

**UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**EVALUACIÓN ECONÓMICA Y ENERGÉTICA DEL TRACTOR
XTZ-150K-09, EN LABORES DE PREPARACIÓN DE SUELO**

José Armando González Álvarez

**Tesis presentada en opción al grado académico de Master en
Ingeniería Agrícola**

**Santa Clara
2018**

**UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**EVALUACIÓN ECONÓMICA Y ENERGÉTICA DEL TRACTOR
XTZ-150K-09, EN LABORES DE PREPARACIÓN DE SUELO**

Autor: Ing. José Armando González Álvarez

Tutor: Dr. C. Omar González Cueto, Prof. Titular.

**Tesis presentada en opción al grado académico de Master en
Ingeniería Agrícola**

**Santa Clara
2018**

Pensamiento

“Es bueno insistir en la necesidad de impulsar la campaña en dos sentidos; uno el que fomenta la audacia revolucionaria creando las máquinas; otra, la relativa especialización hacia las ramas como la Mecánica Agrícola que nos permite una mayor flexibilidad en nuestros planes al no disponer de la maquinaria agrícola importada”

Ernesto Guevara

Agradecimientos

A mis padres de quien siempre he recibido el apoyo moral y espiritual.

A toda mi familia.

Mi novia que está ahí siempre.

Agradecimiento al tutor Dr. C. Omar González Cueto.

A los profesores que contribuyeron a nuestra formación integral.

A esas personas que me dieron su apoyo y siempre confiaron en que este momento era posible que se hiciera realidad.

A mis compañeros de año por hacerme pasar estos tiempos como los mejores de mi vida.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de determinar los índices energéticos y económicos del tractor XTZ-150K-09 durante la preparación de suelos. Para la realización del trabajo se utilizó la norma cubana NC 34-38, así como las metodologías para la obtención de los gastos energéticos. Los resultados mostraron que los gastos energéticos de las labores de preparación de suelo organizadas en un sistema de labranza tradicional alcanza un gasto energético de 6062,1 MJ/ha. Sin embargo, cuando se utiliza una sola operación como el pase de multiarado se obtuvieron gastos energéticos de 1391,3 MJ/ha, 4670,8 MJ/ha menos que en la labranza tradicional. Los principales gastos energéticos están determinados por los gastos directos secuestrados en el combustible y los gastos indirectos secuestrados en las operaciones de mantenimiento y reparación de los conjuntos analizados. Los gastos directos de explotación calculados mostraron que el conjunto formado con el arado es el que más gastos ocasiona con un valor de 26,4 peso/ha, seguido del multiarado con 21,2 peso/ha, la grada con un gasto de 19,7 peso/ha y el tiller con el menor gasto de explotación con un valor de 17,4 peso/ha.

ABSTRACT

This work was developed with the objective of determining the energy and economic indexes of the XTZ-150K-09 tractor during soil preparation. The Cuban standard NC 34-38 was used to carry out the work, as well as the methodologies for obtaining energy costs. The results showed that the energy costs of the soil preparation work organized in a traditional tillage system reaches an energy expenditure of 6062,1 MJ/ha. However, when a single operation is used, such as the multi plow pass, energy costs were obtained of 1391,3 MJ/ha, 4670,8 MJ/ha less than in traditional tillage. The main energy expenses are determined by the direct costs sequestered in the fuel and the indirect costs sequestered in the maintenance and repair operations of the analyzed sets. The direct operating expenses calculated shown that the set formed with the plow is the one that causes most expenses with a value of 26,4 peso/ha, followed by the multi plow with 21,2 peso/ha, the harrow with an expense of 19,7 peso/ha and the tiller with the lowest operating expense with a value of 17,4 peso/ha.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
I CAPÍTULO I. ESTADO ACTUAL DEL TEMA	10
1.1. Situación actual del parque de tractores en Cuba	10
1.2. Uso de software para la realización de cálculos en maquinaria agrícola	13
1.3. Gastos directos de explotación de la maquinaria agrícola	14
1.4. Gastos energéticos de la maquinaria agrícola	15
1.5. Análisis de las investigaciones realizadas para las evaluaciones energéticas y económicas de la maquinaria agrícola	18
II CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	20
2.1. Metodología para caracterizar los tractores XTZ-150K-09	20
2.2. Metodología para la obtención de los gastos energéticos del tractor XTZ-150K-09 en labores de preparación de suelos	20
2.3. Metodología para la evaluación económica	24
III CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.1. Caracterización de las condiciones de explotación de los tractores XTZ-150K-09	27
3.2. Índices energéticos del tractor XTZ-150K-09	31
3.3. Gastos directos de explotación	36
CONCLUSIONES	39
RECOMENDACIONES	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Desde el momento de su creación, el hombre, como ser social, ha intentado facilitar su vida cotidiana con la ayuda de utensilios o herramientas, en especial, cuando al paso de los años se vio obligado a trabajar la tierra para consumir sus frutos y lograr el sustento familiar. Con el auge de la tecnología de máquinas, hasta nuestros días, cuando el incremento del volumen de producción obliga a aumentar las velocidades de las operaciones, surgen las máquinas agrícolas abriendo un amplio campo para el desarrollo de cada función: labranza, siembra, cosecha, carga y transporte de productos .

Desde los primeros años de la Revolución, se comenzó la introducción masiva y acelerada de medios mecanizados más modernos, procedentes del campo socialista. Esto constituyó uno de los pilares de la transformación de la agricultura tradicional en una moderna, y un medio para aliviar las condiciones de trabajo en el campo e incrementar la productividad.

A partir del 1959 se pone en vigor la Ley de Reforma Agraria y se entregan áreas de tierra a los campesinos y otros recursos, dentro de estos recursos se incluye la maquinaria agrícola. A raíz de esta problemática se acometieron en el país amplios planes de diversificación e intensificación agrícola. Dicha reforma provocó, conjuntamente con otros planes de desarrollo en otras ramas de la economía, un déficit sustancial de la fuerza de trabajo y se hizo necesario un incremento importante en la productividad del trabajo del hombre.

El desarrollo científico técnico y el impacto que provoca la ciencia y la tecnología en el entorno material y en la vida espiritual del hombre indican que, indudablemente, asistimos a cambios sin precedentes en el sector agrícola, contribuyendo al incremento de la producción y la eficiencia de las máquinas. Una de las vías fundamentales que se ha utilizado fue el incremento de la fuerza de trabajo mecanizada, mediante la importación de máquinas; incrementándose de forma gradual el número de tractores y máquinas agrícolas en Cuba hasta los años 90.

Al ocurrir la caída del campo socialista, se elimina la principal fuente de entrada de maquinaria agrícola y piezas de repuesto; esta situación provocó un deterioro inevitable de la maquinaria, producto de lo cual a partir del año 1991, comienza una disminución de la cantidad de tractores en explotación, tanto de potencia baja, de media, como en los de alta potencia (Fernández, 2013).

La situación que presenta la economía cubana en los momentos actuales tiene características excepcionales en cuanto a complejidad de los retos que enfrenta, así como el adverso panorama internacional en que se ve obligada a actuar. El sector empresarial constituye el pilar estratégico para la recuperación del crecimiento económico del país.

En los *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución* (PCC, 2011), se hace referencia a la necesidad de incrementar la producción de alimentos, fomentando programas de producción de arroz, frijol, maíz, soya y otros granos que

garanticen el incremento productivo, para contribuir a la reducción gradual de las importaciones de estos productos, alcanzar el autoabastecimiento de alimentos y lograr incrementar las exportaciones de estos. Objetivos similares se proponen para la producción de azúcar. Para conseguir estas líneas estratégicas se deben elevar los rendimientos y la eficiencia de la producción agrícola, la cual es imposible sin el desarrollo adecuado de la mecanización. Que como dijera el Che, la mecanización es la columna vertebral de la agricultura.

El programa del PCC prevé reorganizar las actividades de riego, drenaje y los servicios de maquinaria agrícola para lograr un uso racional del agua, la infraestructura hidráulica y los equipos agrícolas disponibles, combinando el uso de la tracción animal con tecnologías de avanzada. Sin embargo, gran parte de la maquinaria agrícola tiene más de 20 años de explotación (IIMA-MINAG, 2003; Lora, 2006; Herrera *et al.*, 2011), debido a esto el estado cubano ha realizado acciones en función de la modernización de los parques de maquinaria, realizando constantes importaciones de estas durante los últimos años. En los últimos cuatro años se importaron 6256 tractores con un valor de 134 558 MP (ONEI, 2017). La Figura 1 muestra la cantidad de tractores importados, así como su valor en pesos durante el cuatrienio 2013-2016.

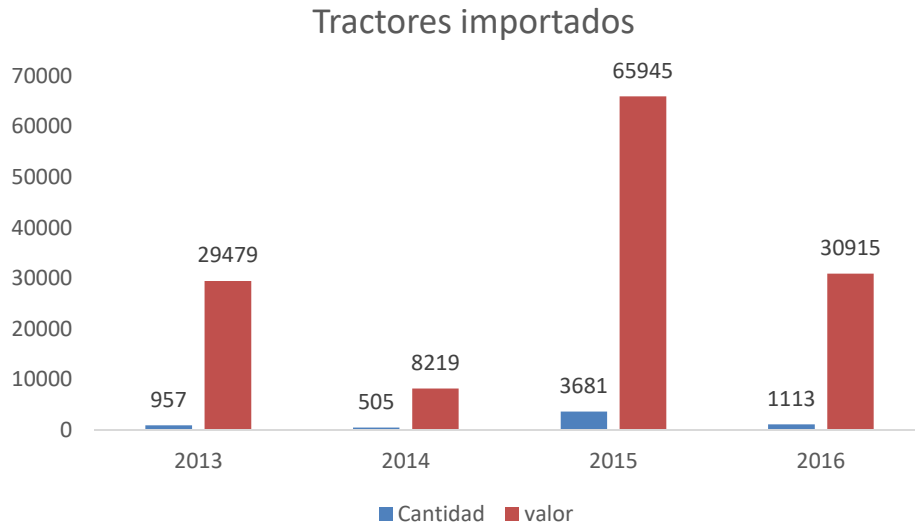


Figura 1. Tractores importados en Cuba, valor y cantidad, durante el cuatrienio 2013-2016 (ONEI, 2017)

El alto rendimiento explotativo de los tractores con elevados valores de utilización durante toda su vida útil, son exigencias fundamentales para lograr que los gastos realizados para la compra de maquinaria rindan los frutos esperados. Estos requisitos son alcanzables solo cuando esta se encuentra en buen estado. En la producción agrícola las tareas asignadas se realizan en la mayoría de los casos bajo condiciones extremas, lo cual provoca el desgaste anticipado de las máquinas y aperos agrícolas. Como resultado de la influencia de estos factores pueden bajar considerablemente los índices de explotación de las máquinas y surgir las paradas de los conjuntos por desarreglos técnicos, si no se realizan a tiempo y con la calidad debida las medidas encaminadas a mantener las máquinas en buen estado técnico (Jrobostov, 1977). La evaluación de máquinas, en la cual se determinan sus características de manejo y desempeño, su impacto económico, así como también sus parámetros ingenieriles, rinde los mayores beneficios potenciales al usuario y al fabricante (Smith *et al.*, 1994).

A través de la evaluación tecnológico-explotativa se logra conocer los índices de explotación de los equipos. Consiste en la obtención de los tiempos de trabajo mediante el foto cronometraje, a partir de los cuales se calcula la productividad y los coeficientes de explotación y de fiabilidad. 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 expresan los gastos energéticos de las máquinas agrícolas, así como la disponibilidad y utilización técnica y los gastos directos de explotación (Matos y López, 2011).

Para mantener la efectividad de trabajo de las máquinas es necesario contar con un conjunto de medios, documentación y ejecutores, lo cual representa el Sistema de Mantenimientos Técnicos y Reparaciones (SMTR), estando su trabajo reglamentado por determinadas reglas, resoluciones, decisiones, etcétera (Shkiliova y Fernandez, 2011; Fernández, 2013). En Cuba para la maquinaria agrícola está establecido el Sistema de Mantenimientos Técnicos y Reparaciones Planificado Preventivo. Este fue introducido en los años 60 producto de la colaboración con la URSS, y se caracteriza por la periodicidad reglamentada (planificación) de ejecución de las operaciones de mantenimientos técnicos y reparaciones y carácter preventivo de los trabajos, dirigidos a prevenir las fallas y sus consecuencias. Este sistema en su esencia no ha experimentado grandes cambios durante su funcionamiento y hasta ahora se aplican los conceptos establecidos en su inicio, incluyendo el lenguaje, términos y definiciones.

La introducción en la agricultura de la técnica moderna, el desarrollo de los trabajos para la reorganización de su utilización y explotación técnica exigen que se investiguen los índices de explotativos, económicos y energéticos de estas máquinas, para a partir de estos tomar decisiones sobre el sistema de explotación establecido.

Los tractores y máquinas agrícolas tienen un alto costo de adquisición y operación en términos monetarios (\$/h, \$/ha) y energéticos (MJ/h, MJ/ha). Por otro lado varias investigaciones han establecido que el costo energético por concepto de combustible y maquinas representa un alto porcentaje del costo energético total de producción en la agricultura empresarial (Ramos, 2012).

En Cuba, a pesar de los avances en materia de laboreo, aún prevalece la tecnología tradicional. Durante años muchos investigadores han planteado disímiles criterios en favor de la sustitución de esta tecnología por prácticas de laboreo que conduzcan a una mejor conservación del suelo, logrando reducir significativamente los procesos que degradan el medio (compactación, erosión, pérdida de la materia orgánica, etc.), y las pérdidas de suelo de 25 - 30 %, en comparación con la labranza tradicional (Paneque y Soto, 2007).

Economicamente, es deseable una alta productividad y fiabilidad de las máquinas para reducir los gastos generales, ya que el costo anual para mantener los equipos y sistemas en funcionamiento han llegado a alcanzar varias veces un valor mayor al costo original

(Shkiliova *et al.*, 2007), debido al alto nivel de roturas e interrupciones en el servicio, dado en la mayoría de los casos por el envejecimiento de la maquinaria.

La realización de pruebas y evaluaciones de las nuevas tecnologías introducidas en Cuba permite tener un mayor conocimiento de la técnica a utilizar, su adaptación a las condiciones de explotación y recomendaciones para su adecuada utilización. Los índices económicos son, sin dudas, necesarios e importantes a la hora de tomar la 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. 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 (Iani y Clemente, 1999).

En la provincia Sancti Spiritus, como parte de la respuesta a los lineamientos del PCC se trabaja en la introducción de nuevas máquinas que le permitan dar respuesta a las crecientes exigencias a la producción de granos y de cultivos varios de la provincia y el país. Como afirma Camellón (2016), la entrada de más de 100 tractores entre los años 2015 y 2016 en función de diversos cultivos y la actividad ganadera constituye una apreciable inyección de maquinaria en el sistema de la agricultura de Sancti Spíritus con reconocido impacto en la mejor eficiencia de todo el sistema empresarial.

Dentro de la maquinaria de nueva adquisición se encuentran tractores XTZ 150K-09. Estos tractores no han sido evaluados con anterioridad y no se conocen sus índices energéticos, ni sus gastos directos de explotación, por lo tanto es necesario determinarlos para realizar una explotación más eficiente de estos medios. En la provincia fue explotado, durante muchos años el tractor T-150K, una versión anterior del tractor objeto de estudio, del cual tampoco se han obtenido sus índices, o al menos no se encontraron referencias sobre esto publicadas.

Los elementos anteriormente mencionados conllevaron al desarrollo de esta investigación:

Objeto de estudio: los índices energéticos y económicos del tractor XTZ-150K-09.

Problema científico: ¿Cuáles serán los índices energéticos y económicos del tractor XTZ-150K-09 en labores de preparación de suelos.

Hipótesis: Si se utiliza la norma cubana NC 34-38 para el cálculo de los gastos directos de explotación, así como las metodologías para la obtención de los gastos energéticos se podrán obtener los índices energéticos y económicos del tractor XTZ-150K-09, durante las labores de preparación de suelos.

Objetivo general: determinar los índices energéticos y económicos del tractor XTZ-150K-09 durante la preparación de suelos.

Para dar cumplimiento al objetivo general propuesto, se plantean los objetivos específicos siguientes:

Objetivos específicos:

- 1- Caracterizar las condiciones de explotación de los tractores XTZ-150K-09 en la provincia de Santi Spíritus.
- 2- Realizar la evaluación energética al tractor XTZ-150K-09 formando agregado con el multiarado, el arado, la grada y el tiller en labores de preparación de suelo.
- 3- Determinar los gastos directos de explotación del tractor XTZ-150K-09 formando agregado con el multiarado, el arado, la grada y el tiller en labores de preparación de suelo.

CAPÍTULO I. ESTADO ACTUAL DEL TEMA

CAPÍTULO I. Estado actual del tema

1.1 Situación actual del parque de tractores en Cuba

Como resultado del proceso de importación de nuevas tecnologías Cuba marcha hacia la transformación de su modelo agrícola y se ha iniciado un proceso de asimilación de resultados científico-técnicos obtenidos por los centros de investigaciones y de prácticas campesinas exitosas olvidadas, que forman parte de sistemas de producción.

En este contexto se han realizado cambios y renovaciones en el campo de la maquinaria agrícola, los cuales han dado paso a nuevas posibilidades y perspectivas con el desarrollo de varios programas y acciones encaminadas al uso eficiente de la maquinaria agrícola.

Dentro de las acciones priorizadas se encuentra la sustitución paulatina del parque de tractores por otros más modernos y eficientes (Azoy *et al.*, 2012). Se han introducido varias líneas de equipos al país como tractores New Holland, Yto, Belarus, Claas, entre otros. Dentro de estos se encuentra el tractor XTZ-150K-09, destinado fundamentalmente a realizar labores agrícolas de alta demanda energética como la subsolación, aradura, gradeo, siembra y recolección, atenciones culturales y labores de transporte con remolques de alta capacidad (hasta 20 t). Se emplea ampliamente en la agricultura, distinguiéndose por las posibilidades para ejecutar labores de transporte, que se practican en el transcurso de todo el año (Soto *et al.*, 2012).

El país a través de proyectos con colaboración extranjera, innovación a través de los institutos de investigación y la importación de maquinaria (Figura 2), de países como Bielorrusia, Brasil, China, entre otros; ha sustituido gradualmente su parque envejecido.

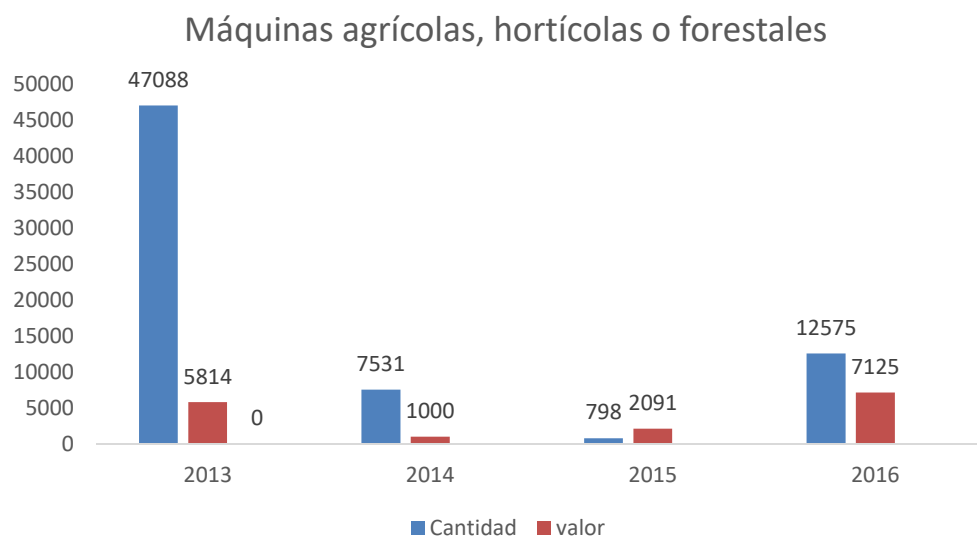


Figura 2. Importación de máquinas agrícolas y forestales (ONEI, 2017).

Alvarado (2004), plantea que han habido grandes innovaciones en la mecanización en las últimas décadas, reflejado en la introducción de máquinas para la realización de labores agrícolas. Un factor negativo lo ha constituido la escasa mano de obra disponible para la producción agrícola y los productores han tenido que aumentar el grado de mecanización en sus fincas. Además, el trabajo utilizando el tractor es más productivo y económico, comparado con el trabajo realizado por el hombre. En la actualidad, el tractor es el elemento más importante en la mecanización agrícola, porque tiene la capacidad de manejar una gran cantidad de aperos en tareas muy diversas.

En la actualidad, Cuba posee una maquinaria envejecida con un promedio de más de 20 años de explotación, por lo que han perdido su capacidad de responder a las

necesidades de explotación y el coeficiente de disponibilidad técnica no sobrepasa el 65%. No cuenta con las tecnologías de las grandes fábricas para producir piezas de repuestos, por lo que necesita adquirirla a través de la importación, con previa asesoría de especialistas de varias instituciones, entre las que se encuentra el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), institución responsable de validar, certificar, evaluar y proponer adaptaciones o modificaciones de toda la maquinaria que se introduzca al país.

La eficacia de la mecanización de la producción agrícola depende, en grado considerable, de la estructura de los tractores y del nivel de su utilización. Las cualidades de explotación se ponen de manifiesto durante su trabajo en conjunto con aperos, están estrechamente relacionadas entre sí y se pueden clasificar en tres grupos: agrotécnicas, técnico- económicas y técnicas generales. Dentro de las cualidades técnico-económicas se encuentra el rendimiento o productividad, los gastos de amortización, la seguridad en la explotación, la correspondencia a los índices de la tecnología y la economía de reparación y servicios técnicos del tractor (Jrobostov, 1977).

Los procesos agropecuarios mecanizados exigen que los tractores y máquinas agrícolas utilizados sean sometidos constantemente a estudios e investigaciones con el objetivo de obtener información sobre su capacidad técnica de trabajo, sus índices económicos y otras características que permitan su mejor explotación, así como el perfeccionamiento continuo del diseño y la construcción (González, 1993).

1.2. Uso de software para la realización de cálculos en maquinaria agrícola

Diversos autores han desarrollado programas de computación que sirven como herramientas para facilitar diferentes cálculos de explotación de los tractores. Algunos de estos son el Tractor PT (Catalán *et al.*, 2008), Traction prediction (Zoz y Grisso, 2003), el TecExp (de las Cuevas *et al.*, 2012), el Explomat (Pereira *et al.*, 2015), el CEE (De las Cuevas *et al.*, 2009). Estos se han desarrollado sobre hojas de cálculo EXCEL para Windows. Son herramientas que facilitan los cálculos que se le realizan a las máquinas agrícolas. Con ellos se puede obtener los indicadores tecnológicos–explotativos, los fundamentos para la determinación racional de los conjuntos agrícolas, la fuerza en tracción de los tractores, así como, los gastos energéticos y directos de explotación de los conjuntos a prueba.

El sistema automatizado “CEE”, determina los costos energéticos y de explotación de las máquinas agropecuarias y forestales., modelando analíticamente el trabajo del conjunto en el campo, determinando los gastos horarios (MJ/h) y por unidad de área trabajada (MJ/ha). Esta hoja de cálculo permite obtener la energía secuestrada en materiales de construcción, fabricación, transporte; combustibles; lubricantes; reparación/mantenimientos y mano de obra de los conjuntos a prueba. Además evalúa los costos de explotación horarios (peso/h) y por unidad de área trabajada (peso/ha), contemplando el desembolso por concepto de salarios, amortización, reparaciones y mantenimientos, combustible, producto, etc. (De las Cuevas *et al.*, 2009b)

1.3 Gastos directos de explotación de la maquinaria agrícola

Durante los últimos años las instituciones de investigación del mundo de la agricultura se han dado a la tarea de realizar estudios para encontrar métodos más efectivos de preparación de suelos y cultivo que garanticen el incremento de los rendimientos agrícolas. Sin embargo, la elevación de la eficiencia de los diferentes métodos agrotécnicos no se debe realizar sobre la base de los incrementos de producción sino tomando en consideración varios índices de gran importancia económica como son productividad del trabajo y gastos de producción. La eficiencia económica de la maquinaria está determinada por los gastos de materiales y recursos humanos en la realización de los trabajos, como afirma González (1993).

La evaluación económica, realizada por la metodología de la NC 34-38 (2003), ha sido aplicada a cosechadoras, tractores y aperos. Con esta se han determinado los gastos directos de explotación, así como otros índices de efectividad económica (Mejías *et al.*, 2012). Los elementos del gasto directo de explotación que con mayor frecuencia han sido determinados son los gastos de salario, combustibles y lubricantes, depreciación y gastos de mantenimiento y reparación (Chedré *et al.*, 2005; Loreto *et al.*, 2008; Morejón *et al.*, 2008; Paneque *et al.*, 2009b; Paneque *et al.*, 2009d; Ricote *et al.*, 2010; Matos y López, 2011; Martínez *et al.*, 2012; Nejadi y Raoufat, 2013). Mejías *et al.*, (2012) realizaron un estudio donde se analizaron comparativamente tres tecnologías de preparación de suelo, teniendo en cuenta los gastos de trabajo, los cuales se consideran como un índice fundamental que caracteriza el grado de mecanización, siendo a su vez un elemento que determina los gastos de producción.

El costo de utilización del tractor varía de una explotación a otra, y de una región a otra. Los factores que influyen en los gastos, además del tamaño y del tipo de máquina, son el número de días de trabajo al año, el tipo de trabajo realizado, el cuidado con el que se trata al tractor, entre otros. Uno de los más importantes es el tiempo de utilización. Para el parque de máquinas y tractores (PMT) según Garrido (1985); González (1993), Brizuela *et al.* (2006) y Vazquez *et al.* (2012) el problema se reduce al cumplimiento de las labores mecanizadas en el plazo establecido, con la máxima calidad y el mínimo de gastos; para lo cual se deben seleccionar adecuadamente los conjuntos, sus indicadores de trabajo y consumo, e incrementar al máximo la carga de trabajo y de este modo disminuir los gastos fijos específicos y con ello los gastos de trabajo.

1.4 Gastos energéticos de la maquinaria agrícola

El análisis energético junto con los análisis medioambientales es una importante herramienta para definir el comportamiento de los sistemas agrícolas. El control de la energía consumida en los procesos es uno de los más importantes objetivos que la humanidad ha perseguido a lo largo de la historia. En la agricultura, como en otras actividades económicas, en el último siglo y principios del presente la cantidad de energía dedicada a la producción de cultivos se ha incrementado sustancialmente. Las razones para este incremento del consumo de energía en la agricultura son debido al constante incremento de la población mundial, la migración de la fuerza de trabajo de áreas rurales hacia áreas urbanas y el desarrollo de nuevas técnicas de producción (CIGR, 1999).

Los análisis energéticos comenzaron como un aspecto relevante en la agricultura en los años 70, como resultado del drástico incremento en el precio de los combustibles y por tanto la necesidad de hacer un uso más racional de los mismos. El establecimiento de metodologías para el análisis del flujo de energía que toma lugar en un sistema de cultivo o procesos tecnológicos en la producción agrícola es la base del análisis energético (Ortiz-Cañavate y Hernanz, 1999).

Uno de los problemas de esta metodología de análisis energético es unificar criterios para asignar las cantidades de energía a cada entrada. La falta de datos fiables para cada país o región obliga en muchos casos a tomar valores de otros para los cuales las circunstancias son diferentes (Dalgaard *et al.*, 2001).

Las entradas de energía son la energía consumida en los sistemas agrícolas asociados con todas las entradas que toman parte en el proceso de producción. Estas entradas tienen que ser definidas y cuantificadas de acuerdo a su intensidad energética.

Las entradas de energía se pueden clasificar en energía de uso directo y energía de uso indirecto. Las energías de uso directo son las tomadas de los combustibles fósiles o fuentes renovables de energía. En nuestros días, la mayoría de la energía usada directamente en la agricultura de los países desarrollados proviene de orígenes fósiles como el petróleo. Aunque, aproximadamente un tercio de la energía consumida en la producción agrícola es de uso directo, casi las dos terceras partes de la energía es consumida indirectamente. Uso indirecto se refiere a la energía usada para producir

equipamiento y otros materiales que son usados en la granja como fertilizantes, herbicidas y plaguicidas. El principal uso indirecto de la energía es en la producción de fertilizantes nitrogenados. En áreas bajo riego el riego puede ser también un factor relevante.

En el cálculo de las entradas energéticas que suponen la utilización de maquinaria agrícola, hay que tener en cuenta el consumo de combustible y los gastos energéticos de su fabricación y de las posibles reparaciones que haya que efectuar durante la vida media de la máquina. La energía implicada en los materiales utilizados en la maquinaria agrícola se puede considerar que es la misma que la del acero, que se estima en 24 MJ/kg. Las entradas energéticas en la fabricación de maquinaria se estima entre 5 y 9 MJ/kg, dependiendo del tipo de máquina. Como gasto energético en el transporte de la maquinaria desde el sitio de fabricación a la explotación agrícola, como media, se asume un 10% de la energía utilizada en la fabricación, y como coste energético de las reparaciones, un 5% de este valor. Para evaluar la energía de entrada para maquinaria y equipamiento por hectárea es necesario conocer el peso de la maquinaria usada, su vida útil y el área promedio en el cual es usada anualmente

(Ortiz-Cañavate y Hernanz, 1999).

1.5 Análisis de las investigaciones realizadas para las evaluaciones energéticas y económicas de la maquinaria agrícola

Los procesos agropecuarios mecanizados exigen que los tractores y máquinas agrícolas utilizados sean sometidos constantemente a estudios e investigaciones con el objetivo de obtener información sobre su capacidad técnica de trabajo, sus índices económicos y otras características que permitan su mejor explotación, así como el perfeccionamiento continuo del diseño y la construcción (González, 1993).

González (1993) refiere que, mediante las pruebas de las máquinas, en condiciones económicas y naturales típicas, se pueden determinar sus principales cualidades de explotación tales como: la seguridad de su estructura; la correspondencia con las exigencias agrotécnicas; los índices energéticos y de rendimiento; la economía, así como la comodidad del mantenimiento.

Dichas pruebas se realizan, tanto a las máquinas nuevas que se introducen en las empresas, como a las que han sido modificadas y las que se encuentran en explotación, con el fin de comprobar su capacidad de trabajo. Mediante estas pruebas se logra adquirir información valiosa sobre la situación que presentan estos índices, lo cual contribuye a mejorar la explotación del equipo y por tanto, a la reducción evidente de los gastos de explotación. Dentro de las evaluaciones realizadas a la maquinaria agrícola las tecnológico-explotativas se han realizado tanto a tractores como a cosechadoras, ya sean de arroz o de caña, se han realizado también a aperos y a tecnologías de preparación de suelos. En el caso de los tractores, la Estación de Prueba del Instituto de

Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric.), realiza un número significativo de pruebas estatales utilizando la metodología establecida en la NC 34-37 (2003), a diferentes equipos introducidos en Cuba (IIMA, 2004, 2009a,b; IAgric, 2014; IIMA, 2002).

Los análisis energéticos han sido utilizados para evaluar sistemas de producción agrícola (Paneque *et al.*, 2009a; Fernandez *et al.*, 2012), para comparar sistemas de labranza (Paneque *et al.*, 2002; Paneque *et al.*, 2005), el costo energético de operaciones agrícolas (Paneque, 2000; De las Cuevas *et al.*, 2005; de las Cuevas *et al.*, 2006; Paneque *et al.*, 2009a; Paneque *et al.*, 2009c) y de otros procesos mecanizados (de las Cuevas *et al.*, 2009a; de las Cuevas *et al.*, 2011, 2013).

Debido a la importancia que tiene la determinación de los gastos directos de explotación, se han realizado varias investigaciones con este objetivo (de las Cuevas, 2000; Paneque *et al.*, 2009a; De las Cuevas *et al.*, 2013; González-Cueto *et al.*, 2017). En estas se han encontrado cómo los gastos directos asociados al uso de los combustibles es uno de los principales aspectos que consumen los recursos económicos de las empresas agropecuarias.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

Capítulo II. Materiales y Métodos

2.1. Metodología para caracterizar los tractores XTZ-150K-09

La caracterización de las condiciones de explotación de los tractores XTZ-150K-09 en la provincia de Santi Spiritus se realizó mediante la consulta y entrevista a dirigentes de la delegación de la agricultura, así como mediante la consulta de documentos e informes empresariales. Las características del tractor objeto de estudio así como, de las diferentes máquinas con que forma conjuntos se realizó a partir de la consulta en manuales y durante entrevistas con los operarios de las máquinas.

2.2. Metodología para la obtención de los gastos energéticos del tractor XTZ-150 K-09 en labores de preparación de suelos

Para la determinación de los gastos energéticos del tractor XTZ-150K-09 se utilizó el software CEE (Costos Energéticos y de Explotación) desarrollado en la Universidad Agraria de la Habana (Figura 2.1.) por De las Cuevas *et al.* (2009b). Las labores de preparación de suelos analizadas se incluyeron en dos tecnologías, la primera considera las operaciones: rotura, cruce, primera grada, segunda grada y mullido. La segunda tecnología solo considera una operación de labranza el paso del multiarado. En la primera tecnología se considera que el suelo queda listo para la siembra manual o con máquinas y la segunda que el suelo queda listo para la siembra con máquinas de siembra directa.



Figura 2.1. Página principal del software CEE (De las Cuevas *et al.*, 2009b).

Los procedimientos de cálculo utilizados por el software están fundamentados en los procedimientos descritos en el Manual de la Organización Internacional de Ingenieros Agrícolas, Volumen 5 (CIGR, 1999) y en De las Cuevas *et al.* (2009b), los cuales se describen a continuación.

En el análisis de los costos de energía de procesos tecnológicos agrícolas es necesario considerar los siguientes pasos.

1. Establecer las fronteras del sistema a analizar, de tal manera que todas las entradas de energía en un cierto intervalo de tiempo sean evaluadas. Por ejemplo, en los cultivos en producción, es necesario cuantificar los requerimientos energéticos

de entradas como tractores, combustible, maquinaria agrícola, pesticidas, fertilizantes, mano de obra, transporte, etc.

2. Asignar los requerimientos de energía a todas las entradas.
3. Multiplicar la cantidad de entradas por su correspondiente valor energético asignado y sumar estos valores para obtener la energía secuestrada total en el proceso.

Los datos para la realización de los cálculos se obtuvieron de los documentos rectores del trabajo de la maquinaria agrícola y de los manuales de explotación de los medios utilizados. Los equivalentes energéticos del combustible y de la masa de las máquinas se obtuvo de Ortiz-Cañavate y Hernanz (1999) y el equivalente energético de la fuerza de trabajo se obtuvo según Fluck (1981) Los gastos energéticos totales de las operaciones agrícolas mecanizadas se calcularon como:

$$EST = ESm + ESc + ESI + ESmr + ESmo + ESpe \quad [1]$$

Donde:

EST- gastos energéticos de la operación agrícola mecanizada (MJ/h);

ESm- energía secuestrada en los materiales (MJ/h);

ESc- energía secuestrada en combustible (MJ/h);

ESI- energía secuestrada en lubricantes/filtros (MJ/h);

ESmr- energía secuestrada en reparaciones y mantenimientos (MJ/h);

ESmo- energía secuestrada en mano de obra (MJ/h);

ESpe – energía secuestrada en los productos de explotación, semillas, fertilizantes, herbicidas, etc (Mj/h).

La energía secuestrada en los materiales se calculó como:

$$ESm = \frac{G_t \cdot EU_t}{VU_t} + \frac{G_m \cdot EU_m}{VU_m} \quad [2]$$

Donde:

G_t - masa del tractor (kg);

G_m - masa de la máquina (kg);

EU_t - energía por unidad de masa del tractor (MJ/kg);

EU_m - energía por unidad de masa de la máquina (MJ/kg);

VU_t - vida útil del tractor (h);

VU_m - vida útil de la máquina (h).

La energía secuestrada por el combustible se determinó sobre la base del consumo de combustible por la maquinaria y la energía específica del combustible.

$$ESc = gtc \cdot Ec. \quad [3]$$

Donde:

gtc - consumo horario de combustible (L/h);

Ec -energía específica del combustible, (MJ/L).

La energía secuestrada en lubricantes/filtros se calculó como:

$$ESl = ESc \cdot 0.05. \quad [4]$$

La energía secuestrada en reparaciones y mantenimientos se calculó como:

$$ESmr = ESm * 1,29. \quad [5]$$

La energía secuestrada por la fuerza de trabajo del operador se calculó como:

$$ESmo = \frac{emo}{nh} \quad [6]$$

Donde:

emo- equivalente energético de la mano de obra del operador

nh- número de horas trabajadas

La transformación de los ingresos energéticos de MJ/h a MJ/ha se calculó como

$$EST(ha) = \frac{EST}{W} \quad [7]$$

Donde:

EST(ha) – energía secuestrada total en ha;

W – productividad o rendimiento horario del conjunto (ha/h).

2.3. Metodología utilizada para la evaluación económica

Para la evaluación económica se ha utilizado también el software CEE, los cálculos que realiza se basan en la norma cubana NC 34-38 (2003), que establece la metodología para la ejecución de los cálculos de indicadores económicos de las máquinas agrícolas y forestales.

Los gastos directos de explotación (G_{de}), peso por unidad de producción se calcularon como.

$$G_{de} = S_t + A_t + R_t + C_t + A_m + R_m \quad [8]$$

Donde:

S - gasto de salario del operador, (peso/h);

A_t, A_m -gastos de depreciación del tractor y de la máquina agregada, (peso/h);

R_t, R_m - gastos para la reparación general, corriente y servicio técnico periódico del tractor y de la máquina agregada, (peso/h);

C_t -gastos en combustible y lubricantes, (peso/h);

El gasto de salario (peso/h) se calculó como:

$$S_t = S_b + S_{ss} + S_v \quad [9]$$

Donde:

S_b -gasto de salario básico;

S_{ss} -gasto de seguridad social;

S_v - gasto por vacaciones.

El gasto para la depreciación de la máquina (peso/h) se calculó como.

$$A = \frac{(V_n - V_r)}{C_n} a \quad [10]$$

Donde:

V_n - precio del tractor o máquina (peso);

V_r - valor residual (peso);

a - coeficiente de descuento para la depreciación;

C_n -carga de trabajo anual (h).

El coeficiente de descuento para la depreciación fue tomado de García (2011).

El gasto para las reparaciones totales y parciales y el mantenimiento técnico (peso/h)

se calculó como.

$$R = \frac{(V_n - V_r)}{C_n} r k j m \quad [11]$$

Donde:

$r k j m$ - tasa de reparación y mantenimiento;

Los porcentajes de descuentos para las reparaciones y mantenimientos y el tiempo de trabajo anual se tomaron de la documentación técnica existente (García, 2011). El valor residual es calculado estimando un valor del 20% para el tractor y un 10% en los aperos según la literatura consultada.

Los gastos en combustibles y lubricantes (peso/h) se calcularon como.

$$C_t = g m P_c \quad [12]$$

Donde:

P_c - precio complejo de los combustibles, lubricantes, (peso);

$g m$ - cantidad de materiales de engrase, combustible por unidad de producción.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capítulo III. Resultados y discusión

3.1. Caracterización de las condiciones de explotación de los tractores XTZ-150K-09 en la provincia de Santi Spíritus

Los tractores suministrados a la empresa y evaluados en esta investigación corresponden a la tecnología del tractor de potencia media, modelo XTZ-150K-09 (Figura 3.1). El mismo está destinado para trabajos agrícolas que demanden mucha energía (labrado de la tierra, cultivo, tratamiento del suelo antes de la siembra, rastrojamiento, escarificación mediante discos, siembra, recolección de diferentes cultivos, aplicación de fertilizantes, trabajos con las maquinarias suspendidas, semisuspendidas y remolcadas). Permite la transportación con remolques de hasta 20 t a velocidades hasta 30 km/h.



Figura 3.1. Tractor XTZ-150K-09

Las principales características de este tractor se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Características técnicas del tractor XTZ-150K-09 (Soto *et al.*, 2012).

Principales características	
Denominación común	Potencia media
Categoría	2 (81-150 hp)
Clase traccional	30-40 kN
Tipo de uso	Uso general
Ejes motrices	4x4
Tipo de bastidor	articulado
Sistema de rodaje	Sobre neumáticos
	21,3R24. Simples - 4 ruedas, dobladas 8 ruedas
Dispositivo de levante	Trasero de 2 y 3 puntos hidráulico, capacidad de carga 4500 kg
Sistema de enganche	Integral, semi-integral y de arrastre
Capacidad del tanque de combustible, l	315

En la Tabla 3.2 se muestran otros parámetros técnico explotativos y constructivos de este modelo de equipo.

Tabla 2. Otras características técnicas del tractor XTZ-150K-09 (Soto *et al.*, 2012).

MOTOR	CARACTERÍSTICAS
Motor, modelo, fabricante	YAMZ-236D-3, «Avtodizel», S.A., Federación de Rusia
Potencia nominal, Kw. (h.p.)	128,7(175)
Frecuencia nominal de giro, rev/min	2100
Numero de cilindros, un.	6
Disposición de cilindros	En forma V
Diámetro de cilindro/recorrido del émbolo, mm	130/140
Cilindrada del motor, L	11,15
Sistema de arranque	arrancador eléctrico
Consumo específico de combustible a potencia nominal, g/kW.h. (g/h.p.h.)	220 (162)

Se evaluaron cuatro agregaciones con el tractor XTZ-150K-09 con la grada de 4500 lb, el arado de 5 discos A 10000, el tiller CHR-11P (Figura 3.2) y el multiarado IMPAG M/98 (Figura 3.3). Los aperos utilizados durante esta evaluación son de producción nacional y se comprobó que este tractor logra un correcto acoplamiento con cada uno de ellos.



Figura 3.2. Tiller CHR-11P.



Figura 3.3. Multiarado IMPAG M/98 acoplado a tractor XTZ – 150K – 09.

3.2 Índices energéticos del tractor XTZ-150K-09 en labores de preparación de suelos

Con el uso del software CEE (De las Cuevas *et al.*, 2009b) se determinaron los gastos energéticos de las dos tecnologías de preparación de suelos investigadas. En la Figura 3.4 se muestran los gastos energéticos de las operaciones de preparación de suelos, agrupadas en las dos tecnologías investigadas. Se observa que los gastos energéticos totales alcanzan los 6062,1 MJ/ha. Sin embargo, cuando se utiliza una sola operación como el pase de multiarado se obtienen gastos energéticos de 1391,3 MJ/ha, 4670,8 MJ/ha menos que en la labranza tradicional.

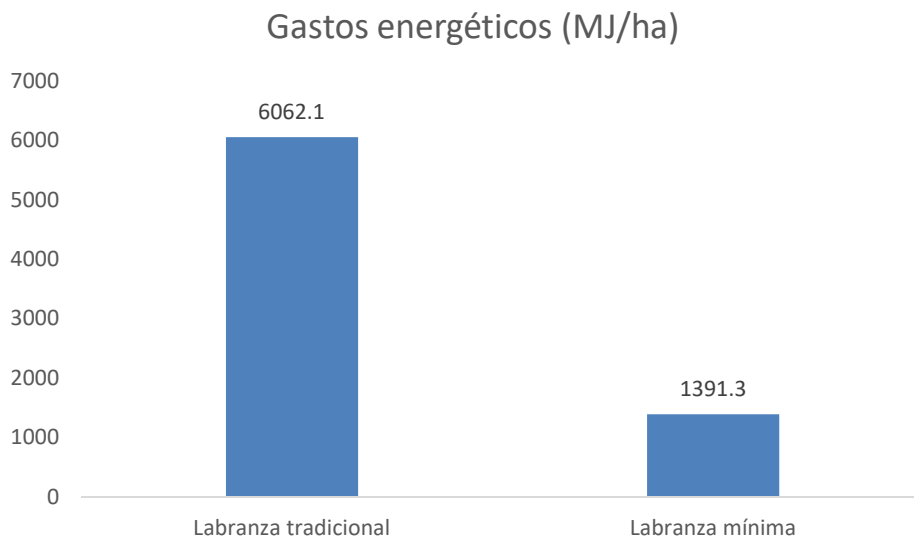


Figura 3.4. Gastos energéticos totales de las labores de preparación de suelos agrupadas en las dos tecnologías investigadas.

Los beneficios medioambientales de la labranza de conservación, expresada a través de operaciones de labranza mínima como la estudiada aquí, son ampliamente conocidos. Friedrich (2013) manifiesta que el paradigma de la producción agrícola sustentable reconoce la necesidad de una agricultura que obtenga beneficios económicos y con alta producción, que a la misma vez conserve los recursos naturales y el medio ambiente. La labranza de conservación reduce el impacto climático disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero, como los generados durante el trabajo de los tractores y contribuye al secuestro de carbono en el suelo.

La operación de multirado como única intervención durante la fase de preparación de suelos reduce considerablemente los gastos energéticos durante esta fase de implantación del cultivo. Pero más allá de la reducción en el uso de los combustibles, también protege al suelo de agentes externos que provocan su erosión y mantiene la biodiversidad existente en este, con lo cual se logra proteger el ecosistema tanto en la superficie como en el área subsuperficial. El principio básico de la agricultura conservacionista es la de menor intervención en el suelo, manteniéndolo lo más protegido posible a lo largo del año, abandonando las prácticas de aradura, grada y el deshierbe mecánico, abonando y plantando las semillas o plantas del vivero, con el mínimo posible de interferencias en ese suelo y en la paja de cobertura, protegiéndola a lo largo de todo el año (De las Cuevas *et al.*, 2004).

Estos resultados en cuanto al gasto de energía de ambas formas de labranza es el esperado debido a la diferencia en el número de operaciones tecnológicas de cada

sistema de labranza. De las Cuevas *et al.* (2004) compararon dos sistemas de labranza, uno reducida y el otro con siembra directa. Ellos obtuvieron que el sistema con menor intervención del suelo fue el de menores gastos energéticos. Resultados similares a este en cuanto a los gastos energéticos totales menores para sistemas con menor intervención del suelo lo obtuvieron también Paneque *et al.* (2002) y Paneque *et al.* (2005).

La Tabla 3.1. y la Figura 3.5. muestran los gastos energéticos en la preparación de suelos. El principal consumidor de energía en todas las operaciones agrícolas evaluadas es el combustible, muy superior a todas las demás, debido a que estas operaciones son altamente consumidoras de combustible dado la alta resistencia a la tracción que provoca el corte y mullido del suelo. El segundo mayor consumidor de energía son los gastos de mantenimiento y reparación, debido a la alta masa del tractor y de las máquinas agrícolas estudiadas. Entre labores los mayores gastos de energía se realizan en la aradura y el cruce, debido al alto consumo de combustible horario de esta operación y a la masa del arado que es una de las mayores dentro de las máquinas utilizadas. El segundo consumidor es el multiarado también porque tiene alto consumo de energía durante el corte del suelo. Estas operaciones son las de menor productividad horaria, factor que también incrementa los gastos energéticos.

Tabla 3.1. Gastos energéticos para las operaciones tecnológicas tradicionales de preparación de suelo.

Energía secuestrada en	L. Mínima	L. Tradicional					
	Multiarado MJ/ha	Arada MJ/ha	Cruce MJ/ha	Grad. 1 MJ/ha	Grad. 2 MJ/ha	Tiller MJ/ha	Total MJ/ha
Masa de los materiales	67,5	106,0	106,0	45,4	45,4	33,7	336,5
Combustible	1174,5	1720,8	1720,8	501,8	501,8	581,2	5026,4
Lubricantes	58,7	86,0	86,0	25,0	25,0	29,0	251,0
Mantenimiento y reparación	87,3	136,7	136,7	58,5	58,5	43,4	433,8
Mano de obra	3,2	4,5	4,5	1,8	1,8	1,8	14,4
Total	1391,3	2054,0	2054,0	632,5	632,5	689,1	6062,1

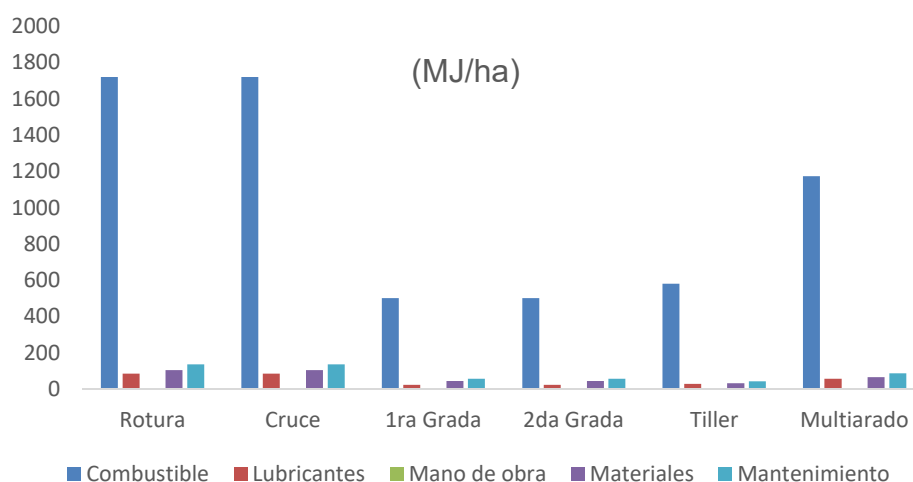


Figura 3.5. Gastos energéticos en cada operación de preparación de suelo (MJ/ha)

El gasto energético de la aradura alcanzó un valor de 2054 MJ/ha, valor que se incluye dentro del intervalo propuesto por Paneque y Soto (2007) de entre 907 y 2 408 MJ/ha de gasto energético para la aradura. Estos autores manifiestan que los gastos energéticos por área trabajada en la aradura son independientes del tamaño de los equipos. Estos encontraron que el arado más consumidor de energía es el arado ADI-3, con una energía de 2 366 MJ/ha. Paneque *et al.* (2005) determinaron los gastos energéticos de

conjuntos con arado de discos, ellos encontraron que se consumieron 540 MJ/ha, valor inferior al encontrado en este trabajo.

Los gastos energéticos de las operaciones de grada alcanzaron los 632,5 MJ/ha, valor dentro del intervalo de entre 361 y 824 MJ/ha propuesto por Paneque y Soto (2007) para los gastos energéticos de las gradas de discos. Los resultados encontrados en este trabajo son similares a los presentados por Paneque *et al.* (2002) quienes obtuvieron unos gastos energéticos para la grada de 656,24 MJ/ha.

Los resultados de los gastos energéticos de las operaciones tecnológicas de preparación de suelos estudiadas son similares a las de aquellos autores comentados aquí. Los gastos energéticos son función del ancho de trabajo, de la profundidad de trabajo de los equipo y de la productividad horaria de los conjuntos formados.

3.3. Gastos directos de explotación

La Figura 3.6 muestra los gastos directos de explotación para las labores de preparación de suelos agrupadas en la tecnología de labranza tradicional y la de labranza mínima. Como se aprecia en la figura los gastos directos en todos los rubros son superiores en la labranza tradicional, dado esto por el mayor número de operaciones tecnológicas y a que estas son altamente consumidoras de recursos económicos. Estos resultados muestran la importancia económica, además que desde el punto de vista medioambiental tiene, la disminución de labores tecnológicas en cada uno de los

procesos que se realizan en la agricultura, siempre que se logre la calidad necesaria en cada una de esas operaciones.

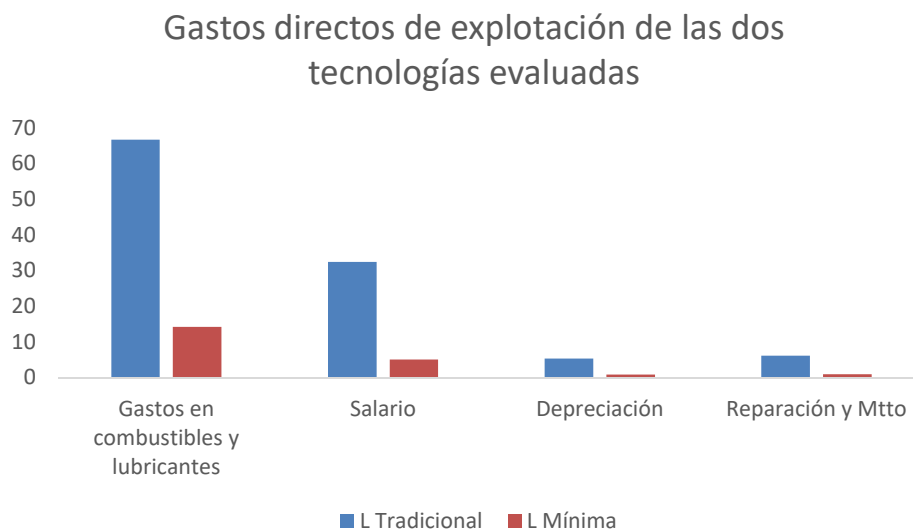


Figura 3.6. Gastos directos de explotación para las labores de preparación de suelos agrupadas en la tecnología de labranza tradicional y de labranza mínima.

Los resultados de los gastos directos de explotación para cada una de las operaciones tecnológicas en los diferentes conjuntos evaluados se muestran en la Figura 3.7. Los gastos en combustibles y lubricantes son los más altos en todos los conjuntos, el arado es el que muestra los valores más elevados de 15,2 peso/ha debido al alto consumo de energía durante la operación de este implemento. Los otros dos implementos con mayores gastos de combustibles son el multiarado y la grada. El segundo elemento de gasto que tiene mayor influencia sobre los gastos directos de explotación del conjunto es el salario, que en el arado refleja los valores mayores de 10,1 peso/ha, seguido del multiarado 5.1 peso/ha y del tiller con 4.2 peso/ha. Los gastos de depreciación y para reparación y mantenimiento son los menores.

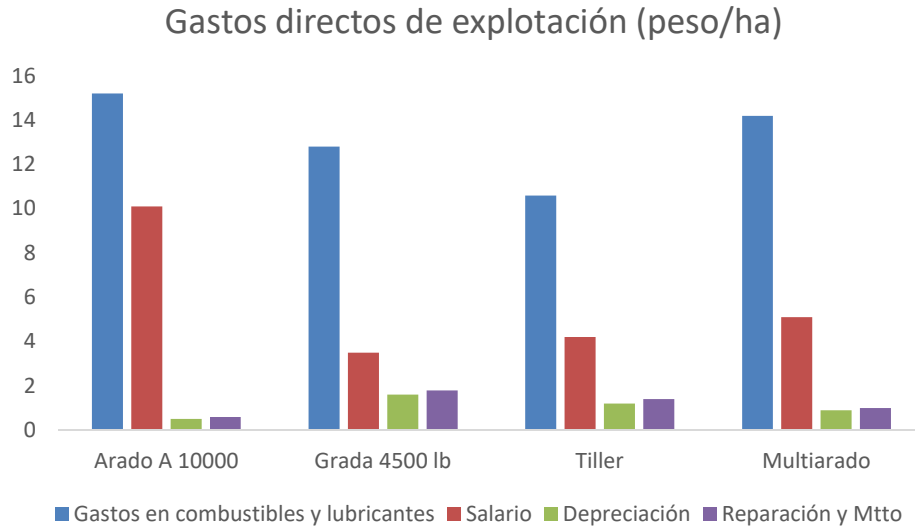


Figura 3.7. Gastos directos de explotación por operaciones de preparación de suelos.

La Figura 3.8 muestra los gastos directos de explotación totales. El conjunto formado con el arado es el que más gastos ocasiona con un valor de 26,4 peso/ha, seguido del multiarado con 21,2 peso/ha, la grada con un gasto de 19,7 peso/ha y el tiller con el menor gasto de explotación con un valor de 17,4 peso/ha.

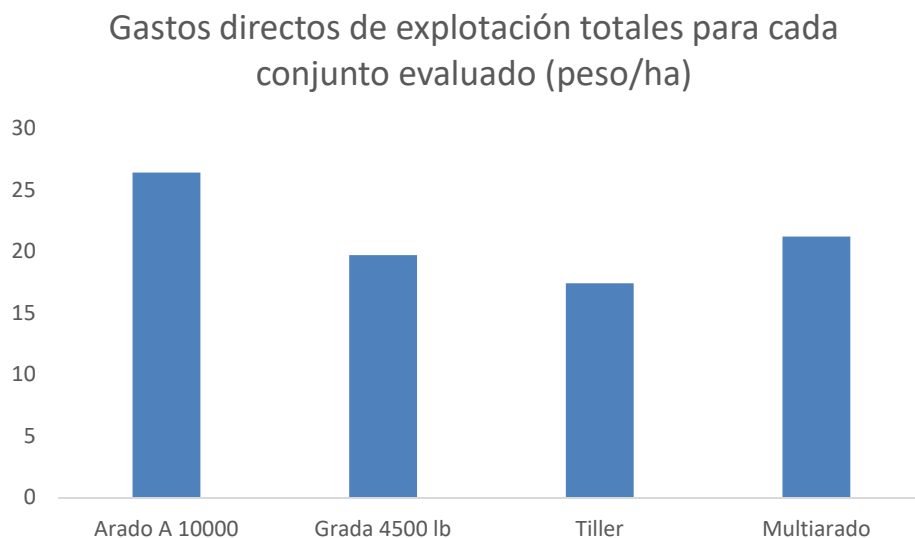


Figura 3.8. Gastos directos de explotación totales por conjunto evaluado.

CONCLUSIONES

Conclusiones

1. Las empresas agropecuarias de la provincia de Santi Spíritus cuentan con tractores XTZ-150K-09 que son utilizados fundamentalmente para trabajos de preparación de suelos, formando agregado con el arado A 10000, la grada de 4500 lb, el tiller CHR-11P y el multiarado IMPAG M/98.
2. Los gastos energéticos de las labores de preparación de suelo organizadas en un sistema de labranza tradicional alcanza un gasto energético de 6062,1 MJ/ha. Sin embargo, cuando se utiliza una sola operación como el pase de multiarado se obtienen gastos energéticos de 1391,3 MJ/ha, 4670,8 MJ/ha menos que en la labranza tradicional.
3. Los principales gastos energéticos están determinados por los gastos directos secuestrados en el combustible y los gastos indirectos secuestrados en las operaciones de mantenimiento y reparación de los conjuntos analizados.
4. Los gastos directos de explotación calculados muestran que el conjunto formado con el arado es el que más gastos ocasiona con un valor de 26,4 peso/ha, seguido del multiarado con 21,2 peso/ha, la grada con un gasto de 19,7 peso/ha y el tiller con el menor gasto de explotación con un valor de 17,4 peso/ha

RECOMENDACIONES

Recomendaciones

- Continuar las investigaciones sobre los gastos energéticos de estos conjuntos en otros escenarios productivos, otros modelos de equipos y otras tecnologías de labranza del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, A.: *Maquinaria y mecanización agrícola*, Ed. EUNED, 2004.
- AZOY, A. C.; S. M. FERNÁNDEZ y L. SHKILIOVA: "Cálculo de indicadores de consumo de lubricantes en los tractores. Estudio de caso.", *Revista Ingeniería Agrícola*, 2(1): 47-51, 2012.
- BRIZUELA, M.; A. RÍOS y L. VILLARINO: *Tecnologías para las producciones agrícolas en Cuba*, Ed. Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria (IIMA), 2006.
- CAMELLÓN, J. L.: "Sancti Spíritus en 26: refuerzo de maquinaria para las ramas agrícolas y ganaderas". *Escambray*, Santi Spíritus, 8-7-2016.
- CATALÁN, H.; P. LINARES y V. MÉNDEZ: "Tractor PT: A traction prediction software for agricultural tractors", *Computers and Electronics in Agriculture*, 60: 289-295, 2008.
- CHEDRÉ, J.; F. GONZÁLEZ; O. LÓPEZ; I. NAVARRO y J. SUÁREZ: "Evaluación del Motocultivador KUBOTA con su familia de implementos", *Revista Ingeniería Agrícola*: 2005.
- CIGR: *CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume V. Energy and Biomass Engineering*, 1999.
- DALGAARD, T.; N. HALBERG y J. R. PORTER: "A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 87: 51-65, 2001.
- DE LAS CUEVAS, H. R.: "Comportamiento de los gastos de explotación de una asperjadora con diferentes medios de abastecimiento", 9(3 y 4): 5-10, 2000.
- DE LAS CUEVAS, H. R.; T. RODRÍGUEZ y M. DÍAZ: "Costo energético del sistema mecanizado de distribución de materia orgánica", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(2): 50-55, 2006.
- DE LAS CUEVAS, H. R.; T. RODRÍGUEZ y P. PANEQUE: "Costos de explotación de la labranza conservacionista", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(3): 49-54, 2005.
- DE LAS CUEVAS, H. R.; T. RODRÍGUEZ; P. PANEQUE y M. HERRERA: "La labranza conservacionista y sus gastos energéticos", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(2): 37-42, 2004.
- DE LAS CUEVAS, H. R.; T. RODRÍGUEZ y M. I. HERRERA: Software para la evaluación tecnológica de las máquinas agrícolas. Memorias de Memorias de la Convención Internacional de Ingeniería Agrícola 2012, pp. 2012.
- DE LAS CUEVAS, H. R.; T. RODRÍGUEZ; P. PANEQUE y M. DÍAZ: "Costo energético del rodillo de cuchillas CEMA 1400 para cobertura vegetal", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(3): 53-56, 2011.
- : "Costos de explotación de una máquina de siembra directa", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1): 12-15, 2013.
- DE LAS CUEVAS, H. R.; T. RODRÍGUEZ; P. PANEQUE y M. I. HERRERA: "Costos energéticos de un conjunto tractor-máquina de siembra directa", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(4): 8-12, 2009a.
- : "Software para la determinación de los costos energéticos y de explotación de las máquinas agrícolas", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2): 78-84, 2009b.

- FERNANDEZ, E. M.; O. GIAYETTO; G. CERIONI y F. MORLA: "Granometría de maní en diferentes genotipos y ambientes", *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales*, 1(3): 231-236, 2012.
- FERNÁNDEZ, M.: *Perfeccionamiento de la gestión de los mantenimientos y reparaciones en las Unidades Empresariales de Base Integrales de Servicios Técnicos.*, Doctorado, Universidad Agraria de la Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez", Cuba, 2013.
- FLUCK, R. C.: "Net energy sequestered in agricultural labor", *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 24(6): 1449-1455, 1981.
- FRIEDRICH, T.: "Mechanization for Rural Development: A review of patterns and progress from around the world", *Chapter 10. Agricultural mechanization and the environment*, pp Ed. Kienzle, J., Ashburner, J.E., Sims, B.E., Rome: FAO, 2013.
- GARCÍA, A.: *Mecanización Agropecuaria*, Ed. Editorial Félix Varela, Habana, 2011.
- GARRIDO, J.: *Explotación de la Maquinaria*, Ed. Editorial Pueblo y Educación, Cuba, 1985.
- GONZÁLEZ-CUETO, O.; N. MACHADO-TRUJILLO; J. A. GONZÁLEZ-ÁLVAREZ; M. ACEVEDO-PÉREZ; M. ACEVEDO-DARIAS y M. HERRERA-SUÁREZ: "Evaluación tecnológica, de explotación y económica del tractor XTZ-150K-09 en labores de preparación de suelo", *Ingeniería Agrícola*, 7(1): 49-54, 2017.
- GONZÁLEZ, R.: 1993. *Explotación del parque de maquinaria*.
- HERRERA, M. I.; A. TOLEDO y M. P. GARCÍA: "Elementos de gestión en el uso del parque de tractores", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.*, 20(1): 20-24, 2011.
- IAGRIC: *Certificación de los resultados de ensayo. Informe de prueba del tractor de baja potencia 4x4 New Holland modelo TT-75* IAgriC, 2014.
- IANI, G. y M. CLEMENTE: "Evaluación de las combinadas cosechadoras de caña de azúcar.": 1999.
- IIMA-MINAG: *Estudio nacional del parque de tractores» (resultados preliminares)*, Ed. MINAG, La Habana, 2003.
- IIMA: *Informe de Pruebas Tractor de dos ruedas Diesel de 12 HP Modelo BS-12 con la Fresadora NC-800M y Arado dediscos CBS-1,5* IIMA, Cuba, 2004.
- : *Certificado de Ensayos al Tractor de 4X2 Modelo JINMA-650* IIMA, Cuba, 2009a.
- : *Certificado de Ensayos al Tractor JINMA-1204* IIMA, Cuba, 2009b.
- : *Informe de Pruebas del tractor Marca Mc Cormick Modelo CX-70, 2002* IIMA, 2002.
- JROBOSTOV, S. N.: *Explotación del parque de tractores y máquinas*, Ed. Editorial MIR, Moscú, 1977.
- LORA, D.: "Utilización del balance de maquinaria para el análisis económico-comparativo de tecnologías", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(1): 28-31, 2006.
- LORETO, A.; L. LEÓN; F. RODRÍGUEZ y P. PÁEZ: "Análisis del comportamiento de la actividad de las combinadas L-517 y la IMPAG en la cosecha del arroz en la Granja Agrícola Vueltabajo, perteneciente al CAI Arroceros Los Palacios de la provincia de Pinar del Río, Cuba.", *Avances*, 10(4): 2008.
- MARTÍNEZ, J.; J. GARCÍA y A. RODRÍGUEZ: "Resultados de la evaluación agrotécnica, tecnológica y de explotación del multiarado M-250 y el arado de disco Baldan en la rotura de un suelo ferralítico rojo compactado", *Revista Ingeniería Agrícola*, 2(2): 2012.
- MATOS, N. y J. LÓPEZ: *Evaluación técnico – explotativa y económica de las cosechadoras cañeras en la Empresa Azucarera Argentina. Florida. Camagüey. Cuba*, 2011.

- MEJÍAS, J.; J. GRAVE DE PERALTA y I. MACÍAS: "Evaluación económica de la preparación de suelos en una empresa agrícola de la provincia Holguín ", *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, N° 167: 2012.
- MOREJÓN, Y.; A. GASTELUA; R. GONZÁLEZ; F. MILANÉS y M. ROBAINA: "Evaluación energética-económica del acopio y transportación de residuos agrícolas cañeros", *Naturaleza y Desarrollo*, 6(2): 2008.
- NC 34-37 *Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación tecnológico-explotativa.*, Vig. 2003.
- 34-38: *Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación económica.*, Vig. 2003.
- NEJADI, J. y M. H. RAOUFAT: "Field performance of a pneumatic row crop planter equipped with active toothed coulter for direct planting of corn in wheat residue", *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(2): 327-334, 2013.
- ONEI: "ANUARIO ESTADÍSTICO DE CUBA 2016", *CAPÍTULO 9: AGRICULTURA, GANADERÍA, SILVICULTURA Y PESCA*, pp, 2017.
- ORTIZ-CAÑAVATE, J. y J. L. HERNANZ: "CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Volume V. Energy and Biomass Engineering", *Energy Analysis and Saving*, pp Eds. Kitani, O.;Jungbluth, T.;Peart, R. M.andRamdani, A., St. Joseph.: American Society of Agricultural Engineers, 1999.
- PANEQUE, P.: "Gastos energéticos en la poda mecanizada de las plantaciones cítricas de Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 9(2): 23-28, 2000.
- PANEQUE, P.; H. C. FERNÁNDEZ y A. DONIZETTE: "Comparacion de cuatro sistemas de labranza/siembra con relacion a su costo energético", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 11(2): 1-6, 2002.
- PANEQUE, P.; P. LEÓN y A. ALFONSO: "Costo energético de tres sistemas de labranza en el cultivo de maíz", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(2): 23-27, 2005.
- PANEQUE, P.; A. MIRANDA; N. ABRAHAM y M. SUÁREZ: "Determinación de los costos energéticos y de explotación del sistema de cultivo del arroz en seco", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(1): 7-10, 2009a.
- : "Determinación de los costos energéticos y de explotación del sistema de cultivo del arroz en seco ", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(1): 7-10, 2009b.
- PANEQUE, P.; A. MIRANDA; M. SUÁREZ y N. ABRAHAM: "Costos energéticos y de explotación del cultivo del arroz en fangueo directo", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2): 7-11, 2009c.
- : "Costos energéticos y de explotación del cultivo del arroz en fangueo directo", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2): 2009d.
- 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.
- PCC: *Linamientos de la política económica y social del partido y la revolución* 2011.
- PEREIRA, C. A.; A. PÉREZ; D. MARÍN y O. GONZÁLEZ: "ExploMq, software para la evaluación energética y económica de la maquinaria agrícola", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1): 72-76, 2015.
- RAMOS, R.: "Determinación del costo energético de la cosecha de forrajes para el ganado vacuno en Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(1): 73-78, 2012.

- RICOTE, A.; E. GARCÍA; E. OLIVARES y L. BERGOLLA: "Indicadores de explotación de segadoras de arroz en la producción popular del municipio Vertientes en la provincia de Camagüey", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(2): 22-26, 2010.
- SHKILIOVA, L. y M. FERNANDEZ: "Sistemas de Mantenimiento Técnico y Reparaciones y su aplicación en la Agricultura", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1): 72-77, 2011.
- SHKILIOVA, L.; A. MIRANDA y C. E. IGLESIAS: "Cálculo de los índices de fiabilidad de explotación de la técnica agrícola", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.*, 16(2): 52-55, 2007.
- SMITH, D. W.; B. G. SIMS y D. H. O'NEIL: "Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas.", *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*, 110: 1994.
- SOTO, P. D.; R. CAMPO DE LOS REYES; N. CAMPOS; M. FERNÁNDEZ; R. RODRÍGUEZ; O. LÓPEZ y A. RÍOS: *Compendio de información y reglamentaciones para la capacitación de los operadores, mecánicos y jefes de pelotones. Uso y Explotación de los Tractores XTZ 150K-09. IAgri-MINAG.*, La Habana, 2012.
- VAZQUEZ, H. B.; L. R. PARRA; V. M. SÁNCHEZ-GIRÓN y A. ORTIZ: "Análisis de la productividad y el consumo de combustible en conjuntos de labranza en un fluvisol para el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta*, Crantz)", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(2): 38-41, 2012.
- ZOZ, F. M. y R. D. GRISSO: *Traction and Tractor Performance* 2003.