


Influencia de la posición y número de los cuerpos del arado de cincel en un suelo de sabana de Venezuela

Shank number and position performance of a rigid chisel plough in a savannah soil of Venezuela

Américo J. HOSSNE GARCÍA  y Enmanuel A. ÁLVAREZ C.

Escuela de Ingeniería agronómica, Núcleo Monagas, Universidad de Oriente, *Campus* Los Guaritos, Maturín, 6201-A. Estado Monagas, Venezuela. Apartado Postal 414. Email: americohossne@cantv.net.

 Autor para correspondencia

Recibido: 29/08/2007 Fin de primer arbitraje: 11/10/2007 Primera revisión recibida: 21/11/2007
Fin de segundo arbitraje: 10/12/2007 Segunda revisión recibida: 12/12/2007 Aceptado: 17/12/2007

RESUMEN

El arado de cincel es considerado como un implemento de mínima labranza por dejar restos vegetales en la superficie del suelo. La cantidad de dióxido de carbono que se pierde durante la labranza depende del implemento que se utilice, el rastreo con discos causa mayor pérdida que el arado de cincel. El arado de cincel se introdujo en Venezuela desde 1973. La ejecución eficiente del arado de cincel es función de la posición de los cuerpos en el bastidor. Los objetivos específicos del presente trabajo consistieron en relacionar el número, la distancia y la posición de los cuerpos con la densidad aparente, la humedad, la porosidad, la eficiencia, la capacidad efectiva, la profundidad de trabajo, el requerimiento de tracción, el control de maleza y el tamaño de los terrones. Se utilizó un tractor John Deere 4240 de 82 kW, un arado de cincel montado marca Bonford Superflow modelo estándar de 7 cuerpos móviles, con un ancho de corte máximo de 2,44 m. Se empleó un diseño de bloques al azar con ocho tratamientos que consistieron en variar el número, posición y distancia de los cuerpos con cinco repeticiones. Se realizó un análisis de varianza convencional entre los ocho tratamientos y las diferencias entre ellos se detectaron mediante la prueba de la Mínima Diferencia Significativa con ($p \leq 0,05$). La densidad aparente fluctuó entre 1,49 y 1,63 Mg m⁻³; la porosidad entre 32,59 y 37,78%; la profundidad de labor entre 24,86 y 28,80 cm, la humedad del suelo entre 10,63 y 14,58 cm³ cm⁻³. El mejor control de maleza fue para la posición en V de cinco cuerpos, con 25 cm de separación entre cuerpos. Se concluyó recomendando el orden posicional adecuado de los cuerpos para los parámetros estudiados, incluyendo residuos vegetales.

Palabras clave: Arado de cincel, posición y número de cuerpos, influencia, suelos de sabana.

ABSTRACT

The chisel plough is considered as a farm minimum tillage tool for leaving mulch remaining on the soil surface. The quantity of carbon dioxide that gets lost during tillage depends on the used implement; the disk harrow causes bigger loss than the chisel plough. The chisel plough has been introduced in Venezuela since 1973. The efficient performance of the chisel plough is function of the position of the bodies in the frame. The specific objectives consisted on relating the number, distances and position of the shank with the bulk density, water content, porosity, efficiency, field capacity, working depth, draft requirement, weed control and clod size. An 82 kW John Deere 4240 tractor was used, and a mounted chisel plough Bonford Superflow standard model of 7 mobile chisel, with a maximum working width of 2,44 m. A blocks design at random was used with eight treatments that consisted on varying the number, position and distance of the shanks with five repetitions. A conventional variance analysis was carried out among the eight treatments and the differences among them were detected by means of the Minimum Significant Difference Test with ($p \leq 0.05$). It was obtained: the apparent density between 1,49 and 1,63 Mg m⁻³; the porosity between 32,59 and 37,78%; the depth between 24,86 and 28,80 cm, soil humidity between 10,63 and 14,58 cm³ cm⁻³; the best weed control was for the position in V of five bodies, with 25 cm among bodies. On concluded, recommending the appropriate positional order of the bodies for the studied parameters, including weed residuals.

Key words: Chisel plough, shank position and number, performance, savannah soil.

INTRODUCCIÓN

La labranza conservacionista es un término general que ha sido definido como "cualquier secuencia de labranzas que tiende a reducir las pérdidas de suelo y agua, en comparación con las de la labranza convencional" (Lal, 1995). Normalmente se refiere a un sistema de labranza que no invierte el suelo y que mantiene los rastros sobre la superficie. Otra definición de labranza conservacionista utilizada es "cualquier sistema de labranza o siembra que mantenga al menos 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos después de la siembra, para reducir la erosión hídrica" (Unger *et al.* 1975). Los sistemas de cultivo conservacionistas están actualmente definidos como cualquier sistema de cultivo o siembra que deje 30% del residuo de la cosecha anterior en la superficie del suelo después de la siembra (Gough *et al.* 1994).

El arado de cincel es considerado como un implemento de mínima labranza debido a que deja restos vegetales en la superficie del suelo. La cantidad de dióxido de carbono que se pierde durante la labranza depende del implemento que se utilice, el rastreo con rastras de discos causa mayor pérdida que el arado de cincel. Los suelos no perturbados por labranzas tienen poca pérdida de CO₂ similar a los suelos que son labrados con arados de cincel debido a que poco material es incorporado al suelo. Son varios los implementos existentes para el proceso de la labranza primaria; y todos, han sido utilizados en el campo agrícola de este país. El fracaso de ellos se nota por la carencia de uso en muchas áreas; por ejemplo en los llanos orientales no se practica la labranza primaria. El objetivo general de este trabajo

consistió en estudiar la influencia de las posiciones y separaciones de los cuerpos de cincel en la labranza de un suelo de sabana del Estado Monagas. Los objetivos específicos consistieron en relacionar el número y posición de los cuerpos con la densidad aparente, la humedad, la porosidad, la velocidad de trabajo del equipo, la capacidad efectiva, la eficiencia, la profundidad de trabajo, el requerimiento de tracción, el control de malezas y el tamaño de los terrones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en un suelo franco arenoso de sabana con las características físicas y químicas que se detallan en el Cuadro 1, en Jusepín, Estado Monagas, situado a 147 m.s.n.m. y coordenadas geográficas de 9° 41' 33" latitud norte y 63° 23' de longitud oeste; con una precipitación anual de 1127 mm y una temperatura media anual de 27,5 °C. Bajo una vegetación típica de sabana: Chaparro (*Curatella americana* (Dilleniaceae), Merey (*Anacardium occidentale*), Paja Peluda (*Trachypogon* y *Axonopas* sp), Manteco (*Byrsonima crassifolia* Malpighiaceae, Mastranto (*Hyptis suaveolens* Lamiaceae, Gramineas, Ciperaceas, etc. El suelo en estudio pertenece al grupo de los Oxic Paleustults familia de temperatura Isohipertérmic (Soil Survey Staff, 2006). El Cuadro 2 presenta las malezas existentes para el momento del ensayo. Estos suelos ocupan una extensa área de suelos agrícolas venezolanos y son utilizados en la explotación de muchos rubros, con labores de encalado y fertilización, como maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) y pastizales.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo de sabana franco arenoso a la profundidad de 0 a 30 cm utilizado en el ensayo en Jusepín, Estado Monagas, Venezuela.

Característica	Valor							
pH	4,90							
Materia orgánica (%)	1,60							
Capacidad de intercambio (me/100 g)	3,92							
K intercambiable (me/100 g)	0,25							
P "aprovechable" (mg kg ⁻¹)	3,52							
Humedad equivalente cm ³ cm ⁻³	8,40							
Componentes Edáficos (%)								
Profundidad cm	Arena muy gruesa	Arena gruesa	Arena media	Arena fina	Arena muy fina	Limo	Arcilla Caolinita	Materia orgánica
0 – 15	0,22	2,91	12,18	39,13	13,93	19,43	12,2	0,38
15 – 30	0,52	2,23	11,07	41,09	10,51	18,38	16,2	0,27

En la Figura 1 se muestra el arado de cincel utilizado en el estudio. Se puede observar la forma y posición de los cincelos rígidos en el bastidor del

arado, el cual permite variar las posiciones resultando en un implemento con acciones diferentes. El peso del bastidor fue de 268 kg y el de cada cuerpo o cincel

Cuadro 2. Malezas encontradas en el área experimental en Jusepín, Estado Monagas, Venezuela.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Cadillo de burro	<i>Triunfetta lappula</i> L. <i>Paspalum</i> sp.	Tiliaceae
Paja conyira	<i>Centratherum maticum</i> (H.B.K.) Less	Compositae
Potoquita	<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) Br.	Gramínea
Escoba	<i>Eragrostis maypurensis</i> (H.B.K.) Sturd	Gramínea
Paja Rosada	<i>Sida rhombifolia</i> L. <i>Sida glomerata</i> Cav. <i>Sida glutinosa</i> Commers	Malvaceae
Tucupen	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	Gramínea
Lanúa	<i>Antephora hermaphrodita</i> L. Kuntze	Poaceae
Botuco	<i>Cochlaspermum orinaceuse</i>	Cochlospermaceae
Verbena	<i>Stachytarpheta cayenensis</i> (L.G. Kich) Vahl	
Stylosanthes	<i>Stylosanthes</i> sp.	Fabaceae
Cariquito coloreado	<i>Lantana camara Vas aculeata</i> (L) Moldenke	Verbenaceae
Cadillo	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Graminae
San Francisco	<i>Borreria verticillata</i> (L) Mey	Rubiaceae
Arestin	<i>Leassia patellaria</i> D.C. Digitaria	Baesalpinaceae
Brusquilla	<i>Bassia crutrifolia</i> (H.B.K.) Br	Baesalpinaceae
Mastranto	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit	Lamiacea
Jala pa' tras	<i>Schrankia leptocarpa</i> D.C.	Minosaceae



Figura 1. Vista del arado de cincel, armado de cinco cuerpos en V, utilizado en el estudio marca Bonford Superflow modelo estándar de 7 cuerpos móviles.

de 28,12 kg. Esto condujo a la obtención de ocho tratamientos a los cuales se les hizo el estudio evaluando: profundidad, velocidad, ancho de corte, control de malezas, humedad, densidad seca, porosidad, tamaño de los terrones, tracción, eficiencia y capacidad efectiva.

Los tratamientos consistieron en ocho métodos (diseño de trabajo) conformados por el número, posición y la distancia entre los cincelos. Se emplearon parcelas de 50 m por 20 m con cinco repeticiones en un diseño en bloques completos al azar, con un total de diez observaciones por parámetro por repetición. Se determinaron los siguientes parámetros: la densidad aparente, la humedad, la porosidad, la velocidad de trabajo del equipo, la capacidad efectiva, la eficiencia, la profundidad de trabajo, el requerimiento de tracción, el control de malezas y el tamaño de los terrones. Se realizó un análisis de varianza convencional entre los ocho tratamientos (métodos) y las diferencias entre ellos se detectaron mediante la prueba de Mínima Diferencia Significativa. El nivel de probabilidad utilizado fue 5 %. Las Figuras 2 a 9 muestran las características de cada método.

Se utilizó un tractor John Deere 4240 de categoría II y III, potencia máxima en la toma de fuerza a 2200 rpm 82 kW (110 hp), máxima potencia a velocidad de régimen 82,82 kW, peso total con lastre 6.468 kg y sin lastre 5.361 kg.

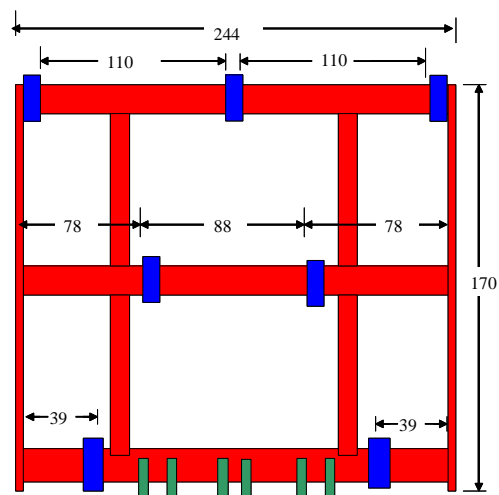


Figura 3. Método 2. Posición de siete cuerpos con separación de 25 cm utilizado en la Parcela 2. Dimensiones en centímetros.

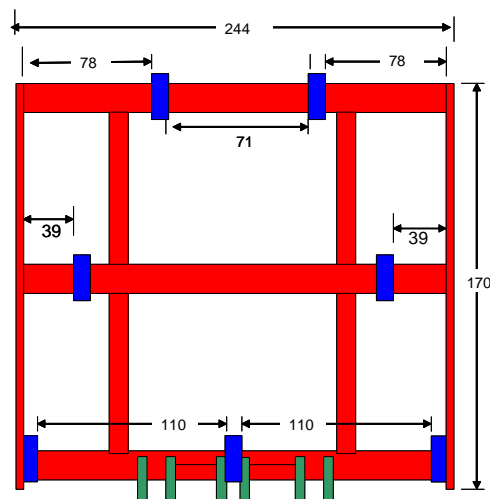


Figura 4. Método 3. Posición de siete cuerpos con separación de 25 cm utilizado en la Parcela 3. Dimensiones en centímetros.

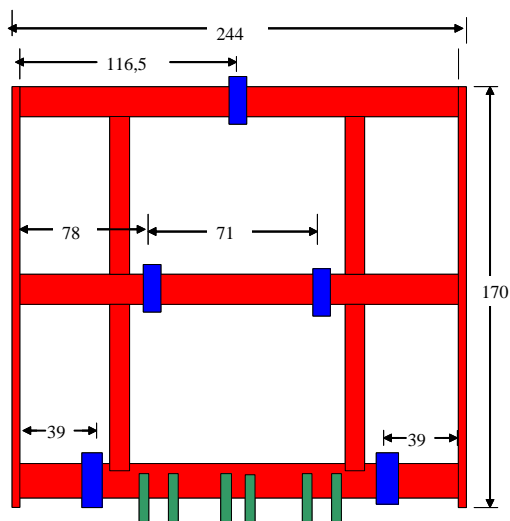


Figura 2. Método 1. Posición de cinco cuerpos con separación de 25 cm utilizado en la Parcela 1. Dimensiones en centímetros.

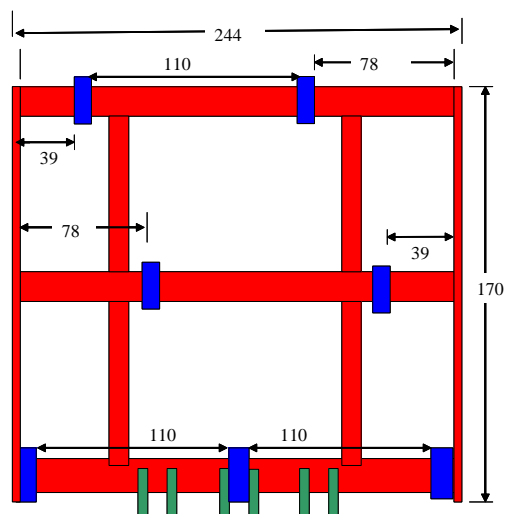


Figura 5. Método 4. Posición de siete cuerpos con separación de 25 cm utilizado en la Parcela 4. Dimensiones en centímetros.

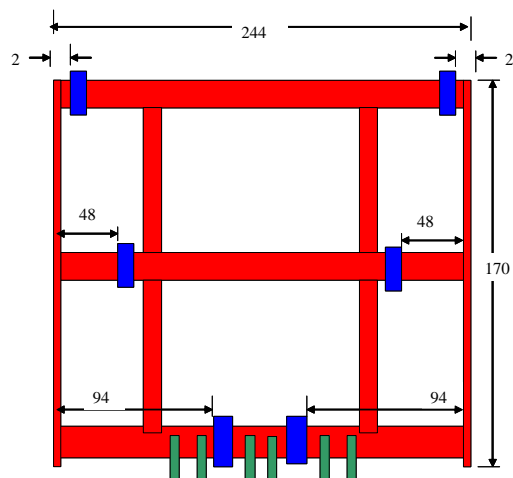


Figura 6. Método 5. Posición de seis cuerpos con separación de 32 cm utilizado en la Parcela 5. Dimensiones en centímetros.

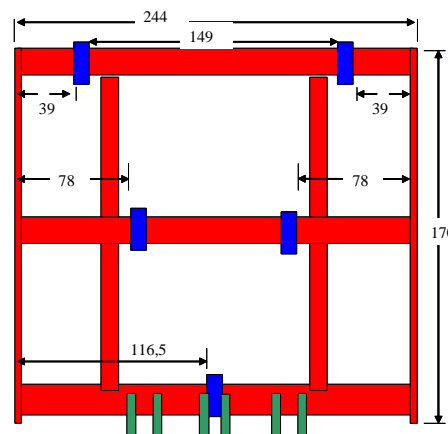


Figura 9. Método 8. Posición de cinco cuerpos con separación de 25 cm utilizado en la Parcela 8. Dimensiones en centímetros

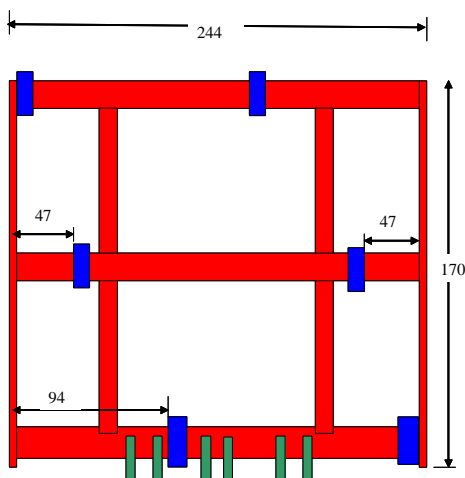


Figura 7. Método 6. Posición de cinco cuerpos con separación de 33 cm utilizado en la Parcela 6. Dimensiones en centímetros.

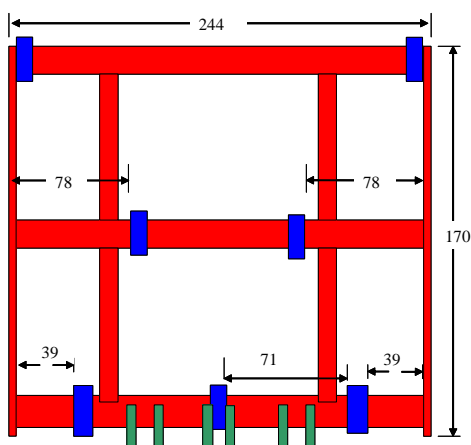


Figura 8. Método 7. Posición de siete cuerpos con separación de 25 cm utilizado en la Parcela 7. Dimensiones en centímetros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 3 presenta los promedios para cada método de: densidad seca (ρ_s), la porosidad (n), humedad (w), tamaño de los terrones, tracción, eficiencia (EF), capacidad efectiva (CE), profundidad y malezas de hoja ancha y angosta antes y después de la labor. La relación entre la tracción, la humedad, profundidad, diámetro de los terrones y los métodos son mostrados en la Figura 10. Se observa que para el Método 1, los mayores terrones se produjeron para una tracción baja, menor humedad y menor profundidad. Los terrones de menor diámetro se formaron para una humedad mayor, una tracción media y una profundidad media. Payne (1956) encontró que la tracción de un arado con cincelos rectos de 10 cm de ancho fue de 9,17 kN con un ángulo de ataque de 160° y 1,94 kN con ángulo de ataque de 20° . Khalilian *et al.* (1988) midieron requerimientos de tracción y energía de varios implementos de labranza, demostrando que el requerimiento de tracción aumentó con la profundidad y obtuvieron valores de 2,68 kN/unidad para el cincel, a una profundidad de 25 cm y velocidad de 6,4-7,20 km h⁻¹ de velocidad. Marrón *et al.* (1988) en su trabajo utilizaron arados de cincel rígidos con nueve cuerpos, con espaciamiento entre cuerpos de 0,35 m, 0,28 m y 0,20 m: Estos autores hallaron que los requerimientos de tracción obtenidos fueron de 8,92 kN/unidad, 10,32 kN/unidad y 9,85 kN/unidad respectivamente para una velocidad de 8,5 km h⁻¹. Concluyendo que al disminuir el espaciamiento entre cuerpo aumentó el requerimiento de tracción. Estos resultados coinciden con los obtenidos en este trabajo. De acuerdo a Gupta y Larson (1979) la humedad del suelo para la labranza

Cuadro 3. Promedios de los parámetros estudiados para cada método antes y después de la labor en un suelo de sabana franco arenoso en Jusepín, Estado Monagas, Venezuela.

Parámetros	Unidad	Métodos (Ver figuras 2 a 9)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
ρ_s	Antes	Mg m ⁻³	1,607	1,622	1,696	1,692	1,627	1,66	1,627	1,648
ρ_s	Después	Mg m ⁻³	1,512	1,604	1,516	1,499	1,608	1,577	1,625	1,632
n	Antes	%	33,328	32,686	29,638	29,775	32,504	31,132	32,496	31,617
n	Después	%	37,27	33,439	37,114	37,782	33,297	34,58	32,586	32,28
w	Antes	cm ³ cm ⁻³	11,91	11,7	11,38	13,9	12,53	12,03	14,88	14,71
w	Después	cm ³ cm ⁻³	11,98	10,63	12,38	13,5	12,69	12,24	14,5	14,58
Terrón		cm	6,27	5,32	4,36	4,35	4,68	5,26	4,39	3,2
Tracción		kN	53,59	58,2	56,88	56,22	54,58	55,57	57,21	55,57
EF		%	89,57	91,7	90,47	90,54	89,62	91,32	90,61	92,93
CE		ha h ⁻¹	0,77	1,14	1,15	1,16	1,17	1,17	1,14	0,77
Profundidad		cm	25,09	28,8	25,41	24,86	25,56	26,25	26,28	24,86
Hoja Ancha	Antes	%	97,74	57,69	52,94	44,76	35,9	27,93	59,09	32,56
Hoja Ancha	Después	%	31,58	24,13	20,29	15,81	24,1	27,09	21,27	26,35
Hoja Angosta	Antes	%	46,07	94,77	72,22	46,34	47,84	71,53	68,42	82,95
Hoja Angosta	Después	%	24,08	54,42	45	32,44	19,23	47,3	46,78	46,02

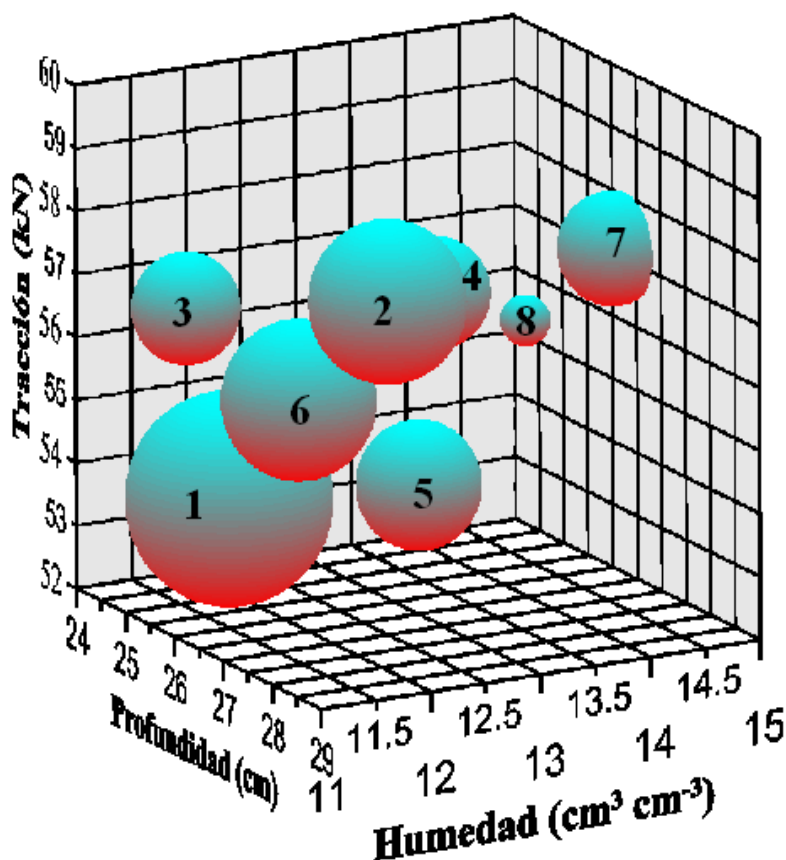


Figura 10. Relación entre la tracción, la humedad, profundidad, diámetro de los terrones y los métodos empleados en el estudio en un suelo de sabana franco arenoso en Jusepín, Estado Monagas, Venezuela.

debe estar cercana al agua matricial de 1,5 MPa. En tal potencial el contenido de humedad es de 35 a 40 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para arcillas, 22 a 25 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para franco arenos arcillosos, y 8 a 10 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para suelos franco arenosos. Al-Janobi *et al.* (2002) en experiencias realizadas con tres arados de cincel comunes, operando en un suelo franco arenoso bajo niveles diferentes de velocidad delantera y profundidad, encontraron que los cuerpos curvos dieron valores de fuerzas horizontales y verticales mayores que el de las otras formas. Datos similares fueron registrados en este trabajo.

Camacho y Rodríguez (2007) evaluaron implementos de labranza en un suelo franco con un contenido de arcilla del 22,1 %, 40,5 % de limo y 37,4 % de arena, en donde para el caso del cincel rígido, observó que la mayor área disturbada se presentó con un contenido de agua de 5 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, con formación de terrones de gran tamaño. Además, que las velocidades de operación de 4,02; 5,2 y 6,5 km h^{-1} analizadas no afectaron significativamente el área de

suelo disturbada y la mayor resistencia específica se presentó con 15 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, deduciendo que con contenidos altos de agua del suelo este implemento no era adecuado. Al respecto, en este trabajo se produjeron mayores terrones con la menor humedad, aunque la variación de humedad no fue significativa para los métodos ensayados, pero si para las repeticiones. Al respecto, en el suelo estudiado se forman terrones muy duros a bajos contenidos de humedad. Asimismo De Toro y Arvidsson (2003) reportaron que la labor en un suelo seco favorece la formación de terrones grandes y Steinhardt *et al.* (2006) reportaron que el arado de cincel que normalmente deja el suelo más suelto, dejó más terrones. La relación del diámetro de los terrones versus la humedad y la densidad seca para los ocho (8) métodos se presentan en la Figura 11. Se observa que el menor diámetro de los terrones fue para una humedad de alrededor 14 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, y los mayores para una humedad de alrededor 11,5 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; sin observarse influencia de la densidad seca. El mayor diámetro de terrones se halló con el Método 1.

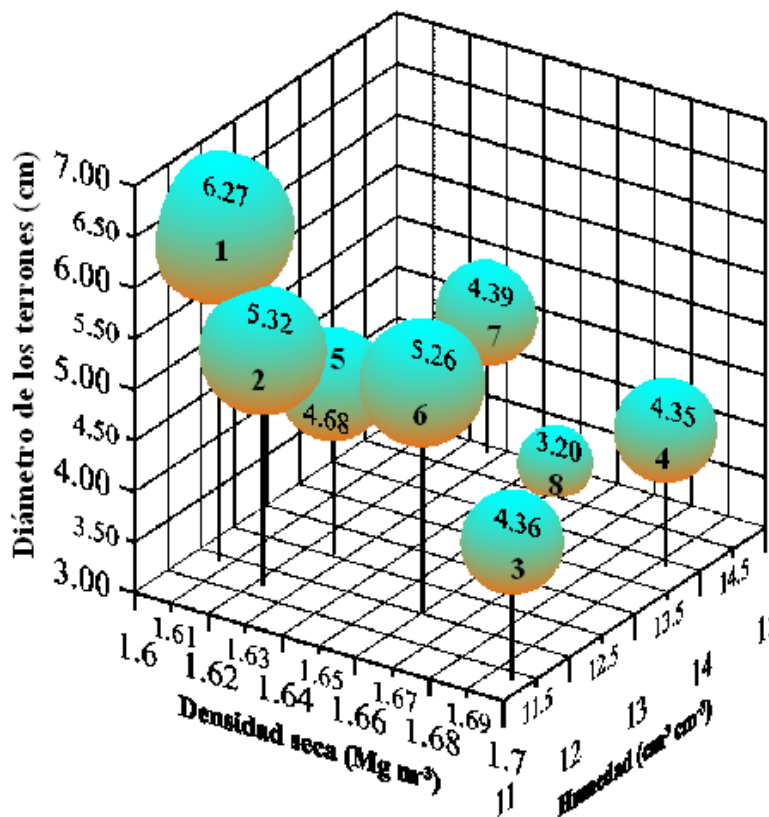


Figura 11. Relación entre el diámetro de los terrones, la humedad, densidad aparente seca y los métodos empleados en el estudio en un suelo de sabana franco arenoso en Jusepín, Estado Monagas, Venezuela.

Las Figuras 12 y 13 muestran la infestación de malezas para los diferentes métodos medidos cada seis días a partir del 12/12/2005. El mejor control se observa en los siguientes 12 días, y de allí en adelante empezó a aumentar la infestación con un pico máximo el 11/01/2006, 30 días después de la labor.

El control de malezas que produce el arado de cincel, no entierra los restos vegetales, sino que los deja en la superficie. Chow *et al.* (2000) reportaron

que el uso del arado de cincel en la labranza remueve el suelo sin inversión completa del mismo. Duiker (2007) expuso que el arado de cincel mezcla el suelo, y los residuos superficiales dejados son suficientes para eliminar pérdidas del amoníaco. Cuanto más ancho y más curvo es el cuerpo, la perturbación del suelo y la cobertura de restos vegetales será mucho más lograda. Por otra parte, Dickerson *et al.* (1967) encontraron que los residuos dejados por el arado de cincel después de una operación de labranza fueron

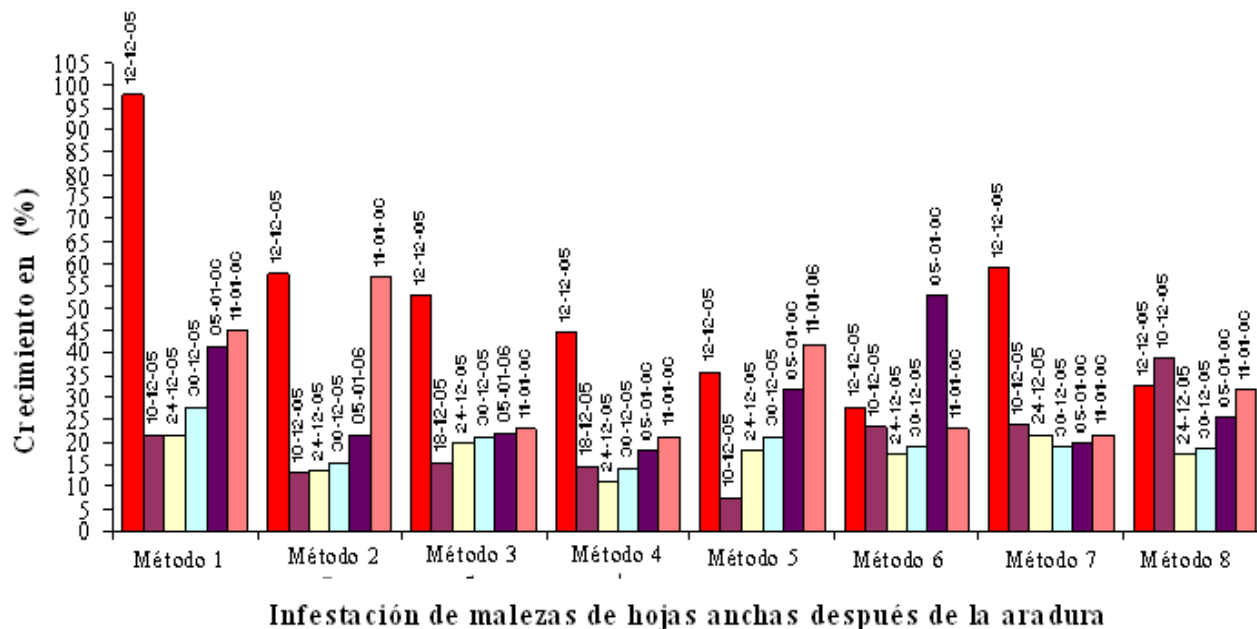


Figura 12. Infestación de malezas de hojas anchas después de la labor con cada uno de los ocho métodos empleados en el estudio con un suelo de sabana franco arenoso en Jusepín, Estado Monagas, Venezuela. (Métodos 1 al 8: Ver Figuras 2 al 9).

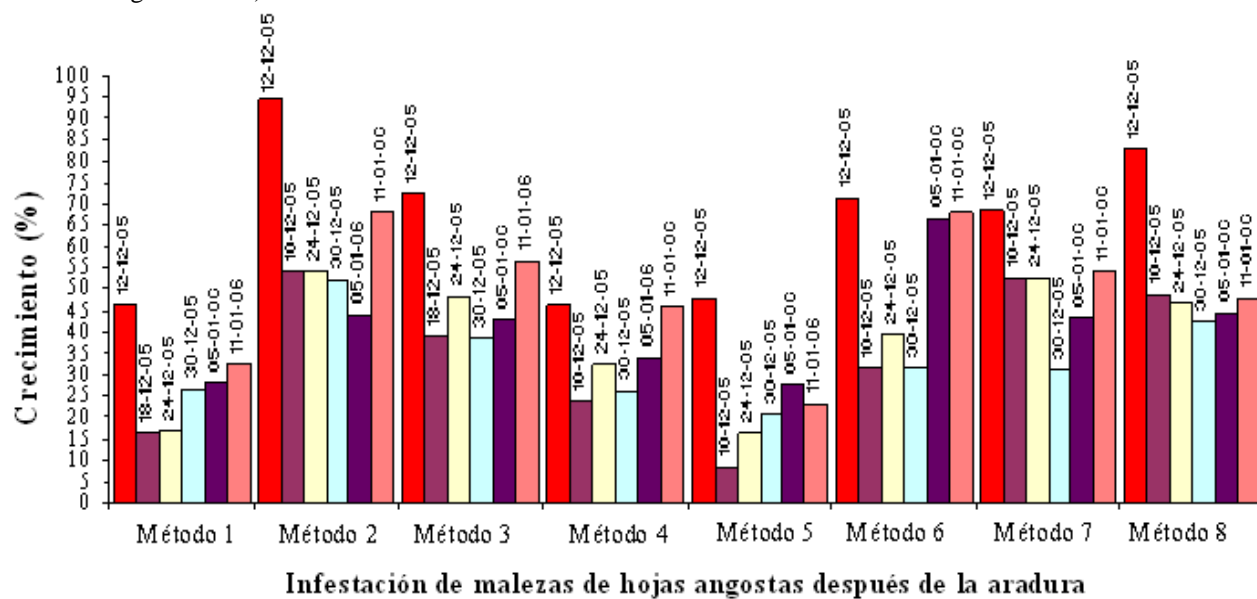


Figura 13. Infestación de malezas de hojas angostas después de la labor con cada uno de los ocho métodos empleados en el estudio con un suelo de sabana franco arenoso en Jusepín, Estado Monagas, Venezuela. (Métodos 1 al 8: Ver Figuras 2 al 9).

de 40 %. Por otra parte Serveson (2006) encontró que el arado de cincel con cuerpos curvos dejó entre 20 y 50 % de residuos en la superficie del suelo. Steinhardt et al. (2006) reportaron que el arado de cincel dejó el suelo con 30-60% de cobertura después de la cosecha de maíz, pero con menor cobertura después de la cosecha de soya. Los cuerpos curvos del arado de cincel incorporaron más residuos que los rectos.

La Figura 14 relaciona el diámetro de los terrones con las malezas de hoja ancha y hoja angosta. Se observa una correlación en el Método 1 con el mayor diámetro de los terrones y el control de malezas de hoja ancha. Los menores terrones fueron para un bajo control de malezas de hojas anchas y un control medio de malezas de hojas angostas.

Jorgenson (1988) reportó que los cuerpos de arado curvos realizaron mejor manejo del rastrojo que los arados con cuerpos de estructuración vertical. Al-Janobi *et al.* (2002) manifestaron que el arado de

cincel podría ser clasificado como un implemento de labranza primaria y secundaria. El arado rotura el suelo sin enterrar completamente los restos vegetales o mezclándolos con el suelo superficial.

En relación al análisis estadístico realizado, el Cuadro 4 presenta los cuadrados medios de las variables estudiadas. No hubo significación para la variable humedad, y hubo alta significación para el control de malezas con respecto a los métodos, el resto de las variables fueron sólo significativas respecto a los métodos. El Cuadro 5 presenta los resultados de la prueba de la mínima diferencia significativa. La mayor variación de la densidad aparente seca fue para el método 4 siendo similar a la del método 3; la menor variación de la porosidad resultó en el método 4. La variación de la humedad fue similar en todos los tratamientos con un promedio general de 1,65. En cuanto al tamaño de terrones, el mayor diámetro se presentó con el método 1, siendo similar al de los métodos 2 y 6. La mayor profundidad de aradura la

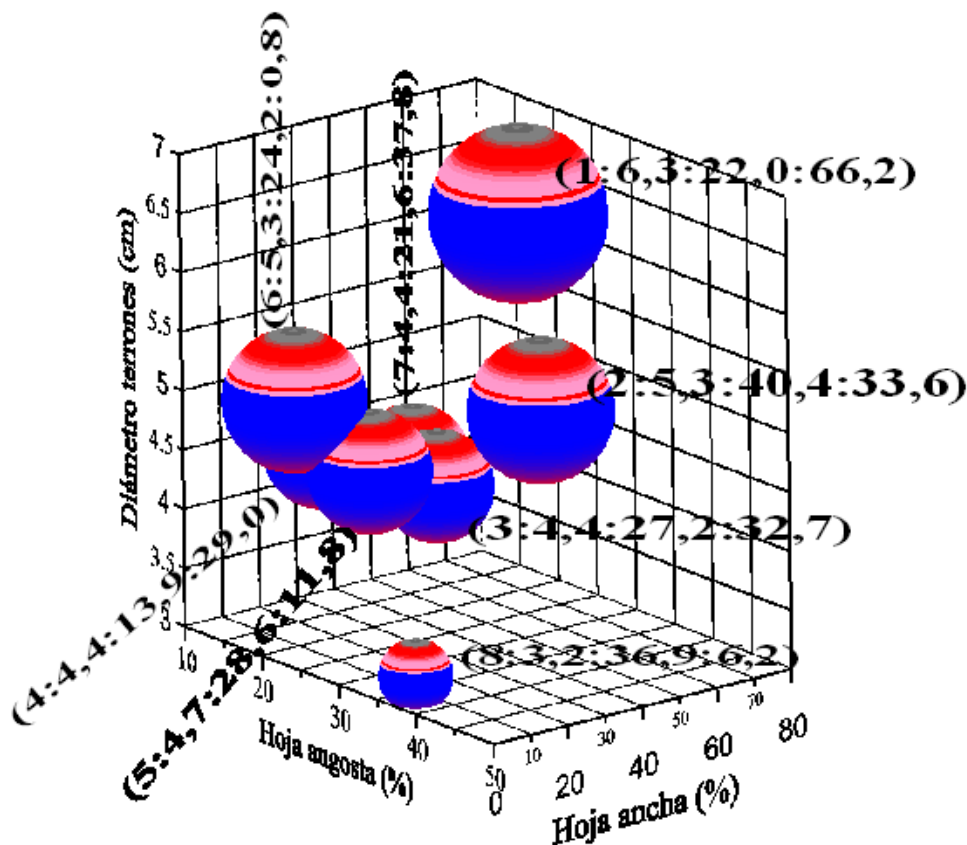


Figura 14. Relación entre el diámetro de los terrones y el control de malezas. El tamaño de las esferas indica el diámetro de los terrones, y la información numérica entre paréntesis representa: método, diámetro de los terrones en centímetros, control de malezas de hojas angosta en porcentaje y control de malezas de hojas anchas.

produjo el método 2, superando al resto de los métodos. El método más eficiente fue el 8; la menor capacidad efectiva ocurrió con los métodos 1 y 8; la mayor tracción se presentó en el método 2 siendo similar en los métodos 3 y 7. Finalmente, la mayor variación del control de hojas anchas fue para el

método 1, mientras que la mayor variación para el control de hojas angostas fue para el método 2 con valores similares para el método 8 (Cuadro 5).

Hill y Stott (2000) en su trabajo concluyeron que la profundidad de labranza con arados de cincel

Cuadro 4. Cuadrados medios de acuerdo a los datos transformados de las variables evaluadas variación de la densidad seca transformada ($\Delta\rho_sT$), variación de la porosidad transformada (ΔPoT), variación de la humedad transformada (ΔwT), diámetro del terrón (DiaTer), profundidad de aradura (Prof), eficiencia (Ef), capacidad efectiva (Ce), tiro (Ti), variación del control de hojas anchas transformada ($\Delta HanchaT$) y variación del control de hojas angostas $\Delta HAngosta$ en el estudio con un suelo de sabana franco arenoso en Jusepín, Estado Monagas, Venezuela.

Cuadrados Medios											
Fuente de Variación	Grados de Libertad	$\Delta\rho_sT$	ΔPoT	ΔwT	DiaTer	Prof	Ef	Ce	Ti	$\Delta HanchaT$	$\Delta HAngosta$
Repetición	5	0,006ns	9,82ns	4,532*	1,56ns	0,42ns	0,54ns	0,002ns	4,50ns	330,85*	315,30**
Método	7	0,030*	49,90*	1,797ns	4,10*	10,06*	6,24*	0,16*	10,92*	2197,75**	365,97**
Error Exp†	28	0,006	9,63	1,617	1,24	1,29	0,45	0,002	2,99	85,23	53,32
Total	39										
Gran Media		0,23	7,85	3,07	4,73	26,139	90,84	1,06	55,98	53,248	26,86
Gran Media ‡		(0,08)	(-3,15)	(0,07)	---	---	---	---	---	(27,328)	---
C. V. (%) §		33,00	39,52	41,48	23,52	4,34	0,74	3,60	3,09	17,34	27,69

† Error Exp = Error Experimental

ns: No Significativo ($p > 0,05$); *: Significativo ($p \leq 0,05$) y **: Significativo ($p \leq 0,01$)

‡: Valores entre paréntesis representan valores reales

§: C. V. : Coeficiente de Variación

Cuadro 5. Promedios para las variables evaluadas de variación de la densidad seca transformada ($\Delta\rho_sT$), variación de la porosidad transformada (ΔPoT), variación de la humedad transformada (ΔwT), diámetro del terrón (DiaTer), profundidad de aradura (Prof), eficiencia (Ef), capacidad efectiva (Ce), tiro (Ti), variación del control de hojas anchas transformada ($\Delta HanchaT$) y variación del control de hojas angostas $\Delta HAngosta$ en el estudio con un suelo de sabana franco arenoso en Jusepín, Estado Monagas, Venezuela.

Métodos	Variables †									
	$\Delta\rho_sT$	ΔPoT	ΔwT	DiaTer	Prof	Ef	Ce	Ti	$\Delta HanchaT$	$\Delta HAngosta$
‡										
1	0,094bc	- 3,94ab	- 0,008	6,27a	25,09c	89,57e	0,77b	53,60d	66,168a	21,990cd
2	0,020c	- 0,75a	1,074	5,32ab	28,81a	91,70b	1,14a	58,20a	33,560b	40,348a
3	0,182ab	- 7,48bc	- 1,002	4,36bc	25,41c	90,47cd	1,15a	56,89ab	32,632b	27,224c
4	0,196a	- 8,01c	0,400	4,35bc	24,86c	90,54c	1,16a	56,22abc	28,954b	13,900d
5	0,018c	- 0,79a	- 0,162	4,68b	27,56ab	89,62de	1,17a	54,58cd	11,802c	28,608bc
6	0,084c	- 3,45a	- 0,210	5,26ab	26,25bc	91,32bc	1,17a	55,57bcd	0,838c	24,232c
7	0,002c	- 0,09a	0,374	4,39bc	26,28bc	90,61c	1,15a	57,21ab	37,816b	21,642cd
8	0,018c	- 0,66a	0,128	3,21c	24,86c	92,93a	0,77b	55,57bcd	6,210c	36,932ab
MDS	0,0969	4,021	----	1,441	1,469	0,867	0,049	2,239	11,96	9,64

† Prueba de la Mínima diferencia Significativa (MDS).

Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$). Variables sin letras indica no diferencia entre métodos.

Prueba de promedios sobre datos transformados (MDS) y se muestran los originales para las variables $\Delta\rho_sT$, ΔPoT , ΔwT y $\Delta HanchaT$.

‡ Métodos 1 al 8: Ver Figuras 2 al 9.

no afectó la cobertura de restos vegetales, pero que la velocidad de la labranza influyó significativamente en la cobertura de residuos. La mayor cobertura estuvo asociada con la velocidad de 3,2 km h⁻¹, con un 42% de retención de residuos.

Simmons (2006) con el uso de arados de cincel con cuerpos rectos, registró una cobertura de restos vegetales ente 35 y 75% para materiales no frágiles, y entre 30 y 60% para los frágiles; los resultados obtenidos con arados de cincel con cuerpos curvos fueron de 25 a 65% para los materiales no frágiles y de 10 a 30% para los frágiles. Los residuos sobre el suelo proporcionan ventajas en cuanto a conservación del recurso suelo-agua y restringen la pérdida de CO₂ (Hernández Hernández y López Hernández, 2002). Es por esto que el arado de cincel se le reconoce como un arado conservacionista, lo cual se mostró en este experimento.

Bowen (1981) expuso que para una gran cantidad de implementos con púas fijas, púas flexibles, cinceles y subsoladores; los grados de desmenuzamiento en función del espacio entre cuerpos, profundidad de trabajo, tipo y ancho del diente y las condiciones del suelo. Este autor concluyó que el espacio entre cuerpos no debe ser mayor de 1,5 veces la profundidad y el fragmentado del suelo se puede lograr cuando el contenido de humedad es adecuado. Esto corrobora los resultados obtenidos en este estudio. Ripoll (1975) utilizó nueve métodos variando las posiciones y número de cuerpos de un arado de cincel, desde dos cuerpos hasta nueve cuerpos rígidos estándar. Un modelo con cinco cuerpos en V invertida, como el Modelo 1, lo recomendó para rotulación y cincelado normal; un modelo con siete cuerpos parecido al Modelo 2 lo recomendó para alzado de rastros.

CONCLUSIONES

El uso adecuado del arado de cincel es función de la distancia entre cuerpos y el ordenamiento de los cuerpos en el bastidor. Los métodos 1, 2, 3, 4, 7 y 8, con espaciamiento entre cuerpos de 25 cm; en general, dieron los mejores resultados. El arado de cincel produce aplicabilidad en todas las áreas de comparación. Mediante el empleo del arado de cincel, con adecuada calibración en el conjunto tractor-implemento y la posición y distancia entre los cuerpos, se podría obtener un control agrónomicamente satisfactorio de malezas sin

enterrarla, dejándola como material de cobertura como los mostraron los métodos 4 y 6.

El mejor control de malezas (mayor residuo en la superficie) se logró en función de la posición de los cuerpos en V. El arado de cincel mostró dejar más del 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos. La capacidad efectiva se duplicó al pasar de cinco a siete cuerpos en el bastidor. Es un implemento sencillo, fácil de calibrar, mantener, reparar y construir.

RECOMENDACIÓN

Usar el arado de cincel en lugar de los arados de discos y de los arados de vertederas en cuanto a los residuos dejados en la superficie del suelo.

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente de Venezuela por su soporte y financiamiento para esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Al-Janobi, A. A.; M. F. Wahby, A. M. Aboukarima, and S. A. Al-Hamed. 2002. Influence of chisel plow shank shape on horizontal and vertical force requirements. *Agricultural Sciences* 7 (1): 13-19.
- Bowen, H. D. 1981. Alleviating mechanical impedance. In Arkin, A. F. and Taylor, H. M. (ed.) *Modifying the root environment to reduce crop stress*. Am. Soc. Agric. Eng. Monogr. 4. ASAE, St. Joseph, MI. p. 21-57.
- Camacho, T. J. H. y G. A. Rodríguez. 2007. Evaluación de implementos de labranza a diferentes velocidades de operación y contenidos de agua del suelo. *Agricultura Técnica* 67 (1): 60-67.
- Chow, T.; H. Rees and J. Monteith. 2000. Seasonal distribution of runoff and soil Loss under four tillage treatments in the upper St. John River Valley New Brunswick, Canada. *Canadian Journal of Soil Science* 80 (4): 649-660.

- De Toro, A., and J. Arvidsson. 2003. Influence of spring preparation date and soil water content on seedbed physical conditions of a clay soil in Sweden. *Soil Tillage Res.* 70: 141-151.
- Dickerson, J. D.; N. P. Woodruff and C. R. Fenster. 1967. Power requirements and cloddiness and residue conservation characteristics of some stubble mulch tillage instruments. *Kansas Agric. Exp. Stn. Tech. Bull.* 152.
- Duiker, S. W. 2007. Tillage management. Crop Management Extension Group (CMEG) Penn State. College of Agricultural Sciences. Penn State Cooperative Extension.
- Gough, N.A., G. A. Hughes-Games and D. C. Nikkel. 1994. Soil management handbook for the Okanagan and Similkameen Valleys. Resource Management Branch Province of British Columbia B. C. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 119 pp.
- Gupta, S. C. and W. E. Larson. 1979. Estimating soil water retention characteristics from particle size distribution, organic matter percent, and bulk density. *Water Resour. Res.* 15: 1633-1635.
- Hernández Hernández, R. M. y López Hernández, D. 2002. El tipo de labranza como agente modificador de la materia orgánica: un modelo para suelos de sabana de los llanos centrales Venezolanos. *Interciencia* 27 (10): 529-536.
- Hill, P. R. and E. D. Stott. 2000. Corn residue retention by a combination chisel plow. *Soil Science Society of America Journal* 64: 293-299
- Jorgenson, M. E. 1988. Gleanings 558-choosing the right seeding and fertilizing equipment. PAMI report 558, Humboldt Station, Canada.
- Khalilian, A.; T. H. Garner, H. L. Musen, R. B. Dodd and S. A. Hale. 1988. Energy for conservation tillage in coastal plain soils. *Transactions of the ASAE* 31 (5): 1333-1337.
- Lal, R. 1995. Global soil erosion by water and carbon dynamics. *In: R. Lal, J. Kimble, E. Levine, and B. A. Stewart (eds.) Global and soil damage, CRC/Lewis Publishers, Boca Raton, FL: p. 131-142.*
- Marrón, G.; H. Krüger, A. Vallejos y M. Ripio. 1988. Requerimientos energéticos de escarificadores de cincel con montantes rígidos y flexibles en un suelo Argiudol típico. Informe Técnico N° 61. INTA. República Argentina Secretaría de Agricultura. Tecnología Agropecuaria Centro Regional Buenos Aires. 10 p.
- Payne, P. C. S. 1956. The relationship between the mechanical properties of soil and the performance of cultivation implements. *Journal of Agricultural Engineering Research* 1: 23-50.
- Ripoll, P. C. 1975. Equipos de movimiento de tierras, labranza-cultivación. Milagro Ediciones Lérida. España. 216 p.
- Severson, R. 2006. What is your soil moisture situation?. University of Minnesota Extension Ser. <http://www.extension.umn.edu/crope/news/2006/pdfs/06MNCN58.pd>. 4 pp. Última visita 16 de agosto de 2007.
- Simmons, F. W. 2006. Soil management and tillage systems. Department of Natural Resources and Environmental Sciences. 142 pp.
- Soil Survey Staff. 2006. Keys to Soil Taxonomy. 10th Edition. United States Department of Agriculture. Washington D.C., U.S.A.
- Steinhardt, G. C.; D. R. Griffith and J. V. Mannering. 2006. Adaptability of tillage planting systems to Indiana soils. Agronomy Department, Purdue University. Cooperative Extension Service West Lafayette, IN 47907. 21 p.
- Unger, P. W.; O. R. Jones y K. B. Laryea. 1975. Sistemas de labranza y prácticas de manejo de suelos para diferentes condiciones de tierras y climas. Memorias de la Segunda Reunión Bianual de la Red Latinoamericana de Labranza conservacionista. Guanare-Acarigua, Portuguesa, Venezuela. p 82-117.