

Original

Evaluación energética de dos sistemas de fangueo para el cultivo de arroz (*ORYZA SATIVA L.*)

Energy evaluation of systems two pudding for the cultivation rice (*Oryza sativa L.*)

Dr. C. Yosvel Enrique Olivet Rodríguez, Profesor Titular, Universidad de Granma, Cuba.

yolivetr@udg.co.cu

Dr. C. Luis Raúl Parra Serrano, Profesor Titular. Universidad de Granma, lparras@udg.co.cu

Ing. Yaritza Furé Blanco, Guantánamo, Cuba.

Recibido: 21/05/2018 Aceptado: 25/04/2018

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la UEB Prestación de Servicios Técnicos Integrales, Yara, perteneciente a la Empresa de Agroindustrial de Granos Fernando Echenique, de la provincia de Granma. El mismo tiene como objetivo desarrollar la evaluación energética de dos sistemas de fangueo directo (T1 y T2) para la producción del cultivo de arroz, teniendo en cuenta el consumo de energía de uso directa e indirecta y la energía de entrada y salida (*Input, Output*) y el costo energético del proceso. Teniendo como resultado que T2 alcanzó los menores de energía de uso directo e indirecto, 9 254,21 MJ·ha⁻¹ y 9 496,83 MJ·ha⁻¹ respectivamente entre 1 y 2 % inferior a los alcanzado por T1. Mientras que T1 alcanzó el mayor valor de energía de entrada *Input* (19 007,00 MJ·ha⁻¹ y 1 062,56 MJ·t⁻¹), 1,3 y 5% superior a la energía alcanzada por T2 respectivamente, para una energía *Output* de 71 532,62 MJ·ha⁻¹, 4% superior al valor de energía calzando por T2, con sólo 68 868,70 MJ ha⁻¹, para una relación energética de 3,8. Para un costo energético de T1 fue de 46 401,72 MJ·h⁻¹ mayor que lo alcanzado por T2 con de 46 032,43 MJ·h⁻¹.

Palabras claves: consumo de energía, costo energético, relación energética.

ABSTRACT

The present work was developed in the UEB Provision of Integral Technical Services, Yara, belonging to the Agroindustrial Company of Grains Fernando Echenique, of the province of Granma. It aims to develop the energy evaluation of two direct flogging systems (T1 and T2) for rice crop production, taking into account the consumption of direct and indirect use energy and input and output energy (*Input, Output*) and the energy cost of the process. Taking as a result

that T2 reached the lowest direct and indirect use energy, 9 254.21 MJ·ha⁻¹ and 9 496.83 MJ·ha⁻¹ respectively between 1 and 2 % lower than those reached by T1. While T1 reached the highest input energy value Input (19 007.00 MJ·ha⁻¹ and 1 062.56 MJ·t⁻¹), 1.3 and 5 % higher than the energy reached by T2 respectively, for an energy *Output* of 71 532.62 MJ·ha⁻¹, 4 % higher than the energy value by shimming by T2, with only 68 868.70 MJ·ha⁻¹, for an energy ratio of 3.8. For an energy cost of T1 it was 46 401.72 MJ·h⁻¹ higher than that reached by T2 with 46 032.43 MJ·h⁻¹.

Key words: energy consumption, energy cost, energy relationship.

INTRODUCCIÓN

El laboreo del suelo es un factor importante por su marcada influencia no solo en la producción del cultivo, sino que también influyen en el consumo y costo energético; por su dependencia de grandes cantidades de insumos y sistemas de máquinas que intervienen en el proceso externo en el cultivo de arroz que aportan un elevado consumo energético, que no es compensado con el producto final (Miranda *et al.*, 2009).

Cuba tiene como característica fundamental que su economía es eminentemente agropecuaria, por el hecho de no poseer una industria desarrollada ni grandes fuentes de recursos energéticos; esto hace que la producción agrícola sea un elemento indispensable para alcanzar el desarrollo económico-social del país, pues ella debe garantizar las necesidades alimentarias de la población (Carrasco Santillán, 2017).

Según y (2013), el incremento de la producción agrícola, es uno de los objetivos fundamentales para obtener incrementos en la producción nacional de arroz, de no cumplirse el mismo, Cuba debe importar 470 000 t anuales, lo que representa una erogación a los actuales precios de unos 86 millones de dólares; la necesidad de producir arroz es real y se logra con menos gastos, mayor eficiencia, y el empleo de una alta tecnología.

El objetivo fundamental de las máquinas agrícolas dentro de la agricultura es la humanización del trabajo pesado del hombre. La maquinaria moderna no posee altos índices de consumo de combustible, pero su precio adquisitivo y operación en términos monetarios (peso/h, peso/ha) y energéticos (MJ h⁻¹, MJ ha⁻¹) son muy altos. La escases de combustible es un problema mundial y en especial para Cuba, que actualmente importa casi el 100% de la maquinaria agrícola moderna que utiliza.

El laboreo del suelo es de vital importancia por su marcada influencia para la siembra, rendimiento de cosecha, volumen anual, costo de producción, incidencia en la conservación del

medio, consumo energético; así como por su dependencia de las condiciones edafoclimáticas.

A pesar de los avances en materia de laboreo aún prevalece la tecnología tradicional. Los investigadores han planteado en disímiles ocasiones la sustitución de esta tecnología por prácticas de laboreo que conduzcan a una mejor conservación del suelo para reducir los procesos degradativos del mismo (compactación, erosión, pérdida de materia orgánica).

El arroz es un cultivo tradicional importante para Cuba, sin embargo, no ha contado con un balance y costo energético que permita valorar el comportamiento de las labores de fangueo bajo las condiciones dadas del territorio. El objetivo del trabajo investigativo es evaluar el consumo y el costo energético de dos sistemas de fangueo para la producción del cultivo del arroz.

Población y Muestra

El trabajo investigativo se lleva a cabo en la UEB Prestación de Servicios Técnicos Integrales, Yara, perteneciente a la Empresa de Agroindustrial de Granos Fernando Echenique, de la provincia de Granma, sobre un *Vertisol* (ONE, 2006), de consistencia media, medianamente profundo, relativamente llano, sin presencia de obstáculos, con un pH de 7.

Materiales y Métodos

Se monta un diseño experimental en bloques al azar, con dos tratamientos y dos repeticiones, para un total de 4 parcelas de 900x200 m. Las variables de estudio son: consumo de energía de uso directo e indirecto, consumo energético total *Input* y *Output*, así como el costo energético de explotación. Una vez tomados los datos, se realiza un análisis de varianza con el paquete estadístico STATISTICA (Statsoft, 2003), mediante la prueba de LSD de *Fisher* con una probabilidad $p < 0,95$.

Sistemas de fangueo directo

Fangueo directo, T1, consiste en dar tres pases de ruedas fangueadoras perpendiculares uno de otro, seguido de un pase de rodillo nivelador.

Fangueo directo con neumático, T2, consiste en dar un pase de grada de 678 kg con tractor sobre neumáticos seguido de un pase de rodillo nivelador.

Determinación del balance energético

Energía directa (E_d) incluye aquella que está asociada al consumo de combustible, a la electricidad, a la mano de obra empleada en las diferentes labores:

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

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

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) para la gasolina ($2,12 \text{ MJ L}^{-1}$) (Paneque *et al.*, 2009)

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

$$E_{dh} = \frac{E_h \cdot n_{ob}}{C_{tob}} \quad (2)$$

Donde:

E_h , es el equivalente energético del trabajo humano ($1,96 \text{ MJ h}^{-1}$) (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})

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}) (MJ ha^{-1})

$$E_{imq} = \frac{m_{eq} [E_f (1 + (E_r / 100)) + E_t]}{V_u} \times \frac{10}{a_t v_{tr}} \quad (3)$$

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}) (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 indirecta de los insumos de producción (E_{iin}), (MJ kg^{-1})

$$E_{iin} = D_s \cdot E_{ein} \quad (4)$$

donde:

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

E_{ein} , es el equivalente energético de los insumos, MJ kg^{-1} o MJ L^{-1}

Energía del proceso:

a) Energía total consumida (*Input*) del proceso de labranza por unidad de superficie, (MJ ha^{-1})

$$E_{Input} = E_d + E_i \quad (5)$$

b) Energía total (*Input*) consumida por unidad de producto obtenido, (MJ kg^{-1})

$$E_{Input-rend.} = \frac{E_{Input}}{R_{ac}} \quad (6)$$

donde:

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

c) Energía (*Output*) contenida en el producto obtenido por unidad de superficie, (MJ ha^{-1})

$$E_{Output} = R_{ac} \cdot E_{eq} \quad (7)$$

donde:

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

E_{eq} , es la energía equivalente del cultivo, ($3,85 \text{ MJ kg}^{-1}$) (González *et al.*, 2009)

d) Relación energética del cultivo (ratio) (E_{ue})

$$E_{ue} = \frac{E_{Output}}{E_{Input}} \quad (8)$$

e) Coeficiente de energía neta del cultivo (*NER*)

$$NER = \frac{E_{Output} - E_{Input}}{E_{Input}} \quad (9)$$

donde:

NER – Coeficiente de energía neta del cultivo.

E_{Output} – Energía asociada al cultivo producido, (MJ ha^{-1}).

E_{Input} – Consumo de energía total, (MJ ha^{-1}).

Determinación del costo energético

Los costos energéticos totales de la operación agrícola mecanizada se calculan según la ecuación (10).

$$EST = ESm + ESc + ESI + ESmr + ESmo \quad (10)$$

donde:

EST- costo energético total de la operación agrícola mecanizada, MJ h⁻¹

ESm-energía secuestrada en los materiales, fabricación y transporte, MJ h⁻¹

ESc- energía secuestrada en el combustible, MJ h⁻¹

ESI- energía secuestrada en lubricante, MJ h⁻¹

ESmr- energía secuestrada en reparación/mantenimiento, MJ h⁻¹

ESmo- energía secuestrada en mano de obra, MJ h⁻¹

ESp- energía secuestrada en (semillas, fertilizantes, pesticidas), MJ h⁻¹

a) La energía secuestrada en los materiales, fabricación y transporte (*ESm*) se calcula usando la ecuación (2.16)

$$ESm = \frac{G_t \cdot EUt}{VUt} + \frac{G_m \cdot EUm}{VUm} + ES_{Av} \quad (11)$$

donde:

G_t, *G_m*- masa constructiva del tractor y la máquina agrícola respectivamente, kg

EU_t, *EUm*- energía por unidad de masa constructiva del tractor y la máquina agrícola respectivamente, MJ kg⁻¹

VU_t, *VUm*-vida útil del tractor y la máquina agrícola respectivamente, h

ES_{AV}- energía secuestrada en los materiales, fabricación y transporte, MJ h⁻¹

b) La energía correspondiente al combustible utilizado (*ESc*) se calcula con el estándar propuesto por Hetz y Barrios (1997), ASAE (1993), según la ecuación (12).

$$ESc = g_e \cdot E_{eg} + ES_{cAv} \quad (12)$$

donde:

g_e- consumo específico de combustible, L h⁻¹

E_{eq}-energía equivalente del combustible, MJ L⁻¹

ES_{AV}- energía correspondiente al combustible de avión, MJ h⁻¹

- c) La energía correspondiente a lubricantes/filtros (ESI) y reparaciones/mantenimiento ($ESmr$) se calcula por lo establecido por Hetz y Barrios (1997), 5% de la energía del combustible y 129% la energía correspondiente a materiales/fabricación, respectivamente.

$$ESI = 0,05 \cdot ESc \quad (13)$$

$$ESmr = 1,29 \cdot ESm \quad (14)$$

- d) El gasto energético de la mano de obra ($ESmo$) se establece para un turno de 8 h

$$ESmo = n_{ob} \cdot E_h + Eo_{Av} \quad (15)$$

donde:

n_{ob} - número de operadores

E_h - equivalente energético de un obrero, $MJ h^{-1}$

Eo_{Av} - energía del piloto del avión, $MJ h^{-1}$

Los valores energéticos del avión se toman de los calculados por (Paneque *et al.* (2009)).

Análisis de los resultados

Análisis de la energía de uso directo

En la Tabla 2 se muestra la energía empleada de uso directo del proceso mecanizado para la fomentación del cultivo del arroz mediante dos técnicas de fangueo directo, encontrándose diferencia significativa entre los tratamientos, según la prueba de LSD de Fisher para $p < 0,95$, donde T2 muestra el menor consumo de energía asociado al uso del combustible, con 9 239,00 $MJ ha^{-1}$, inferior en 1% a la energía alcanzada por T1, con sólo 9 321,00 $MJ ha^{-1}$. La energía empleada en la mano de obra para T2 es de 15,21 $MJ ha^{-1}$, estando en un 47% por debajo de la energía utilizada por T1 referido a la mano de obra (28,76 $MJ ha^{-1}$). Es evidente que con T2 se alcanzan los valores más bajos de consumo de energía de uso directo, con una energía media de 4 627,11 $MJ ha^{-1}$.

Tabla 2. Energía de uso directo ($MJ ha^{-1}$)

Indicadores	Tratamientos						
	T1	T2				Media	
Combustible	9 321,00	a	A	9 239,00	b	A	9 280,00
Mano de obra	28,76	a	B	15,21	b	B	21,99

Media	4 674,88	a	4 627,11	b	4 650,99
-------	----------	---	----------	---	----------

Al comparar, para un mismo tratamiento, el consumo de energía de uso directo, se comprueba que el empleo del combustible es el indicador de mayor consumo de energía, se alcanza un valor medio de $9\,280,00\text{ MJ ha}^{-1}$, este supera en 99,76% a la energía empleada en mano de obra. Cuando se suma la energía empleada en el combustible y la mano de obra, Figura 1, se observa un incremento de la energía en ambos tratamientos, sin embargo T2 se mantiene con el valor más bajo, $9\,254,21\text{ MJ ha}^{-1}$, siendo 1% inferior a T1, con $9\,349,76\text{ MJ ha}^{-1}$.

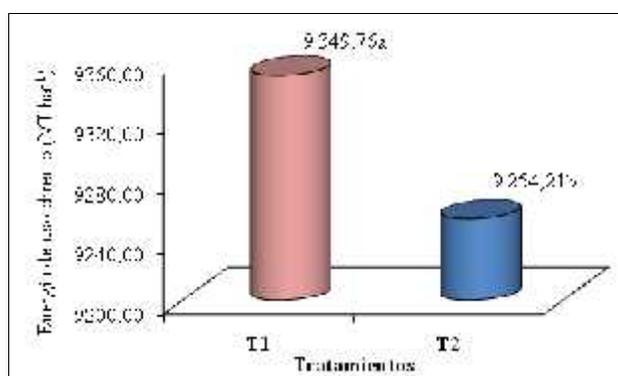


Figura 1. Consumo de energía de uso directo

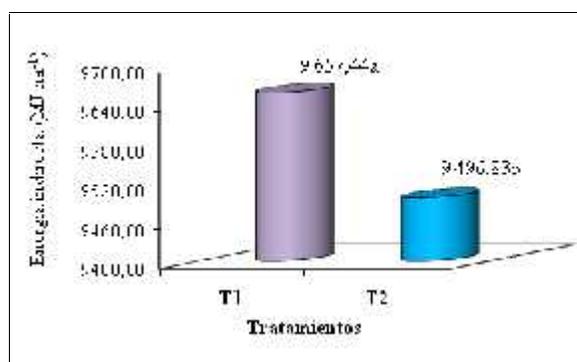


Figura 2. Consumo de energía indirecta de uso total

Energía de uso indirecto

En la Figura 2 se muestra el consumo energético de uso indirecto total del proceso, encontrándose diferencia significativa, según la prueba de LSD de Fisher para $p < 0,95$, en la que, la energía obtenida por T1 es de $9\,657,44\text{ MJ ha}^{-1}$, siendo 2% superior a la energía alcanzada por T2, con sólo $9\,496,83\text{ MJ ha}^{-1}$.

Al analizar cada uno de los indicadores, tal y como se muestra en la Tabla 2, se comprueba que el uso de la maquinaria marca una diferencia entre los tratamientos. Para lo cual T2 alcanza el menor consumo de energía $2\,135,64\text{ MJ ha}^{-1}$, encontrándose este valor en 7% por debajo de la energía alcanzada por T1, con sólo $2\,296,25\text{ MJ ha}^{-1}$. Los valores energéticos referidos al uso de los fertilizantes, la urea y los herbicidas no muestran diferencias significativas entre los tratamientos, ya que ellos se aplican por igual en ambos tratamientos, a pesar de esto T1 alcanza un consumo energético medio de $2\,414,36\text{ MJ ha}^{-1}$, 2% superior al consumo energético medio mostrado por T2, con $2\,374,21\text{ MJ ha}^{-1}$.

Tabla 3. Energía de uso indirecto en MJ ha⁻¹

Indicadores	Tratamientos				Media
	T1		T2		
Maquinaria	2 296,25	a B	2 135,64	b B	2 215,95
Fertilizantes	176,67	a D	176,67	a D	176,67
Urea	6 421,80	a A	6 421,80	a A	6 421,80
Herbicidas	762,72	a C	762,72	a C	762,72
Media	2 414,36	a	2 374,21	b	2 394,28

Al comparar los indicadores para un mismo tratamiento, se comprueba que el uso de la Urea es el indicador que más energía proporciona, existe diferencia significativa entre ellos, con un valor medio de 6 421,80 MJ ha⁻¹, 66% superior al consumo medio de energía que se obtiene por el uso del combustible, con 2 215,95 MJ ha⁻¹ como promedio.

El uso de la maquinaria para T1 y T2 representa el 24 y 22% respectivamente de la energía indirecta de uso total, los fertilizantes para T1 y T2 representan el 2% del consumo total respectivamente, el uso de la Urea para T1 y T2 representa el 66 y 68% de la energía indirecta total, los herbicidas para T1 y T2 representan el 8% respectivamente de la energía indirecta total.

Energía de entrada *Input*

La energía de entrada del proceso es la suma de la energía de uso directo más la indirecta (*Input*). En la Figura 3 se puede observar el comportamiento de esta energía para los dos tratamientos, presentando diferencias significativas entre ellos, donde T1 alcanza el mayor valor de energía de entrada 19 007,00 MJ ha⁻¹, 1,3% superior a la energía alcanzada por T2, con sólo 18 751,00 MJ ha⁻¹. Este resultado en función del rendimiento agrícola del cultivo da diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 4), manteniéndose T1 con el más alto valor de energía 1 062,56 MJ t⁻¹, 5% superior a lo alcanzado por T2, con sólo 1 009,21 MJ t⁻¹. Estos resultados están por encima de los obtenidos por Yero (2012).

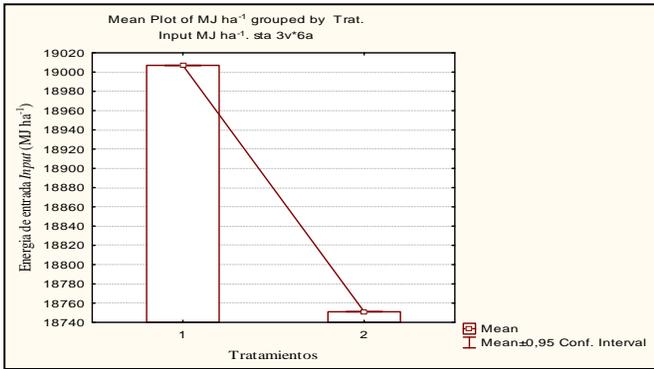


Figura 3. Consumo de energía de entrada *Input*.

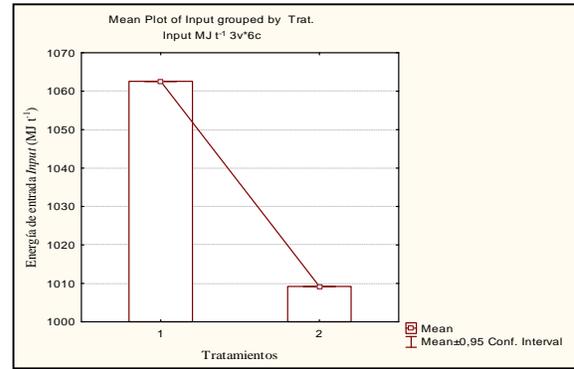


Figura 4. Energía *Input* en función del rendimiento agrícola

Energía de salida *Output*

En la Figura 5 se muestra la energía de salida *Output* por concepto de la multiplicación del rendimiento alcanzado por el equivalente energético del cultivo, en la cual se obtienen diferencias significativas entre los tratamientos, en esta T2 alcanza el mayor valor de energía 71 532,62 MJ ha⁻¹, 4% superior al valor de energía calzando por T2, con sólo 68 868,70 MJ ha⁻¹. Los valores de energía *Output* obtenidos por T1 y T2 respectivamente superan a los obtenidos por Yero (2012) al evaluar la siembra tradicional.

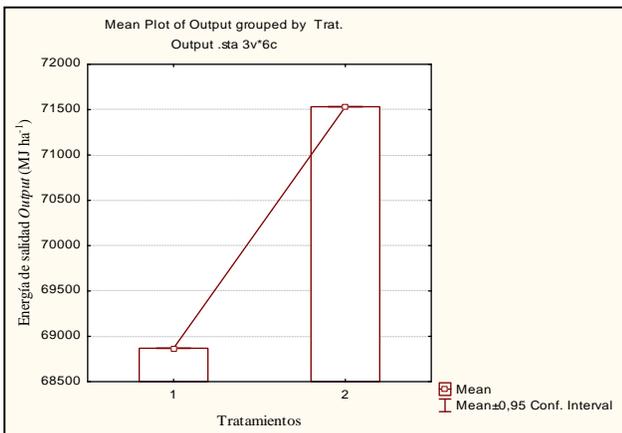


Figura 5. Energía de salida *Output*.

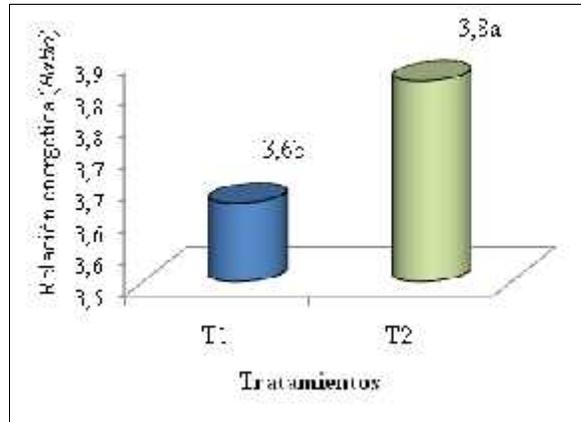


Figura 6. Relación energética del cultivo (*Ratio*).

Relación energética del proceso

La relación energética del proceso (*Ratio*) es la división de la energía *Output* entre la *Input*. Para el caso que se estudia, la relación energética obtenida por T1 es de 3,6 (Figura .6), 5% menor que la relación obtenida por T2, con un valor de 3,8. El coeficiente de energía neta (*NER*) para T1 alcanza un valor de 32 y para T2 fue de 3,8. Estos indicadores presentan un buen comportamiento, debido a que la energía de salida *Output* es mayor que la energía de entrada

Input. Comparados con los valores obtenidos en otras investigaciones (Yero, 2012) se comportan por encima.

Determinación del costo energético

En la Tabla 4 se muestra el comportamiento del costo energético que interviene en las operaciones mecanizadas del proceso. La energía secuestrada en los materiales empleados (*ESm*), muestra diferencia significativa entre los tratamientos, según la prueba LSD de Fischer para $p < 0,95$, para la cual T2 alcanza el menor costo de energía $163,86 \text{ MJ h}^{-1}$, 7% inferior al costo energético obtenido por T1, con sólo $176,13 \text{ MJ h}^{-1}$. Algo similar se muestra en los demás indicadores. La energía secuestrada en el uso del combustible (*ESc*), donde T2 alcanza un costo de $8\,969,22 \text{ MJ h}^{-1}$, 3% inferior del valor mostrado por T1, con $9\,259,22 \text{ MJ h}^{-1}$. La energía secuestrada en la utilización de los lubricantes (*ESI*) para T2 muestra un costo de $448,46 \text{ MJ h}^{-1}$, 3% por debajo del costo alcanzado por T1, con $462,98 \text{ MJ h}^{-1}$.

La energía secuestrada en la realización de los mantenimientos y las reparaciones (*ESmr*) de los conjuntos empleados, para T2 presenta un costo de $211,38 \text{ MJ h}^{-1}$, 7% inferior a la energía secuestrada por T1, con un costo energético de $227,21 \text{ MJ h}^{-1}$. La energía secuestrada en la utilización de la mano de obra (*ESmo*) para T2 fue de $48,40 \text{ MJ h}^{-1}$, 43% inferior al costo de energía alcanzado por T1, con sólo $84,80 \text{ MJ h}^{-1}$. Sin embargo la energía secuestrada en productos utilizados (semillas, fertilizantes, urea, pesticidas) (*ESp*) no muestra diferencia significativa, debido a que su aplicación es igual en ambos tratamientos, presentando un consumo de $36\,191,11 \text{ MJ h}^{-1}$ respectivamente.

Tabla 4. Costo energético totales de la operación agrícola mecanizada en MJ/h

Indicadores	Tratamientos		Media
	T1	T2	
<i>ESm</i> -energía secuestrada en los materiales, fabricación y transporte	176,13a ^a	E ^b 163,86b	E 170,00
<i>ESc</i> - energía secuestrada en el combustible	9 259,50a	B 8 969,22b	B 9 114,36
<i>ESI</i> - energía secuestrada en lubricante	462,98a	C 448,46b	C 455,72
<i>ESmr</i> - energía secuestrada en reparación/mantenimiento	227,21a	D 211,38b	D 219,30
<i>ESmo</i> - energía secuestrada en mano	84,80a	F 48,40b	F 66,60

de obra

Esp-energía secuestrada en productos utilizados (<i>semillas, fertilizantes, urea, pesticidas</i>)	36 191,11a	A	36 191,11a	A	36 191,11
Media	7 733,62a		7 672,07b		7 702,85

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de T2 se obtiene el menor consumo de energía de uso directo e indirecto, 9 254,21 MJ ha⁻¹ y 9 496,83 MJ ha⁻¹ respectivamente entre 1 y 2% inferior a los alcanzado por T1.
2. Con T1 se alcanza el mayor valor de energía de entrada *Input* (19 007,00 MJ ha⁻¹ y 1 062,56 MJ t⁻¹), 1,3 y 5% superior a la energía alcanzada por T2.
3. Con el tratamiento T1 alcanza, el mayor valor de energía *Output*, 71 532,62 MJ ha⁻¹, 4% superior al valor de energía calzando por T2, con sólo 68 868,70 MJ ha⁻¹, para una relación energética de 3,8.
4. El costo energético de T1 es de 46 401,72 MJ h⁻¹ mayor que lo alcanzado por T2 con de 46 032,43 MJ h⁻¹.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bowers, W. (1992). Agricultural field equipment. In: Fluck, R.C. (Ed.), *Energy in World Agriculture. Energy in Farm Production. Elsevier, Amsterdam*, 6, 117-129.
2. Carrasco Santillán, J. A. (2017). *Determinación de las causas que provocan las fallas en los soportes de rodamientos de arados para aumentar la vida útil de los rodamientos*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Maestría en Diseño Mecánico.
3. 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.
4. 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.

5. Mihov, M., Antonova, G., Masheva, S. y Yankova, V. (2012). Energy assessment of conventional and organic production of head cabbage. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(3), 320-324.
6. MINAG. (2008). *Costos y vida útil de la maquinaria estimados*. Delegación provincial de la agricultura. Bayamo Granma: Cuba.
7. Miranda, A., Paneque, P., Abraham, N. y Suárez, M. (2009). Comparative analysis of the energy total costs, operational and fuel consumption of rice cultivation using dry and muddy soil technologies. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(3), 70-75.
8. ONE. (2006, Territorio y Medio Ambiente). Principales factores limitantes edáficos. Retrieved mayo, 2009, from http://www.one.cu/aec_web/tablas-excel.htm
9. Paneque, P., Miranda, A., Suárez, M. y Abraham, N. (2009). Costos energéticos y de explotación del cultivo del arroz en fangueo directo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2), 7-11.
10. 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.
11. Ponce, F., Álvarez, E., Gonzáles, Y. y Hernández, J. I. (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*, 17(4), 13-18.
12. Ruiz, F. H., Vázquez, C., García, J. L., Salazar, E., Orona, I., Zuñiga, R., . . . Beltrán, F. A. (2009). Comparación del costo energético de dos manejos del suelo para albahaca. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 383-389.
13. 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 No., 285, New Zealand.
14. Statsoft. (2003). *Statistica for windows*, second (Version 8 Statsoft Inc.). USA: Tulsa, OK.
15. Yero, O. (2012). *Evaluación de dos tecnologías de laboreo y siembra en el cultivo del arroz (Oryza Sativa l), a partir del comportamiento del cultivo, rendimiento agrícola, consumo energético y gasto directo de explotación del proceso*. (Trabajo de Diploma, curso 2011-2012), Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Técnicas.
16. . . . y . . . (2013). . . . (7), 12-14.