

Original

Aprovechamiento de la tracción animal en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris L*)

Use of animal traction in the cultivation of bean (*Phaseolus vulgaris L*)

Dr. C. Yosvel Enrique Olivet Rodríguez, Profesor Titular, Ingeniero en Mecanización Agrícola,
Universidad de Granma, Cuba, yolivetr@udg.co.cu

Lic. Daimara Cobas Hernández, Profesora Asistente, Licenciada en Lengua Inglesa con
Segunda Lengua Extranjera, Universidad de Granma, Cuba, dcobash@udg.co.cu

M. Sc. Ezequiel Francisco Olivet Acosta, Profesor Asistente, Ingeniero Agrónomo, Universidad
de Granma, Cuba, eoliveta@udg.co.cu

Resumen

El trabajo se desarrolló en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) "Antonio Maceo" perteneciente a la Empresa Agropecuaria "Paquito Rosales Benítez" de Veguitas, municipio de Yara, provincia oriental de Granma, Cuba. Con el objetivo de comparar tres labores de cultivo entre hileras con tracción animal en el cultivo del frijol, mediante el uso del arado No. 1 y la cultivadora de tres y de cinco órganos de trabajos, todos ellos de tracción animal. Teniendo como resultado que el T2 fue el que alcanzó la mayor productividad por hora de tiempo limpio (W_{TP}), operativo (W_{02}), productivo (W_{04}), tiempo sin fallos (W_i) y explotación (W_{07}). La mayor profundidad del trabajo se logró con T1 (17,50 cm), mientras que con T3 se alcanzó el mayor ancho de trabajo (92 cm) y aprovechamiento del ancho de trabajo (β). La mayor velocidad de trabajo se alcanzó con T2, con 2,80 km h⁻¹ para un aprovechamiento de la velocidad de trabajo de 92%. La altura de las plantas se comportó mejor T2 y T3. Con T3 se alcanzó los tallos de mayor grosor (12,32 cm). Los tratamientos T2 y T3 alcanzaron los más bajos gastos directos de explotación.

Palabras claves: productividad; ancho de trabajo; plantas

Abstract

The work was developed in the Basic Unit of Cooperative Production (UBPC) Antonio Maceo belonging to the Agricultural Company Paquito Rosebushes Benítez of Veguitas, municipality of Yara, oriental county of Granma, Cuba. With the objective of it compares three cultivation works among arrays with animal traction in the cultivation of the bean, by means of the use of the plow No 1 and the farming of three and of five organs of works, all them of animal traction. Having as a result that the T2 was the one that reached the biggest productivity for hour of clean time (W_{TP}), operative (W_{02}), productive (W_{04}), time without shortcomings (W_i) and exploitation (W_{07}). The

biggest depth in the work achieved with T1 (17.50 cm), while with T3 the biggest work width was reached (92 cm) and use of the work was width (β). The biggest work speed reached with T2, with 2.80 km h⁻¹ for a use of the speed of work of 92 %. The height of the plants you behaves better T2 and T3. With T3 it was reached the shafts of grosser (12.32 cm). The treatments T2 and T3 reached the lowest direct expenses of exploitation.

Key words: productivity; width of work; plants.

Introducción

Tradicionalmente los campesinos han utilizado para la labranza del suelo y las atenciones culturales un grupo reducido de implementos de tracción animal producidos de forma industrial o artesanal. En Cuba son comunes el arado de palo, criollo o sitio, el arado espolón o puyón surcador y el arado de hierro con vertedera (Olivet y Herrera, 2007).

El programa alimentario plantea la importancia de la introducción acelerada en la agricultura los logros de la ciencia y la técnica y en especial la biotecnología. Está previsto en el propio continuar con el desarrollo del mismo. Actualmente se ha revitalizado la mecanización con tracción animal en el país, con la utilización de esta tecnología se preservan los suelos y se disminuye la contaminación atmosférica. El uso de esta fuente energética siempre será pertinente en un grupo de labores donde su eficiencia ha quedado demostrada en áreas poco mecanizables por su pendiente, pedregosidad, obstáculos; en parcelas pequeñas de huerto, autoconsumo (Olivet *et al.*, 2018).

La tracción animal, se ha convertido en una tecnología cada vez más aceptada como económica y ecológicamente apropiada para los países en vías de desarrollo. En la provincia de Granma existe gran disponibilidad de este tipo de energía, el aprovechamiento de su potencial se ve limitado por parte del agricultor, por no poseer un conocimiento sólido de los beneficios técnicos, económicos y ecológicos que implica dicha utilización. La economía de esta zona geográfica del país depende en su mayoría del sector agropecuario; esto implica un cambio en la política del uso de esta importante fuente de energía; lo expresado anteriormente constituye un reto para todo aquel personal de la región que esté directa o indirectamente relacionado con esta actividad (López *et al.*, 2018).

La energía animal es una opción técnica más eficiente que las máquinas de combustión en términos de eficiencia de conversión de la energía empleada frente al trabajo realizado y de trabajos en pequeñas parcelas. Los animales de tiro desarrollan un mayor esfuerzo de tracción con relación a su peso, lo cual permiten mover los implementos agrícolas, como el arado de vertedera. El arado de vertedera se emplea para las labores de rotura, surcado y cultivo. En

nuestro país el arado de tracción animal es conocido como *arado americano*, construido todo de hierro y de un solo surco (Shkiliova *et al.*, 2014; Nava *et al.*, 2017).

A pesar de los grandes progresos de la energía motorizada en la agricultura, los animales de tiro seguirán siendo la principal fuente de energía en las explotaciones agrícolas en muchas regiones donde el empleo de tractores y máquinas arrastradas por estos no resulta remunerativo. No debe olvidarse que el empleo de la maquinaria solo puede hacerse allí donde sistemas agrícolas producen ingresos suficientes para poder sufragar los gastos de adquisición, el funcionamiento, mantenimiento, la reparación y depreciación de dicha maquinaria. El objetivo de esta investigación es implementar una labor de cultivo entre hilera de tracción animal que permita mejorar los resultados agro productivos del cultivo del frijol y la productividad del trabajo.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) “Antonio Maceo” perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Paquito Rosales Benítez” de Veguitas, municipio de Yara, provincia oriental de Granma, Cuba, sobre un *Fluvisol* (Hernández *et al.*, 2015), de consistencia media, medianamente profundo, relativamente llano, sin presencia de obstáculos. Durante el ensayo la temperatura media se comportó entre los 29 y 36°C, con humedad relativa entre 75 y 80%. Con un promedio de precipitaciones de 1 112 mm anual (Naranjo *et al.*, 2017).

La preparación de suelo se realizó en diciembre. La siembra se realizó de forma manual, a una profundidad de 15 cm, con el híbrido de frijol (*Caupi*), con un marco de siembra de 0,10 × 0,45 m. La fertilización fue a razón de 0,70 t ha⁻¹ con el complejo 21–9–10 y el riego fue entre 3 500 y 4 800 m³ ha. La cosecha se realizó de forma manual a los 79 días.

Se compararon tres labores de cultivo entre hileras con tracción animal. Una de ellos fue consistió en efectuar la labor de cultivo entre hileras con el arado de vertedera de tracción animal No. 1 y las otras dos labores de cultivo con cultivadoras de 3 y 5 órganos de trabajo.

La labor de cultivo con arado de vertedera de *tracción animal No. 1, T1*, consistió en realizar una labor de cultivo entre hieras a una profundidad de 18 cm.

Las labores *alternativas T2 y T3*, consistieron en realizar labores de cultivo entre hileras con cultivadoras de tracción animal de 3 y 5 órganos de trabajo, a una profundidad de 12 cm respectivamente.

Se montó un diseño experimental en bloques al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. En cada bloque por tratamiento se cultivaron 4 calles para un total de 36 calles cultivadas. Las variables de estudio fueron: productividad, ancho, velocidad, profundidad, alturas y grosos de las plantas.

Metodología de cálculo

1) Productividad de la máquina por hora de tiempo limpio (W_{TP}) ($ha\ h^{-1}$)

Para el cálculo de las productividades de trabajo, se tuvo en cuenta la norma ramal del Ministerio de la Agricultura de Cuba (NRAG-XX1, 2005).

$$W_{TP} = \frac{Q}{TP} \quad (1)$$

donde:

Q –Área de preparación de suelo, ha

TP–Tiempo principal (limpio) de trabajo, h

2) Productividad por hora de tiempo operativo (W_{02}) ($ha\ h^{-1}$)

$$W_{02} = \frac{Q}{T_{02}} \quad (2)$$

donde:

T_{02} –Tiempo operativo, h

$T_{02}=T_1+T_2$

T_2 – Tiempo auxiliar.

$T_2=T_{21}+T_{22}+T_{23}$

T_{21} –Tiempo de viraje.

Es al final de cada pasada cuando se interrumpe el proceso tecnológico y el conjunto realiza la maniobra (viraje) para continuar el trabajo.

T_{22} –Tiempo del traslado en lugar de trabajo.

Traslado en vacío del lugar de trabajo.

T_{23} –Tiempo de paradas tecnológicas.

3) Productividad por hora de tiempo productivo (W_{04}) ($ha\ h^{-1}$)

$$W_{04} = \frac{Q}{T_{04}} \quad (3)$$

donde:

T_{04} –Tiempo productivo, h

$T_{04}=T_1+T_2+T_3+T_4$

T_3 –Tiempo de mantenimiento técnico de la máquina en prueba

$T_3=T_{31}+T_{32}+T_{33}$

T_{31} –Tiempo del mantenimiento diario, h

Tiempo invertido en las operaciones del mantenimiento técnico diario, previsto por el manual de

explotación de la máquina.

T₃₂—Tiempo para la preparación de la yunta de buey de buey para el trabajo

Tiempo invertido en cambiar el esquema tecnológico de la máquina hacia otro, tiempo para acoplar y desacoplar los aperos.

T₃₃—Tiempo en realizar regulaciones

Tiempo para la realización de operaciones de regulación con los cambios de condiciones de trabajo.

T₄—Tiempo para la eliminación de fallos, h

$$T_4 = T_{41} + T_{42}$$

T₄₁—Tiempo para la eliminación de fallos tecnológicos (Funcionales)

Tiempo para eliminar los embotamientos de los órganos de trabajo, así como para los trabajos en vacío para evitar los embotamientos después de su limpieza.

T₄₂—Tiempo para la eliminación de fallos técnicos

4) Productividad por hora de tiempo de turno sin fallos (W_t) ($ha\ h^{-1}$)

$$W_t = \frac{Q}{T_t} \quad (4)$$

donde:

T_t—Tiempo de turno sin fallos, h

$$T_t = T_1 + T_2 + T_3 + T_5 + T_6 + T_7$$

T₅—Tiempo de descanso del personal de servicio de la máquina en prueba

Tiempo de descanso personal y de necesidades fisiológicas

T₆—Tiempo de traslado en vacío

$$T_6 = T_{61} + T_{62}$$

T₆₁—Tiempo de traslado del parqueo hacia el campo o viceversa

T₆₂—Tiempo de traslado de un campo a otro o de parcela para continuar el trabajo

T₇—Tiempo de mantenimiento técnico diario previsto en las instrucciones para la explotación

5) Productividad por hora de tiempo de explotación (W_{07}) ($ha\ h^{-1}$)

$$W_{07} = \frac{Q}{T_{07}} \quad (5)$$

donde:

T₀₇—Tiempo de explotación, h

$$T_{07} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7$$

6) Aprovechamiento del ancho de trabajo ($\xi\beta$)

$$\xi\beta = \frac{B_r}{B_C} \quad (6)$$

donde:

B_r —Ancho real de trabajo, m

B_C —ancho constructivo, m

7) Aprovechamiento de la velocidad de trabajo (ξV_t)

$$\xi V_{tra} = \frac{V_r}{V_{teórica}} \quad (7)$$

donde:

V_r – velocidad de trabajo real, km h⁻¹

$V_{teórica}$ –velocidad teórica de una yunta de bueyes, km h⁻¹

8) Velocidad de trabajo real

$$V_r = \frac{S}{TP} \quad (8)$$

donde:

S – distancia de recorrido en m

TP –tiempo principal de recorrido en h

9) Aprovechamiento del tiempo de turno (τ)

$$\tau = \frac{T_g}{T_{tur}} \quad (9)$$

donde:

T_g – tiempo total de duración del ensayo, h

T_{tur} – tiempo de turno para una jornada de 8 h

Comportamiento del cultivo

Se evaluaron las características morfológicas relacionadas con el desarrollo y crecimiento del cultivo.

- Altura de las plantas, se determinaron con una cinta métrica de 0,01 mm de precisión, midiendo 15 plantas tomadas al azar en cada uno de los tratamientos para un total de 45 plantas medidas durante cuatro fechas de muestreo.
- Cantidad de vainas se determinó contando la cantidad de vainas existente en 15 plantas tomadas al azar en cada uno de los tratamientos para un total de 45 plantas medidas durante.

Determinación de los valores económicos de producción

$$C_e = C_s + C_c + C_{me} + C_a + C_m + C_{aux} \quad (10)$$

donde:

C_s – Salario del personal que trabaja con el agregado

C_c – Costo del combustible y lubricante

C_{me} – Costo de otros materiales de explotación

C_a – Descuento de amortización

C_m – Costo de los mantenimientos, reparaciones y conservación

C_{aux} – Costo de las operaciones auxiliares, durante el trabajo de los agregados

Una vez tomados los datos se procesaron los datos por el paquete estadístico STATISTICA (Statsoft, 2003). En cuanto se detectaron diferencias significativas entre las variables medidas en los tratamientos, la separación de medias se efectuó con la prueba de LSD de Fischer para una probabilidad de $p < 0,95$.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestra el comportamiento de las productividades de trabajo de los tratamientos evaluados. Donde la productividad por hora de tiempo limpio (W_{TP}) muestra diferencia significativa entre los tratamientos, para lo cual T2 alcanzó la mayor productividad por hora de tiempo limpio de $0,55 \text{ ha h}^{-1}$, superando en 44 y 15% a T1 y T3, con valores de productividad de $0,31$ y $0,47 \text{ ha h}^{-1}$ respectivamente.

Al analizar la productividad por hora de tiempo operativo (W_{O2}) se evidencia una reducción de la productividad de 3, 5 y 4% en T1, T2 y T3 respectivamente, con respecto a la W_{TP} . Es evidente que el tiempo invertido para efectuar los virajes y el traslado influyó desfavorable en W_{O2} , donde T1 consumió mayor tiempo para efectuar la maniobra de viraje con respecto a T2 y T3. No obstante, T2, siguió mostrando la mayor productividad $0,52 \text{ ha h}^{-1}$ con relación a T1 y T3.

Tabla 1. Comportamiento de las productividades por hora de tiempo (ha h^{-1})

Productividades	Simbología	T1	T2	T3
Prod. por hora de tiempo limpio	W_1	0,31cA	0,55aA	0,47bA
Prod. por hora de tiempo operativo	W_{O2}	0,30cB	0,52aB	0,45bB
Prod. por hora de tiempo productivo	W_{O4}	0,27cC	0,41aC	0,35bC
Prod. por hora de tiempo turno sin fallo	W_t	0,19cD	0,27aD	0,24bD
Prod. por hora de tiempo de explotación	W_{O7}	0,18cE	0,25aE	0,23bE

T1, cultivo el arado de vertedera de tracción animal; T2, cultivo con la cultivadora de tres órganos de trabajo; T3, cultivo con la cultivadora de cinco órganos de trabajo.

En cada fila las cifras seguidas por la misma letra minúscula no son significativamente diferentes para ($p < 0,95$) según la prueba de LSD de Fisher. En una columna las cifras seguidas por la misma letra mayúscula no son significativamente diferentes para ($p < 0,95$) según la prueba de LSD de Fisher.

Algo similar ocurre en la productividad por hora de tiempo productivo (W_{04}), la cual se reduce en 10, 21 y 22% en T1, T2 y T3 respectivamente, con relación a la W_{02} . Esta reducción fue debido al tiempo invertido en la preparación los bueyes para el trabajo, en acoplar y desacoplar el apero, el tiempo en efectuar regulaciones y ajuste del apero. Tomando T2 la mayor productividad de $0,41 \text{ ha h}^{-1}$, 34 y 15% superior a la alcanzada por T1 y T3 respectivamente.

En la productividad por hora de tiempo sin fallos (W_t) y explotación (W_{07}), también se muestra una reducción de sus productividad con respecto a W_{02} , influyendo el tiempo invertido en el traslado del parqueo al campo de trabajo o viceversa, el tiempo para eliminar los embotamientos de los órganos de trabajo. En ambas productividades (W_t) y (W_{07}) T2, alcanzó los mayores valores de productividad con relación a T1 y T3 respectivamente.

Al comparar en un mismo tratamiento las productividades analizadas, se comprobó que la W_{TP} , es donde se obtiene los mayores valores de productividad, seguido en su orden la W_{02} , W_{04} , W_t y W_{07} . En cada caso los valores de productividad obtenidos están en correspondencia con los obtenidos por Olivet y Herrera (2007) y Olivet *et al.* (2018).

Al analizar la profundidad de trabajo, tal y como se muestra en la Figura 1, se comprobó que con el empleo del arado de vertedera (T1) se alcanzó la mayor profundidad de trabajo de 17,50 cm con relación a T2 y T3 respectivamente. Donde T2 y T3 no muestran diferencias significativas entre ellos, pero ellos con T1. Los valores de profundidad para T1, T2 y T3 están por encima de los obtenidos por Olivet *et al.* (2018).

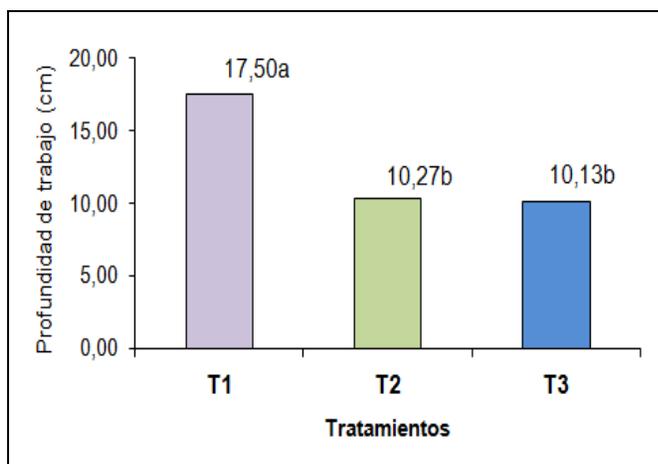


Figura 1. Profundidad de trabajo.

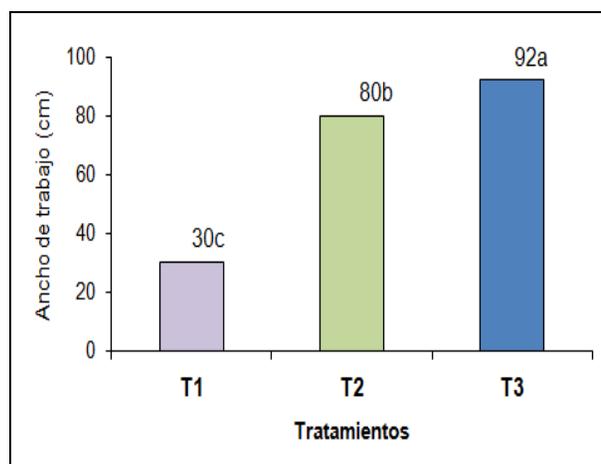


Figura 2. Ancho de trabajo.

Sin embargo, al analizar el ancho de trabajo (Figura 2) los valores obtenidos muestran que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Donde T3 alcanzó el mayor ancho de trabajo (92 cm) estando en correspondencia con las características técnicas de dicha cultivadora (IMPAG, 2008).

Mientras que la velocidad de trabajo (Figura 3) fue mejor en T2 que el T1 y T3 con diferencias significativas, tomando T2 la mayor velocidad de trabajo, con 2,80 km h⁻¹, seguido de T3 con 2,50 km h⁻¹ y T1, con 2,20 km h⁻¹. En T1, T2 y T3 el aprovechamiento del ancho (β) velocidad de trabajo (ξV_t) fue del 100 y 92% respectivamente.

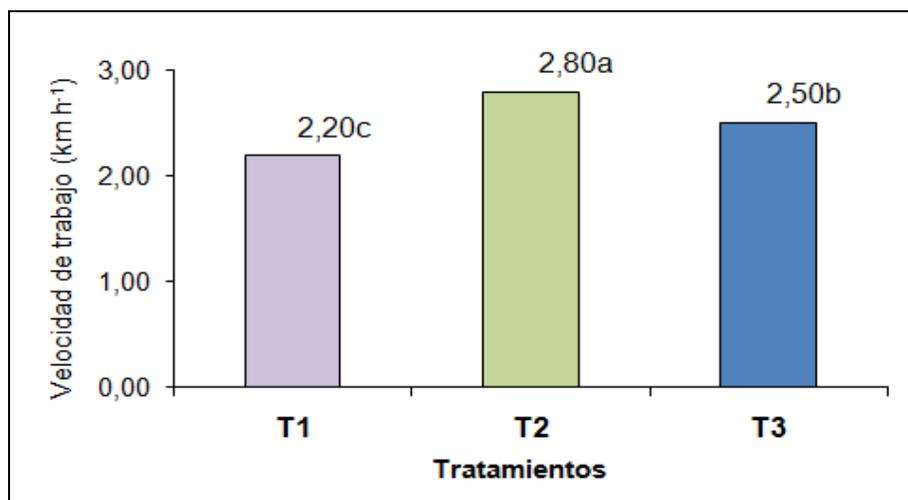


Figura 3. Comportamiento de la velocidad de trabajo.

Valoración económica

En la Figura 4 se observa los costos directos de explotación alcanzados con cada uno de los

aperos de tracción animal estudiados. Los valores económicos alcanzados por T2 y T3 no mostraron diferencia significativa entre ellos, pero si ellos con T1. Los tratamientos T2 y T3 alcanzaron un gasto directo de 153 y 152 CUP ha⁻¹ respectivamente. Todos ellos con un 47% inferior al gasto directo proporcionado por T1, con sólo 288 CUP ha⁻¹.

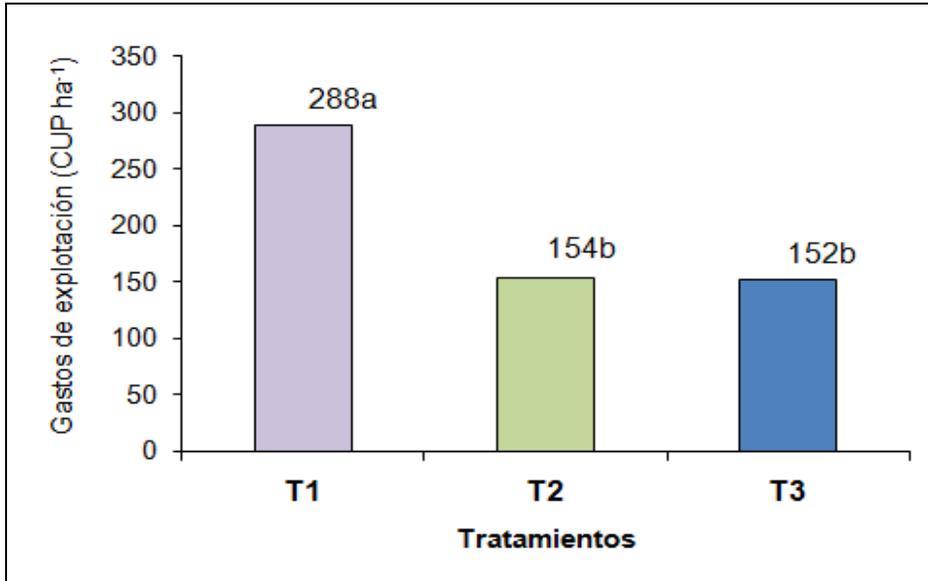


Figura 4. Gastos directos de explotación de la labor entre hilera.

Conclusiones

1. Con el T2 se alcanzó la mayor productividad por hora de tiempo limpio (W_{TP}), operativo (W_{02}), productivo (W_{04}), tiempo sin fallos (W_t) y explotación (W_{07}).
2. Con T3 se alcanzó el mayor ancho de trabajo (92 cm) y aprovechamiento del ancho de trabajo (β) para una profundidad de trabajo 10,13 cm.
3. La mayor velocidad de trabajo se alcanzó con T2, con 2,80 km h⁻¹ para un aprovechamiento de la velocidad de trabajo de 92%.
4. El mayor gasto directo se encontró en T1 con valores de 288 CUP ha⁻¹.

Referencias bibliográficas

- Hernández, A., Pérez, J., Castro, N. y Bosch, D. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba 2015* (INCA Ed.).
- IMPAG. (2008). *Empresa de equipos Agrícolas "Héroes del 26 de Julio". Carretera a San Germán km 3 ½, Holguín, Cuba.*
- López, I., Queipo, O. y Salvador, F. (2018). Evaluación de los índices técnicos-explotativos y energéticos de las cosechadoras de caña de azúcar CASE IH A 8800. *Revista*

Universidad&Ciencia, 7(3), 26-37.

- Naranjo, J. E., Gutiérrez, E., Peña, C. y Domínguez, J. C. (2017). Boletín Agrometeorológico Decanal. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Centro Meteorológico Provincial de Granma. *Argo Met. ISMET, CMP GRANMA*, 28(27), 1-5.
- Nava, F., Herrera, M., González, O. y García de la Figal, A. E. (2017). Evaluación de dos arados de tracción animal en las condiciones de la milpa de Oaxaca. *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(1), 46-51.
- NRAG-XX1. (2005). *Maquinas agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación tecnológica-explotativa*. MINISTERIO DE LA AGRICULTURA.
- Olivet, Y. E., Cobas, D. y Fonseca, C. (2018). Aprovechamiento de la tracción animal en el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). *REDEL. Revista Granmense de Desarrollo Local*, 2(2), 116-131.
- Olivet, Y. E. y Herrera, E. (2007). Aprovechamiento de la tracción animal en una Cooperativa Agropecuaria. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 16(2), 91-94.
- Shkiliova, L., Fundora, R. y Jarre, C. (2014). La mecanización en la Intensificación Sostenible de la Producción Agrícola (ISPA). *La Técnica*(13), 32-43.
- Statsoft. (2003). *Statistica for windows, second* (Version 8 Statsoft Inc.). USA: Tulsa, OK.