

TRACCIÓN ANIMAL

ARTÍCULO ORIGINAL

Evaluación de dos arados de tracción animal en las condiciones de la milpa de Oaxaca

Performance Assesment of two animal traction plough in Oaxaca milpa enviroment

M.C. Fidel Diego Nava^I, Dr.C. Miguel Herrera Suárez^{II}, Dr.C. Omar González Cueto^{II},
Dr.C. Armando Eloy García de la Figal Costales^{III}

^I CIIDIR Unidad Oaxaca IPN, Xoxocotlán, Oaxaca, México.

^{II} Universidad Central de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

^{III} Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. El arado de madera es el único apero de tracción animal disponible en el mercado mexicano para la labranza de las milpas de Oaxaca, México, el mismo es muy empleado a pesar de su baja vida útil y limitada versatilidad, por lo que se ha venido desarrollando un nuevo arado metálico para la tracción animal, para ambos casos se desconocen los indicadores tecnológicos y de explotación que caracterizan su trabajo. Con el fin de determinar los índices tecnológicos y de explotación del arado de madera y el arado metálico en las condiciones de explotación de la milpa, las evaluaciones se realizaron en un suelo arenoso franco ubicado en el municipio Cuilapam, según las exigencias de la norma cubana NC-3437:2003, con adecuaciones para la tracción animal. Se determinaron además los parámetros de operación de la yunta de bueyes y se caracterizaron las condiciones de explotación. Los resultados mostraron que los coeficientes de utilización del tiempo de explotación K_{07} fueron de 0,72 y 0,66; y las productividades por hora de tiempo turno sin fallo W_t fueron de 0,132 ha h⁻¹ y 0,104 ha h⁻¹ para los arados metálico y de madera respectivamente, también se evidenció que el arado metálico fue superior al de madera en lo referente al ancho de trabajo (8%) y velocidad de trabajo (7%). La evaluación de los arados mostró que el tiempo limpio (T_1), representó el 59 y 55% del tiempo general de trabajo (T_g) de los arados metálicos y de madera respectivamente.

Palabras clave: velocidad de trabajo, coeficiente de utilización, surcado.

ABSTRACT. The wooden plough is the only animal traction implement available in the Mexican market for tillage in the milpas of Oaxaca, Mexico, and it is used despite its low life and the only operation it can perform is the furrowing. In search of an alternative, it was designed a new metal plough adapted to the operating conditions and agro-technical requirements of the milpa crops and it has been well received by farmers. In order to determine the wooden plough and metal plough performance indices in the field operating conditions, a series of the tests were performed based on the Cuban Standard NC-3437:2003 with adjustments for animal traction in a sandy loam soil. The results showed that the coefficients of operating time K_{07} were 0.72 and 0.66; and productivity per hour time shift without fault W_t were 0.132 ha h⁻¹ and 0.104 h⁻¹ for metal and wooden ploughs respectively. The metal plough was superior to wooden plough with regard to the working width (8%) and speed work (7%). Assessment of the ploughs showed that the clean time (T_1), represented 59 and 55% of whole time (T_g) of work of the metal plough and wooden plough respectively.

Keywords: work velocity, coefficients of operating time, furrow.

INTRODUCCIÓN

En los Valles Centrales de Oaxaca (México) el maíz es el principal cultivo y los campesinos lo siembran en asociación con otros cultivos. En la labranza solo se emplean los tractores para la roturación inicial y en el resto de las labores se recurre a los

animales de tiro con arados de madera (INEGI, 1994)¹. Su aceptación radica en que pueden ser fabricados localmente, su costo de adquisición es relativamente barato (200 USD), además de ser los únicos disponibles en el mercado regional, pues hace más

¹ INEGI, Resultados definitivos, VII Censo agrícola ganadero Aguascalientes, Ags., Estados Unidos Mexicanos, pp. 1994.

de 25 años que no se fabrican arados metálicos para la tracción animal en México (Stresser, 1988), y los que se encuentran en explotación han sido reparados de tal manera que ya no cumplen con las exigencias agrotecnológicas de los cultivos en la condiciones de la Milpa, por lo que su desempeño es muy deficiente.

En el mundo se ha investigado intensamente para mejorar los parámetros de diseño y la durabilidad de los aperos de tracción animal que tradicionalmente se emplean en la labranza de suelos (Ghosal *et al.*, 2012; Nayak y Verma, 2012), pero han sido diseñados en función de condiciones de suelos, herramientas de labranza y variedades vegetales, muy diferentes a las encontradas en las milpas mexicanas. De acuerdo a los estudios realizados por (Celik *et al.*, 2011; Nyssen *et al.*, 2011; Gulsoylu *et al.*, 2012; Hurtado de Mendoza *et al.*, 2012; Abualgasim y Dahab, 2013; Hammad *et al.*, 2013; Ujoh y Ujoh, 2014), un determinado tipo de herramienta de labranza no siempre se adecua para el trabajo en las disímiles condiciones y tipos de suelos, dependiendo la calidad de su labor y consumo energético, así como de las condiciones físicas del suelo y las características constructivas del apero. Este problema está presente en las tecnologías de labranzas empleadas en las Milpas de los Valles Centrales de Oaxaca, pues se han tratado de introducir aperos y mini tractores cuyos diseños fueron desarrollados para el trabajo en condiciones muy diferentes a las de estas zonas (Avelaño *et al.*, 1999), y como resultado, se ha obtenido: el rechazo de los productores; el deterioro de las cualidades físicas del suelo; y el encarecimiento de las operaciones de labranza. Por estas razones los campesinos prefieren el arado de madera tradicional, pues es de menor peso, se hace más maniobrable y se puede emplear en varias operaciones dentro de la labranza y acondicionamiento de suelo (Negrete *et al.*, 2012).

Generalmente los nuevos aperos que se han tratado de introducir fueron probados en condiciones de laboratorio pero no fueron evaluados previamente bajo condiciones reales de explotación (Ortiz y Rössel, 2007).

Desde hace varios años investigadores del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-Oaxaca), han trabajado en la búsqueda de alternativas tecnológicas para la labranza mediante la tracción animal en las milpas de Oaxaca (Diego *et al.*, 2012). Dentro de sus principales resultados se destaca el desarrollo de un nuevo arado de metal diseñado específicamente para las condiciones de explotación y exigencias agrotécnicas de los cultivos de la milpa, las características de los animales de tiros empleados en estas zonas, además de respetar la tradición e idiosincrasia de los campesinos. El mismo ha tenido gran aceptación y se muestra como una buena alternativa ya que no solo garantiza la calidad de la labor, si no que posee mayor durabilidad.

No obstante aún no son conocidos los indicadores tecnológicos y de explotación tanto de la variante tradicional como del nuevo arado que permitan compararlos entre ellos. De acuerdo a lo anterior se decide realizar el presente trabajo que tiene como objetivo determinar los índices tecnológicos y de explotación del arado tradicional de madera y el arado metálico FDN, en las

condiciones de explotación de la Milpa de los Valles Centrales de Oaxaca, México.

MÉTODOS

Las pruebas se realizaron en el municipio Cuilapam, ubicada en los Valles Centrales del Estado de Oaxaca, México, durante los meses de enero y febrero de 2014, época de seca.

Durante la labranza con ambos arados se empleó la misma yunta de bueyes en todas las pruebas (mezcla de cebú y criollo), la cual fue guiada en todos los casos por el mismo boyero (experto). La masa de los animales era 447 y 436 kg, respectivamente.

Metodología para la determinación de las condiciones de experimentación

Se procedió según las normativas de la NC 3447:2003, en la cual se establecen los aspectos necesarios para la caracterización de las condiciones de experimentación, siendo: relieve del terreno, granulometría, contenido de materia orgánica, humedad y densidad. Este parámetro se obtendrá de los resultados de estudios realizados con anterioridad por Castillo (1990)². El relieve del terreno se determinará en función del valor de la pendiente del terreno medido con un clinómetro tipo Abney modelo CL1003 con nivel incorporado, semicírculo de 100 mm de diámetro, graduado en grados (+90 -0-90) con nonius para lectura (graduación de 10') de fabricación inglesa de $\pm 0,01$ grado precisión.

La granulometría se determinó de acuerdo a la NC 20:1999 que establece la metodología para su realización, así como los equipos y accesorios a emplear. A partir de la composición granulométrica se realizó su clasificación mediante el empleo del triángulo textural del Instituto de Suelos de la Academia de Ciencias de Cuba.

Para la determinación del contenido de materia orgánica se siguió el procedimiento metodológico indicado por Cairo y Fundora (1994).

La humedad del suelo se determinó por el método gravimétrico:

$$H_s = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - T} \cdot 100, \% \quad (1)$$

donde:

H_s , humedad del suelo, %;

P_1 , masa del recipiente con la muestra húmeda, g;

P_2 , masa del recipiente con la muestra seca, g;

T , masa del recipiente sin muestra, g.

La densidad aparente del suelo se determinó por el método de los cilindros de Kopecki, según la ecuación 2:

$$D_A = \frac{G_n}{V_c} \quad (2)$$

² CASTILLO, T.: Los sistemas agrícolas de los Valles Centrales de Oaxaca, 174pp., Tesis (en opción al título de Maestro en Ciencias), Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados Motecillo, Montecillo, México, 1990.

donde:

- D_A , densidad aparente del suelo, g/cm³;
- G_n , masa de la muestra del suelo después de secada, g;
- V_s , volumen del cilindro para la toma de muestra del suelo, cm³.

Metodología para la evaluación tecnológica y de explotación

Se basó en la norma cubana NC 34-37:2003, adecuada a la tracción animal, la misma establece los tiempos y demás índices a tomar en cuenta durante la referida evaluación. Los tiempos cronometrados (h) y registrados durante las pruebas tecnológicas y de explotación fueron:

- T_1 , Tiempo limpio de trabajo;
- T_2 , Tiempo auxiliar;
- T_3 , Tiempo consumido en el mantenimiento técnico del apero, colocación de yugos y aperos, además de su regulación;
- T_4 , Tiempo para la eliminación de fallos;
- T_5 , Tiempo de descanso del personal de servicio de los animales y aperos (Tiempo para las necesidades fisiológicas y descanso del boyero y los animales);
- T_6 , Tiempo de traslados en vacío;
- T_7 , Tiempo de mantenimiento técnico del apero y;
- T_8 , Tiempo de paradas por causas ajenas a la yunta y el apero;
- T_g , Tiempo general de ensayos.

El tiempo auxiliar (T_2), se determinará, como:

$$T_2 = T_{21} + T_{22} + T_{23} \quad (3)$$

donde:

- T_{21} , tiempo de viraje de los animales, h;
- T_{22} , tiempo de traslado en el lugar de trabajo, h;
- T_{23} , el tiempo de paradas tecnológicas, h.

El tiempo T_3 estará compuesto, por:

$$T_3 = T_{31} + T_{32} + T_{33} \quad (4)$$

donde:

- T_{31} , tiempo para la ejecución del mantenimiento técnico diario de los aperos y arneses, además incluye la revisión corporal y alimentación de los animales de trabajo, h;
- T_{32} , tiempo para la preparación de los animales y aperos para el trabajo (Tiempo para el enlazado de los animales; tiempo para llevar los animales en su posición de transporte y de trabajo, cuando los animales se trasladan de un campo a otro o del establo al campo; tiempo invertido en cambiar el esquema tecnológico de la los animales hacia otro tipo de trabajo; tiempo para enyugar, acoplar y quitar los aperos y otros), h;
- T_{33} , tiempo para realizar las regulaciones del apero, los arneses y el yugo, h.

El tiempo para la eliminación de fallos (T_4), se calculará como:

$$T_4 = T_{41} + T_{42} \quad (\text{Nyssen } et \text{ al.}) \quad (5)$$

donde:

- T_{41} , tiempo para la eliminación de los fallos tecnológicos, h;
- T_{42} , tiempo para eliminar los fallos técnicos, h.

El tiempo de descanso del personal de servicio de los

animales y aperos (T_5) y será la suma de los tiempos de parada por las necesidades fisiológicas y de descanso de los animales y boyero.

El tiempo de traslados en vacío (T_6) será la suma:

$$T_6 = T_{61} + T_{62} \quad (6)$$

donde:

- T_{61} , tiempo de traslado del encierro o establo al campo o viceversa, h;
- T_{62} , tiempo de traslado de un campo a otro o entre parcelas a para continuar el trabajo, h.

El tiempo de mantenimiento técnico del agregado al apero en ensayo (T_7) no se tomó en cuenta porque no hubo máquina agregada a los arados.

El tiempo de paradas por causas ajenas a la yunta y el apero (T_8), será la suma:

$$T_8 = T_{81} + T_{82} + T_{83} \quad (7)$$

donde:

- T_{81} , tiempo de parada por falta de alimento, agua, transporte, piezas de repuestos, esfera de preparación del campo para el trabajo y otros, h;
- T_{82} , tiempo de paradas por lluvia, rocío, vientos fuertes, alta o baja temperatura, alta humedad de los campos o cultivos, h;
- T_{83} , tiempo para tomar muestras y pesarlas, fotografiado, almuerzo del personal, eliminación de los desperfectos de la máquina agregada a la prueba, recepción de instrucciones y otros.

El tiempo general de ensayo (T_g), será la suma de todos los tiempos anteriores:

$$T_g = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 \quad (8)$$

Con estos datos y basados en las indicaciones de la NC 34-37:2003, se obtendrán la productividad para los diferentes tiempos de explotación, es decir la productividad de trabajo por hora de tiempo limpio (W_{01}); la productividad por hora de tiempo operativo (W_{02}); la productividad por hora de tiempo productivo (W_{03}); y la productividad por hora de tiempo explotación (W_{07}); Se determinó además el volumen de trabajo realizado por el conjunto arado-yunta; el coeficiente de pases de trabajo (K_{21}); coeficiente de mantenimiento técnico (K_3); coeficiente de seguridad tecnológica (K_{41}); coeficiente de utilización del tiempo productivo (K_{04}); y el coeficiente de utilización del tiempo de explotación (K_{07}).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la parcela de pruebas

El suelo de la parcela de pruebas es del tipo Regosol (IUSS Working Group WRB, 2006), de textura arenosa franca (80,4 de arena, 5,6 de arcilla y 14 de limo). Las dimensiones de la misma fueron 230x160 m. El terreno es llano con una pendiente inferior al 5% y la pedregosidad baja o casi nula. La humedad promedio del terreno fue de 8,6% y la densidad aparente de 1,42 g/cm³. El arado metálico posee una masa de 14 kg y el de madera 23 kg.

Parámetros de operación del arado

En la Tabla 1 se muestran los parámetros de operación de los arados, mostrando que la velocidad de trabajo en el arado metálico fue superior en un 7% al arado de madera, de igual forma el ancho del surco fue mayor en un 8% para el arado de metal, aspectos que tributan directamente en el aumento de la productividad y mejora los índices de explotación de dicho arado.

TABLA 1. Parámetros de operación de los arados

Apero	Velocidad de trabajo, m/s	Profundidad del surco, m	Ancho del surco, m
Arado metálico	0,85	0,199	0,60
Arado criollo	0,79	0,197	0,55

Resultados del cronometraje

El registro de los tiempos cronometrados durante la jornada de trabajo en un área total Q= 3,13 ha mostró (Tabla 2), que el tiempo general fue de 15,58 h para el arado de metal y madera respectivamente. El tiempo de trabajo limpio (T_1) fue superior en 17,09 h en el arado metálico, esto se debió fundamentalmente a que en el arado de metal no se registraron pérdidas de tiempo para la eliminación de fallos (T_4), además de ser mayor el tiempo de paradas para el descanso del boyero (T_5). A esto se le suma que los tiempos consumidos en los virajes fueron ligeramente superiores durante el trabajo con el arado de madera. Estos resultados evidencian que el tiempo efectivo durante el trabajo de los arados es superior en la nueva variante (arado de metal) que en la variante tradicional (arado de madera).

TABLA 2. Resultados del cronometraje

		Arado de metal					Arado de madera				
		Réplicas					Réplicas				
		AM-1	AM-2	AM-3	AM-4	□	AP-1	AP-2	AP-3	AP-4	□
Tiempo, h	T_1	3,34	2,10	1,40	2,36	9,21	1,76	2,05	3,14	2,44	9,39
	T_2	0,46	0,29	0,13	0,22	1,10	0,35	0,27	0,41	0,29	1,32
	T_3	0,43	0,25	0,25	0,42	1,35	0,27	0,26	0,43	0,43	1,38
	T_4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,16	0,10	0,09	0,42
	T_5	0,47	0,30	0,16	0,10	1,03	0,32	0,34	0,78	0,15	1,59
	T_6	0,03	0,03	0,04	0,04	0,14	0,04	0,04	0,08	0,07	0,22
	T_8	1,37	0,00	0,00	1,38	2,75	0,00	0,00	1,39	1,38	2,77
	T_g	6,11	2,98	1,98	4,50	15,58	2,81	3,11	6,33	4,85	17,09
Área Laborada, ha	Q	0,60	0,37	0,25	0,46	1,68	0,28	0,32	0,48	0,37	1,45

donde: AM, arado de metal; AC, arado de madera.

El análisis de la distribución porcentual del tiempo (Figura 1), mostró la superioridad del arado de metal con respecto al arado de madera, pues en este, el tiempo limpio de trabajo fue superior, representando el 59,11% del tiempo general de la prueba (T_g), es decir aprovechó en un 4,16% más la jornada de trabajo. Estas diferencias están dadas fundamentalmente porque el arado de madera consumió más tiempo en los virajes (0,69%), ya que es un arado que prácticamente duplica el peso del metálico haciéndolo menos maniobrable, además de agotar más a los boyeros. Además el tiempo para la eliminación de fallos fue un 24,3% superior para el arado de madera, ya que en el de metal no se registraron pérdidas por este concepto. Esta problemática estuvo dada fundamentalmente porque durante el trabajo con el arado de madera se registraron varias paradas para eliminar los embasamientos o embotamientos de residuos vegetales que se acumularon entre el pértigo y el órgano de trabajo, dificultando la penetración del arado, aspecto que obliga al yuntero a parar para eliminar dichos residuos. De igual forma sucede con el tiempo de descanso y necesidades fisiológicas del boyero y los animales (T_5), pues en el arado de madera este fue un 2,65% mayor que en el arado de metal, aspecto que estuvo dado por el peso del arado y su maniobrabilidad,

El tiempo empleado en el mantenimiento, traslado y enyugue de los animales de tiro (T_3), fue ligeramente superior en el arado de metal (0,6%), pues en el mismo se realizan más operaciones para el acople del apero con la yunta.

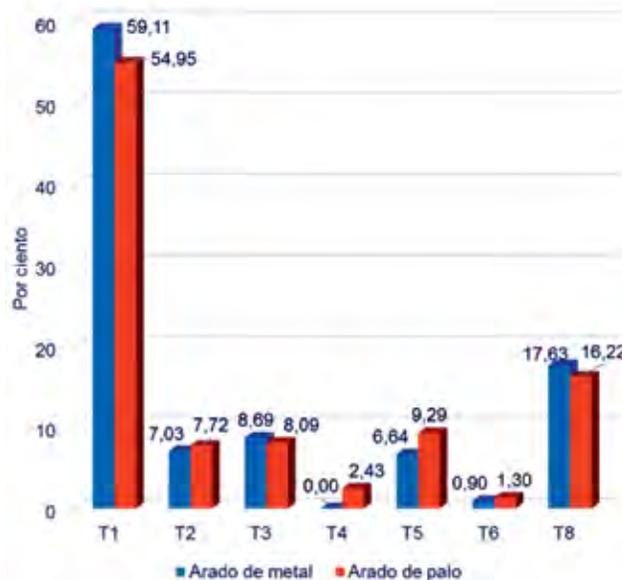


FIGURA 1. Tiempos de la evaluación.

Índices de productividad

Los resultados de la evaluación de la productividad de los arados metálico y de madera durante la labor de

surcado mostraron (Figura 2), que el arado metálico tiene una productividad de trabajo por hora de tiempo limpio (W_1) mayor en 17% que el arado metálico, de igual forma la productividad de trabajo por hora de tiempo operativo (W_{02}) fue mayor en 19% para el mismo arado. Resultados que están dados porque la mayor velocidad de trabajo del arado de metal, así como el menor tiempo consumido en los virajes.

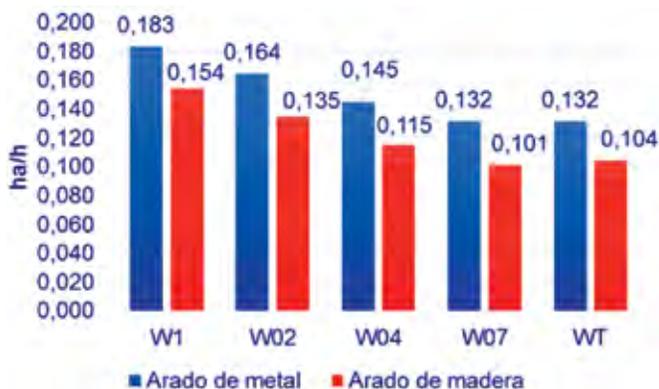


FIGURA 2. Productividades de los arados investigados.

Resultados similares se obtuvieron al analizar la productividad de trabajo por hora de tiempo productivo (W_{04}), por hora de tiempo de explotación (W_{07}) y por tiempo turno sin fallo (W_1), pues estas fueron mayores en un 14, 23, y 21% respectivamente, para el arado metálico con respecto al arado de madera. Los mismos estuvieron dados porque durante el trabajo con el arado metálico no se observaron paros por embotamiento del órgano de trabajo. Además el arado metálico tiene una mayor velocidad de trabajo propiciando el aumento de la productividad. Se observó además que el boyero tuvo que hacer maniobras frecuentes con las manos y pies sobre el arado criollo para aplicar fuerzas y momentos con el fin de estabilizar el arado y conservar la profundidad del surco.

Al comparar estos resultados con los obtenidos durante la evaluación de aperos de tracción animal desarrollados en otras latitudes, se puede afirmar que el nuevo arado desarrollado (metálico) posee una mayor productividad por tiempo limpio que el Multiarado 6 en $1 W_{01} = 0,12$ ha/h (Ronzone-Rebelino *et al.*, 1999), y muy cercana a la del Yunticultor de tres surcadores $W_{01} = 0,20$ ha/h (Vento *et al.*, 2000). En esta comparación se obvian las condiciones de suelo y operación pues son datos que los autores de estos trabajos omiten.

Resultado de los coeficientes de explotación

En cuanto a los indicadores de explotación (Figura 3), el coeficiente de pases de trabajo (K_{21}) correspondiente al arado metálico fue superior en un 3% al del criollo, resultado atribuible a la mayor velocidad y ancho de trabajo del nuevo arado. El coeficiente de seguridad tecnológica (K_{41}), fue mayor en un 4% para el arado metálico, pues este no consumió tiempo en paradas por embotamiento.

De igual forma, en lo referente al coeficiente de utilización del tiempo productivo (K_{04}) este arado mostró indicadores superiores en un 5% a los del criollo, lo cual se debe a la mayor velocidad de trabajo y la ausencia de paradas por embotamiento de este arado. El análisis del coeficiente de utilización K_{07} del tiempo de explotación mostró que, durante la labranza con el arado metálico se aprovecha más el tiempo de trabajo que cuando se emplea el arado de madera, pues en el caso del arado de metal tomó valores promedios de $K_{07} = 0,72$, con una varianza de $S = 0,23$, un error $e = 0,12$ y un coeficiente de variación $Cv = 3,22\%$, sin embargo para el arado de madera los valores de este coeficiente fueron inferiores ($K_{07} = 0,66$) en un 8,33% ($S = 0,33$, $e = 0,17$, $Cv = 5,10\%$). La diferencia en el aprovechamiento del tiempo limpio entre ambos arados está dada fundamentalmente por la posibilidad que tiene el arado metálico de trabajar a una mayor velocidad, además de poseer un mayor ancho de trabajo. Cuando el boyero labra con dicho arado utiliza un tiempo de descanso (T_5) menor en un 35% que el usado con el arado de madera. En el caso del viraje, el boyero utilizó un 17% más del tiempo (T_2) cuando laboró con el arado de madera, lo cual puede atribuirse a que este arado excede en un 30% el peso del nuevo arado de metal, dificultando la maniobra y propiciando un mayor cansancio en el boyero.

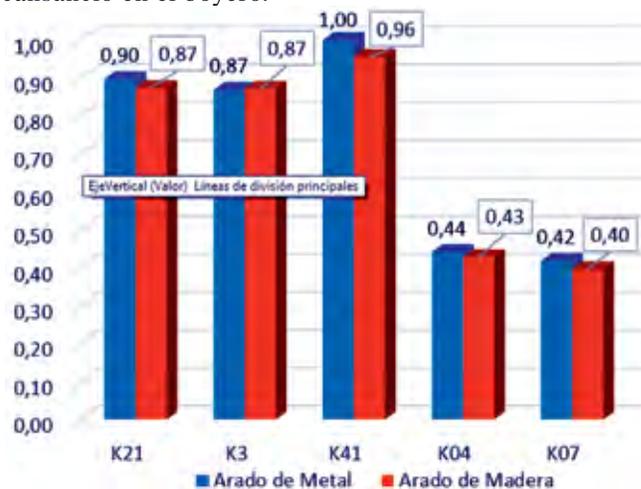


FIGURA 3. Coeficientes de explotación de los arados metálico y criollo.

CONCLUSIONES

- La evaluación tecnológica y de explotación de los arados mostró un mayor aprovechamiento de la jornada de trabajo para el arado de metal, pues el tiempo de trabajo sin interrupciones o tiempo limpio (T_1), fue un 4% superior al del arado de madera, representando este un 59% del tiempo general (T_g) consumido durante el trabajo.
- El arado de metal mostró indicadores de productividad superiores al arado metálico sobrepasando en un 15,8% la productividad por hora de tiempo limpio; en un 17,7% la productividad de tiempo operativo; en un 20,7% la productividad por hora de tiempo productivo; en un 21,2% la productividad sin fallos; y en un 23,8% la productividad por hora de tiempo de explotación.

- El arado metálico es superior al de madera en lo referente al ancho de trabajo (8%) y velocidad de trabajo (7%).
- La determinación de los coeficientes de explotación evidenciaron la superioridad del arado metálico sobre el arado de madera, dada la inexistencia de fallos y paradas para eliminación de embasamientos, además de poseer un menor peso y mayor maniobrabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUALGASIM, M. R.; M. H. DAHAB: "The Study of suitable effective use of machinery in farming research station (Elrawakeeb) –west of Khartoum - Sudan", *Research Journal of Agricultural and Environmental Management*, ISSN 2315-8719, 2 (7): 164-168, 2013.
- CELIK, A.; M. G. BOYDAS; S. ALTIKAT: "A comparison of an experimental plow with a moldboard and a disk plow on the soil physical properties", *Applied Engineering in Agriculture*, ISSN 0883-8542, 27 (2): 185-192, 2011.
- DIEGO, F. N.; M. S.-. HERRERA; A. E. C. GARCÍA DE LA FIGAL; J. V. RUIZ: "Análisis resistivo de un nuevo arado de tracción animal mediante el Método de Elementos Finitos (MEF)", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN 1010-2760, 21 (1): 68-72, 2012.
- GHOSAL, M. K.; D. BEHERA; A. K. MOHAPATRA: "Development and performance evaluation of an iron plough for secondary tillage in vegetable cultivations", *The Asian Journal of Horticulture*, ISSN 0973-4767, 7 (2): 429-433, 2012.
- GULSOYLU, E.; E. CAKIR; E. AYKAS; H. YALCIN; B. CAKMAK; A. CAY: "Determination of the Field Performances of Different Types of Chisel Legs", *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, ISSN 1310-0351, 18 (5): 794-800, 2012.
- HAMMAD, E. A.; A. OBEID; S. A. GADIR; S. A. IDRIS: "Performance of Conventional and Locally Fabricated Chisel Plows in Canefields of the Sudanese Sugar Company", *Greener Journal of Agricultural Sciences*, ISSN 2276-7770, 3 (7): 598-605, 2013.
- HURTADO DE MENDOZA, P. B.; H. C. HAROLDO CARLOS FERNANDES; A. BIANCHINI; J. C. DE SOUZA MAIA; Z. H. MORAIS DOS SANTOS: "Movilización del suelo en tres sistemas de preparo", *Engenharia na agricultura*, ISSN 1414-3984 20 (6): 519-528, 2012.
- IUSS WORKING GROUP WRB: *World reference base for soil resources 2006*, pp. 128, ISBN 92-5-105511-4, FAO, Rome, 2006.
- NAYAK, V. K.; A. VERMA: "Performance evaluation of animal drawn multipurpose tool carrier for tillage and Biasi operations", *International Journal of Agricultural Engineering*, ISSN 0974-2662, 5 (2): 254-259, 2012.
- NC 20:1999: *Determinación de la granulometría de los suelos*, 15.pp, Vig. 1999.
- NC 34-37:2003: *Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación Tecnológico-explotativa*, 19.pp, Vig. 2003.
- NC 3447:2003: *Metodología para la determinación de las condiciones de ensayo*, 13.pp, Vig. 2003.
- NEGRETE, J. C.; A. L. TAVARES; R. L. TAVARES: "Diseño de tractores agrícolas en México", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN 1010-2760, 21 (1): 5-11, 2012.
- NYSSSEN, J.; B. GOVAERTS; T. ARAYA; W. M. CORNELIS; H. BAUER; M. HAILE; K. SAYRE; J. DECKERS: "The use of the marasha ard plough for conservation agriculture in Northern Ethiopia", *Agron. Sustain. Dev.*, ISSN 1774-0746, (31): 287-297, 2011.
- ORTIZ, H. L.; D. RÖSSEL: "Current Status of Animal Traction in Mexico", *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, ISSN 0084-5841, 38 (1): 83-88, 2007.
- RONZONI-REBELINO, C.; H. BOUZA-GONZÁLEZ; R. E. VALDIVIA: "Nuevo implemento de tracción animal para una agricultura ecológica", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN 1010-2760, 8 (3): 87-90, 1999.
- STRESSER, G.: *El arado criollo en México y América Central*, 1ra ed, pp. 107, ISBN 968-6029-03-6, México, D.F., Estados Unidos Mexicanos, 1988.
- UJOH, F. T.; F. UJOH: "Effects of Different Tillage Operations on Rice Yield at Yandev, Central Nigeria", *Agriculture Science Developments*, ISSN 2306-7527, 3 (1): 132-138, 2014.
- VENTO, R.; F. PONCE; J. PACHECO: "Estudio de los implementos mejorados de tracción animal en la provincia de Pinar del Río", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN 1010-2760, 9 (3-4): 93-98, 2000.

Recibido: 30/06/2014.

Aprobado: 08/01/2015.

Publicado: 15/02/2015.