

Balance energético de cultivos hortícolas bajo condiciones protegidas (Original)**Energy balance of horticultural crops under protected conditions (Original)**

Yurisan Matamoros Estrada. Ingeniero en Procesos Agroindustrial. Universidad de Granma.

Bayamo. Granma. Cuba. [ymatamoroe@udg.co.cu](mailto:yamatamoroe@udg.co.cu) 

Yosvel Enrique Olivet Rodríguez. Ingeniero Agrícola. Doctor en Ciencias Técnicas

Agropecuarias. Profesor Titular. Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba.

yolivetr@udg.co.cu 

Recibido: 20-09-2023/Aceptado: 02-11-2023

Resumen

La investigación se realizó en la Unidad Colectivo Agropecuario “Cultivos Protegidos”, perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Paquito Rosales Benítez” del municipio Yara, en la provincia Granma. En el artículo se plantea como objetivo evaluar el balance energético de tres cultivos -tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), el pimiento (*Capsicum annuum* L.) y el pepino (*Cucumis sativus* L.) - bajo condiciones protegidas. Como resultado, para el cultivo del pimiento se tuvo una energía de uso directo e indirecto de 13,80 y 10,31 GJ ha⁻¹ respectivamente, para una energía de entrada (*Input*) de 24,11 GJ ha⁻¹. El cultivo del tomate presentó un coeficiente de eficiencia energética (*Ratio*) de 3,83 y un coeficiente de utilización de la energía neta (*NER*) de 2,83. En el cultivo del tomate el mejor rendimiento agrícola fue de 87,03 t ha⁻¹, para una energía de salida (*Output*) de 69,62 GJ ha⁻¹, y un ingreso de 23 500.00 CUP ha⁻¹.

Palabras clave: energía; rendimiento agrícola; eficiencia energética; condiciones protegidas.

Abstract

The research was carried out in the Agricultural Collective Unit “Cultivos Protegidos”,

belonging to the Agricultural Company “Paquito Rosales Benítez” of the Yara municipality, in Granma province. The objective of the article is to evaluate the energy balance of three crops - tomato (*Lycopersicon esculentum* M.), pepper (*Capsicum annuum* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.)- under protected conditions. The result for the cultivation of pepper is a direct and indirect energy use of 13,80 and 10,31 GJ ha⁻¹ respectively, for an input energy (*Input*) of 24,11 GJ ha⁻¹. The tomato crop presented an energy efficiency coefficient (*Ratio*) of 3.83 and a net energy utilization coefficient (*NER*) of 2,83. In the tomato crop, the best agricultural yield was 87,03 t ha⁻¹, for an energy *Output* of 69,62 GJ ha⁻¹, for an income of 23 500.00 CUP ha⁻¹.

Keywords: energy; agricultural yield; energy efficiency; protected conditions.

Introducción

En Cuba, los cultivos hortícolas establecidos bajo condiciones protegidas constituyen una tecnología prometedora para asegurar su suministro fresco al turismo y la población. Esta tecnología tiene como objetivo la producción de posturas y hortalizas dentro de casas de cultivo, que permiten proteger a las plantas de la incidencia de radiación solar, las altas temperaturas generadas por ella y de las lluvias propias del trópico.

Entre estos cultivos se pueden citar el tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), el pimiento (*Capsicum annuum* L.) y el pepino (*Cucumis sativus* L.). Hay que destacar, dentro de estos cultivos, el tomate que es la hortaliza más extensamente cultivada en el mundo, con un rendimiento promedio de 28 t ha⁻¹, señalando que este representa alrededor del 40% de la superficie; aunque en menor proporción se comportan de la misma forma el pimiento y el pepino, todos representando con su presencia componentes frecuentes en la cocina como condimentos por su excelente sabor y su alto contenido de proteínas, azúcares y vitaminas, por lo que su demanda aumenta continuamente y, con ella, su producción, cultivo y comercio

(Casanova, 2007).

La agricultura que se establece hoy en día está condicionada, en gran medida, por la cantidad de labores que se realizan; estas, en vez de aumentar la eficiencia del proceso, encarecen los costos por el elevado consumo de combustibles, dando lugar a un consumo de energía por encima de las potencialidades de las empresas agropecuarias, donde el uso de la maquinaria, el combustible y los fertilizantes conllevan a un elevado consumo de energía (Cadena & Zermeño, 2004; Hatirli et al., 2006).

La agricultura moderna está basada en la tecnificación y en un alto uso de insumos externos con el objetivo de maximizar el rendimiento de los cultivos. Esto ha aumentado considerablemente la utilización de energía, principalmente proveniente de fuentes fósiles que, en la actualidad, se están convirtiendo en un recurso escaso. Esto avizora la utilización de una agricultura sustentable que requiere preservar el ambiente y los recursos naturales, con énfasis en técnicas que tengan una menor dependencia de insumos externos y tiendan a la conservación de los recursos (Altieri, 2002).

Las prácticas agrícolas deben conservar la energía fósil y priorizar el uso de energías renovables, donde la evaluación de la eficiencia energética constituye una herramienta necesaria, que permite valorar de qué manera intervienen los insumos en el sistema, con el propósito de buscar alternativas que mejoren la eficiencia en el uso de la energía. Las condiciones ambientales y las tecnologías modifican el balance de la energía y, consecuentemente, la eficiencia en su utilización; los distintos cultivos pueden tener una respuesta en su productividad variable ante el agregado de insumos, entre los que se encuentran los fertilizantes, semillas y pesticidas, los cuales ocasionan un elevado consumo de energía.

El uso de los fertilizantes puede tener valores por encima de 23 220 MJ ha⁻¹, con un 87%

por encima de la maquinaria, de los pesticidas y herbicidas en un 71 y 81% respectivamente, con relación a la mano de obra. Se considera que el uso de fertilizantes y pesticidas genera un elevado consumo de energía, ya que se tiene en cuenta la energía utilizada desde su fabricación hasta su aplicación (Olivet et al., 2014). Estos valores son similares a los obtenidos por Heller et al. (2003). La energía eléctrica puede alcanzar valores por encima de 12 500 MJ ha⁻¹ (Rosales, 2018), y el uso de la maquinaria agrícola alrededor de los 25 614,67 MJ ha⁻¹.

Por otra parte, se ha puesto énfasis en lograr la reducción de emisiones de CO₂, la cual va asociada generalmente a un menor consumo de fertilizantes y productos químicos. Existen dos caminos para frenar esta cadena de incremento de emisiones de CO₂: producir la energía mediante fuentes renovables y reducir la demanda energética mediante el uso de equipos, técnicas y desarrollo más eficientes (Badii et al., 2016).

Según Mrini et al. (2002), al combustible le corresponde el 43% de las emisiones de CO₂, el 71% a las operaciones de labranza, el 30 y 12% al uso de los fertilizantes y la maquinaria. Masjuki et al. (2002), Jean -Baptiste y Ducroux (2003), estiman que la concentración de CO₂ durante las últimas décadas ha aumentado, siendo el uso de los combustibles fósiles el máximo promotor de estas emisiones.

En nuestro país, el desarrollo de estos cultivos hortícolas bajo condiciones protegidas, plantea la necesidad de evaluar, en la producción, además de los costos que genera la explotación de la técnica como se hace tradicionalmente, la eficiencia energética y el efecto medioambiental por unidad de producción, lo que permite obtener criterios que proporcionen información para producciones más limpias y sostenibles, lo que esto constituye, a corto plazo, un reto para todo el personal que está relacionado con esta actividad y carece de información y conocimientos acerca de los beneficios técnicos, económicos y ecológicos de este indicador. Por lo tanto, el objetivo

del artículo es evaluar el balance energético de tres cultivos -tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), el pimiento (*Capsicum annuum* L.) y el pepino (*Cucumis sativus* L.) -bajo condiciones protegidas.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la Unidad Colectivo Agropecuario “Cultivos Protegidos”, perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Paquito Rosales Benítez”, ubicada en Veguitas, municipio Yara, provincia Granma, compuesta por 31 casas de cultivo protegido, de ellas: 15 de 540 m² y 16 de 800 m². Los trabajos experimentales se realizaron en la casa número 19, en un *Fluvisol* (Hernández et al., 2019) para el establecimiento de los cultivos de tomate, pimiento y pepino. El método utilizado fue el analítico investigativo, que permitió evaluar las siguientes variables energéticas: energía de uso directo e indirecto, rendimiento energético del cultivo, energía *Input* y *Output*, *Ratio*, *NER*, así como las emisiones de CO₂ en tres campañas de fomentación para casas de cultivos.

Para realizar el balance energético se tuvieron en cuenta todas las actividades realizadas con los cultivos durante el ciclo productivo, las cuales sustentan la base de datos del cálculo que permitió determinar la eficiencia energética, por la metodología propuesta por (Bowers, 1992, pp. 118-121).

1. Cálculo de la Energía directa (E_d). Es aquella que está asociada a la mano de obra empleada, electricidad y animales de tiro en diferentes labores:

a) Energía asociada a la utilización de los animales de tiro (E_{da}) (MJ ha⁻¹)

$$E_{da} = \frac{E_a n_a}{C_{ta}} \quad (1)$$

Donde:

E_a, es el equivalente energético del trabajo animal (5,05 MJ h⁻¹) (Ozkan et al., 2004, p.42)

n_a , es la cantidad de animales que participan en una determinada labor.

C_{ta} , es la capacidad de trabajo de los animales ($ha\ h^{-1}$).

b) Energía asociada al consumo de electricidad (E_{de}) ($MJ\ ha^{-1}$)

$$E_{de} = C_c E_{eg} \quad (2)$$

Donde:

C_c , es el consumo de electricidad ($kW\ ha^{-1}$)

E_{ee} , es el equivalente energético de la electricidad ($11,93\ MJ\ kWh^{-1}$) (Mandal et al., 2002, pp. 337-145)

c) Energía asociada con la mano de obra empleada (E_{dh}) ($MJ\ ha^{-1}$)

$$E_{dh} = \frac{E_h n_{ob}}{C_{tob}} \quad (3)$$

Donde:

E_h , es el equivalente energético del trabajo humano ($1,96$ para el hombre)

C_{nob} , es la cantidad de obreros que participan en una determinada labor

C_{tob} , es la capacidad de trabajo de los obreros agrícolas ($ha\ h^{-1}$)

Calculo de la Energía indirecta (E_i). Es aquella que se emplea en la utilización de la maquinaria y de los insumos de producción, esto es:

a) Energía de uso indirecto asociada a la utilización de la maquinaria (E_{imq}) ($MJha^{-1}$)

$$E_{imq} = \frac{m_{eq}[E_f(1 + (E_r/100)) + E_t]}{V_u} \times \frac{10}{a_t v_{tr}} \quad (4)$$

Donde:

E_f , es el factor energético debido a la fabricación del equipo ($87\ MJ\ kg^{-1}$) (Bowers, 1992, pp. 121-124)

E_r , es el factor energético en reparación y mantenimiento (%)

E_t , es el factor energético debido al transporte del equipo desde la fábrica (88 MJ kg^{-1})

Meq , es la masa del equipo (kg)

V_u , es la vida útil del equipo (h)

a_t , es la anchura de trabajo del equipo (m)

V_{tr} , es la velocidad real de trabajo (km h^{-1})

Los valores del factor energético correspondiente a reparación y mantenimiento de los equipos mecánicos utilizados, junto con sus correspondientes vidas útiles, se toman de Bowers (1992) y Cadena y Zermeño (2004).

b) Energía de uso indirecto relacionada con los insumos de producción (E_{iin}) (MJ ha^{-1}).

$$E_{iin} = D_s E_{ein} \quad E_{iin} = D_s E_{ein} \quad (5)$$

Donde:

D_s , es la dosis de insumo (kg ha^{-1} o L ha^{-1}).

E_{ein} , es el equivalente energético de los insumos

En la tabla 1 se muestran los equivalentes energéticos de los insumos empleados.

Tabla 1. Energía equivalente a los insumos en (MJ kg^{-1})

Concepto	Factor Conversión	Fuente
Nitrógeno (N)	47,10	(Gezer et al., 2003)
Fósforo (P)	15,80	(Gezer et al., 2003)
Potasio (K)	9,28	(Gezer et al., 2003)
Dual Gold	239	(Hernández, 2018)
Semilla de tomate	0,80	(González et al., 2011)
Semilla de pimiento	1,52	(Chamsing et al., 2006)
Semilla de pepino	0,80	(Jenssen, 2003)

Fuente: Elaboración propia.

2. *Energía total consumida (Input) del proceso (GJ ha^{-1})*

$$E_{Input} = E_d + E_i \quad (6)$$

Donde:

E_{Input} , energía de entrada (*Input*) del proceso (GJ ha^{-1})

E_d , energía directa del proceso ($GJ\ ha^{-1}$)

E_i , energía indirecta del proceso ($GJ\ ha^{-1}$)

3. Energía total (*Input*) consumida por unidad de producto ($GJ\ kg^{-1}$)

$$E_{Input-rend.} = \frac{E_{Input}}{R_{ac}} \quad (7)$$

Donde:

R_{ac} , es el rendimiento del cultivo, ($t\ ha^{-1}$)

5. Cálculo del coeficiente de relación energética del cultivo (*Energy Ratio*) (E_{rc}).

$$E_{rc} = \frac{O_{ecs}}{I_{ecs}} \quad E_{rc} = \frac{O_{ecs}}{I_{ecs}} \quad (8)$$

Donde:

O_{ecs} , es la energía contenida (salida) en el cultivo producido ($GJ\ ha^{-1}$).

I_{ecs} , es la energía consumida (entrada) en el cultivo ($GJ\ ha^{-1}$).

6. Cálculo del coeficiente de eficiencia de energía neta del cultivo (*NER*).

$$NER = \frac{O_{ecs} - I_{ecs}}{I_{ecs}} \quad NER = \frac{O_{ecs} - I_{ecs}}{I_{ecs}} \quad (9)$$

Donde:

O_{ecs} , es la energía contenida (salida) en el cultivo producido ($GJ\ ha^{-1}$)

I_{ecs} , es la energía consumida (entrada) en el cultivo ($GJ\ ha^{-1}$).

7. Cálculo de emisiones de dióxido de carbono (ECO_2) a la atmósfera.

Actualmente se prefiere expresar la energía consumida (*Input*) y la asociada al producto obtenido (output) de un sistema de producción agrícola en términos de unidades de dióxido de carbono equivalente ($kg\ ECO_2$), en vez de hacerlo en unidades de energía.

a) Relación entre el dióxido de carbono asociado al producto obtenido y el asociado a los insumos (E_{CO_2})

$$E_{CO_2} = \frac{C_{O_{ecs}}}{C_{I_{ecs}}} \quad (10)$$

$$C_{O_{ecs}} = O_{ecs} EqCO_2 \quad (11)$$

$$C_{I_{ecs}} = I_{ecs} EqCO_2 \quad (12)$$

$$E_{CO_2}$$

Donde:

$EqCO_2$ -es el equivalente de las emisiones de CO_2 (73,95 kg E_{CO_2}) (Lal, 2005, p. 137)

b) Coeficiente de eficiencia de reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2).

$$NER_{CO_2} = \frac{C_{O_{ecs}} - C_{I_{ecs}}}{C_{I_{ecs}}} \quad NER_{CO_2} = \frac{C_{O_{ecs}} - C_{I_{ecs}}}{C_{I_{ecs}}} \quad (13)$$

Análisis y discusión de los resultados

Análisis de la energía de uso directa

En la tabla 2 aparecen los factores relacionados con el uso de la energía directa para los cultivos evaluados, notificando con la mayor cantidad de energía al pimiento con un valor de 13,80 GJ ha⁻¹, superior en 9,04 y 4,50 GJ ha⁻¹ a los obtenidos por el pepino y tomate, respectivamente; resaltando que las diferencias en cuantía estuvieron dadas por los valores asociados a la utilización de la energía humana, debido a que en estas instalaciones en su generalidad todas las labores se realizan de forma manual, destacando que los valores del pimiento, tomate y pepino, representan el 96,4; 95,7 y 75,6 % respectivamente, en relación con el total. Estos valores superan a los alcanzados por Ramos (2016) en el cultivo del pimiento.

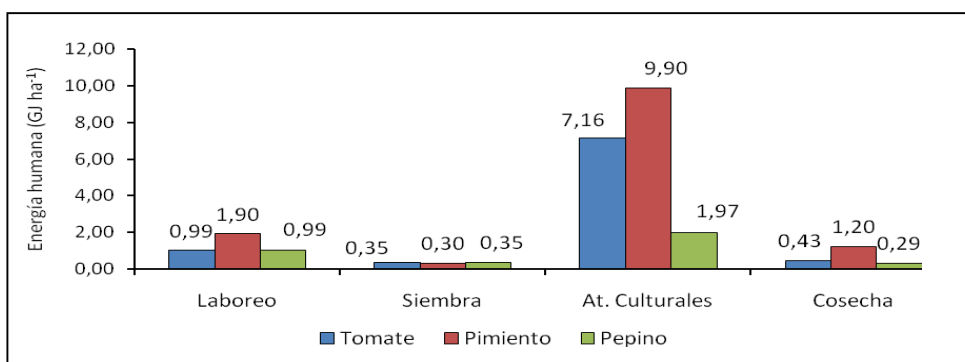
Tabla 2. Energía de uso directo de los cultivos (GJ ha⁻¹)

Tipo de energía	Cultivos		
	Tomate	Pimiento	Pepino
Humana	8,90	13,30	3,60
Tracción animal	0,20	0,30	0,20
Electricidad	0,20	0,20	0,96
Energía total	9,30	13,80	4,76

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de este consumo de energía se destaca la fuerza humana en los tres cultivos, siendo más notorio en el cultivo del pimiento con 13,30 GJ ha⁻¹, en el que se evidencia las atenciones culturales (figura 1) como la actividad de mayor consumo (9,90 GJ ha⁻¹) en relación con el laboreo del suelo, siembra y cosecha, así como las que se relacionan con los cultivos del tomate y pepino, respectivamente. Estos resultados coinciden con los alcanzados en estos cultivos por investigadores de carácter nacional, los cuales manifiestan que es la energía asociada a la fuerza humana como el factor de más incidencia en relación con el total de consumo de energía directa después del combustible, debido a la cantidad de atenciones que hay que desarrollar para mantener los cultivos en sus estados productivos durante gran período, garantizando varias cosechas en el año.

Figura. 1. Energía de uso directa asociada a la fuerza humana



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de la energía de uso indirecto

En la tabla 3 se muestra el consumo de energía de uso indirecto, en que el cultivo del pimiento alcanzó valor de 10,31 GJ ha⁻¹, siendo superior en 1,46 y 0,17 GJ ha⁻¹ a los resultados obtenidos por el tomate y pepino, respectivamente, incidiendo en este la energía vinculada a los productos químicos y biológicos. No sucede así para el uso del fertilizante, el cual mostró un consumo de 7,60 GJ ha⁻¹ por igual en los tres cultivos evaluados, lo que representa el 85,9; 73,7 y 75% del total.

Los valores alcanzados se corresponden con los obtenidos por Parra et al. (2017), los cuales señalan que el empleo de nitrógeno contribuye a un elevado consumo de energía, ya que la fabricación de fertilizantes, principalmente el nitrógeno, libera casi la misma cantidad de carbono que el consumo de combustibles fósiles en labores agrícolas. No obstante, están por debajo de los alcanzados por Tamayo (2020) en el cultivo del pimiento, pepino y tomate.

Tabla 3. Energía de uso indirecto de los cultivos (GJ ha⁻¹)

Tipo de energía	Cultivos		
	Tomate	Pimiento	Pepino
Maquinaria	0,01	0,01	0,01
Semilla	0,25	0,30	0,30
Productos químicos y biológicos	0,99	2,40	2,23
Fertilizantes	7,60	7,60	7,60
Energía total	8,85	10,31	10,14

Fuente: Elaboración propia.

Análisis del balance energético de los cultivos

En la tabla 4 aparecen reflejados los valores obtenidos relacionados con la energía de entrada (*Input*) producto de la suma de la energía directa e indirecta, en que el cultivo del pimiento alcanzó el mayor consumo de esta energía con un valor de 24,11 GJ ha⁻¹, superando en

25 y 38% a la energía consumida por el cultivo del tomate y pepino respectivamente, resultados superiores a los alcanzado por Ramos (2016) en el cultivo del pimiento.

Por otra parte, al analizar la energía en función del rendimiento agrícola, el cultivo del pimiento continuó reportando el mayor consumo ($0,67 \text{ GJ t}^{-1}$), 69 y 49 % superior a la energía consumida por el cultivo del tomate y pepino con valores de $0,21$ y $0,34 \text{ GJ t}^{-1}$ respectivamente; sin embargo, cuando se analiza el consumo de energía de salida (*Output*) producto de la multiplicación del rendimiento agrícola por su equivalente energético, el cultivo del tomate muestra el mejor valor ($69,62 \text{ GJ ha}^{-1}$), siendo 21 y 50% superior a la energía de salida alcanzada por el pimiento y el pepino, respectivamente.

Es evidente que la producción del cultivo del tomate en casa de cultivo protegido superó a los demás cultivos, así como a los valores alcanzados por Ramos (2016), Tamayo (2020) y Torres (2020) en cultivos similares a los estudiados. Este cultivo reporta un coeficiente de eficiencia energética (*Ratio*) de 3,83 y para el cultivo del pimiento y pepino fue de 2,28 y 2,37, respectivamente.

El cultivo del tomate tuvo una eficiencia energética (*NER*) de 2,83 y para el cultivo del pimiento y pepino fue de 1,28 y 1,37, respectivamente. Hay que señalar que los resultados indicados para los tres cultivos son catalogados de buenos, siendo el tomate el de mejor comportamiento.

Tabla 4. Balance energético de los tres cultivos

Tipo de energía	U/M	Cultivos		
		Tomate	Pimiento	Pepino
Energía de entrada (<i>Input</i>) por unidad de superficie	GJ ha^{-1}	18,15	24,11	14,90
Energía de entrada (<i>Input</i>) por rendimiento agrícola	GJ t^{-1}	0,21	0,67	0,34
Energía de salida (<i>Output</i>)	GJ ha^{-1}	69,62	54,87	35,26
Coefficiente de relación energética (<i>Ratio</i>)	-	3,83	2,28	2,37

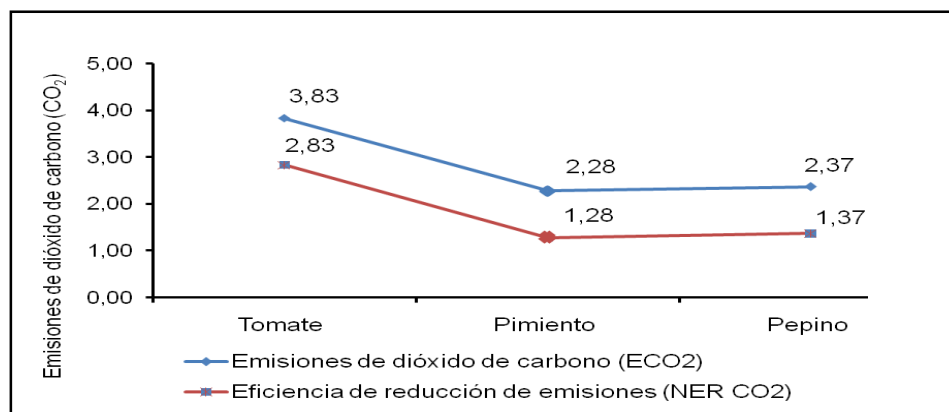
Eficiencia energética neta (<i>NER</i>)	-	2,83	1,28	1,37
---	---	------	------	------

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera

En figura 2 se reflejan los valores de CO₂ emitidos a la atmósfera para los tres cultivos, en los que se comprobó que la mejor relación de salida y entrada de la cantidad de dióxido de carbono (ECO₂) y la sostenibilidad de emisiones de dióxido de carbono (NER CO₂) correspondieron al cultivo del tomate con valores de 3,83 y 2,83 kgCO₂E GJ⁻¹, respectivamente. Estos resultados son análogos a los obtenidos en unidades de energía, ya que estas se transforman en las anteriores multiplicándolas por una constante que es de 73,95 kgCO₂E GJ⁻¹. Estos resultados se corresponden con los alcanzados por Tamayo (2020).

Figura. 2. Emisiones de CO₂ a la atmósfera

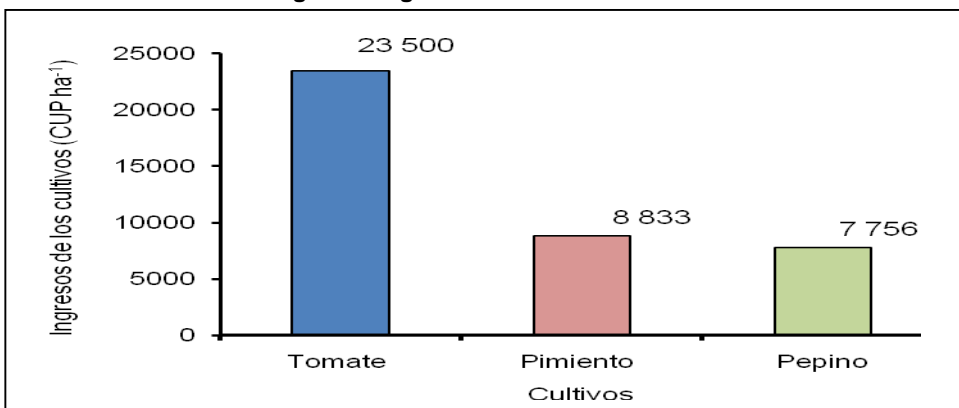


Fuente: Elaboración propia.

Valoración económica

En la figura. 3 se muestran los ingresos económicos por unidad de superficie de los tres cultivos estudiados; el cultivo del tomate mostró el mejor resultado económico de 23 500.00 CUP ha⁻¹, 63 y 67 % superior a los valores alcanzados por el cultivo de pimiento y pepino, respectivamente. Es evidente que el rendimiento agrícola de 87,03 t ha⁻¹ alcanzado por el cultivo del tomate facilitó el mejor ingreso en relación con los demás cultivos, con rendimientos de 36,1 y 44,07 t ha⁻¹.

Figura 3. Ingresos de los tres cultivos



Fuente: Elaboración propia.

Los ingresos del cultivo del tomate superan a los alcanzados por los cultivos de pimiento y pepino, debido al precio que se gestiona de este cultivo en el mercado nacional, el cual alcanza los 90.00 CUP·L-1 en los momentos actuales. Este valor contribuye al incremento salarial de los trabajadores, quienes cobran por resultado.

Conclusiones

1. El cultivo de pimiento presentó el mayor consumo de energía de uso directa e indirecta, con un valor de 13,80 y 10,31 GJ ha⁻¹, seguido de los cultivos tomate y pepino, respectivamente.
2. Con el cultivo del pimiento se alcanzó el mayor consumo de energía de entrada (*Input*) de 24,11 GJ ha⁻¹, 25 y 38 % superior a la consumida por los cultivos del tomate y pepino, respectivamente.
3. La energía de salida (*Output*) fue mejor en el cultivo del tomate, con valor de 69,62 GJ ha⁻¹ en relación con el pimiento y pepino.
4. El cultivo del tomate reportó el mejor comportamiento del coeficiente de eficiencia energética (*Ratio*) con valor de 3,83 y coeficiente de utilización de la energía neta (*NER*) de 2,83 en relación con el pimiento y pepino.

5. Las emisiones de dióxido de carbono presentaron un mejor valor en el cultivo del tomate de 3,83 y 2,83 kgCO₂E GJ⁻¹, respectivamente.

6. El cultivo del tomate mostró el mejor rendimiento agrícola (87,03 t ha⁻¹), lo que condujo a obtener un ingreso de 23 500.00 CUP ha⁻¹.

Referencias bibliográficas

Altieri, M. A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. *Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable*, 27-34.

http://www.redgtd.org/CENTRODOC/BD_ARCHIVOS/Altieri_Agroecologia_principios_Produccion_Sustentable_2001.pdf

Badii, M. H., Guillen, A. & Abreu, J. L. (2016). Energías Renovables y Conservación de Energía (Renewable Energies and Energy Conservation). *Daena: International Journal of Good Conscience*, 11(1), 141-155. [http://www.spentamexico.org/v11-n1/A12.11\(1\)141-155.pdf](http://www.spentamexico.org/v11-n1/A12.11(1)141-155.pdf)

Bowers, W. (1992). Agricultural field equipment. pp.117-129. En: Fluck, R.C. (1992). *Energy in Farm Production*. Elsevier.

<https://www.sciencedirect.com/book/9780444886811/energy-in-farm-production>

Cadena, M., Gaytán, T. & Zermeño, A. (2004). Desempeño de implementos de labranza en términos de consumo de energía y calidad de trabajo. *Revista Agraria-Nueva Epoca*, 1(3). <https://www.iis.unam.mx/wp-content/uploads/2020/10/Cadena-Zapata-et-al.-2004.pdf>

Casanova, A. (2007). *Manual para la producción protegido de hortalizas* (2da ed.). Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova (IIHLD).

- Chamsing, A., Salokhe, V. & Singh, G. (2006). Energy Consumption Analysis for Selected Crops in Different Regions of Thailand. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, III.
<https://ecommons.cornell.edu/server/api/core/bitstreams/691025b4-51cf-4dc7-a499-4a0db060fa1e/content>
- Gezer, I., Acaroglu, M. & Haciseferogullari, H. (2003). Use of energy and labour in apricot agriculture in Turkey. *Biomass and Bioenergy*, 24 (3), 215-219.
[https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(02\)00116-2](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00116-2)
- González, I., Arias, Y., Quiñones, M., Miranda, I., Rodríguez, Y. & Peteira, B. (2011). Variabilidad molecular de genotipos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) del programa de mejoramiento genético para la resistencia a PVY. *Revista de Protección Vegetal*, 26(2), 69-73. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522011000200001
- Hatirli, S. A., Ozkan, B. & Fert, C. (2006). Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renewable Energy*, 31(4), 427-438.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.04.007>
- Heller, C., Keoleian, G. A. & Volk, A. (2003). Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. *Biomass and Bioenergy*, 25(2), 147-165. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(02\)00190-3](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00190-3)
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D. & Castro, N. (2019). Clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1), a15-e15
<http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v40n1/1819-4087-ctr-40-01-e15.pdf>

- Hernández, M. M. (2018). *Sostenibilidad del frijol común (Phaseolus vulgaris L.) cultivares BAT-304 y Velazco Largo en la finca "San Ramón"* [Tesis de grado, Universidad Central Marta Abreu] <https://dspace.uclv.edu.cu/items/46521065-620e-46d0-bb69-73fc78794986>
- Jean-Baptiste, P. & Ducroux, R. (2003). Energy policy and climate change. *Energy Policy*, 31(2), 155-166. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00020-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00020-4)
- Jenssen, T. K. (2003). *Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertilizer production*. International Fertiliser Society. fertiliser-society.org › ... › Environment › Energy
- Lal, R. (2005). Soil erosion and carbon dynamics. *Soil and Tillage Research*, 81(2), 137-142. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.09.002>
- Mandal, K. G., Saha, K. P., Ghosh, P. K., Hati, K. M. & Bandyopadhyay, K. K. (2002). Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy*, 23(5), 337-345. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(02\)00058-2](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00058-2)
- Masjuki, H. H., Mahlia, T. M. I., Choudhury, I. & Rahaman, S. (2002). Potential CO₂ reduction by fuel substitution to generate electricity in Malaysia. *Energy Conversion and Management*, 43(6), 763-770. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(01\)00074-7](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(01)00074-7)
- Mrini, M., Senhaji, F. & Pimentel, D. (2002). Energy analysis of sugar beet production under traditional and intensive farming systems and impacts on sustainable agricultura. *Journal of Sustainable Agriculture.*, 20 (4). https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1300/J064v20n04_03

- Olivet, Y. E., Sánchez-Girón, V. & Parra, L. R. (2014). Balance energético de tres tecnologías de labranza en un *Vertisol* para el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(2), 35-40. <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586262040006.pdf>
- Ozkan, B., Akcaoz, H. & Fert, C. (2004). Energy input–output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 29 (1), 39-51. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00135-6](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00135-6)
- Parra, L. R., Hernanz, J. L. & Sánchez-Girón, V. (2017). Influencia de cuatro sistemas de laboreo en las propiedades físicas de un *Fluvisol* y en el balance energético en cultivos de raíces y tubérculos. *Revista Universidad & Ciencia*, 6(1), 65-81. <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/438>
- Ramos, A. L. (2016). *Balance energético del cultivo de pimiento (Capsicum annum L.) bajo condiciones protegidas*. [Tesis de grado, Universidad de Granma].
- Rosales, J. L. (2018). *Evaluación energética de tres sistemas de labranza en un Fluvisol para el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. [Tesis de grado, Universidad de Granma].
- Tamayo, J. L. (2020). *Balance energético del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.), bajo condiciones protegidas en el periodo 2019-2020*. [Tesis de grado, Universidad de Granma].
- Torres, A. L. (2020). *Evaluación de la preparación de suelo, para el cultivo del tomate (Lycopersicon esculentum M.) en la UBPC Antonio Maceo Grajales*. [Tesis de grado, Universidad de Granma].