

Original

Evaluación tecnológica explotativa de la labor rotura para el cultivo del frijol
(*Phaseolus vulgaris* L)

Exploitative technological the evaluation of the work breaking for cultivation bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Alexeis Guerrero Portales, estudiante del 5to año de la carrera de Ingeniería Agrícola,
Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad de Granma, Cuba,
aguerrerop@estudiante.udg.co.cu

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

Recibido: 5 de octubre de 2020 / Aceptado: 8 de diciembre de 2020

Resumen

El presente trabajo se realizó en la UEB "Agrícola" perteneciente a la Empresa de Cultivos Varios Paquito Rosales Benítez del Municipio Yara, de la provincia de Granma. El mismo se llevó a cabo con objetivo de evaluar algunos indicadores técnicos- explotativos del tractor Belarus – 800 formando agregado con los arados de discos ADI–3M y AFT–4 en la preparación de suelo para el cultivo del frijol, teniendo en cuenta la productividad por hora de tiempo limpio (W_{TP}), por hora de tiempo operativo (W_{02}), por tiempo productivo (W_{04}), por hora de tiempo de turno sin fallos (W_t), por hora de tiempo de explotación (W_{07}) todas estas en ($ha \cdot h^{-1}$). Teniendo como resultado que el T2 presenta los valores más altos de productividad por tiempo limpio, operativo, productivo, sin fallos y explotativo y el menor consumo de combustible ($18,00 L \cdot ha^{-1}$) con relación a la rotura con el arado de ADI -3M con $20,00 L \cdot ha^{-1}$, desempeñando esta la velocidad de trabajo más baja $5,42 km \cdot h^{-1}$, bajo las mismas condiciones de suelo y clima. Asimismo un mayor gasto directo de explotación de $468,65 CUP \cdot ha^{-1}$.

Palabras claves: arados de discos; combustible; velocidad de trabajo; suelo

Abstract

This work was carried out in the UEB "Agricultural" belonging to the Paquito Rosales Benítez Miscellaneous Crops Company of the Yara Municipality, in the province of Granma. It was carried out with the objective of evaluating some technical-exploitative indicators of the Belarus-800 tractor, forming an aggregate with the ADI-3M y AFT-4 disc plows in the preparation of soil

for bean cultivation, taking into account productivity by hour of clean time (WT_P), per hour of operating time (W_{02}), per productive time (W_{04}), per hour of shift time without failures (W_t), per hour of operating time (W_{07}) all these in ($ha \cdot h^{-1}$). Having as a result that T2 has the highest productivity values for clean, operational, productive, faultless and exploitative time and the lowest fuel consumption ($18.00 L \cdot ha^{-1}$) in relation to breakage with the plow of ADI-3M with $20.00 L \cdot ha^{-1}$, performing this the lowest working speed $5.42 km \cdot h^{-1}$, under the same soil and weather conditions. Likewise, of the higher direct operating expense of $468.65 CUP \cdot ha^{-1}$.

Key words: disk plows; fuel; working speed; soil

Introducción

La labranza es una de las actividades más usadas por el hombre para el control de las malezas y la creación de un lecho de siembra apropiado para las futuras plantas. La necesidad de aplicar técnicas de laboreo con vista a aumentar los rendimientos permite satisfacer la demanda del país y de las exportaciones (Olivet *et al.*, 2014). El empleo de las máquinas agrícolas depende de las condiciones del suelo, estas crean las condiciones para el desarrollo de la producción agrícola, facilitan el trabajo y lo hacen más rentable. El uso de estas máquinas es el camino fundamental para el desarrollo de la agricultura, ya que permite un incremento de las producciones agrícolas (Parra y Hernández, 2010; Olivet *et al.*, 2012).

Los tractores con altos valores de rendimiento durante toda su vida útil, es fundamentales para lograr buenos gastos. Este requisito se obtiene solo cuando esta se encuentra en buen estado. En la producción agrícola las tareas asignadas se realizan en la mayoría de los casos bajo circunstancias extremas, lo cual provoca el desgaste anticipado de las máquinas. A causa de la influencia de estos factores pueden reducir parcialmente los índices de explotación de las máquinas. Lo que posibilita las paradas de los conjuntos por desajustes técnicos, si no ejecutamos a tiempo y con la calidad requerida las medidas encaminadas a mantener las máquinas en buen estado técnico (Jrobostov, 1977).

La evaluación de las máquinas, en la cual se determinan el desempeño y su impacto económico, así como los parámetros ingenieriles, llegó a una etapa superior de desarrollo, a pesar de los mayores beneficios potenciales que estas actividades pueden darle al usuario y al diseñador (Smith *et al.*, 1994). La evaluación tecnológico-explotativa es la manera más eficaz para llegar a comprender los índices de explotación de un equipo, la cual abarca un estudio de fiabilidad de la técnica. La misma consiste en la obtención de los tiempos de trabajo

mediante la foto cronometraje, a partir de los cuales se calcula la productividad y los coeficientes de explotación. El análisis de estos resultados permite conocer las productividades obtenidas por tipo de tiempo empleado y coeficientes que describen tanto la explotación como la fiabilidad del equipo. También se han determinado otros índices que demuestran la fiabilidad de la máquinas agrícolas, así como la disponibilidad y utilización técnica y los gastos de explotación (Matos y López, 2011).

Los índices económicos, son necesarios e importantes a la hora de tomarla decisión de seleccionar una máquina, así como de su perfeccionamiento. Las evaluaciones a las máquinas siguen un orden lógico de realización que va desde la etapa de investigación y desarrollo de los prototipos hasta la puesta en explotación de la nueva máquina (Shkiliova y Fernandez, 2011; Fernández, 2013). A partir de la tarea técnica, se definen los índices económicos y financieros de cada propuesta, lo cual exigirá una revisión de los gastos y las ganancias proyectadas para descubrir si satisfacen los objetivos y los volúmenes de producción que debe alcanzar la máquina. El objetivo de este trabajo es evaluar la tecnológica- explotativa de la labor rotura con arado de discos para el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Materiales y métodos

Localización del área experimental

El trabajo investigativo se desarrolló en UEB “Agrícola” perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Paquito Rosales Benítez”, del municipio de Yara de la provincia de Granma, Cuba, sobre un *Fluvisol* (Hernández *et al.*, 2015). El objetivo de este trabajo evaluar tecnológicamente y explicativamente la labor de rotura para cultivo del frijol, teniendo en cuenta las variables de estudios según las productividades por tiempo limpio, operativo, productivo, turno sin fallo, explotación y consumo de combustible, aprovechamiento del ancho y velocidad de trabajo, así como los gastos explotativos.

Climatología de la zona donde se desarrolló el trabajo

En Cuba, predomina una temperatura relativamente alta en casi todo el año. Durante el ensayo, en la provincia de Granma se registraron valores promedios de temperaturas mínimas y máximas de 19,80°C y 34,90°C respectivamente, oscilando entre 26,20°C y 27,40°C, con una media de 26,80°C. La humedad relativa del aire, osciló entre 68 y 75 %, promediando un 72 %. La velocidad de los vientos fluctuó entre 6,10 y 13 km·h⁻¹. Con un promedio de precipitaciones totales de 1 207 mm, promediando en 23,20 mm (Naranjo y Gutiérrez, 2017).

Área Experimental

Se montó un diseño experimental en bloques al azar, con dos tratamientos y dos repeticiones, para un total de cuatro parcelas de 320×250 m. Donde se evaluaron los siguientes indicadores: productividad por tiempo limpio, operativo, productivo, turno sin fallo y de explotación.

Fuentes de energías evaluadas

Tratamiento T1: rotura del suelo con arado de discos, ADI-3M y tractor Belarus- 800, a una profundidad de 25 a 30cm.

Tratamiento T2: rotura del suelo con arado de discos, AFT- 4 y tractor Belarus - 800, a una profundidad de 25 a 30 cm.

Metodología de cálculo explotativo

1) Productividad de la máquina por hora de tiempo limpio (W_{01}) ($ha \cdot h^{-1}$)

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).

$$W_{01} = \frac{Q}{TP} \quad (1)$$

donde:

Q – Área de preparación de suelo, ha

TP–Tiempo principal (limpio) de trabajo, h

Es el tiempo transcurrido en el cual el apero de tracción animal está trabajando con todos los órganos de trabajo bajo carga. O sea es el tiempo en que se transforma el objeto de trabajo.

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

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

donde:

T₀₂–Tiempo operativo, h

T₀₂=T₁+T₂

T₂– Tiempo auxiliar.

T₂=T₂₁+T₂₂+T₂₃

T₂₁–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.

T₂₂–Tiempo del traslado en lugar de trabajo.

Traslado en vacío del lugar de trabajo.

T₂₃–Tiempo de paradas tecnológicas.

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

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

donde:

T₀₄–Tiempo productivo, h

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

T₃–Tiempo de mantenimiento técnico de la máquina en prueba

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

T₃₁–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 para el trabajo

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)

T₄₂–Tiempo para la eliminación de fallos técnicos

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

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

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

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}) ($ha \cdot h^{-1}$)

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

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) Gasto por unidad de trabajo realizado (C_e) ($L \cdot ha^{-1}$)

$$C_e = \frac{C}{Q} \quad (7)$$

Donde:

Q – volumen de trabajo realizado de los conjuntos, ha

C – gasto de combustible durante el trabajo, L

8) Determinación de los valores económicos de producción

$$C_e = C_s + C_c + C_{me} + C_a + C_m + C_{aux} \quad (8)$$

Donde:

C_s – Salario del personal que trabaja con el agregado, CUP

C_c – Costo del combustible y lubricante, CUP

C_{me} – Costo de otros materiales de explotación, CUP

C_a – Descuento de amortización, CUP

C_m – Costo de los mantenimientos, reparaciones y conservación, CUP

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

Análisis y discusión de los resultados

Productividades de trabajo

En la Tabla 1 se muestra el comportamiento de la productividad de trabajos de los tratamientos evaluados. En la productividad por hora de tiempo limpio (W_{TP}) se observa una diferencia

significativa entre los tratamientos, para lo cual T2 alcanzó la mayor productividad por hora de tiempo limpio de $1,50 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$, 67 % superior a la productividad alcanzada por T1, con valores de $0,50 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente. Al analizar la productividad por hora de tiempo operativo (W_{02}) se observa una diferencia significativa para una ($p < 0,95$) según la prueba de LSD de Fisher. Alcanzando T2 el valor más alto de este indicador de $0,49 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$, 19 % superior a la productividad alcanzada por el otro conjunto (T1) conformado por Belarus – 800 y ADI -3M con valor de $0,40 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$.

En el caso de la productividad por hora de tiempo productivo (W_{04}), el agregado con formado por el Belarus -800 y el arado AFT -4 el cual representa el tratamiento T2, alcanzó el valor más alto con un valor de $0,29 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$, superior en un 52 % al valor alcanzado por T1 donde tenemos el conjunto conformado por Belarus - 800 y ADI - 3M con un valor de $0,14 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$.

Tabla 1. Comportamiento de las productividades ($\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$)

Productividades	Simb.	T1	T2	Media
Prod. por hora de tiempo limpio	W_1	0,50bA	1,50aA	1,00
Prod. por hora de tiempo operativo	W_{02}	0,40bB	0,49aB	0,45
Prod. por hora de tiempo productivo	W_{04}	0,14bC	0,29aC	0,22
Prod. por hora de tiempo turno sin fallo	W_t	0,10bD	0,20aD	0,15
Prod. por hora de tiempo de explotación	W_{07}	0,10bD	0,20aD	0,15

T1, Tractor Belarus 800 + ADI3M; T2, Tractor Belarus 800 + AFT4.

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.

En el caso de la productividad por hora de tiempo sin fallos (W_t) y explotación (W_{07}) de los tratamientos, T2 alcanzo la productividad más alta y el mismo valor en ambos casos según la prueba de LSD de Fisher. Alcanzando un valor de $0,20 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$, 50 % superior a las productividades alcanzada por T1 con valores iguales en ambas productividades.

Al comparar en un mismo tratamiento las productividades analizadas, se comprobó que para los dos tratamientos en la productividad por hora de tiempo limpio es donde se obtienen los mayores valores de productividad, seguido en su orden la productividad por hora de tiempo

operativo, productivo, turno sin fallo y de explotación. En cada caso los valores de productividad obtenidos son superiores a los obtenidos por (Martínez, 2017).

Al comparar las productividades para un mismo tratamiento, tal y como se muestra en la Tabla 3.1, se pudo comprobar que hay diferencia significativa entre cada una de las productividades en cada caso, para lo cual, la productividad por tiempo limpio alcanza el mayor valor medio de $1,00 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$.

Análisis del consumo de combustible

Dentro de todo proceso agrícola donde intervienen las operaciones de labranza, el consumo de combustible es un indicador a tener en cuenta. En la Figura 1, se observa el consumo de combustible de la labor de rotura con ambos tratamientos de labranza, encontrándose diferencia significativa entre el consumo medio alcanzado por T1 (conjunto formado por el ADI -3M y el tractor Belarus – 800) y T2 el arado AFT -4 y el tractor Belarus – 800). La rotura del suelo con T2 trajo consigo una reducción del 10 % del consumo de combustible ($18 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) con relación a T1 con $20, \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, bajo las mismas condiciones de suelo y clima. Está claro que el tiempo que se invirtió en la rotura con T1 influyó en el alto consumo de combustible a diferencia de la rotura con T2, considerándose éste de bueno. Ya que estos valores están por debajo de los obtenidos por YTO-X1204 (2015) .

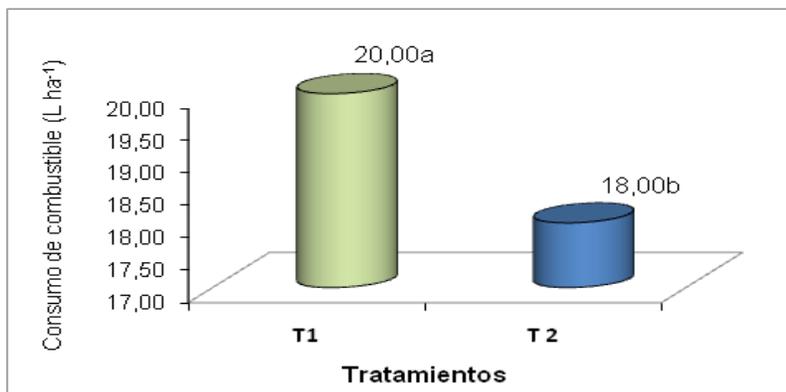


Figura 1. Comportamiento del consumo de combustible.

Comportamiento de la velocidad de trabajo

Al analizar el comportamiento de la velocidad de trabajo. En la Figura 2, se observa una diferencia significativa para una ($p<0,95$) según la prueba de LSD de Fisher. Alcanzando T2 el valor más alto de este indicador de $7,62 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, 29 % superior a la velocidad de trabajo alcanzada por el otro conjunto (T1) conformado por Belarus – 800 y ADI -3M con valor de $5,42 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Puesto que estos valores de velocidades están en correspondencias con las obtenidas

por Martínez (2018).

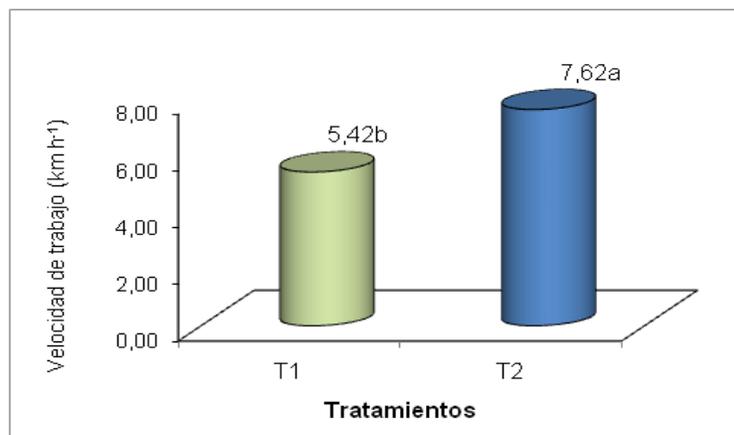


Figura 2. Comportamiento de la velocidad de trabajo.

Valoración económica

En todo trabajo investigativo los gastos directos de explotación juegan un papel muy importante, ya que determinan el mejor uso y empleo de los recursos humanos, materiales y energéticos en la producción de cualquier cultivo. En la Figura 3 se observan los costos directos de explotación alcanzados con cada uno de los tratamientos estudiados. Encontrándose que los datos económicos alcanzados por T2 mostraron diferencia significativa con relación a T1. Presentando este último el mayor gasto directo de explotación (468,65 CUP·ha⁻¹), de 0,7 % superior a los valores económicos mostrados por T2.

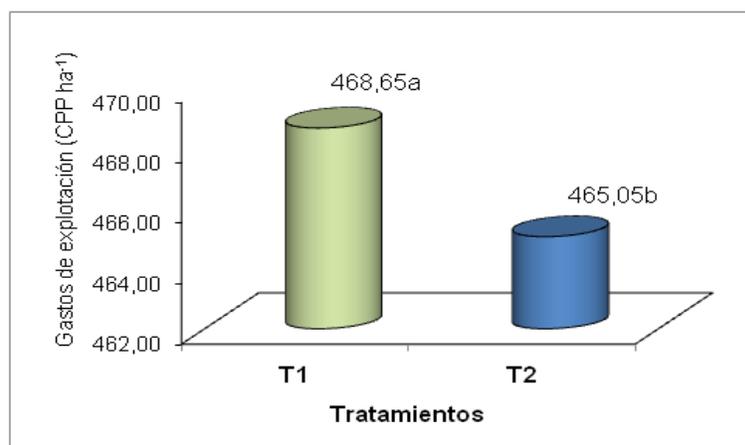


Figura 3. Gasto directo de explotación de los conjuntos.

Conclusiones

1. Con T2 se alcanzó los mayores valores de productividad por hora de tiempo limpio ($W_1=1,50 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$) operativo ($W_{02}=0,49 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$), productivo ($W_{04}=0,29 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$), tiempo sin fallos ($W_t=0,20 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$) y explotación ($W_{07}=0,20 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$) con respecto a T1.
2. El consumo de combustible en T2 fue de $18,00 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, 10% menor a lo reportado por T1 con un consumo de $20,00 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$.
3. La velocidad de trabajo fue 29 % superior en T2 ($7,62 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) con relación a la alcanzada por T1 ($5,42 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$).
4. El mayor gasto directo de explotación se alcanzó con T1 ($468,65 \text{ CUP}\cdot\text{ha}^{-1}$) con relación a T2 con solo $465,05 \text{ CUP}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Referencias bibliográficas

- Fernández, M. (2013). Perfeccionamiento de la gestión de los mantenimientos y reparaciones en las Unidades Empresariales de Base Integrales de Servicios Técnicos. (Tesis de Doctorado), Universidad Agraria de la Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez", Cuba.
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D. y Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Ministerio de Educación Superior (MES). Instituto de Suelo, Ministerio de la Agricultura (MINAG).
- Jrobostov, S. N. (1977). Comprobación Mantenimiento y Dirección de las Máquinas Agrícolas.
- Martínez, J. A. (2017). Caracterización preliminar de tecnologías de labranza de suelo. Revista Ingeniería Agrícola, 5(1), 8-13.
- Martínez, J. A. (2018). Comparación de tecnologías de labranza en suelo ferralítico rojo de la finca Pulido. Revista Ingeniería Agrícola, 6(3), 60-63.
- Matos, N. y López, J. (2011). Evaluación técnico - explotativa y económica de las cosechadoras cañeras en la Empresa Azucarera Argentina. Florida. Camagüey. Cuba.
- Naranjo, J. E. y Gutiérrez, E. (2017). Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Centro Meteorológico Decadal, 28(30), 1-5.
- NRAG-XX1. (2005). Maquinas agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación tecnológica-explotativa. MINISTERIO DE LA AGRICULTURA.
- Olivet, Y. E., Sanchez-Girón, V. y Gaskin, B. G. (2012). Efecto de tres sistemas de labranza en las propiedades físicas y en el consumo energético para el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en un Vertisol. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 21(1), 88.
- Olivet, Y. E., Sánchez-Girón, V. y Hernanz, J. L. (2014). Reduced tillage for tobacco (*Nicotiana*

tabacum L.) production in East Cuba. Soil physical properties and crop yield. Spanish Journal of Agricultural Research, 12(3), 611-622.

Parra, L. R. y Hernández, J. L. (2010). Influencia de cuatro sistemas de laboreo en las propiedades físicas de un Fluvisol y en el balance energético en cultivos de raíces y tubérculos. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 19(3), 85.

Shkiliova, L. y Fernandez, M. (2011). Sistemas de Mantenimiento Técnico y Reparaciones y su aplicación en la Agricultura. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 20(1), 72-77.

Smith, D. W., Sims, B. G. y O'neil, D. H. (1994). Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO, 110.

YTO-X1204. (2015). Pallet Packing or AS CUSTOMER REQUIER. www.wheeltractor.com All Rights Reserved.