

Original

Balance energético de la preparación del suelo para el cultivo del frijol
(*Phaseolus Vulgaris* L.)

Energetic balance of soil preparation for cultivation bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Annia Rodríguez Lobaina, estudiante del 4to año de la carrera de Ingeniería Agrícola, miembro del grupo científico de Laboreo del Suelo y Energía Agrícola, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad de Granma, Cuba, arodriguezl@estudiantes.udg.co.cu

Dr. C. Yosvel Enrique Olivet Rodríguez, Profesor Titular e Inv., Universidad de Granma, Cuba, yolivetr@udg.co.cu

Lic. Daimara Cobas Hernández, Prof. Asistente, Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas, Cuba, dcobash@udg.co.cu

Recibido: 15-11-2019 Aceptado: 23-11-2019

Resumen

El presente trabajo se realizó en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) 14 de Junio, perteneciente a la Empresa Agropecuaria Paquito Rosales Benítez del Municipio Yara, de la provincia de Granma. El mismo se llevó a cabo con objetivo de evaluar el balance energético de la preparación del suelo para el cultivo del frijol, teniendo en cuenta el consumo de energía de uso directa e indirecta y la energía de entrada del proceso (*Input*). Teniendo como resultado un consumo de energía directa de 13 539,33 MJ ha⁻¹, siendo la labor de rotura la actividad de mayor consumo con 5 170,56 MJ ha⁻¹, de igual forma la energía indirecta fue de 327,18 MJ ha⁻¹, siendo la labor de rotura la actividad de mayor consumo de energía con 163,58 MJ ha⁻¹ con relación a las restantes labores, respectivamente. La energía de total (*Input*) tuvo un comportamiento de 13 866,51 MJ ha⁻¹, manteniéndose la actividad de rotura con el mayor consumo de energía. La actividad de rotura provocó un gasto directo de explotación de 2 898 CUP ha⁻¹, siendo 25, 48 y 64 % a los gastos generado por las otras labores.

Palabras claves: energía de uso directa e indirecta; labor de rotura

Abstract

The present work was carried out in the Basic Cooperative Production Unit (UBPC) "14 de Junio", belonging to the Agribusiness Paquito Rosales Benítez of the municipality of

Yara, in the province of Granma. It was carried out with the objective of evaluating the energy balance of the soil preparation for bean cultivation, taking into account the energy consumption of direct and indirect use and the incoming energy of the process (*Input*). As a result, a direct energy consumption of 13 539.33 MJ ha⁻¹, with the work of breaking the activity of higher consumption with 5 170.56 MJ ha⁻¹, similarly the indirect energy was 327.18 MJ ha⁻¹, the breakdown activity being the most energy consuming activity with 163.58 MJ ha⁻¹ in relation to the remaining work, respectively. The total energy (Input) had a behavior of 13 866.51 MJ ha⁻¹, maintaining the breaking activity with the highest energy consumption. The breakage activity resulted in a direct operating expense 2 898 CUP ha⁻¹, with 25, 48 and 64 % of the expenses generated by the other tasks.

Key words: energy of direct and indirect use; work of rupture; exploitation

Introducción

Las diferentes fuentes y sistemas de producción y uso de la energía utilizada por el hombre han marcado las grandes etapas en el desarrollo de la sociedad humana, dependiendo el curso de éste de las elecciones energéticas realizadas en cada momento. El petróleo es una fuente energética natural, pero no renovable; su uso indiscriminado por las sociedades modernas ha engendrado la insostenibilidad energética, económica y ecológica a nivel mundial (Baracca, 2007; Corp, 2003).

La crisis energética a motivado un descenso en la demanda alimentaría (Vásquez y Montesinos, 2007), por lo que para implementar políticas encaminadas a lograr un desarrollo sostenible resulta de vital importancia la integración de los conceptos de alimentación y energía (Berris, 2008). La necesidad actual de tener una agricultura totalmente moderna y sostenible, ha conllevado la necesidad de aplicar diferentes técnicas de laboreo con vista a aumentar los rendimientos agrícolas en cantidades considerables que satisfaga la demanda del país y de las exportaciones.

La labranza es una de las actividades más usadas por el hombre para el control de las malezas y la creación de un lecho de siembra apropiado para las futuras plantas. El empleo de las máquinas agrícolas depende de las condiciones del suelo. Los trabajos mecanizados crean las condiciones para el desarrollo de la producción agrícola, además facilitan el trabajo y lo hacen más rentable (Olivet *et al.*, 2012). Ya que la amplia mecanización e intensificación de la producción constituye un camino fundamental para

el desarrollo ulterior de la agricultura y la satisfacción de las necesidades crecientes de la población en productos agrícolas (Gutiérrez, 1990).

La demanda de energía en la agricultura ha aumentado considerablemente desde la finalización de la segunda guerra mundial por efecto de la creciente mecanización de los cultivos y por la introducción de variedades altamente productivas (Canakci y Akinci, 2006). En los sistemas de producción agrícola mecanizados, la labranza constituye una de las actividades que más consumo de energía requiere. Actualmente, los sistemas de labranza tradicionales presentan un consumo de combustible de 60 a 80 L ha⁻¹, mientras que los sistemas de labranza reducida pueden llegar a suponer un ahorro significativo en términos de energía sin poner en riesgo la productividad de los cultivos (Lal *et al.*, 1990). El combustible que se consume al realizar una determinada labor de cultivo depende de una serie de variables entre las que podemos destacar el tipo de suelo y su estado o condición en el momento de ser labrado, la potencia del tractor, el apero utilizado y la profundidad en que trabaja (Aliega, 2012). Sin embargo, existen condiciones para mejorar este incremento de manera sostenible, pero los productores de este cultivo se aferran a seguir imponiendo sus tradicionales métodos de siembra, sin tener en cuenta las especificaciones agro-técnicas del cultivo, el consumo energético y gastos económicos que estos generan (Atencio, 2011).

Lo más importante para lograr la eficiencia energética de una empresa no es solo tener un plan de ahorro de energía, sino que exista un sistema de gestión energética que garantice que ese plan sea renovado cada vez que sea necesario, que involucre a todas las áreas de trabajo, a los trabajadores y directivos para generar y alcanzar nuevas metas en este campo (Atencio, 2011).

Puesto que la energía está presente en todo sistema de producción agrícola, se hace necesario establecer un procedimiento de análisis que permita identificar y cuantificar la energía asociada a los equipos e insumos asociados a un determinado sistema productivo, así como a los productos obtenidos. El objetivo de esta investigación es evaluar el balance energético de tres sistemas de labranza en el cultivo del frijol, en la UBPC “14 de junio” perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Paquito Rosales Benítez”.

Materiales y métodos

Localización y caracterización del área experimental

El trabajo investigativo se desarrolló en la UBPC “14 de Junio”, perteneciente a la Empresa de Cultivos Varios de Vegueta “Paquito Rosales Benítez”, del municipio de Yara de la provincia de Granma.

El área experimental estuvo comprendida dentro de la superficie destinada a la producción de viandas y granos de la Empresa, sobre un Pardo Sialítico según la nueva clasificación de los suelos de Cuba (ONE, 2006). El objetivo de este trabajo fue estudiar el balance energético de la preparación de suelo para el cultivo del frijol, teniendo en cuenta cada una de las actividades a realizar, rotura con arado ADI-3M y tractor Belarus 800, cruce con Grada Baldan y tractor New Holland, gradeo ligero con G-965 kg y tractor Belarus 800 y el YUMZ 6AM con SA-3. Las variables de estudio fueron: consumo de energía directa, consumo de energía indirecta y el consumo de energía total para las labores de preparación del suelo. Una vez tomados los datos, el método utilizado fue el analítico investigativo.

Evaluación energética del proceso de producción del cultivo

Se utilizó el procedimiento propuesto por Bowers (1992), en el cual se calcula la energía total consumida (MJ ha^{-1}), teniendo en cuenta las energías de uso directo e indirecto; también se tienen en cuenta las energías secuestradas de la maquinaria por conceptos tales como, materiales de construcción, fabricación, transporte, combustible, lubricantes, mantenimiento y reparación, mano de obra necesaria para operarlas y capacidad de trabajo; la energía humana.

Metodología de cálculo para el balance energético

Para el cálculo del balance energético de las diferentes labores, se tuvo en cuenta la metodología propuesta por Bowers, (1992). Para ello se contabiliza, por un lado, la energía directa e indirecta de los insumos consumidos en cada una de las labores.

1. Energía directa (E_d) incluye aquella que está asociada al consumo de combustible, y mano de obra empleada en diferentes labores:

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)

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

donde:

C_c , es el consumo de electricidad (Kw h ha⁻¹)

E_{ee} , es el equivalente energético de la electricidad (11,93MJ Kw h⁻¹) (Mandal *et al.*, 2002; Ozkan *et al.*, 2004)

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) (Mandal *et al.*, 2002)

N_{ob} , 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)

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

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

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

donde:

E_f , es el factor energético debido a la fabricación del equipo (87 MJ kg⁻¹) (Bowers, 1992)

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

E_t , es el factor energético debido al transporte del equipo desde fábrica (88 MJ kg⁻¹) g⁻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})

Los valores del factor energético correspondiente a reparación y mantenimiento de los diferentes equipos mecánicos utilizados, junto con sus correspondientes vidas útiles, están recogidos en la Tabla 1.

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

Equipos	Energía de reparación		Vida útil	
	(%)	Fuente:	(h)	Fuente:
Tractor	49	(Bowers, 1992)	12 000	(ASAE, 2006)
Grada de discos	61	(Bowers, 1992)	6 000	(MINAG, 2008)
Surcador SA-3	30	(Guzmán <i>et al.</i> , 2002)	6 000	(MINAG, 2008)

3. Energía del proceso

a) Energía total consumida (*Input*) (I_{ecs}) (MJ ha^{-1})

$$I_{ecs} = E_d + E_i \quad (7)$$

Resultados y discusión

Energía de uso directo

En todo proceso productivo el balance energético permite hacer un uso más eficiente y racional de los recursos. En la tabla 2, se muestra la energía de uso directo que se consume en cada una de las labores realizadas, para un consumo total de 13 539,33 MJ ha^{-1} . De todo este consumo por cada una de las labores, se destaca la labor de rotura con el mayor consumo de energía de uso directo con 5 170,56 MJ ha^{-1} con relación a las restantes labores.

Tabla 2. Consumo de energía de uso directa en MJ ha^{-1}

Labores	Combustible		
	e	Humana	Total
Rotura	5 166,00	4,56	5 170,56
Cruce	3 854,00	2,25	3 856,25
Gradeo	2 665,00	1,40	2 666,40

Surca	1 845,00	1,12	1 846,12
Total	13 53,00	9,33	13 539,33

Es evidente que en la preparación de suelo es donde se tiene el mayor consumo de energía, en el caso que se analiza, el consumo de combustible marca una diferencia en el consumo energético en toda las labores, en particular en la labor de rotura, la cual reporta el mayor consumo de 5 166,00 MJ ha⁻¹, seguido en orden por cada una de las demás labores (Figura 1), de igual forma la energía humana consumida pero con valores de consumo discretos. Los valores de consumo de uso directo obtenidos en las cuatros labores están por debajo de los valores de energía obtenidos por Bailey *et al.* (2003) y Paneque y Soto (2007), haciendo uso de los arados de vertederas y de discos respectivamente.



Figura 1. Energía asociada al consumo del combustible.

Energía de uso indirecto

Al analizar la energía de uso indirecto tal y como se muestra en la Figura 2, la actividad de rotura es la que muestra el mayor consumo de esta energía 163,58 MJ ha⁻¹, superando a los valores obtenidos por las restantes labores. En este indicador la productividad de trabajo influyó en que los valores de consumo durante la labor de rotura fueran altos, no siendo así para las demás, las cuales presentaron productividades de trabajo de 0,87, 1,40, 1,75 ha h⁻¹ respectivamente. Es evidente que el uso de la maquinaria y el consumo de combustible representan el mayor porcentaje de consumo de energía (Fluck, 1992; Hetz y Barrios, 1997; Álvarez *et al.*, 2006).

Balance energético de la preparación del suelo



Figura 2. Energía de uso indirecto.

Energía total de entrada (*Input*)

La energía total del proceso producto de la suma de la energía de uso directo e indirecto se caracteriza por la energía de entrada (*Input*), tal y como se muestra en la Figura 3, que la labor de rotura es quien presenta el mayor consumo energético 5 334,14 MJ ha⁻¹, superando en un 26 % al consumo de energía reportado en la labor de cruce. Estos valores superan a los obtenidos por Hetz y Barrios (1997), con un arado de vertedera y (Bailey *et al.*, 2003), y Paneque y Soto (2007), quienes utilizaron el arado y grada de discos, los primeros, y multiarado, los segundos.



Figura 3. Consumo de energía total.

Valoración económica

En la Figura 4 se muestran los gastos directos de explotación para cada una de las labores que interviene en la preparación del suelo. Como era de esperar la labor de rotura fue la actividad que mayor gasto directo de explotación ocasiono producto del uso del

combustible, con un valor de 2 898 CUP ha⁻¹, 25, 48 y 64 % respectivamente por encima a los gastos generados por las otras labores. Es evidente que la labore de rotura donde el suelo le ofrece mayor resistencia a los órganos de trabajo provoca un mayor consumo de combustible y de energía.

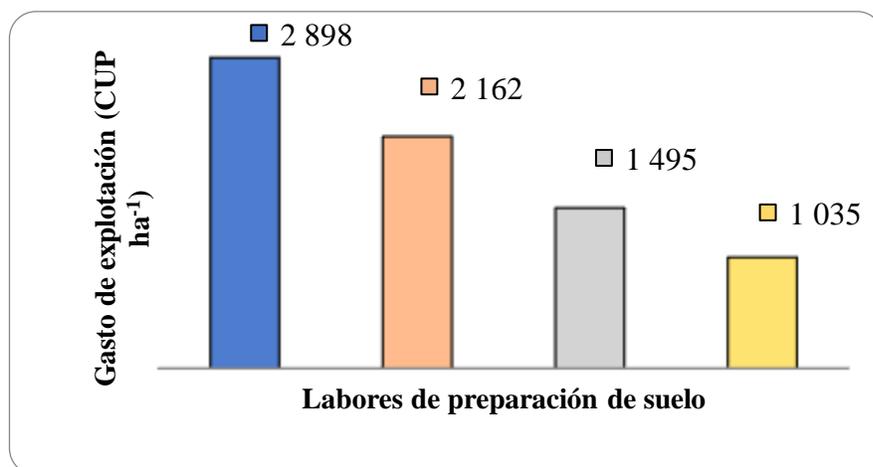


Figura 4. Comportamiento de los gastos directos de explotación.

Conclusiones

1. La energía de uso directo alcanzó un valor de 13 539,33 MJ ha⁻¹, destacándose la labor de rotura con el mayor consumo de energía de uso directo con 5 170,56 MJ ha⁻¹ con relación a las restantes labores.
2. El consumo de energía indirecta fue de 327,18 MJ ha⁻¹, siendo la labor de rotura la actividad que más contribuyó al consumo de energía con 163,58 MJ ha⁻¹ con relación a las restantes labores.
3. La energía de total (*Input*) tuvo un comportamiento de 13 866,51 MJ ha⁻¹, manteniéndose la actividad de rotura con el mayor consumo de energía.
4. La actividad de rotura provocó un gasto directo de explotación de 2 898 CUP ha⁻¹, siendo 25, 48 y 64 % a los gastos generados por las otras labores.

Referencias bibliográficas

- Aliaga, M. (2012). *Balance energético de tres unidades productoras de caña de azúcar de la UEB atención a los productores "Grito de Yara"*. (Trabajo de Diploma), Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Técnicas.
- Álvarez, R. L., Paneque, R. P., Álvarez, O. y Brizuela, S. M. (2006). Costo energético de las operaciones de siembra más comunes en Cuba. *IIMA. MINAG. Cuba*.
- ASAE. (2006). *Standard. Estimating agricultural field machinery costs*. By: Shuler, R.T.

Extension Agricultural Engineer.

- Atencio, E. (2011). *Evaluación de algunos índices tecnológicos-explotativos y energéticos durante las operaciones de labranza para el cultivo del King Grass (Pennisetum purpureum cv.)*. (Trabajo de Diploma), Universidad de Granma, Departamento de Ingeniería Agrícola.
- Bailey, A. P., Basford, W. D., Penlington, N., Park, J. R., Keatinge, J. D. H., Rehman, T., . . . Yates, C. M. (2003). A comparison of energy use in conventional and integrated arable farming systems in the UK. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 97(1), 241-253.
- Bowers, W. (1992). Agricultural field equipment. In: Fluck, R.C. (Ed.), *Energy in World Agriculture. Energy in Farm Production. Elsevier, Amsterdam*, 6, 117-129.
- Canakci, M. y Akinci, I. (2006). Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. *Energy*, 31(8), 1243-1256.
- Fluck, R. C. (1992). Energy Analysis of Agricultural Systems. *Energy in World Agriculture*, 6, 45-52.
- Gutiérrez, F. (1990). *Explotación del parque de tractores y Máquinas*. La Habana. Editorial Pueblo y Educación.
- Hetz, E. J. y Barrios, A. I. (1997). Costo energético de las operaciones agrícolas mecanizadas más comunes en Chile. *Agro sur*, 25(2), 146-161.
- Lal, R., Eckert, D. J., Fausey, N. R. y Edwards, W. M. (1990). Conservation tillage in sustainable agriculture. In: C. A. Edwards, R. Lal, P. Madden, R. H. Miller and G. House (Editors), *Sustainable Agriculture Systems. Soil and Water Conservation Society, Iowa, USA*, 203-225.
- Mandal, K. G., Saha, K. P., Ghosh, P. K., Hati, K. M. y Bandyopadhyay, K. K. (2002). Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy*, 23(5), 337-345.
- MINAG. (2008). *Costos y vida útil de la maquinaria estimados*. Delegación provincial de la agricultura. Bayamo, Granma, Cuba.
- Olivet, Y. E., Ortiz, A., Cobas, D., Blanco, A. y Herrera, E. (2012). Evaluación de la labor de rotura con dos aperos de labranza para el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas* Lam) en un *Fluvisol*. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(4), 24-29.

- ONE. (2006, Territorio y Medio Ambiente). Principales factores limitantes edáficos. Retrieved mayo, 2009, 2006, from http://www.one.cu/aec_web/tablas-excel.htm
- Ozkan, B., Kurklu, A. y Akcaoz, H. (2004). An input–output energy analysis in greenhouse vegetable production:a case study for Antalya region of Turkey. *Biomass and Bioenergy*, 26, 89-95.
- Paneque, P. y Soto, L. D. (2007). Costo energético de las labores de preparación de suelos en Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 6(4), 17-21.
- Saunders, C., Barber, A. y Taylor, G. (2006). Food Miles–Comparative Energy/Emissions Performance of New Zealand’s Agriculture Industry. *The Agribusiness and Economics Research Unit (AERU). Lincoln University, Research Report (285)*.