de ganancia.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- CAMEJO, E.: *Estudios preliminares de los clones de la línea FHIA bajo riego en las condiciones edafoclimáticas de La Empresa Cultivos Varios La Cuba*, Informe Final de la Tarea N°. 1, Proyecto Nacional CITMA 002-008, Impresión ligera, pp. 32, 2000.
- DUEÑAS, R.: *El riego del plátano en Cuba*, Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba, 1970.
- ESTEVE, J.: *El riego localizado: desafíos y promesas*, pp. 124, España, 1986.
- HERNÁNDEZ, J.: *El riego localizado. Componentes de la instalación*, Instituto de Hidroeconomía, Gobierno de Canarias, Consejería de Agricultura y Pesca, Centro Nacional de Investigación Agraria de Canarias, pp.146, España, 1987.
- LÓPEZ, R.; HERNÁNDEZ, J.M; PÉREZ, A. Y GONZÁLEZ, J.F.: *Riego Localizado*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, pp. 399, 1992.
- MARTÍNEZ, R.; LEÓN, I.: «Régimen de riego del plátano fruta (Musa AAA). En suelos pardos con carbonatos», *Revista Ciencia y Técnica en la Agricultura*, Vol. 11, No. 2, pp.45, 1988.
- PACHECO, J.: «Sobre la relación agua-rendimiento de los cultivos agrícolas», *Ingeniería Hidráulica*, Vol. 6, No. 3, pp. 254-262, Cuba, 1985.
- REY, R.; FONSECA, J. Y ROQUE, R.: *Situación actual del riego y el drenaje*, I Taller Internacional de- Riego y Drenaje, Convención METÁNICA'98, Ciudad de La Habana, 1998.
- TÁRJUELO J.: *Cursos de riego impartidos en Cuba*, Ciudad de la Habana, Cuba, 2007.
- TORRALBA, V.: *Riego localizado, conceptos, peculiaridades agronómicas y datos básicos, diseño agronómico e hidráulico*, IIRD, MINAG, Ciudad de la Habana, 1989.