

INFLUENCIA DE LA COMPOSTA MIYAORGANIC® EN LA
DISMINUCIÓN DE LA INTENSIDAD DE LABRANZA EN UN SUELO
MIGAJÓN ARCILLOSO

JOSÉ FRANCISCO MARTILL ROBLEDO

TESIS

Presentada como requisito parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN
INGENIERÍA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

INFLUENCIA DE LA COMPOSTA MIYAORGANIC® EN LA DISMINUCIÓN DE
LA INTENSIDAD DE LABRANZA EN UN SUELO MIGAJÓN ARCILLOSO

TESIS

POR:

JOSÉ FRANCISCO MARTILL ROBLEDO

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial para optar al grado

MAESTRO EN CIENCIAS EN
INGENIERÍA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS

COMITE PARTICULAR

Asesor Principal:

Dr. Martín Cadena Zapata

Asesor:

Dr. Rubén López Cervantes

Asesor:

M.C. Tomas Gaytán Muñiz

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre de 2005.

AGRADECIMIENTOS

“A ti Dios padre te doy humildemente las gracias por darme la vida, salud y amor, por ser el principal motivo de todos mis logros “.

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, por haberme cobijado en su seno y dado la oportunidad de superarme.

A mis asesores, Dr. Martín Cadena Zapata, Dr. Rubén López Cervantes, M.C. Tomas Gaytán Muñiz, a los tres por el apoyo incondicional para el desarrollo de este trabajo.

A mis maestros del programa de Ingeniería de Sistemas Agrícolas

A mis compañeros del programa de Ingeniería de Sistemas Agrícolas

DEDICATORIA

A mi esposa e hijo:

Lic. Brenda G. Méndez Ballesteros
José Francisco Martill Méndez

A mis padres:

Aída Robledo Juárez
José Luis Martill Toledo

Con amor y respeto, me legaron de principios, de rectitud y conducta para ser un hombre de bien.

A mi hermano y primos con cariño y gratitud:

Luis Alfredo Martill Robledo, Odila del Carmen, Mariano; Gerardo y Rodrigo Aquino Robledo con respeto cariño.

A mis tíos con respeto

Mariano Aquino Matus. y Teresa de Jesús Robledo Juárez

A toda mi familia por haberme apoyado y orientado para poder ver hecho realidad este objetivo en mi vida.

COMPENDIO

Influencia de la composta Miyaorganic[®] en la disminución de la intensidad de labranza en un suelo migajón arcilloso

Por

José Francisco Martill Robledo

Maestría en Ingeniería sistemas agrícolas

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre 2005

Dr. Martín Cadena Zapata - Asesor –

Palabras Claves: Labranza, composta, requerimiento energético

A causa del manipuleo excesivo del suelo, en los sistemas de producción agrícolas en la actualidad se ha generado una serie de problemas,

principalmente en los aspectos físico, químico y biológicos del suelo, a de mas del problema de erosión ocasionado por la perdida de cobertura vegetal. Con el propósito de generar alternativas de solución a esta problemática, se desarrollo este trabajo de investigación, en el cual se establecen la incorporación de materia orgánica al suelo, con el objetivo de reducir en el mediano plazo la intensidad de labranza a las que se somete para lograr su acondicionamiento, los tratamientos estudiados fueron los siguientes. 0,1000,1500,2000 kilogramos de composta (Miyaorganic®) por hectárea, a demás de la aplicación de tres métodos de labranza, labranza convencional, labranza reducida y siembra directa. Se utilizo un diseño de parcelas divididas en el cual las parcelas grandes fueron las cantidades de composta aplicadas y las pequeñas los métodos de labranza, con tres repeticiones. Para la densidad aparente el mejor resultado se presento en los tratamiento sometidos a labranza convencional y en parcelas a las que se les aplico 1500 y 2000 kg ha^{-1} respectivamente. Los valores de infiltración básica se vieron favorecidos en los tratamientos sometidos a labranza convencional. El porcentaje de espacio poroso se incremento en los tratamientos a los que se aplicaron las dosis mas altas de composta y sometidos a la labranza convencional. Para la estabilidad estructural no existió diferencia significativa. En cuanto al requerimiento energético, se establece que la labranza reducida logra acondicionar el suelo de manera muy simular al logrado con labranza convencional, presentando un

58.18 por ciento de consumo de combustible por hectárea menor a la demanda de labranza convencional.

ABSTRACT

Influences of the compost Miyaorganic® in the decrease of the intensity of tillage in a soil loamy crumb

By

José Francisco Martill Robledo

master in engineer agricultural systems

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre 2005

Dr. Martín Cadena Zapata - Adviser –

Key words: Tillage, compost, energy requirement.

Because of the excessive movement of the soil, in the agricultural production systems a series of problems has been generated at the present time, mainly in the physique, chemical and biological aspect of the soil, to leading erosion problem caused by the lost of vegetable cover. In order to generate alternatives for the solution of this problem, in this research, the incorporation of organic matter to the soil, with the objective of reducing the tillage intensity was evaluated. The studied treatments were the following four rates organic matter added to the soil. 0,1000,1500,2000 kilograms of compost (Miyaorganic[®]) per hectare. Three tillage methods, conventional tillage, reduced tillage and direct sowing. The experimental design was a split plots being the big plots the quantities of applied compost and the small ones the tillage methods, with three replication.

For the Bulk density the best result was obtained in the treatment subjected to conventional tillage and in plots twhere was applied 1500 and 2000 kg ha⁻¹ respectively. The values of basic infiltration were favored in the treatments of conventional tillage. The percentage of porous space was incremented in the treatments where highest dosing of compost applied and subjected to the conventional tillage.

For the structural stability significant they were not statistical difference. As for the energy requirement, the reduced tillage was able to prepare a good

seedbed using 58.18 percent less fuel consumption per hectare compared with conventional tillage.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS _____	viii
ÍNDICE DE FIGURAS _____	ix
INTRODUCCIÓN _____	1
Objetivos _____	3
Hipótesis _____	3
REVISIÓN DE LITERATURA _____	4
Efecto de la labranza en el suelo _____	4
La aplicación de técnicas de preparación de tierras y labranza inadecuadas _____	4
Objetivos de la labranza _____	4
Parámetros técnicos de la labranza _____	6
Clasificación de los sistemas de labranza _____	11
Criterios de clasificación de labranza _____	12
Clasificación general de los métodos de labranza _____	12
Elección del sistema de labranza _____	13
Consumo de energía por la configuración tractor implemento _____	15
Efecto de la labranza sobre las características físicas del suelo _____	17
Causas de la degradación física del suelo _____	17
Efectos en las propiedades físicas del suelo _____	18
Etapas del proceso de degradación física del suelo _____	18
Principales características físicas afectadas por la labranza _____	19
El uso de las tierras de acuerdo con su capacidad _____	22
Efectos de la incorporación de materia orgánica al suelo _____	23
Ventajas de la incorporación de la materia orgánica al suelo _____	23
MATERIALES Y MÉTODOS _____	27
Localización del sitio experimental _____	27
Metodología _____	27
Determinación del requerimiento energético _____	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	36
Caracterización Del sitio de muestreo _____	36
Densidad aparente antes de realizar la labor _____	37
Velocidad de infiltración para la caracterización del área experimental _____	38
Resultados de las condiciones físicas del suelo, en los diferentes tratamientos de Miyaorganic® _____	38
Requerimiento energético de los métodos de labranza utilizados _____	47
CONCLUSIÓN _____	49
LITERATURA CITADA _____	51
ANEXOS _____	58

ÍNDICE DE CUADROS

2.1	Desempeño del tractor en el laboratorio bajo diferentes porcentajes de carga_____	16
4.1	Caracterización del sitio experimental_____	36
4.2	Variación de la Da para los diferentes estratos_____	39
4.3	Valores de infiltración básica en los diferentes tratamientos_____	40
4.4	Comparación de la velocidad de infiltración básica para los diferentes métodos de labranza_____	41
4.5	Valores en % del espacio poroso para la profundidad de 0-5 cm._____	42
4.6	Valores en % del espacio poroso para la profundidad de 5-10 cm._____	42
4.7	Valores en % del espacio poroso para la profundidad de 10-15 cm._____	43
4.8	Valores en % del espacio poroso para la profundidad de 15-20 cm._____	43
4.9	Comparación de madias de la relación de dispersión _____	46
4.10	Requerimiento energético de los tres métodos de labranza utilizados_____	47
4.11	Parámetros medidos para evaluar el desempeño de los implementos utilizados_____	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.		Paginas
3.1	Determinación de la velocidad de trabajo _____	33
3.2	Medición de patinaje _____	34
4.1	Datos de la Densidad aparente para la caracterización del área experimental _____	37
4.2	Comportamiento de la velocidad de infiltración para caracterización del área experimental _____	38

I INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción agrícolas se han concentrado en la labranza intensiva, altos niveles de mecanización y el suministro de productos químicos como fuente adicional de nutrientes, para incrementar la fertilidad del suelo y los rendimientos de la cosecha. Durante el manejo de este tipo de producción se han generado problemas, como la compactación, contaminación del suelo y el agua por pesticidas, la disminución de la biodiversidad y el incremento de la erosión, estos efectos se presenta cada ves con mas frecuencia y con mayor impacto sobre los suelos agrícolas. (Araujo *et al.*, 1990).

La labranza es una de las principales técnicas de manejo usadas para el control de malezas, la incorporación de residuos, la preparación de la cama de siembra y el mejoramiento de la infiltración del agua o la pérdida de agua por evaporación. La labranza profunda puede ser realizada para mejorar el drenaje, la aireación, y reducir la resistencia a la penetración de las raíces. Para lograr todos esto se requiere de un movimiento excesivo del perfil de suelo, lo que además ocasiona el paso excesivo de maquinaria agrícola, que trae consigo otra serie de problemas, la generación del llamado piso de arado en las capas por debajo de la profundidad de mayor alcance de los implementos, la generación de gases contaminantes por el proceso de combustión de los tractores y la gran cantidad de energía aplicada para lograr esta condición. (Glave *et al.*, 1990)

Las propiedades físicas del suelo son factores dominantes que determinan la disponibilidad de oxígeno y movimiento de agua en el mismo, condicionando las prácticas agrícolas a utilizarse y la producción del cultivo. Sin embargo, estas propiedades no escapan de los efectos producidos por los distintos tipos de labranza originándose cambios en el ambiente físico del suelo, con importantes repercusiones en su calidad bioquímica y por tanto, en su fertilidad (Hernández *et al.*, 2000).

Las causas de esta pérdida conocida como degradación o erosión del suelo pueden ser físicas, químicas y biológicas.

Degradación física: Esta pérdida del suelo ocurre por la erosión o arrastre de partículas finas del suelo, por la destrucción de la estructura y la compactación, cuando se elimina la cobertura vegetal o se realiza una excesiva labranza. Puede ser ocasionada por el viento, el agua, y el hombre.

Degradación química: Esta se produce por el mal manejo del agua de riego, la acumulación de desechos con baja degradación y la aplicación excesiva de fertilizantes y plaguicidas.

Degradación biológica: Al no incorporar materiales orgánicos se reduce la actividad microbiana y se disminuye el reciclaje de nutrientes que necesita la planta. (Marelli *et al.*, 1984)

La materia orgánica es un componente importante de la calidad del suelo que determina muchas características como la mineralización de nutrientes, la

estabilidad de los agregados, la traficabilidad, la captación favorable de agua y las propiedades de retención

Estos procesos fundamentales ayudan a mantener el ciclo de nutrición de las plantas y es importante para la conservación de la materia orgánica del suelo a largo plazo, a través de la producción de precursores de sustancias húmicas. La formación de sustancias orgánicas estabilizadoras de la estructura del suelo depende, principalmente, de la incorporación de residuos y de las prácticas de manejo de suelos (Voroney *et al.*, 1989).

La serie de problemas existentes en los suelos agrícolas, como consecuencia de los métodos de la branza intensiva a los que se someten ha generado, compactación, la pérdida de estabilidad estructural, el incremento de la erosión, la disminución de la biodiversidad del suelo, esto ha incrementado el interés de reducir este tipo de manejos y así poder dar un uso racional en el establecimiento de los cultivos, lo cual nos lleva a buscar soluciones alternas y obtener la características idóneas en el desarrollo de los cultivos, a subes reducir el manipuleo con el objetivo de disminuir en gran medida los efectos que esto conlleva, la incorporación de materia orgánica al suelo es una solución a dicha problemática, con la cual se podría reducir el manipuleo excesivo del suelo para lograr su acondicionamiento con el objetivo del establecimiento y desarrollo de los cultivos, además de verse beneficiados otros aspectos como es el químico y biológico.

OBJETIVO

Determinar el efecto de Miyaorganic[®], en la reducción de labranza y en algunas características físicas de un suelo migajón arcilloso.

HIPÓTESIS

Miyaorganic[®] reduce la intensidad de labranza para el acondicionamiento del suelo y afecta positivamente algunas características físicas de un suelo migajón arcilloso.

II REVISIÓN DE LITERATURA

Características de la labranza

2.1 La aplicación de técnicas de preparación de tierras y labranza inadecuadas

Este problema esta conduciendo a un rápido deterioro físico, químico y biológico de una gran proporción de suelos, fuertes descensos en la productividad y deterioro del medio ambiente.

Los recursos naturales y el medio ambiente de estas áreas afectadas se pueden mejorar apreciablemente y a corto plazo con el empleo acertado de prácticas de labranza, y prácticas auxiliares de manejo y conservación de suelos, que contribuyan con la preparación de una buena cama de siembra, y que además puedan remover o eliminar ciertas limitaciones de suelo que

afectan la producción del cultivos, tales como: compactación, encostramiento, infiltración deficiente, drenaje pobre y regímenes de humedad y temperatura desfavorables (FAO 2003).

2.2 OBJETIVOS DE LA LABRANZA

El hombre incorpora la labranza cuando intenta controlar la vegetación natural, para desarrollar especies de su interés.

Los principales objetivos de la labranza son los siguientes:

CONTROL DE MALEZA

El propósito consiste en eliminar especies que compiten con el cultivo por el agua, luz y nutrientes. El control puede ser mecánico (con arados, rastras, cultivadores, rastras rotativas, escardillos, etc.) o químico.

PREPARACIÓN DE LA CAMA DE SIEMBRA

El propósito de la labranza consiste en lograr que las semillas germinen y las plántulas tengan condiciones satisfactorias para desarrollar su sistema radicular rápidamente.

Una buena cama de siembra debe poseer las siguientes características:

- permitir la infiltración del agua de lluvia y retención de agua útil.
- adecuada aireación.
- baja resistencia a la penetración de raíces.
- resistencia a la erosión.
- mantener residuos en superficie.

(FAO 1988).

Acondicionamiento de las propiedades del suelo

Tiene el propósito de favorecer el cumplimiento de procesos físico-químicos y biológicos, que permitirán incrementar el contenido de materia orgánica, mejorando la aireación, infiltración, exploración radicular y resistencia a la erosión.

Como objetivos secundarios de la labranza se puede mencionar su incidencia en el control de insectos y enfermedades, que en determinados cultivos reviste fundamental importancia. (Papadakis *et al.*, 1980).

2.3 Parámetros técnicos de la labranza

Efectos de la velocidad

Cada implemento tiene un rango de velocidad en el cual el resultado del trabajo es el mejor: para arados de vertedera cilíndrica y vertical son velocidades bajas, hasta 4 o 5 kmh^{-1} ; para vertederas helicoidales e inclinadas puede ser hasta 10 kmh^{-1} . Sin embargo, a más alta velocidad el arado pulveriza demasiado el suelo y lo tira demasiado lejos. Al contrario, el arado de cincel y la rastra de púas solo trabajan bien con velocidades comprendidas entre 8 y 12 kmh^{-1} porque desmenuzan y mezclan los grumos por impacto. Por otro lado la rastra de púas o la de disco usadas con tracción animal no tienen tanto un efecto de pulverización sino solamente de nivelación. (Glave *et al.*, 1980).

Consumo de energía

Con el aumento de la velocidad de labranza hay un aumento exponencial de la fuerza de tiro y por lo tanto de la energía necesaria. Esto se refleja en el consumo de combustible del tractor y así en los costos operativos. Por esta razón el aumento de velocidad no es la manera adecuada para aumentar el rendimiento de una operación de labranza: con la doble velocidad (8 kmh^{-1} en vez de 4 kmh^{-1}) se duplica el rendimiento pero se necesitan cuatro veces más energía y combustible.

Mientras en la tracción animal el problema es la velocidad limitada que no permite a algunos implementos desarrollar su acción completa, en el caso de la tracción a motor existe el problema de exceso de velocidad con sus repercusiones sobre la estructura del suelo y el consumo de energía. (Saenz *et al.*,1986).

Profundidad

Se puede distinguir el tipo de labranza según la profundidad de trabajo. Cada tipo tiene características particulares y necesidades definidas.

Subsolado

El subsolado llega debajo de la capa arable para quebrar compactaciones que están fuera del alcance de la labranza normal. Esta operación sirve para crear grietas que mejoran la infiltración del agua y la penetración de las raíces. La profundidad del subsolado se debe determinar según la compactación encontrada y la humedad del suelo a esta profundidad.

La operación del subsolado requiere mucha energía, por lo tanto, no es adecuada para la tracción animal. Con el tractor se debe considerar como una operación de mejoramiento de suelo muy costosa que no se hace de manera rutinaria.

Especialmente en los suelos inestables hay que tener cuidado de no recompactar inmediatamente después del subsolado pues esto puede crear compactaciones profundas y peores que antes. Además existe en algunos

suelos limosos el peligro que el material fino se acumule en las grietas y forme compactaciones por sedimentación. En general, al hacer la labor de subsolado hay que determinar el origen de la compactación y tratar de mejorarlo estabilizando la nueva estructura suelta por ejemplo con un cultivo de raíces profundas. (Nacci *et al.*,1991).

Labranza primaria

La labranza primaria es la labranza tradicional que se extiende a toda la capa arable o sea al horizonte A. Esta sirve para eliminar compactaciones superficiales, abrir el suelo y crear una estructura grumosa para acumular agua y muchas veces también incorporar, a través de la arada, plagas, malezas y semillas de malezas.

La profundidad de la labranza primaria depende de la fuerza de tracción disponible. Con tracción animal es normalmente entre 10 y 20 cm; con el tractor, especialmente con el aumento de potencia de los tractores modernos, se llega en algunos países hasta 40 cm. (Parchen *et al.*, 1989)

Existe una amplia polémica sobre la profundidad de la labranza primaria. En general no se debería aumentar la profundidad de labranza sólo porque se dispone de la potencia necesaria. En suelos de capa delgada esto puede literalmente destruir el suelo, lo que ocurre frecuentemente cuando se usan tractores. El incremento de cosecha que coincide a veces con una profundización de la capa arable, sólo en pocos casos es sostenible. Esto

depende mucho de la fertilidad y la profundidad del suelo. Por otro lado: con una buena estructura del suelo las raíces de las plantas llegarán a las partes más profundas sin necesidad de una labranza profunda. A largo plazo, la labranza profunda consume más combustible mientras que los beneficios no están asegurados (Ledesma *et al.*, 1986).

Labranza secundaria

La labranza secundaria sirve para preparar el suelo para la siembra. Esto incluye la formación de la superficie, la nivelación, la formación de camellones o surcos para irrigación y para establecer la cama de siembra. La cama de semilla debería extenderse solamente sobre un horizonte muy delgado hasta la profundidad prevista de la siembra. Normalmente la labranza secundaria nivela y pulveriza el suelo y una profundización de la misma solamente llevaría a una pérdida innecesaria de humedad. Cuando el suelo está todavía suelto hay que incluir también una recompactación en la labranza secundaria. (Gómez *et al.*, 1999).

La creación de una cama de siembra tradicional surge a consecuencia de la insuficiencia de la técnica para sembrar en un terreno virgen. Hoy en día esta tecnología está suficientemente avanzada para permitir la siembra de la mayoría de los cultivos sin ninguna labranza. Además se debe considerar que la labranza secundaria deja, en un clima tropical, una superficie pulverizada en condiciones críticas con gran peligro de erosión (Lal *et al.*, 1985).

Cultivo

Este tipo de labranza, que normalmente es muy superficial sirve para controlar malezas, incorporar abono, quebrar superficies encostradas o aporcar. Las funciones de este tipo de labranza y por lo tanto la selección de la herramienta correcta depende del problema y de la maleza encontrados. Para el deshierbe, las funciones básicas son las de arrancar y dejar en la superficie y las de enterrar o de cortar las raíces; hay que tener mucho cuidado con los ajustes del equipo y la profundidad para no dañar el cultivo. Una falla muy común es por ejemplo dejar crecer la maleza demasiado y después tratar de controlarla con un cultivo profundo. En el caso del maíz esto destruye todas las raíces superficiales del cultivo que son las más importantes para la nutrición de la planta (Guérif *et al.*, 2001).

Características del suelo

El suelo tienen mucha influencia sobre la selección del tipo de herramienta, del gasto de material, del requerimiento de potencia para la labranza y el tiempo disponible para el laboreo del suelo.

Humedad

Cada suelo tiene, para la labranza, un rango óptimo de humedad. Por lo tanto, no existen, en general "suelos duros". Sin embargo los límites del rango óptimo para la labranza, o sea la "ventana de laboreo", pueden ser más pronunciados y estrechos en caso de suelos arcillosos o menos pronunciados y amplios en suelos arenosos. En general hay que buscar esta "ventana de

laboreo" para obtener un resultado óptimo con costos energéticos aceptables. En suelos extremos esta "ventana" puede ser muy estrecha y prácticamente no permitir la labranza. Estos son casos más indicados para la siembra directa o la labranza cero. Mientras que con la tracción animal se está limitado obligatoriamente a la labranza dentro de la ventana óptima, el tractor permite salir de esta en los dos extremos de la misma. Esto, sin embargo, puede resultar en daños al suelo o el equipo (Marcano *et al.*, 1994).

LABRANZA EN SECO Y EN HÚMEDO

Salir del rango óptimo de humedad para la labranza puede ser justificado en determinados casos; del punto de vista del suelo tiene los siguientes efectos: En suelos arenosos la labranza en seco no tiene el efecto deseado porque la arena no tiene fuerzas cohesivas. Por ejemplo un arado no voltea sino que crea solamente un surco. La labranza en arena demasiado húmeda no es tan peligrosa como en suelos más pesados pero también puede llevar a serios problemas de compactación.

En suelos limosos se puede labrar en seco. Sin embargo esto consume más energía que la labranza en suelo húmedo. Además puede formar polvo y por lo tanto pérdida de suelo por erosión eólica. Hay que evitar absolutamente la labranza en suelo muy húmedo por el peligro grave de compactaciones.

Los suelos arcillosos son casi imposibles de labrar en seco. Esto requiere demasiada fuerza del tractor y puede causar daños al implemento y al tractor.

Además cualquier labranza en seco crea grandes terrones que después son muy difíciles de desmenuzar. La labranza en suelo demasiado húmedo causa patinaje del tractor y serias compactaciones (Moreno *et al.*, 2002).

El laboreo de suelos pesados en seco se puede justificar como método de mejoramiento de suelo, especialmente cuando se trata del subsolado: el efecto del subsolado es más pronunciado en suelo seco, la zona de rotura es mayor. Después se deja el suelo a la intemperie para que las fuerzas atmosféricas desmenucen los terrones gracias a los cambios de temperatura y humedad.

El laboreo en húmedo, como caso especial, se aplica para arroz bajo riego con la operación de embarrar (Munkholm *et al.*, 2001).

ABRASIÓN

La abrasión de los implementos y por lo tanto el desgaste de la herramienta depende de la textura y del origen geológico del suelo. En general los suelos livianos, arenosos son más abrasivos que los suelos pesados arcillosos (FAO. 2002)

2.4 Clasificación de los sistemas de labranza

Termino de Labranza

En las reuniones técnicas sobre labranza existe la tendencia de discutir en forma interminable acerca de que términos o definiciones sobre sistemas de labranza son los mejores. El resultado final es siempre una confusión

considerable entre los términos de “labranza de conservación”, “labranza limitada”, “labranza reducida” y “labranza mínima” por un lado, y con “no-labranza”, “labranza cero” y “labranza química” por otro lado. Los problemas de vocabulario de labranza más serios son los términos indefinidos de limitado, reducido, conservación e inclusive convencional (Prause *et al.*, 2001).

Un debate sobre términos y definiciones, desde el punto de vista práctico, es de poco valor. En cambio, se debe prestar una mayor atención a las técnicas y prácticas de labranza que, además de preparar la cama de siembra deseado, puedan también contribuir a manejar los residuos de cosecha, incorporar los fertilizantes, mejorar la aireación del suelo, disminuir la compactación y optimizar los regímenes de temperatura y humedad del suelo. (Karwasra *et al.*, 1991).

2.5 Criterios de clasificación de labranza

Al igual que con los términos de labranza se pueden intentar diferentes sistemas de clasificación de labranza. De acuerdo a la intensidad de laboreo se pueden clasificar en labranza convencional, labranza de conservación y no labranza. Por la profundidad se pueden clasificar en labranza superficial y labranza profunda. Si consideramos la época de laboreo podrían ser: labranza de primavera ó labranza de otoño. De residuos podría determinar una labranza “en limpio” o una labranza en protección de cobertura. (Araujo *et al.*, 1990)

De acuerdo a la forma del relieve después de la labranza se puede clasificar en labranza plana y labranza en caballones. También la secuencia de laboreo determina una labranza primaria, secundaria y terciaria. Si tomamos en cuenta la fuerza motriz utilizada se podrían considerar labranza a mano, labranza con tracción animal y labranza mecánica.

El cultivo puede determinar labranzas específicas para arroz bajo riego, labranzas para cultivos de raíces o para cereales de grano pequeño. Por último el ambiente agroclimático puede determinar sistemas de labranza para áreas de secano y labranza para áreas irrigadas (FAO 1997)

2.6 Clasificación general de los métodos de labranza

- sistemas de labranza convencional.
- sistemas de labranza de conservación o reducida.
- sistemas de no-labranza o siembra directa.

Labranza convencional o tradicional: es el laboreo del suelo anterior a la siembra con maquinaria (arados) que corta e invierte total o parcialmente los primeros 15cm de suelo. El suelo se afloja, airea y mezcla, lo que facilita el ingreso de agua, la mineralización de nutrientes y la reducción de plagas animales y vegetales en superficie. Pero también se reduce rápidamente la cobertura de superficie, se aceleran los procesos de degradación de la materia orgánica y aumentan los riesgos de erosión. Generalmente, la labranza

convencional implica más de una operación con corte e inversión del suelo (Barber *et al.*, 1993).

Labranza de conservación o reducida: implica el laboreo anterior a la siembra con un mínimo de pasadas de maquinaria anterior a su corte (rastrón, rastra doble, rastras de dientes, cultivador de campo). Se provoca la aireación del suelo, pero hay menor inversión y mezclado de este. Se aceleran los procesos de mineralización de nutrientes pero a menor ritmo que en el caso anterior. Quedan más residuos vegetales en superficie y anclados en la masa del suelo; por tanto, el riesgo de erosión es menor (Cook *et al.*, 1989).

Labranza cero: no se laborea el suelo sino que se siembra directamente depositando la semilla en un corte vertical de pocos centímetros que se realiza con una cuchilla circular o zapata de corte. Una rueda compacta la semilla en el surco de siembra para permitir su contacto con el suelo húmedo. Esta técnica exige controlar las malezas con herbicidas antes de la siembra, y también fertilizar debido a que la mineralización natural de los nutrientes del suelo se torna muy lenta. Es el mejor sistema para evitar la erosión del suelo. Su mayor restricción radica en el uso de sustancias químicas que pueden contaminar las aguas (FAO. 1998).

2.7 ELECCIÓN DEL SISTEMA DE LABRANZA

El objetivo general de la labranza es modificar por medios mecánicos las condiciones físicas originales del suelo para mejorarlas, de acuerdo a los fines perseguidos. La labranza tiene efectos directos sobre los procesos y propiedades físicas del suelo, e indirectos sobre el crecimiento de los cultivos.

A pesar de que los principios en los que se sustentan los diferentes sistemas de labranza son los mismos independientemente de otros factores, los sistemas apropiados para cada situación son específicos para suelos y cultivos, y su adaptación depende de factores biofísicos y socioeconómicos (Karwasra *et al.*, 1991).

Según Rivas (1998). El sistema de labranza a seleccionar debe además de incrementar los rendimientos del cultivo, reducir los riesgos de producción, facilitar la conservación de suelos y agua, mejorar el desarrollo del sistema radicular, mantener niveles adecuados de materia orgánica, y controlar o revertir procesos de degradación. Para ello es fundamental conocer los efectos de cada sistema de labranza, los cuales dependerán de factores climáticos, de suelos, y de cultivos. Un adecuado conocimiento de los suelos, clima y sistemas de cultivo utilizados por el agricultor, es indispensable para el desarrollo y selección de sistemas de labranza para cada situación

La selección definitiva estará además determinada por factores socioeconómicos y políticas gubernamentales, aunque estas últimas deberán ser formuladas de acuerdo a la interacción de los particulares factores biofísicos y socioeconómicos.

Entre los factores biofísicos a considerar en la selección y aplicación de un sistema de labranza se destacan:

- Clima.
 - Cultivo.
 - Propiedades del suelo.
 - Topografía.
 - Drenaje.
- Requerimientos energéticos.

2.8 Consumo de energía por la configuración tractor-implemento

(Cadena *et al.*, 2002). En una investigación realizada en Cotaxtla, Veracruz, se observó que los puntos de aplicación mínima de energía se encontraron cuando el potencial matricó del suelo franco estuvo entre -0.062 MPa (pF 2.8) y -0.246 MPa (pF 3.4) para la aradura y -0.123 MPa (pF 3.1) para el rastreo. Para suelos arcillosos, los puntos mencionados se encontraron cuando el potencial métrico estuvo entre -0.010 MPa (pF 2) y -0.196 (pF 3.3) para la aradura y -0.246 MPa para el rastreo.

Los equipos agrícolas mostraron un requerimiento de fuerza de tiro que va desde los 0.3 kN para la operación de siembra, hasta los 0.6 kN; la surcadora presentó un requerimiento de 0.53 kN, realizando a una

profundidad de 10 cm. al utilizar el animal con mayor uso de tracción en la zona, el asno, las operaciones fueron realizadas a velocidades entre los 3.19 kmh^{-1} (surcadores) y los 4.51 kmh^{-1} (siembra y abonado), llegando a desarrollar una potencia máxima, en la operación de aradura de 0.70 Kw. (Gil *et al.*, 2002).

La configuración de los tractores e implementos es un factor importante para el ahorro de energía en la preparación del suelo, para ahorrar energía se deben realizar una configuración del equipo de manera que la potencia requerida por la herramienta este cerca de la potencia nominal del tractor. Si el tractor se opera a un nivel de potencia nominal mientras que el motor opera a su velocidad nominal, la eficiencia se reduce y el consumo de combustible será mas alto de lo necesario, como se puede observar en el cuadro 2.1 (Hughes *et al.*, 1981).

Cuadro 2.1 Desempeño del tractor en laboratorio bajo diferentes porcentajes de carga

Fracción de la carga	Velocidad del motor (rpm)	kW (cf)	Velocidad Kmh^{-1} (mph)	Combustible Lth^{-1} (galh^{-1})	kWh^{-1} (cfgal^{-1})
100%	2100	116 (155.6)	9 (5.56)	43.8 (11.58)	2.65 (13.44)
75%	2100	94 (125.7)	9.3 (5.8)	37.6 (9.94)	2.5 (12.64)

50%	2100	63 (84.8)	9.6 (5.92)	29.9 (7.9)	2.1 (10.72)
50%	1420	63 (84.2)	9.5 (5.9)	23.2 (6.14)	2.7 (13.71)

La selección del implemento de labranza tiene un efecto directo sobre energía requerida por hectárea, esta depende y varía con las condiciones locales del suelo y clima. Los arados de vertedera disturbán más suelo que la mayoría de las demás herramientas de labranza, así que éstos por lo general requieren más combustible por hectárea. Los arados de cinceles, por ejemplo, requieren solamente de 30 - 40 por ciento del combustible por hectárea que los arados de vertedera, dependiendo de la profundidad y velocidad.

El tipo y las condiciones del suelo también tienen un efecto importante en la energía requerida para la labranza. El tiro para la aradura puede variar de 14 a 140 kPa (2 a 20 psi) de corte de surco en suelos arenosos a arcillosos, respectivamente. Las condiciones del suelo que afectan la energía requerida para labranza incluye; el contenido de humedad, tratamientos anteriores y siembra de protección del suelo. En una serie de pruebas, el tiro de arado fue reducido desde un 15 a un 35 por ciento cuando el contenido de humedad del suelo fue aumentado del 9.1 al 11.7 por ciento (Hughes *et al.*, 1981).

2.9 Efecto de la labranza sobre las características físicas del suelo

Los sistemas de cultivo, que son definidos por el conjunto de los sistemas de labranza y de manejo de los cultivos y de sus residuos, tienen una influencia importante en las propiedades físicas del suelo. En gran parte, el tipo y la magnitud de esta influencia depende de la labranza del suelo (Cook *et al.*, 1989).

La labranza del suelo es hecha con el propósito de alterar sus propiedades físicas y posibilitar a las plantas la expresión de todo su potencial. Las técnicas de labranza del suelo son utilizadas a fin de proporcionar una buena sementera y desarrollo de raíces, controlar malas hierbas, manejar los residuos de los cultivos, reducir la erosión, nivelar la superficie para el plantío, riego, drenaje, trabajos culturales y operaciones de cosecha e incorporar fertilizantes o pesticidas. La labranza incorrecta del suelo, causada por la falta de conocimiento de los objetivos y de las limitaciones de las técnicas de labranza, puede resultar negativa para el mismo. La labranza incorrecta del suelo es una de las causas de la erosión y de la degradación física del suelo.

La degradación física del suelo puede ser definida como la pérdida de la calidad de la estructura del suelo. Esa degradación estructural puede ser observada tanto en la superficie, con el surgimiento de finas costras, como bajo la capa arada, donde surgen capas compactadas. Con esa degradación, las tasas de infiltración de agua en el suelo se reducen, mientras las tasas de escorrentía y de erosión aumentan (Barber *et al.*, 1993).

2.10 Causas de la degradación física del suelo

Las principales causas de la degradación de las características físicas del suelo son. Cobertura inadecuada de la superficie del suelo, que expone los agregados de la superficie del suelo a la acción de lluvias; como consecuencia ocurre el colapso estructural de estos agregados, formándose costras con espesor medio de un milímetro que reducen drásticamente la infiltración de agua (Prause *et al.*, 2001).

Excesiva labranza y/o labranza con humedad inadecuada: la labranza en exceso y superficial lleva a la rotura de los agregados, favoreciendo la formación de costras, escurrimiento y el transporte de partículas (erosión). La reducción de la rugosidad provocada por la labranza induce a una elevación de la velocidad del escurrimiento y a la disminución de la tasa de infiltración, aumentando los efectos erosivos por la mayor energía cinética del agua en la superficie del suelo. A su vez, la utilización de equipos inadecuados y pesados y el pasaje de maquinaria sobre el suelo cuando este presenta consistencia plástica lleva al surgimiento de capas compactadas subsuperficiales, normalmente situadas entre 10 y 30 cm de profundidad y con un espesor de 10 a 15 cm. Esas capas ofrecen fuerte resistencia a la penetración de las raíces de las plantas y restringen la capacidad de infiltración de agua y la aireación.

Pérdida de la materia orgánica del suelo: el manejo inadecuado lleva a una reducción del contenido de materia orgánica del suelo, teniendo como

consecuencia alteraciones en su densidad, en la capacidad de retención de agua y en la estabilidad de los agregados, que contribuyen a la pérdida de su calidad y de la estabilidad de su estructura. (Cabeda *et al.*, 1984).

Efecto en las propiedades físicas del suelo

2.11 Etapas del proceso de degradación física del suelo

La degradación de los suelos agrícolas ocurre en tres etapas

Etapa 1 Las características originales del suelo son destruidas gradualmente; la degradación es poco perceptible debido a la poca intensidad de los procesos y al mantenimiento de la productividad por el uso de correctivos y fertilizantes.

Etapa 2 Ocurren pérdidas acentuadas de la materia orgánica del suelo, con fuerte daño de la estructura (colapso estructural). Hay, además de encostramiento superficial, compactación subsuperficial, que impide la infiltración del agua y la penetración de raíces. De esta forma, la erosión se acentúa y los cultivos responden menos eficientemente a la aplicación de correctivos y fertilizantes.

Etapa 3 El suelo está intensamente dañado, con gran colapso del espacio poroso. La erosión es acelerada y hay dificultad de operación de la maquinaria agrícola. La productividad cae a niveles mínimos.

El tiempo para llegar a esa tercera etapa de degradación depende de la intensidad de uso de prácticas inadecuadas de labranza y manejo, de la pendiente de las tierras, de la textura del suelo y de la resistencia del suelo a la erosión hídrica (Mielniczuk y Schneider., 1984).

2.12 Principales características físicas afectadas por la labranza

La pérdida de la calidad física de un suelo puede ser evaluada por la alteración de algunas de las más importantes características físicas del suelo, tales como la densidad, la porosidad, la distribución del tamaño de poros, la estructura y la tasa de infiltración de agua en el suelo (Moreno *et al.*,2002).

Densidad y porosidad del suelo

Las modificaciones de las propiedades físicas del suelo a causa de los sistemas de labranza pueden dar origen a una elevación de la densidad del suelo, una mayor resistencia a la penetración de las raíces y a una disminución en la porosidad, caracterizándose por una capa compactada abajo de la capa arable. Esa capa compactada afecta el movimiento del agua y el desarrollo del sistema radicular por el impedimento mecánico, por la deficiencia de aireación, por la menor disponibilidad de agua y por alteraciones en el flujo de calor.

La capa compactada tiene origen en la base de la capa arable. La profundidad en la que esa se encuentra tiene mayor o menor efecto sobre el desarrollo del cultivo; capas compactadas a diferentes profundidades tienen

efecto negativo diferenciado sobre el rendimiento de los cultivos: el efecto es más negativo a 10 cm que a 20 o 30 cm de profundidad. (Lowry *et al.*, 1970).

Como consecuencia de la elevación de la densidad, hay una elevación de la resistencia a la penetración de las raíces mucho más significativa que el aumento de la densidad. En un suelo franco arcillo-limoso, se observó, bajo el mismo peso de vehículos, que la densidad del suelo aumentó 20 por ciento, mientras que la resistencia a la penetración aumentó más de 400 por ciento. Los valores de resistencia a la penetración de las raíces que limitan el desarrollo de las plantas varían de un cultivo a otro. (Voorhees *et al.*, 1978).

Estructura del suelo

La estructura del suelo está dada por la ordenación de las partículas primarias (arena, limo y arcilla) en la forma de agregados en ciertos modelos estructurales, que incluyen necesariamente el espacio poroso. Aunque no sea considerada un factor de crecimiento para las plantas, la estructura del suelo ejerce influencia en el aporte de agua y de aire a las raíces, en la disponibilidad de nutrimentos, en la penetración y desarrollo de las raíces y en el desarrollo de la macrofauna del suelo.

Desde el punto de vista del manejo del suelo, una buena calidad de la estructura significa una buena calidad del espacio poroso, o sea, buena porosidad y buena distribución del tamaño de poros. Así, la infiltración del agua,

juntamente con la distribución de raíces en el perfil son los mejores indicadores de la calidad estructural de un suelo (Cabeda *et al.*, 1984).

La distribución de los tamaños de los agregados es uno de los factores importantes en el desarrollo de los cultivos. Según (Larson *et al.*, 1964), los agregados deben ser de tamaño reducido alrededor de las semillas y raíces de plantas nuevas, con la finalidad de proporcionar una adecuada humedad y un perfecto contacto entre el suelo, la semilla y las raíces. Sin embargo, los agregados no deben ser tan pequeños al punto de favorecer la formación de costras y capas compactadas. Para (Kohnke *et al.*, 1968), el tamaño ideal de agregados está entre 0,50 y 2,00 mm de diámetro; agregados mayores restringen el volumen de suelo explorado por las raíces y agregados menores originan poros muy pequeños y no drenables por acción de la gravedad. La desagregación del suelo es causada por el movimiento intenso del suelo a causa de las prácticas de labranza, por la reducción del tenor de materia orgánica, por el intenso pisoteo del ganado y por el impacto de la gota de lluvia sobre la superficie desprotegida.

TASA DE INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUELO

La tasa de infiltración de agua en el suelo determina la rapidez de infiltración del agua en el mismo y, como consecuencia, el volumen de agua que escurre sobre la superficie. Cuando la tasa de infiltración es baja, la disponibilidad de agua en la zona de las raíces puede ser limitante. La tasa de infiltración de agua en el suelo es condicionada por los siguientes factores: estado de la superficie del suelo, tasa de transmisión de agua a través del suelo, capacidad de almacenamiento y características del fluido. La infiltración de agua en el suelo refleja las condiciones de las propiedades físicas. Los

sistemas de cultivo y labranza influyen la tasa de infiltración final del agua en el suelo, tanto por la modificación de la rugosidad y cobertura de la superficie, como por la alteración de la estructura, de la densidad y de la porosidad (Moreno *et al.*, 2002).

La labranza del suelo puede, inicialmente, mejorar la infiltración y, algunas veces, beneficiar el drenaje. Pero, con el tiempo, la labranza favorece la degradación de la estructura y la reducción de la tasa de infiltración, (Kohnke *et al.*, 1968).

2.13 El uso de las tierras de acuerdo con su capacidad

Muchos agricultores en el mundo, basados en generaciones de experiencia, están usando sus tierras en una manera sostenible. Otros hacen lo mismo en base a las recomendaciones de los servicios de extensión o de los resultados experimentales. Pero en muchos lugares, se han abierto nuevas tierras para la agricultura o el uso de la tierra ha cambiado drásticamente a causa de los cambios de población o de presiones económicas. A menudo tales cambios en el uso de la tierra han sido hechos sin estudios previos que indiquen cual sería el uso más apropiado y que efectos pueden tener sobre el ambiente los diferentes usos que se podrán hacer. Esto ha llevado a pobreza, degradación ambiental, explotación económica ineficiente y pérdida de recursos naturales como suelo y agua. Los mejores usos de la tierra dependen de

condiciones económicas, sociales, políticas y culturales, de las características del suelo y de su respuesta al uso (Lal *et al.*, 1995).

Gran parte de las tierras han sido utilizadas sin estudios previos que muestren cual es el tipo de uso más adecuado y cual es el efecto ambiental de los diferentes usos. Muchos tipos de uso de la tierra, agrícolas o no, son hechos de forma y en lugares inadecuados, lo que ha resultado en pobreza, degradación ambiental, explotación económicamente ineficiente y pérdida de recursos naturales como suelo y agua. La mejor forma de uso de la tierra depende de las condiciones económicas, sociales, políticas y culturales, además de las características del suelo y su respuesta al uso (Barber *et al.*, 1993).

Según FAO (1993), las tierras, en un sentido económico, tienen muchos otros atributos como el tamaño de las fincas, la proximidad al agua y a otras tierras, las facilidades de transporte y de mercado. tierra es un segmento de la superficie del globo terrestre definido en el espacio y en función de características y propiedades comprendidas por los atributos de la biósfera, que sean razonablemente estables o cíclicamente previsibles, incluyendo aquellas de la atmósfera, el suelo, el substrato geológico, la hidrología y el resultado de las actividades humanas actuales y futuras hasta el punto que estos atributos tengan influencia significativa en el uso presente o futuro de la tierra por el hombre.

Efectos de la incorporación de materia orgánica al suelo

2.14 Ventajas de la incorporación de Materia orgánica al suelo

Efectos físicos

Según Muzilli *et al.* (1980), las propiedades físicas afectadas por la incorporación de materia orgánica son la estructura, la capacidad de retención de agua, la consistencia y la densidad; otras propiedades como la porosidad, la aireación, la conductividad, la hidráulica y la infiltración están ligadas a las modificaciones de la estructura. Sin embargo, este efecto depende circunstancialmente de la calidad y cantidad de materia orgánica incorporada, de los factores climáticos y de las características del suelo.

La mejora física del suelo se pone de manifiesto en dos facetas realmente significativas: la estructura y el color.

La estructura es de enorme trascendencia en la fertilidad del suelo y depende de la forma de agregación de las partículas del suelo y estas agregaciones son tanto más positivas cuanto más equilibrada es la presencia de materia orgánica humificada en él. Pero es que además, la estructura conseguida con una correcta presencia de materia orgánica es mucho más estable, es decir, que admite el laboreo sin sufrir modificaciones importantes en la misma, así como se muestra más resistente a las acciones de los agentes erosivos (Ledesma *et al.*, 1986).

La estabilidad estructural del suelo se debe a la capacidad que tiene la materia orgánica par unir las partículas minerales del suelo, lo que ejerce sobre el terreno acciones positivas respecto a la porosidad y con ella a la circulación de aire y del agua, a la penetración radicular, etc... Esta agregación aligera los terrenos arcillosos y cohesiona los arenosos, adecua la permeabilidad al agua y al aire,

facilita las labores, reduce la erosión, mejora el agarre de la planta al suelo y también el balance hídrico.

Sobre el color tiene también sus efectos positivos ya que al oscurecer el terreno facilita la absorción del calor por el mismo y su retención. En resumen puede afirmarse que la presencia de los niveles adecuados de materia orgánica, aumenta la capacidad calorífica del terreno, regula su temperatura y con ello las oscilaciones térmicas. (Unger *et al.*, 1995).

Efectos químicos

Los efectos químicos de la materia orgánica sobre el suelo se ponen de manifiesto en la facilidad o dificultad de disponer de los nutrientes minerales.

El complejo arcillo – húmico es regulador del cambio catiónico de un terreno y de él depende la cantidad de elementos (en estado de catión) que son retenidos por el medio y puestos a disposición de la planta. Es característico de las sustancias húmicas su alta capacidad de intercambio entre ellos y la solución del suelo, por tanto además de facilitar la absorción favorece igualmente la retención (Voroney *et al.*, 1989).

Sobre el pH del suelo la materia orgánica actúa como estabilizador produciendo un efecto "tampón" o sea, evitando variaciones rápidas y significativas del mismo (Reeves *et al.*, 1997).

Finalmente, y aunque ello no es la acción más importante, está el afecto de aportación de nutrientes, tanto directamente, por efecto de su mineralización, como debido a la acción de los microorganismos y la acción arriba citada de regulación de la retención por el complejo arcilloso – húmico. En especial es importante su acción como fuente de microelementos, hormonas y vitaminas para las plantas.

También es de importancia la capacidad de fijación por parte de las materias húmicas de ciertos cationes muy inestables formando humatos y quelatos que permite una mayor disponibilidad de los mencionados elementos por parte del cultivo. (Resende *et al.*, 1995).

Efectos biológicos

El aporte de materia orgánica supone una adición de alimentos y energía para los microorganismos y demás flora responsable de llevar adelante los ciclos bioquímicos en la naturaleza, bien por la mejora de las condiciones físico - químicas del suelo o bien por el aporte de microorganismos beneficiosos en sí o por activación de los más favorables en detrimento de los patógenos. No obstante con la flora que se adiciona al terreno pueden entrar algunos macro y microorganismos indeseables.(Resende *et al.*, 1995).

Los efectos respecto al tiempo de incorporación

Los resultados obtenidos en trabajos con enmiendas orgánicas varían dependiendo del tipo y grado de descomposición del material utilizado. Un rastrojo fresco de cosecha no tendrá la misma velocidad de descomposición, ni los mismos efectos que un aporte de estiércol fresco o algún residuo orgánico previamente estabilizado, como lo es el bioabono. (Kay y Angers., 2000) señaló que los últimos productos de transformación de la MO del suelo (sustancias húmicas) tienen un efecto pequeño pero a largo plazo en la estabilidad de agregados, mientras que residuos frescos, cuya descomposición genera polisacáridos como productos secundarios, poseen un efecto mayor sobre la estabilidad, pero en el corto plazo. Sin embargo, otros autores concluyeron que los residuos frescos o descompuestos tienen un efecto variable sobre la estabilidad de los agregados en periodos de 15 y 8 años respectivamente (Gupta *et al.*, 1987).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del sitio experimental

Se estableció en el campo experimental de Buenavista (bajío), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuyas coordenadas geográficas son 25° 23' latitud norte y 101° 01' longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 1743 m. en el Municipio de Saltillo Coahuila.

3.2 Metodología

Se realizó la caracterización del sitio donde se estableció el experimento, los parámetros que se determinaron fueron, Textura del suelo, Densidad aparente (Da), Velocidad de infiltración (Vi), Espacio poroso y el Microrrelieve. Estas variables se determinaron antes y después de establecer el experimento.

La Textura del suelo se determinó utilizando el método de Buyoucos.

La determinación de la Densidad aparente (Da) del suelo se determinó mediante el método de extractor de núcleos en un estrato de suelo de 30 cm con muestreos cada 5 cm. con una sola repetición, cuya fórmula es la siguiente:

$$Da = \frac{M}{V}$$

Donde:

Da = Densidad aparente (gcm^{-3})

M = Peso de la muestra de suelo seca (g)

V = Volumen del cilindro (cm^3)

Para la determinación de la Velocidad de infiltración se aplico el método del doble cilindro. (Kostiakov, 1932). El cual consiste en colocar dos cilindros concéntricos, en el cilindro exterior se mantendrá un volumen constante de agua, y al cilindro interior se le aplican volúmenes conocidos de agua y con una regla como referencia de la altura del nivel de agua se toman lecturas en intervalos de tiempos determinados. Y se determina mediante la aplicación de la formula:

$$VI = 60x \frac{li}{it}$$

Donde :

VI : es la velocidad de infiltración en cmh^{-1} .

li : la lamina infiltrada en cm.

it: el intervalo de tiempo en h.

El espacio poroso fue determinado mediante un método indirecto, utilizando la determinación de la Densidad aparente para diferentes profundidades con la aplicación de la siguiente formula:

$$Es = 1 - \frac{Da}{Dr} \times 100$$

Es = espacio poroso en %

Da = Densidad aparente

Dr = Densidad real

En la determinación del microrrelieve se realizaron las mediciones en la parcela donde se estableció el experimento antes y después de realizar los pasos con los implementos, el objetivo de conocer el microrrelieve antes del paso del implemento fue tener la referencia para después, volver a tomar las mediciones sobre los mismos puntos, con esto realizar una comparación y cuantificar el efecto del implemento. En la determinación del mismo, se llevo a cabo con un instrumento llamado perfilómetro formado de una estructura metálica rectangular de dos metros de ancho por cuatro metros de largo, con espaciamentos de 20 centímetros, en su parte mas larga; formada de una serie de varillas graduadas de centímetro en centímetro de 60 cm de longitud por 7 mm de diámetro, ensambladas en un bastidor de aluminio con espaciamentos entre varilla de 10 centímetros; seleccionado el punto de muestreo se coloca el perfilómetro cuidando de ubicar un punto de referencia en cada uno de los

limites extremos de las parcelas a medir (estaca), a fin de regresar después del paso del implemento al mismo sitio, y haciendo uso de un nivel, se marca en la estaca la altura de nivelación (realizar croquis de los puntos muestreados), después de haber terminado con la nivelación se prosigue a la toma de lectura en el bastidor y varillas ensambladas, este se realiza en la parte superior del bastidor ya sea por reconocimiento de las graduaciones en cada una de las varillas o con el apoyo una cinta métrica; después de haber realizado el paso del implemento, se vuelve a realizar las mediciones en los mismos sitios donde se inicio con el primer punto.

La aplicación del Miyaorganic[®] se realizo de manera manual en cada una de las parcelas grandes, de acuerdo a las cantidades establecidas para cada tratamiento. Testigo (0 kg ha^{-1}), T1 (1000 kg ha^{-1}), T2 (1500 kg ha^{-1}), T3 (2000 kg ha^{-1}).

Para el establecimiento de los procesos de laboreo a los que se sometieron las parcelas pequeñas, Labranza convencional (LC), Labranza reducida (LR) y Siembra directa. Se utilizo el siguiente equipo.

Para la preparación del suelo se ocupó. Tractor New Holland modelo 5010 4 WD, con potencia al volante motriz de 70 Hp, motor de 4 cilindros y transmisión semi-sincronizada 8x2. Arado de tres discos marca New Holland modelo NH 800-3. Rastra de 20 discos, marca John Deere, modelo MX221-20. Vibro cultivador con siete cinceles, marca New Holland modelo NH 700. Sembradora de dos cuerpos marca John Deere modelo MP25.

En la Labranza convencional (LC). se realizo el paso de Arado, Rastra y Sembradora.

Para la Labranza reducida (LR). La preparación se hizo con el paso del Vibrocultivador y la Sembradora.

El tratamiento sometido a Siembra directa (SD). Únicamente se aplico el paso de la Sembradora.

Después de establecida la prueba se realizaron nuevamente la mediciones de los parámetros antes mencionados, además de los siguientes en cada una de las parcelas experimentales.

La estabilidad estructural (EE), se determino mediante la aplicación de la relación de dispersión de los agregados (RD).

De acuerdo a la fórmula establecida, en 1930 por Middleton y sugerida por Piccolo y Mbagwu (1990).

$$RD = \frac{\% \text{ de limo} + \% \text{ de arcilla (muestra dispersa en agua)}}{\% \text{ de limo} + \% \text{ de arcilla (muestra dispersa en hexametáfosfato de sodio)}}$$

La RD es una medida inversa de la estabilidad estructural (EE) de agregados al agua, es decir, a mayor RD menor es la EE.

Las variables anteriores se evaluaron antes y al final de establecido el experimento.

3.3 Determinación del requerimiento energético

Para la determinación de esta variable es necesario realizar las siguientes mediciones:

Ancho de Trabajo.

En la determinación del ancho de trabajo se calculó al final de la prueba, es decir la medición total de todas las vueltas (ida y regreso), realizadas durante la prueba divididas entre ese mismo número de vueltas y nos resulta el ancho promedio de trabajo del implemento, teniendo el cuidado de realizar las mediciones en el centro del primero y ultimo cincel de los lados extremos del implemento.

Profundidad de Trabajo.

En la medición de la profundidad de trabajo se midió con una regla graduada en milímetros, y con un nivel de gota este se tomo a partir de una porción sin trabajar, con una regla mas larga (sin graduaciones), esta se coloca en la parte sin trabajar y por encima de la regla mas larga se coloco el nivel para que esta se mantuviera lo mas horizontal posible, y en donde paso el implemento este se extrajo toda la tierra hasta la parte mas firme del suelo terminado esto se prosiguió a medir la profundidad de trabajo en donde se obtuvieron 4 repeticiones por cada parcela trabajada (sumar y sacar medias).

Velocidad de Trabajo.

La velocidad de trabajo se calculó el tiempo que tomó laborar una distancia de 20 metros, clavando cuatro estacas en las esquinas de la parcela para formar un rectángulo como se muestra a continuación en la figura 9 , las lecturas no deben ser tomadas durante los primeros cinco surcos o cerca del inicio o del final de un surco. Fuente RNAM, 1983

La ecuación utilizada para calcular la velocidad de trabajo fue la siguiente:

$$V = \left(\frac{d}{t} \right) * 3.6$$

Donde:

V = Velocidad (kmhr⁻¹)

d = Distancia recorrida (m)

t = Tiempo en recorrer 20 m distancia (seg)

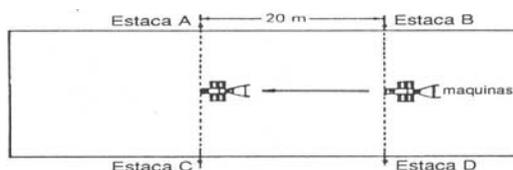


Figura 3.1. Determinación de la velocidad de trabajo;(kmh⁻¹) Fuente RNAM, 1983

Patinaje de las Ruedas.

El tractor produce patinaje en cualquier operación de campo. La distancia que un tractor se mueve en un número de revoluciones de la rueda motriz se reduce cuando las ruedas patinan, sin embargo la distancia recorrida por el tractor en un número dado de vueltas aumenta en pocos casos cuando el implemento montado empuja el tractor, un método simple utilizado aquí en este

trabajo fue el de calcular la cantidad de patinaje es haciendo una marca en la rueda tractiva del tractor y midiendo la distancia recorrida por el tractor en cinco revoluciones sin carga (A), y en la misma superficie y revoluciones con carga (B). La distancia A es el promedio de varias mediciones hechas con el mismo número de revoluciones con el tractor manejado lentamente, tirado. Situando estacas de apropiada longitud son usadas para marcar el terreno. Formula para el cálculo del porcentaje de patinaje:

$$PP = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:

PP = % de patinaje

A = Distancia recorrida por la rueda con el implemento levantado (m)

B = Distancia recorrida por la rueda con el implemento en posición de trabajo
(m)

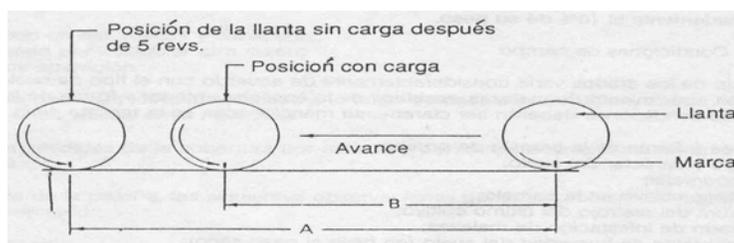


Figura 3.2. Medición del patinaje

Consumo de Combustible.

En la determinación del consumo de combustible se realizó con un recipiente graduado en mililitros, que se conectó en forma directa en la línea de combustible (sistema de inyección), cuidando de no dejar pasar el diesel antes o después de la toma del tiempo de inicio y término de la labor, al inicio del trabajo con el implemento se tomó una referencia en el recipiente, es decir se situó un volumen conocido, y al final de este se volvió a llenar el recipiente con una probeta de 1000 ml, por medio del cual se calculó el volumen consumido por unidad de superficie trabajada.

Capacidad Teórica de Campo.

Utilizando los valores promedios del ancho de trabajo y las velocidades de trabajo, tomadas en campo, la capacidad teórica de trabajo es calculada con la siguiente fórmula (sin tomar en cuenta la eficiencia) :

$$CTC = \frac{(APT).(VP).(36)}{10000}$$

Donde:

CTC = Capacidad teórica de trabajo (abr^{-1})

APT = Ancho promedio de trabajo (cm)

VP = Velocidad de trabajo (mseg^{-1})

Con el dato de consumo de combustible y la capacidad teórica de campo, se calcula el consumo de combustible por área, con esto podemos saber el consumo de combustible por superficie trabajada.

Para llevar acabo el trabajo se utilizo un diseño experimental de parcelas divididas. En las parcelas grandes se evaluó la aplicación de 4 cantidades de composta (Miyaorganic[®]) Testigo (0 kgha⁻¹), T1 (1000 kgha⁻¹), T2 (1500 kgha⁻¹), T3 (2000 kgha⁻¹). En las parcelas chicas se evaluaron tres métodos de labranza, 1. Labranza convencional (LC), 2. Labranza reducida (LR), 3. Siembra directa (SD). Las unidades experimentales fuero de 15 m. de largo por 5 m. de ancho.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

Después de haber realizado la determinación de las variables a evaluar durante el desarrollo de la investigación, toca ahora someterlos a discusión para establecer la comparación de ellos con respecto a la hipótesis planteada y así poder concluir estos resultados.

4.1 Caracterización del sitio de muestreo

Antes de que estableciera el experimento se procedió a la caracterización del sitio experimental, las variables determinadas fueron; Textura, Densidad aparente (D_a), velocidad de infiltración y porosidad (P), Con el objetivo de conocer las condiciones del sitio antes del establecimiento del experimento.

En el cuadro 4.1 se presentan las condiciones de Textura, porosidad y la velocidad de infiltración, para caracterización del área experimental.

Cuadro 4.1 Caracterización del sitio experimental

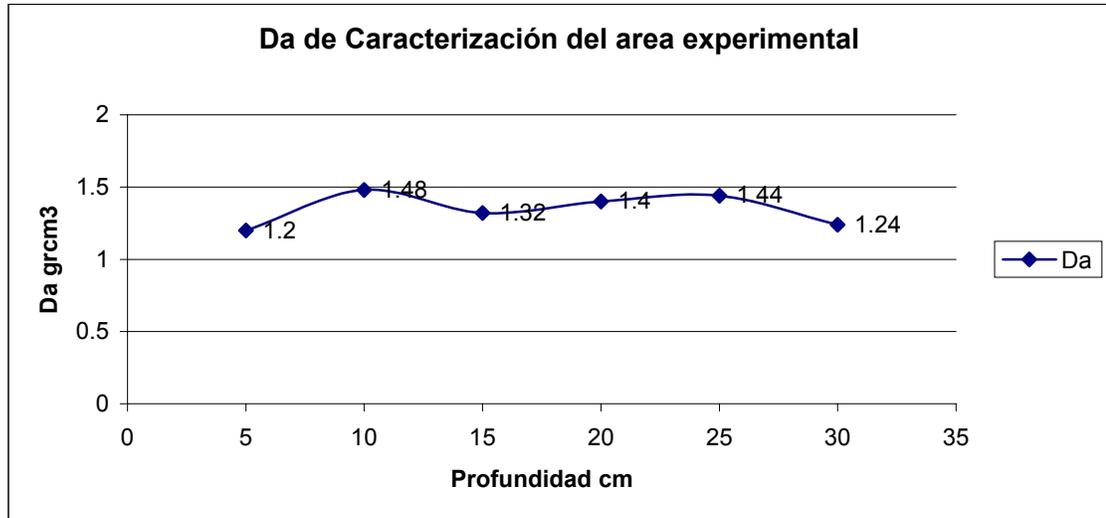
Estrato del suelo	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura	Porosidad %	Velocidad de infiltración básica Cm hr ⁻¹
0-30 cm.	40	29.1	30.9	Migajon arcilloso	47.3	7.38

--	--	--	--	--	--	--

4.2 DENSIDAD APARENTE ANTES DE REALIZAR LA LABOR

EN LA FIGURA 4.1, SE MUESTRAN LOS DATOS OBTENIDOS DE LA DENSIDAD APARENTE ANTES DE REALIZAR LA LABOR, SE OBSERVA QUE A 10 CM DE PROFUNDIDAD PRESENTA UN VALOR DE D_a (1.48 g/cm^3), LO QUE PERMITE DETERMINAR QUE EN ESTE PUNTO SE ENCUENTRA LA MAYOR D_a DENTRO DEL ESTRATO, POR LO CUAL COMO LO DESCRIBE BUCKINGHAM (1984). SE PUEDE CONSIDERAR LA EXISTENCIA DE UN PISO DE RASTRA DEBIDO A LA PROFUNDIDAD A LA QUE SE PRESENTA ESTA COMPACTACIÓN. A UNA PROFUNDIDAD DE 25 CM. SE OBSERVA TAMBIÉN UN VALOR ELEVADO DE D_a (1.44 g/cm^3) POR LA PROFUNDIDAD A LA QUE SE PRESENTA SE PUEDE CONSIDERAR COMO PISO DE ARADO. ESTOS EFECTOS SOBRE EL SUELO SE OCASIONA POR EL PASO EXCESIVO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA EN COMBINACIÓN CON EL TIPO DE LABRANZA A LA CUAL ES SOMETIDO EL SUELO.

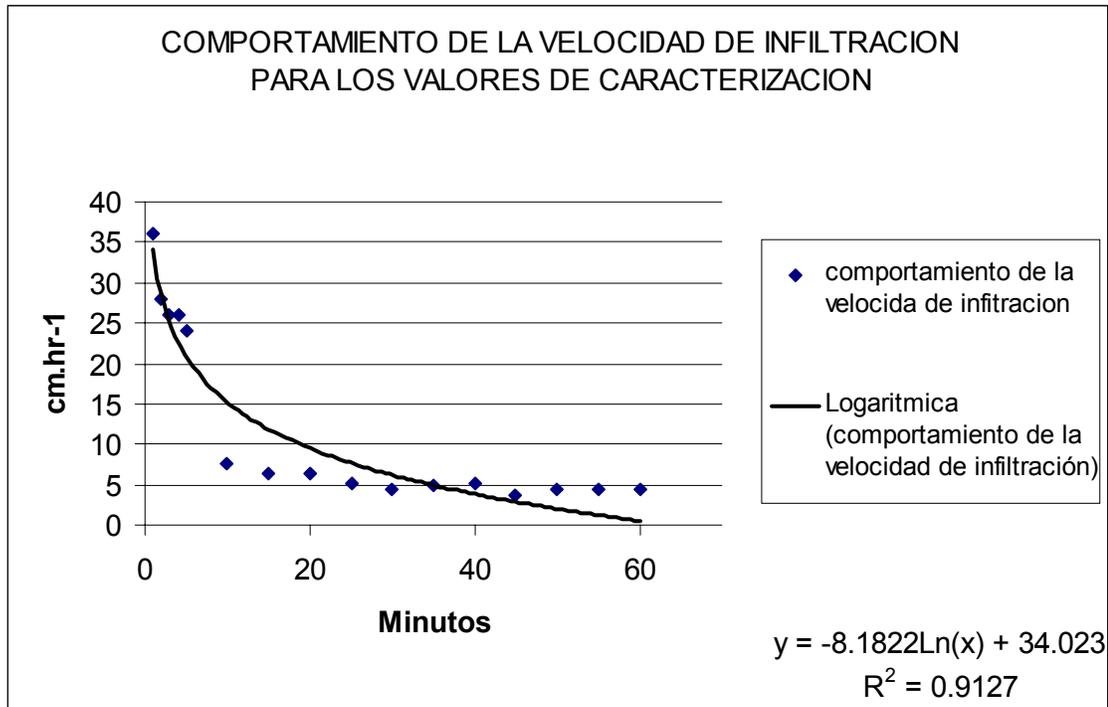
FIGURA 4.1. DATOS DE LA DENSIDAD APARENTE PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ÁREA EXPERIMENTAL.



4.3 Velocidad de infiltración para la caracterización del área experimental.

En la figura 4.2 se observa el comportamiento de la velocidad de infiltración en el área experimental antes del establecimiento del experimento, lo cual permite ver que la velocidad de infiltración básica se estableció después de los 40 minutos de iniciada la prueba, teniendo un valor de 5.2 cmhr^{-1} . Punto de inicio de la infiltración básica.

Figura 4.2. Comportamiento de la velocidad de infiltración para caracterización del área experimental.



4.4 Resultados de las condiciones físicas del suelo, en los diferentes tratamientos de Miyaorganic®.

Valores de las variables evaluadas después de establecido el experimento.

Valores de densidad aparente

Los datos de (D_a) después del experimento nos permiten ver la variación con respecto al estado original del suelo a diferentes profundidades de los estratos, como se ven en el cuadro siguiente.

Cuadro 4.2 Variación de la (D_a) para los diferentes estratos

TRATAMIENTOS	MEDIA (Da de 0-5 cm)	MEDIA (Da de 5-10 cm)	MEDIA (Da de 10-15 cm)	MEDIA (Da de 15-20cm)
TESTIGO (0 kg ha^{-1})	1.3200 A	1.3611 A	1.3689 A	1.4100 A
T 1 (1000 kg ha^{-1})	1.2767 B	1.2844 B	1.3189 B	1.370 AB
T 2 (1500 kg ha^{-1})	1.2667 B	1.2811 B	1.2511 C	1.3000 B
T 3 (2000 kg ha^{-1})	1.2489 B	1.2422 B	1.2311 C	1.3000 B

Comparación de medias para la prueba de Tukey, nivel de significancia = 0.05

Podemos establecer que en las cuatro profundidades a las que se analizó la (Da) existe diferencia significativa entre los tratamientos con diferentes cantidades de aplicación de composta y el testigo, los cuales fueron sometidos a diferentes métodos de labranza (LC, LR, SD). Para las dos primeras profundidades la variación se presenta solo entre el Testigo y tres Tratamientos. Además se observa que en los dos estratos profundos existe variación incluso entre los tratamientos. Para la profundidad de (10-15 cm) existe diferencia entre el Testigo con respecto a los tratamiento y además dicha variación también se presenta entre T1 con respecto a T2 y T3. En la profundidad de (15-20cm) no hay diferencia significativa entre el Testigo y T1, pero si entre el Testigo y T2, T3. De acuerdo a los resultados se presenta una disminución del valor de densidad aparente (Da) en los tratamientos a los que se aplicó Miyaorganic[®] Por efecto de incorporación de materia orgánica reflejándose en mayor medida en los estratos superiores (0-5 cm) y (5-10 cm) respectivamente.

El efecto de la composta en la disminución de la densidad aparente (Da) se explica por la característica del producto que es una fuente de materia orgánica con alto grado de desdoblamiento o degradación. En trabajos sobre el mismo tema, los resultados obtenidos por Cambardella, y E. T. Elliott. (1994) muestran que los efectos de la materia orgánica en las propiedades físicas del suelo dependen del grado de desdoblamiento que esta presenta a menor grado de desdoblamiento mayor tiempo requiere para ver los efectos. Por otro lado los resultados obtenidos por Avalos (2004) indican una variación en Da en el primer año de incorporación de materia orgánica al suelo en dosis muy similares a las utilizadas en este trabajo.

Valores de la velocidad de infiltración básica

Los valores tomados después de haber establecido el experimento, nos permite determinar que para la velocidad de infiltración básica no existe diferencia significativa dentro de los valores obtenidos para los efectos de la dosificación de Miyaorganic[®], comparando el Testigo con los tres Tratamientos de dosificación, como se ve en el cuadro 4.3.

Cuadro 4.3 Valores de infiltración básica en los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	MEDIA
TESTIGO (0 kg ha ⁻¹)	5.9333 A
T 1 (1000 kg ha ⁻¹)	5.2333 A
T 2 (1500 kg ha ⁻¹)	4.9333 A
T 3 (2000 kg ha ⁻¹)	4.9000 A

Comparación de medias para la prueba de Tukey, nivel de significancia = 0.05

Se puede mencionar que para las dosificaciones no existe diferencia significativa, pero al realizar la comparación de medias de los valores en el factor B (Métodos de labranza) podemos establecer una diferencia en los métodos de labranza a los que fueron sometidos, como se ve en el cuadro 4.4.

Cuadro 4.4 Comparación de la velocidad de infiltración básica para los diferentes métodos de labranza.

METODO DE LABRANZA	MEDIA
LC	5.7500 A
LR	5.5250 A
SD	4.4750 B

Comparación de medias para la prueba de Tukey, nivel de significancia =0.05

Al compara los métodos de labranza a los que fueron sometidos los tratamientos, podemos determinar que el valor mas elevados para la velocidad de infiltración básica se presento en los lotes sometidos a Labranza Convencional, seguido de los trabajados con Labranza Reducida, que dando el valor menor para los que fueron sometidos a Siembra Directa. Lo que nos permite determinar que a mayor laboreo del suelo la humedad se infiltra rápidamente quedando en los estratos mas profundos del perfil.

Datos del espacio poroso

Los valores de espacio poroso obtenidos después del establecimiento del experimento nos permiten conocer el comportamientos del perfil a diferentes profundidades. En los tratamientos comparados con el testigo, así como a los

diferentes métodos de labranza utilizados para el desarrollo de la investigación. A continuación se presentan los cuadros comparativos para cada una de las profundidades.

Cuadro 4.5 Valores en % del espacio poroso para la profundidad de 0-5 cm.

PROFUNDIDAD (cm)			
0 - 5			
TRATAMIENTO	LC	LR	SD
TESTIGO(0kgha ⁻¹)	49.31 B	53.20 A	50.69 A
T1(1000 kgha ⁻¹)	50.69 AB	50.56 A	52.70 A
T2(1500 kgha ⁻¹)	52.83 A	53.08 A	51.06 A
T3(2000 kgha ⁻¹)	53.08 A	51.57 A	52.45 A

Comparación de medias para la prueba de Tukey, nivel de significancia = 0.05

Cuadro 4.6 Valores en % del espacio poroso para la profundidad de 5-10 cm.

PROFUNDIDAD (cm)			
5-10			
TRATAMIENTO	LC	LR	SD
TESTIGO(0kgha ⁻¹)	47.80 B	52.83 A	51.19 A
T1(1000 kgha ⁻¹)	52.20 A	46.92 B	49.93 A

T2(1500 kg ha^{-1})	52.70 A	53.46 A	50.94 A
T3(2000 kg ha^{-1})	53.46 A	50.94 AB	52.45 A

Comparación de medias para la prueba de Tukey, nivel de significancia = 0.05

Cuadro 4.7 Valores en % del espacio poroso para la profundidad de 10-15 cm.

TRATAMIENTO	PROFUNDIDAD (cm)		
	10-15		
	LC	LR	SD
TESTIGO(0kg ha^{-1})	49.56 B	55.34 A	48.17 B
T1(1000 kg ha^{-1})	51.69 AB	47.29 C	53.58 A
T2(1500 kg ha^{-1})	54.71 A	48.67 BC	51.69 AB
T3(2000 kg ha^{-1})	50.94 AB	51.95 AB	51.07 AB

Comparación de medias para la prueba de Tukey, nivel de significancia = 0.05

Cuadro 4.8 Valores en % del espacio poroso para la profundidad de 15-20 cm.

PROFUNDIDAD (cm)			
15-20			
TRATAMIENTO	LC	LR	SD
TESTIGO(0kgha ⁻¹)	49.68 A	50.69 A	50.44 A
T1(1000 kgha ⁻¹)	49.81 A	48.30 A	50.94 A
T2(1500 kgha ⁻¹)	50.44 A	50.06 A	50.44 A
T3(2000 kgha ⁻¹)	51.07 A	50.94 A	46.79 B

Comparación de medias para la prueba de Tukey, nivel de significancia = 0.05

Los valores obtenidos para el estrato de 0-5 cm nos refleja que únicamente existe diferencia significativa en los lotes que fueron sometidos a LC , esta variación se presenta entre el Testigo en el cual existe un menor porcentaje de poros con respecto a los valores obtenidos en los tratamiento a los cuales se aplico Miyaorganic[®]. La variación mayor se presenta comparado el Testigo con los Tratamientos T2 y T3 respectivamente. Ya que entre el Testigo y T1 no existe diferencia significativa. Para los lotes sometidos a LR y SD no se presenta diferencia significativa, al ser comparados tanto los Tratamientos como cada método de labranza a los que fueron sometidos.

Para el estrato de 5-10 cm se determina que en los lotes sometidos a LC existe diferencia significativa entre el Testigo y los demás Tratamientos, a los que se aplico Miyaorganic[®] en diferentes dosificaciones. A demás se observo

que para los lotes que se trabajaron con LR, el mas alto porcentaje de espacio poroso se obtuvo en el T2, seguido del Testigo y del T3 respectivamente, y el valor mas pequeño se obtuvo en T1, lo que nos permite determinar que a esta profundidad, lo que llega a influir son las características del método de labranza. La influencia de la incorporación de materia orgánica no es de trascendencia. En los lotes trabajados con SD no existe diferencia significativa en ninguno de los Tratamientos y el Testigo, por lo cual se considera que el poco movimiento del suelo en este sistema de labranza, ocasiona que no se logre una distribución uniforme de la materia orgánica incorporada al suelo. Se requiere de un manipuleo mayor del suelo para lograr la incorporación y distribución de la materia orgánica dentro de él.

Los valores obtenidos para el estrato de 10-15 cm permite ver que en los lotes trabajados con LC existe diferencia significativa en cuanto al porcentaje de espacio poroso entre el Testigo y los Tratamientos, sobretodo con el T2 que es en el cual se refleja el mayor porcentaje de espacio poroso al ser comparado con el Testigo, a diferencia del T1 y T3 que estadísticamente presenta una similitud con el Testigo pero sin ser estadísticamente iguales. Para los lotes sometidos a LR, el Testigo fue el que presento mayor porcentaje de espacio poroso, presentándose una similitud con T3 y una marcada diferencia con T2 y T1 respectivamente. En los lotes sometidos a SD se observo que el T1 presenta diferencia significativa al ser comparado con el Testigo y los otros dos

tratamientos (T2 y T3) los cuales son iguales al ser comparados entre si y con el Testigo presenta cierta similitud.

En el estrato mas profundo para la toma de datos refleja que no existe diferencia significativa entre el Testigo y los tratamientos, en los lotes sometidos a LC y LR. Se observo una diferencia estadística en SD entre el T3 y los tratamientos T1,T2 y el Testigo , lo cual indica que en este estrato no se presento efecto debido al Método de Labranza o por la incorporación de materia orgánica (Miyaorganic®).

Determinación de estabilidad estructural

Después de establecida la pruebe se realizo la determinación de la Estabilidad Estructural, Mediante la aplicación de la relación de dispersión de los agregados, propuesta en 1930 por Middleton y sugerida por Piccolo y Mbagwu (1990).

En la cual a mayor dispersión de los agregados se presenta una menor estabilidad estructural y por el contrario a menor dispersión mayor estabilidad estructural. Para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados estadístico.

Cuadro 4.9 Comparación de medias de la relación de dispersión .

FACTOR A	FACTOR B			
	LC	LR	SD	MEDIA
TESTIGO(0 kgha ⁻¹)	99.1390	98.8043	98.2957	98.7463
T1 (1000 kgha ⁻¹)	98.6380	99.4913	99.3200	99.1498
T2 (1500 kgha ⁻¹)	99.4880	99.1480	98.2797	98.9719
T3 (2000 kgha ⁻¹)	98.4703	99.3207	98.9803	98.9238

MEDIA	98.9338	99.1911	98.7189	98.9479
-------	---------	---------	---------	---------

Al someterlos datos al análisis estadístico correspondiente se obtiene como resultado que no existe diferencia estadística significativa, entre los diferentes tratamientos, por lo cual se establece que la estabilidad estructural estadísticamente no se vio modificada durante el desarrollo de esta prueba, pero se observa que existe una pequeña variación numérica menor en las parcelas sometidas a LC en el tratamiento 4 los que nos indica que para este tratamiento y este tipo de labranza la estabilidad estructural se incremento de una manera mínima con respecto a los demás datos. Para las parcelas que se sometieron a LR podemos observar que la variación numérica se presento en el testigo presentando un pequeño incremento en la estabilidad estructural en este tratamiento. Para las parcelas trabajadas con SD se observo que existe variación en los tratamiento Testigo, T2 y T3 los cuales presenta un pequeño incremento en la estabilidad estructural.

4.5 Requerimiento energético de los métodos de labranza utilizados.

En el cuadro 4.10 se presenta el comportamiento con respecto al consumo energético de los métodos de la branza utilizados en el desarrollo de

V A R I A B L E	Labranza Convencional (LC)	Labranza Reducida (LR)	Siembra Directa (SD)
Consumo de combustible por hora ($l h^{-1}$)	23.88	11.5	5.75
Consumo de combustible por hectárea ($l ha^{-1}$)	31.94	13.36	8.71
Índice de disturbación energética CE ($ml m^{-3}$)	19.65	11.32	7.15

experimento.

Cuadro 4.10 Requerimiento energético de los tres métodos de labranza utilizados.

Cuadro 4.11 Parámetros medidos para evaluar el desempeño de los implementos utilizados en los diferentes métodos de preparación del suelo

V A R I A B L E	Vibro cultivador	Arado	Rastra	Sembradora
Ancho de trabajo (m)	1.7	1.03	1.69	0.825
Profundidad de trabajo (cm)	11.14	26.27	10.55	12.18
Velocidad de trabajo ($km h^{-1}$)	7.25	5.52	8.04	4.15
Patínaje de las ruedas (%)	5.04	6.52	4.62	3.10

Dentro de la variable de consumo energético de cada uno de los métodos de labranza utilizados, en el desarrollo de la investigación podemos observar que existen tendencia a reducir en porcentaje requerido en las variables evaluadas para cada método, observándose así una reducción del consumo energético, entre menor sea el paso de implementos utilizados en un sistema para lograr el acondicionamiento del suelo. La variación mayor se presenta en cuanto al consumo de combustible en lha^{-1} , comparando los métodos utilizados entre si.

En relación al índice de disturbación energética se observa que el LC consumió mas energía por unidad de suelo movido, esto tiene una relación con los resultados obtenidos por Buckingham (1984), a mayor profundidad mayor consumo de energía. En los lotes trabajados con LR y SD se presento un menor consumo energético, esto se debe a que la profundidad de trabajo fue menor y al ancho de trabajo de cada implemento.

V CONCLUSIÓN

Con los resultados obtenidos no se puede considerar si la incorporación de la composta contribuye o no al acondicionamiento del suelo durante el

desarrollo del experimento para la reducción de labranza. Para el caso de la densidad aparente (D_a) podemos determinar que se presenta una disminución para este valor, en los estratos superiores de los tratamientos a los que se aplicó Miyaorganic[®] respectivamente, por efecto de la aplicación del producto de manera superficial. Además de considerar que el producto es una fuente de materia orgánica con alto grado de descomposición que permite ver efectos inmediatos, como se presentó para la determinación de este valor.

Para los datos obtenidos en el porcentaje de espacio poroso, se presentaron variaciones estadísticas significativas por el efecto de la dosificación de materia orgánica, en combinación con los métodos de labranza a los que fueron sometidas cada una de las parcelas, observándose que en las dosificaciones más altas de (Miyaorganic[®]) se incrementó el porcentaje de poros con respecto al testigo, lo que nos permite establecer que los tratamientos uno y tres, presentaron un mayor porcentaje de espacio poroso a diferentes profundidades al ser comparados con el testigo.

En relación a la estabilidad estructural se puede concluir que no existió estadísticamente una diferencia significativa en cada uno de los tratamientos por los cuales se considera que para poder lograr una variación en

este parámetro es necesario realizar futuras pruebas con las mismas cantidad en dosificaciones de materia orgánica, por un periodo de tiempo cuando menos de cinco años.

Los datos obtenidos para el requerimiento energéticos de cada unos de los métodos de labranza, al ser comparados entre si tomando en cuenta los parámetros anteriores, se determina que labranza reducida establece las condiciones necesarias para lograr un buen desarrollo de cultivo, objetivo principal de la labranza, considerando la energía requerida para lograr las condiciones de los variables antes mencionados.

Se observó que para lograr ver efectos significativos dentro de las variables evaluados, producidos por la incorporación de Materia orgánica (Miyaorganic[®]), es necesario continuar realizando aplicaciones posteriores, con la evaluación correspondiente de cada una de las variables.

LITERATURA CITADA

- Araujo, A.G. 1990. Definindo Prioridades para a Pesquisa em Máquinas e Micanizacáo Agrícola Adaptadas aos Sistemas Predominantes do Centro-sul do Paraná. Anales del XIX Congresso
- Barber, R.G., Navarro, F. y Orellana, M. 1993. Labranza Vertical. Centro de Investigación Agrícola Tropical, Misión Británica en Agricultura Tropical y Proyecto de Desarrollo Tierras Bajas del Este del Banco Mundial, Santa Cruz, Bolivia.
- Buckingham F. 1984. Fundamentos de funcionamiento de maquinaria (FMO), serie cultivo. Deere & Company Service Training. Moline, Illinois. EEUU.
- Cabeda, M.S.V. 1984. Degradação física e erosão. En: I Simpósio de manejo do solo e plantio direto no sul do Brasil e III Simpósio de conservação de solos do planalto. Passo Fundo, RS, 1985. Anais.
- Cadena, Z. M, Campos. (junio 2002). Terra 21. Pág. 13-19. Determinación del estado de humedad para una mínima aplicación de energía en laboreo con tracción motriz. Terra Vol.21 Pág. 13-19.
- Cambardella, C.A. and E. T. Elliott. 1992a. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Sci. Am. J. 56:777-783.
- Cook, M.G. y Lewis, W.M. (eds.) 1989. Conservation tillage for crop production in North Carolina. North Carolina Agricultural Extension Service, North Carolina State University, Raleigh, N.C. USA.
- Glave, A.E. 1990. Informe técnico No 19. INTA - Estación Experimental Bordenave.

- Gómez, J.A., Ramirez, F. 1999. Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration and yield in an olive orchard. *Soil & Tillage Research*. 52, 167-175.
- Guérif, J., Lewis. 2001. A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seedling establishment. *Soil & Tillage Research*. 61, 13-32.
- Gupta, S.C., E.C. Schneider, W.E. Larson, and A. Hadas. 1987. Influence of corn residue on compression and compaction behavior of soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:207-212.
- Huges Harold A. 1981. Conservación en la agricultura. Publicaciones Deere & Company Service Training. Moline, Illinois. EEUU. Pp 25 – 32.
- Karwasra, S.P.S. 1991. Socio economic considerations in tillage. Proc. 12th Conference of ISTRO "Soil Tillage for Agricultural Sustainability". pp. 536-545. IITA, Ibadan.
- Kay, B.D., and D.A. Angers. 2000. Soil structure. p. 229-276. *In* Sumner, M. (ed.). Handbook of soil science. CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA.
- Kohnke, H. 1968. Soil physics. McGraw Hill, New York. 224 p.
- Lal, R. 1985. Mechanized tillage systems effects on properties of a tropical alfisol in watersheds cropped to maize. *Soil Tillage Res.* 6:149-161
- Lal, R. 1995. Tillage systems in the tropics: Management options and sustainability implications. *Soils Bulletin* 71. FAO, Rome, Italy.
- Larson, W.E. 1964. Soil parameters for evaluating tillage needs and operations. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison. 28:118-22.
- Ledesma, L.L. 1986. Conservación y manejo de suelos en la Provincia del Chaco. INTA, Estación Experimental Agropecuaria, Saenz Peña. Boletín N° 96. pp. 66-73.
- Lowry, F.E., Taylor, H.M., y Huck, M.G. 1970. Root elongation rate and yield of cotton as influenced by depth and bulk density of soil pans. *Soil Science Society America Proceeding*, Madison, 34:306-9.

- Marcano, F., Álvarez, J.M. 1994. Efecto de la labranza y del nitrógeno en algunos componentes del rendimiento, macroporosidad del suelo, densidad radical y producción del maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Trop.* 44:1, 5-22.
- Mielniczuk, J. y Schneider, P. 1984. Aspectos sócioeconômicos do manejo de solos no sul do Brasil. En: I Simpósio de manejo do solo e plantio direto no sul do Brasil e III Simpósio de conservação de solos do planalto. Passo Fundo, RS, 1983. Anais.
- Moreno Alvarez, J.M. 2002. Modificaciones estructurales de suelos ferralíticos rojos bajo diferentes manejos. Tesis de Maestría en Ciencias del Suelo. Universidad Agraria de la Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez". Facultad de Agronomía.
- Munkholm, L.J. 2001. Soil fragmentation and friability. Effects of soil water and soil management. Ph.D. Dissertation. Danish Institute of Agricultural Sciences, Foulum. The Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen, Denmark.
- Muzilli, O.; Vieira, M.J. y Parra, M.S. 1980. Adubação verde. En: Manual Agropecuario para o Paraná, Capítulo 3, Fundação Instituto Agronômico do Paraná. pp. 76-93.
- Nacci, S. y Pla Sentís I. 1991. Técnicas y equipos desarrollados en el país para evaluar propiedades físicas de los suelos. FONAIAP, Maracuaý. Serie B No 17. 40 p.
- Papadakis, J. 1980. Ecología y manejo de cultivos, pasturas y suelos. Editorial Hemisferio Sur, Montevideo. 295 p.
- Parchen, C.A.P., Bertol, O. 1989. Adequação de estradas. En: Manual técnico do subprograma de manejo e conservacdo do solo. SEAB, Curitiba. pp. 239-250.
- Piccolo, A., and J.S.C. Mbagwu. 1990. Effects of different organic waste amendements on soil microaggregates stability and molecular size of humic substances. *Plant and soil*, 123: 27-37.

- Prause, J., Soler, J. 2001. Cambios producidos en un suelo bajo labranza conservacionista y siembra directa de algodón en el Chaco, Argentina. *Agric. Téc.* 61:4, 527-532.
- Reeves, D.W. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil & Tillage Research.* 43, 131-167.
- Resende, M., Curi, N., Rezende, S.B., y Corrêa, G.F. 1995. *Pedologia: base para distinção de ambientes.* Viçosa, NEPUT. 304 p.
- Rivas, E., Soler, J. 1998. Efecto de la labranza sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y el rendimiento de maiz en los llanos altos del estado Monagas. *Agron. Trop.* 48:2, 157-174
- Saenz Peña 1986a. Estación Experimental. Conservación y manejo de suelos en el centro de la provincia del Chaco. *Boletín No 96.* 112 p.
- Unger, P.W., Jones, O.R. y Laryea, K.B. 1995. Sistemas de labranza y prácticas de manejo de suelos para diferentes condiciones de tierras y climas. En: *Memorias de la segunda reunión bienal de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista*, Eds. I. Pla Sentís y F. Ovalles, Guanare, Acarigua, Venezuela, RELACO. pp. 82-117.
- Voorhees, W.B., Senst, C.G., y Nelson, W.W. 1978. Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the Northern Corn Belt. *Soil Science Society of America Journal*, Madison 42:344-9.
- Voroney, R.P., Paul, E.A., Anderson, D.W. 1989. Decomposition of wheat straw and stabilization of microbial products. *Can. J. Soil Sci.* 69, 63-77.

Páginas de Web Consultadas

- FAO 1993. Guidelines for land-use planning. FAO Development Series 1 Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
www.itc.nl/~rossiter/pubs/clcs96_b.htm - 29k.
- FAO 1997 La labranza conservacionista en México, I World Congress on Conservation Agriculture. Madrid, October, 2001.
www.ecaf.org/documents/claveran.pdf.
- FAO 1998. Manual de sistemas de labranza para América Latina. ...
www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S037818442002001000004&script
- FAO 2002. Agricultura de conservación para detener el avance del desierto
www.fao.org/spanish/newsroom/news/2002/10502-es.html - 32k
- FAO 2003. manual de practicas integradas de manejo de conservación de suelos. (texto del manual).

www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/iita.htm

ANEXOS

Cuadro A.1 Variación de la (Da) para los diferentes extractos

DATOS ESTADÍSTICOS DE LA DENSIDAD APARENTE DE 0-5 Cm

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	2	0.007622	0.003811	6.8660	0.028
FACTOR A	3	0.024677	0.008226	14.8202	0.004
ERROR A	6	0.003330	0.000555		
FACTOR B	2	0.002239	0.001120	0.8786	0.563
INTERACCION	6	0.011715	0.001952	1.5321	0.230
ERROR B	16	0.020390	0.001274		
TOTAL	35	0.069973			

C.V. (ERROR B) = 2.79%

CUADRO DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B			MEDIA
	1	2	3	
1	1.3433	1.3067	1.3100	1.3200
2	1.2400	1.3067	1.2533	1.2667
3	1.2500	1.2967	1.2833	1.2767
4	1.2433	1.2433	1.2600	1.2489
MEDIA	1.2692	1.2883	1.2767	1.2781

DATOS ESTADÍSTICOS DE LA DENSIDAD APARENTE DE 5-10 Cm

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	2	0.004723	0.002361	1.2318	0.357
FACTOR A	3	0.066853	0.022284	11.6252	0.007
ERROR A	6	0.011501	0.001917		
FACTOR B	2	0.017677	0.008839	5.4987	0.015
INTERACCION	6	0.019341	0.003223	2.0053	0.124
ERROR B	16	0.025719	0.001607		
TOTAL	35	0.145813			

C.V. (ERROR B) = 3.10%

CUADRO DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B			MEDIA
	1	2	3	
1	1.3833	1.2933	1.4067	1.3611
2	1.2500	1.2667	1.3267	1.2811
3	1.2533	1.3000	1.3000	1.2844
4	1.2333	1.2333	1.2600	1.2422
MEDIA	1.2800	1.2733	1.3233	1.2922

DATOS ESTADÍSTICOS DE LA DENSIDAD APARENTE DE 10-15 Cm

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	2	0.005123	0.002562	7.8538	0.021
FACTOR A	3	0.108124	0.036041	110.5029	0.000
ERROR A	6	0.001957	0.000326		
FACTOR B	2	0.009621	0.004810	1.4879	0.255
INTERACCION	6	0.029331	0.004889	1.5121	0.236
ERROR B	16	0.051727	0.003233		
TOTAL	35	0.205883			

C.V. (ERROR B) = 4.40%

CUADRO DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B			MEDIA
	1	2	3	
1	1.3367	1.3733	1.3967	1.3689
2	1.1833	1.2800	1.2300	1.2311
3	1.2000	1.2800	1.2733	1.2511
4	1.3600	1.3000	1.2967	1.3189
MEDIA	1.2700	1.3083	1.2992	1.2925

DATOS ESTADÍSTICOS DE LA DENSIDAD APARENTE DE 15-20 Cm

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	2	0.000111	0.000055	0.0432	0.959
FACTOR A	3	0.008530	0.002843	2.2183	0.187
ERROR A	6	0.007690	0.001282		
FACTOR B	2	0.006809	0.003405	2.8872	0.084
INTERACCION	6	0.021061	0.003510	2.9767	0.038
ERROR B	16	0.018867	0.001179		
TOTAL	35	0.063068			

C.V. (ERROR B) = 2.59%

CUADRO DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B			MEDIA
	1	2	3	
1	1.3333	1.3133	1.3700	1.3389
2	1.3067	1.3300	1.3000	1.3122
3	1.3133	1.3133	1.3000	1.3089
4	1.3233	1.2967	1.4100	1.3433
MEDIA	1.3192	1.3133	1.3450	1.3258

Cuadro A.2 Valores de infiltración en los diferentes tratamientos

DATOS ESTADÍSTICOS DE LA INFILTRACIÓN BASICA

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	2	2.0847	1.042389	2.4671	0.165
FACTOR A	3	6.2099	2.069967	4.8991	0.047
ERROR A	6	2.5350	0.422516		
FACTOR B	2	11.114	5.557434	6.9905	0.007
INTERACCION	6	7.3650	1.227509	1.5440	0.227
ERROR B	16	12.720	0.795002		
TOTAL	35	42.029			

C.V. (ERROR B) = 16.98%

CUADRO DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B			MEDIA
	1	2	3	
1	6.2000	5.9000	5.7000	5.9333
2	6.0000	6.1000	3.6000	5.2333
3	5.3000	4.7000	4.8000	4.9333
4	5.5000	5.4000	3.8000	4.9000
MEDIA	5.7500	5.5250	4.4750	5.2500

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
1	5.9333 A
2	5.2333 A
3	4.9333 A
4	4.9000 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.0617

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 4.90$

$q(0.01) = 7.03$

Cuadro A.3 Comparación de la velocidad de infiltración para los diferentes métodos de labranza

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
1	5.7500 A
2	5.5250 A
3	4.4750 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.9395

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.65$

$q(0.01) = 4.78$

Cuadro A.4 Valores en % del espacio poroso para la profundidad de 0-5 cm

DATOS ESTADISTICOS DEL ESPACIO POROSO DE 0-5 Cm

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	2	10.921875	5.460938	2.4090	0.170
FACTOR A	3	12.289063	4.096354	1.8070	0.246
ERROR A	6	13.601563	2.266927		
FACTOR B	2	2.468750	1.234375	0.9821	0.602
INTERACCION	6	40.234375	6.705729	5.3354	0.004
ERROR B	16	20.109375	1.256836		
TOTAL	35	99.625000			

C.V. (ERROR B) = 2.17%

CUADRO DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B			MEDIA
	1	2	3	
1	49.3100	53.2067	50.6933	51.0700
2	50.6933	50.5667	52.7033	51.3211
3	52.8300	53.0800	51.0667	52.3256
4	53.0800	51.5733	52.4533	52.3689
MEDIA	51.4783	52.1067	51.7292	51.7714

Cuadro A.5 Valores en % del espacio poroso para la profundidad de 5-10 cm

DATOS ESTADISTICOS DEL ESPACIO POROSO DE 5-10 Cm

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	2	6.820313	3.410156	0.7667	0.508
FACTOR A	3	46.72656	15.57552	3.5018	0.090
ERROR A	6	26.68750	4.447917		
FACTOR B	2	1.773438	0.886719	0.5408	0.597
INTERACCION	6	99.46875	16.57812	10.1108	0.000
ERROR B	16	26.23437	1.639648		
TOTAL	35	207.7109			

C.V. (ERROR B) = 2.50%

CUADRO DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B			MEDIA
	1	2	3	
1	47.8000	52.8300	51.1933	50.6078
2	52.2033	46.9200	49.9367	49.6867
3	52.7067	53.4600	50.9433	52.3700
4	53.4600	50.9467	52.4533	52.2867
MEDIA	51.5425	51.0392	51.1317	51.2378

Cuadro A.6 Valores en % del espacio poroso para la profundidad de 10-15 cm

DATOS ESTADISTICOS DEL ESPACIO POROSO DE 10-15 Cm

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	2	7.320313	3.660156	5.7134	0.041
FACTOR A	3	3.671875	1.223958	1.9106	0.229
ERROR A	6	3.843750	0.640625		
FACTOR B	2	5.171875	2.585938	0.5700	0.581
INTERACCION	6	200.60156	33.43359	7.3689	0.001
ERROR B	16	72.593750	4.537109		
TOTAL	35	293.20312			

C.V. (ERROR B) = 4.16%

CUADRO DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B			MEDIA
	1	2	3	
1	49.5600	55.3467	48.1767	51.0278
2	51.6967	47.2967	53.5833	50.8589
3	54.7167	48.6767	51.6967	51.6967
4	50.9433	51.9500	51.0700	51.3211
MEDIA	51.7292	50.8175	51.1317	51.2261

Cuadro A.7 Valores en % del espacio poroso para la profundidad de 10-15 cm

DATOS ESTADISTICOS DEL ESPACIO POROSO DE 10-15 Cm

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	2	0.187500	0.093750	0.0690	0.934
FACTOR A	3	3.875000	1.291667	0.9511	0.525
ERROR A	6	8.148438	1.358073		
FACTOR B	2	2.187500	1.093750	0.5899	0.570
INTERACCION	6	45.820313	7.636719	4.1190	0.011
ERROR B	16	29.664063	1.854004		
TOTAL	35	89.882813			

C.V. (ERROR B) = 2.72%

CUADRO DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B			MEDIA
	1	2	3	
1	49.6867	50.6900	50.4400	50.2722
2	49.8133	48.3000	50.9433	49.6856
3	50.4400	50.0633	50.4433	50.3156
4	51.0700	50.9433	46.7933	49.6022
MEDIA	50.2525	49.9992	49.6550	49.9689

Cuadro 4.8 Variables para la determinación de requerimiento energético

V A R I A B L E	VIBRO	R A S T R A SEMBRADORA	
Ancho de trabajo (m)	0.99	1.74	1.81
Profundidad de trabajo (cm)	14.67	10.7	11.7
Velocidad de trabajo (km h ⁻¹)	5.87	7.23	6.89
Patinaje de las ruedas (%)	11.22	3.89	3.55
Potencia necesaria para la labor (hp)	29.38	4.59	2.63
Consumo de combustible por hora(l h ⁻¹)	12.67	6.25	5.61
Consumo de combustible por hectárea (l ha ⁻¹)	31.68	6.58	6.84
Consumo de combustible por hectárea CT (l ha ⁻¹)	21.84	4.96	4.49
Índice de disturbación energética CE(ml m ⁻³)	21.36	6.13	5.85
Índice de disturbación energética CT(ml m ⁻³)	14.96	4.64	3.84
Requerimientos de Fuerza para la labor (kgF)	1370.12	173.79	104.49
Requerimientos de Fuerza para la labor (kN)	13.43	1.70	1.02
Fuerza por metro de trabajo (kN m ⁻¹)	13.57	0.98	0.57

V A R I A B L E	ARADO	R A S T R A SEMBRADORA	
Ancho de trabajo (m)	0.77	1.85	1.74
Profundidad de trabajo (cm)	24.86	12.58	13.4
Velocidad de trabajo (km h ⁻¹)	6.13	6.65	6.89
Patinaje de las ruedas (%)	12.29	5.19	2.21
Potencia necesaria para la labor (hp)	15.57	10.94	1.93
Consumo de combustible por hora(l h ⁻¹)	9.46	8.16	5.38
Consumo de combustible por hectárea (l ha ⁻¹)	24.26	7.77	5.43
Consumo de combustible por hectárea CT (l ha ⁻¹)	20.13	6.63	4.48
Índice de disturbación energética CE(ml m ⁻³)	9.7	6.19	4.06
Índice de disturbación energética CT(ml m ⁻³)	8.10	5.27	3.35
Requerimientos de Fuerza para la labor (kgF)	695.30	450.34	76.68
Requerimientos de Fuerza para la labor (kN)	6.82	4.42	0.75
Fuerza por metro de trabajo (kN m ⁻¹)	8.85	2.39	0.43

V A R I A B L E	ARADO	R A S T R A SEMBRADORA	
------------------------	--------------	-------------------------------	--

Ancho de trabajo (m)	0.75	1.72	1.51
Profundidad de trabajo (cm)	25.66	10.5	12.5
Velocidad de trabajo (km h ⁻¹)	6.06	6.7	7.12
Patinaje de las ruedas (%)	6.84	4.25	3.01
Potencia necesaria para la labor (hp)	29.51	6.11	2.31
Consumo de combustible por hora(l h ⁻¹)	12.37	6.72	5.51
Consumo de combustible por hectárea (l ha ⁻¹)	30.17	6.52	5.99
Consumo de combustible por hectárea CT (l ha ⁻¹)	26.89	5.79	5.10
Índice de disturbación energética CE(ml m ⁻³)	11.69	6.24	4.79
Índice de disturbación energética CT(ml m ⁻³)	10.48	5.52	4.08
Requerimientos de Fuerza para la labor (kgF)	1333.03	249.64	88.81
Requerimientos de Fuerza para la labor (kN)	13.07	2.45	0.87
Fuerza por metro de trabajo (kN m ⁻¹)	17.43	1.42	0.58