

Original

Balance energético de la labranza para el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones protegidas

Energy balance of tillage for the cultivation of pepper (*Capsicum annuum* L.) under protected conditions

Jorge Luis Tamayo Pérez, estudiante de 5to año del grupo científico de Laboreo del Suelo y Energía Agrícola de la carrera de Ingeniería Agrícola, Departamento de Ingeniería Agrícola, Universidad de Granma, jtamayop@estudiantes.udg.co.cu

Dr. C. Alfonso Enrique Ortiz Rodríguez, Profesor Titular del Departamento de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad de Granma, aortizr@udg.co.cu

Recibido: 2 de diciembre de 2019 / Aceptado: 8 de febrero de 2020

Resumen

La investigación se desarrolló en la Unidad Empresarial de Base "Cultivos Protegidos y Semiprotegidos" perteneciente a la Empresa Agropecuaria "Paquito Rosales Benítez" de Veguitas, municipio Yara, provincia Granma. El objetivo del trabajo fue evaluar a través de la metodología propuesta por Bowers (1992) el balance energético del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en *Fluvisol*. La energía de uso directo asociada a la labranza fue de 1 267,6 MJ ha⁻¹, en la que el 50,1 y 39,8 % estuvieron relacionadas al combustible y la fuerza humana. La energía de uso indirecto la cual tuvo un comportamiento de 1315,7 MJ ha⁻¹ asociando el mayor porcentaje a la labor de gradeo que fue de 60,5 %, siendo el acanterado la de menor incidencia reportando el 5% del total. El proceso productivo de labranza incurrió en un gasto de 634,9 CUP, incidiendo en mayor cuantía el gasto por concepto de salario que representó el 96,1% del total.

Palabras claves: combustible, gradeo, gasto, fuerza humana

Abstract

The investigation developed in the Entrepreneurial Unit of Base Cultivos Protected and Semiprotegidos" perteneciente to the Empresa Agropecuaria Paquito Rosales Benítez" of Veguitas, municipality Yara, province Granma. The objective of work was to evaluate through the methodology proposed by Bowers (1992) the energetic balance of the

cultivation of pepper (*Capsicum annuum* L.) in *Fluvisol*. The energy of direct use once cultivation was associated too went from 267.6 MJ ha⁻¹, in her than the 50.1 and 39.8 %, they were connected to fuel and the human force. The energy of indirect use which had 1315.7 MJ ha⁻¹ behavior associating the bigger percentage to gradeo's work has q you went from 60.5 %, being the cantered give it minor incidence yielding 5 % of the total. The productive process of cultivation incurred in 634.9 CUP expense, having an effect on bigger quantity the expense by way of salary that you represented 96.1 % of the total.

Key words: fuel, grade, expense, human strength

Introducción

Los cultivos protegidos consisten en la utilización de las llamadas “casas de tapado” que permiten la producción de hortalizas todo el año, especialmente en los meses más cálidos y de sol intenso. Esta forma de producción es importante por asegurar el suministro de hortalizas frescas de alta calidad al mercado de frontera, turismo y población, por tal razón en el mundo se reconoce como una tecnología agrícola de avanzada (Manual para la producción protegida de hortalizas, 2018).

El nivel de desarrollo tecnológico alcanzado por la agricultura que se practica en un determinado lugar está condicionado, en gran medida, por la cantidad de energía que se consume por unidad de superficie cultivada. Por ejemplo, el combustible, la maquinaria, los fertilizantes, las semillas y los productos químicos son los factores de producción que conllevan la mayor parte del consumo total de energía asociado a un determinado sistema productivo (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, donde la evaluación de la eficiencia energética constituye una herramienta necesaria, que permite valorar de qué manera intervienen los distintos insumos en el sistema con el propósito de buscar alternativas que mejoren la eficiencia en el uso de la energía (Saradón, 2009).

Por ser el sistema de producción de cultivos protegidos relativamente nuevo y de características diferentes a la producción abierta, en la mayoría de estas instalaciones en nuestro país se carece de tractores e implementos para realizar la labranza, realizándose con la tracción animal. Tal es el caso de la Empresa Agropecuaria “Paquito

Rosales Benítez” de Veguita, pero a partir del año 2018 en esta entidad se adquirió tractores de baja potencia con la gama de implementos, lo que ha permitido realizar la labranza utilizando la tracción mecánica en la mayor cantidad de labores, esto por supuesto ha influido en el comportamiento de la cuantía de energía directa e indirecta asociada a este proceso productivo, teniendo como objetivo de calcular la energía de uso directo e indirecto utilizando en gran medida la tracción mecánica para la labranza en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), en la Unidad Empresarial de Base Cultivos Protegidos y Semiprotegidos, perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Paquito Rosales Benítez”.

Materiales y métodos

Localización y caracterización del área experimental

La investigación se desarrolló en la UEB “Cultivos Protegidos y Semiprotegidos” (Figura 1 perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Paquito Rosales Benítez” ubicada en Veguita, provincia Granma. El experimento se realizó en la casa número 22 de un área de 0,054 ha (540 m²) en *Fluvisol* (ONE,2006).



Figura 11. UEB Cultivos Protegidos y Semiprotegidos. Empresa Agropecuaria “Paquito Rosales Benítez”.
Veguita.

Metodología de investigación

Para realizar el mismo se tuvieron en cuenta una serie de actividades previa a la labranza, entre las que cabe señalar:

- ❖ Recogida de los restos de cosecha del cultivo anterior.
- ❖ Alza de cordeles de amarre de plantas.
- ❖ alza de conductos de riego.

La tecnología evaluada para realizar la labranza fue realizada combinando la forma de

tracción mecánica con la animal tal y como se refleja en la Figura 2.



Figura 2. Labores realizadas: a) Demolición; b) Descompactación; c) Gradeo; d) Rotovateado; e) Acanterado; f) Conformación de cantero.

Para realizar los cálculos se utilizó el procedimiento propuesto por (Bowers, 1992), el cual tiene en cuenta la energía directa e indirecta de los insumos que participan en las labores contempladas durante la labranza. A continuación se detallan las expresiones que permitieron calcular estas variables.

Cálculo de la energía de uso directo (E_d)

La energía directa en este caso es aquella que estuvo asociada a la mano de obra empleada, los animales utilizados, el consumo de energía eléctrica y de combustible vinculadas a la labranza, esto es:

a) Energía asociada al consumo de combustible (E_{dc}) (MJ ha^{-1})

$$E_{dc} = C_c E_{eg} \quad (1)$$

Donde:

C_c , es el consumo de combustible (L ha^{-1})

E_{eg} , es el equivalente energético del gasóleo (41 MJ L^{-1}) (Saunders *et al.*, 2006)

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

$$E_{de} = C_e E_e \quad (2)$$

Donde:

C_e , es el consumo de electricidad (kWh ha^{-1}).

E_e , Equivalente energético de la electricidad ($11,93 \text{ MJ kWh}^{-1}$) (Mandal *et al.* 2002; Singh *et al.* 2002; Ozkan *et al.* 2003; Yaldizet *al.* 1993).

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

$$E_{dh} = \frac{E_h n_{oa}}{C_{toa}} \quad (3)$$

Donde:

E_h , es el equivalente energético del trabajo humano en labores agrícolas ($1,96 \text{ MJ h}^{-1}$ y $1,57 \text{ MJ h}^{-1}$ para el hombre y la mujer respectivamente) (Mandalet *al.*, 2002).

n_{oa} , es la cantidad de obreros agrícolas que participan en una determinada labor.

C_{toa} , es la capacidad de trabajo de los obreros agrícolas (ha h^{-1}).

d) Energía asociada con los animales utilizados en labores de tiro (E_{da}) (MJ ha^{-1}).

$$E_{da} = \frac{E_a n_a}{C_{ta}} \quad (4)$$

Donde:

E_a , es el equivalente energético del trabajo animal ($5,05 \text{ MJ h}^{-1}$) (Ozkan *et al.*, 2004).

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}).

Cálculo de la energía de uso indirecto (E_i)

En este caso, se contabiliza como aquella que se asoció en la utilización de la maquinaria, la cual considera el indicador siguiente:

a) Energía de uso indirecto asociada a la utilización de la maquinaria (E_{imq}) (MJ ha^{-1}).

$$E_{imq} = \frac{m_{eq}[E_f(1+(E_r/100))+E_t]}{V_u} \times \frac{10}{a_t v_{tr}} \quad (5)$$

Donde:

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

E_r , es factor energético en reparación y mantenimiento (Tabla 1).

E_t , es el factor energético debido al transporte del equipo desde fábrica ($8,8 \text{ MJ kg}^{-1}$)

(Bowers, 1992).

m_{eq} , 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 ($km\ h^{-1}$).

Tabla 1. Factor energético correspondiente a reparaciones, mantenimiento, y vida útil de cada equipo.

Equipos	Energía de reparación (%)	Fuente	Vida útil (h)	Fuente
Tractor	49	Bowers, 1992	12 000	ASAE, 2006
Tiller	51	Guzmán <i>et al</i> , 2002	6 000	MINAG, 2018
Grada de disco	61	Bowers, 1992	6 000	MINAG, 2018
Rotovator	30	Guzmán <i>et al.</i> , 2002	6 000	MINAG, 2018
Acanterador	30	Guzmán <i>et al.</i> , 2002	6 000	MINAG, 2018
Mochila	26	Guzmán <i>et al.</i> , 2002	2 000	MINAG, 2018

Presentación y análisis de los resultados

Análisis de la energía de uso directo asociada a la labranza ($MJ\ ha^{-1}$)

En la Figura 3 se observan los factores relacionados con la energía de uso directo, la cual asumió un valor de $1\ 267,6\ MJ\ ha^{-1}$, estando la mayor cuantía asociada al combustible seguida de la relacionada a la fuerza humana, las cuales representaron el 50,1 y 39,8 %. Hay que destacar que este resultado relacionado con el combustible se corrobora con los obtenidos por varios investigadores en diferentes cultivos quienes afirman que alrededor del 77 % el consumo de energía corresponde a este insumo, así como la referida a la fuerza empleada coincide a las obtenidas por Ramos (2016) y García (2018) para este cultivo en el mismo lugar, quienes notificaron el 95,8 y 96,2 % del total respectivamente.

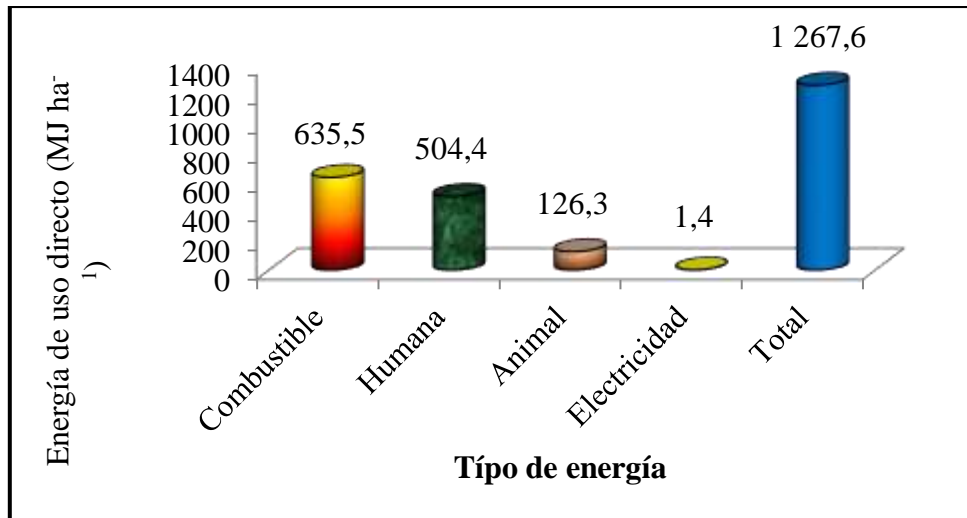


Figura 3. Energía de uso directo asociada a la labranza (MJ ha⁻¹).

Análisis de la energía de uso indirecto asociada a la labranza (MJ ha⁻¹)

Al observar la Figura 4, la energía de uso indirecto adquirió un valor de 1315,7 MJ ha⁻¹, estando la mayor cuantía asociada a la labor de gradeo realizada con el tractor SONALIKA y la rada 465 kg arrojando un valor de 788,3 MJ ha⁻¹ que representa el 59,9 % del total, seguida de la asociada a la labor de Rotovateado con valor de 145,5 MJ ha⁻¹, representando el 11,1 % destacando que la labor de demolición y descompactación asumieron el mismo valor de 181,1 MJ ha⁻¹, siendo la labor de acanterado realizada con tracción animal la que menor cantidad de energía aportó (19,7 MJ ha⁻¹) a este proceso productivo relacionado con la preparación de suelo.

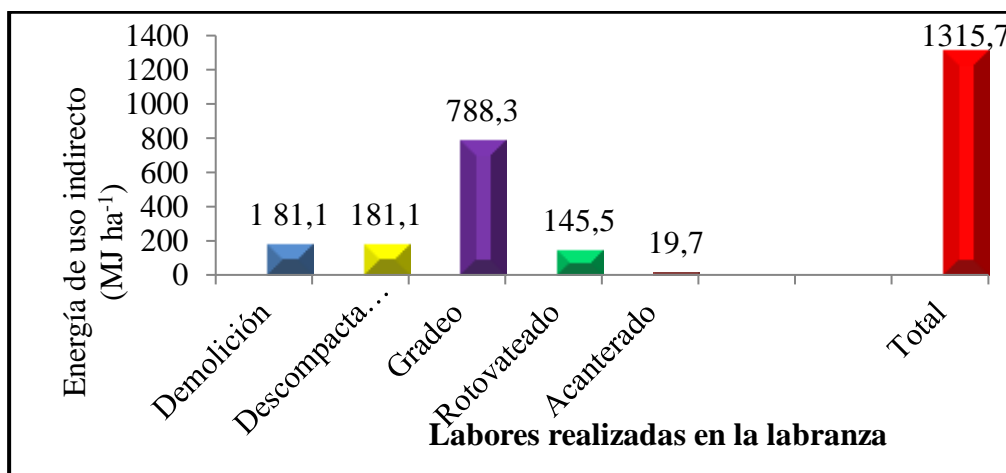


Figura 4. Energía de uso indirecto asociada a la labranza (MJ ha⁻¹).

Valoración económica

Como se muestra en la Figura 5, la casa donde se realizó la investigación incurrió en un gasto total de 641,29 CUP, incidiendo en mayor cuantía el gasto por concepto de salario que representó el 96,1% del total. En el anexo 4 aparece la base de datos que sustentan el cómputo de estos valores.

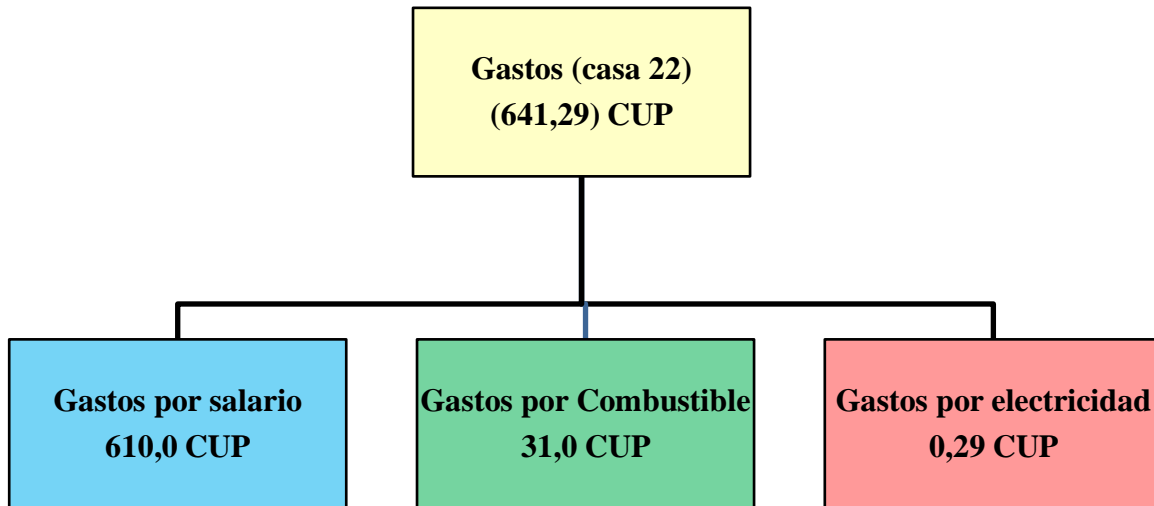


Figura 5. Relación de gastos de la labranza del cultivo del pimiento (CUP).

Conclusiones

1. La energía de uso directo arrojó un valor de 1 267,6 MJ ha⁻¹, estando asociada la mayor cantidad al combustible seguida de la relacionada a la fuerza humana, las cuales representaron el 62,7 % y 30,6 % respectivamente del total.
2. La energía de uso indirecto tuvo un comportamiento de 1315,7 MJ ha⁻¹, asociando el mayor porcentaje la labor de Gradeo con el 45,3 %, siendo el acanterado la que menor incidencia reportó con el 1,7 % del total.
3. El proceso productivo de labranza incurrió en un gasto de 641,29 CUP, incidiendo en mayor cuantía el gasto por concepto de salario que representó el 96,1% del total.

Referencias bibliográficas

- Aguerreberes, 1992. Política de utilización de la tracción animal, Folleto 13 pp. IIMA. La Habana. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 8/ 3/99. Pág. 83 - 85.
- Anuario Estadístico de la ONEI, 2017.
- Bowers, W., 1992. Agricultural field equipment. In: Fluck, R.C. (Ed.), Energy in World Agriculture. Energy in Farm Production, vol. 6. Elsevier, Amsterdam, pp. 117-129.

- Canakci, M., Akinci, I., 2006. Energy use pattern analyses of green house vegetable production. *Energy* 31. 1243-1256.
- Casanova, A.S. *et al.* 2007. Producción protegida de plántulas en cepellones.
- Cleveland, C.J., 1995. Resource degradation, technical change, and the productivity of energy use in US agriculture. *Ecological Economics*, 13, 185–201.
- Connie Henke Yarbrow, Margaret Hansen Frogge, Michelle Goodman (2005). *Cancer nursing: principles and practice*. Jones & Bartlett Learning. p. 682. ISBN 978-0-7637-4270-6.
- Flores, C.C.; Saradón, S.J. 2005. La energía en los agroecosistemas. Curso de Agroecología y Agricultura sustentable, Abasto, Buenos Aires, Argentina. 2005. Material editado en CD. Capítulo 4.1: p. 1-11.
- Guzmán, G.I., 2002. Productividad del Olivar ecológico y convencional del municipio Colomera (Granada). V Congreso de la SEAE y I Congreso Iberoamericano de Agroecología. La agricultura y ganadería ecológicas en un marco de diversificación y desarrollo Editores: SEAE y SERIDA, España, 16-12 de septiembre, Tomo I, pp. 623-632.
- Hatirli, A. S., Ozkan, B. and Fert, C., 2006. Energy in put sand crop yield relations hipin green house tomato production. *Renewable Energy* 31, 427-438.
- Heller, M.C., Keoleian, G.A., Volk, T.A., 2003. Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. *Biomass and Bioenergy* 25, 147–165.
- Infoagro, 2007. Hortalizas. Pimiento. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.html>. [Consultado: 14 de abril del 2019].
- Jaramillo N, J. E *et al.* 2012. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá: CORPOICA, 2012. 482 p.
- Kern, J.S. and Johnson, M.G., 1993. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. *Soil Sci. Soc. Am J.* 57, 200-210.
- Mandal, K. G., Saha, K. P., Ghosh, P. K., Hati, K. M., and Bandy, K. K., 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop productions y stems in central India. *Biomass and Bioenergy* 23 (2002) 337-345.
- Manual para la producción protegida de hortalizas, 2018.
- Maroto J V. 2008. Consumo de hortalizas y salud. *Agrícola Vergel*, ISSN-0211-2728, 315:

138-143.

Mora, J., Ramírez, C., Quirós, O., 2006. Análisis beneficio-costo y cuantificación de la energía invertida en sistemas de caficultora campesina en Puriscal, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 30 (2): 71-82.

NC 34-09:87. Gradados de púas y discos. Parámetros y dimensiones principales.

ONE, 2006. (Oficina Nacional de Estadística. Cuba). Clasificación genética de los suelos de Cuba.

OPEP, 2006. El mercado mundial del petróleo. Las estimaciones son que las regiones Productoras de petróleo aumentarán su producción entre 1997 y el 2005. OPEP. Los países miembros de la OPEP.

Ozkan B; Akcaoz, H; Karadeniz, F., 2003. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Convers Manage.*45:1821–30

Ozkan, B., Akcaoz, H. and Fert, C., 2004. Energy input-output in Turkish agriculture. University of Akdeniz, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Antalya 07058, Turkey. *Renewable Energy* 29, 39-51.

Perry, L. *et al.* (2007). «Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas». *Science* (315): pp. 986-988. Available in: <http://scholar.google.com/scholar?cluster=5723774509129214407>.

Ramos, A. L (2016). Balance energético del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones protegidas. Trabajo de diploma. Universidad de Granma. Cuba.

Saradón, S.J. 2009. ¿Es sustentable la producción de agro combustibles a gran escala? El caso del biodiesel en Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología*, v. 4, n. 1, p. 4-17, 20.

Saradón, S.J., 2002. *La agricultura como actividad transformadora del ambiente*. El impacto de la Agricultura intensiva de la revolución Verde. En *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas. Capítulo 1, p. 23-47.

Singh, H., Mishra, D., Nahar, N.M., 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in Arid Zone India—Part I. *Energy Conversation Management*.

Swanton, C.J., Murphy, S.D., Hume, D.J., Clements, D.R., 1996. Recent improvements

in the energy efficiency of agriculture: case studies from Ontario, Canada. *Agric. Syst.* 52 (4.), 399–418.

Yaldiz, O., Oztürk, H.H., Zeren, Y., Bascentincelik, A., 1993. Energy use in field crops of Turkey Fifth International Congress of Agricultural Machinery and Energy.