



## Comparative Analysis of the Operation Costs of Two Forage Chopper Machines

### *Análisis comparativo de los costos de explotación de dos máquinas picadoras de forraje*

Dr.C. Pedro A. Valdés-Hernández<sup>1</sup>, M.Sc. Héctor de las Cuevas-Milán<sup>1</sup>, Dr.C. Duniesky Rodríguez-Acosta<sup>11</sup>, M.Sc. María Victoria Gómez-Águila<sup>111</sup>, Ing. Reinaldo Delgado-Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

<sup>11</sup> Instituto de Ciencia Animal, Cuba.

<sup>111</sup> Universidad Autónoma de Chapingo, Instituto de Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Chapingo, Texcoco, México.

**ABSTRACT.** The investigation presents as objective to carry out a comparative analysis of the operation costs of tractor BELARUS 510 - forage chopper JF-50 of Brazilian origin (T1) and MF IIMA model EM-01 perfected of national production (T2). The major values in the operation costs are related to the component for wage concept, for both choppers in study, the JF-50 and the MF IIMA model EM-01 perfected, with 5.10 peso/h, that represents 48.757% and 3.54 peso/h (83.098%), respectively. On the other hand, the costs for amortization concept (*A*), repair and maintenance (*R*) of the set tractor - machine JF-50 are 85.19 and 93.84%, respectively, major than the MF IIMA model EM-01 perfected. Similarly the cost for concept of fuel consumption (*C*) of T1 is 80.18% higher than the electric power (*E*) consumed by T2. Also, the direct operation costs (*G<sub>d</sub>*) and per unit of processed mass (*G<sub>ex</sub>*) of the set tractor - chopper JF-50 were of 6.20 peso/h and 6.31 peso/t, higher respectively, than the chopper MF IIMA model EM-01perfected. These results endorse the machine of national production with smaller operation costs that the one obtained in the international market of Brazilian origin.

**Keywords:** perfected chopper, operation costs.

**RESUMEN.** La investigación presenta como objetivo realizar un análisis comparativo de los costos de explotación del tractor BELARUS 510 – picadora de forraje JF-50 de origen brasileño (*T1*) y la MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada de fabricación nacional (*T2*). Se determinan que los mayores valores de los costos de explotación recaen sobre el componente por concepto de salario para ambas picadoras en estudio la JF-50 y la MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada, con 5,10 peso/h, lo que representa un 48,757% y 3,54 peso/h (83,098%) respectivamente. Por otro lado el costo por concepto de la amortización (*A*), reparación y mantenimiento (*R*) del conjunto tractor- máquina JF-50 es un 85,19 y 93,84% mayor respectivamente, que la MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada, al igual que el costo por concepto de consumo de combustible (*C*) de T1 es 80,18% mayor que la energía eléctrica (*E*) consumida por T2. Asimismo los costos directos de explotación (*G<sub>d</sub>*) y por unidad de masa procesada (*G<sub>ex</sub>*) del conjunto tractor- picadora JF-50 fue de 6,20 peso/h y 6,31 peso/t mayor respectivamente, que la picadora MF IIMA EM-01 perfeccionada, dichos resultados avalan a la máquina de producción nacional con menores costos de explotación que la obtenida en el mercado internacional de origen brasileño.

**Palabras clave:** picadora perfeccionada, costos de operación.

## INTRODUCTION

Given the situation in Cuba since the early 90s, it has been necessary to take measures that allow establishing new alternatives for livestock feeding by the Ministry of Agriculture as a way to face dry months, creating the National Program of Food Self-sufficiency in the base production units, which is to produce within the dairy areas, food demanded by the cattle (MINAG, 1997, 1998, cited

## INTRODUCCIÓN

Dada la situación existente desde principios de la década del 90 en Cuba, ha sido necesario tomar medidas que, permitan establecer nuevas alternativas para la alimentación del ganado por parte del Ministerio de la Agricultura, como vía para enfrentar los meses de seca, creándose el *Programa Nacional de Autosuficiencia Alimentaria* en las unidades productivas de base, el cual consiste en producir dentro de las áreas de la vaquería el alimento

by Valdés *et al.*, 2012), so the strategy used, in this case, is based on the supply of shredded cattle fodder, which comes mainly from grasses such as sugar cane and king grass (Martin, 2015).

During the application of these crops for animal feed, a high demand for mechanized processing technologies of these new food sources in the dairies (Valdés *et al.*, 2010) was generated. For processing these crops in livestock units, they must have fodder chopper equipment to suit the specific exploitative conditions of each production unit, for that it is vital to determining operating costs of the agricultural work in general and, particularly, the work of shredded forage, since the reduction of those costs depends largely on the correct use of the technique for the execution of the work, the development of new machines and systems using them, especially, feasible domestic production to meet the requirements of current and future demands while ensuring minimum investments, positive economic effect and satisfactory payback of investments.

In Cuba, several authors have conducted studies in this direction as González & Lora (2013) who determined the operating and economic parameters in forage cutting with different harvester machines. In their work they evaluated comparatively, the fulfillment of work quality, technological and operational parameters and economic feasibility of forage harvesters JF model FH 1510 -1450 and CAPIMENTA PR model for the renewal of the current combine, model FRAGA P-150, under the conditions of Genetic Livestock Production Enterprise “Niña Bonita”. Results indicate the feasibility of using forage harvester JF model FH -1450 to meet the quality parameters of work, both for green forage production for fresh consumption by cattle, and for fodder production for conservation as silage.

De las Cuevas *et al.* (2005, 2013), determine operating costs for conservation tillage and for direct seeding SUP-PN8 machine modified, obtaining the hourly costs (peso/h) and per area unit worked (peso/ha). Olivet *et al.*, 2012, evaluate the work break with two tillage for growing sweet potatoes in Fluvisol soil using the operating direct expenses, like Pin (1996) for determining the most rational system in planting sugarcane.

On the other hand, Garcia *et al.* (2012) evaluate the economic costs in the cultivation work of beans, tomato and potato, comparing YUMZ 6M tractor with oxen; Gaytan *et al.* (2005) makes a comparative assessment of NH 6610 and JD 5715T tractors with the use of economic issues and Lora *et al.* (2012) determines the economic feasibility of using precision farming tools in the Cattle Company “Niña Bonita”.

In international research<sup>1</sup>, determines the operating costs of tractors and agricultural machines<sup>2</sup>, determine operating costs and production for concept of agricultural machinery.

demandado por la masa ganadera (MINAG, 1997, 1998, citado por Valdés *et al.*, 2012), por lo que la estrategia utilizada en este caso se basa en el suministro al ganado de forrajes desmenuzados, los cuales proceden fundamentalmente de gramíneas tales como la caña de azúcar (Martin, 2015) y el kinggrass.

Durante la aplicación de estos cultivos para la alimentación de los animales, se generó una alta demanda de tecnologías mecanizadas para el procesamiento de estas nuevas fuentes de alimentos en las vaquerías (Valdés *et al.*, 2010). Para ser procesados estos cultivos en las unidades ganaderas, las mismas deben contar con equipos picadores de forrajes que se adecuen a las condiciones de explotación específicas de cada unidad de producción, para esto se considera de vital importancia la determinación de los costos de explotación de las labores agrícolas en general y en particular de las labores de desmenuzamiento de forraje, ya que la disminución de dichos costos depende en gran medida de la correcta utilización de la técnica para la ejecución de las labores, del desarrollo de nuevas máquinas y sistemas de uso de ellas, especialmente de factible producción nacional que satisfagan los requerimientos de las demandas actuales y futuras que a la vez garanticen inversiones mínimas, efecto económico positivo y plazos satisfactorios de recuperación de las inversiones.

En Cuba varios autores han realizado estudios en esta dirección como González y Lora (2013), determinan los parámetros de explotación y económicos en el corte de forraje con diferentes máquinas cosechadoras. En su trabajo evalúan comparativamente el cumplimiento de los parámetros de calidad de trabajo, tecnológico, de explotación y de factibilidad económica, de las cosechadoras de forraje JF modelo FH -1450 y CAPIMENTA modelo 1510 PR para la renovación de la cosechadora actual, la FRAGA modelo P-150 en las condiciones de la Empresa Pecuaria Genética “Niña Bonita”, los resultados obtenidos indican la factibilidad de empleo de la cosechadora de forrajes JF modelo FH -1450 al cumplir con los parámetros de calidad de trabajo, tanto para la producción de forraje verde para el consumo fresco por el ganado vacuno, como para la producción de forraje para su conservación en forma de ensilaje.

De las Cuevas *et al.* (2005, 2013), determinan los costos de explotación para la labranza conservacionista y para la máquina de siembra directa SUP-PN8 modificada, obteniendo los costos horarios (peso/h) y por unidad de área trabajada (peso/ha), así mismo Olivet *et al.*, 2012, evalúan la labor de rotura con dos aperos de labranza para el cultivo del boniato en un suelo Fluvisol empleando los gastos directos de explotación, al igual que Pin (1996), para la determinación del sistema más racional en la plantación de la caña de azúcar.

Por otro lado García *et al.* (2012), evalúan los gastos económicos en la labor de cultivo del frijol, tomate y papa comparando el tractor YUMZ-6M con yunta de bueyes; Gaytán *et al.* (2005), realiza una evaluación comparativa de los tractores NH 6610 y JD 5715T con el empleo de aspectos económicos y Lora *et al.* (2012), determina la factibilidad económica del empleo de las herramientas de agricultura de precisión en la Empresa Pecuaria Niña Bonita.

En investigaciones internacionales<sup>1</sup>, determinan los costos de operación de tractores y máquinas agrícolas, así como los costos de operación y producción por concepto de maquinaria agrícola<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> HETZ, E. Costos de operación de tractores y máquinas agrícolas. IV Seminario Nacional de Mecanización Agrícola, Universidad de Concepción, Chile, 28-29 Noviembre, 26 pp., 1990.

<sup>2</sup> IBÁÑEZ, M. Y E. ROJAS. Costos de operación y producción por concepto de maquinaria agrícola. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola, Chile, Boletín de Extensión No. 26, 58 pp., 1994.

The results of the investigations referred state the economic criteria as indispensable for decision making that contribute to the efficient use of agricultural machinery, as well as the aforementioned studies have been directed to other types of machines, among which there are not the forage choppers under study, used in the processing of fodder for animal food production.

Starting from this background, the present investigation is developed, with the objective of carrying out a comparative analysis of the operating costs of the tractor BELARUS 510-forage chopper JF-50 from Brazil and MF IIMA model EM-01 perfected, locally manufactured, as part of the research project entitled: Evaluation of work parameters of two forage chopper machines and their influence on milk and meat production under the conditions set out in ICA.

## METHODS

Empirical research was conducted in the dairy unit B of the Institute of Animal Science (ICA), Catalina of Güines, Mayabeque province. The forage choppers machines JF-50 of forced feeding, with disc type work organ, with 3 blades and driving for power take-off shaft of tractors BELARUS 510 and MF IIMA model EM-01 perfected, of national production were evaluated, this machine with drum type work organ with 4 blades, stationary work position, manual feed and drive with 7.5 kW electric motor (Figure 1), for the supply of shredded fresh fodder from sugar cane, two groups of 15 dairy cows each, identifying each group with a specific machine. Experimental data collection was performed daily for 35 days during February and March 2013, under the following weather conditions: 72.83% relative humidity, temperature 25.7 °C, 16.76 mm rainfall index, atmospheric pressure 1.015 hPa and wind speed of 5.4 m/s.

Los resultados de las investigaciones mencionadas avalan los criterios económicos como indispensables para la toma de decisiones que contribuyen al uso eficiente de la maquinaria agrícola, así como los estudios mencionados han estado dirigidos a otros tipos de máquinas dentro de las cuales no se encuentran las picadoras de forraje objeto de estudio, utilizadas en el procesamiento de forraje para la producción de alimento animal.

Partiendo de estos antecedentes se desarrolla la presente investigación, que presenta como objetivo realizar un análisis comparativo de los costos de explotación del tractor BELARUS 510 – picadora de forraje JF-50 de origen brasileño y la MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada, de fabricación nacional, como parte del proyecto de investigación titulado: Evaluación de los parámetros de trabajo de dos máquinas picadoras de forraje y su influencia sobre la producción de leche y carne bajo las condiciones establecidas en el ICA.

## MÉTODOS

Las investigaciones empíricas se realizaron en la unidad lechera B del Instituto de Ciencia Animal (ICA), Catalina de Güines, provincia Mayabeque. Se evaluaron las máquinas picadoras de forraje JF-50 de alimentación forzada, con organo de trabajo del tipo disco con 3 cuchillas y con accionamiento por árbol toma de fuerza del tractor BELARUS 510 y la picadora MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada con órgano de trabajo del tipo tambor con 4 cuchillas, posición de trabajo estacionaria, de alimentación manual y accionamiento con motor eléctrico de 7,5 kW de producción nacional (Figura 1), durante el suministro del forraje fresco desmenuzado a partir de la caña de azúcar, a dos grupos de 15 vacas lecheras cada uno, identificando cada grupo con una máquina en específico. La toma de los datos experimentales se realizó diariamente durante 35 días entre los meses de febrero y marzo de 2013, bajo las siguientes condiciones climatológicas: humedad relativa 72,83%, temperatura 25,7°C, índice de precipitaciones 16,76 mm, presión atmosférica 1 015 hPa y velocidad del viento 5,4 m/s.



FIGURE 1. Forage chopper machines evaluated a) MF IIMA model EM-01 perfected and b) JF-50.  
FIGURA 1. Picadoras de forraje evaluadas, a) MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada y b) JF-50.

### Methods for Determining Operating Costs of the Machines

To determine operating costs of the forage choppers under study, a calculation methodology was developed from the Cuban standard NC 34–38: 2003. This methodology determines the direct operating costs (**peso/h**), adding costs for wages, amortization, repair - maintenance and fuel, as well as costs per unit mass processed (**peso/t**).

Operating costs per unit mass processed in the execution of mechanized farming, are represented by the following expression:

$$G_{ex} = (G_d/W_{07}), \text{ peso/t} \quad (1)$$

being:

**G<sub>ex</sub>** - operating costs of mechanized agricultural work, peso/t;  
**G<sub>d</sub>**- direct operating costs of mechanized farming operation, peso/h;

**W<sub>07</sub>** - productivity per hour in operating time, t/h, obtained by Valdés *et al.* (2015), & De las Cuevas *et al.* (2015).

Direct operating costs of mechanized farming operation consist of:

$$G_d = (S+A+R+C+O); \text{ peso/h}, \quad (2)$$

being:

**S**- service personnel wage, peso/h;

**A** -amortization, peso/h;

**R**-repairs and maintenance, peso/h;

**C**-fuels and lubricants, peso/h;

**O**-other expenses, peso/h.

Therefore, the calculation of each of the components of the machine sets study is as follows:

The salary of the service personnel (**S**), is determined by the following expression:

$$S = St + (Soax \cdot Noax); \text{ peso/h}, \quad (3)$$

being:

**St**- tractor operator hourly wage, peso/h;

**Soax** - hourly wage of auxiliary workers operating the chopper, peso/h;

**Noax** - number of auxiliary workers.

The amortization (**A**) can be calculated by the following expression:

$$A = (V \cdot a) / C_{za}; \text{ peso/h}, \quad (4)$$

**V**- machine value or price, peso;

**a**- coefficient discount to amortization<sup>3</sup>

**C<sub>za</sub>**- charge annual or number of hours of machinery use, h/year, is determined according to the days of annual machine work in the agro-technical term for the number of working hours per day.

Total, partial repairs and technical maintenance (**R**), by the expression:

$$R = (V \cdot r_m) / C_{za}, \text{ peso /h} \quad (5)$$

### Métodos para la determinación de los costos de explotación de los conjuntos

Para la determinación de los costos de explotación de las picadoras de forraje objeto de estudio, se desarrolló una metodología de cálculo a partir de la norma cubana NC 34–38: 2003. Esta metodología determina los costos directos de explotación en **peso/h**, adicionando los costos por concepto de salarios, amortización, reparación – mantenimientos y en combustible, así como los costos por unidad de masa procesada **peso/t**.

Los costos de explotación por unidad de masa procesada en la ejecución de las labores agrícolas mecanizadas, se representan por la expresión siguiente:

$$G_{ex} = (G_d/W_{07}), \text{ peso/t} \quad (1)$$

donde:

**G<sub>ex</sub>** - costos de explotación de la labor agrícola mecanizada, **peso/t**;

**G<sub>d</sub>**- costos directos de explotación de la operación agrícola mecanizada, **peso/h**;

**W<sub>07</sub>** – productividad por hora en tiempo de explotación, **t/h**, obtenida según Valdés *et al.* (2015), y de las Cuevas *et al.* (2015).

Los costos directos de explotación de la operación agrícola mecanizada se componen de:

$$G_d = (S+A+R+C+O); \text{ peso/h}, \quad (2)$$

donde:

**S** -salario del personal de servicio, **peso/h**;

**A** -amortización, **peso/h**;

**R** -reparaciones y mantenimientos, **peso/h**;

**C**-combustibles y lubricantes, **peso/h**;

**O** -otros gastos, **peso/h**.

Por tanto, el cálculo de cada uno de los componentes de los conjuntos de máquina en estudio es el siguiente:

El salario del personal de servicio (**S**), se determina por la siguiente expresión:

$$S = St + (Soax \cdot Noax); \text{ peso/h}, \quad (3)$$

donde:

**St**- salario horario del operador del tractor, **peso/h**;

**Soax** – salario horario de los obreros auxiliares que operan la picadora, **peso/h**;

**Noax** – número de obreros auxiliares.

La amortización o renovación (**A**), se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$A = (V \cdot a) / C_{za}; \text{ peso/h}, \quad (4)$$

donde:

**V**-valor o precio de la máquina, **peso**;

**a** -coeficiente de descuento para la amortización o renovación<sup>3</sup>;

**C<sub>za</sub>** -carga anual o número de horas de utilización de la maquinaria, **h/año**, se determina según los días de trabajo anuales de la maquina en el plazo agrotécnico por la cantidad de horas de trabajo por día.

Las reparaciones totales, parciales y el mantenimiento técnico (**R**), mediante la expresión:

$$R = (V \cdot r_m) / C_{za}, \text{ peso /h} \quad (5)$$

<sup>3</sup> FRANK, R. Costos de la Maquinaria Agrícola, Cátedra de Administración Rural, FAUBA, 2da Edición. 1998.

being:

$r_{mr}$  - discount factor for repairs and maintenance<sup>4</sup>.  
The calculation of costs for fuel consumption (C) or electricity (E), is performed by the following expression:

$$C = (C_h \cdot Pc), \text{ peso/h} \quad (6)$$

being:

$C_h$  - hourly fuel spending in operation time, L/h or electric power, kWh/h, according Kuznetsov, (1988).  
 $Pc$  - complex price of fuel, lubricants, peso/L or price of electricity as established rate, peso/kWh.  
In other expenses (O), there are unspent auxiliary materials. The values of the initial parameters required for the calculation of operating costs of both forage choppers are shown in Table 1, according to the methodology described above.

donde:

$r_{mr}$  - coeficiente de descuento para las reparaciones y mantenimiento<sup>4</sup>.  
El cálculo de los costos por concepto de consumo de combustible (C), o energía eléctrica (E), se realiza por la expresión siguiente:

$$C = (C_h \cdot Pc), \text{ peso/h} \quad (6)$$

donde:

$C_h$  - gasto horario de combustible en tiempo de explotación, L/h o de energía eléctrica, kWh/h, según Kuznetsov, (1988).  
 $Pc$  - precio complejo de los combustibles, lubricantes, peso/L o precio de la energía eléctrica según tarifa establecida, peso/kWh.  
En otros gastos (O), no existen materiales auxiliares gastados.

Los valores de los parámetros iniciales necesarios para el cálculo de los costos de explotación de ambas picadoras de forraje, se muestran en la tabla 1, según los autores y metodología descrita anteriormente.

TABLE 1. Data for calculating operating costs of the choppers  
TABLA 1. Datos para el cálculo de los costos de explotación de las picadoras

Parameters	U/M	Tractor BELARUS 510 & JF-50	MF IIMA model EM-01 perfected
Tractor useful life	h	12 000	-----
Useful life of the agricultural machine	h	4 250	5 525
Hourly consumption of machine set	L/h	2.17	-----
Electric energy consumption	kWh	-----	59.03
Tractor operator hourly wage	peso/h	1.56	-----
Hourly wage of auxiliary workers	peso/h	1.77	1.77
Number of auxiliary workers	-	2	2
Tractor Price	peso	10 296	-----
Price of agricultural machine	peso	2 989.28	900
Tractor depreciation coefficient	-	0.07	-----
Depreciation coefficient of the machine	-	0.20	0.20
Annual load of the tractor	h	1 900	-----
Annual load of the agricultural machine	h	850	1 105
Tractor repair coefficient	-	0.26	-----
Repair / maintenance coefficient of the machine.	-	0.20	0.16
Fuel price	peso/L	1.00	-----

## RESULTS AND DISCUSSION

### Analysis of the results of the forage choppers operating costs

Table 2 shows the results of the costs as salary (S), amortization (A), repair and maintenance (R), fuel consumption (C), electricity (E), direct operating costs (Gd) and operating costs per unit of processed mass (Gex) of the set formed by the tractor BELARUS 510- chopper JF-50 and MF IIMA model EM-01 perfected. They reveal that the wage cost per set is 5.10 peso/h, being a 30.59% higher than the cost of the perfected chopper with 3.54 peso/h, since it has a laborer, which is the tractor operator. Also, they show that the depreciation, repairs and maintenance costs are 85.19 and 93.84% higher, respectively, that is because the price of the JF-50 machine on the market is higher, its construction is more complex and presents the tractor for its mechanical drive.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de los resultados de los costos de explotación de las picadoras de forraje en estudio

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los costos por concepto de salario (S), amortización (A), reparación y mantenimiento (R), consumo de combustible (C), energía eléctrica (E), costos directos de explotación (G<sub>d</sub>) y los costos de explotación por unidad de masa procesada (G<sub>ex</sub>) del conjunto formado por el tractor BELARUS 510- picadora JF-50 y de la MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada. En esta se aprecia que en el caso del costo por salario del conjunto es 5,10 peso/h, siendo un 30,59% superior que el costo de la picadora perfeccionada con 3,54 peso/h, ya que la misma presenta un obrero más, que es el operador del tractor. Asimismo se observa que el costo de amortización, reparación y mantenimiento son un 85,19 y 93,84% superior respectivamente, esto se debe a que el precio de la máquina JF-50 en el mercado

<sup>4</sup> FAO. La ingeniería Agrícola en el desarrollo: la selección de insumos de mecanización. Boletín de servicio de la FAO No. 84, Roma, Italia. 1991.

The cost for fuel of the tractor-machine JF-50 is 80.18% higher than the cost of electricity of the chopper MF IIMA model EM-01 perfected, that is due to the fuel cost is higher than the electricity cost. Therefore, direct operating costs per unit of processed mass of the JF-50 amount to 59.27 and 32.21% higher, respectively, compared to the chopper MF IIMA model EM-01. In Figure 2, the direct operating costs components (Gd) of the set tractor BELARUS 510 - JF-50 and MF IIMA model EM-01 perfected are presented. It can be seen, as in Table 2, that the highest values of operating costs correspond to wages for both choppers in study JF-50 and MF IIMA model EM-01 perfected, with 5.10 peso /h (48.757%) and 3.54 peso/h (83.098%), followed by fuel cost 2.17 peso/h (20.07%) and electric power cost 0.43 peso/h (12.146%), respectively.

es mayor, su construcción es de mayor complejidad, así como presenta el tractor para su accionamiento mecánico.

El costo por concepto de combustible del conjunto tractor-máquina JF-50 es 80,18% mayor que el costo de la energía eléctrica de la picadora MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada, esto se debe a que el costo en combustible es mayor que el de electricidad. Por lo tanto los costos directos de explotación y por unidad de masa procesada del conjunto ascienden a un 59,27 y 32,21% mayor respectivamente, con respecto a la picadora MF IIMA modelo EM-01.

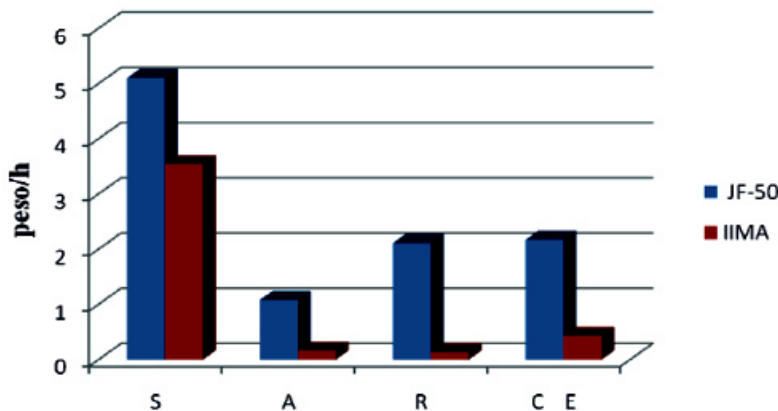
En la Figura 2 se presentan los componentes de los costos directos de explotación ( $G_d$ ) del conjunto tractor BELARUS 510 - JF-50 y de la picadora MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada. En ella se aprecia, al igual que en la Tabla 2, que los mayores valores de los costos de explotación recaen sobre el componente por concepto de salario para ambas picadoras en estudio la JF-50 y la MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada, con 5,10 peso/h (48,757%) y 3,54 peso/h (83,098%), seguido del costo por consumo de combustible 2,17 peso/h (20,07%) y de energía eléctrica 0,43 peso/h (12,146%) respectivamente.

**TABLE 2. Results of the choppers operating costs**  
**TABLA 2. Resultados de los costos de explotación de las picadoras**

Parameters	U/M	Tractor BELARUS 510 & JF-50	MF IIMA model EM-01 perfected	Difference, %
(S)	peso/h	5.10	3.54	30.59
(A)	peso/h	1.08	0.16	85.19
(R)	peso/h	2.11	0.13	93.84
(C) o (E)	peso/h	2.17	0.43	80.18
( $G_d$ )	peso/h	10.46	4.26	59.27
( $G_{ex}$ )	peso/t	19.59	13.28	32.21

In Figures 3 and 4, the results of direct operating costs and costs per unit of processed mass of the choppers under study are observed. These increases are seen in the direct operating costs of 6.20 peso/h and per unit of work done of 6.31 peso/t of the tractor-machine JF-50 with respect to the chopper MF IIMA model EM-01 perfected. These results support the machine of national production, with lower operating costs than the international market imported one, made in Brazil.

En las Figuras 3 y 4 se observan los resultados de los costos directos de explotación y por unidad de masa procesada de las picadoras en estudio. En estas se aprecian incrementos en los costos directos de explotación de 6,20 peso/h y por unidad de trabajo realizado de 6,31 peso/t del conjunto tractor-máquina JF-50 con respecto a la picadora MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada, dichos resultados avalan a la máquina de producción nacional con menores costos de explotación que la importada del mercado internacional de origen brasileño.



**FIGURE 2. Components of direct operating costs (Gd) of the set tractor BELARUS 510 - JF-50 and MF IIMA model EM-01 perfected.**  
**FIGURA 2. Componentes de los costos directos de explotación ( $G_d$ ) del conjunto tractor BELARUS 510 - JF-50 y de la picadora MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada.**

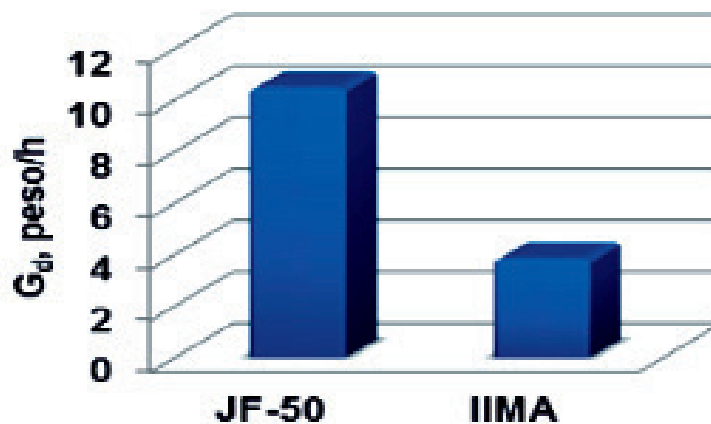


FIGURE 3. Direct operating costs ( $G_d$ ) of the set tractor BELARUS 510 - JF-50 and MF IIMA model EM-01 perfected of national production.  
 FIGURA 3. Costos directos de explotación ( $G_d$ ) del conjunto tractor BELARUS 510 - JF-50 y de la picadora MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada de producción nacional.

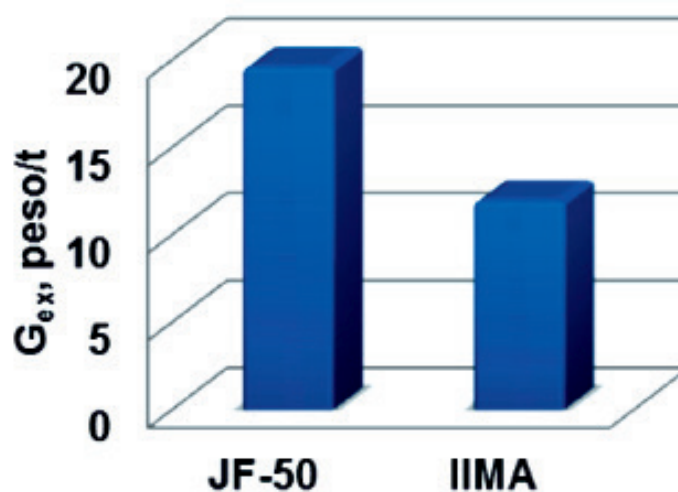


FIGURE 4. Operating costs per unit of processed mass ( $G_{ex}$ ) of the set tractor BELARUS 510 - JF-50 and MF IIMA model EM-01 perfected of national production.  
 FIGURA 4. Costos de explotación por unidad de masa procesada ( $G_{ex}$ ) del conjunto tractor BELARUS 510 - JF-50 y de la picadora MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada de producción nacional.

### CONCLUSIONS

- The highest values of operating costs correspond to the component as salary for both forage choppers in study JF-50 and MF IIMA model EM-01 perfected, with 5.10 peso/h (48.757%) and 3.54 peso/h (83.098%), respectively;
- The cost of employee amortization (A), repair and maintenance (R) aggregate tractor and machine JF-50 are of a 85.19 and 93.84% higher, respectively, than the MF IIMA model EM-01 perfected;
- The cost in terms of fuel consumption (C) of the tractor aggregate and chopper JF-50 is 80.18% higher than the electrical energy (E) consumed by the chopper MF IIMA model EM-01 perfected;
- Direct operating costs ( $G_d$ ) and per unit of processed mass ( $G_{ex}$ ) of the tractor aggregate and the chopper JF-50 were 6.20 peso/h and 6.31 peso/t higher, respectively, than the chopper MF IIMA model EM -01 perfected. These results support the national production machine with lower operating costs than the one of the international market imported from Brazil.

### CONCLUSIONES

- Los mayores valores de los costos de explotación recaen sobre el componente por concepto de salario para ambas picadoras en estudio la JF-50 y la MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada, con 5,10 peso/h (48,757%) y 3,54 peso/h (83,098%) respectivamente;
  - El costo por concepto de la amortización (A), reparación y mantenimiento (R) del conjunto tractor- máquina JF-50 son de un 85,19 y 93,84% mayor respectivamente, que la MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada;
  - El costo por concepto de consumo de combustible (C) del conjunto tractor- máquina JF-50 es 80,18% mayor que la energía eléctrica (E) consumida por la picadora MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada;
- El costo de explotación por concepto de consumo de combustible (C) del conjunto tractor- máquina JF-50 es de 2,17 peso/h (20,07 %) y la energía eléctrica (E) consumida por la picadora MF IIMA modelo EM-01 perfeccionada 0,43 peso/h (12,146 %) con respecto al total, de lo cual se puede inferir que presenta una diferencia dicho costo de 80,18% entre ambas maquinas.

## ACKNOWLEDGEMENTS

I am grateful to Animal Science Institute (ICA) for allowing the development of this research in its production units, as well as the entire labor and technical personnel who supported it. Also Agricultural Mechanization Center (CEMA) and the Faculty of Technical Sciences of the Agrarian University of Havana for their support, as well as students who collaborated with the completion of his dissertation.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto de Ciencia Animal (ICA) por permitir el desarrollo de esta investigación en sus unidades de producción, así como a todo el personal obrero y técnico que apoyó la misma. Asimismo al Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA) y la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad Agraria de La Habana por el apoyo brindado, así como a los estudiantes que colaboraron con la realización de su trabajo de diploma.

## REFERENCES / REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- DE LAS CUEVAS, H.; RODRÍGUEZ, T.; PANEQUE, P.; DÍAZ, M.: "Costos de explotación de una máquina de siembra directa", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1): 12-15, 2013, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- DE LAS CUEVAS, M.H.; RODRÍGUEZ, T.; PANEQUE, P.: "Costos de explotación de la labranza conservacionista", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(3): 49-54, 2005, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- DE LAS CUEVAS, H.; VALDES, P.A.; RODRÍGUEZ, D.; SUÁREZ, R.; DELGADO, R.; VÁZQUEZ, J.L.: "Índices de explotación del tractor BELARUS 510 y la picadora de forraje JF 50", *Ingeniería Agrícola*, 5(2): 44-48, 2015, ISSN: 2306-1545, 2227-8761.
- GARCÍA, A.E.; VALDÉS, Y.; VARGAS, J.: "Evaluación de los gastos de explotación, económicos y energéticos en la labor de cultivo del frijol, tomate y papa comparando el tractor YUMZ-6M con yunta de bueyes", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(3): 62-68, 2012, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- GAYTÁN, G.; MUÑOZ, F.; CHÁVEZ, N.; CAPULÍN, J.A.: "Evaluación comparativa de los tractores NH 6610 y JD 5715T en los aspectos técnicos, agrotécnicos y económicos", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(4): 14-23, 2005, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- GONZALEZ, R.; LORA, D.: "Determinación de parámetros de explotación y económicos en el corte de forraje con diferentes máquinas cosechadoras", *Ingeniería Agrícola*, 3(2): 31-38, 2013, ISSN: 2306-1545, 2227-8761.
- KUZNETSOV, M.: *Fundamentos de Electrotecnia*, Ed. MIR, Moscú, URSS, 1988, ISBN: 5-03-000159-X.
- LORA, D; FERNANDEZ, M.; RAMOS, R.; GARCIA, A.E.: "Factibilidad económica del empleo de las herramientas de agricultura de precisión en la Empresa Pecuaria Niña Bonita", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(4): 19-23, 2012, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- MARTÍN, P.C.: "El uso de la caña de azúcar para la producción de carne y leche", *Cuban Journal of Agricultural Science*, 39(Suppl.): 427-437, 2005, ISSN: 2079-3480.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Máquinas agropecuarias y forestales. Metodología para la evaluación económica*, no. NC 34-38, La Habana, Cuba, 2003.
- OLIVET, Y.E.; ORTIZ, A.; COBAS, D.; BLANCO, A.; HERRERA, E.: "Evaluación de la labor de rotura con dos aperos de labranza para el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas* Lam) en un Fluvisol", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(4): 24-29, 2012, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- PIN, G.E.: "Determinación del sistema más racional de plantación de caña de azúcar", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 6(1): 66-70, 1996, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- VALDÉS, P.A.; MARTÍNEZ, A.; VALENCIA, Y.; BRITO, E.: "Influencia del momento de inercia y de diferentes ángulos de alimentación constante sobre el calibre de las partículas de las picadoras de forraje del tipo de tambor con alimentación manual. Parte I", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3): 69-77, 2010, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- VALDÉS, P.A.; MARTÍNEZ, A.; PÉREZ, J.: "Análisis de la caña de azúcar como alimento para el ganado", *Revista Pre-Till de la Universidad Piloto de Colombia*, 10(26): 59-74, 2012, ISSN: 1692-6900.
- VALDÉS, P.A.; DE LAS CUEVAS, H.; RODRÍGUEZ, D.; SUÁREZ, R.; GÓMEZ, M.V.; DELGADO, R.: "Indicadores tecnológicos explotativos de la picadora de forraje MF IIMA modelo EM- 01 perfeccionada", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(4), 46-53, 2015, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.

Received: 22/02/2016.

Approved: 13/03/2017.

Pedro A. Valdés Hernández, Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Autopista Nacional km 23½, Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, Teléfono: (53-47) 860306, E-mail: [pvaldes@unah.edu.cu](mailto:pvaldes@unah.edu.cu)

Héctor de las Cuevas Milán, E-mail: [hector@unah.edu.cu](mailto:hector@unah.edu.cu)

Duniesky Rodríguez Acosta, E-mail: [pvaldes@unah.edu.cu](mailto:pvaldes@unah.edu.cu)

María Victoria Gómez Águila, E-mail: [mvaguila@hotmail.com](mailto:mvaguila@hotmail.com)

Reinaldo Delgado Rodríguez, E-mail: [pvaldes@unah.edu.cu](mailto:pvaldes@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.