

Original

**Balance energético de la labranza para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) en la UEB Cultivos protegidos y semiprotegidos de Veguitas**  
**Energy balance of tillage for the cultivation of tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*) in the UEB Protected and semiprotected crops of Veguita**

Carlos Manuel Romero Salazar, 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, [cromeros@estudiantes.udg.co.cu](mailto:cromeros@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](mailto:aortizr@udg.co.cu)

Recibido: 22 de septiembre de 2019 / Aceptado: 7 de enero 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 Veguita, municipio Yara, provincia Granma. El objetivo del trabajo fue evaluar a través de la metodología propuesta por Bowers (1992) la energía de uso directo e indirecto asociada a la labranza del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum M.*) en *Fluvisol*. La energía de uso directo arrojó un valor de 784,9 MJ ha<sup>-1</sup>, 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. Así como la energía de uso indirecto tuvo un comportamiento de 338,1 MJ ha<sup>-1</sup>, asociando el mayor porcentaje la labor de rotovateado con el 45,3 %, siendo el acanterado la que menor incidencia reportó con el 1,7 % 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:** acanterado; combustible; fuerza humana; rotovateado

**Abstract**

The investigation was the developed in the Unit of Base "Protected Cultivations and protected" Semi belonging to the Agricultural Company "Paquito Rosales Benítez" of Veguita, municipality Yara, county Granma. The objective of work was to evaluate through

the proposed methodology for Bowers (1992) the energy of direct and indirect use once the cultivation of the cultivation of tomato (*Lycopersicon esculentum M.*) was associated to in *Fluvisol*. The energy of direct use yielded value 784,9 MJ ha<sup>-1</sup>, being once the fuel followed of the related by force was associated to the bigger quantity human, which represented the 62,7 % and 30,6 % respectively of the total. You had 338,1 MJha<sup>-1</sup> behavior as well as the energy of indirect use is, correlating the bigger percentage rotovateado's work with the 45.3 %, being the acanterado the one that minor incidence yielded with 1,7 % of 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:** cantered; fuel; human strength; remover

### **Introducción**

La producción de cultivos bajo sistemas protegidos es una de las técnicas más modernas que se utilizan actualmente en la producción agrícola. La ventaja del sistema de casas sobre el método tradicional a cielo abierto, es que, bajo estas, se establece una barrera entre el medio ambiente externo y el cultivo. Esta barrera imita un microclima que permite proteger el cultivo del viento, lluvia, plagas, enfermedades, hierbas y animales; a la vez que permite al agricultor inspeccionar la temperatura, la cantidad de luz y aplicar efectivamente control químico y biológico en el cultivo (Fernández 2017).

A escala mundial el cultivo protegido se reconoce como una tecnología agrícola avanzada que puede influir eficazmente en la producción de hortalizas frescas durante todo el año, la importancia del mismo ha ido en aumento en la medida que los productores han dominado la tecnología y obtenido resultados satisfactorios. El cultivo protegido en Cuba constituye una tecnología provisora para extender el calendario de producción de las tradicionales hortalizas, asegurando altos y estables rendimientos y el suministro fresco al turismo y la población. Los mercados son cada vez más exigentes en cuanto a la calidad, inocuidad, presentación y certificación de los productos agrícolas. Debido a esto y a los avances tecnológicos, se ha incrementado el uso de cubiertas en la agricultura, ya que esta herramienta permite modificar parcial o totalmente las condiciones climáticas y del ciclo del cultivo (Casanova *et al.*, 2007).

El tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) es uno de los cultivos hortícolas con más

demanda en Cuba ya que representa el 40% de las áreas de producción hortícola en nuestro país y ocupa una gran importancia porque además de destinarse como consumo a la población deberá asegurar la materia prima de la capacidad conservera instalada para su procesamiento además de que en cuanto a su contenido nutricional es una de las hortalizas que poseen vitaminas y minerales que más demanda presenta en la alimentación humana (Salgado 1998).

Por ser el sistema de producción de cultivos protegidos relativamente nuevos 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 en cuenta estos razonamientos, se ha hecho necesario realizar un estudio energético de los insumos que participan en las labores de la labranza para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas en esta empresa, teniendo como objetivo de trabajo calcular la energía de uso directo e indirecto utilizando en gran medida la tracción mecánica para la labranza en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*), 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 10 de un área de 0,08 ha (800 m<sup>2</sup>) en *Fluvisol* (ONE, 2006).



Figura 1. 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 tracción animal, tal y como se refleja en la Tabla 1; Figura 2.

Tabla 1. Labores contempladas en la labranza

No.	Labores	Fuente energética	Apero
1	Eliminación de malezas	Tractor SONALIKA	Tiller flexible
2	Gradeo	Tractor SONALIKA	Grada de discos 430 kg
3	Rotovateado	Tractor SONALIKA	Rotovator SL-165
4	Trazado de cantero	Yunta de bueyes	Surcador- acanterador
5	Conformación de cantero	Fuerza humana	Azada y rastrillo

Fuente: MINAG., 2018

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 (Ed)

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:



Figura 2. Labores realizadas: a y b) Eliminación de malezas) Gradeo; d) Rotovateado; e) Trazado de cantero; f) Conformación de cantero.

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

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

Donde:

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

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

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

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

Donde:

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

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

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

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

Donde:

$E_h$ , es el equivalente energético del trabajo humano en labores agrícolas (1,96 MJ h<sup>-1</sup> y 1,57 MJ h<sup>-1</sup> para el hombre y la mujer respectivamente) (Mandal *et 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<sup>-1</sup>).

d) Energía asociada con los animales utilizados en labores de tiro ( $E_{da}$ ) (MJ ha<sup>-1</sup>).

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

Donde:

$E_a$ , es el equivalente energético del trabajo animal (5,05 MJ h<sup>-1</sup>) (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<sup>-1</sup>).

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<sup>-1</sup>).

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

Donde:

$E_f$ , es el factor energético debido a la fabricación del equipo (87 MJ kg<sup>-1</sup>) (Bowers, 1992).

$E_r$ , es factor energético en reparación y mantenimiento (Tabla 2).

$E_t$ , es el factor energético debido al transporte del equipo desde fábrica (8,8 MJ kg<sup>-1</sup>) (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<sup>-1</sup>).

Tabla 2. 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 discos	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

### Presentación y análisis de los resultados

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

En la Figura 3 se observan los elementos vinculados con la energía de uso directo, la cual asumió un valor total de  $784,9 \text{ MJ ha}^{-1}$ , estando la mayor cuantía asociada al consumo de combustible de los conjuntos tractor-apero que intervinieron en las diferentes labores realizadas en la labranza, así como a la fuerza humana empleada, representando el 62,7 % y 30,6 % respectivamente del total. Hay que destacar que este resultado relacionado con el combustible se corrobora con los obtenidos por varios investigadores a nivel nacional e internacional en diferentes cultivos quienes afirman que alrededor del 77 % el consumo de energía corresponde a este insumo.

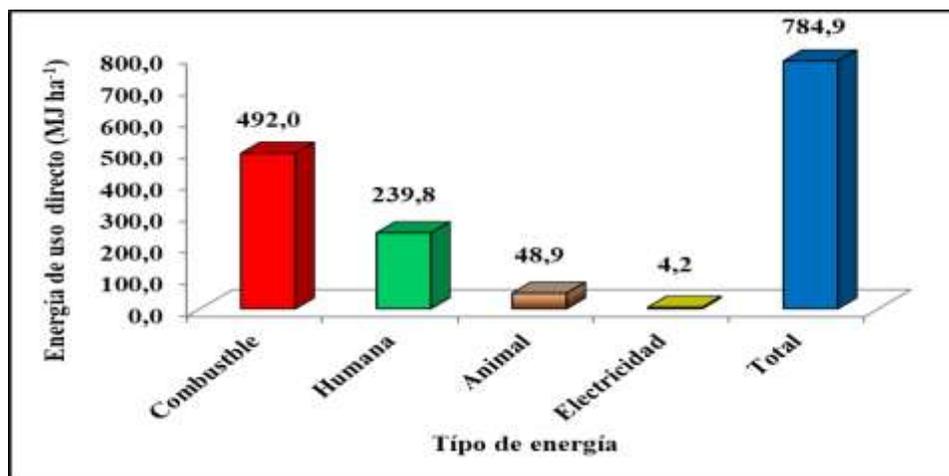


Figura 3. Energía de uso directo asociada a la labranza ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ).

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

En la Figura 4, aparece reflejada la energía de uso indirecto arrojando un comportamiento de  $338,1 \text{ MJ ha}^{-1}$ , estando asociada la mayor cantidad a la labor de rotovateado con valor de  $153,1 \text{ MJ ha}^{-1}$  la cual representó el 45,3 % del total, seguida de la asociada a la labor de gradeo con valor similar de  $150,1 \text{ MJ ha}^{-1}$ , siendo la labor de acanterado la que menor cantidad de energía estuvo asociada a este proceso notificando un valor de  $5,7 \text{ MJ ha}^{-1}$  que representó el 1,7 % del total.

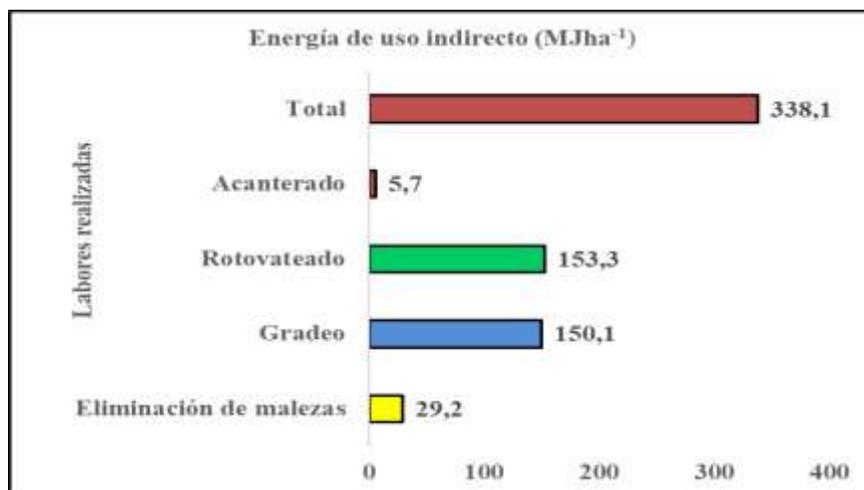


Figura 4. Energía de uso indirecto asociada a la labranza ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ).

#### Valoración económica

En la Tabla 3, se muestra la valoración económica del proceso, donde la casa donde se realizó la investigación incurrió en un gasto total de 634,9 CUP, incidiendo en mayor cuantía el gasto por concepto de salario que representó el 96,1% del total.

Tabla 3. Indicadores económicos

Indicadores	Gastos (CUP)
Combustible	24,0
Salario del operador del tractor	275,0
Salario del boyero	60,0
Salario del casero	275,0
Electricidad	0,9
<b>Gastos totales</b>	<b>634,9</b>

#### Conclusiones

1. La energía de uso directo arrojó un valor de 784,9 MJ ha<sup>-1</sup>, 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 338,1MJ ha<sup>-1</sup>, asociando el mayor porcentaje la labor de rotovateado 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 634,9 CUP, incidiendo en mayor cuantía el gasto por concepto de salario que representó el 96,1% del total

### Referencias bibliográficas

- Axayacatl, O., 2017. Estadísticas agrícolas de tomate: producción, superficie y rendimiento.
- 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.
- Canakciet, M., Akinci, I., 2006. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. Energy 31. 1243-1256.
- Casanova, A.S.; Gómez, O.; Hernández, M.; Chailloux, M.; Depestre, T.; Pupo, F.R.; Hernández, J.C.; Moreno, V.; León, M., 2007. Manual para la producción protegida de hortalizas, Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova, Ed. Liliana, Ministerio de la Agricultura, La Habana.
- FAO, 2007. Base referencial mundial del recurso suelo 2007. Un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional.
- Fernández, Y., 2017. Balance energético del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en la UEB Cultivos Protegidos y Semiprotegidos de Veguitas, en el periodo 2016-2017. Trabajo de diploma. Universidad de Granma. Cuba.
- Flores, C.C.; Saradón, S.J. 2005. La energía en los agroecosistemas. Curso de Agroecología y Agricultura sustentable, Abasto, Buenos Aires, Argentina. 2005. Capítulo 4.1: p. 1-11.
- 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.

- Hernández, M. G., 2004. Paquete informativo sobre el cultivo del tomate
- Hernández, M.S., 2013. Ficha técnica del tomate.
- Hessel, Z. R., 1992. Energy and Alternatives for Fertiliser and Pesticide Use. In: Flick RC, Ed. Energy in world agriculture, 6 Elsevier Science Publishing; pp: 177-210.
- IEO, 2007. International Energy Objectively 2002, DOE/EIA-0219(2002) INICA, 2005. Tendencia mundial sobre labranza del suelo. La Habana. MINAZ.
- IMPAG, 2017. Fábrica y equipos agrícolas. Holguín. Cuba.
- Jaramillo, N. J. E /et al/. 2013. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá: CORPOICA, 2012. 482 p.
- Kelm, M., 2004. Strategies for sustainable agriculture with particular regard to productivity and fossil energy use in forage production on organic arable farming. Doctoral Thesis. University Kiel.
- 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.
- MINAG., 2017. Balance de Trabajo de la Delegación Provincial de la Agricultura en Granma. Bayamo. MINAG.
- NC 34-51:87. Máquinas e implementos agrícolas. Arados.
- ONE, 2006. (Oficina Nacional de Estadística. Cuba). Clasificación genética de los suelos de Cuba.
- Rodríguez, J., 1995. Requisitos que se deben tener en cuenta para una correcta utilización de los bueyes. Revista Cañaveral. Vol. 11 No. 1.
- Salgado, J.C., 1998. Guía técnica para la producción del cultivo del tomate, Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova. Ministerio de la Agricultura.
- Saradón, S.J., 2009. 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.
- Smith, R., 2009. La escasez de agua modifica proyectos energéticos. The Wall Street Journal.