

ORIGINAL

Evaluación energética de tres sistemas de siembra mecanizada para el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Energy evaluation of three systems de automated planting for the cultivation of bean (*phaseolus vulgaris* L.)

Ingeniero Agrícola Yamil Fernández Matamoro, UEB Desmonte y Construcción, Granma, Cuba

Dr. C. Técnicas Agropecuarias Alfonso Enrique Ortiz Rodríguez, Universidad de Granma,

Profesor Titular, Cuba, aortizr@udg.co.cu

Dr.C. Técnicas Agropecuarias Yosvel Enrique Olivet Rodríguez, Universidad de Granma,

Profesor Titular, Cuba, yolivetr@udg.co.cu

Resumen

El trabajo se realizó en la UEB “José Arteaga Hernández” perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Paquito Rosales Benítez” del Municipio Yara, provincia Granma. El mismo se llevó a cabo con objetivo de evaluar el balance energético de la siembra mecanizada del cultivo del frijol en tres marcos de plantación (T1, T2 y T3), teniendo en cuenta el consumo de energía de uso directo e indirecto y la energía de entrada del proceso (*Input*) y salida (*Output*), la relación energética del proceso (*Ratio*) y coeficiente de energía neta (*NER*), y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Para lo cual T2 obtuvo los mejores resultados, con un consumo de energía directa de 22,46 GJ·ha⁻¹ e indirecta de 40,71GJ·ha⁻¹ inferior a T1 y T3 respectivamente. La energía *Input* fue de 64,04 GJ·ha⁻¹ y en función del rendimiento agrícola de 4,95 GJ·kg⁻¹, inferiores a T1 y T3 respectivamente. Mientras que, la energía *Output* teniendo en cuenta el rendimiento agrícola fue mayor en T2 (203,00 GJ·ha⁻¹) con relación a T1 y T3 respectivamente, para una relación energética (*Ratio*) de 3,2; siendo 9,4 y 12,5 % superior a los valores alcanzados por T1 (2,9) y T3 (2,8) respectivamente y un coeficiente de energía neta (*NER*) de 2,2 para T2; 1,9 para T1 y 1,8 para T3. Las emisiones de CO₂ fueron mayores en T1 (5 124,00 kgCO₂EGJ·ha⁻¹), siendo 8 y 6 % superior a T2 y T3 respectivamente.

Palabras clave: siembra; energía; entrada; salida; coeficiente

Abstract

The work was carried out in the UEB “José Arteaga Hernández” belonging to the “Paquito Rosales Benítez” Agricultural Company of the Municipality of Yara, province Granma. It was carried out with the objective of evaluating the energy balance of the mechanized planting of the bean crop in three plantation frames (T1, T2 and T3), taking into account the consumption of direct and indirect use energy and the energy of input of the process (*Input*) and output (*Output*),

the energy relation of the process (Ratio) and net energy coefficient (NER), and the emissions of carbon dioxide (CO₂). For which T2 obtained the best results, with a direct energy consumption of 22, 46 GJ·ha⁻¹ e indirectly of 40,71GJ·ha⁻¹ less than T1 and T3 respectively. The Input energy was 64, 04 GJ·ha⁻¹ y, depending on the agricultural yield of 4,95 GJ·kg⁻¹, lower than T1 and T3 respectively. While, the output energy taking into account the agricultural performance was higher in T2 (203,0 GJ·ha⁻¹) in relation to T1 and T3 respectively, for an energy ratio (Ratio) of 3,2; being 9,4 and 12,5 % higher than the values reached by T1 (2,9) and T3 (2,8) respectively and a net energy coefficient (NER) of 2,2 for T2; 1,9 for T1 and 1,8 for T3. The CO₂ emissions were greater in T1 (5 124,00 kgCO₂EGJ·ha⁻¹), being 8 and 6 % higher than T2 and T3 respectively.

Words key: planting; energy; input; output; coefficient

Introducción

El nivel de desarrollo tecnológico alcanzado por la agricultura está condicionado, por la cantidad de energía que se consume por unidad de superficie cultivada. Donde el combustible, la maquinaria, los fertilizantes y las semillas son los factores de producción que conllevan a la mayor parte del consumo total, asociado a un determinado sistema productivo (Kallivroussis *et al.*, 2002).

Por lo tanto, la evaluación energética es un proceso de análisis que consiste en la identificación y medida de las cantidades de energía captadas, asociada a los equipos e insumos que intervienen en los procesos, para la producción de un determinado bien. Por lo que es necesario establecer un método que pueda describir una serie de procedimientos de análisis, tales como, estadístico, de (Arredondo *et al.*, 2003) energía requerida y aportada (*Input-Output*) y procesos, el primero consiste en comprobar la energía requerida por unidad de un bien o servicio, producido a partir de datos estadísticos. En el caso de la energía requerida y aportada, se determinan las cantidades de esta en los componentes que intervienen en la obtención de un determinado producto. Los procesos, estudian las energías asociadas a estos, que se requieren para obtener un producto final. Cada uno de ellos presenta una serie de requerimientos, siendo la energía total la suma de los parciales de cada proceso. Se debe considerar, por la forma en la que interviene en un proceso productivo, dos tipos de energía, la de utilización directa e indirecta (Paneque *et al.*, 2002).

La utilización racional de la energía es vital para asegurar el aumento de la producción de alimentos en forma eficiente y mejorar la competitividad de la agricultura, garantizando la sostenibilidad de la vida rural (Aliaga, 2012).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). Por tal razón el objetivo de esta investigación es evaluar el consumo energético de la siembra mecanizada para el cultivo del frijol en la UEB “José Arteaga Hernández”.

Población y muestra

- Localización del área experimental

El trabajo investigativo se desarrolló en UEB “José Arteaga Hernández” perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Paquito Rosales Benítez”, del municipio Yara, provincia Granma, Cuba, sobre un *Fluvisol* (Hernández *et al.*, 2015). El objetivo de este trabajo fue realizar el balance energético para el cultivo del frijol, teniendo en cuenta el consumo de energía de uso directo e indirecto, la energía de entrada del proceso (*Input*) y la energía de salida del cultivo (*Output*). El método utilizado fue el analítico investigativo.

- Diseño experimental

Se montó un diseño experimental en bloques al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones, para un total de 9 parcelas de 80×20 m. Donde se evaluaron los siguientes indicadores: consumo de energía de uso directo e indirecto, la energía de entrada (*Input*) y salida (*Output*), la relación energética del proceso (*Ratio*) y coeficiente de energía neta (*NER*) y las emisiones de CO₂. Una vez tomados los datos, se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico STATISTICA (Statsoft, 2003), efectuando la prueba de LSD de Fisher con una probabilidad $p < 0,95$.

- Sistemas de siembra evaluados

Tratamiento T1, consistió en la siembra del frijol a 45 cm de distancia entre hileras con la sembradora Jumil JM 2570 a razón de 130 kg·ha⁻¹ a una profundidad 5 cm.

Tratamiento T2, consistió en la siembra del frijol a 50 cm de distancia entre hileras con la sembradora Jumil JM 3060 a razón de 130 kg·ha⁻¹ a una profundidad 5 cm.

Tratamiento T3, consistió en la siembra del frijol a 70 cm de distancia entre hileras con la sembradora Jumil JM 2570 a razón de 130 kg·ha⁻¹ a una profundidad 5cm.

Metodología de cálculo para el balance energético

Para calcular el 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. Las emisiones de dióxido de

carbono (CO₂) se determinó por la metodología propuesta por Lal (2004).

- Cálculo de la energía de uso directo (Ed)

La energía directa en este caso es aquella que está asociada a la mano de obra empleada, los animales utilizados y al consumo de energía eléctrica utilizada en las diferentes labores del ciclo productivo, esto es:

a) Energía asociada al consumo de combustible (Edc) (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 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 (Edh) (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⁻¹ y 1,57 MJ h⁻¹ 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⁻¹).

d) Energía asociada con los animales utilizados en labores de tiro (Eda) (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 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 (Ei)

Se contabiliza como aquella que se emplea en la utilización de la maquinaria y de los factores de producción, la cual considera los indicadores siguientes:

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.

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}).

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

$$E_{iin} = D_s E_{ein} \quad (6)$$

Donde:

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

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

- Cálculo de la energía de entrada (input) del cultivo por unidad de superficie (I_{ecs})

$$I_{ecs} = E_{dc} + E_{ic} \quad (7)$$

Donde:

E_{dc} , es la energía de uso directo en el cultivo (GJ ha^{-1}).

E_{ic} , es la energía de uso indirecto en el cultivo (GJ ha^{-1}).

- Cálculo de la energía de entrada (input) del cultivo por rendimiento agrícola (I_{ecr})

$$I_{ecr} = \frac{I_{ecs}}{R_{ac}} \quad (8)$$

Donde:

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

- Cálculo de la energía de salida (output) en el cultivo producido (O_{ecs})

$$O_{ecs} = E_{eq} R_{ac} \quad (9)$$

Donde:

E_{eq} , es la energía equivalente del cultivo ($GJ t^{-1}$).

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

- Cálculo del coeficiente de relación energética del cultivo (Energy Ratio) (E_{rc})

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

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

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

- Cálculo del coeficiente de eficiencia de energía neta del cultivo (NER)

$$NER = \frac{O_{ecs} - I_{ecs}}{I_{ecs}} \quad (11)$$

- Cálculo de emisiones de dióxido de carbono (E_{CO_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})

$$E_{CO_2} = \frac{C_{O_{ecs}}}{C_{I_{ecs}}} \quad (12)$$

$$C_{O_{ecs}} = O_{ecs} EqCO_2 \quad (13)$$

$$C_{I_{ecs}} = I_{ecs} EqCO_2 \quad (14)$$

Donde:

$EqCO_2$ -es el equivalente de las emisiones de CO_2 ($73,95 kg E_{CO_2}$) (Lal, 2004).

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

$$NER_{CO_2} = \frac{C_{O_{ecs}} - C_{I_{ecs}}}{C_{I_{ecs}}} \quad (15)$$

Análisis de los resultados

- Análisis de la energía de uso directo

En la Figura 1 se muestra la energía total de uso directo, consumida en los tres tratamientos.

Para lo cual se evidencia una diferencia significativa entre los tratamientos, donde T1 mostró el mayor consumo de energía ($23,33 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), superando en 3,8 y 4,2 % a la energía consumida por T2 ($22,46 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) y T3 ($22,33 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) respectivamente.

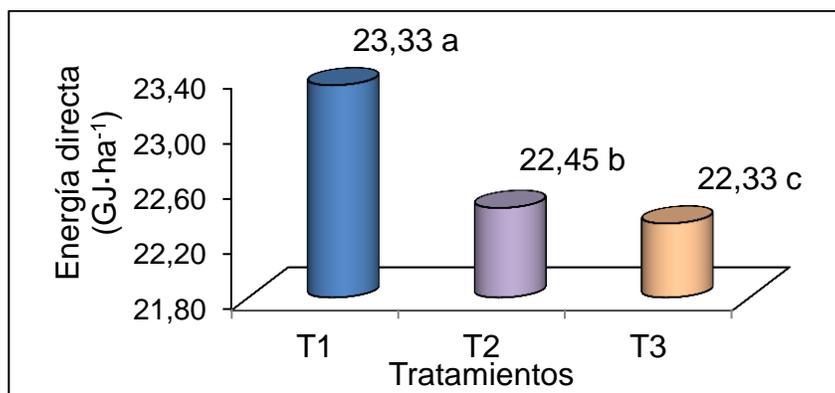


Figura 1. Consumo de energía directa.

Al analizar la energía directa, por cada uno de sus componentes, como se muestra en la Tabla 1, se observa una diferencia significativa, entre los tratamientos, para el uso del combustible, donde T1 mostró el mayor consumo ($10,21 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), superando en 8,6 y 9,6 % a T3 y T2 respectivamente. Este resultado se corresponde con los criterios de Fluck (1992) y Álvarez *et al.* (2006), los cuales coinciden en que el combustible y la maquinaria representan un alto porcentaje del coste energético total, de la producción agrícola.

Por otro lado, la energía asociada a la mano de obra mostró diferencia significativa entre los tratamientos, para lo cual T1, con un consumo de energía de ($0,62 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), se comportó superior en 1,2 y 2,8 % a T2 y T3 respectivamente. La energía humana consumida por T1 es considerada de buena, ya que, según Olivet (2017), para la siembra se emplea un personal reducido a diferencia de la siembra manual.

En cuanto al uso de la energía eléctrica no se encontró diferencia significativa, ya que tuvo un comportamiento igual para los tres tratamientos ($12,50 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$). Al analizar el consumo de energía entre los tres tratamientos, se puede observar que T1 alcanzó los mayores valores de energía media ($7,78 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), siendo 3,7 y 4,27 % mayor que la energía media obtenida por T2 ($7,48 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) y T3 ($7,44 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) respectivamente.

Al comparar los indicadores, combustible, mano de obra y electricidad, se pudo comprobar que el uso de la energía eléctrica en T1, T2 y T3 tuvo diferencia significativa, con relación al uso del combustible y la mano de obra. En T1 el uso de electricidad supera en un 18 % al uso de combustible. No obstante, el valor medio de la electricidad ($12,50 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) es 23 % superior al uso del combustible, con un valor medio de $9,59 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, teniendo correspondencia con los

valores obtenidos por Rodríguez (2016) para el uso de la electricidad.

Tabla 1. Energía de uso directo (GJ·ha⁻¹)

Indicadores	Tratamientos						Media
	T1		T2		T3		
Combustible	10,21a	A	9,33b	A	9,23c	A	9,59
Electricidad	12,50a	B	12,50a	B	12,50a	B	12,50
Mano de obra	0,62a	C	0,61b	C	0,60c	C	0,61
Media	7,78a		7,48b		7,44c		7,57

Por otro lado, se puede decir que para T1, T2 y T3, el combustible representa el 54; 58 y 57 % del consumo de energía total, alcanzado por cada tratamiento respectivamente, estando en correspondencia con los valores obtenidos por Márquez (2012); de las Cuevas *et al.*(2004), Olivet (2017) y Parra *et al.* (2017). La mano de obra para T1, T2 y T3, representa el 2,7 % de los valores totales de energía alcanzados por cada tratamiento un valor bastante bajo. Mientras que, el uso de la electricidad para T1, T2 y T3, representa el 55, 56 y 55,9 % de la energía total alcanzados por cada tratamiento.

- Análisis de la energía de uso indirecto

En la Figura 2 se aprecia la energía de uso indirecto del proceso, para lo cual se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, según la prueba del LSD de Fisher para ($p < 0,95$). Al respecto, T1 mostró el mayor consumo de energía (45,96 GJ·ha⁻¹), siendo 11 y 8 % superior a la energía de consumida por T2 y T3 respectivamente

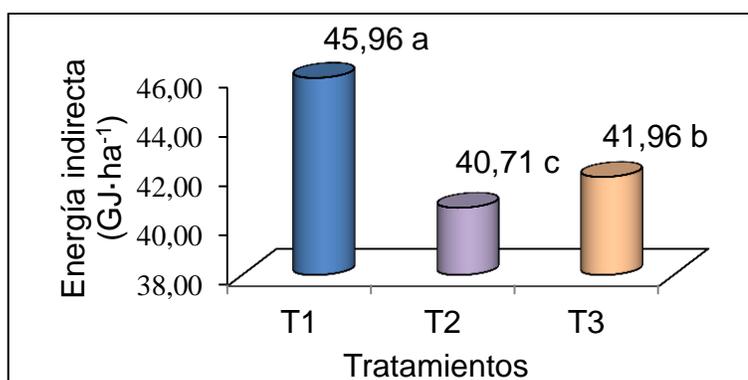


Figura 2. Consumo de energía indirecta.

Al analizar la energía indirecta, por cada uno de sus indicadores, como se muestra en la Tabla 2, se puede comprobar que los valores de consumo de energía asociada al uso de fertilizantes y herbicidas se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para los cuales T1

alcanzo el mayor consumo de energía. Para los fertilizantes T1 ($32,21 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) superando en 10,4 y 12,10 % a T2 y T3 respectivamente. En los herbicidas T1 ($11,27 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) superando en 33 y 1,9 % a T2 y T3 respectivamente. Estos valores son similares a los obtenidos por Heller *et al.* (2003). Sin embargo, al analizar el uso de la maquinaria, se observa diferencia significativa entre los tratamientos, para lo cual T1 alcanzo el menor consumo de energía ($2,47 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), siendo 43,2 y 5 % inferior a la energía obtenida por T2 y T3 respectivamente.

Tabla 2. Energía de uso indirecto ($\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Indicadores	Tratamientos						Medias
	T1		T2		T3		
Maquinaria	2,47c	C	4,35a	C	2,60b	C	3,14
Fertilizantes	32,21a	A	28,87b	A	28,31c	A	29,80
Herbicidas	11,27a	B	7,49c	B	11,05b	B	9,94
Medias	15,32a		13,57c		13,99b		14,29

Al analizar el consumo de energía para un mismo tratamiento, se observa diferencia significativa entre los indicadores, siendo el uso de los fertilizantes y los pesticidas los elementos de mayor consumo de energía. En particular, el uso de los fertilizantes muestra un valor medio de $29,8 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, el cual supera en 89 % a la maquinaria y 66 % a los herbicidas, con relación a los valores medios de cada uno. Estos resultados demuestran que el uso de fertilizantes y pesticidas en un determinado proceso productivo, genera un elevado consumo de energía, ya que se tiene en cuenta la energía utilizada desde su fabricación hasta su aplicación (Bailey *et al.*, 2003; Olivet *et al.*, 2014).

El uso de la maquinaria para T1, T2 y T3 representa el 5,4; 10,6 y 6,2 % de la energía total obtenida por cada uno de los tratamientos. El uso de los fertilizantes para T1, T2 y T3 representa el 70; 71 y 69,5 % de la energía total. Mientras que los herbicidas representan el 24,5; 4,5 y 27 % de la energía total. En correspondencia con lo señalado por Fluck (1992), Álvarez *et al.* (2006), Olivet *et al.* (2014), Parra *et al.* (2017).

- Análisis de la energía total *Input*

En la Figura 3 aparece el comportamiento de la energía *Input* total del proceso, mostrando diferencia significativa entre los tratamientos, donde T1 alcanzó el mayor consumo de energía ($69,29 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), siendo 7,5 y 5,8 % superior a los valores registrados por T2 ($64,04 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) y T3 ($65,29 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) respectivamente.

- Análisis de la energía *Output* contenida en el producto final

Al multiplicar el rendimiento agrícola por su equivalente energético, se pudo obtener en los tres tratamientos la energía de salida (*Output*), mostrando diferencia significativa, tal y como se muestra en la Figura 4, donde T2 alcanzó el mayor valor de energía *Output* (203,00 GJ·ha⁻¹), superando en 2,1 y 10 % a los valores alcanzados por T1 y T3 respectivamente. Estos valores de energía *Output*, superan a los obtenidos por Rosales (2018) al evaluar el consumo de energía para el cultivo del frijol.

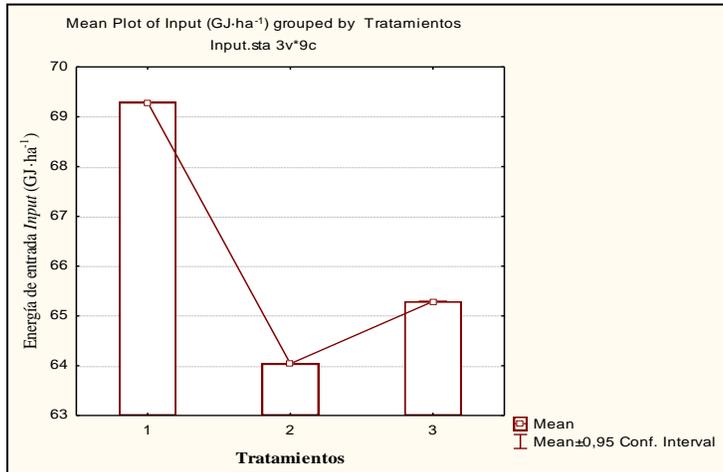


Figura 3. Energía de entrada *Input*.

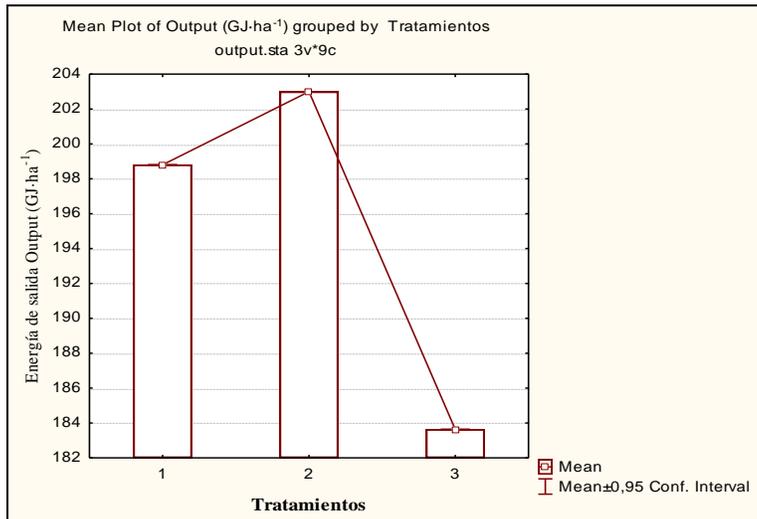


Figura 4. Energía de salida *Output* del cultivo.

- Análisis de la relación energética del proceso

La relación energética del proceso (*Ratio*) Figura 5, está dada, por la división entre la energía

Output y la *Input*. Mediante este cálculo se pudo comprobar que existe diferencia significativa entre los valores de relación energética (*Ratio*) obtenidos por cada tratamiento. Donde T2 mostró la mayor relación energética del proceso (3,2), siendo 9,4 y 12,5 % superior a los valores alcanzados por T1 y T3 respectivamente. Algo similar ocurre al analizar el coeficiente de energía neta (*NER*) Figura 6, donde los valores alcanzados por T2 (2,2) superan en 13,4 y 18,2 % a los valores obtenidos por T1 y T3 respectivamente. Por lo que, el proceso es considerado de bueno, ya que la energía de salida *Output* es mayor que la de entrada (*Input*), en correspondencia con lo obtenido por Rodríguez (2016).

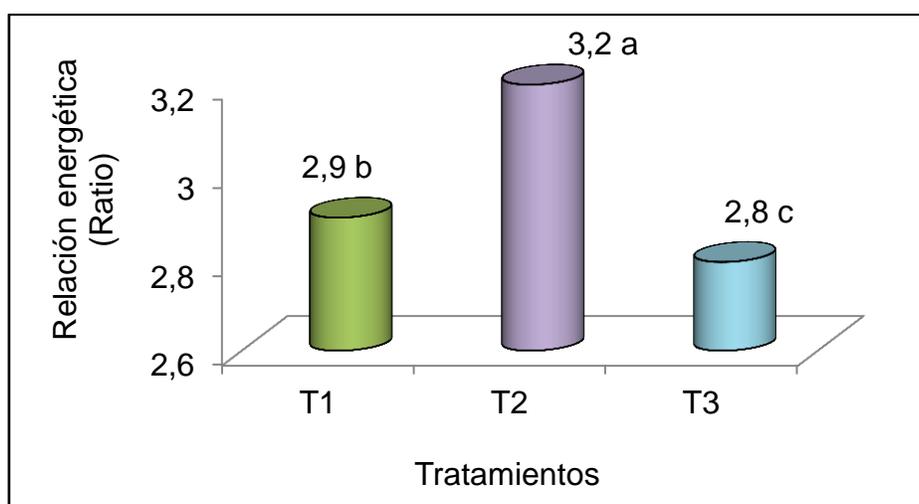


Figura 5. Relación energética del proceso (Ratio)

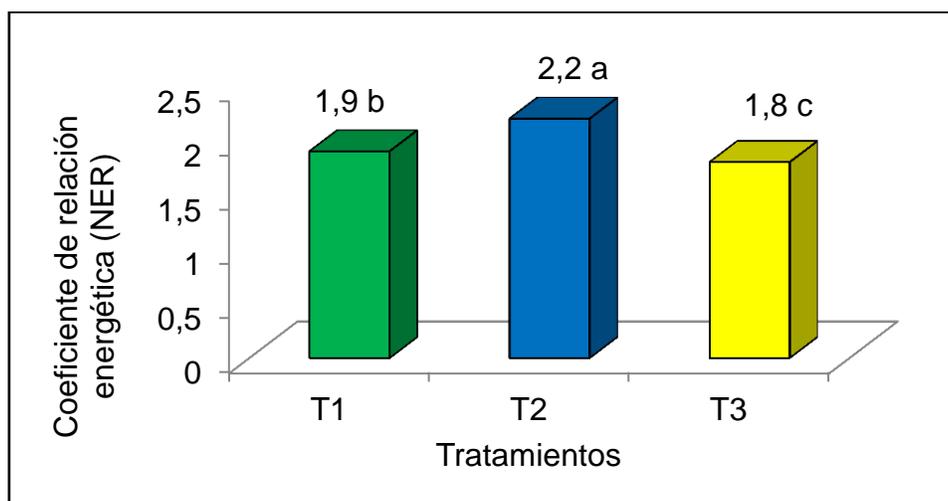


Figura 6. Coeficiente de relación energética (NER)

- Análisis de las emisiones de CO₂

En la Figura 7 se muestran las emisiones de CO₂, encontrando diferencia significativa entre los tratamientos, donde T1 mostró la mayor cantidad de CO₂ que se emite a la atmósfera 5 124,00 kgCO₂EGJ·ha⁻¹, 8 y 6 % superior que la cantidad de emisiones que generan T2 y T3

respectivamente. Las emisiones de CO₂ están por encima de los valores determinados por Olivet *et al.* (2014).

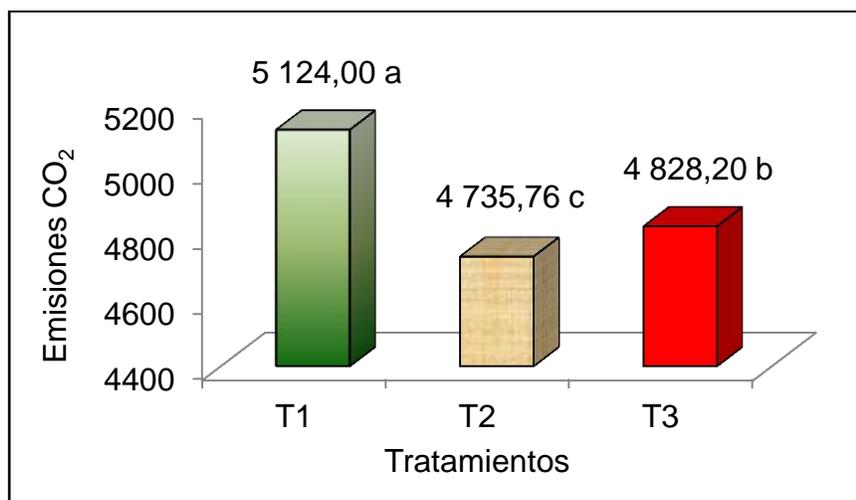


Figura 7. Emisiones de dióxido de carbono

Conclusiones

1. Con T1 se alcanzó el mayor consumo de energía Input (69,29 GJ·ha⁻¹), siendo 7,5 y 5,8 % superior a los valores registrados por T2 (64,04 GJ·ha⁻¹) y T3 (65,29 GJ·ha⁻¹) respectivamente.
2. La energía de uso directa e indirecta fue mayor en T1, con valores de 23,33 y 45,96 GJ·ha⁻¹ respectivamente con relación a T2 y T3.
3. Con T2 se alcanzó el mayor valor de energía Output (203,00 GJ·ha⁻¹), siendo 2,1 y 10 % superior a lo alcanzando por T1 y T3 respectivamente.
4. La relación energética (Ratio) y el coeficiente de energía neta (NER) fue mayor en T2 con relación a T1 y T3 respectivamente.
5. La mayor cantidad de CO₂ que se emite a la atmósfera fue ocasionado por T1 con 5 124,00 kgCO₂ EGJ·ha⁻¹, 8 y 6 % superior que la cantidad de emisiones que generan T2 y T3 respectivamente.

Recomendaciones

1. Emplear para la siembra del cultivo del frijol el tratamiento T2.
2. Emplear fertilizantes orgánicos y productos biológicos con vista a reducir el consumo de energía de entrada.

Referencias bibliográficas

1. 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.
2. Arredondo, J. J., Ortiz, H., Pössel, D. y Morales, D. (2003). Evaluation of the performance of three types of draught animal plows. *Agrociencia*, 37, 187-194.
 3. Atencio, E. (2011). *Evaluación de algunos índices tecnológicos-explotativos y energéticos durante las operaciones de labranza para el cultivo del King Grass (Pennisetum purpureun cv.)*. (Trabajo de Diploma), Universidad de Granma, Departamento de Ingeniería Agrícola.
 4. Bowers, W. (1992). Agricultural field equipment. In: Fluck, R.C. (Ed.), *Energy in World Agriculture. Energy in Farm Production*. Elsevier, Amsterdam, 6, 117-129.
 5. Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D. y Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Ministerio de Educación Superior (MES). Instituto de Suelo, Ministerio de la Agricultura (MINAG).
 6. Kallivroussis, L., Natsis, A. y Papadakis, G. (2002). RD—rural development: the energy balance of sunflower production for biodiesel in Greece. *Biosystems Engineering*, 81(3), 347-354.
 7. Lal, R. (2004). Carbon emission from farm operations. *Environment international*, 30(7), 981-990.
 8. Olivet, Y. E. (2017). Balance energético de la preparación del suelo para el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *REDEL. Revista Granmense de Desarrollo Local*, 1(3), 144-145.
 9. Paneque, P., Fernández, H. C. y de Oliveira, A. D. (2002). Comparación de cuatro sistemas de labranza/siembra en relación con su costo energético. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 11(2), 1-6.
 10. Rodríguez, L. (2016). *Balance energético para el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en la Unidad Básica de Producción Cooperativa “14 de Junio”*. (Trabajo de Diploma, curso 2015-2016), Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Técnicas.
 11. Statsoft (2003). *Statistica for windows, second (Version 8 Statsoft Inc.)*. USA: Tulsa, OK.