



ARTÍCULO ORIGINAL

## 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

*Evaluation the expenses of economic, exploitation and energy in the work of cultivation of the bean, tomato and potato comparing the tractor YUMZ-6M with yoke of oxen*

Armando E. García de la Figal Costales<sup>1</sup> Yusney Valdés Lima<sup>2</sup> y Jiorqui Vargas Hidalgo<sup>2</sup>

**RESUMEN.** Con el objetivo de evaluar los gastos de explotación, económicos y energéticos de dos conjuntos: tractor-cultivador y yunta-cultivador con tres y un órganos de trabajo, respectivamente, en la labor de cultivo del frijol, tomate y papa en un suelo Ferralítico rojo, se midieron los tiempos de cada labor, profundidad, ancho, velocidad de trabajo y gasto de combustible. Mediante las metodologías existentes se calcularon dichos gastos, precisándose los gastos energéticos de la yunta de bueyes. Comparando el primer conjunto con el segundo, se obtuvo que la yunta fue más eficiente económica y energéticamente que el primero. Para cultivar 5,594; 6,007 y 14,90 ha con el tractor-cultivador en jornada laboral de 8 h para dichos cultivos, respectivamente, se requieren cinco, siete y nueve yunta-cultivador laborando 6 h, y con el doble del ancho de trabajo del primer conjunto para su mejor conformación, se obtiene que el tractor-cultivador es más eficiente productiva, económica y energéticamente que la yunta.

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

**ABSTRACT.** With the objective of evaluating the exploitation, economic and energy expenses of two groups: tractor-cultivator and yoke of oxen-cultivator with three and one work organs, respectively, in the work of cultivation of the bean, tomato and potato in a floor red Ferralitic, the times of each work, depth, wide, work speed and expense of fuel were measured. By means of the existent methodologies, these expenses were calculated, being necessary the energy expenses of the yoke of oxen. Comparing the first group with the second, it was obtained that the yoke of oxen is more efficient economic and energetically that the first one. To cultivate 5,594; 6,007 and 14,90 ha for the tractor- cultivator in labour day of 8 h, for this cultivations, respectively, five, seven and nine yoke of oxen- cultivator working 6 h are required, and with double the width of work of the first group for its best conformation, is obtained that the tractor-cultivator is more efficient productive, economic and energetically that the yoke of oxen.

**Keywords:** energy; economy, exploitation, tractor; yoke of oxen, cultivation.

### INTRODUCCIÓN

Actualmente en muchas regiones del mundo occidental y oriental los animales continúan suministrando una gran

proporción de la energía utilizada en la agricultura, siendo el uso de la tracción animal una forma de ahorrar portadores energéticos, siendo este uno de los problemas actuales, pero se carece de estudios que permitan comprender los funda-

**Recibido** 24/02/11, aprobado 19/05/12, trabajo 42/12, artículo original.

<sup>1</sup> Dr. C., Prof. Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, E-✉: areloy@isch.edu.cu

<sup>2</sup> Ing., Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas.

mentos bajo los cuales se sustenta dicho ahorro (Pearson, 1994).

Hetz y Barrios (2011), De las Cuevas *et al.* (2009), Mena *et al.* (2007), Álvarez *et al.* (2006), Paneque y Soto (2007) brindan datos empíricos y por cálculo de los gastos económicos, de explotación y energéticos –en menor cuantía- para la tracción con animales y tractores, diferentes aperos, condiciones de campo, cultivo y tipo de labor, entre otros, pero no hay comparación entre ambas que tenga en cuenta la realización de la operación en un tiempos determinado.

Con el objetivo de determinar qué tracción es más eficaz (animal y motorizada) -cual incurre en menos gastos económicos y energéticos-, se evaluó en la finca “Las Papas” del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) los gastos económicos, de explotación y energéticos en la labor de cultivar entre los conjuntos YUMZ-6M-cultivador “Camajuani” y Yunta de Bueyes -cultivador “criollo” en suelo Ferralítico rojo para el cultivo del frijol (tres y un órganos de trabajo), tomate (dos y un órganos) y papa, (tres u un órgano) con la hipótesis: mediante la evaluación comparativa económica, de explotación y energética de ambos conjuntos es posible determinar cual es más eficiente.

## ANÁLISIS DEL USO DE LA TRACCIÓN ANIMAL Y CON TRACTORES

Con el uso de la tracción animal es posible sustituir un gran número de labores que se realizan normalmente con tracción motorizada en el suelo (Ríos y Valdivia 1999), afirmando que el 35% de la demanda energética de la agricultura cubana se satisface con el uso de bueyes (Ríos y Cárdenas, 2003). Según Havard y Wanders (1999) en los países subdesarrollados la potencia animal provee alrededor del 20% de la mecanización agrícola; el trabajo humano el 70% y la potencia mecánica el 10%. En Cuba, de 1970 a 1990 el número de tractores se incrementó 10 veces y el número de bueyes se redujo hasta unos 163 000 (Ríos y Aguerrebere, 1998); actualmente existen más de 375 000 bueyes en uso. Varias investigaciones (FAO, 1990; Fluck, 1992 y Hetz, 1996) han establecido que el costo energético por concepto de combustible y máquinas representa un alto porcentaje del costo energético total de producción en la agricultura empresarial.

Si bien la tracción motorizada aumenta la productividad respecto a la animal, también aumentan los requerimientos en insumos, infraestructura y personal calificado (Ribeiro, 1992) para el pequeño y mediano productor, por lo que para los países en vías de desarrollo la tracción animal es la forma más factible de introducir la mecanización, ya que la inversión en aperos es mucho menor, minimizan los gastos por insumos, reparaciones corrientes y mantenimientos, pueden alimentarse con residuos y subproductos de cosecha y a cambio producen energía, carne y leche (Ríos y Ponce 2001), lo cual es cierto para los productores a los que se les niegan los financiamientos necesarios para utilizar maquinaria más eficiente. No siempre se tiene en cuenta el acoplamiento eficiente con el tractor, por lo que muchas veces se compara esta con la

tracción animal, utilizando un tractor de mucha más potencia de la que demanda la máquina -como el caso de Galindo (2000), que para el transporte de 1,5 t de caña, resulta un 50% más barato al usar búfalas frente a un tractor de 80 hp- y no se tiene en cuenta el tiempo necesario para realizar la operación agrícola; sólo se determina para un área de 1 ha.

Las investigaciones realizadas muestran que la yunta de bueyes en labores agrícolas gastan menos energía, son menores los costos de explotación y la productividad del trabajo al compararlo con el tractor, pero no realizan una comparación entre ambos tipos de tracción y no siempre se han realizado con conjunto tractor-máquina donde los requerimientos energéticos que demanda la máquina corresponden con los del tractor de forma eficiente, a excepción de González *et al.* (2009), quien obtuvo un gasto total de energía con tracción motorizada muy poco superior a la animal, pero la energía secuestrada total por m<sup>3</sup>/ha de suelo roturado es 21,22% mayor para el segundo, al ser las profundidades de trabajo significativamente menor, con costo total de aradura superior a la motorizada en 78,10 peso. No existen investigaciones que comparen los gastos económicos, de explotación y energéticos entre operaciones agrícolas con tracción animal y tractores laborando una misma área en un día de trabajo.

## MÉTODOS

### Metodología de las investigaciones experimentales

Las observaciones se realizaron en la finca “Las Papas” del INCA en suelo Ferralítico rojo compactado, divididos en tres parcelas: para el frijol, tomate y papa. Las variables medidas son:

a) Longitudes de los campos  $L$  y ancho de trabajo de cada apero  $B$ , con cintas métricas de 50 m y apreciación de 5 mm; el segundo se midió a lo largo de seis (6) surcos continuos cultivados para el tractor y la yunta, respectivamente, en 10 posiciones transversales al movimiento y equidistantes en la longitud del campo, para un total de 50 repeticiones;

b) Profundidad media de trabajo  $a_m$ , con regla de medición de la profundidad con apreciación de 1 mm, en cinco (5) surcos continuos cultivados en 10 posiciones transversales al movimiento y equidistantes en la longitud del campo, para un total de 50 repeticiones;

c) Velocidad media de trabajo  $V_m$ , mediante la expresión  $V_m = L/t$ , m/s, midiéndose el tiempo  $t$ , en recorrer la longitud  $L$  con cronómetro de agujas y precisión de 1 s, distribuyéndose los tiempos de explotación, según la Normativa (2003a).

Los gastos económicos, de explotación y energéticos se calcularon según: Normativa (2003a) y Normativa (2003b), así como con la ayuda de los programas informáticos “Evaluación Tecnológica Explotativa TECEXP (de las Cuevas *et al.*, 2007) y “Costos Energéticos y de Explotación CEE” (de las Cuevas *et al.*, 2006), sobre la base de la propuesta de un grupo de investigadores, citados por de las Cuevas, *et al.* (2009a). La energía secuestrada total de la tracción animal **ESTy** (costos

energéticos), se determinó mediante González (2009), sumándosele la energía secuestrada para producir el buey  $ES_{producir}$ :

$$ESTy = ES_{m_{apero}} + ES_{tya} + ES_{mr} + ES_{mo} + ES_{mat} + ES_{producir} \text{ MJ/h,} \quad (1)$$

donde:

$ES_{m_{apero}}$  -energía secuestrada en los materiales, fabricación y transporte del apero;

$ES_{tya}$  -energía secuestrada de la yunta referente al alimento suministrado para realizar el trabajo;

$ES_{mr}$  -energía secuestrada por los mantenimientos y reparaciones del apero: 129% de  $ES_{m_{apero}}$ ;  $ES_{mo}$  -energía secuestrada en mano de obra;

$ES_{mat}$  -energía secuestrada de los materiales gastables en procesos tecnológicos agrícolas en cuestión.

$ES_{tya}$  se calcula como:

$$E_{mp} \mu M_{animal} / 6, \text{ MJ/h,} \quad (2)$$

donde:

$E_{mp}$  -energía del pasto por masa seca (kgMS), MJ/kgMS, se obtiene según el criterio de Fundora (2006);

$\mu$  -coeficiente de necesidad de masa de alimento diario (kgMS) por unidad de masa de los animales, (kg), de 0,025 a 0,03, kgMS/kg, según Colectivo de Autores (1999);

$M_{animal}$  -masa de los animales para la yunta, kg.

$ES_{producir}$  se propone calcular por:

$$ES_{producir} = M_{animal} \mu E_{mp} T_c / VU, \text{ MJ/h,} \quad (3)$$

en la cual  $M_{animal} \mu E_{mp} T_c$  deberá ser determinada empíricamente, siendo variable  $M_{animal}$ ;

$T_c$  -tiempo de crecimiento, de tres a dos años de vida, días;

$VU$  -vida útil del animal, h.

Para la energía  $ES_{mo}$  de ambos conjuntos se calcula según Laptev (1987).

La eficiencia energética del buey,  $\eta$  se calcula a partir de la energía secuestrada,  $ES_{tya}$  y de la energía gastada para el trabajo por la yunta y el apero,  $E_{trabajo}$ , calculada mediante la expresión:

$$\eta = E_{trabajo} / ES_{tya}, \text{ y, además, } E_{trabajo} = E_{tiro} + E_{camin} + E_{transp}, \text{ MJ/h,} \quad (4)$$

donde:

$E_{tiro}$  -energía gastada en la fuerza de tiro;

$E_{camin}$  -energía gastada caminando;

$E_{transp}$  -energía gastada transportando carga, calcula cada una según:

$$E_{tiro} = P_{tiro} L_s / T_{trab}, \text{ MJ,} \quad (5)$$

donde:

$P_{tiro}$  -fuerza racional de tiro, kN, según García de la Figal (2002);  $L_s$  -longitud recorrida de los surcos, m;

$T_{trab}$  -tiempo de trabajo en la labor agrícola, h;

$$E_{camin} = E_{Mm} M_{animal} L_{tc}, \text{ MJ,} \quad (6)$$

donde:

$E_{Mm}$  -energía unitaria gastada por unidad de masa de los animales y por cada m lineal de longitud recorrida caminando, según Colectivo de Autores (1999), 2 J/kg.m;

$M_{animal}$  -masa de los animales (yunta), kg;

$L_{tc}$  -longitud total recorrida en el campo, m:

$$L_{tc} = L_{st} + L_{gt} = [(L_s n_s) + (L_g n_g)], \text{ m,} \quad (7)$$

donde:

$n_s$  - cantidad de surcos;

$L_g$  - longitud de giro, m;  $n_g$  - cantidad de giros;

$$E_{transp} = E_{Mt} L_{gt} M_{animal} + E_{Mt} L_c M_{animal}, \text{ MJ,} \quad (8)$$

donde:

$E_{Mt}$  - energía unitaria gastada por unidad de masa de los animales y por cada m lineal de longitud recorrida transportando carga ligera, según de Colectivo de Autores (1999), 5 J/kg.m;

$L_c$  -longitud caminada hasta y desde el campo, m.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El movimiento en el campo de ambos conjuntos se muestra en la Figura 1 y los valores de las longitudes promedios de los surcos, las profundidades y velocidades de trabajo, el área cultivada y la longitud caminada hasta y desde el campo  $L_c$  medidos, en la Tabla 1.

El análisis de los resultados empíricos y de cálculo del tiempo de trabajo limpio muestra que es 6 y 7% mayor el tractor-cultivador "Camajuani" respecto a la yunta-cultivador "criollo" para el frijol y papa, respectivamente, mientras que para el tomate es 11% menor; el tiempo auxiliar es de 8; 18 y 13% mayor, respectivamente, provocando pérdida de tiempo en el trabajo del primer conjunto.

La productividad del tractor-cultivador en el campo para el cultivo del frijol, tomate y papa (Tablas 2, 3 y 4) es: 0,699; 0,751 y 1,774 ha/h, mientras que para el segundo es: 0,201, 0,162 y 0,287 ha/h, lo que representa aumentos del 348; 464 y 618%, para distancias entre hileras de de 0,70, 1,40 y 0,90 m, respectivamente. El coeficiente de fondo de tiempo del primero es de: 0,77 para el frijol; 0,64 en los casos restantes, mientras que del segundo es 0,80 para el primer cultivo y 0,75 en los dos restantes. En los valores anteriores influyen significativamente que las velocidades del primero son superiores al segundo -1,19 ± 0,0374; 1,25 ± 0,0499 y 1,49 ± 0,0819 m/s, respecto a 1,03 ± 0,0735; 0,88 ± 0,0017 y 1,16 ± 0,0525 m/s, respectivamente-, así como el ancho de trabajo: 2,19 ± 0,0176 m contra 0,73 ± 0,0119 m, respectivamente; tres veces mayor.

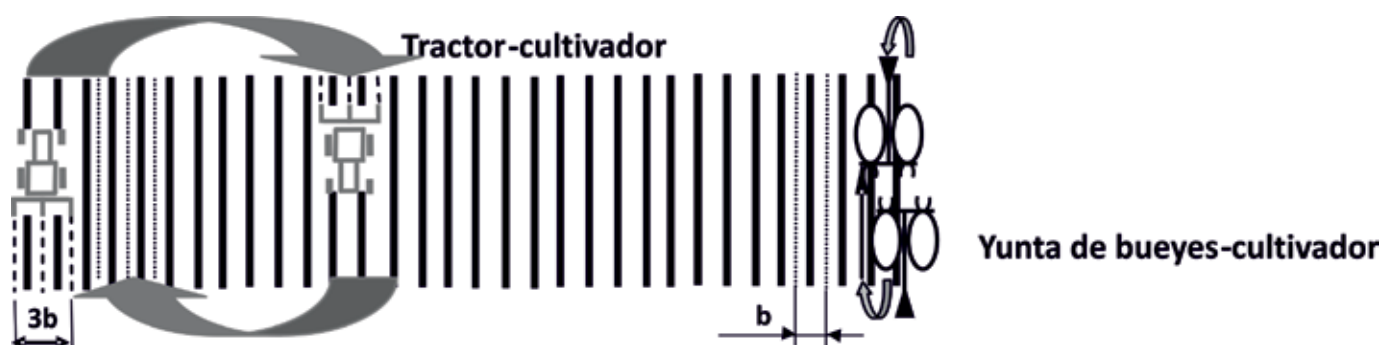


FIGURA 1. Esquema tecnológico en la labor de cultivo.

TABLA 1. Resultado de las mediciones empíricas

Parámetro	U/M	Tractor-Cultivador			Yunta Cultivador		
		Frijol	Tomate	Papa	Frijol	Tomate	Papa
Velocidad, $V_m$	m/s	1,19 ± 0,04	1,25 ± 0,05	1,49 ± 0,08	1,03 ± 0,02	0,88 ± 0,002	1,25 ± 0,05
Profundidad, $a_m$	cm	8,73 ± 0,12	18,93 ± 0,23	15,33 ± 0,35	9,08 ± 0,18	16,51 ± 0,20	17,81 ± 0,25
Ancho de trabajo, $B$	m	2,19 ± 0,01	2,80 ± 0,03	2,73 ± 0,03	0,73 ± 0,01	1,40 ± 0,10	0,91 ± 0,10
Distancia hasta campo y retorno, $L_c$	m	812,96	1 415	1 703	812,96	1 415	1 703
Longitud surcos, $L_s$	m	151,1	117,20	185,3	151,1	117,20	185,3
Cantidad de surcos, $n_s$		159	112	173	159	112	173
Longitud total trabajando, $L_u$	m	8 008,3	4 453,6	10 747,4	24 024,9	13 360,8	32 056,9
Longitud total sin carga, $L_{ic}$	m	8 082,26	5 868,6	14 147,4	24 836,9	14 775,8	35 456,9
Área trabajada	ha	4,03	1,49	4,94	1,80	1,49	2,57

TABLA 2. Comparación de la productividad, gastos energéticos y económicos entre los dos conjuntos de maquinaria para una jornada de trabajo y 5,594 ha, para el frijol

Concepto	U/M	T-A, 3 órganos	5 Y-A, 1 órgano	Tractor/ 5-Yunta	T-A, 4 órganos	5 Y-A, 1 órgano	Tractor/ 5-Yunta
Jornada	h	8	5,566	-	4	5,566	-
Costos económicos	peso/h	6,66	15,85	0,42	8,33	15,85	0,53
Gastos totales	peso	53,28	88,22	0,60	33,32	88,22	0,38
Gastos energéticos	MJ/h	268,95	341,15	0,79	269,98	341,15	0,79
Gastos energéticos transferidos.	MJ/ha	384,76	339,45	1,13	193,12	339,45	0,57
Productividad.	ha/h	0,699	1,005	0,70	1,398	1,005	1,39
Energía	MJ	2 151,6	1 898,84	2,98	1 079,92	1 901,62	0,57
Energía/peso	MJ/peso	40,38	21,52	1,87	32,41	21,56	1,50
Costo energía	peso/MJ	0,024	0,046	0,522	0,031	0,046	0,674

**TABLA 3. Comparación de la productividad, gastos económicos y energéticos entre los dos conjuntos de maquinaria para una jornada de trabajo y 6,007 ha, para el tomate**

Concepto	U/M	T-A, 2 órganos	7 Y-A, 1 órgano	Tractor/ 7-Yunta	T-A, 4 órganos	7 Y-A, 1 órgano	Tractor/ 7-Yunta
Jornada	h	8	5,297	-	4	5,297	-
Costos económicos	peso/h	8,45	22,19	0,40	9,65	22,19	0,43
Gastos totales	peso	67,60	117,54	0,58	38,6	117,54	0,33
Gastos energéticos	MJ/h	371,93	477,61	0,78	372,96	477,61	0,78
Gastos energéticos transferidos.	MJ/ha	495,25	421,17	1,18	248,31	421,17	0,59
Productividad.	ha/h	0,751	1,134	0,66	1,502	1,134	1,32
Energía	MJ	2 975,44	2 529,90	1,18	1 491,84	2 529,90	0,59
Energía/peso	MJ/peso	44,02	21,52	2,05	38,65	21,52	1,80
Costo energía	peso/MJ	0,023	0,046	0,5	0,026	0,046	0,565

Por otro lado, se obtiene que: los costos totales por hora, peso/h aumenta en 110; 167 y 134%; los gastos energéticos transferidos MJ/ha aumentan en 13; 18% y disminuye en 46%, respectivamente, mientras que el costo de energía en peso/MJ disminuye el primero en 48% y los otros cultivos en 50%.

Al calcular en una jornada de 8 h la productividad del trabajo del conjunto tractor-cultivador "Camajuaní" con tres órganos de trabajo puede cultivar 5,594, 6,007 y 14,190 ha, mientras que la yunta-cultivador "criollo" con un órgano trabajando 6 h realizaría 1,206, 0,972 y 2,58 ha, para los cultivos de frijol, tomate y papa, respectivamente. Por lo tanto, se

necesitarían cinco (5), siete (7) y nueve (9) yuntas-cultivador "criollo" equivalentes trabajando 5,566, 5,297 y 5,494 h para cada cultivo, respectivamente.

Del análisis comparativo de las condiciones anteriores se desprende que: la productividad, ha/h, disminuye en 30; 34 y 31%; los costos totales por hora, peso/h, disminuyen en 58; 60 y 74%; los gastos energéticos transferidos, MJ/ha, aumenta en 13; 18 y 46%; el costo de energía, peso/MJ, disminuye en 48; 50 y 11%, en cada cultivo, respectivamente, lo que demuestra las ventajas energético-económicas del primero (tractor) respecto al segundo (yunta), no obstante gastarse más energía por área trabajada.

**TABLA 4. Comparación de la productividad, gastos energéticos y económicos entre los dos conjuntos de maquinaria para una jornada de trabajo y 14,190 ha, para la papa**

Concepto	U/M	T-A, 3 órganos	9 Y-A, 1 órgano	Tractor/ 9-Yunta	T-A, 4 órganos	9 Y-A, 1 órgano	Tractor/ 9-Yunta
Jornada	h	8	5,494	-	4	5,494	-
Costos económicos	peso/h	7,42	28,53	0,26	9,32	28,53	0,33
Gastos totales	peso	59,36	156,74	0,38	37,28	156,74	0,24
Gastos energéticos	MJ/h	228,69	614,07	0,37	229,72	614,07	0,37
Gastos energéticos transferidos	MJ/ha	128,91	237,74	0,54	64,75	237,74	0,27
Productividad	ha/h	1,774	2,583	0,69	3,548	2,583	1,38
Energía	MJ	1 829,52	3 373,70	0,54	9 18,88	3 373,70	0,27
Energía/peso	MJ/peso	30,82	21,52	1,43	24,65	21,52	1,15
Costo energía	peso/MJ	0,032	0,046	0,696	0,041	0,046	0,891

Las observaciones realizadas muestran que el cultivador “Camajuani” con tres y dos órganos de trabajo no forma un adecuado conjunto con el tractor YUMZ-6M, ya que sólo utiliza menos de la mitad de su potencia en la labor de cultivo para el frijol, tomate y papa, por lo que es posible teóricamente aumentar al doble el ancho de trabajo del primero. Para las condiciones anteriores, al aumentarse al doble el ancho de trabajo al conjunto tractor-cultivador “Camajuani”, este trabajaría solo 4 h para cultivar las mismas áreas antes señaladas se necesitarían las mismas cantidades de yuntas-cultivador “criollo” equivalentes, trabajando las mismas horas en el día que en el caso anterior (Tablas 2, 3 y 4). Del análisis comparativo se obtiene que: la productividad, ha/h, aumenta en 39; 32 y 38%; los costos totales en peso/h, disminuye en 47% para el frijol y los otros cultivos en 57%; los gastos energéticos transferidos en MJ/ha, disminuye en 43%, 41 y 73%; el costo de energía en peso/MJ, disminuye en 42; 43 y 11%, ambos respectivamente, por lo que siempre aventaja el primer conjunto (tractor) al segundo (yunta).

Sobre la base de los análisis antes realizados, se puede fundamentar que los mejores resultados económicos y energéticos se obtienen para el tractor YUMZ-6M de 14 kN con el cultivador de seis órganos de trabajo, para cultivar campos de frijol y papa y con cuatro para el tomate en un día de labor. Es necesario investigar, mediante observaciones de campo, los resultados de la productividad del trabajo y los costos económicos y energéticos para conjuntos tractor-cultivador bien conformados y balanceados por la demanda energéticamente del cultivo.

Los cálculos de la eficiencia de la yunta de bueyes, sobre la base de la energía que emplea para el trabajo con respecto al alimento suministrado, para el cultivo del frijol, tomate y papa son de 22, 40 y 38%, respectivamente, lo que significa que la yunta presenta una considerable reserva energética. Es necesario comprobar el cálculo de la energía secuestrada para producir el buey, según la metodología propuesta, así como precisar el cálculo de la eficiencia energética del tractor-máquina, sobre la base de la energía gastada en el trabajo directo respecto a la energía suministrada, para realizar la labor agrícola designada.

## CONCLUSIONES

- Incluir en la expresión de cálculo de la energía secuestrada total de la yunta-apero  $EST_v$ , la energía secuestrada para producir los bueyes, sobre la base del alimento consumido durante dos a tres años.
- La eficiencia de la yunta de bueyes, sobre la base de la energía que usa para el trabajo con respecto al alimento suministrado, para el cultivo del frijol, tomate y papa es de:

22, 40 y 38%, respectivamente, lo que significa que la yunta presenta una considerable reserva energética.

- La productividad del tractor-cultivador en el campo para el cultivo del frijol, tomate y papa es: 0,699; 0,751 y 1,774 ha/h y para la yunta-cultivador: 0,201, 0,162 y 0,287 ha/h, todos respectivamente. El coeficiente de fondo de tiempo del primero es: 0,77 para el frijol; 0,64 en los casos restantes, mientras que para el segundo es: 0,80 para el primer cultivo y 0,75 en los dos restantes, ambos respectivamente.
- El tiempo de trabajo limpio es 6% y 7% mayor el primer conjunto respecto al segundo para el frijol y papa, respectivamente, mientras que para el tomate es 11% menor; el tiempo auxiliar es de 8; 18 y 13% mayor, respectivamente, provocando demora en el trabajo del primer conjunto, afectando de esta manera la productividad.
- El conjunto tractor-cultivador “Camajuani” respecto a la yunta-cultivador “criollo”, para el cultivo del frijol, tomate y papa, alcanzan los valores siguientes: la productividad, ha/h aumenta en 248; 364 y 518%; los costos totales por hora, peso/h aumenta en 110; 167 y 134%; los gastos energéticos transferidos MJ/ha aumentan en 13; 18% y disminuye en 46%, respectivamente, mientras que el costo de energía peso/MJ disminuye el primero en 48% y los otros cultivos en 50%.
- Para el conjunto tractor-cultivador “Camajuani” respecto a cinco, siete y nueve yuntas-cultivador “criollo”, para el cultivo del frijol, tomate y papa, alcanzan los valores siguientes: la productividad ha/h, disminuye en 30; 34 y 31%; los costos totales por hora, peso/h disminuyen en 58; 60 y 74%; los gastos energéticos transferidos MJ/ha, aumenta en 13; 18 y 46%; el costo de energía, peso/MJ disminuye en 48; 50 y 11%, en todos los casos respectivamente.
- Aumentando al doble el ancho al conjunto tractor-cultivador “Camajuani” se necesitarían cinco, siete y nueve yuntas-cultivador “criollo” equivalentes, para el cultivo del frijol, tomate y papa, respectivamente, se alcanzan los valores siguientes: la productividad, ha/h aumenta en 39; 32 y 38%; los costos totales por hora, peso/h disminuye en 47% para el frijol y los otros cultivos en 57%; los gastos energéticos transferidos, MJ/ha disminuye en 43 %, 41 y 73%; el costo de energía, peso/MJ disminuye en 42; 43 y 11%, ambos respectivamente.
- De las tres variantes analizadas, la de mejores resultados económicos y energéticos es el tractor de 14 kN con un cultivador de seis órganos de trabajo, para cultivar campos de frijol, tomate y papa en un día de labor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ÁLVAREZ, L.; PANEQUE, P. ÁLVAREZ y O. BRIZUELA M.: *Costo energético de las operaciones de siembra más comunes en Cuba [en línea] 2006*, Disponible en: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5332/cuf0183s.pdf>. [Consulta: diciembre 8 2010].
2. COLECTIVO DE AUTORES: *Animales empleados para el trabajo*, pp. 365-382., En su: Ganadería Tropical, Editorial “Félix Varela”, La Habana, 1999.
3. DE LAS CUEVAS, H; T. RODRÍGUEZ; M. HERRERA y P. PANEQUE: “Software para la evaluación tecnológica de las máquinas agrícolas”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(2): 24–28, 2008.
4. DE LAS CUEVAS, H.; T. RODRÍGUEZ; M. HERRERA y P. PANEQUE: *Costos energéticos y de explotación*, Software, Centro de de Derecho de Autor (CENDA), registro 2070–2006, La Habana, Cuba,
5. 2006.
6. DE LAS CUEVAS, H; T. RODRÍGUEZ; P. PANEQUE y M. HERRERA: “Software para la determinación de los costos energéticos y de explotación de las máquinas agrícolas”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(4): 78-84, 2009.
7. FAO: *Energy consumption and input-output relation in field operations*, 24pp., CNRE Study N°3, Rome, Italy, 1990.
8. FLUCK, R.: *Energy for farm production*, 287pp., Vol. 6, of Energy for World Agriculture, Elsevier, Ámsterdam, 1992.
9. FUNDORA, O.: *La caña de azúcar. Valor nutritivo y utilización en el Ganado bovino*, En: Memorias del curso: Estrategias de alimentación para el ganado bovino en el trópico, pp. 57-74, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Agosto, La Habana, 2006.
10. GALINDO, W.: *Tractor o Búfala: Eficiencia Económica y Ambiental para Labores de Tracción*, 5pp., Zootecnista, M. Sc., Desarrollo Sostenible de sistemas agrarios, Fundación CIPAV, Venezuela, 2000.
11. GARCÍA DE LA FIGAL, C. A.E.: *Cálculo de la fuerza de tiro de los arados y aperos de tracción*, 5pp., La Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, (reseña), 2002.
12. GONZÁLEZ, V. R.; A. GARCÍA DE LA FIGAL; Y. MOREJÓN y D. MORALES: “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.
13. HAVARD, M. AND WANDERS, A.: *Animals*, 631pp., In: Stout, B.A. Cheze, B., (editors), CIGR Handbook of Agricultural Engineering, USA. 1999.
14. HETZ, E.: *Utilización de energía en la producción de fruta en Chile*, 26pp., Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola, Vol. de Ext., N° 37, Chile, 1996.
15. HETZ, E. y A. BARRIOS: “Costos energéticos de las operaciones agrícolas mecanizadas más comunes en Chile”, Chillán, Chile, *Agro-Sur*, 24(2): 146–161, 1997.
16. LAPTEV, A. y A. MIN: *Manual de higiene de la cultura física y el deporte*, 245pp., Editorial Pueblo y
17. Educación & Raduga, La Habana, 1987.
18. MENA, M., J. RUIZ; A. BRYDSON; S. PÉREZ y A. MOLINA: “Evaluación de la eficiencia económica de los animales de tiro, en la unidad básica de producción Armando Enrique Cardoso”, *Naturaleza y Desarrollo*, 5(2): Julio-diciembre, 15-25, 2007.
19. **MINAGRI**: Dictamen de la comisión de mecanización y tracción animal, pp. 19-22, En: **II Encuentro Nacional de Mecanización y Tracción Animal**, Yaguajay, Cuba, **1997**.
20. **NORMATIVA**: *Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación Tecnológica* explotativa, 19pp., 2 Edición, octubre, La Habana, 2003a.
21. **NORMATIVA**: *Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación económica*, 14pp., 2 Edición, noviembre, La Habana, 2003b.
22. PEARSON, R.: *Draft Animal Power*, In: Encyclopedia of Agricultural Science, Vol. 1: 213-223, USA, 1994.
23. PANEQUE, P y D. SOTO: “Costo energético de las labores de preparación de suelo en Cuba”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(4): 17-21, 2007.
24. RIBEIRO, D.: *El proceso civilizatorio*, 268pp., Editora Ciencias Sociales, La Habana, 1992.
25. **RÍOS, A. y S. AGUERREBERE**: *La tracción animal en Cuba*, En: *Evento Internacional Agroingeniería, La Habana, Cuba [en línea]*, 1998, Disponible en: [www.recta.org/pdf/TraccionanimalenCuba.pdf](http://www.recta.org/pdf/TraccionanimalenCuba.pdf) [Consulta: enero 10 de 2011].
26. RÍOS, H. A. y E. VALDIVIA: “La tracción animal en Cuba”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 8(3): 83-86, 1999.
27. RÍOS, A. y F. PONCE: *Tracción Animal, Mecanización y Agricultura Sostenible*, pp. 159-166, En: Transformando el campo cubano, Avances de La Agricultura Sostenible, La Habana, 2001.
28. RÍOS, H. A. y J. CÁRDENAS: *La tracción animal en Cuba*, 21pp., Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria (IIMA), La Habana, Cuba, (monografía), 2003.