



Comparison of Tractor Belarus 510 and Animal Traction in Beans Cultivation

Comparación durante la labor de cultivo del frijol del tractor Belarus 510 y la tracción animal

M.Sc. Jorqui Vargas-Hidalgo, Dr.C. Armando E. García de la Figal-Costales, Dr.C. Yanoy Morejón-Mesa

Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

ABSTRACT. To evaluate the operating parameters and economic and energy costs of two sets: tractor BELARUS 510- cultivator “Camajuaní” and animal traction (by oxen)-cultivator “Criollo” in beans cultivation on Ferralitic Red soil, belonging to Farmhouse “Las Papas”, National Institute of Agricultural Sciences (INCA), technological times, depth, width and working speed and fuel consumption were measured to both technologies. Using NC: 34-37 and NC: 34-38 and the software TECEXP and CEE, operating parameters, economic and energy costs for each set were calculated. As a main result it was determined that the useful operating time of tractor-cultivator is 6% higher than animal traction. Comparing sets, it was obtained that ha/h productivity, increases 4.23 times; the lowest economic cost transferred corresponds to the small power tractor with a value of 10.01 peso/ha, saving 34% and 48% compared to Belarus 510 and animal traction, respectively. The lower energy cost transferred also corresponds to the small power tractor with a value of 194.33 MJ / ha, saving 49% and 58%, compared to Belarus 510 and oxen animal traction, respectively.

Keywords: costs, energy, economy, animal traction, tractor, crop.

RESUMEN. Para evaluar los parámetros de explotación y los costos económicos y energéticos de dos conjuntos: tractor BELARUS 510-cultivador “Camajuaní” y yunta-cultivador “Criollo”, en la labor de cultivo del frijol, en suelo Ferralítico rojo de la Finca “Las Papas”, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), se midieron los distintos tiempos tecnológicos, profundidad, ancho y velocidad de trabajo, así como el gasto de combustible. Mediante las metodologías existentes, se calcularon, los parámetros de explotación, los costos económicos y los costos energéticos de cada conjunto, utilizando las NC 34-37 y 34-38 y los programas de computación TECEXP y CEE. El tiempo limpio de explotación del conjunto tractor-cultivador es 6 % mayor que yunta-cultivador. Comparando los conjuntos, se obtiene que la productividad ha/h, aumenta en 4,23 veces; El menor costo económico transferido corresponde al tractor de pequeña potencia con un valor de 10,01 peso/ha ahorrándose el 34 % y 48 %, respecto al Belarus 510 y la Yunta, respectivamente. El menor costo energético transferido también corresponde al tractor de pequeña potencia con un valor de 194,33 MJ/ha ahorrándose el 49 % y 58 %, respecto al Belarus 510 y la Yunta de Bueyes.

Palabras clave: energía, economía, explotación, tractor, yunta, cultivo.

INTRODUCTION

Agricultural production depends heavily on energy consumption, specifically in agricultural work, so it must be done with the highest quality, with strict execution of agro-technical requirements and in order to optimize the economic and energy costs due to their great influence on yields and production costs (Gonzalez, 1993).

It was gradually increased in the 80s, with the use of high-power tractors, irrigation and heavy use of agrochemicals, characteristic of agriculture for intensive food production. After the collapse of the socialist system, in early 90s,

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola depende en gran medida del consumo de energía, específicamente en las labores agrícolas, por lo que deben realizarse con la máxima calidad, con un estricto cumplimiento de las exigencias agrotécnicas y con el propósito de optimizar los costos económicos y energéticos, debido a su gran influencia en los rendimientos y en los costos de producción (González, 1993).

Se incrementó gradualmente en la década del 80, con el empleo de tractores de alta potencia, instalaciones de riego y abundante uso de productos agroquímicos, característicos de una agricultura para

Cuba faced an economic crisis because relations with the URSS were lost; that caused food, materials and machinery deficit, forcing the country to return to animal traction as a key source in agriculture (Carrobello & Diaz, 1998). Galindo (2000)¹ referred that, during technical and economic assessment of cane transport with motorized and animal traction, in terms of economic costs, animal traction is 50% cheaper than motorized and, in terms of energy costs, it is 97 % lower when animal traction is used. However, these considerations do not take into account the under-utilization of the motorized energy source when evaluating a tractor of 59 kW (80 hp) for 1.5 t cane throw at a distance of 1.2 km.

Gonzalez *et al.* (2009), reported that, for the calculation of the total energy sequestered from animal traction (by oxen), during plowing labor, based on the methodology developed during the Second National Meeting of Mechanization and Animal Traction, held in Yagüajay², it is necessary to take into account the energy cost for their feeding. However, it is not entirely clear, in the expression proposed, the methodology for its determination.

García de la Figal *et al.* (2012) evaluated operating, economic and energy costs comparing tractor and oxen for various crops, but they do not take into account the economic and energy costs to produce two oxen.

In other research conducted by de las Cuevas *et al.* (2009a), Mena (2007), Alvarez *et al.* (2006), and García de la Figal *et al.* (2012), empirical and calculated data of operating, energy and economic costs for traction with animals and tractors with different tools, field conditions, crop and type of work, among others, are provided, but economic and energy costs required to produce an ox are not provided. Vargas *et al.* (2014) determined it for the conditions of Cuba; but motorized and animal traction have not been evaluated taking into account neither hourly costs in producing two oxen, nor hourly costs in feeding them.

In order to determine what type of traction is more effective, considering animal traction and with tractor, this research was developed on the farmhouse “Las Papas” belonging to the National Institute of Agricultural Sciences (INCA). Operating parameters and economic and energy costs during bean cultivating labor were comparatively evaluated, in sets BELARUS 510-cultivator “Camajuaní” and animal traction (by oxen) cultivator “Criollo, on Red Ferrallitic Soil with three and one working bodies, respectively.

METHODS

Methods for Determining Economic Costs during Bean Cultivation Labor

In farming, production costs are considered vital, decreasing them largely depends on the proper use of technique for work execution. The assessment of direct operating costs Gde

la producción intensiva de alimentos. Después del derrumbe del campo socialista a principios de la década de los 90, Cuba se enfrentó a una crisis económica debido a que se perdieron las relaciones con la URSS, esto trajo consigo un déficit alimentario, de materiales y maquinarias, que obligó al país a retomar la tracción animal como fuente fundamental en la agricultura (Carrobello y Díaz, 1998).

Galindo (2000)¹, durante la evaluación técnico-económica del transporte de caña, mediante tracción motorizada y animal, refiere que en términos de costos económicos, la tracción animal es un 50% más barata que la motorizada y en términos de costos energéticos es un 97% menor. Sin embargo estas consideraciones no tienen en cuenta la subutilización de la fuente energética motorizada al evaluar un tractor de 59 kW (80 hp) para el tiro de 1,5 t de caña a una distancia de 1,2 km.

González *et al.* (2009), refieren que para el cálculo de la energía total secuestrada de la yunta de bueyes, durante labor de rotura, planteada en la metodología desarrollada durante el II Encuentro Nacional de Mecanización y Tracción Animal celebrada en Yagüajay, es necesario tener en cuenta el costo energético para su alimentación². Sin embargo no queda totalmente claro en la expresión planteada la metodología para su determinación.

García de la Figal *et al.* (2012), evalúan los costos de explotación, económicos y de energéticos comparando tractor y yunta de bueyes para varios cultivos, pero no tiene en cuenta los costos económicos y energéticos en producir una yunta.

En otras investigaciones realizadas por de las Cuevas *et al.* (2009a), Mena (2007), Álvarez *et al.* (2006), y García de la Figal *et al.* (2012), se brindan datos empíricos y por cálculo de los costos de explotación, energéticos y económicos para la tracción con animales y tractores con diferentes aperos, condiciones de campo, cultivo y tipo de labor, entre otros, pero no se precisa los costos económicos y energéticos en producir un buey; Vargas *et al.* (2014), lo determina para las condiciones de Cuba; sin embargo; no se ha evaluado la tracción motorizada y la animal teniendo en cuenta los costos horarios en producir una yunta de bueyes, ni los costos horarios por alimentación de la misma.

Con el objetivo de determinar qué tipo de tracción es más eficaz, con animales de tiro con tractor -cual incurre en menos gastos económicos y energéticos y muestra mejores parámetros de explotación-, en la Finca “Las Papas” del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) se evaluó comparativamente los parámetros de explotación los costos económicos y energéticos en la labor de cultivar entre los conjuntos BELARUS 510-cultivador “Camajuaní” y Yunta de Bueyes -cultivador “Criollo” en suelo Ferrallítico rojo para el cultivo del frijol con tres y un órganos de trabajo, respectivamente.

MÉTODOS

Métodos para la determinación de los costos económicos en el cultivo del frijol

En las labores agrícolas los costos de producción se consideran de vital importancia, la disminución de estos depende en gran medida de la correcta utilización de la técnica para la ejecución de las labores. La evaluación de los costos di-

¹ GALINDO, W.: Gastos de energía por los vacunos utilizados para el trabajo, Ed. Fundación CIPAV, Venezuela, 12 p., 2000.

² MINAG: “Dictamen de la comisión de mecanización y tracción animal”, En: II Encuentro Nacional de Mecanización y Tracción Animal, Yaguajay, Cuba, pp. 19-22, 1997.

was made between the two sets of machinery under study and it was calculated according to International Standard (NC 34-38: 2003 & Garcia de la Figa, 2008).

Methods for Determining Energy Costs during Bean Cultivation Labor

The methodology used to establish the energy costs of the operation implementation was that proposed by Bridges y Smith (1979), presented by Hetz y Barrios (1997) and supported by the information presented by ASAE (1993), Fluck (1992), Stout (1990), & De las Cuevas *et al.* (2009b). This methodology determines the total energy costs of mechanized farming operation MJ / h, adding energy sequestered in building materials, including manufacturing and transport, fuel, lubricants-filters, repair-maintenance, and labor required to operate the equipment.

Methodology for Calculation of Total Hourly Expended Energy (E_{tt}) of Tractor-Implement

Total hourly energy costs of the mechanized agricultural operation with tractor-cultivator, are calculated according to the equation:

$$E_{Tt} = (E_{mt} + E_{ct} + E_{lt} + E_{mrt} + E_{mot} + E_{matt}), \text{ MJ/h}, \quad (1)$$

where:

- E_{mt} -energy sequestered in materials, manufacturing and transportation, MJ/h;
- E_{ct} - Energy sequestered in fuel, MJ / h;
- E_{lt} - energy sequestered in lubricants and filters, MJ / h;
- E_{mrt} - energy sequestered in repairs and maintenance, MJ / h;
- E_{mot} - energy sequestered in labor, MJ / h;
- E_{matt} - energy sequestered from expendable materials in agricultural technological processes in question, MJ / h.
- E_{matt} - Energy sequestered is calculated according to the expression:

$$E_{mt} = G_{tt} * EU_t / VU_t + G_{ta} * EU_a / VU_a, \text{ MJ/h}, \quad (2)$$

where:

- G_{tt} , G_{ta} -tractor mass and G_{ta} -agricultural machine, respectively, kg;
- EU_t , EU_a -energy per mass unit of the tractor and agricultural machine, respectively, MJ / kg;
- STV, VU useful life of a tractor and implement, respectively, h; the values for G_{tt} and G_{ta} were obtained from the literature provided by manufacturers, the values of EU_t , were obtained from the criteria set by Paneque (1986), cited by De las Cuevas *et al.* (2009b)

Fuel used for energy, E_{ct} , is calculated with the standard proposed by ASAE (1993), y Paneque (1986), cited by De las Cuevas *et al.* (2009b), according to the equation:

$$E_{ct} = G_e * E_e, \text{ MJ/h}, \quad (3)$$

where:

- G_e -actual consumption of fuel per hour, L / h;
- E_e -specific fuel energy, MJ / L.

rectos de explotación **Gde** se realizó entre los dos conjuntos de maquinaria en estudio y se calcula según la norma cubana (NC 34-38: 2003 y García de la Figa, 2008).

Métodos para la determinación de los costos energéticos en el cultivo del frijol

Se utilizó la metodología para establecer los costos energéticos de ejecución de la operación propuesta por Bridges y Smith (1979), presentada por Hetz y Barrios (1997), y apoyada por los antecedentes presentados por ASAE (1993), Fluck (1992), Stout (1990), y de las Cuevas *et al.* (2009b). Esta metodología determina los costos energéticos totales de la operación agrícola mecanizada MJ/h, adicionando la energía secuestrada en los materiales de construcción, incluyendo la fabricación y transporte, combustible, lubricantes-filtros, reparaciones-mantenimientos, y la mano de obra necesaria para operar los equipos.

Metodología para el cálculo de la energía horaria gastada total (E_{tt}) del tractor-apero

Los costos energéticos horarios totales de la operación agrícola mecanizada con tractor-cultivador, se calculan según la ecuación:

donde:

- E_{mt} -energía secuestrada en los materiales, fabricación y transporte, MJ/h;
- E_{ct} -energía secuestrada en combustible, MJ/h;
- E_{lt} -energía secuestrada en lubricantes y filtros, MJ/h;
- E_{mrt} -energía secuestrada en reparaciones y mantenimiento, MJ/h;
- E_{mot} -energía secuestrada en mano de obra, MJ/h;
- E_{matt} -energía secuestrada de materiales gastables en procesos tecnológicos agrícolas en cuestión, MJ/h.

La energía secuestrada E_{mt} , se calcula según la expresión:

donde:

- G_{tt} , G_{ta} -masa del tractor y la máquina agrícola, respectivamente, kg;
- EU_t , EU_a -energía por unidad de masa del tractor y la máquina agrícola, respectivamente, MJ/kg;
- VU_t -vida útil del tractor y el apero, respectivamente, h.

Los valores para G_{tt} y G_{ta} fueron obtenidos de la literatura que entregan los fabricantes, los valores de EU_t , se obtuvieron a partir de los criterios expuestos por Fluck (1992), y los valores de VU_t , según Paneque (1986), citados por De las Cuevas *et al.* (2009b).

La energía correspondiente al combustible utilizado, E_{ct} , se calcula con el estándar propuesto por ASAE (1993), y Paneque (1986), citado por De las Cuevas *et al.* (2009b), según la ecuación:

$$E_{ct} = G_e * E_e, \text{ MJ/h}, \quad (3)$$

donde:

- G_e -consumo real de combustible por hora, L/h;
- E_e -energía específica del combustible, MJ/L.

The energy corresponding to lubricants / filters, El and repairs / maintenance E_{mr} is obtained as proposed by Fluck (1985) and subsequently calculated by Hetz & Barrios (1997), considering a 5% fuel energy and 129% for the corresponding materials/manufacturing

The energy cost of labor, E_{mo} , is calculated as proposed by Laptev (1987), which is considered a coefficient of energy expenditure K_i in kcal / kg-h, depending on the mass, age, gender and activity physics, for each type of operation according to the number of workers, by the expression:

$$E_{mo} = K_i \cdot Mchi, \text{ MJ/h}, \quad (4)$$

where:

K_i -coefficient energy expenditure kcal/kg-h;

$Mchi$ -farm worker body mass, kg.

E_{mat} - Energy sequestered in materials is calculated by:

$$E_{mat} = N \cdot W \cdot MEM, \text{ MJ/h}, \quad (5)$$

where

MEM - unit energy of expendable materials in agricultural technological process per mass unit, MJ/kg,

N -Regulation of expendable materials in agricultural technological process, kg/ha,

W - process productivity as NC 34-37: 2003, ha/h.

Total energy costs (E_{Tt}), expressed in MJ / h were transformed to E_{Sp} in MJ / ha, using tractor- machine set productivity ES , by the expression:

$$E_{St} = E_{Tt}/W, \text{ MJ/ha}, \quad (6)$$

where:

W -Productivity of the tractor- machine set, ha/h.

The values of W and E_{Tt} were calculated using the software developed by Cuevas *et al*, (2007)³

As an analogy between energy sources with animal traction and tractor, total hourly energy expended is calculated. The methodology used to establish the energy costs of operation execution was that presented by Hetz & Barrios (1997) for tractors and MINAG (2007) for animal traction. That methodology determines the total energy costs of agricultural operation of animal traction MJ/h, adding sequestered energy to produce the set including manufacturing and transportation, repair / maintenance, and labor required to operate the process.

Methodology for the Calculation of Total Hourly Energy Expended (E_{Ty}) of Animal Traction-Implement

Total energy sequestered of animal traction was determined by the following expression:

$$E_{Ty} = E_{produce} + E_{m\ implement} + E_{tya} + E_{mr} + E_{mo} + E_{mat}, \text{ MJ/ha}, \quad (7)$$

where:

$E_{produce}$ -hourly energy to produce two oxen, MJ / h;

$E_{produce}$ value was obtained from the criteria set by Vargas (2014).

La energía correspondiente a lubricantes/filtros, E_l y reparaciones/mantenimiento E_{mr} , se obtiene según lo propuesto por Fluck (1985) y posteriormente calculado por Hetz y Barrios (1997), los que consideran un 5% para la energía del combustible y 129% para la energía correspondiente a materiales/fabricación.

El costo energético de la mano de obra, E_{mo} , se calcula según lo propuesto por Laptev (1987), donde se considera un coeficiente de gasto energético K_i , en kcal/kg-h, en función de la masa, edad, género y actividad física, para cada tipo de operación según la cantidad de trabajadores, mediante la expresión:

$$E_{mo} = K_i \cdot Mchi, \text{ MJ/h}, \quad (4)$$

donde:

K_i -coeficiente de gasto energético, kcal/kg-h;

$Mchi$ -masa corporal del trabajador agrícola, kg.

La energía secuestrada E_{mat} , se calcula por:

$$E_{mat} = N \cdot W \cdot MEM, \text{ MJ/h}, \quad (5)$$

donde:

MEM -energía unitaria del material gastable en el proceso tecnológico agrícola por unidad de masa del mismo, MJ/kg,

N -norma del material gastable en el proceso tecnológico agrícola, kg/ha,

W - productividad del proceso, según NC 34-37: 2003, ha/h.

Los costos energéticos totales (E_{Tt}), expresados en MJ/h fueron transformados a en MJ/ha , utilizando la productividad del conjunto tractor- máquina ES , mediante la expresión:

$$E_{St} = E_{Tt}/W, \text{ MJ/ha}, \quad (6)$$

donde:

W -productividad del conjunto tractor- máquina, ha/h.

Los valores de W y de se calculan mediante los programas informáticos desarrollados por de las Cuevas *et al*, (2007)³

Como analogía entre fuentes energéticas con tractor y tracción animal, se calcula la energía gastada total horaria. Se utilizó la metodología para establecer los costos energéticos de ejecución de la operación presentada por Hetz y Barrios (1997) para tractores y MINAG (2007) para la tracción animal. Esta metodología determina los costos energéticos totales de la operación agrícola con yunta MJ/h , adicionando la energía secuestrada en producir el conjunto incluyendo la fabricación y transporte, reparaciones/mantenimientos, y la mano de obra necesaria para operar el proceso.

Metodología para el cálculo de la energía horaria gastada total (E_{Ty}) de la yunta de bueyes-apero

Se determina la energía secuestrada total de la tracción animal, por la siguiente expresión:

donde:

$E_{producir}$ -energía horaria para producir una yunta de bueyes,

MJ/h; el valor de $E_{producir}$, se obtuvo a partir de los criterios expuestos por Vargas (2014).

³ DE LAS CUEVAS, H.; RODRÍGUEZ, T.; PANEQUE, P.; HERRERA, M.: TECEXP. Evaluación Tecnológica Explotativa, Ed. CEMA-UNAH, 2007.

$E_{m\text{ implement}}$ -hourly energy in manufacturing materials and transportation of the implement, MJ/h;
 E_{tya} - Hourly energy for two oxen relation to food supplied for work, MJ/h;
 E_{mr} - Hourly energy for two oxen relation to food supplied for work-hourly energy for implement maintenance and repairs (129% of $E_{m\text{ implement}}$), MJ/h;
 E_{mo} - hourly energy labor according to the expression (4), MJ/h;
 E_{mat} - hourly energy of expendable materials in agricultural technological processes in question, according to the expression (5), MJ/h.

Energy sequestered in manufacturing materials and transport the implement, $E_{m\text{ implement}}$ is determined by the expression:

$$E_{m\text{ implement}} = Gt_a \cdot EU_a / VU_a, \text{ MJ/h}, \quad (8)$$

where:

Gt_a - mass of the implement, kg;
 EU_a - energy per unit of the agricultural implement, MJ/kg;
 VU_a - Implement useful lifetime, h.

To determine the energy sequestered by the maintenance and repair of the implement, basically energy sequestered in manufacturing materials and transport of the implement is used, by the following expression:

$$Emr = 1.29 \cdot ESm\text{ implement}, \text{ MJ/h}. \quad (9)$$

Total hourly energy cost (E_{ty}), expressed in MJ / h, was transformed into energy sequestered cost (E_{sy}), en MJ / ha, using productivity of animal traction-implement set by the expression:

$$E_{sy} = E_{ty} / W, \text{ MJ / ha}. \quad (10)$$

Methodology for Calculating Energy Consumed by the two Oxen

The energy consumed by the two oxen (E_{tya}) is the sum of the energy expended by each ox (Eal/ox) as shown in the expression:

$$E_{tya} = 2 \cdot Eal/ox, \text{ Mcal/day}, \quad (11)$$

The energy of pasture per dry mass MJ / kg DM, is obtained according to Fundora (2006) and contrasted with Fundora (2006); while others state that the mass ratio need for food, kgMS, per mass unit of animals, kgPV, is 0.025 to 0.03 kg DM/kgPV (Calzadilla, 1999). To determine the percent of grass dry mass (% MS), it was cut into small pieces of fresh 30 samples of 100 g each, dried in an oven, calculated by the expression:

$$\% MS = Mf / Mi, \quad (12)$$

where:

Mf - final sample, g;
 Mi - initial fresh sample, g.

The energy expended by each ox, Eal / ox , Mcal/day, is determined by the expression:

$$Eal/ox = MSp \cdot Eq_a, \text{ Mcal/day}, \quad (13)$$

E_{mapero} -energía horaria en los materiales, fabricación y transporte del apero, MJ/h;
 E_{tya} -energía horaria de la yunta referente al alimento suministrado para realizar el trabajo, MJ/h;
 E_{mr} -energía horaria por los mantenimientos y reparaciones del apero: 129 % de E_{mapero} , MJ/h;
 E_{mo} -energía horaria en mano de obra según la expresión (4), MJ/h;
 E_{mat} -energía horaria de los materiales gastables en procesos tecnológicos agrícolas en cuestión, según la expresión (5), MJ/h.

La energía secuestrada de los materiales de fabricación y transporte del apero, E_{mapero} , se determina mediante la expresión:

$$E_{mapero} = Gt_a \cdot EU_a / VU_a, \text{ MJ/h}, \quad (8)$$

donde:

Gt_a -masa del apero, kg;
 EU_a -energía por unidad de masa del apero agrícola, MJ/kg;
 VU_a -vida útil del apero, h.

Para determinar la energía secuestrada por los mantenimientos y reparaciones del apero, se empleará básicamente la energía secuestrada en los materiales de fabricación y transporte de este en cuestión, mediante la siguiente expresión:

$$Emr = 1.29 \cdot ESm\text{ implement}, \text{ MJ/h}. \quad (9)$$

El costo energético total horario (E_{ty}), expresado en MJ/h, fueron transformado a costo energético secuestrado (E_{sy}), en MJ/ha, utilizando la productividad del conjunto yunta- apero, mediante la expresión:

$$E_{sy} = E_{ty} / W, \text{ MJ / ha}. \quad (10)$$

Metodología para el cálculo de energía consumida por la yunta

La energía consumida por la yunta (E_{tya}) es la suma de la energía gastada por cada buey como se muestra en la expresión:

$$E_{tya} = 2 \cdot Eal/ox, \text{ Mcal/day}, \quad (11)$$

La energía del pasto por masa seca MJ/kgMS, se obtiene según el criterio de Fundora (2006), y contrastado con Fundora (2006); mientras otros autores afirman que el coeficiente de necesidad de masa de alimento, kgMS, por unidad de masa de los animales, kgPV, es de 0,025 a 0,03, kgMS/kgPV (Calzadilla, 1999).

Para determinar el por ciento de masa seca que contiene el pasto (% MS), este se cortó en fragmentos pequeños de 30 muestras frescas de 100 g cada una, se secó en una estufa, calculándose por la expresión:

$$\% MS = Mf / Mi, \quad (12)$$

donde:

Mf -muestra final, g;
 Mi - muestra fresca inicial, g.

La energía gastada por cada buey,, se determina mediante la expresión:

$$Eal/ox = MSp \cdot Eq_a, \text{ Mcal/day}, \quad (13)$$

where:

MSp -mass of dry matter consumed by an ox in one day, kg DM / day; - **Eqa** food nutritious coefficient, Mcal/g MS.

The mass of dry matter MSp kg DM/day, is calculated by the expression:

$$MSp = (M_{of} - M_{reject}) \% MS, \text{ kg MS/day.} \quad (14)$$

The offered fresh mass M_{of} , was determine by the following expression:

$$M_{of} = 4 \cdot A_{past} (m_{1i} \cdot n_1 + m_{2i} \cdot n_2 + m_{3i} \cdot n_3 + m_{4i} \cdot n_4 + m_{5i} \cdot n_5) / n, \text{ kg} \quad (15)$$

where:

m_1 - average mass of all short-size samples, kg;
 m_2 - average mass of all low medium-size samples, kg;
 m_3 - average mass of all medium-size samples, kg;
 m_4 - average mass of all high medium-size samples, kg;
 m_5 - average mass of all high-size samples, kg;
 n_1 -number of short-size samples;
 n_2 -number of low medium-size samples;
 n_3 -number of medium-size samples;
 n_4 - number of high medium-size samples;
 n_5 -number of high-size samples;
 n -total samples.

The fresh matter rejected or not consumed by the animal is calculated by the expression:

$$M_{rejec} = (4 \cdot A_{past} - n) (m_{1i} \cdot n_1 + m_{2i} \cdot n_2 + m_{3i} \cdot n_3 + m_{4i} \cdot n_4 + m_{5i} \cdot n_5) / n, \text{ kg.} \quad (16)$$

The percentage of pasture utilization, is calculated by the ratio between rejection and supply, according to the following expression:

$$\% UP = (M_{of} - M_{rejec}) / M_{of} \cdot 100, \% \quad (17)$$

RESULTS AND DISCUSSION

Analysis of Food Energy Cost per Two Oxen According to Worked Area

In Table 1, experiments of 30 days for each ox are shown regarding the worked area, mass consumption of fresh grass and their respective energy equivalences. Days 3, 8, 13, 18 and 27 correspond to not worked days. Table 2 shows the data calculated of total energy consumed without agricultural activity, the daily energy consumption with agricultural activity, area worked and the energy of the equipment sequestered in 25 working days. Average consumption obtained was 36.91 Mcal/day needed to maintain their metabolic needs, aspect to take into consideration as it is energy consumed without support of agricultural production.

Figure 1 shows the regression analysis between experimental values obtained of energy consumed **Efeed/ox**, and worked area per ox **A ha**, where a second-order polynomial model was obtained; which is shown in the expression with a correlation coefficient of 96,1%. From the analysis of variance made to the model, it was obtained that there is no

donde:

MSp-masa de materia seca consumida por un buey en un día, kg MS/día;

Eqa-coeficiente nutritivo del alimento, Mcal/kg MS.

La masa de materia seca MSp, kgMS/día, se calcula por la expresión:

$$MSp = (M_{of} - M_{reject}) \% MS, \text{ kg MS/day.} \quad (14)$$

La materia fresca ofertada, se determina por la expresión:

donde:

m_1 -masa promedio de todas las muestras de porte bajo, kg;
 m_2 -masa promedio de todas las muestras de porte medio bajo, kg;
 m_3 -masa promedio de todas las muestras de porte medio, kg;
 m_4 -masa promedio de todas las muestras de porte medio alto, kg;
 m_5 -masa promedio de todas las muestras de porte alto, kg;
 n_1 -cantidad de muestras de porte bajo;
 n_2 -cantidad de muestras de porte medio bajo;
 n_3 -cantidad de muestras de porte medio;
 n_4 -cantidad de muestras de porte medio alto;
 n_5 -cantidad de muestras de porte alto;
 n -total de muestras.

La materia fresca rechazada o no consumida por el animal se calcula por la expresión:

El porciento de utilización del pasto, % **UP**, se calcula por la relación existente entre el rechazo y la oferta, según la siguiente expresión:

$$\% UP = (M_{of} - M_{rejec}) / M_{of} \cdot 100, \% \quad (17)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del costo energético en alimento por la yunta según área laborada

En la Tabla 1 se muestran 30 días de experimentos para cada buey en cuanto al área trabajada, consumo de masa fresca en pasto y su respectiva equivalencia energética. Los días 3; 8; 13; 18 y 27 corresponden a los días no trabajados.

En la Tabla 2 se muestra los datos calculados de energía total consumida sin actividad agrícola, la energía consumida diaria con actividad agrícola, la superficie trabajada, así como la energía secuestrada de la yunta en los 25 días de trabajo. Se obtuvo como promedio un consumo de 36,91 Mcal/día, necesario para mantener sus necesidades metabólicas, aspecto a tener en consideración ya que es una energía que se consume sin respaldo en producción agrícola.

En la Figura 1 se muestra el análisis de regresión entre los valores experimentales obtenidos de energía consumida **Ealim/b**, y área trabajada por cada buey **A, ha**, donde se obtuvo un modelo polinomial de segundo orden; el cual se muestra en la expresión con un coeficiente de correlación del 96,1%. Del análisis de varianza realizado al modelo se obtuvo que hay

statistically significant relationship between variables for p-value below 0.01.

The hourly energy of animal traction regarding the food supplied for the E_{tva} work, had an average value of 13.37 Mcal/h equivalent to 55.89 MJ/h.

Analysis and Evaluation of Resulting Operating, Economic and Energy Costs in Beans Cultivation

The values of initial parameters necessary for calculating operating, economic and energy costs in beans cultivation were processed in computer programs TECEXP and EEC (De las Cuevas *et al*, 2009a).

Analysis of Operating Times of the Two Sets Studied in Beans Cultivation

Figure 2 shows the results of operating times obtained after calculation, where the tractor-cultivator exceeds animal traction set in 6% in useful work. It increases productivity 3.47 times in a field working day. Auxiliary time is eight percent higher causing delay in the operation. At the time of maintenance, the first set is two (2) times shorter than the second one, since it has less operation to perform. At the time of technical fault removal, there was almost no change. In relation to the service staff's rest it does not vary significantly. For the vacuum transfer, it is twice lower because the tractor is faster than the oxen. Daily technical maintenance is zero because this function is not performed. At stops, due to external causes, it is 8% lower, since in the first case there were not problems, but there were some in the second one.

relación estadísticamente significativa entre las variables al encontrarse el p-valor por debajo de 0,01.

La energía horaria de la yunta referente al alimento suministrado para realizar el trabajo E_{tva} , tuvo un valor promedio de 13,37 Mcal/h equivalente a 55,89 MJ/h.

Análisis y evaluación de los resultados de los costos de explotación, económicos y energéticos para el cultivo del frijol

Los valores de los parámetros iniciales necesarios para los cálculos de los costos de explotación, económicos y energéticos en la labor de cultivo del frijol, se procesaron en los programas de computación TECEXP y CEE (De las Cuevas *et al.*, 2009a).

Análisis de los tiempos de explotación de los dos conjuntos en estudio del cultivo de frijol en el campo

En la Figura 2 se muestran los resultados de los tiempos de explotación, obtenidos después de realizado el cálculo, donde el conjunto tractor-cultivador supera al conjunto yunta-cultivador, en el trabajo limpio, es 6 % mayor aumentando así la productividad en 3,47 veces en una jornada de campo, el tiempo auxiliar es ocho porcentaje mayor, provocando retardo en la operación. Para el tiempo del mantenimiento técnico, el primer conjunto es dos (2) veces menor que el segundo, dado que este presenta menos operaciones a realizar. En el tiempo de la eliminación de los fallos no se presentó prácticamente cambio, con relación al descanso del personal de servicio no varía significativamente, para el traslado en vacío es dos veces menor debido a que el tractor es más rápido que los bueyes, el mantenimiento técnico diario es cero porque no se realiza ésta función, en las paradas por causas ajenas es 8 % menor, ya que en el primer caso no se presentaron problemas y en el segundo sí.

TABLE 1. Data Obtained During Research for Each Ox in Study
TABLA 1. Datos obtenidos durante la investigación por cada buey en estudio

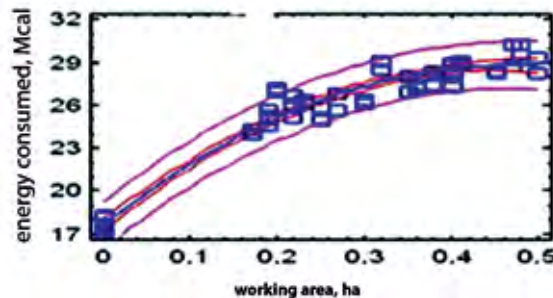
Days	Work Area, ha	Oxen					
		Zebu Ox			Siboney Ox		
		Live Weight, kg	Green Mass Consumed, kg	Energy Consumed, Mcal	Live Weight, kg	Green Mass Consumed, kg	Live Weight, kg
1	0.22	587.5	56.83	25.12	562.5	60.50	26.74
2	0.5	587.6	64.91	28.69	563.2	68.53	30.29
3	0	587.3	38.55	17.04	563.1	39.50	17.46
4	0.27	587.5	58.08	25.67	563.6	60.79	26.87
5	0.38	587.7	64.25	28.40	563.2	61.99	27.40
6	0.35	587.6	63.24	27.95	562.8	61.00	26.96
7	0.45	588.0	64.25	28.40	563.0	63.80	28.20
8	0	587.1	39.93	17.65	563.3	40.02	17.69
9	0.5	587.0	66.22	29.27	562.0	64.00	28.29
10	0.23	587.9	59.07	26.11	563.7	59.59	26.34
11	0.4	587.5	65.59	28.99	563.5	65.27	28.85
12	0.41	587.6	65.66	29.02	562.1	65.77	29.07
13	0	587.4	40.95	18.10	562.0	41.29	18.25
14	0.17	587.0	54.28	23.99	562.0	55.00	24.31
15	0.19	587.7	57.29	25.32	563.8	58.01	25.64
16	0.22	587.5	59.00	26.08	562.5	59.00	26.08
17	0.19	587.5	56.72	25.07	562.5	56.99	25.19
18	0	587.0	38.51	17.02	563.0	38.71	17.11

Days	Work Area, ha	Oxen					
		Zebu Ox			Siboney Ox		
		Live Weight, kg	Green Mass Consumed, kg	Energy Consumed, Mcal	Live Weight, kg	Green Mass Consumed, kg	Live Weight, kg
19	0.25	587.8	56.49	24.97	563.5	58.51	25.86
20	0.3	587.6	59.05	26.10	563.0	59.50	26.30
21	0.4	587.3	64.07	28.32	562.3	63.51	28.07
22	0.48	587.3	68.39	30.23	562.0	66.76	29.51
23	0.36	587.9	61.54	27.20	562.7	61.99	27.40
24	0.41	588.0	65.20	28.82	563.0	65.52	28.96
25	0.4	587.6	61.76	27.30	563.1	61.99	27.40
26	0.22	587.1	58.55	25.88	562.0	56.99	25.19
27	0	587.4	38.60	17.06	562.7	39.12	17.29
28	0.2	587.5	60.81	26.88	563.0	61.52	27.19
29	0.19	587.5	55.45	24.51	563.5	55.50	24.53
30	0.32	587.6	65.90	29.13	562.0	64.52	28.52
Total	8.01	-	-	764.29	-	-	766.96

Note: $E_{qa} = 2.21$ Mcal/kg of MS.

TABLE 2. Energy Consumed by the Oxen for Beans Cultivation
 TABLA 2. Energía consumida por la yunta de bueyes para el cultivo del frijol

Concept	Animal traction (two oxen)
Energy daily consumed without agricultural activity, Mcal/día	36.91
Energy daily consumed with agricultural activity, Mcal/day	47.72
Daily average surface worked by the equipment, ha/day	0.32
Energy sequestered of the two oxen/ worked area, Mcal/ha	149.13



$$E_{feed/ox} = 17.597 + 47.6539.A - 50.5612.A^2, \text{ Mcal}$$

FIGURE 1. Model of Second-Order Polynomial Regression between Energy Consumed and Worked Area for Each Ox.
 FIGURA 1. Modelo de regresión polinomial de segundo orden entre la energía consumida y el área trabajada por cada buey.

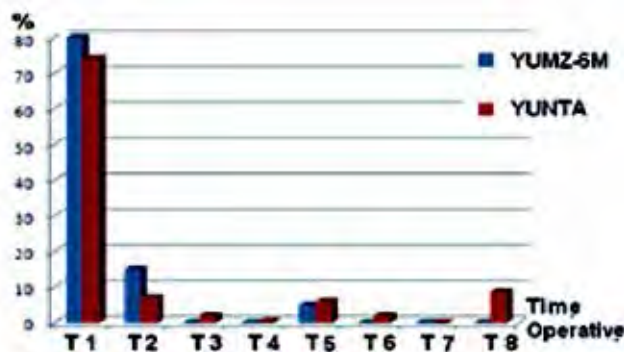


FIGURE 2. Behavior of Operating Times for Tractor BELARUS 510 Cultivator “Camajuani” and Oxen with Cultivator “Criollo”.
 FIGURA 2. Comportamiento de los tiempos de explotación del tractor BELARUS 510 con cultivador “Camajuani” y yunta de bueyes con cultivador “Criollo”.

Comparative analysis of productivity during cultivation labor

Comparing the productivity on the field for BELARUS 510-cultivator “Camajuani” and animal traction- cultivator “Criollo” (Table 3), values of 0.7 and 0.2 ha/ h, respectively, were obtained. Average speed of the first set was 1.19 ± 0.0374 m / s, with a working width of 2.19 ± 0.0176 m and a proper use of the working day of 0.77. It was not like that with the second set, being the rate of 1.03 ± 0.0735 m/s, with a working width for animal traction of 0.0119 ± 0.73 m and a use of the working day of 0.80. There is no statistically significant difference for speed and depth with 95% confidence. Comparing total productivity, it is 4.23 times higher, so if there is the right tractor for the existing implement or vice versa, better results can be obtained.

Análisis comparativo de la productividad en la labor de cultivo del frijol

Al comparar la productividad de campo del conjunto BELARUS 510-cultivador “Camajuani” y del conjunto yunta-cultivador “Criollo” (Tabla 3), se obtiene un valor de 0,7 y 0,2 ha/h, respectivamente, la velocidad promedio del primer conjunto de $1,19 \pm 0,0374$ m/s, teniendo un ancho de trabajo de $2,19 \pm 0,0176$ m y un aprovechamiento de la jornada laboral de 0,77. No comportándose así para el segundo conjunto siendo, la velocidad de $1,03 \pm 0,0735$ m/s, con un ancho de trabajo para la tracción animal de $0,73 \pm 0,0119$ m y un aprovechamiento de la jornada laboral de 0,80. No existe diferencia significativa estadísticamente, para la velocidad y la profundidad con un 95 % de confianza. Comparando la productividad total se tiene que es 4,23 veces mayor, por tanto si se tiene el tractor adecuado para el apero existente o viceversa se pueden obtener mejores resultados.

TABLE 3. Comparison of Productivities in Beans Cultivation between the Two Sets of Machinery under Study
TABLA 3. Comparación de las productividades en la labor de cultivo del frijol entre los dos conjuntos de maquinaria en estudio

Sets	Productivity on the Field, ha/h	Total Productivity, ha/h	Speed, m/s	Width, m
Tractor-cultivator	0.70	0.57	1.19 ± 0.0374	2.19 ± 0.0176
Animal traction-cultivator	0.20	0.13	1.03 ± 0.0735	0.73 ± 0.0119
Relation Tractor/animal traction	3.47	4.23	1.16	3.00

Comparative Analysis of Operating, Economic And Energy Costs

Table 4 shows the values obtained of hourly energy expended for each of the variables defined in expression 7. It shows that the hourly energy cost for feeding (E_{tya}) and for producing two oxen ($E_{produce}$) represent approximately 45% and 4% (55,89 and 5.55 MJ/h) of total E_{Ty}, respectively; aspects that have not been used by other authors (Galindo, 2000; Gonzalez, 2009; Garcia de la Figal, 2012), minimizing the real value of the total hourly energy (E_{ty}) invested during this type of evaluation for animal traction. In this cultivation evaluation, none of the expendable materials were used: fertilizer, seed or other; so it (E_{mat}) was not considered in the calculation.

After the necessary calculations performed, it was obtained that, the tractor-cultivator with three work bodies can cultivate 2,91ha in a 4 h working day, while animal traction-cultivator with a work body can cultivate 0,36 ha in a 4 h working day for that agricultural crop.

Análisis comparativo de los costos de explotación, económicos y energéticos en el cultivo del frijol

En la Tabla 4 se muestran los valores obtenidos de energía gastada horaria por cada una de las variables definidas en la expresión 7, apreciándose que el costo energético horario por concepto de alimentación (E_{tya}) y por concepto de producir la yunta ($E_{produce}$) representan aproximadamente el 45 y 4% (55,89 y 5,55 MJ/h) del total de , respectivamente; aspectos que no han sido utilizado por otros autores (Galindo, 2000; González, 2009; García de la Figal, 2012) minimizando el valor real de la energía horaria total (E_{ty}) invertida durante este tipo de evaluación para tracción animal. En esta evaluación de labor de cultivo no se utilizó ningún tipo de materiales gastables como: fertilizante, semilla u otros; por lo que misma (E_{mat}) no se consideró en el cálculo.

Después de realizado los cálculos necesarios se tiene que el conjunto tractor-cultivador con tres órganos de trabajo en una jornada de 4 h puede cultivar 2,91 ha, mientras que la yunta-cultivador con un órgano trabajando 4 h realizaría 0,36 ha, para dicho cultivo.

TABLE 4. Values of the Components in the Expression of Total Sequestered Energy
TABLA 4. Valores de los componentes, que conforman la expresión de energía secuestrada total de la yunta

Crop	U/M	$E_{produce}$	E_{tya}	$E_{implement} + E_{mr} + E_{mo} + E_{mat}$	E_{ty}
Beans	MJ/h	5.55	55.89	63.83	125.27

However, as tractor Belarus 510 is underutilized for this work, a theoretical calculation was performed with a smaller tractor to the current international market price (capable of working with three bodies on each pass) and it was compared with the two under study. The lowest economic cost transferred corresponds to the small power tractor with a value of 10.01 peso/ha, saving 34% and 48%, compared to Belarus 510 and

Sin embargo como el tractor Belarus 510 está subutilizado para esta labor, se realizó un cálculo teórico con un tractor de menor potencia al precio actual del mercado internacional (capaz de laborar con tres órganos en cada pase) y se comparó con los dos en estudio. El menor costo económico transferido corresponde al tractor de pequeña potencia con un valor de 10,01 peso/ha ahorrándose el 34% y 48%, respecto al Belarus 510 y la

animal traction, respectively. The lower energy cost also transferred corresponds to the small power tractor with a value of 194.33 MJ/ha, saving 49% and 58% compared to Belarus 510 and animal traction by two oxen, respectively; while the higher cost of energy is reflected in the small power tractor with a value of 0.05 peso/MJ. See Table 5 and Figure 3.

Yunta, respectivamente. El menor costo energético transferido también corresponde al tractor de pequeña potencia con un valor de 194,33 MJ/ha ahorrándose el 49% y 58%, respecto al Belarus 510 y la Yunta de Bueyes, respectivamente. Ver Tabla 5 y Figura 3. Mientras que el mayor costo de energía se refleja en el tractor de pequeña potencia con un valor de 0,05 peso/MJ.

TABLE 5. Comparison between Productivity, Energy and Economic Costs between the Three Sets for a 4h Working Day In Beans Cultivation

TABLA 5. Comparación entre la productividad, costos energéticos y económicos entre los tres conjuntos para una jornada de trabajo de 4h en el cultivo del frijol

Concepts	BELARUS 510+cultivator (3 working bodies)	New tractor with low power + cultivator (3 working bodies)	Animal traction+ cultivator (1 working body)
Working hours, h.	4.00	4.00	4.00
Productivity on the field, ha/h.	0.70	0.70	0.20
Hourly economic cost, peso/h	9.93	7.01	3.84
Transferred economic cost, peso/ha	14.18	10.01	19.20
Hourly energy cost, MJ/h	268.95	136.03	91.99
Transferred energy cost, MJ/ha	384.21	194.33	459.95
Power / peso, MJ/peso	27.09	19.41	23.96
Energy cost, peso/MJ	0.04	0.05	0.04



FIGURE 3. Behavior of Transferred Energy and Economic Costs of New Small Tractor With Cultivator “Camajuani”, BELARUS 510 Tractor Cultivator “Camajuani” and Animal Traction with Cultivator “Criollo”.

FIGURA 3. Comportamiento de los costos económicos y energéticos transferidos del tractor nuevo pequeño con cultivador “Camajuani”, tractor BELARUS 510 con cultivador “Camajuani”, y yunta de bueyes con cultivador “Criollo” en cultivo de frijol.

CONCLUSIONS

- The sets tractor BELARUS 510-cultivator “Camajuani”, animal traction-cultivator “Criollo” and low power tractor-cultivator “Camajuani” for the cultivation of beans reach the following values: the lowest economic cost transferred corresponds to small power tractor with a value of 10,01 peso/ ha, saving 34% and 48%, compared with the Belarus 510 and animal traction, respectively. The lower energy cost also transferred corresponds to the small power tractor with a value of 194,33 MJ/ha, saving 49% and 58%, compared with Belarus 510 and animal traction. The highest cost of energy is reflected in the small power tractor with a value of 0.05 peso/MJ.
- Tractor-cultivator exceeds animal traction set, because the useful work is 6% higher, thus increasing productivity in 3.47 times in a working day.

CONCLUSIONES

- Los conjuntos tractor BELARUS 510-cultivador “Camajuani”, la yunta de bueyes-cultivador “Criollo” y tractor de pequeña potencia-cultivador “Camajuani”, para el cultivo del frijol alcanzan los valores siguientes: El menor costo económico transferido corresponde al tractor de pequeña potencia con un valor de 10,01 peso/ha ahorrándose el 34% y 48%, respecto al Belarus 510 y la Yunta, respectivamente. El menor costo energético transferido también corresponde al tractor de pequeña potencia con un valor de 194,33 MJ/ha ahorrándose el 49% y 58%, respecto al Belarus 510 y la Yunta de bueyes. Mientras que el mayor costo de energía se refleja en el tractor de pequeña potencia con un valor de 0,05 peso/MJ.
- El conjunto tractor-cultivador supera al conjunto yunta-cultivador, en el trabajo limpio, es 6% mayor aumentando así

- Hourly energy cost for food as fresh pasture per oxen in agriculture, based on the specific methodology developed for this purpose, amounts to 55,89 MJ/h, in the conditions of the farmhouse “Las Papas” and there is a polynomial trend of second order between the energy consumed by oxen in pasture and worked area, that reaches values of 149,13 Mcal/ha.
- la productividad en 3,47 veces en una jornada de campo.
- Los costos energéticos horarios por concepto de alimentación de pasto fresco para yunta en labores agrícolas, sobre la base de la metodología específica desarrollada para tal fin, asciende a 55,89 MJ/h, en las condiciones de la finca “Las Papas” y existe una tendencia polinomial de segundo orden entre la energía consumida en pasto por los bueyes y el área laborada alcanzando valores de 149,13 Mcal/ha.

REFERENCES / REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, L.; PANEQUE, P.; ÁLVAREZ, O.; BRIZUELA, M.: *Costo energético de las operaciones de siembra más comunes en Cuba*, [en línea], Ed. IMA, La Habana, Cuba, 8 p., 2006, Disponible en: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5332/cuf0183s.pdf>, [Consulta: 8 de diciembre de 2010].
- ASAE (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS): *Agricultural Engineers Yearbook*, [en línea], Ed. ASAE, St. Joseph, Michigan, USA, 1993, Disponible en: <https://catalog.hathitrust.org/Record/009533406>, [Consulta: 3 de abril de 2010].
- BRIDGES, T.; SMITH, E.: “A method for determining the total energy input for agricultural practices”, *Transactions of the ASAE*, 22(4): 781-784, 1979, ISSN: 2151-0059.
- CALZADILLA, D.: *Ganadería tropical. Animales empleados para el trabajo*, Ed. Félix Varela, La Habana, Cuba, 1999, ISBN: 959-258-068-5.
- CARROBELLO, C.; DÍAZ, R.: “Agricultura en Cuba”, *Bohemia*, 90:17, 1998, ISSN: 0864-0777, 1605-0193.
- DE LAS CUEVAS, H.; RODRÍGUEZ, T.; PANEQUE, P.; HERRERA, M.: “Software para la determinación de los costos energéticos y de explotación de las máquinas agrícolas”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(4): 78-84, 2009a, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- DE LAS CUEVAS, H.; RODRÍGUEZ, T.; PANEQUE, P.; HERRERA, M.: “Costos energéticos de un conjunto tractor-máquina de siembra directa”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(4): 8-12, 2009b, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- FLUCK, R. *Energy for farm production*, Ed. Elsevier, vol. 6, Amsterdam, 287 p., 1992, ISBN: 978-044-45-9781-6.
- GARCÍA DE LA FIGAL, C.A.E.; VALDÉS, Y.; VARGAS J.: “Evaluación de los gastos de explotación, económicos y energéticos en la labor de cultivo de frijol, tomate y papa comparando el tractor BELARUS 510 con yunta de bueyes”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(3): 62-68, 2012, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- GARCÍA DE LA FIGAL, C.A.E.: *Mecanización Agropecuaria*, Ed. Félix Varela, La Habana, Cuba, 2008, ISBN: 978-959-07-0510-6.
- GÖHL, B.: *Piensos tropicales*, Ed. Estocolmo, Rome, Italy, 1984, ISBN: 92-5-300463-02.
- GONZÁLEZ, R.: *Explotación del Parque de Maquinaria*, Ed. Félix Varela, La Habana, Cuba, 1993, ISBN: 959-07-0028-4.
- GONZÁLEZ, R.; GARCÍA DE LA FIGAL, A.; MOREJÓN, Y.; MORALES, D.: “Evaluación energética de la labor de rotura con tracción animal y tractor MTZ-510. Estudio de caso: Granja Guayabal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(3): 82-86, 2009, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- HETZ, E.; BARRIOS, A.: “Costos energéticos de las operaciones agrícolas mecanizadas más comunes en Chile”, *Agro-Sur*, 24(2): 146-161, 1997, ISSN: 0304-8802.
- LAPTEV, A.: *Manual de higiene de la cultura física y el deporte*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 245 p., 1987, ISBN: 5-05-001280-5.
- MENA, N.: “Evaluación de la eficiencia económica de los animales de tiro, en la unidad básica de producción Armando Enrique Cardoso”, *Naturaleza y Desarrollo*, 5(2): 58-73, 2007.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Metodología para la evaluación tecnológico-explotativa*, no. NC 34-37, La Habana, Cuba, 21 p., 2003.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación económica*, no. NC 34-38, La Habana, Cuba, 2003.
- STOUT, B.: *Handbook of energy for world agriculture*, Ed. Elsevier, Amsterdam, 504 p., 1990, ISBN: 1-85166-349-5.
- VARGAS, J.; GARCÍA DE LA FIGAL, C.A.E.; MOREJÓN, Y.: “Determinación de los costos energéticos y económicos para producir un buey apto para las labores agrícolas”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4): 51-58, 2014, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.

Received: 28/03/2016.

Approved: 13/03/2017.

Jiorqui Vargas Hidalgo, Profesor, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Correo electrónico: jiorquis@unah.edu.cu

Armando E. García de la Figal C. Correo electrónico: areloy@unah.edu.cu

Yanoy Morejón Mesa. Correo electrónico: yym@unah.edu.cu

Note: the mention of commercial equipment marks, instruments or specific materials obeys identification purposes, there is not any promotional commitment related to them, neither for the authors nor for the editor.