

## **COSTO ENERGÉTICO DE LA LABRANZA Y SIEMBRA PARA EL CULTIVO DEL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*) ENERGETIC COSTS OF SOIL TILLAGE AND SEEDING OF BEAN CULTIVATION (*Phaseolus Vulgaris*)**

**Autores:** Yarina M. Trujillo Rodríguez

Lisbeidis de la C. Pantoja García

**Institución:** Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba

**Correo electrónico:** [yarinat@unica.cu](mailto:yarinat@unica.cu)

[lisbeidis@unica.cu](mailto:lisbeidis@unica.cu)

### **RESUMEN**

La investigación realizada en la Unidad Empresarial de Base "Tres Marías" de la Empresa de Cultivos Varios "La Cuba", tuvo como objetivo determinar el costo energético de la labranza y siembra para el cultivo del frijol, a través de la metodología propuesta por la Asociación Americana de Ingenieros Agrícolas y Biológicos (ASABE). Se realizó un cronometraje del tiempo de turno, según la NC 34-37: 2003, para la determinación de la productividad del conjunto, el combustible consumido se determinó con el uso de una varilla graduada. Los parámetros técnicos-explotativos se comportaron favorablemente para la aradura con el conjunto formado por el tractor FOTON 904 y el arado de 4 discos AFT 4 y el alisamiento con el conjunto formado por el tractor NEW HOLLAND TT4030 y un Riel de 5 m de ancho, mientras que para la siembra efectuada con el tractor FOTON 904 y la sembradora-fertilizadora Baldan 3000, influyó negativamente el gasto de tiempo de llenado de las tolvas. Se obtuvo un costo energético total de 9 019,45 MJ/ha. Los insumos representaron la más alta contribución del mismo con un valor de 7 485 MJ/ha, seguidos por el combustible con 1 406,4 MJ/ha.

**Palabras clave:** Energía, Laboreo, Producción de granos.

### **ABSTRACT**

The investigation carried out in the Base Business Unit "Tres Marías" of the Company of Various Crops "La Cuba", aimed to determine the energy consumed in the cultivation and seeding of the bean crop, through the methodology proposed by the Society American of Agricultural and Biological Engineers (ASABE), for the establishment of the energy cost of the technology used. A timing of the shift time was carried out, according to NC 34-37: 2003, to determine the productivity of the

set, the fuel consumed was determined with the use of a graduated rod. The technical-exploitative parameters behaved favorably for plowing and smoothing. While for seeding, the time spent on filling the hoppers had a negative influence. A total energy consumption of 9 019,45 MJ/ha was obtained. Inputs represented the highest contribution of the same with a value of 7 485 MJ/ha, followed by fuel with 1 406,4 MJ/ha.

**Keywords:** Energy, Production of grains, Tillage.

## INTRODUCCIÓN

El incremento de la producción agrícola está vinculado a un aumento del consumo de energía, que se invierte principalmente en los tractores encargados de desarrollar las labores agrícolas; cuando estos portadores energéticos aumentan de gastos por coyunturas adversas, los precios de los alimentos producidos se elevan. Este hecho repercute en mayor medida en una disminución de la rentabilidad de las explotaciones agrarias. El Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (2006) refiere rendimientos de 1,10 a 2,25 ha/h y consumos de combustible de 6 a 11 L/ha, para sembradoras directas de 3 m de ancho.

La productividad de trabajo y por consiguiente el consumo de combustible por hectárea, se ven afectados por el coeficiente de utilización del tiempo de turno ( $\tau$ ), que en función del largo del surco, para campos con una longitud media de 300 a 400 m debe ser de 0,801 y de 0,83 para campos de 400 a 600 m, según González (2015).

La información recopilada por Sotto *et al.* (2007) muestra los resultados de la evaluación de conjuntos formados con tractores de 14 kN, que al traccionar sembradoras-fertilizadoras de cuatro líneas obtuvieron gastos de combustible entre 8,81 y 11,93 L/ha, con rendimientos comprendidos entre 0,50 y 0,69 ha/h; la labor de alisado con rail empleó entre 8,66 y 11,73 L/ha de combustible, con productividades que fluctuaron entre 0,54 y 0,70 ha/h. La rotura con arado de cuatro discos traccionado por un tractor de 20 kN, gastó entre 15,90 y 30,96 L/ha de Diésel con productividades comprendidas entre 0,42 y 0,59 ha/h.

En los sistemas de laboreo convencional buena parte del consumo energético es atribuible a la labor de aradura. En condiciones óptimas de trabajo, el gasto de combustible oscila entre 0,8 y 1,0 L/ha.cm de profundidad (Hernanz 2008 y Tabatabaeefar *et al.*, 2009).

Hernanz (2008) ofrece consumos de combustible de 22,0 ( $\pm 5$ ) y 6,5 ( $\pm 1$ ) L/ha, para los arados de discos que profundizan a 0,20 m y las sembradoras de grano respectivamente.

Estudios realizados por Trujillo (2010) ofrecen valores de 0,837 ha/h y 22 L/ha para la productividad y el consumo de combustible, respectivamente, en la roturación con arado de cuatro discos a 0,20 m y tractor de 105 cv; así como, 3,323 ha/h con un consumo de 4,4 L/ha para el alisado con un tractor de 105 cv y un riel de 5 m de ancho.

Suárez (2013) con un arado de discos a una profundidad de 0,20 m, en un suelo pesado, gastó 23 L/ha de Diesel.

La nivelación del terreno con riel de 5 m de ancho para el cultivo del frijol, después de realizar una secuencia de labores compuestas por aradura, cruce, recuce y mullido, reportó una productividad de 3,4 ha/h y un consumo de combustible de 5,4 L/ha (López y Urría 2015).

El análisis de los parámetros técnicos-explotativos es básico para analizar posteriormente el consumo de energía; por la forma en la que interviene en un proceso productivo se consideran dos tipos de energía, según Pimentel citado por Guzmán y Alonso (2008), la de utilización directa, que procede principalmente de los productos derivados del petróleo; e indirecta, la requerida para construir y mantener los equipos mecánicos, infraestructuras y productos fungibles necesarios para la obtención de un bien.

La energía consumida en las labores depende también de otros factores tales como el tipo de suelo, la forma de la herramienta de trabajo, la velocidad de avance del mismo y la profundidad de la labor. Investigaciones realizadas por Bailey *et al.* (2003) obtuvieron costos energéticos con el uso del arado de discos de 2 050 MJ/ha, representando la energía de uso directo el 57 % del total para esta labor. En tanto, para la siembra de granos 480 MJ/ha se consumieron directamente, para un 58 % de la energía total.

En el sistema de labranza convencional para el cultivo de maíz, Fernandes, Da Silveira y Rinaldi (2008) identificaron que la aradura con discos, fue la operación que presentó mayor costo energético con un valor de 1 420,26 MJ/ha.

En evaluaciones realizadas por Ponce *et al.* (2008) a la tecnología de labranza y siembra del cultivo del frijol, con un tractor de 80 cv y una secuencia de labores

formadas por aradura con discos, cruce, recruse, surcado y siembra manual, obtuvo un costo energético de 10 867 MJ/ha.

En un sistema tradicional de preparación de suelos para la producción de granos, Sá *et al.* (2013) obtuvieron costos energéticos, que representaron entre el 47,86 y el 37,85 % del total de energía gastada, para los insumos (fertilizantes y semillas) y el combustible, respectivamente.

Martins *et al.* (2015) obtuvieron consumos energéticos de 73,5 y 12,9 % del total de energía para los fertilizantes y el combustible Diesel, respectivamente, en la producción de maíz para ensilaje.

Investigaciones realizadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); Fluck y Cuevas Rodríguez, Paneque y Díaz, citados por Paneque *et al.* (2016) han concluido que el costo energético por concepto de combustible y máquinas representa un alto porcentaje del costo energético total de producción en la agricultura empresarial. Mencionados autores muestran resultados obtenidos por Fluck y Baird en los que concluyen que un tractor de 75 kW tiene un costo energético aproximado de 1 060 MJ/h del cual el 77 % corresponde al combustible.

La ausencia de conocimientos acerca de la importancia que tiene para la economía la cultura energética de las empresas agrícolas, hace que los dirigentes y productores no presten atención a la evaluación energética del proceso tecnológico de los cultivos y se enfoquen solamente en el cálculo de *la energía de uso directo*, proveniente del gasóleo. De esta manera, ignoran toda la energía requerida para la obtención de todos los factores que intervienen en un proceso productivo: *energía de uso indirecto*, que es la requerida para construir y mantener los equipos mecánicos, infraestructuras y productos fungibles necesarios para la obtención de un bien.

El objetivo fue determinar el costo energético de la labranza y siembra para el cultivo del frijol, a través de la metodología propuesta por la Asociación Americana de Ingenieros Agrícolas y Biológicos (ASABE).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se desarrolló en la UEB “Tres Marías” perteneciente a la Empresa Agropecuaria “La Cuba” en Ciego de Ávila, que abarca un terreno aproximado de 20,79 km<sup>2</sup> y se ubica al sur del poblado de Pesquería, enmarcándose dentro del

Sistema Cuba Norte. Específicamente entre las coordenadas Lambert: X: 755137-761487; Y: 222000-227137.

#### *Descripción de la tecnología mecanizada*

La labranza desarrollada, fue inducida por decisión de los directivos de la UEB, con reducción del número de labores como se describe a continuación.

*Aradura:* Se realizó con el conjunto formado por el tractor FOTON 904 y un arado de 4 discos AFT 4, a una profundidad de 0,15 m.

*Alisamiento:* Se realizó con el conjunto formado por el tractor NEW HOLLAND TT4030 y un Riel de 5 m de ancho.

*Siembra y Fertilización de fondo:* Se realizó con el conjunto formado por el tractor FOTON 904 y la sembradora-fertilizadora Baldan 3000, a una profundidad de 0,05 m para la semilla y de 0,07 m para el fertilizante, con un marco de siembra de (0,10 x 0,70) m, para obtener una densidad de población de 200 000 plantas/ha. Se aplicó 0,75 t/ha de NPK (9-13-17).

La productividad del trabajo de los conjuntos agrícolas, se determinó por la ecuación (1), según Srivastava *et al.* (2006) y González (2015):

$$W_h = 0.1 \cdot B_k \cdot V_{tr} \cdot \tau \quad (ha/h) \quad (1)$$

Donde:

$\tau$ : coeficiente de aprovechamiento del tiempo de turno. Se realizó a cada conjunto agrícola, un cronometraje del tiempo de turno, según la NC 34-37 (2003), luego se determinó el coeficiente de aprovechamiento del tiempo de turno, dividiendo el tiempo de trabajo limpio por la suma de los tiempos que conforman el tiempo de turno.

$V_{tr}$ : velocidad de trabajo del conjunto. Se determinó teniendo en cuenta la relación física, distancia recorrida entre el tiempo empleado, m/s

$B_k$ : ancho de la labor, m.

#### *Metodología para la determinación de los gastos energéticos de la tecnología*

Se aplicó la metodología utilizada por Cuevas *et al.* (2017) para determinar los gastos energéticos de ejecución de las operaciones, presentada por Hetz y Barrios (1997) y apoyada por las referencias mostradas por Stout (1990), Fluck (1992) y ASAE (1993).

Esta determina los gastos energéticos totales (EST) de la operación agrícola mecanizada (MJ/h), según la ecuación (2), adicionando la energía invertida en los materiales de construcción de la maquinaria, incluyendo la fabricación y transporte de fertilizantes y semillas, combustible, reparaciones/mantenimiento, y la mano de obra necesaria para operar los equipos.

$$EST = ESm + ESc + ESl + ESin + ESmr + ESmo \quad (2)$$

Donde:

*EST* : gastos energéticos totales de la operación agrícola mecanizada, MJ/ha;

*ESm* : energía invertida en los materiales, fabricación y transporte, MJ/ha;

*ESc* : energía invertida en combustible, MJ/ha;

*ESl* : energía invertida en lubricantes, MJ/ha;

*ESin* : energía invertida en semillas y fertilizantes, MJ/ha;

*ESmr* : energía invertida en reparaciones/mantenimiento en MJ/ha, se calcula según lo propuesto por Fluck (1992) y calculado por Hetz y Barrios (1997), como el 129 % de la energía invertida en los materiales, fabricación y transporte de la maquinaria.

*ESmo* : energía invertida en mano de obra, en MJ/ha, los valores aportados por Hernanz (2008) y Tabatabaeefar *et al.* (2009), se muestran en la tabla 1.

La energía invertida en los materiales, fabricación, y transporte de la maquinaria (MJ/ha) se calcula usando la ecuación (3):

$$ESm = \frac{\left[ \sum_{l=1}^{l=n} \frac{Gt \cdot EUt}{VUt} + \frac{Gm \cdot EUm}{VUm} \right]}{Wh} \quad (3)$$

*Gt*, *Gm*: peso del tractor y la máquina agrícola respectivamente, kg;

*EUt*, *EUm*: energía por unidad de masa del tractor y la máquina agrícola respectivamente, MJ/kg, mostrada en la tabla 1;

*VUt*, *VUm*: vida útil del tractor y la máquina agrícola respectivamente, h, (García 2008);

*l*: número de la labor, comprendida desde 1 hasta n.

La energía correspondiente al combustible utilizado (MJ/ha), se determinó, según la ecuación (4):

$$ESc = \sum_{l=1}^{l=n} G_{ha} \cdot E_e$$

(4)

$G_{ha}$  : consumo de combustible (L/ha). Se midió la cantidad de combustible existente en el depósito del tractor con una varilla graduada, antes de salir el conjunto para el campo. Al finalizar la labor se efectuó la misma operación y se halló la diferencia entre ambas, se dividió el total de combustible consumido por el área trabajada.

$E_e$  : energía específica del combustible (MJ/L), ver tabla 1.

La energía correspondiente a semillas y fertilizantes (MJ/ha), se determinó, de la siguiente manera:

$$ESin = N_{sem} \cdot Eq_{sem} + \sum_{n=1}^{n=s} \frac{Fer \cdot Fer_{eqv}}{Ap}$$

(5)

Donde

$N_{sem}$  : cantidad de semillas plantadas (kg/ha)

$Eq_{sem}$  : energía equivalente de la producción de las semillas (MJ/kg)

$Fer$  : cantidad de fertilizante

$Fer_{eqv}$  : energía equivalente en la producción del fertilizante (MJ/kg)

La energía correspondiente a lubricantes/filtros y reparaciones/mantenimientos se calculó según lo propuesto por Fluck (1992), calculados por Hetz y Barrios (1997), Cuevas *et al.* (2017) como el 5 % de la energía del combustible y el 129 % de la energía correspondiente a materiales/fabricación, respectivamente y el gasto energético de la mano de obra se estableció según lo propuesto por Hernanz (2008) y Tabatabaeefar *et al.* (2009), presente en la tabla 1.

Tabla 1. Valores de energía por unidad de masa de los materiales utilizados en la investigación

Insumos	Equivalencias (MJ/unid.)	Fuente
Operador de Hombre (h) tractor	1,05	Hernanz (2008) y Tabatabaeefar <i>et al.</i> (2009)
Trabajo manual	1,95	
Diesel (l)	40	Meul, Nevens, Reheul y Hofman (2007) y

---

		Hernanz (2008)
Nitrógeno (kg)	55,3	Meul <i>et al.</i> (2007)
Fósforo (kg)	15,8	Meul <i>et al.</i> (2007) y Hernanz (2008)
Potasio (kg)	9,3	Mora, Ramírez y Quirós (2006), Hernanz (2008) y Guzmán y Alonso (2008)
Urea (kg)	68,9	Mora <i>et al.</i> (2006) y Hill, Nelson, Tilman, Polasky y Tiffany (2008)
Semilla (kg)	0,438	Meul <i>et al.</i> (2007)
Maquinaria (kg)	37,5*	Hill <i>et al.</i> (2006)

---

\* Incluye el costo energético de la producción del acero más un 50 % en el ensamblaje.

Las variables experimentales fueron las siguientes:

*Variables medidas*

Consumo de combustible por hectárea

Tiempos de trabajo

Velocidad de trabajo

*Variables determinadas por el método analítico*

Productividad del conjunto

Aprovechamiento del tiempo de turno

Consumo de energía por hectárea

*Diseño experimental y metodología para el análisis estadístico de los datos*

El algoritmo de cálculo para los gastos energéticos (MJ/ha) se desarrolló en el software Mathcad 15.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo a la velocidad de trabajo. Para ello, se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 21.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de haber analizado los datos obtenidos durante la labranza y siembra del cultivo del frijol, variedad Velasco Largo en los meses de octubre-diciembre de 2018, con maíz como cultivo precedente, se puede evidenciar la influencia de los parámetros medidos sobre los costos energéticos.

*Parámetros técnicos explotativos*

Los parámetros explotativos que influyen en el consumo de energía, referentes a la labor de aradura, mostrados en la figura 1, expresan la coincidencia del aprovechamiento del tiempo de turno respecto a lo recomendado por González (2015), lo que está dado por la reducción de los tiempos improductivos. Esto trae

consigo que la productividad del conjunto sea favorable, superando los valores obtenidos por el Colectivo de autores (2007) y por debajo de los alcanzados por Trujillo (2010), cuya diferencia puede estar influenciada por la velocidad de trabajo que en el caso del conjunto conformado por el tractor FOTON 904 y el arado de 4 discos AFT 4, es menor

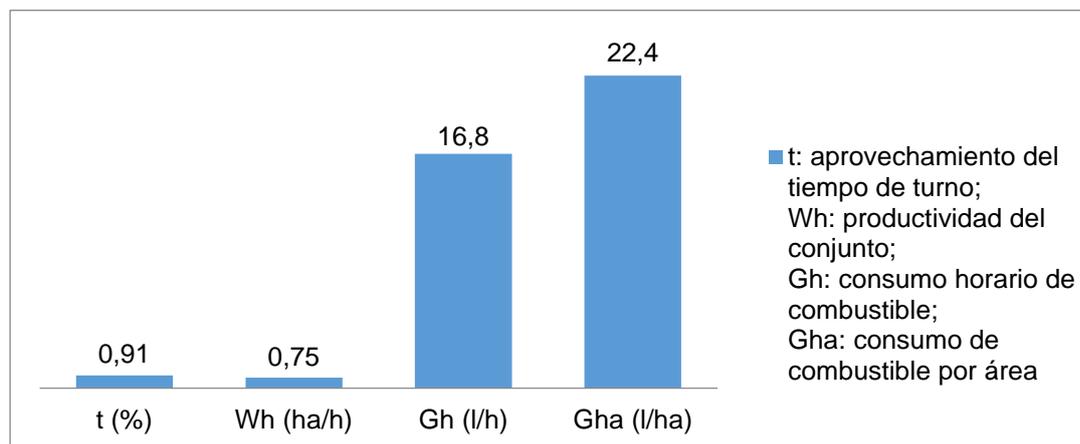


Figura 1. Parámetros explotativos de la roturación con arado de discos.

El combustible consumido por área con valor de 22,4 L/ha, concuerda con el recomendado por Hernanz (2008) para la aradura con discos, con el obtenido por Trujillo (2010) en la roturación con arado de cuatro discos a 0,20 m y tractor de 105 cv y con el gastado en la aradura con discos a 0,20 m de profundidad, ofrecido por investigaciones realizadas por Suárez (2013),. Según la ASAE D497.4: 2003, del 75 al 81 % de la potencia del tractor se aprovecha en tracción; teniendo en cuenta esto, el consumo horario de combustible, se puede evaluar dentro de los parámetros normales (16,8 L/h) para este tractor.

La labor de alisamiento se llevó a cabo a una velocidad de 4,38 km/h, mostrando la desviación típica (0,18) poca dispersión de los datos.

El aprovechamiento del tiempo de turno mostrado en la figura 2, se encuentra por encima del recomendado por González (2015), para campos de 400 a 600 m, lo que está dado por la reducción de los tiempos improductivos; esto trae consigo que la productividad del conjunto sea favorable, superando los valores obtenidos por Trujillo (2010) y López y Urria (2015).

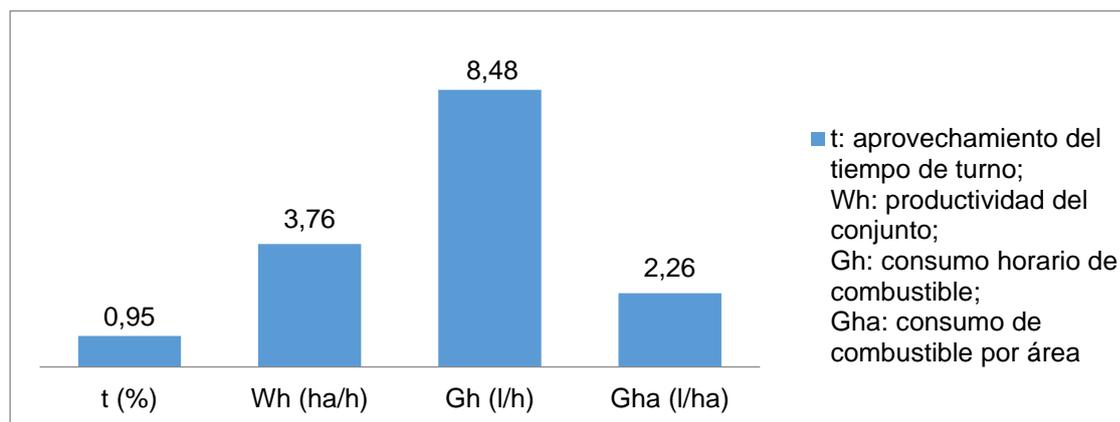


Figura 2. Parámetros explotativos del alisamiento con rail

El combustible consumido por área es inferior al obtenido por Trujillo (2010) y López y Urría (2015), con 2,26 L/ha, porque en sus investigaciones utilizan tractores de mayor potencia.

La siembra/fertilización se efectuó a una velocidad media de 5,39 km/h, mostrando la desviación típica (0,11) poca dispersión en los datos. Se trabajó a una profundidad de trabajo media para la siembra de 0,033 m y para la fertilización de 0,067 m, cuyas mediciones estuvieron poco dispersas con desviaciones típicas de 0,000941 y 0,001598, respectivamente, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis estadístico descriptivo de la profundidad de trabajo

Parámetro	Aradura	Fertilización	Siembra
Media	0,148	0,06687	,03320
Error típico de la media	0,001868	0,000413	,000243
Mediana	0,150	0,06700	,03300
Moda	0,152	0,065	,033
Desviación típica	0,007233	0,001598	,000941
Varianza	0,000	0,000	,000
Rango	0,028	0,005	,003
Mínimo	0,128	0,065	,032
Máximo	0,156	0,070	,035

Existe simetría en la distribución de los datos ya que la moda y la mediana prácticamente coinciden y la media está muy próxima a ellas, lo que significa que no hay valores extremos alejados del resto que provoquen sesgo en el valor de la media. Los datos están poco dispersos teniendo en cuenta los valores del rango y de la desviación típica respectivamente.

En el trabajo con la sembradora fertilizadora, obsérvese la figura 3, las pérdidas de tiempo debido al llenado de las tolvas, tanto de semilla, como de fertilizante, provocaron una caída considerable en el rendimiento del tiempo de turno, que se

encuentra por debajo del desarrollado por sembradoras evaluadas por Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía, 2006 y Colectivo de autores (2007). No obstante, el consumo de combustible es similar al obtenido por estos investigadores, en lo que repercute la velocidad de trabajo desarrollada por el conjunto evaluado en este estudio.

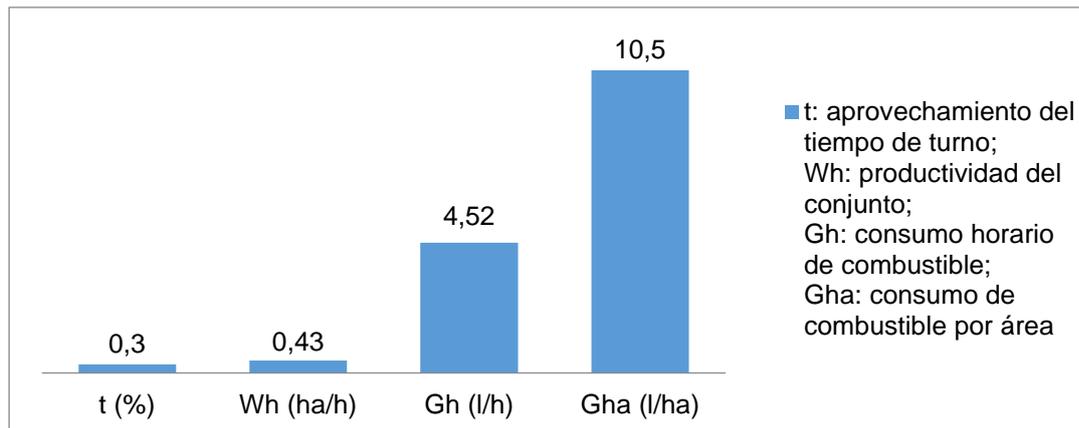


Figura 3. Parámetros explotativos de la siembra-fertilización.

### Consumo energético

Al analizar el consumo energético por unidad de área, teniendo en cuenta todas las formas de energía que intervinieron en el proceso, mostrado en la figura 4, es notable que los insumos tienen mayor repercusión sobre los costos totales con un 82,99 %, lo que ratifica los resultados ofrecidos por Sá *et al.* (2013) y Martins *et al.* (2015).

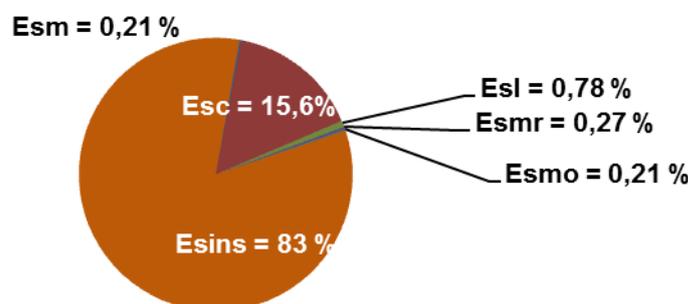


Figura 4. Formas de energía expresadas en por ciento del total invertido. Esm: en maquinaria, su fabricación y transporte; Esmr: en mantenimiento y reparación; Esmo: en mano de obra; Esc: en combustible; Esl: en lubricantes; Esins: en insumos.

El costo energético para los fertilizantes fue de 6 459 MJ/ha y 1 026 MJ/ha para las semillas, ver tabla 3. Es necesario, considerar que el encarecimiento de los costos energéticos para la obtención de los fertilizantes se debe a que la fabricación de los mismos procede del uso de hidrocarburos, recursos que se explotan a una velocidad mayor que la requerida naturalmente para su síntesis. Por otra parte, la obtención de la semilla se lleva a cabo a través de un proceso productivo que comienza con la labranza y termina con el beneficio.

Tabla 3. Energía invertida en maquinaria, su fabricación y transporte (M), mantenimiento/repación (M/R), mano de obra (MO), combustible (C), lubricantes (L) e insumos (I).

	M	C	L	M/R	MO	I*	Total
<b>MJ/ha</b>	19,35	1 406,4	70,32	24,97	13,41	7 485	9 019,45

\*: Incluye fertilizantes y semillas.

No debe obviarse la repercusión que tiene la energía proveniente del combustible para el consumo de energía total. Esta es una energía de uso directo que debe su aumento a la mecanización del proceso productivo. Su consumo se hace mayor al aumentar el número de labores y la profundidad de trabajo según corroboran estudios realizados por Paneque *et al.* (2016).

La tabla 4 considera las formas de energía invertidas en cada una de las labores, exceptuando los insumos, que ya fueron analizados. Puede apreciarse para las tres operaciones la gran influencia del consumo de combustible que presenta tendencias semejantes a los estudios realizados por Trujillo (2010) y Paneque *et al.* (2016).

Tabla 4. Consumo de energía por hectárea de todas las formas de energía que intervinieron en cada labor.

Parámetro	Energía (MJ/ha)		
	Aradura*	Alisamiento**	Siembra/fertilización***
<b>Maquinaria</b>	6,56	1,64	19
<b>Mantenimiento/repación</b>	8,71	2,12	14,78
<b>Mano de obra</b>	1,40	0,50	11,51
<b>Combustible</b>	896	90,40	420
<b>Lubricante</b>	44,80	4,52	21
<b>Total</b>	<b>956,53</b>	<b>99,27</b>	<b>486,29</b>

\*: tractor FOTON 904 y un arado de 4 discos AFT 4. \*\*: tractor NEW HOLLAND TT4030 y un Riel de 5 m de ancho. \*\*\*: tractor FOTON 904 y la sembradora-fertilizadora Baldan 3000.

La labor de aradura reportó los mayores gastos energéticos con respecto al resto de las labores, puesto que es una operación más profunda y que por tanto requiere de mayor consumo de potencia, a su vez mayor gasto de Diesel, lo que coincide con los resultados alcanzados por Bailey *et al.* (2003) y Fernandes, Da Silveira y Rinaldi (2008), y por ende mayor gasto de energía por concepto de lubricante, puesto que representa un 5 % del consumo de energía gastada en combustible, como plantea Cuevas (2017).

Después de la roturación, la más alta contribución al consumo energético la tuvo la siembra/fertilización, puesto que comparada con el alisamiento, que es superficial, esta labor requiere de una pequeña penetración de sus órganos para realizar el surcado, la siembra y la fertilización, con una profundidad media de 0,067 m y máxima de 0,07 m.

## CONCLUSIONES

- Los parámetros técnicos-explotativos se comportaron favorablemente para la aradura con el conjunto formado por el tractor FOTON 904 y el arado de 4 discos AFT 4 y el alisamiento con el conjunto formado por el tractor NEW HOLLAND TT4030 y un Riel de 5 m de ancho, mientras que para la siembra efectuada con el tractor FOTON 904 y la sembradora-fertilizadora Baldan 3000, influyó negativamente el gasto de tiempo de llenado de las tolvas.
- La más alta contribución al costo energético la tuvieron los insumos con un valor de 7 485 MJ/ha, seguidos por el combustible con 1 406,4 MJ/ha.
- El costo energético total para la labranza y siembra fue de 9 019,45 MJ/ha.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASAE (1993). Agricultural Engineers Yearbook. Arg. Mach. Mgt. Data: EP391 and D230.3. St. Joseph, Michigan, USA.
- ASAE D497.4 (2003). Agricultural Machinery Management Data. Vig. Febrero 2003
- BAILEY, A. P. ... [et al.] (2003). A comparison of energy use in conventional and integrated arable farming systems in the UK. *Journal Agriculture, Ecosystems and Environment*. Ucrania, Vol. 97, p. 241-253.
- SOTTO BATISTA, Pedro D... [et al.] (2007). Maquinaria Agrícola. Programación y Control de su Explotación. AnaExplo. La Habana, Cuba: Ed. Agrinfor. 179 p.

- CUEVAS MILÁN, Héctor Rafael de las ... [et al.] (2017). Automated system for determination of energy and operating costs of self-propelled machines. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. La Habana, CEMA, Vol. 26, No. 2, p. 80-88.
- FERNANDES, Haroldo Carlos, DA SILVEIRA, João Cleber Modernel y RINALDI, Paula Cristina Natalino (2008). Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. *Revista Ciência e Agrotecnologia*. Viçosa, UFV. Vol. 32, No. 5, p. 1582-1587.
- FLUCK, Richard (1992). Energy for farm production. En su: *Energy for World Agriculture*. Amsterdam: Ed. Elsevier.
- GARCÍA DE LA FIGAL COSTALES, Armando Eloy (2008). *Mecanización agropecuaria*. La Habana: Ed. Félix Varela. 262 p.
- GONZÁLEZ VALDÉS, Roberto (2015). *Explotación del parque de maquinarias*. 2da ed. La Habana: Ed. Félix Varela. 269 p.
- GUZMÁN, G. I. y ALONSO, A. M. (2008). A comparison of energy use in conventional and organic olive oil production in Spain. *Journal Agricultural Systems*. Spain. Vol. 98, p. 167–176.
- HERNANZ, José Luis (2008). *Eficiencia energética en Agricultura de Conservación en zonas semiáridas*. España : Ed. Dpto. Ingeniería Forestal, Universidad Politécnica de Madrid. 14 p.
- HETZ, E. y BARRIOS, A. (1997). Reducción del costo energético de labranza/siembra utilizando sistemas conservacionistas en Chile. *Revista Agro-Ciencia*. Chile. Vol. 13, No. 1, p. 41-47.
- HILL, Jason... [et al.] (2006). Environmental, economic and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. *Journal PNAS*, Minnessota. Vol. 103, No. 30, p. 11206–11210.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y EL AHORRO DE ENERGÍA (2006). *Ahorro, Eficiencia Energética y Sistemas de Laboreo Agrícola*. 2da edición. Madrid, España : Ed. IDEA. 40 p.
- LÓPEZ, I. y URRÍA, D. (2016). Eficiencia energética en el cultivo del frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*), utilizando tecnologías de producción agrícola. *Universidad&Ciencia*. Vol. 5, No. 2, p. 107-120.

- MARTINS, Felipe Gabriel Lorenzoni... [et al.] (2015). Análise energética da produção de milho para silagem cultivado em diferentes espaçamentos. *Revista Energia Agrícola*. Botucatu. Vol. 30, No. 4, p. 418-428.
- MEUL, Marijke... [et al.] (2006). Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. *Journal Agriculture, Ecosystems and Environment*. Belgium. Vol. 119, p. 135-144.
- MORA DELGADO, Jairo, RAMÍREZ, Carlos y QUIRÓS, Olman (2006). Análisis beneficio-costo y cuantificación de la energía invertida en sistemas de caficultura campesina en Puriscal, Costa Rica. *Revista Agronomía Costarricense*. Costa Rica. Vol. 30, No. 2, p. 71-82.
- NC 34-37: 2003. Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación Tecnológico - explotativa. La Habana, Cuba. Vig. Octubre 2003.
- PANEQUE, Pedro... [et al.] (2016). Labranza convencional y de conservación en el cultivo del frijol bayo Tuy (*Vigna unguiculata l*). *Revista Ingeniería Agrícola*. La Habana, Vol.6, No. 2, p. 20-25.
- PONCE, Félix... [et al.] (2008). Influencia de las tecnologías de labranza-siembra sobre los costos energéticos y de explotación de la técnica empleada y la contaminación del aire en el cultivo del frijol. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, La Habana, UNAH. Vol. 17, No. 4, p. 13-18.
- SÁ, Jerusa Maia... [et al.] (2013). Balanço energético da produção de grãos, carne e biocombustíveis em sistemas especializados e mistos. *Revista Pesquisa Agropecuária*, Brasília. Vol. 48, No. 10, p. 1323-1331.
- SRIVASTAVA, Ajit... [et al.] (2006). Machinery selection and management. En su: *Engineering Principles of Agricultural Machines*. St. Joseph, Michigan: ASABE.
- STOUT, B. (1990). *Handbook of energy for world agriculture*. London and New York: Ed. Elsevier Applied Science.
- SUÁREZ DE CEPEDA MARTÍNEZ, Mariano (2013). Eficiencia energética en la explotación agraria. *Revista Profesional de los Ingenieros Agrónomos*. Valencia. Vol. 43, p. 35-41.
- TABATABAEEFAR, A... [et al.] (2009). Comparison of energy of tillage Systems in wheat production. *Journal Energy*. Elsevier. Vol. 34, p. 41-45.
- TRUJILLO RODRÍGUEZ, Yarina Margarita (2010). Evaluación de la productividad energética en la mecanización del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*), en

la Empresa de Cultivos Varios La Cuba. Ciego de Ávila. 57 h. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias de Mecanización de la Producción Agropecuaria. Universidad de Ciego de Ávila.