

Las rastras a discos, características ingenieriles, agronómicas y sus implicaciones físicas en el Nororiente de Venezuela

Disk harrows, engineering and agronomic characteristics and its physical implications in the northeast of Venezuela

Américo J. Hossne G.

Departamento de Ingeniería Agrícola, Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad de Oriente. Dirección de correos: Américo Hossne, Apartado Postal 414, Maturín, Monagas, Venezuela 6201-A.
Email: americohossne@cantv.net

RESUMEN

Las rastras a discos son ampliamente utilizadas en todo la Zona Nororiental venezolana, tanto para la labranza primaria como para la secundaria. La rastra a discos es la configuración mecánica agrícola más popular en el campo de este País; es empleada para la labranza primaria, preparación de camas para la siembra, incorporación de cal, mezclado de fertilizante y suelo, siembra al voleo, corta fuegos, triturador, cortador e incorporado de restos vegetales, control mecánico de malezas, labores de cultivo, etc. El proceso convencional de preparación de suelos en la Zona Nororiental es producto de las condiciones climáticas; en donde no es posible contar con el tiempo oportuno operacional y la humedad óptima de preparación para realizar la labranza eficientemente. La labranza primaria no es realizada en las áreas de sabana debido al tiempo oportuno operacional, friabilidad y que el aporte agronómico no se justifica en estos suelos caoliniticos. El objetivo general consiste en la evaluación de las rastras a discos con el propósito de apreciar algunos parámetros ingenieriles y agronómicos que rijan su proceso en la toma de decisiones. Los objetivos específicos están conformados en: (a) Los ingenieriles de uso: requerimiento de tiro, requerimiento de potencia (P), humedad edáfica, densidad aparente, velocidad, capacidad efectiva, ancho de corte teórico (ACT), eficiencia, consumo energético, el peso por cuerpo (W/cuerpo) y profundidad de trabajo, y (b) Los agronómicos: la fertilización, control de malezas, rendimiento, mineralización de la materia orgánica, pH, control de plagas y enfermedades, erosión y enraizamiento. Entre los resultados ingenieriles se establece que la humedad edáfica para el laboreo debe estar cercana de la capacidad de campo, la eficiencia en 75 %, la capacidad efectiva en 1,79 ha/h, una velocidad de laboreo de 8,19 km/h, las rastras en V, tandem o excéntricas, son las más utilizadas, las rastras comprendidas entre 12 y 28 discos son las de mayor existencia y la humedad en conjunto con la profundidad de labranza influyen altamente en el requerimiento de potencia para los suelos de sabana; y entre los agronómicos: las rastras a discos son muy buenas en el control de malezas y muchas plagas y enfermedades, pero no así con otros parámetros. Se concluye que las rastras a discos: (a) favorecen un aumento de la densidad aparente, en especial bajo condiciones inadecuadas de uso, (b) la poca penetrabilidad del apero repercute en un bajo rendimiento, (c) son causantes de una alta erosión, (d) prácticamente no hay condiciones de friabilidad adecuadas para la labranza secundaria en las épocas establecidas y (e) las mejoras físicas producidas por las rastras de los suelos de sabana desaparecen y empeoran al caer las lluvias.

Palabras Clave: Labranza cero, friabilidad, labranza primaria, PERT, tiempo oportuno de operación.

ABSTRACT

Disk harrows are broadly used in the whole Northeastern Venezuelan area, as much for the primary tillage as for the secondary. The disk harrows is the most popular agricultural mechanical configuration in the field of this Country; it is employed for the primary tillage, preparation of seed beds, incorporation of lime, blended of fertilizer and soil, seeding, fire trails, crusher, cutter and incorporation of vegetable remains, mechanical weed control, cultivation works, etc.. The conventional process of soil preparation in the Northeastern Area is product of the climatic conditions where it is not possible to have the operational opportune time and the good humidity of preparation to carry out the tillage efficiently. The primary tillage is not carried out in the savanna areas due to the timeliness factor, friability and that the agronomic contribution is not justified in these kaolinitic soils. The general objective consists on the evaluation of the disk harrows with the purpose of appreciating some engineering and agronomic parameters that govern its process in decisions taking. The specific objectives are conformed in: (a) The engineering uses: draft and power (P) requirement, soil humidity, apparent density, speed, effective capacity, efficiency, theoretical work width (ACT), energy consumption, weight per disk (W/disk) and work depth, and (b) The agronomic ones: fertilization, weed control, yield, mineralization of the organic matter, pH, plague and illnesses control, erosion, and root growing. Among the engineering results the soil humidity for tillage should be around between the field capacity and the plastic limit, the efficiency in 75%, the effective capacity in 1,79 ha/h, a tillage

speed of 8,19 km/h, disk harrows in V, tandem or offset, are the one most used, disk harrows between 12 and 28 disks are the one with the greater existence, and the soil humidity together with the tillage depth influences highly in the requirement of power for the savanna soil. Among the agronomic ones: the disk harrow, are very good in weeds, illnesses and many plagues control, but it did not happened with other parameters evaluated. It is concluded that the disk harrow: (a) favored an increase of the apparent density, especially under inadequate conditions of use, (b) little penetrability of the harrow rebounds in a low yield, (c) they caused high erosion, (d) practically there are not appropriate friability conditions for the secondary tillage in the established times y (e) the physical improvements taken place by the disk harrows of the savanna soil disappear and worsen when falling the rains.

Key words: No-tillage, primary tillage, friability, PERT, timeliness factor.

INTRODUCCIÓN

En 1943, cuando William Faulkner (1897-1962; Premio Nobel de Literatura 1949) lanzó su crítica al arado en su libro *Plowman's Folly*; recibió poco soporte de los científicos cuando dijo "Nadie ha avanzado razonamientos científicos del porqué arar" (Phillips y Young, 1973). La rastra a discos alcanzó su popularidad en la última parte del siglo 19 y las investigaciones sobre uso, aplicabilidad, diseño, etc. comenzaron alrededor de 1916. En los Estados Unidos durante los años 1950-1959 el arado convencional empezó a ser reemplazado por el arado a cincel, rastra a discos y otras formas de labranza (Phillips *et al* 1973). A pesar del avance significativo del control químico de las malezas, el diseño de sembradoras directas y la experticia de los agricultores, la siembra directa no produce siempre los rendimientos equivalentes al sistema convencional (Bodet *et al*, 1976; Colmes, 1976; Ellis *et al*, 1982) citados por Stengel *et al* (1984). Al contrario, como sucede en las áreas tropicales y semiáridas, el aumento de la densidad en los suelos puede presentar problemas serios durante la labranza, en particular en relación a la infiltración, aspereza, germinación, penetración radical, aireación, etc. (Aylmore y Sills, 1982).

Muchos estudios que envuelven prácticas tales como arado, cincelado y el dinamitado fueron conducidos desde los alrededores de 1800 hasta la mitad de los 1900. Esos estudios; sin embargo, a menudo dieron resultados inconsistentes e inconclusos (Unger y Kaspar, 1994). Esto ha sido atribuido a las propiedades de la capa arable en cuanto a transferencia de agua, aireación y el crecimiento radical inhibido por la compactación; sin embargo, los cambios inducidos en los constituyentes del suelo como la materia orgánica, podrían fortalecer la posibilidad de mejorar las condiciones del suelo después de sucesivos años de la cero labranza. Según Soane y Ouwerkerk (1981) la cantidad y tipo de labranza requerido en una situación depende de la

cantidad y tipo de tráfico impuesto en el suelo durante la siembra anterior. Los requerimientos de fuerzas para rastras a discos grandes, muestran que el diseño óptimo y las condiciones de operación son influenciados linealmente por la geometría del disco y el aumento de la velocidad. Se considera que cuando es utilizada como un apero de labranza primaria reduce la compactación del suelo a la profundidad de operación, en la zona son utilizadas como tal y a la vez para la preparación de camas para la siembra, por desmenuzar los terrones, corta fuegos, controlar malezas, para incorporar cal, fertilizantes, herbicidas y la incorporación de cualquier tipo de material al suelo.

La labranza convencional para realizarla es muy compleja debido a las condiciones de humedad óptima necesarias; y además, los tiempos oportunos operacionales son muy cortos, creando cuellos de botellas en el proceso productivo. Todo esto involucra altos costos y existe la necesidad de evaluar su actividad agrícola con fines comparativos. El objetivo consiste en una evaluación ingenieril y agronómica de las rastras a discos en la zona Nororiental de Venezuela, con el fin de poder contar con fuentes de datos, conceptos generales y específicos para la toma de decisiones en el uso adecuado, relacionadas todas con el empleo de este apero, el cual seguirá siendo utilizado por mucho tiempo; sino como apero de labranza, entonces en las labores de enmienda.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información utilizada en el proceso evaluativo se obtuvo mediante encuestas realizadas en los mercados comerciales, organismos del Estado, empresas agrícolas privadas y asociaciones agrícolas. Para ello se utilizaron planillas estructuradas de forma de obtener la mayor información posible de cada organismo. Se hicieron treinta y dos contactos.

Se estimaron algunos parámetros ingenieriles y características técnicas: capacidad efectiva, eficiencia,

índices de suelo, tipo de discos, número de discos, tamaño de los discos, peso de la rastra (W), tipo de enganche, velocidad, ancho de corte teórico, consumo energético en kW-h/ha, profundidad de trabajo (h), humedad del suelo (w), requerimiento de tiro, requerimiento de potencia y formación de costras. Agronómicamente se contemplaron: Fertilización, pH, materia orgánica, control de maleza, protección contra la erosión, volumen de enraizamiento, rendimiento, control de plagas y enfermedades. Estas informaciones fueron obtenidas en las encuestas. Se realizó un análisis de la mínima labranza, la labranza convencional, la labranza cero con la presencia de la rastra. Se estableció el PERT para facilitar las comparaciones y análisis de los diferentes caminos utilizados en el proceso.

Se realizó un estudio para comparar el requerimiento de potencia versus humedad y profundidad de labranza en los suelos de sabana. Se ubicaron al azar 9 parcelas de 60 m x 30 m. En cada parcela se permitió con la caída de la lluvia para obtener las diferentes humedades. Se utilizó una rastra de 20 discos lisos a la velocidad promedio de 9 km/h. El análisis de regresión fue utilizado para comparar el requerimiento de potencia versus humedad y profundidad. El efecto de la compactación producido por las rastras se simuló con el uso del aparato Proctor T-99 utilizado para determinar la humedad óptima de compactación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Requerimientos Ingenieriles

El Cuadro 1 muestra que alrededor del 70 % de las rastras utilizadas, promedio de la encuesta, en la Zona, están comprendidas entre 12 y 28 discos. Esto indica que la mayoría son rastras de dos cuerpos

en V. Las rastras en X son poco comunes. Todas, con pocas excepciones, son a tiro; las existentes para el enganche de tres puntos son contadas, con aplicaciones especiales y para áreas muy pequeñas. Estas rastras son de 12, 14, 16, 18 y 20 discos. La utilización del diámetro de 28 pulgadas (711,2 mm) se observa más en las rastras pequeñas y el mayor grosor de 7,938 mm es poco utilizado.

La Figura 1 muestra la existencia porcentual de las rastras en Venezuela en relación con el número de discos. Se observa que las rastras más utilizadas son las de 20 discos y las agrupaciones de 10,12 y 14 discos. Las grandes con cuarenta o más discos son poco utilizada. Esto último indicaría problemas con el tiempo oportuno operacional.

Entre los tipos de discos, existen los normales cóncavos, lisos o dentados, de 12 a 32 pulgadas con espesores de 3,4; 5,6 y 8 mm y con concavidades acordes. Los de gran concavidad permiten mejor penetración con un mínimo de peso y mejor desenvolvimiento en terrenos húmedos. Passelegue (1963) expone que las rastras a discos en V tienen un número de discos entre 16 y 36 y su diámetro entre 450 y 560 mm. Los discos de doble acción lisos, con perforaciones en el área cónica, lisa y dentada pulverizan mejor el terreno; no obstante, no son utilizadas en la Zona.

Cuando la rastra a disco es utilizada como apero de labranza secundaria a humedades por debajo del punto de marchites, pulveriza a la profundidad de operación; sin embargo, compacta el suelo inmediatamente debajo de la profundidad de operación con el uso repetido, debido a que el peso es sostenido por un área de contacto muy baja. Esto es normal en las sabanas y muchas otras áreas con la misma ecología, en donde la compactación es

Cuadro 1. Existencia y algunas características técnicas de las rastras en el Nororiente de Venezuela para una población encuestada de 635 rastras a discos.

Número de discos	10-12-14	16	18	20	24	28	32	36	40-44-48-56
Existencia relativa por tipo en Venezuela (%)	17,34	11,87	11,87	15,82	11,87	11,08	8,71	8,71	2,37 c/u
Diámetro (pulgadas y mm)	20 (508)	22 (558,8)	24 (609,6)	26 (660,4)	28 (711,2)	26 (660,4)	26 (660,4)	26 (660,4)	26 (660,4)
Grosor (mm)	7,938	6,35	4,763	3,97	3,97	4,763	4,763	6,35	7,938

también causada al caer las lluvias sobre las capas secas rastreadas, la cual es la forma común de hacerlo por el problema del tiempo oportuno de operación, ocasionando las costras. Es de remarcar que los suelos con alto contenido de arenas son altamente susceptibles a la compactación. La compactación del suelo es menor en suelos arcillosos y en suelos con alto contenido de materia orgánica Arkin *et al* (1981); ASAE Monograph (1971). La profundidad de las rastras a discos tiende a disminuir cuando la velocidad se acerca a 9 km/h. La mayoría de las rastras a discos pulverizan el suelo excesivamente. A velocidades por encima de 9 km/h aumenta el requerimiento de tiro.

El Cuadro 2 presenta algunos requerimientos ingenieriles en el uso de las rastras a discos en la Zona. Se puede observar que la profundidad de labranza no pasa de los 12 cm, lo cual es aceptable por el uso en condiciones inadecuadas de humedad. Las rastras a discos tandem es una de las más populares pero su profundidad de labor está limitada a 15 cm, y una capa compactada es dejada a la profundidad de la labranza (Arkin *et al*, 1981).

La Figura 2 presenta la relación directa entre el requerimiento de potencia y el peso de las rastras. Esto visualiza las exigencias de las fuentes potenciales para ser utilizadas en el requerimiento de tiro de rastras en cuanto al peso de las mismas. Se observa que la mayoría de las rastras utilizadas están

Cuadro 2. Algunos parámetros ingenieriles evaluados para las rastras a discos en Venezuela.

Tiro por ancho de corte (kn/m)	52,66
Velocidad (km/h)	8,16
Capacidad efectiva 75% de eficiencia (ha/h)	1,79
Precio por ancho de trabajo (\$/m)	1.448,31
Consumo energético (kw•h/ha)	9,27
Peso (kg/cuerpo)	75,86
Profundidad promedio (mm)	115,26
Potencia (kw/disco)	2,73
Potencia (kw/m) de ancho de corte	23,23
Potencia (kw/kg)	0,0362
kw/mm de profundidad	0,27
Tiro (kn/disco)	6,19
Eficiencia (%)	75
Ancho de corte aproximado (m/disco)	0,118

entre 500 y 3000 kg para exigencias potenciales entre 50 y 100 kW.

La Figura 3 presenta la relación directa entre el requerimiento de potencia y el ancho de corte o cobertura de las rastras. Esto visualiza las exigencias de las fuentes potenciales para ser utilizadas en los requerimientos de tiro de las rastras de acuerdo al número de discos y así su cobertura. Se puede inferir que el ancho de corte más común se encuentra menor de cuatro metros.

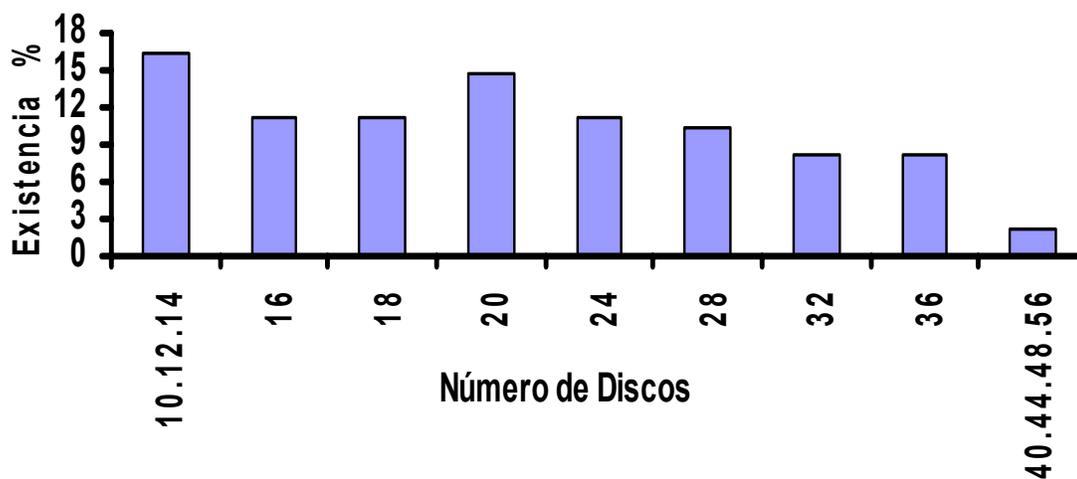


Figura 1. Existencia relativa en porcentaje versus el número de discos. La primera columna es para rastras de 10, 12 y 14 discos en conjunto y la última columna es para rastras de 40, 44, 48 y 56 discos en conjunto, por tipo de rastra.

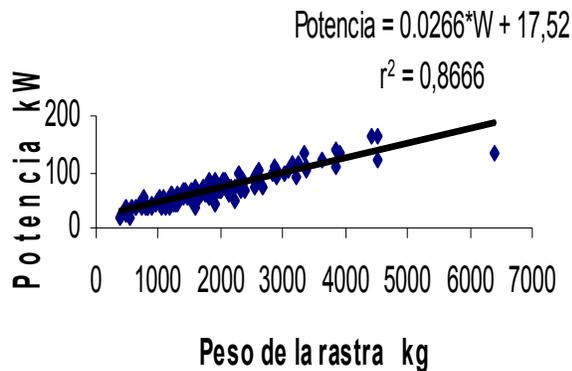


Figura 2. Relación entre el requerimiento de potencia y el peso de las rastras encuestadas

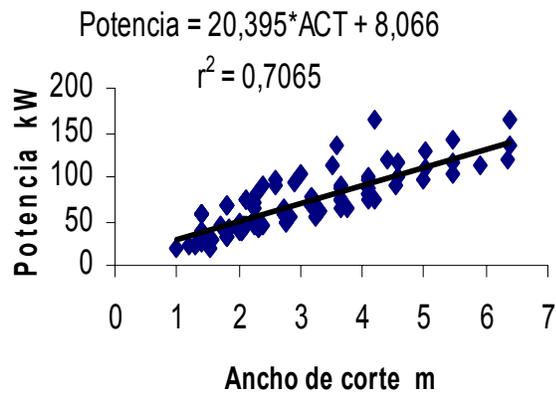


Figura 3. Relación entre el requerimiento de potencia y el ancho de corte teórico de las rastras encuestadas.

La Figura 4 muestra el requerimiento de potencia en el rastreo versus la humedad del suelo y la profundidad de labranza en los suelos de sabana. Se observa como el mayor requerimiento de potencia es para la humedad y la profundidad máxima. Este resultado era de esperarse al considerar que la profundidad de labranza o de cualquier implemento agrícola que se realiza al suelo es función fundamentalmente de la humedad y de su peso. El análisis de regresión paso a paso para la función $P = f(w, h, w*h)$, el efecto combinado $w*h$ es el de mayor influencia sobre el requerimiento de potencia en el rastreo, produciendo la función $P = 7,47 + 0,187 * w*h$ para un $r^2 = 0,993$ ($p \leq 0,000$) y para el efecto combinado $w*h$ ($p \leq 0,000$). León (1978) al utilizar experimentalmente una rastra de 18 discos de tiro

tandem en V lateral, un peso de 760 kg y tirada por un tractor Internacional 824 con 60 kW en el motor, en un suelo de textura franco arcilloso con un contenido de materia orgánica 7,90 % para un rango de humedad de 21,23 – 23,21 %; requirió un tiro entre 5,55 – 12,41 kN/disco a una velocidad entre 5,52 – 9,98 km/h para una profundidad entre 13,36 cm – 17,99 cm y el ancho de corte entre 2,11 – 2,12 m. Pérez (1971) encontró que para rastras de 18 discos de 24 pulgadas, los tractores de alrededor 50 kW son suficientes en suelos arenosos.

Passelegue (1963) indica que las rastras a discos en V requieren una potencia entre 0,75 a 1,13 kW por disco. Pérez (1971) al estudiar los requerimientos ingenieriles de una rastra tandem lateral de 18 discos en un suelo franco arenoso encontró que la potencia máxima exigida fue de de 24,94 kW a una profundidad entre 2 y 6 cm, una humedad de 7,44 % y una velocidad promedio 7 km/h; y 24,85 kW a una profundidad entre 2 y 6 cm, una humedad de 3,07 y una velocidad de 7 km/h. Parrella (1978) en sus conclusiones agregó que el tiro direccional requerido por una rastra a tiro tipo tandem lateral de 18 discos de 55 cm diámetro y un peso de 37,22 kg/disco con uso de un tractor Internacional 674 de 42 kW y un peso de 3.945,26 kg, fue entre 4,82 y 8,58 kN/disco a una velocidad entre 6,16 y 9,45 km/h, una profundidad entre 5,7 cm y 7,9 cm y un ancho de rastreo entre 2,12 m y 2,11 m. Según Russell *et al* (1970), si los discos dentados, en el cuerpo frontal son espaciados un poco más que los colocados en el cuerpo trasero, pueden soportar más peso ayudándolos a penetrar más. Esto no es utilizado en la Zona. Krasnoshchekov (1962) encontró que las rastras con discos dentados producen un trabajo adecuado a velocidades sobre los 11 km/h y ventajosos en preparación de la cama para siembra. Klenin *et al* (1970) citado por Gill *et al* (1982) reporta que al aumentar la velocidad del rastreo de 4 km a 10 km disminuye la profundidad de penetración de 65 mm a 45 mm para un ángulo del disco de 23° (mejor control de la maleza) y de 70 mm a 60 mm para un ángulo del disco de 35°. Gil *et al* (1981) en sus conclusiones agregó que la velocidad de uso no interactuó con la forma de los discos para causar diferencias en las fuerzas del suelo, pero el aumento en velocidad influyó el manejo del suelo; los discos con menor concavidad influyó el manejo del suelo, y que los discos con poca concavidad lanzan menos el suelo que los discos con mayor concavidad, en todas las velocidades; por lo tanto, los discos con poca concavidad proveen una conservación de

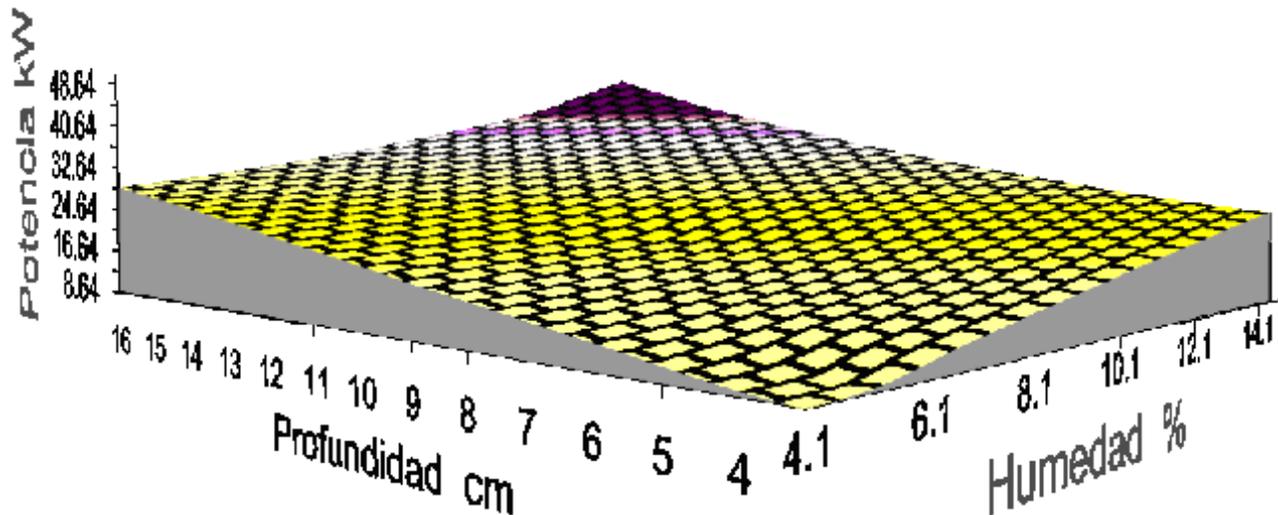


Figura 4. Potencia en kW versus profundidad de laboreo en cm y humedad del suelo en % en el rastreo con una rastra de 20 discos en V.

energía al aumentar la velocidad de labranza. Esto tampoco fue observado en la Zona. Las rastras a discos con ejes encadenados requieren un menor tiro comparado con las rastras a discos con estructuras de hierro no han sido utilizadas en Venezuela, se reporta que para suelos franco arcillosos, que las rastras de cadena con discos de 600 mm exigen alrededor de 503 N/m, al ser utilizadas con tractores de oruga D-8H o D-6C a una velocidad de 4,8 km/h, requieren 0,96 kN/disco, con un peso por disco entre 33,5 y 60 kg, una distancia entre discos entre 37 y 48 cm, una capacidad efectiva de alrededor 3 ha/h y una longitud total de 6,9 a 8,9 m Wiedemann y Cross (1982). Gill *et al* (1982) concluyeron que para un ángulo del disco de 0,2 rad a 0,45 rad ($11,46^{\circ}$ a $25,78^{\circ}$) y un aumento de la masa por disco de 23 a 91 kg causó, de una doble penetración a una tres veces mayor, para una relación curvatura/diámetro de 1,86 a 2,92. Chapman *et al* (1988) en su trabajo sobre los cuerpos de discos de rastras concluyeron que las fuerzas del cuerpo de discos eran relacionadas al número de discos por una relación lineal, pero interacciones ocurren que al calcular el tiro del cuerpo en base a un disco produce inexactitudes; sin embargo, las cargas verticales y laterales si pueden ser estimadas en base a un disco y que las cargas con respecto al ángulo del disco y la textura del suelo, también ocurre en el cuerpo de discos. Chapman *et al* (1988) en su experimento utilizó una profundidad de 150 mm debido que a las interacciones eran mayores a mayor profundidad para los espacios entre discos. Esto lo corrobora Gill *et al* (1980), citado por Chapman *et al* (1988), al reportar

que la profundidad normal de operación para discos de 610 mm está en el rango de 76 a 151 mm. En la Zona lo que más influye en la profundidad promedio de 115,26 mm es la humedad adecuada de trabajo. Smith (1976) indica que en un ensayo conducido con rastras en V en un suelo arcilloso se demostró que a medida que aumenta la profundidad aumenta el requerimiento de tiro. La rastra a discos necesita mucho peso para lograr su profundidad. Este peso es soportado por un área muy pequeña de la hoja del disco (ASAE Monograph, 1971).

La Figura 5 presenta el comportamiento físico de los suelos de sabana por efecto vibracional, energía de compactación y las condiciones de humedad del suelo. La labor de rastreo produce los mismos efectos. Se podría recomendar, que el rastreo bajo condición de humedad óptima de compactación no debe realizarse entre 10 y 11 %, y tampoco a humedades por debajo del 6 % (punto de marchites) en donde se observa el proceso de pulverización (baja la densidad aparente seca).

McGarry y Daniells (1987) analizando un suelo Vertisol con textura arcillosa uniforme, encontraron que al preparar el suelo seco disminuyó mayormente el volumen que cuando preparado húmedo es decir mayor contracción y que al prepararlos húmedos significativamente disminuye en donde se sucede la contracción natural; es decir, reduce altamente el volumen de poros estructurales. McGarry 1990 en su trabajo de compactación de

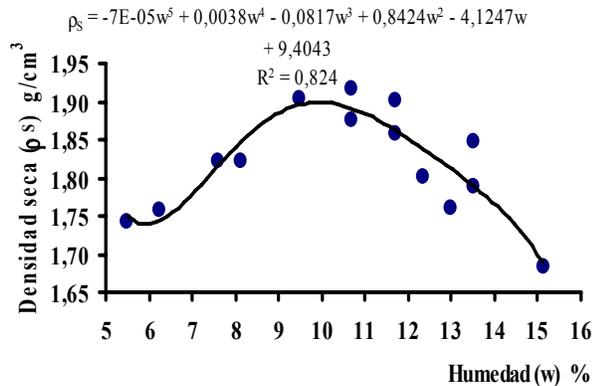


Figura 5. Relación entre la densidad seca y el contenido de humedad del suelo.

suelos y crecimiento del algodón en un vertisol, concluye que la estructura degradada del suelo fue causada al preparar la cama para la siembra con el suelo demasiado húmedo. Arriaga *et al* (1989) citado por Bravo (2002) en sus conclusiones agregan que la densidad aparente aumentó en el cultivo de sorgo a $1,57 \text{ Mg/m}^3$ en comparación con la labranza conservacionista que registró $1,39 \text{ Mg/m}^3$. Unger y Kaspar (1994) expusieron que las rastras a discos tienen poco valor en el aflojamiento de las subsuperficies compactadas en el suelo; en realidad, su uso a menudo es la causa de zonas compactadas. Los suelos compactados son considerados inhibidores de las extensiones radicales y eventualmente las raíces no estarían en capacidad de suplir suficiente agua o nutrientes, y el crecimiento es reducido (Morris y Daynard 1978; Barraclough y Weir 1988; ambos citados por Passioura 1991).

Estos problemas según Passioura (1991) son evidentes si el pie de arado está presente. Greacen y Sands (1980) establecen la importancia de entender la mecánica para situaciones particulares en el aliviado de la compactación con procesos de labranza. Cuando el suelo ha sido degradado mostrado por una reducción de la materia orgánica, es posible que el estado de compactación en equilibrio con fuerzas naturales, serían crítico en el suelo. Los efectos del laboreo en el aflojado del suelo serían poco duraderos y podría ser contra productivo. Cuando es utilizada como un apero de labranza primaria reduce la compactación del suelo a la profundidad de operación. Cuando es utilizada como apero de labranza secundaria, pulveriza a la profundidad de operación; sin embargo, compacta el suelo

inmediatamente debajo de la profundidad de operación. Esto es debido a que la rastra a discos necesita mucho peso para lograr su profundidad. Este peso es soportado por un área muy pequeña de la hoja del disco. Con el uso repetido produce compactación debajo el área de operación, ASAE Monograph (1971). Baber *et al* (1972) citando a Trowse y Baber (1965, pp. 113) expusieron que las rastras forman el pie de arado sobre todo cuando hay humedad suficiente para la compactación. Esto impide la infiltración y el desarrollo radical. Ellos presentaron que los efectos de compactación por tractores, se sucedieron para los contenidos de humedad cerca de la capacidad de campo. La humedad edáfica que se recomienda para el uso de la rastra a discos debe estar entre la capacidad de campo y el límite plástico (Salazar, 1999). En los suelos de sabana del Estado Monagas de acuerdo a Salazar (1999) el límite plástico está entre el 13 % y 14 % y la capacidad de campo entre 11 % y 13 %.

Requerimientos Agronómicos

El Cuadro 3 presenta varias características agronómicas implicantes del uso de las rastras a disco haciendo muestra de los beneficios y adversidades producidas. La contribución remarcada de este apero agronómicamente consiste en el control mecánico de malezas en forma rápida, dejando el área lista para la siembra convencional.

El uso común es debido al fácil manejo en conjunto con la aplicación de cal y al uso de fertilizante. Sin embargo, todo esto en función del deterioro agronómico e ingenieril del suelo y el alto costo de productividad; al respecto según Mayfield *et al* (1978) controla pobremente la maleza cuando se utiliza mezclando herbicidas, un pase de equipos rotatorios mezcla herbicidas mejor que dos pases cruzados o paralelos de rastras a discos. La labranza secundaria después del arado es más probable que cause desajustes físicos al laboreo. Se recomienda el mínimo de los procesos secundarios, Brady (1974). Los discos de rastras pueden ser lisos o dentados, los lisos mezclan y los dentados además cortan restos vegetales. El cuerpo de discos delantero usa discos dentados en especial en terrenos con muchos restos de plantas. Reed (1974) hizo observaciones sobre la lixiviación, mineralización, degradación y erosión producida por las rastras. López y Jesús (1980) hicieron observaciones sobre la poca eliminación de malas hierbas que no fueron eliminadas de raíces.

Cuadro 3. Algunos parámetros agronómicos y resultados favorables e infavorables evaluados en el uso de las rastras en la Zona Nororiental

Mayores pérdidas por lixiviación	Acelera la mineralización o descomposición de los fertilizantes
Mayor reproducción de malas hierbas que no son eliminadas de raíz	Eficiente control de maleza
Lixiviación de los cationes esenciales: Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺ , K ⁺ y NH ₄ ⁺	Acelera la mineralización de la materia orgánica
No hay control total de plagas. Ejemplo o controla el gusano blanco (coleóptero) (9)	En la aplicación de cal, la labor debe hacerse lo más profundo para favorecer el aumento del pH
No controla malezas en los cereales de granos pequeños, no controla <i>Phytophthora</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i>	Menor incidencia en maíz de gusanos cortadores, gusanos negros y pulgones en la raíz. Destrucción de hábitat y reservorios. Eficiente control de babosas
Acelera la erosión	Control de esclerocio meridional del maní Control de la quema bacteriana, mal de esclerocio de la soya. Elimina reservorios
Mayor resistencia al desarrollo radicular. Las raíces son más gruesas y menos abundantes	Disminuye la capacidad de campo en suelos arenosos y franco arenosos
Bajos rendimientos	Disminuye la infiltración en los suelos arenosos y franco arenosos
Aumenta la temperatura del suelo	No favorece el estado de los nutrientes del suelo
Disminuye el contenido de materia orgánica	Aumenta la densidad aparente en los suelos arenosos y franco arenosos
Produce substratos duros	El volumen específico del suelo es el más sensitivo a la acción de rastreo en los suelos arenosos y franco arenosos
No es eficiente en la mezcla de herbicidas con el suelo	Aceleración en la degradación
Deja los suelos con escasa cubierta vegetal dejándolos a la inclemencia de todas las acciones artificiales y naturales	

Pérez (1971) observó una mayor resistencia al desarrollo radicular. El rastreo puede producir bajos rendimientos Landinez (1978); García (1956). Lozano (1966) consideró que el rastreo produce eficiente control de malezas. Landinez (1978) realizó estudios sobre el efecto de la intensidad de la mecanización en la preparación del suelo para el cultivo del maní, encontrando que la labranza no tiene efecto estadístico significativo sobre el rendimiento de frutos y almendras. Investigaciones hechas por Taylor *et al* (ASAE, Monograph, 1971) en más de 2000 referencias bibliográficas no encontraron “efectos positivos” significativos de la labranza. McGarry (1988) encontró que el volumen específico de poros

llenos de aire de los suelos mecánicamente labrados con un 41 % al comienzo de la contracción con más poros llenos de aire que los suelos bajo labranza cero y que la labranza produjo mejor estructura del suelo que la labranza cero.

Los suelos de sabana por su contenido de arcillas caoliníticas son adecuados para la labranza convencional. En sus conclusiones Stengel *et al* (1984) exponen que suelos con bajo contenido de arcilla y alta proporción de arena y limo fueron identificados como suelos problemáticos para la labranza cero; sin embargo, el posible aumento de la materia orgánica a través de la implantación de la

siembra directa podría mejorar la opción. Según Franklin *et al* (1973), citado por Soane y Ouwerkerk (1981), la presencia de aún una pequeña cantidad de materia orgánica puede tener una influencia apreciable en proteger los suelos de la compactabilidad. Crovetto (1992, pp. 239) expone que el exceso de laboreo y la consiguiente disminución de la materia orgánica puede significar una pérdida de OH^- y con ello un aumento en la acidez del suelo; Esto deja los suelos sujetos a lixiviación de sus cationes útiles. Crovetto (1992, pp. 234) reporta que el cultivo mecánico del suelo favorece la formación de macrosporas y con ello el desarrollo radical y vegetativo de las plantas, aunque sólo en los primeros meses de su evolución. La compactación y por ende la disminución de la porosidad de los suelos bajo cultivo mecánico se inicia en el mismo momento que se termina la siembra. Agrega que un suelo labrado con escasa cubierta vegetal será compactado por las gotas de lluvia y por los pasos con maquinarias agrícolas durante el desarrollo de las plantas. Anexa que la única defensa que tiene el suelo contra la compactación es evitar su labranza y mantener los rastros sobre él. Unger y Kaspar (1994) exponen que los horizontes compactados que impiden el desarrollo radical puede ser debido a capas densas naturalmente o el resultado de las fuerzas aplicadas al suelo por la repetida labranza. Para aliviar estas condiciones adversas, muchos estudios relacionados con labores de arado, cincelado y dinamitado se condujeron desde los años 1800 a mitad de los años 1900, en los años 1940 y 1950. Estos estudios, sin embargo, dieron a menudo resultados inconsistentes e inconclusos, debido a que los problemas causantes de las condiciones de suelo y los resultados ambientales producto de las prácticas aliviadoras no fueron medidas o completamente entendidas.

La importancia de distribuir el abono y los fertilizantes a través de un mayor espesor de suelo en vez de mezclarlo con los primeros centímetros de espesor, esta relacionada con la labranza como método utilizado para incorporar y mezclar fertilizantes; las rastras a discos realizan una eficiente labor en cuanto a la mezcla y distribución; sin embargo, ocasionan pérdidas de ciertos fertilizantes por volatilización y lixiviación, lo que resulta ser ventajoso para ciertos cultivos de ciclo corto pero no así para otros cultivos de ciclo largo. Nieves *et al* (1996) en sus conclusiones manifestaron que un número mayor de colonias de microorganismos fueron eliminadas por el rastreo. Hendrix *et al* (1986),

citado por Lee y Pankkhurst (1992) al comparar alimentos de origen de detritus en la labranza convencional y labranza cero; concluyeron que en la labranza convencional en donde los restos vegetales fueron mezclados en las capas superiores del suelo, la mineralización inicial fue predominantemente mediada por bacterias; las bacterias fueron alimentadas por protozoarios y nemátodos bacterivoros. En la labranza cero, la materia orgánica derivada de la cobertura vegetal fue concentrada cerca de la superficie del suelo y que la mineralización inicial fue mediada por hongos.

La labranza secundaria después del arado es más probable que cause desajustes físicos al laboreo. Gerik y Morrison (1984) hacen notar que la labranza conservacionista como la labranza cero ha mostrado tremendo potencial para el control de la erosión. Informes han sugerido que al eliminar la labranza puede aumentar el contenido de humedad, mejorar la infiltración, disminuye la temperatura del suelo y altera el estado nutricional. Pobre control de maleza cuando se utiliza mezclando herbicidas.

La Figura 6. presenta el PERT de los diferentes procesos de la labranza desde el comienzo hasta la siembra que se realizan en la Zona. Se observa que muchos de los caminos son exigentes en el uso de maquinarias, causando así innumerables perturbaciones al estado físico y agronómico del suelo. Dadas las condiciones de tiempo oportuno de operación y las épocas de condiciones de humedad adecuada, las variadas labores son realizadas a destiempo y con mayor daño al ecosistema. El tiempo oportuno de operación se complica debido a que en la zona se utilizan rastras muy pequeñas con bajas condiciones de humedad. Guiliani (1998) hizo un análisis de la labranza secundaria a través del PERT concluyendo sobre los cuellos de botellas que se presentan al confrontar los tiempos oportunos de operación. De la misma forma lo establecieron Páez y García (1998) al hacer comparaciones con la siembra directa.

CONCLUSIONES

1. La rastra a discos es el apero casi exclusivamente utilizado en la labranza en la Zona Nororiental. Esto es debido al grave problema del tiempo oportuno de operación y la limitante de la humedad edáfica necesaria para que se pueda realizar la labor. Además, la rastra a discos es favorecida por sus múltiples y fáciles usos sobre

todo en el control de maleza.

2. Las rastras a discos en V, tandem o excéntricas son las más utilizadas en la Zona. En cuanto al número de discos las rastras de 10, 12, 14 y 20 discos son las más utilizadas. Esto último influye altamente en la creación de cuellos de botella en el tiempo oportuno de operación. Acrecentado esta dificultad con la utilización, casi normal, con más de dos pases de rastras por hectáreas.
3. Las rastras a discos ocasionan ruptura del condicionamiento físico del ambiente edáfico. La contribución física desaparece o empeora con las primeras lluvias.
4. En la Zona las rastras a discos nunca son utilizadas en el rango de friabilidad.
5. El control mecánico de las malezas se logra eficientemente a costa del deterioro del suelo agrícola, sobre todo en los suelos arenosos caoliníticos.
6. Máximo dos pases cruzados favorece el rompimiento de los terrones al orientarse en el primer pase. Si es necesario el encalamiento, un pase para el control de maleza y un segundo para la incorporación de cal. La labor debería realizarse a humedades cercanas a la humedad óptima de compactación.
7. Las etapas PERT en el proceso convencional de siembra son demasiadas, lo cual crea problemas en el tiempo oportuno de operación. Esto origina cuellos de botella influyendo en la productividad, la labor de cosecha y aumenta los costos
8. Poco control de malezas cuando se utiliza en la incorporación de herbicidas.
9. Velocidad de laboreo recomendada debe estar alrededor de los 8 km/h y no mayor de 9 km/h
10. Profundidad adecuada está en función del peso, textura del suelo y la humedad edáfica de friabilidad. La profundidad común por efecto de diseño se encuentra entre los 15 cm. La concavidad favorece la profundidad. El requerimiento de tiro y potencia se registró en

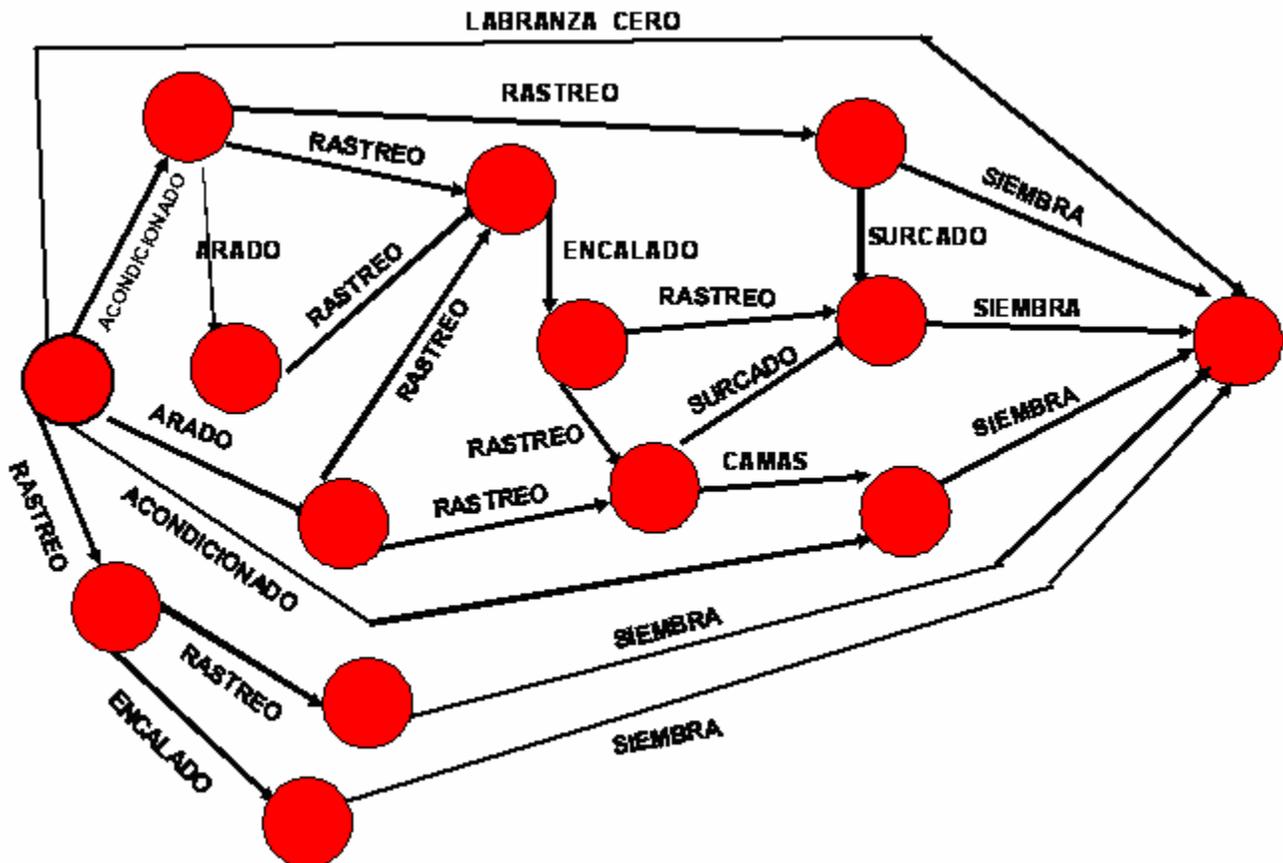


Figura 6. PERT para los diferentes procesos de labores hasta la siembra que se realizan en Venezuela.

52,66 kN/m, 6,19 kN/disco, 2,73 kW/disco y 23,23 kW/m. La capacidad efectiva registrada fue de 1,79 ha/h y la eficiencia de 75 %.

11. Si para el 2010 en los Estados Unidos el 90 % de las fincas utilizarán la labranza cero, en la Zona, dados los resultados en este trabajo y las condiciones climáticas, sería necesario entrar en la dirección de la labranza cero. La otra alternativa sería reducir al máximo la labranza convencional con el objetivo de la labranza cero.
12. Los suelos de sabana son problemáticos para la introducción de la labranza cero; pero con procesos bien implementados por tres a cuatro años y la contribución al aumento de la materia orgánica se pondría a funcionar la labranza conservacionista.
13. Las rastras más utilizadas se encuentran entre 500 kg y 3000 kg de peso total. Los requerimientos de potencia aumentan linealmente con el número de discos y con el peso de las rastras. El efecto combinado $w \cdot h$ resultó ser el de mayor influencia sobre el requerimiento de potencia. El aumento de la velocidad del rastreo disminuye la profundidad de la labor.
14. En los suelos de sabana la labor de rastreo físicamente favorece el posible buen acondicionamiento por poco tiempo en el proceso del cultivo. Las condiciones retornan iguales o peores a la etapa inicial.
15. Las rastras con discos de doble acción, con perforaciones en el área cónica, lisos y dentados pulverizan mejor el terreno; no obstante, no son utilizadas en la Zona.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento al Consejo de Investigación de la UDO por el apoyo y financiamiento de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Arkin, G. F. and H. M. Taylor. 1981. Modifying the root environment to reduce crop stress. USA.
- Arriaga, L., L. Jiménez y Z. Lozano. 1989. Efecto de diferentes sistemas de labranza sobre las pérdidas de suelo, nutrimentos y rendimientos de los cultivos sorgo, soya en Tucupido Estado Guárico.

X congreso Venezolano de la Ciencia del suelo. Maturín, Venezuela. 8 p.

- ASAE Monograph. 1971. Compaction of agricultural soils. American Society of Agricultural Engineers. 471 p.
- Aylmore, L. A. G. and I. D. Sills. 1982. Characterization of soil structure and stability using modulus of rupture and exchangeable sodium percentage relationships. Australian Journal of soil Research, 20: 2213-24.
- Baber, L. D., W. H. Gardner and W. R. Gardner. 1972. Soil Physics. Fourth Edition. John Wiley, Inc. New York. 498 p.
- Barraclough, P. B. and A. H. Weir. 1988. Effects of compacted subsoil layer on root and shoot growth, water use and nutrient uptake of winter wheat. J. Agric Sci., Camb. 110: 207-216
- Bodet, J. M., J. M. Nolot, J. Perroy and J. R. Fourbet. 1976. Présentation de essays. In: Compte-Rendu du Colloque: Simplification du travail du sol en production céréalière. Institut Technique des Céréales et des Fourrages. Paris, pp. 23 -71.
- Brady, N. C. 1974. The nature and properties of soils. Macmillan. 8th Edition. 639 p.
- Bravo, C. 2002. Modificaciones físicas de suelos manejados con labranza conservacionista en los llanos altos centrales del Estado Guárico. A. B. Agrobiológica. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. pp. 19 – 27.
- Chapman, M. L., C. E. Johnson, R. L. Schafer and W. R. Gill. 1988. Some performance characteristics of disc gangs. Journal of Engineering Research. 39: 1-7.
- Crovetto, C. L. 1992. Rastrojos sobre el suelo: “Una introducción a la cero labranza”, Editorial Universitaria San Francisco 454, Santiago de Chile. 301 p.
- Colmes, J. C. 1976. Effects of tillage, direct drilling and nitrogen in a long-term barley monoculture system. Edinburgh School of Agriculture. Annual Report, pp 104-112.

- Ellis, F. B., D. G. Christian and R. Q. Cannell. 1982. Direct drilling, shallow tine cultivation and ploughing on a silt loam soil, 1974 – 1982. *Soil Tillage Res.* 2: 115-130.
- Franklin, A. G., F. Orozco and R. Semrau. 1973. Compaction and strength of slightly organic soils. *J. Soil Mech. Fdns div. Am Soc. Civ. Eng.*, 99: 541-557.
- García, L. P. 1956. Maquinaria agrícola, descripción, manejo y rendimiento. Editorial Dossat, S.A: Madrid
- Gerik, TH. J. and J. E. Jr. Morrison. 1984. No-Tillage of grain sorghum on a shrinking clay soil. *Agronomy Journal*, Vol. 76: 71-76.
- Gil, W. R., A. C. Bailey and C. A. Reaves. 1980. The effect of geometric Parameters on disk forces. *Transactions of the ASAE*, Vol. 23 PM: 266 - 269.
- Gil, W. R., C. A. Reaves and A. C. Bailey. 1981. The influence of harrow disk curvature on Forces. *Transactions of the ASAE*, Vol. 24 PM: 579 - 589.
- Gil, W. R., A. C. Bailey and C. A. Reaves. 1982. Harrow disk curvature influence on soil penetration. *Transactions of the ASAE*, Vol. 25 PM; 1173 - 1180.
- Greacen, E. L. and R. Sands. 1980. Compaction of forest soils. A review. *Aust. J. Res.* 18: 163-189.
- Guilliani, J. M. 1998. Evaluación ingenieril, agronómica y económica de la labranza secundaria. Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Oriente. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Escuela de Ingeniería Agronómica. Departamento de Ingeniería Agrícola, Maturín, Estado Monagas Venezuela. 114 p.
- Hendrix, P. F., R. W. Parmelee, D. A. Crossley, D. C. Coleman, E. P. Odum and P. M. Groffman. 1986. Detritus food webs in conventional and no-tillage agroecosystems. *BioScience* 36, 374-380.
- Klenin, N. L., I. F. Popov and V. A. Sakun. 1970. *Sel'skohozyaisyvennyye Mashiny (Agricultural Machines)*. Kolos Publishing House, Moscow, U.S.S.R. 453 pp.
- Landinez, Q. N. 1978. Efecto de la intensidad de la mecanización en la preparación del suelo el rendimiento de maní (*Arachis hypogaea*, L.). Trabajo de Grado Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica. Jusepín, Venezuela.
- Lee, K. E. and C. E. Pankhurst. 1992. Soil organisms and sustainable productivity. *Aus. J Soil Res.* 30: 855-892.
- León, A. R. 1978. Requerimiento de tiro y potencia en la labor de rastreo en un, suelo arcilloso ubicado en la estación experimental hortícola de la Universidad de Oriente (San Agustín de caripe) Estado Monagas Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Escuela de Ingeniería Agronómica. Departamento de Ingeniería Agrícola, Maturín, Estado Monagas Venezuela. 70 p.
- Lopez, O., J. R. 1980. Efecto de diferentes prácticas de labranza sobre el rendimientos de labranza sobre el rendimeinto y algunos caracteres agronómicos en el cultivo del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en un ultisolj de sabana. Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Escuela de Ingeniería Agronómica. Departamento de Ingeniería Agrícola, Maturín, Estado Monagas Venezuela. 145 p.
- Lozano, M. 1966. Los suelos y su manejo: una guía para su conservación, mejoramiento y buen manejo. USA.
- Mayfield, W., J. W. Everest and T. Whitwell. 1978. Incorporating herbicides. *Agr. And Natural Resources Information Bulletin m78-3*. Alabama Agr. Expt. Sta., Auburn.
- McGarry, C. and I. G. Daniells. 1987. Shrinkage curve indices to quantify cultivation effects on soil structure of a vertisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 51: 1575-1580.

- McGarry, D. 1988. Quantification of the effect of zero and mechanical tillage on a vertisol by using shrinkage curve indices. *Aust. J. Soil Res.*, 26: 537-542.
- McGarry, D. 1990. Soil compaction and cotton growth on a vertisol. *Aust. J. Res.* 28: 869-877.
- Morris, D. T. and T. B. Daynard. 1978. Influence of soil density on leaf water potential of corn. *Can J. Soil Sci.* 58: 275-278.
- Nieves, L. C., Y. N. Hernández, V. Michelena y A. Leal. 1996. Efecto del rastreo y de la solarización sobre la esterilización del suelo. Centro de Postgrados, Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Maturín, Estado Monagas, Venezuela. 10 p.
- Páez, J. J. y V. R. García. 1998. Evaluación ingenieril, agronómica y económica de la labranza cero en Venezuela. Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Oriente. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Escuela de Ingeniería Agronómica. Departamento de Ingeniería Agrícola, Maturín, Estado Monagas Venezuela. 104 p.
- Parrella I. E. 1978. Requerimiento de tiro y potencia en la labor de rastreo en un suelo de sabana del estado Monagas. Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Oriente. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Escuela de Ingeniería Agronómica. Departamento de Ingeniería Agrícola, Maturín, Estado Monagas Venezuela. 180 p.
- Passelegue, G. 1963. La motorización y mecanización agraria, tractores y maquinaria de cultivo. Editorial Aedos, España. 291 p.
- Passioura, J. B. 1991. Soil structure and plant growth. *Aust. J. Res.* 29: 717-728.
- Perez, H. E. 1971. Agro información. Instituto de Investigaciones Agronómicas, Universidad del Zulia, Vol. II, No 3, 8 p.
- Phillips, S. H. and H. M. Jr. Young. 1973. No-Tillage farming. Reiman Associates, Milwaukee. 224 p.
- Reed, T. 1974. The green book. The authority on tractors /farm and forestry equipment. Volumen 22. N° 46. London.
- Russel, W. W. and G. A. Nicholls. 1970. Soil the farmer's basic asset. Massey-Ferguson, United Kingdom, Banner Lane, Coventry, CV4 9GF. 22 p.
- Soane, B. D. and C. van Ouwerkerk. 1981. The role of field traffic studies in soil management research. *Soil and Tillage Research*, 1: 205-206.
- Salazar F., J. J. 1999. Interrelación entre la capacidad de campo y los límites de consistencia de un suelo agrícola de sabana del Estado Monagas. Trabajo de grado como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Escuela de Ingeniería Agronómica. Departamento de Ingeniería Agrícola, Maturín, Estado Monagas Venezuela. 241 p.
- Stengel, P., J. T. Douglas, J. Guérif, M. J. Goss, G. Monnier and R. Q. Cannell. 1984. Factors influencing the variation of some properties of soils in relation to their suitability for direct drilling. *Soil and Tillage Research*, 4: 35-53.
- Smith, H. P. 1976. Maquinaria y equipo agrícola. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
- Trouse, A. C. Jr. and L. D. Baber. 1965. Tillage problems in the Hawaiian sugar industry. IV. Seedbed preparation and cultivation. Tech. Suppl. to Soil Rpt. No. 12, Exp. Sta., Hawaiian Sugar Planter's Assm.
- Unger, P. W. and T. C. Kaspar. 1994. Soil compaction and root growth: A Review. *Agronomy Journal*, vol. 86: 759-766.
- Wiedemann, H. T. and B. T. Cross. 1982. Draft of disc - chains for rangeland seedbed preparation. *Transactions of the ASAE*, Vol. 25 PM: 74-76.