

ORIGINAL

**EVALUACIÓN DE CONJUNTOS DE MÁQUINAS UTILIZADOS EN CUATRO TECNOLOGÍAS
PARA LA LABRANZA DEL CULTIVO DE LA YUCA (*Manihot esculenta*, Crantz.)**

**Evaluation of the groups of machines used in four technologies for the tillage of the cassava cultivation
(*Manihot esculenta*, Crantz.)**

Dr. C. Hugo Berto Vázquez-Milanés, Profesor Auxiliar, Universidad de Granma,
hvazquezm@udg.co.cu, Cuba

Dr. C. Luis Raúl Parra-Serrano, Profesor Titular, Universidad de Granma,
lparras@udg.co.cu, Cuba

Dr. C. Alfonso Enrique Ortiz-Rodríguez, Profesor Titular, Universidad de Granma,
aortizr@udg.co.cu, Cuba

Recibido: 25/10/2017- Aceptado: 23/11/2017

RESUMEN

El trabajo se desarrolló en la Unidad Básica de Producción Cooperativa "El Palmar" perteneciente a la Empresa de Cultivos Varios "Paquito Rosales Benítez" del municipio de Yara, provincia de Granma, Cuba, se evaluaron los conjuntos tractor-apero que intervienen en la realización de cuatro sistemas de labranza para el cultivo de la yuca, variedad Enana Rosada. Los sistemas de laboreo fueron: T1 (tradicional), 5 labores; T2 (laboreo mínimo), 2 labores; T3 (laboreo mínimo), 3 labores y; T4, 5 labores. Se realizaron cinco observaciones de la jornada laboral para cada uno de los conjuntos tractor-apero de cada sistema de laboreo en tres campañas, evaluando el consumo de combustible, las diferentes productividades, los índices y coeficientes tecnológicos y de explotación. El rendimiento del cultivo. Los mejores resultados relacionados con los indicadores evaluados a la maquinaria correspondieron al sistema de laboreo mínimo T2, el cual presenta la mejor productividad por hora de tiempo limpio (1,34 ha h-1) y de tiempo operativo (1,27 ha h-1), con diferencias significativas respecto al resto de los sistemas de labranza evaluados.

Palabras clave: Labranza; tecnologías; índices; explotación

ABSTRACT

The work was developed in three stages of research, conducted in the Basic Unit of Cooperative

Production "El Palmar" belonging to the agricultural farm "Paquito Rosales Benitez" in the municipality of Yara, Granma Province, Cuba, were evaluated tractor-implement sets involved in the completion of four tillage systems for cassava, Pink Dwarf variety. Tillage systems were: T1(traditional), 5 labours; T2 (minimum tillage), two labours; T3 (minimum tillage), three labours and; T4, 5 labours. Five observations of the working day for each tractor-implement sets of each tillage system in three seasons were performed, evaluating fuel consumption, different productivities, indexes and technological and operational factors. The crop yield. The best results related to evaluated machinery indicators corresponded to T2 minimum tillage system, which presents the best productivity per hour clean time (1.34 ha h⁻¹) and operating time (1.27 ha h⁻¹), with significant differences compared to other tillage systems evaluated.

Key words: Tillage; technologies; indexes; exploitation

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la necesidad de incrementar la producción de alimentos en la mayoría de los países del llamado tercer mundo y en vías de desarrollo, se deben realizar esfuerzos para el impulso de un cultivo versátil como la yuca (*Manihot esculenta*, Crantz), capaz de producir volúmenes adecuados sin grandes exigencias de insumos y calidad de suelos, fuente de una amplia gama de productos de uso creciente en las industrias textil, farmacéutica y en la elaboración de alimentos para humanos y para animales (Mkumbira *et al.*, 2003; Valdivié *et al.*, 2008; Blagbrough *et al.*, 2010).

Compone una opción económicamente necesaria y apegada a la cultura culinaria cubana (Beovides *et al.*, 2013). Constituye el sexto cultivo alimentario en orden de importancia a nivel mundial después del trigo, el arroz, el maíz, la patata y la cebada; el cuarto cultivo mundial más importante en los países en desarrollo así como la cuarta fuente de energía en la alimentación humana producida en el trópico, representa un elemento esencial en la dieta de entre 800 y 1 000 millones de personas (Lebot, 2009).

En las líneas trazadas para el desarrollo económico y social en Cuba, se plantea atender la efectividad de la mecanización en todos los cultivos, buscando la reducción de los plazos de ejecución de los trabajos y continuar la elevación del nivel de mecanización para la cosecha y para las demás labores de cultivo así como establecer métodos de organización de la maquinaria que aseguren el correcto uso de los medios de la mecanización, y la elevación de su eficiencia productiva (MINAG, 2012).

La labranza es la actividad agrícola que se realiza con el fin de cambiar, por medios mecánicos, las condiciones físicas originales del suelo para mejorarlas de acuerdo con los fines perseguidos. Ella contribuye a lograr un adecuado lecho para la siembra, además de eliminar determinados factores limitantes del suelo que afectan la producción sostenida de los cultivos, tales como compactación, encostramiento e infiltración deficiente (INICA, 2005).

Borgman (1991); Quesada *et al.* (2003); Ortiz-Cañavate, (2003); González y Rodríguez (2005); Leyva (2009; Parra (2009); Olivet (2010) declaran que la labranza tradicional es una tecnología obsoleta y su utilización tendrá que disminuir en la medida que se desarrollen nuevos sistemas de labranza, ya que influye en uno de los principales problemas ambientales existentes en el mundo y en Cuba, como es la degradación de los suelos que afecta en todo el mundo a más de 1 200 10⁶ ha.

A pesar de lo planteado anteriormente, en Cuba prevalece el uso de la tecnología tradicional o convencional utilizando fundamentalmente arados y gradas de discos con inversión del suelo, realizándose varias labores, aunque ya se aprecia la aparición de órganos rígidos o flexibles de corte vertical y horizontal sin inversión del prisma como el multiarado (escarificador con saetas) y el tiller los cuales aún no son de la preferencia de los agricultores.

Cualquier proceso de producción agrario tiene como objetivo final la obtención de la mayor cantidad de productos con el mínimo de gastos posibles. Para el parque de máquinas y tractores (PMT) según González (1993); Brizuela (2006) y Gutiérrez (2007) 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 agregados, 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 costes de trabajo.

El proceso de mecanización agrario requiere de un sistema de programación del trabajo y de control de la actividad tanto de los indicadores productivos, como de los económicos, técnicos y tecnológicos, que permitan incrementar su eficiencia y requiere además del análisis de la utilización de todos los medios mecanizados que poseen, de su organización y explotación, del estudio y la adecuación de los índices e indicadores que emplean en su programación a corto y mediano plazo, para de esta forma poder incidir en su mejor aprovechamiento.

Analizando la situación actual de la maquinaria agrícola, en Cuba se investigan posibles vías para su solución, las posibles fuentes energéticas, los sistemas ingenieriles para su explotación

y reparación, las formas de administración agrícola y la formación pregraduada y postgraduada de ingenieros y científicos (García de La Figal, 1999; 2007).

Población y Muestra

El trabajo se desarrolló en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) “El Palmar” perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Paquito Rosales Benítez” de Veguitas, municipio Yara, provincia de Granma.

La investigación se desarrolló en un *Fluvisol* según la Nueva Clasificación Genética de los suelos de Cuba (ONE, 2006b y FAO, 2006b); medianamente profundo, relativamente llano, con grado de residuos ligero, sin pedregosidad y sin obstáculos, con una textura Loam arcilloso, un contenido de materia orgánica de 4,0 %, un pH de 7 y buen tempero. Este suelo fue escogido por presentar la provincia de Granma el 32 % del total de los *Fluvisoles* del país y la Empresa Agropecuaria donde se realizó el trabajo experimental el 70 % de su superficie ocupada por éstos, además presentar los mismos, buenas características para el desarrollo del cultivo de la yuca.

Diseño experimental

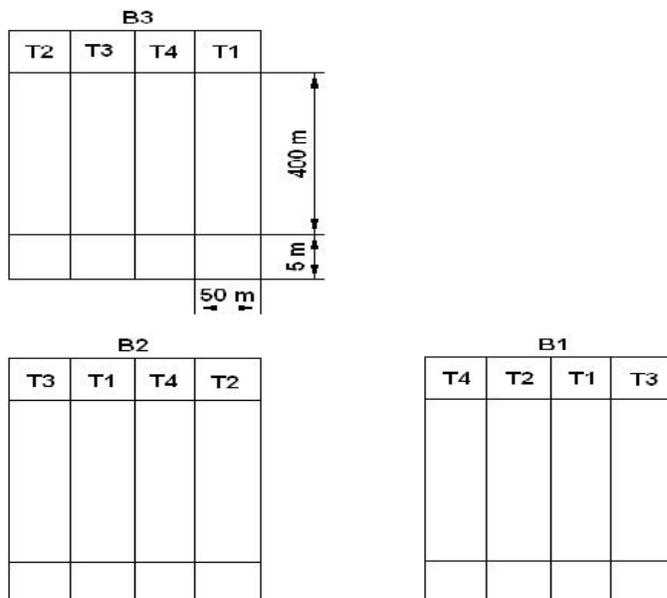


Figura 1. Esquema del diseño experimental.

donde:

T1 – Sistema de labranza tradicional o convencional.

T2 – Sistema de labranza mínima con escarificador con saetas y grada de discos.

T3 – Sistema de labranza mínima con escarificador y fresadora.

T4 – Sistema de labranza con escarificador y grada de discos.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres bloques y cuatro tratamientos, consistentes en sistemas de labranza, se realizaron los cronometrajes a los conjuntos para la determinación de los índices, coeficientes tecnológicos y de explotación, así como sus productividades. Siendo el tamaño de muestra, n (cantidad de evaluaciones de la jornada laboral a los conjuntos), igual a cinco; este valor se determinó mediante el método propuesto por Fischer (1936) y referido por Guerra (2004).

Los bloques se situaron al azar: el B1 en el cuadrante número dos, el B2 en el cuadrante número uno y el B3 en el cuadrante número cuatro del área ocupada por la máquina de riego de pivote central Ballama. Las franjas o tratamientos tienen una longitud de 400 m y un ancho de 50 m. En cada uno se dispuso de 1 m de separación entre las parcelas experimentales y de cabeceras de 5 m de separación para permitir el viraje de la maquinaria.

Conjuntos máquina-tractor evaluados por sistemas de labranza. En este experimento se consideraron cuatro sistemas de laboreo diferentes para preparar los caballones donde se plantan las estacas de yuca. Estos sistemas de laboreo han sido:

T1 – Sistema de labranza tradicional (cinco labores)

Rotura: se realizó con el agregado formado por el tractor MTZ-80 y el arado ADI-3M, a una profundidad de 20 cm. Primera labor de gradeo: se realizó con el tractor T-150 K formando agregado con la grada de 1 500 kg a una profundidad de 14 cm. Escarificado: se llevó a cabo con el agregado formado por el tractor T-150 K y el escarificador FN (4 órganos), realizando dos pasadas de forma perpendicular a una profundidad de 38 cm. Segunda labor de gradeo: se realizó con el tractor T-150 K formando agregado con la grada de 2 046 kg a una profundidad de 16 cm (cinco labores). En la Figura 2 aparecen fotografías de los conjuntos utilizados en el sistema de labranza tradicional o convencional (T1).

T2 – Sistema de labranza con escarificador con saetas y gradeo (dos labores)

Rotura: se efectuó con el agregado formado por el tractor T-150 K y el escarificador con saetas a una profundidad de 27 cm. Primera labor de gradeo: se realizó con el tractor T-150 K formando agregado con la grada de 2 046 kg a una profundidad de 17 cm (dos labores). En la Figura 2. aparecen fotografías de los conjuntos utilizados en el sistema de labranza de labranza mínima (T2).

T3 – Sistema de labranza con escarificado y fresado (tres labores)

Escarificado: se efectuó con el agregado formado por el tractor T-150 K y el escarificador FN (4 órganos), realizando dos pasadas de forma perpendicular a una profundidad de 30 cm. Fresado: se efectuó con el agregado formado por el tractor YUMZ-6AM y la fresadora CIMA Jaguar 1,60 a una profundidad de 10 cm (tres labores). En la Figura 2. aparecen fotografías de los conjuntos utilizados en el sistema de labranza mínima (T3).



Tractor MTZ-80
y arado ADI-3M



Tractor T 150K
y escarificador FN (4 órg)



Tractor T 150K
y escarificador con saetas



Tractor T 150K y grada
2 046 kg



Tractor YUMZ- 6AM
y fresadora CIMA- 1,60



Tractor T 150K y grada
1 500 kg

Figura 2. Conjuntos utilizados en los sistemas de labranza.

T4 – Sistema de labranza con escarificado y gradeo (cinco labores)

Primera labor de gradeo: se realizó con el tractor T -150 K formando agregado con la grada de 1 500 kg a una profundidad de 12 cm. Segunda labor de gradeo: se realizó con el tractor T -150 K formando agregado con la grada de 2 046 kg a una profundidad de 14 cm. Escarificado: se efectuó con el agregado formado por el tractor T-150 K y el escarificador FN (4 órganos), realizando dos pasadas de forma perpendicular a una profundidad de 33 cm. Tercera labor de gradeo: se realizó con el tractor T -150 K formando agregado con la grada de 2 046 kg a una profundidad de 16 cm. En la Figura 2 aparecen fotografías de los conjuntos utilizados.

Se realizó un análisis de varianza con los datos experimentales obtenidos de la evaluación de los conjuntos en cada tratamiento para la productividad, el consumo de combustible y el rendimiento del cultivo. El procesamiento de los datos se realizó con el programa STATISTICA

versión 6.0. Cuando se detectaron diferencias significativas entre las medias de cada variable estudiada se procede a la separación de las mismas y se comprobó aplicando la prueba de rangos múltiples de Duncan para $p < 0,05$. Se utilizó como variable respuesta el rendimiento agrícola del cultivo.

Evaluación tecnológica y de explotación. Se evaluó cada conjunto por labores en los sistemas de labranza teniendo en cuenta la norma ramal del Ministerio de la Agricultura, NRAG XX1: 2005. Mediante la cual se realizó un Fotocronometraje a todos los conjuntos máquina tractor utilizando un cronómetro digital con 0,1 s de precisión para medir el tiempo en cada operación, se calculó la productividad, indicadores y coeficientes tecnológicos y de explotación de los mismos.

El consumo de combustible se determinó con un depósito aforado descrito por Chudakov, (1987) y construido por Vázquez y Parra, (1996) con precisión de 0,01 L. Se realizaron en cada operación 30 observaciones.

El patinaje o resbalamiento se determinó según la metodología planteada por Chudakov (1977). Se cumple la condición, $N_{\text{trab}} > N_{\text{vac}}$.

Análisis de los resultados

Capacidad de trabajo por sistemas de labranza. Es la cantidad de trabajo realizado en la unidad de tiempo con determinada calidad y cumpliendo con los requisitos establecidos. En la tabla 1 se muestra la capacidad de trabajo de los conjuntos para cada uno de los sistemas de labranza evaluados.

Tabla 1. Capacidad de trabajo por sistemas de labranza (ha h^{-1}).

Capacidad de trabajo	T1	T2	T3	T4
Tiempo limpio	1,14c	1,34a	1,12c	1,29b
Tiempo operativo	1,04c	1,27a	0,87d	1,21b
Tiempo productivo	0,81c	0,91a	0,76d	0,87b
Tiempo sin fallos	0,68d	0,85a	0,70c	0,82b
Tiempo explotativo	0,72c	0,81a	0,69d	0,76b

En una fila las cifras seguidas por la misma letra minúscula no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Como se puede observar se destaca por sus resultados el sistema de labranza T2 en el comportamiento de la capacidad de trabajo por hora de tiempo limpio, ($1,34 \text{ ha h}^{-1}$); la que supera a las restantes, debido a que en ésta se aplican solamente dos labores de preparación de suelo, las cuales consistieron en roturación con escarificador con saetas de 30 kN y cruce con una grada mediana de 2 046 kg formando ambas agregado con el tractor T-150 K; con lo

cual se incrementa el frente de labor y se desarrolla una mayor velocidad de trabajo, existe diferencia significativa de éste sistema con los restantes (T1, T3, T4), no hay diferencia significativa entre T1 y T3. En los demás la influencia estuvo dada por el mayor número de labores.

Se aprecian resultados con diferencias significativas en T2 relacionados con el resto de las capacidades de trabajo como: por hora de tiempo operativo; productivo, sin fallos y explotativo, la que supera a las restantes, debido a que el conjunto formado por el tractor T-150 K y la grada 2 046 kg en la labor de gradeo, el tiempo de viraje está incluido en el tiempo principal motivado porque el método de movimiento es circular, y para el conjunto formado por el tractor T-150 K y escarificador con saetas el método de movimiento empleado es en lanzadera y el tipo de viraje es en lazo en forma de pera.

Al aumentar el número de labores en las tecnologías T1 y T4, la ocurrencia de paradas para la eliminación de fallas aumentó así como el tiempo de mantenimiento técnico. En T2 los órganos de trabajo del escarificador con saetas son rígidos y la ocurrencia de fallas es muy baja. En los sistemas de labranza con mayor número de labores, el tiempo auxiliar que hay que invertir es mayor, así como las operaciones de mantenimiento son más complejas y se requiere de mayores tiempos de traslados en vacío.

El sistema de labranza T3 está compuesto por tres labores, la mayor afectación estuvo dada en la labor de fresado la cual redujo el tiempo limpio por su baja velocidad de trabajo, el tiempo auxiliar empleado para la puesta en marcha afectó el tiempo explotativo, el de mantenimiento diario a la máquina es complejo e incrementa su tiempo, así como la ampliación de las pérdidas de tiempo para la eliminación de fallas, ocurridas fundamentalmente en la unión cardánica. Resultados similares fueron obtenidos y reportados por Arévalo, (2007); López y Suárez, 2009 y Vázquez, (2010,2013). Kichlr *et al.* (2011) al estudiar el efecto de la selección de los escalones de marcha en el rendimiento y el coste de combustible en un tractor John Deere 8300 durante las operaciones profundas de labranza de un subsolador, señalan que a profundidades de 26 cm y velocidades de 3,0; 5,8 y 8,3 km h⁻¹ respectivamente, obtuvieron productividades de 1,61; 3,11 y 8,3 ha h⁻¹ en ese mismo orden, destacándose por sus mejores resultados la última variante, dada por su mayor velocidad de trabajo.

Consumo de combustible. En todos los estudios referentes a los procesos productivos el consumo de combustible es un indicador muy importante ya que a partir de éste se puede realizar la planificación científicamente argumentada y permite conocer cuál es el sistema de labranza de mejor comportamiento. En la tabla 2 se muestran los resultados del consumo de combustible para la preparación de suelo en cada sistema de labranza empleado. Al utilizar los mismos conjuntos en igual tipo de suelo para los tres bloques, los resultados fueron similares, por lo cual se tomaron los valores promedios de cada sistema de labranza para el análisis.

Tabla 2. Consumo de combustible total por tecnologías

Tratamientos	C. combustible (L ha ⁻¹)
T1	116,6 a
T2	32,4 d
T3	69,1 c
T4	110,7 b

En una columna las cifras seguidas por la misma letra minúscula no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

El menor consumo de combustible correspondió a T2 (32,4 L ha⁻¹) con diferencias significativas con un grado de significación ($p < 0,05$) respecto a T1, T3 y T4 al utilizar menor cantidad de conjuntos, menos labores, mayor capacidad de trabajo por hora de tiempo limpio; se reduce el consumo en un porcentaje de un 72; 52 y 71 % respecto a T1, T3 y T4. Estos resultados coinciden con los planteados por González, (2006) y Arévalo, (2007).

Al analizar los consumos de combustible por los conjuntos evaluados se puede apreciar que el conjunto formado por el tractor T-150 K y el escarificador con saetas tiene un consumo de 14,9 L ha⁻¹ muy cercano a los obtenidos por Cadena-Zapata (2004) de 12,41 L ha⁻¹ para suelos arcillosos empleando conjuntos de 30 kN en la labor de rotura con escarificador con saetas, lo que coincide con los resultados obtenidos por Gutiérrez, (2006); Arévalo, (2007), Parra, (2009) y Vázquez (2010). El tractor T-150 K y la grada 2 046 kg tiene un consumo que se encuentra entre 17,5 y 21,5 L ha⁻¹ para primera, segunda y tercera pasadas, resultando inferior a lo planteado por Brizuela *et al.* (2006) que plantean para este conjunto un consumo entre 28,41 a 38,43 L ha⁻¹.

En la labor de aradura, el conjunto formado por el tractor MTZ-80 y el arado ADI-3, el consumo fue de 25,5 L ha⁻¹ resultando similar a lo planteado por Brizuela *et al.* (2006), los que plantean valores entre 21,5 y 29,2 L ha⁻¹. En la labor de escarificado el valor obtenido coincide con lo planteado por Brizuela *et al.* (2006) y es superior a los determinados por (Gutiérrez, 2006 y Arévalo, 2007). En la labor de fresado coincide con lo planteado por Parra (2009) y es superior

a lo expresado por (Gutiérrez, 2006 y Arévalo, 2007). Klimenko, *et al.* (2010), plantean un decrecimiento del consumo de combustible en un 70 % al emplear cultivador KFU con relación al uso del tradicional.

Coeficientes tecnológicos y de explotación. Como se muestra en la Tabla 3, el mayor resultado del coeficiente de pasadas de trabajo 0,94 correspondió a T2, en la que para la rotura con el escarificador con saetas, se utilizó el método de movimiento de lanzadera y el tipo de viraje de lazo en forma de pera. Para la labor de gradeo se utilizó el método de movimiento circular, el tiempo de viraje está incluido dentro del tiempo limpio.

Tabla 3. Comportamiento de los coeficientes tecnológicos y de explotación de los diferentes sistemas de labranza evaluados.

Denominación	Símb.	Sistemas de labranza			
		T1	T2	T3	T4
Coeficiente de pases de trabajo	K_{21}	0,89	0,94	0,78	0,88
Coeficiente de servicio tecnológico	K_{23}	0,99	0,99	0,99	0,99
Coeficiente de mantenimiento técnico.	K_3	0,81	0,87	0,74	0,79
Coeficiente de seguridad tecnológica.	K_{41}	0,90	0,99	0,71	0,93
Coeficiente de seguridad técnica	K_{42}	0,91	0,98	0,93	0,92
Coeficiente de utilización del tiempo explotativo.	K_{07}	0,71	0,87	0,69	0,73
Coeficiente de utilización del tiempo productivo.	K_{04}	0,76	0,86	0,81	0,79

El coeficiente de servicio tecnológico K_{23} , mantuvo un comportamiento similar para los cuatro sistemas de labranza. El coeficiente de utilización del tiempo explotativo K_{07} , en T3 fue ligeramente inferior al valor mínimo del rango (0,7 a 0,95) planteado por (González, 1993). En T1 y T4 se comportaron dentro del rango establecido, obteniéndose el mayor resultado (0,87) para T2, en la cual los tiempos no productivos obtuvieron sus menores valores, por tanto el coeficiente de utilización del tiempo productivo K_{04} obtuvo su mayor valor (0,86) en esta tecnología.

El coeficiente de mantenimiento técnico K_3 en T2 es de 0,87 superando al resto de los sistemas de labranza evaluados, motivado porque el escarificador con saetas es un apero muy fiable, de órganos de trabajo rígidos que requiere un mantenimiento muy simple que se basa solamente en la revisión y en caso necesario el ajuste de los pernos. En el resto de los sistemas de labranza, las máquinas poseen rodamientos y elementos móviles que requieren lubricación, así como un mayor número de operaciones de mantenimiento.

Indicadores tecnológicos y de explotación.

En la tabla 4 se puede observar que el coeficiente de aprovechamiento del tiempo de la jornada laboral mantuvo un adecuado comportamiento en los agregados formados por el tractor T-150 K y la grada 1 500 kg, 2 046 kg y escarificador con saetas.

Tabla 4. Análisis de los indicadores tecnológicos y de explotación de los conjuntos.

Denominación	Coef. Aprov. del tiempo (τ)	Coef. Aprov. del ancho de trabajo (A_k)	Coef. Aprov. de la velocidad (V)	Patinaje %
T150 K - grada 1 500 kg	0,71	0,98	0,89	4,5
T150 K - grada 2 046 kg	0,75	0,97	0,92	6,5
T150 K - esc. FN (4 órg.)	0,64	1,28	0,89	12,8
T150 K - esc. con saetas.	0,77	1,20	0,88	14,1
MTZ-80 y ADI-3M	0,67	0,90	0,69	16,9
YUMZ 6AM y Fresadora CIMA Jaguar	0,65	0,95	0,71	6,3

González (1993) acerca del tema plantea que en dependencia de las condiciones y la complejidad del proceso el valor del coeficiente (τ) oscila entre 0,70 a 0,95. Los valores obtenidos son cercanos a los reportados por Borman (1991) el cual refiere un coeficiente de utilización del tiempo limpio de 0,73.

Para la labor de multiarado Gutiérrez *et al.* (2004) reportan un coeficiente (τ) de 0,8, coincidiendo con lo planteado por Garrido (1984) para órganos de trabajo pasivos, siendo superior a los obtenidos para las condiciones de la UBPC “El Palmar” con el conjunto T-150 K y el escarificador con saetas en la labor de rotura. Para la labor de aradura Gutiérrez (2007) en pasadas de trabajo de 400 m de longitud destaca un valor de éste coeficiente de 0,76; superior a los obtenidos por el conjunto MTZ-80 y ADI-3 que fue de 0,67; hay coincidencia con los resultados señalados por (Gutiérrez, 2006 y Arévalo, 2007).

El coeficiente de aprovechamiento de la velocidad mostró un comportamiento más desfavorable en los conjuntos formados por el tractor MTZ-80 y ADI-3M así como YUMZ-6AM y la fresadora CIMA con valores de 0,69 y 0,71; según Jróbostov (1977) éste coeficiente se encuentra entre 0 y 1, mientras más se aproxime a la unidad es mejor.

El coeficiente de aprovechamiento del ancho de trabajo (A_k), según González (1993) debe estar entre 0,9 y 0,99. Para el conjunto T-150 K y el escarificador FN (4 órganos), el valor es superior a la unidad debido a que el operador dejaba espacios sin laborar influyendo

negativamente en la calidad de la labor, dado por la carencia de órganos marcadores. El conjunto T-150 K y el escarificador con saetas tiene un valor de 1,2 motivado por que el ancho real de trabajo superaba el ancho constructivo, es decir que el suelo removido por los órganos de trabajo alcanzaba hasta 2,5 m. Gutiérrez (2006) y Arévalo (2007) plantean resultados similares para este conjunto.

Como se puede observar, el patinaje o resbamiento en el conjunto formado por el tractor MTZ-80 y el arado ADI-3 es superior al 16 % planteado por Chudakov (1987); así como lo expresado por ASAE (1998) para suelo compactado que debe estar entre 8 y 10 %, en cambio se encuentra dentro del rango del 8 al 20 % citado por Jróbstov (1977) para los tractores de ruedas.

Se considera que el patinaje del conjunto en la labor de aradura es elevado. En el conjunto T-150 K y el escarificador con saetas se obtuvo un valor de 14,1 % , el cual se considera ligeramente alto, ya que supera el 12 % planteado por Chudakov (1987) aunque coincide con Arévalo (2007) el que refiere valores del 14 % empleando el conjunto T-150 K y el escarificador con saetas de 30 kN para este mismo suelo. Cadena Zapata (2004) determinó para el tractor 4x4 formando agregado con el escarificador alado de 30 kN un patinaje de 8 a 18 %. Los resultados del conjunto YUMZ-6AM y la Fresadora Jaguar 1,60 presenta ese comportamiento de un bajo deslizamiento motivado porque los órganos de trabajo de la fresadora agrícola son activos y favorecen el desplazamiento del conjunto; refieren resultados similares (Vázquez, 2007, 2013; Arévalo, 2007; López y Suárez, 2009).

Rendimiento agrícola del cultivo. En la tabla 5 se puede observar que los mejores rendimientos agrícolas del cultivo de la yuca se presentan en T2 con diferencia significativa respecto a los demás, siendo un 28; 35 y 46 % superior a T3, T4 y T1. El mayor valor obtenido en el tratamiento T2 ($13,9 \text{ t ha}^{-1}$), es un 30 % inferior del menor límite de las potencialidades del cultivo (20 hasta 50 t ha^{-1}) (INIVIT, 2003).

Tabla 5. Rendimiento agrícola del cultivo de la yuca

Tratamiento	Rendimiento (t ha^{-1})
T1	7,5b
T2	13,9a
T3	10,0b
T4	9,0b

En una columna las cifras seguidas por la misma letra minúscula no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Siendo ligeramente inferior a los resultados promedio alcanzados en los principales países productores Cock (1997); Pimentel (2007; 2009); un 36 % mayor que los reportados en Granma con laboreo convencional por Estrada y Argente (2008) para la variedad estudiada y un 7 % superior al mejor resultado en la provincia de Villa Clara obtenidos por Milián *et al.* (2000). Los menores resultados se obtuvieron en T1, que es precisamente el sistema de labranza tradicional y que se utiliza en la cooperativa.

CONCLUSIONES

1. Los mejores resultados de los indicadores evaluados, y de los coeficientes tecnológicos y de explotación, corresponden al sistema de labranza mínima con escarificador con saetas y grada de discos, T2; así como los de capacidad de trabajo por hora de tiempo limpio ($1,34 \text{ ha h}^{-1}$) y de tiempo operativo ($1,27 \text{ ha h}^{-1}$), con diferencias significativas respecto al resto de los sistemas de labranza evaluados T1, T3 y T4.
2. El menor consumo de combustible correspondió a T2 con diferencias significativas respecto a T1, T3 y T4, ya que en él se emplean la menor cantidad de conjuntos y se efectúan el menor número de labores y en estas labores se alcanzan la mayor productividad por hora de tiempo limpio; se reduce el consumo de combustible en un 72; 52 y 71 % con respecto a T1, T3 y T4.
3. Los mayores rendimientos agrícolas del cultivo se obtuvieron en T2 con diferencia significativas del 46; 28; 35 % con respecto a T1, T3 y T4 respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bouza, H., Ronzoni, C., Serpa, G., Marínez, I., Hernández, S., Navarro, G., Coca, J., Herrera, L., Romero, C., Rodríguez, D., 2000. Instructivo técnico del multiarado M 250 cañero. IIMA, La Habana.
2. Brizuela, M., Sotto P.D., Lora, D.Y; Guilbeaux, V., 2005. Importancia de la rectificación periódica de los índices de consumo de combustible y los indicadores de productividad en el proceso agropecuario Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria (IIMA), carretera de Fontanar al Wajay, Municipio Boyeros, Ciudad de La Habana. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 14, No. 3, 200.
3. Cadena, Z.M., Gaytán, M.T., 2004. Desempeño de implementos de labranza en términos de consumo de energía y calidad de trabajo. Agraria Nueva Época Año I Vol. 1· No 3. México.

4. Chudakov, D.A., 1987. Fundamentos de la teoría y el cálculo de tractores y automóviles. Editorial MIR, Moscú.
5. FAOSTAT. 2013. Statistical database on cassava crop. Food and Agricultural Organization (FAO). [en línea] Disponible en <http://www.faostat.fao.org>. [Consulta: junio 8 2016].
6. INIVIT, 2008. Instructivo técnico del cultivo de la yuca. Santo Domingo. Villa Clara. Cuba: INIVIT.
7. Jróbostov, S.N., 1977. Explotación del Parque de Tractores y Máquinas. Moscú. Editorial Mir, 552p.
8. Kichlr, C.M., Fulton, J.P., Raper, R.L., McDonald, T.P., Zech, W.C., 2011. Effects of transmission gear selection on tractor performance and fuel costs during deep tillage operations. *Soil & Tillage Research* 113: 105-111.
9. Lebot, V., 2009. Tropical root and tuber crops: cassava, eswet potato, yams and aroids. 17 Edition Wallingford: CABI 2009. 210 p.
10. Leyva, O., 2009. Fundamentación de una tecnología para laboreo mínimo de suelos *Vertisoles* basada en la aplicación de una máquina compleja en caña de azúcar. Tesis Doctoral. Universidad Agraria de La Habana, La Habana, 188 pp.
11. Milián, M., 2000. Manejo de los recursos genéticos de raíces y tubérculos tropicales, plátanos y bananos para el mejoramiento participativo. *Centro Agrícola*, No. 2, año 27, abril-junio.
12. NC XX1:2005. Metodología para la Evaluación Tecnológico – Explotativa. Máquinas Agrícolas y Forestales. Norma Ramal MINAG.
13. ONE, 2012. Oficina provincial estadística de Granma. Cuba.
14. Vázquez, H.B, 2013. Estudio energético y de explotación de diferentes conjuntos de labranza para el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tesis de Doctorado. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid, España, 167 pp.
15. Vázquez, H.B., Parra Serrano, L.R., 1996. Dispositivo para la medición de consumo de combustible. Fórum Nacional de Ciencia y Técnica. La Habana. Cuba.