



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**EFFECTOS DE LABRANZA REDUCIDA (RASTRA) SOBRE LAS  
PROPIEDADES FISICAS DE TRES SUELOS DE USO AGRÍCOLA.**

Por:

Gerardo Moisés Gordillo García

**T E S I S**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Abril de 2007.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**EFFECTOS DE LABRANZA REDUCIDA (RASTRA) SOBRE LAS  
PROPIEDADES FÍSICAS DE TRES SUELOS DE USO AGRÍCOLA.**

**Por:**

Gerardo Moisés Gordillo García

**TESIS**

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito  
parcial para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Aprobado

Presidente del jurado

---

**M.C. Ramiro Luna Montoya**

**Sinodal**

**Sinodal**

---

**Ing. Rosendo González Garza**

---

**Ing. José Juan de Valle Treviño**

Coordinador de la división de ingeniería

---

**Dr. Raúl Rodríguez García**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Abril de 2007.

## **AGRADECIMIENTOS**

A **Dios** por haberme dado la oportunidad de vivir y por haberme dado una persona tan maravillosa que es mi madre, que me brindo fortaleza para lograr una meta mas en mi vida.

A la universidad **Autónoma Agraria Antonio Narro**, por permitirme culminar con mis estudios profesionales.

Al departamento de **Maquinaria Agrícola**, por contribuir con mi formación personal y profesional.

A todos los ingenieros que durante mi formación profesional me guiaron en el camino del bien y del saber, brindándome su apoyo y conocimientos incondicionalmente, les doy mil gracias de todo corazón.

Al **M.C. Ramiro Luna Montoya**, por brindarme su apoyo para realizar el presente trabajo.

Al **Dr. Luís Miguel Lasso Mendoza** por brindarme su apoyo en el departamento de suelos para la realización de este proyecto.

Al **M.C. René Félix Domínguez López** por su empeño como asesor y consejos para la realización de este proyecto.

Al **Ing. Rosendo González Garza**, por su apoyo en la realización de las practicas con maquinaria y equipo agrícola.

A la **Lic. Lucia Guadalupe Barrera Valdez**, por su apoyo para la realización de los análisis de suelo en el laboratorio

A todos mis compañeros y amigos, **José Alejandro Espinoza Ruiz, Santos Rolando Bautista Pérez, Rolando López Vidal, Azael Ramos Vázquez, César Barbosa, Yoni del Carmen Pool Ek, Carlos Hernández Hernández, Benjamín Palma, Enrique Porras, Mario Alberto Méndez Dorado, Aarón Soto, Fidel A. Álvarez, José Luíz Figueroa, David Mejía, Henry Ernesto Álvarez, Cirilo Santíz, Sergio Antonio Navarro Méndez, Julio César Arellanes, Neftaly Cuervo Piña, Joel Eduardo Morales Coutiño, por todos los buenos ratos que pasamos en la universidad.**

A todo el personal administrativo del departamento de Maquinaria Agrícola y en especial a todos aquellos que compartieron su tiempo conmigo y que de alguna manera contribuyeron en la realización de este proyecto de tesis.

## DEDICATORIA

Con mucho amor, cariño y respeto orgullo a mi madre y abuela.

### **Sra. Martha García Victoria.**

Te agradezco madre por todo el gran amor que he recibido, tus cuidados y preocupaciones sin importar las decisiones que he tomado en mi vida, siempre has confiado en mí y me has apoyado en todos los aspectos de la vida y por esto te dedico este trabajo con mucho amor, respeto y admiración.

### **Sra. Adriana Victoria Villatoro.**

Gracias abuela por estar junto a mi en los momentos buenos y malos de esta vida, por ser paciente, aconsejarme en todo momento y enseñarme el camino del bien y del saber.

A mis hermanos **Julio César Gordillo García, Marco Antonio Gordillo García, Victor Manuel Gordillo García, y Rosibel Araceli Gordillo García.** Quienes de muchas formas me han ayudado, motivado a continuar y porque son parte importante en mi vida, gracias por ser mis hermanos, los llevare siempre en mi corazón.

### **A mi tío el Sr. Jorge García Victoria.**

Te doy las gracias por haber estado pendiente de mi y por apoyarme en los momentos difíciles y ser como un padre para mi, te lo agradezco de todo corazón mil gracias y muchas bendiciones para ti.

**Al Lic. Guillermo Najera Ozuna.**

Le doy las gracias por haberme dado su confianza, amistad y techo durante mi formación y por haberme dado esos consejos tan sabios se lo agradezco con toda el alma que dios lo bendiga.

A ti prima **Sra. Maria Elena Castañeda García.**

Gracias por considerarme parte de tu familia no tengo palabras para agradecer todo lo que hiciste por mí, me alojaste cuando mas lo necesite mis mejores deseos y bendiciones para ti y tu familia, que son unas personas extraordinarias de nuevo las gracias por ser mi prima.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLAS	IX
INDICE DE GRAFICAS	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	4
1.2 Hipótesis	4
II. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Definición de Labranza	5
2.2 Causas de la degradación física del suelo	5
2.2.1 Consecuencias de la degradación del suelo	6
2.3 Objetivos de la labranza	7
2.3.1 Control de malezas	7
2.3.2 Preparación de la cama de siembra	8
2.3.3 Acondicionamiento de las propiedades físicas	8
2.4 Desventajas de la labranza	9
2.5 Tipos del Labranza	9
2.5.1 Labranza Convencional	9
2.5.2 Labranza Primaria.	10
2.5.3 Labranza Secundaria.	10
2.5.4 Labranza de Conservación.	10
2.6 Definición de la Rastra	11
2.7 Objetivos principales de rastreo:	12
2.8 Tipos de rastras	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 Tractor John Deere 2300	15
3.2 Rastra Integral de 20 Discos	16
3.3 Cobertura Vegetal (%)	17
3.4 Índice de Pedregosidad	18
3.5 Ancho de trabajo	19
3.6 Profundidad de trabajo	19
3.7 Contenido de humedad del suelo (%)	20

3.8 Textura del Suelo -----	20
3.9 Conductividad Hidráulica -----	21
3.10 Conductividad Eléctrica -----	22
3.11 Índice de Plasticidad -----	23
3.12 Materia Orgánica del Suelo.-----	24
3.13 Densidad Aparente -----	25
3.14 Densidad de Sólidos -----	25
3.15 Capacidad de Campo y P.M.P.-----	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES -----	28
4.1 Localización del área experimental. -----	28
4.2 Muestreo de suelos -----	28
4.3 Análisis de suelos-----	29
4.3.1 Textura del suelo -----	29
3.3.2 Punto de marchites permanente (PMP).-----	31
3.3.3 Conductividad eléctrica (CE).-----	32
3.3.4 Conductividad hidráulica. -----	32
3.3.5 Índice de plasticidad-----	33
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	34
A N E X O S -----	37
FORMULAS UTILIZADAS-----	42

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tractor John Deere 2300. ....	15
Figura 2: Rastra Integral de 20 Discos. ....	16
Figura 3. Determinación de la cobertura vegetal. ....	18
Figura 4. Determinación del índice de pedregosidad.....	18
Fig. 5: Determinación de profundidad de trabajo. ....	19

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la zona.....	28
Tabla 2. Análisis de suelos .....	28
Tabla 3. Textura del suelo .....	29
Tabla 4. Tabla de medias (Da).....	29
Tabla 5. Tabla de medias (Ds).....	30
Tabla 6. Tabla de medias (M.O.) .....	30
Tabla 7. Tabla de medias (C.C.).....	31

## INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Punto de marchites permanente (PMP).....	31
Grafica 2. Conductividad eléctrica (CE). ....	32
Grafica 3. Conductividad hidráulica.....	32
Grafica 4. Índice de plasticidad.....	33

## I. INTRODUCCIÓN

La agricultura en México tiene una producción escasa y fluctuante frente a un consumo en constante crecimiento que obliga a producir mas y mejor con base a los cultivos intensivos cada vez mas mecanizados, lo cual origina la degradación de los suelos, que tienen un efecto irreversible como es el caso de la erosión. Sin embargo, el avance tecnológico surge por la necesidad de producir mas intensamente sobre una unidad de suelo; esto ha implicado la utilización mas intensa de las labores agrícolas y abuso de uso de la maquinaria agrícola, con la creencia de que se disgrega mejor en su preparación para la producción de cultivos. Los sistemas de cultivos, que son definidos por el conjunto de los sistemas de labranza y de manejo de propiedades físicas de suelo. En gran parte, el tipo y la magnitud de esta influencia depende de la labranza del suelo, que 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 nueva 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.

Según Franzluebbers (2002), la superficie del suelo es una interfase vital que recibe mucho de los fertilizantes y pesticidas aplicados a los cultivos, recibe el impacto intenso de las lluvias, y divide el flujo de gases dentro y fuera del suelo. La mayoría de los estudios hechos para comprobar la alteración de las propiedades del suelo por la rastra dicen que: los patrones de mecanización desarrollados en los sistemas convencionales de labranza, sobre todo las rastras de discos, provocan la degradación del suelo y aceleran la oxidación de la materia orgánica, ocasionan además la aparición de capas de suelo pulverizado en la superficie para procurar una “cama apropiada” para las semillas y capas endurecidas en niveles mas profundos, principalmente por la presión que ejercen los implementos.

Estas capas contribuyen a aumentar la degradación del suelo, limitando la penetración de las raíces, del agua y del aire, restringen la zona de nutrición de las plantas y por ende, disminuyen la capacidad productiva de los suelos e incrementar los requerimientos de potencia (y el consumo de combustible) de las maquinas encargadas de preparar los suelos. Una de las consecuencias principales del uso intensivo del suelo es la compactación debido al tráfico animal o de la maquinaria. La compactación puede ser definida como el aumento en la densidad (o la disminución de la porosidad) del suelo (Arvidsson, 1998). Bajo estas circunstancias la densidad puede alcanzar valores críticos que impiden a las raíces de las plantas penetrar el suelo. La susceptibilidad de los suelos agrícolas a la compactación conduce en muchos casos a bajos rendimientos agrícolas como resultados de sus efectos en el crecimiento de la planta y el movimiento del agua en el suelo (Quiroga et al., 1999).

Labranza modifica las propiedades físicas e hidráulicas de la capa arable y de la superficie del suelo, mientras que las propiedades de la superficie del suelo son modificadas por el humedecimiento y el impacto directo de las gotas de lluvia. El grado en que estas propiedades son modificadas es función de la estabilidad de los terrones, y de la cantidad de energía recibida de la lluvia.

La desintegración de los terrenos y la reorientación de las partículas en la superficie del suelo provocan la formación de áreas con baja permeabilidad por costras y sellos responsables del crecimiento de la capacidad de infiltración. La seriedad de este fenómeno esta fuertemente relacionado con la textura y la estructura del suelo (Dexter et al., 1983; Rawitz y Hazan, 1978; Wustamidin y Douglas, 1992; Zachmann et al., 1987; Hoogmoed, 1999; citados por Dimanche y Hoogmoed, 2002).

Usualmente, la densidad de los suelos labrados decrece mientras el implemento de labranza compacta el suelo debajo, creando, después de repetidas operaciones, una capa de aradura que limita el flujo de agua y la penetración de las raíces (Carter y Colwick, 1971; citados por Gómez et al., 1999).

Este problema es mas critico cuando se utiliza la rastra (grada de discos), lo que provoca que la mayor densidad de masa radical se encuentre en los primeros 20 cm. del suelo (Marcano et al., 1994).

Según Guérif et al., (2001) la labranza tiene efectos directos e indirectos en la descomposición de los residuos. La labranza afecta directamente la fragmentación y distribución de los residuos, e indirectamente las condiciones ambientales en las cuales estos se descomponen. Las operaciones de labranza interactúan con el clima (lluvias, régimen térmico, etc.) para determinar las subsecuentes condiciones del suelo en las cuales estos procesos ocurren, y crea una estructura específica de la cama de siembra que afecta las propiedades físicas alrededor de los residuos. El corte de los residuos con la rastra y la labranza del suelo influyen sobre algunos factores físicos y biológicos del suelo, que afectan a la composición de los residuos. El corte de los residuos y la superficie específica en contacto con el suelo (superficie por masa de los residuos), mejorando la colonización microbiana y el intercambio de agua y nutrientes con el suelo circundante (Fruit et al., 1999, citados por Guérif et al., 2001).

En la labranza convencional, el uso continuo de la rastra provoca varios problemas como la compactación del suelo, la pérdida rápida de la materia orgánica, deja el suelo desnudo y susceptible a los procesos de erosión y de encostramiento. Este problema afecta el potencial productivo de los cultivos tales como el arroz, algodón, sorgo, soya, maíz, cultivos forrajeros y gastos permanentes.

Para resolverlo se requiere la nacionalización del uso de maquinaria de preparación de suelos, utilizando el concepto de labranza vertical que es un sistema de labranza conservacionista.

## **1.1 Objetivo**

Analizar el comportamiento físico del suelo relacionado a los efectos de la labranza tradicional.

## **1.2 Hipótesis**

Las propiedades físicas de los suelos tienden a mejorar cuando se utiliza la labranza reducida y por lo tanto es recomendable este sistema.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 Definición de Labranza**

La labranza consiste en cualquier manipulación física del suelo que cambie su estructura, resistencia o posición, con la finalidad de mejorar su condición para que los cultivos produzcan cosechas. Los movimientos del suelo pueden ocurrir como resultado de fenómenos naturales, tal como tractores, implementos de labranza y cosechadoras. A través de la labranza se busca proporcionar a los cultivos condiciones edáficas adecuadas para su funcionamiento a fin de obtener una producción óptima. (Figuerola et al., 1984).

### **2.2 Causas de la degradación física del suelo**

Las principales causas de la degradación de las características físicas del suelo son (Cebada, 1984).

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.

Excesiva labranza y/o la 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, aumento de los efectos erosivos por la mayor energía cinética del agua en la superficie del suelo.

A su vez, la utilización de equipos inadecuados, pesados y el paso 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 aireación.

Perdida de la materia orgánica del suelo: El manejo inadecuado lleva a una pérdida 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 agregados, que contribuyen a la pérdida de su calidad y de la estabilidad de su estructura.

### **2.2.1 Consecuencias de la degradación del suelo**

La degradación del suelo tiene importantes consecuencias, entre las cuales se destacan las siguientes: (Dorronsoro C.F.; 2004).

Perdida de elementos nutrientes (N, P, S, K, Ca, Mg, etc.): De manera directa, bien al ser eliminados por las aguas que se infiltran en el suelo o bien por erosión a través de las aguas de escorrentía, o de una forma indirecta, por erosión de los materiales que los contienen o que podrían fijarlo.

Modificación de las propiedades físico – químicas: Acidificación, desbasificación y bloqueo de los oligoelementos que quedan en posición no disponible.

Deterioro de la estructura: La compactación del suelo produce una disminución de la porosidad, que origina una reducción del drenaje y una pérdida de la estabilidad, como consecuencia se produce un encostramiento superficial y por tanto aumenta la escorrentía.

Disminución de la capacidad de retención de agua por degradación de la estructura o pérdida del suelo: Esta consecuencia es especialmente importante

para los suelos sometidos a escasas precipitaciones anuales, como en el caso de los suelos de la zona.

Perdida física de materiales: Erosión selectiva (parcial, de los constituyentes más hábiles, como los limos) o masiva (Perdida de la capa superficial del suelo, o en los casos extremos de la totalidad del suelo).

Incremento de la toxicidad: Al modificarse las propiedades del suelo se produce una liberación de sustancias nocivas.

### **2.3 Objetivos de la 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, 1991).

La fragmentación del suelo es el objetivo principal de la mayoría de las operaciones de labranza, para crear en el suelo un ambiente favorable para el establecimiento y el crecimiento del cultivo (Munkholm, 2001).

#### **2.3.1 Control de malezas**

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, rotocultivadores, rastras rotativas, escardillo, etc.) o químico, previo al cultivo o post cultivo.

### **2.3.2 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. En el pasado, la preparación de la cama de siembra se consideraba el conjunto de operaciones posteriores a la primera labranza, pero en la actualidad involucra al tratamiento del rastrojo del cultivo anterior.

Una buena cama de siembra debe poseer las siguientes características:

- Permitir la infiltración de agua de lluvia y retención de agua útil.
- Adecuada aireación.
- Baja resistencia a la penetración de raíces.
- Resistencia a la erosión.
- Mantener residuos en la superficie.

### **2.3.3 Acondicionamiento de las propiedades físicas**

Tiene el propósito de favorecer el cumplimiento de los 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 fundamentalmente importancia.

En cuanto al momento oportuno para la labranza según Papadakis (1980). “Debe variar al infinito para lograr sus objetivos y evitarnos inconvenientes, no pudiéndose tener un plan fijo aun en el corto plazo”.

## **2.4 Desventajas de la labranza**

- Pérdida de la humedad del suelo.
- Limita la infiltración de agua por el sellado de la superficie.
- Destruye la estructura del suelo.
- Incrementa el riesgo de erosión.
- Aumenta los costos operativos.
- Alta demanda de energía, tiempo y equipos.

## **2.5 Tipos del Labranza**

Existen diversos tipos de labranza como lo son: Labranza convencional y labranza de conservación.

### **2.5.1 Labranza Convencional**

La labranza convencional involucra la inversión del suelo, normalmente con el arado de vertedera o el arado de discos como labranza primaria, seguida por labranzas secundarias con la rastra de discos. El propósito principal de la labranza primaria es controlar las malezas por medio de su enterramiento, y el objetivo principal de la labranza secundaria es desmenuzar los agregados y crear una cama de siembra. Las características negativas de este sistema es que el suelo le falta una protección de rastros y queda casi desnudo, por lo tanto es susceptible a las pérdidas de suelo y agua debido a los procesos de erosión (FAO<sup>a</sup>, 2003).

En este sistema de labranza la secuencia de operaciones desarrollada para producir una cosecha se puede separar en labranza primaria y labranza secundaria (New Holland, 2001).

### **2.5.2 Labranza Primaria.**

Generalmente en este tipo de labranza se realiza un trabajo profundo que afloja y fractura el suelo, reduciendo la densidad aparente de este, arrastrando o mezclando residuos y fertilizantes a la capa de suelo labrada, los implementos usados para este tipo de labranza incluyen entre otros los arados de discos o rejas, rastras pesadas, subsuelo y rotocultivadores para trabajo pesado.

### **2.5.3 Labranza Secundaria.**

Esta se utiliza para matar la hierba, cortar y cubrir los residuos vegetales, así como para preparar una cama de semilla bien pulverizada, en este sistema los implementos utilizados pueden ser rastras, cultivadoras rotativas, rotocultivadoras, formadoras de cama para semilla, así como combinaciones entre ellos.

### **2.5.4 Labranza de Conservación.**

La labranza de conservación se define como cualquier consecuencia de labranzas que reduce las pérdidas de suelo y agua en comparación con las de labranza convencional, además este sistema debe mantener 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos.

La labranza de conservación mejorar, conservar y realizar un uso más eficiente de los recursos naturales a través del manejo integrado del suelo y el agua. Esta labranza trata de mantener una capa orgánica de suelo permanente o semipermanente. Esta se forma con plantas muertas; la función de esta capa es proteger físicamente al suelo del sol, la lluvia y el viento (FAOa, 2003).

Dentro de la labranza de conservación se encuentra la labranza vertical la cual se refiere a un sistema donde toda la tierra esta preparada con implementos que no invierten el suelo y causan poca compactación.

Por lo tanto, el suelo queda normalmente con una buena cobertura de rastrojo de más de 30% sobre la superficie. Además del multiarado los implementos más comúnmente utilizados son: el arado de cincel, la cultivadora de campo y vibrocultivador.

La principal característica de la labranza vertical es que utiliza brazos o flejes equipados con puntas en lugar de discos cóncavos para aflojar el suelo sin invertirlo, dejando en la superficie una cobertura protectora formada por los residuos del cultivo anterior y por las malezas arrancadas.

La labranza vertical sostiene mejor la productividad de los suelos debido a la presencia de los rastrojos en la superficie que protegen al suelo contra los procesos de erosión. Esta cobertura de rastrojos también impide la formación de costras superficiales que pueden provocar una baja emergencia de las plantas (FAO<sup>b</sup>, 2003).

## **2.6 Definición de la Rastra**

Las rastras, son aperos de formas muy diversas que tienen por misión allanar la capa superficial del terreno. Suelen construirse por los propios agricultores a base de tablas pesadas provistas de clavos, de una o varias vigas de hierro, de un conjunto de arado metálicos, de unas cadenas de hierro pesadas o también de una granda de púas de ligera, haciéndola trabajar en

posición inversa. Además de alisar la tierra, elimina las masas herbarias existentes, rompe costras, mullendo la capa arable superficial y provocando su aireación con lo que se activa la germinación de las semillas, de las malas hierbas y resulta después mas fácil eliminarlas mediante un pase de grada o cultivador. La función de la rastra es el de pulverizar y apisonar el suelo dejando una superficie acolchada y una capa compactada.

Se usa ventajosamente antes de arar, para roturar la tierra y mezclar la paja o residuos vegetales con la tierra de la superficie y después de arar para pulverizar los terrones y eliminar los espacios de aire en los surcos volteados. (Ortiz Cañabate J., 1995).

## **2.7 Objetivos principales de rastreo:**

1. Disminuir los espacios libres de aire que hay en el suelo después del barbecho.
2. Romper la cohesión de los terrones para preparar una mejor cama de semillas.
3. Efectuar una mezcla de los residuos orgánicos que puedan existir en la superficie de trabajo. En algunas ocasiones se utiliza el rastreo para incorporar abonos o productivos tales como heroicidad de preemergencia, estiércol, abonos verdes, etc.
4. Nivelar hasta donde sea posible los surcos muertos o camellones dejados al efectuarse el barbecho.

5. Romper la costra superficial y eliminar las malas hierbas cuando en un suelo9 preparado para la siembra (en seco) se recibe agua de lluvia. (Soto Molina S., 1983).

## 2.8 Tipos de rastras

Por su sistema de acople, el tractor se puede clasificar en integrales y de tiro; estas últimas pueden tener ruedas de transporte o no. Por la disposición de sus elementos de trabajo y la labor que realizan se agrupan en:

- Rastras de acción simple.
- Rastras de doble acción.
- Rastras excéntricas.

**Rastra de acción simple:** Esta herramienta fue una de las primeras en usarse en la época de la tracción animal. Esta formada por dos cuerpos opuestos en forma de V abierta, de manera que los discos se oponen por sus lados convexos. Cada cuerpo tiene de 6 a 20 discos de diámetros que van desde 45 a 55 cm de diámetro separados a unos 15 cm entre sí. La línea de tiro pasa por el vértice de la V. Por su diseño simple en centro de los cuerpos queda una pequeña franja de tierra sin trabajar.

**Rastra de acción doble o tándem:** Esta rastra es de construcción muy similar a la de acción simple. Se diferencia de ésta en que posee dos cuerpos de acción trasera opuestos que lanzan la tierra hacia adentro. En la rastra de acción doble el suelo queda trabajado dos veces en cada pasada, más parejo y nivelado. Cada cuerpo tiene de 6 a 20 discos con un diámetro de 45 a 56 cm, con un peso de 25 a 30 kilos por disco. En los extremos de los cuerpos traseros queda un pequeño surco el que se puede eliminar si se coloca en cada punta

un disco de menor diámetro. También se produce un camellón en medio de los cuerpos traseros el que se elimina con una pata surcadora.

**Rastra de discos excéntrica u offset:** Esta rastra esta formada por dos cuerpos, uno detrás del otro, dispuestos de manera que uno invierte el suelo hacia la derecha y el otro hacia la izquierda. Debido a la acción de la fuerza del suelo sobre los cuerpos, el punto de enganche y la línea de tiro se ubican hacia un costado del centro. De este hecho deriva su nombre de rastra excéntrica. La excentricidad se puede cambiar desde el lado derecho hacia el izquierdo del tractor modificando el enganche. Esto facilita el trabajo en huertos frutales para labrar debajo de las ramas donde éstas están muy bajas impidiendo que el tractor se acerque a las hileras de árboles. ([www.mazinger.sisib.uchile.](http://www.mazinger.sisib.uchile.)).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

El equipo que se utilizó para la realización de esta investigación es el siguiente:



Figura 1: Tractor John Deere 2300.

#### 3.1 Tractor John Deere 2300

**Especificaciones:**

**Modelo:** 2300

**Potencia:** 84 hp.

**Motor:** Baja velocidad en vacío 750 rpm.

Alta velocidad en vacío 2350 rpm.

**Escala de velocidad de trabajo:** 1500 a 2500 rpm.

**Dirección:** Asistida hidráulicamente (Tracción Sencilla).

Hidrostática (Doble Tracción).

**Transmisión:** Mecánica, de engranes deslizantes.

**Toma de fuerza:** Velocidad, eje para 540 rpm.



Figura 2: Rastra Integral de 20 Discos.

### 3.2 Rastra Integral de 20 Discos

#### **Especificaciones:**

**Tipo:** Integral, de ángulo de ajuste para usarse con tractores, desde 70 hp. o tractores similares equipados con enganche de tres puntos categoría II.

**Armazón:** De acero estructural tubular.

**Cantidad de discos:** 20 discos: 10 dentados y 10 lisos traseros de 0.177" (4.5 mm) de espesor, con diámetro de 22" (558.8 mm)

**Espacio entre discos:** 23 CM (9").

**Eje de los discos:** Cuadrado, de 28.57 mm (1- 1/8").

**Cojinetes:** Tipo antifricción, Dura Flex.

**Ancho de corte:** 2.28 m (90").

**Profundidad de corte:** Controlada por la palanca del eje de levante del tractor.

**Levante:** Hidráulico.

**Nivelación:** Por medio del enganche de 3 puntos del tractor.

**Limpiadores:** Ajustables.

**Peso de embarque:** 574 Kg. (con limpiadores), 495 Kg. (sin limpiadores).

Cuenta con un ángulo delantero ajustable de 18; 20 y 22°, para diferentes condiciones de terreno.

Sus baleros de servicio pesado “Dura Flex” están sellados, mantienen lubricados los componentes y evitan la entrada de polvo y suciedad. Sus limpiadores ajustables, mantienen los discos libres de material, permitiendo un excelente manejo de residuos.

Evita ajustes innecesarios, por su mayor altura de transporte, con la misma longitud del brazo central para trabajo normal.

Cuenta con baleros sellados de servicio pesado “Dura Flex”, que mantienen lubricados los componentes y evitan la entrada de polvo y suciedad.

Sus exclusivas bridas portabalero y su sistema de 4 sellos, diseñados específicamente para esta aplicación, los hace mas durables en condiciones difíciles que cualquier cojinete tipo “Flange” de uso general.

Mayor duración. La rastra 660 reduce el desgaste del tractor al requerir una menor potencia de este. Incrementa su vida útil y reduce gastos de mantenimiento.

Ahorro de combustible. La rastra 660 permite ahorrar combustible al tractor hasta un 11 % \* con respecto a la competencia. Disminuye gastos de operación y ofrece mayor productividad.

### **3.3 Cobertura Vegetal (%)**

Esta prueba se llevo antes del paso de la rastra convencional, con el objetivo de determinar el porcentaje y cantidad de cobertura vegetal existente en cada parcela. Para realizar esta prueba se utilizo un marco de 1m<sup>2</sup> con arreglo matricial de 10 x 10 cm. Cada uno, por lo que cada cuadro representa el uno porciento, se tomaron lecturas en base al porcentaje de vegetación que cubría cada uno, esto se realizo en cada parcela. Posteriormente se recogió toda la cobertura vegetal de cada punto y se peso, luego fue llevado al

laboratorio de física de suelos para secar a la estufa con circulación de aire durante 96 horas a una temperatura de 70 – 75 °C.

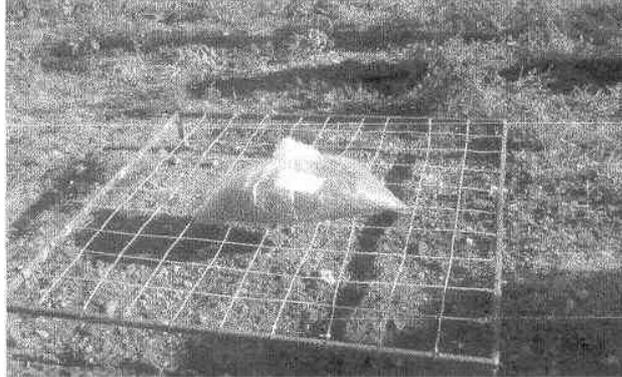


Figura 3. Determinación de la cobertura vegetal.

### 3.4 Índice de Pedregosidad

Esta prueba acabo antes del paso del arado de discos, con el objetivo de determinar el porcentaje y la cantidad de pedregosidad existente en cada parcela. Para realizar esta prueba se utilizo un marco de 1m<sup>2</sup> con un arreglo matricial de 10 x 10 cm. Cada uno, por lo que cada cuadro representa el uno por ciento, se tomaron lecturas en base al porcentaje de pedregosidad que cubría cada uno, esto se realizo en cada parcela.

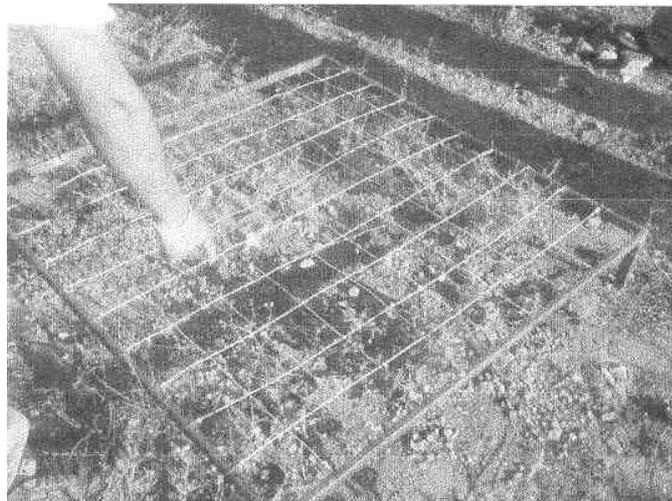


Figura 4. Determinación del índice de pedregosidad.

### 3.5 Ancho de trabajo

Esto puede ser medido con una regla graduada o con un aparato especial. Un método alternativo es dividir el ancho total en el campo entre el número de pasos del implemento. La precisión de este método depende del ancho de trabajo del implemento comparado con el ancho del campo.

### 3.6 Profundidad de trabajo

#### **Materiales utilizados:**

- Regla graduada en cm.
- Nivel de mano.

#### **Procedimiento:**

Una vez pasado el implemento se coloca la regla en posición vertical en la parte labrada junto con el nivel en posición correcta y se toman los datos.



Fig. 5: Determinación de profundidad de trabajo.

### **3.7 Contenido de humedad del suelo (%)**

Las muestras deberán tomarse en al menos tres posiciones en una pequeña parcela, y cinco en las parcelas más grandes. Las muestras deberán guardarse en un recipiente sellado para transportárseles al laboratorio. Después de pesársele, muestras de 25 a 35 grs. son secadas al horno a 105 °C durante 8 horas. Las muestras son enfriadas en una desecadora y luego pesadas nuevamente.

### **3.8 Textura del Suelo**

(Método de la pipeta).

#### **Materiales utilizados:**

- 50 grs. de suelo cribado a 2mm.
- 20 ml. de dispersante (Hexametáfosfato de sodio).
- Agua destilada.
- Baso metálico.
- Osterizer.
- Bureta.
- Pipeta.
- Agitador metálico.
- Termómetro.
- Hidrómetro.
- Rodillo.
- Papel.
- Tamiz de 2mm. (criba).

**Procedimiento:**

Se toma 50 ml. De solución dispersora (hexametáfosfato de sodio), se pasan al cilindro de sedimentación, se afora a 1000 ml. Con agua destilada, mezclar con la varilla metálica, luego se introduce el hidrómetro y se toma la lectura y después la temperatura.

Se pesan 40grs. de suelo tamizado y secado a la estufa, se transfiere a un vaso de precipitado, se agregan 50 ml. de la solución dispersora y agua, se pasan al vaso dispersor lavando con una piceta y se agita por un tiempo de 5 min., terminando de agitar se pasa la solución a un cilindro de sedimentación y se afora a 100 ml., se agita con la varilla metálica y a los 30 seg. se introduce el hidrómetro de Boyoucos y a los 40 seg., se toma la primera lectura y temperatura. La segunda lectura se toma a las 2 horas de haber dejado de agitar y se toma de nuevo la temperatura.

**3.9 Conductividad Hidráulica**

(Método de permeámetro)

**Materiales utilizados:**

- . Suelo
- . Permeámetro
- . Canaleta
- . Agua
- . Probeta de 50 ml
- . Vaso de precipitado
- . Filtros

**Procedimiento:**

Primeramente se mide el diámetro y la profundidad del permeámetro, luego se coloca uno de los filtros en el fondo del permeámetro, se agrega suelo cubriendo la tercera parte del permeámetro y empacar, colocar en la superficie del suelo otro filtro, colocar el permeámetro en la base ranurada de la canaleta y aplicar agua a la canaleta, esperar a que drene el agua y tomar la lectura del volumen drenado a intervalos de tiempo regulares. Seguir tomando lecturas hasta que sean constantes, posteriormente se mide la altura de la misma de agua sobre el suelo, calcular la altura de la columna del suelo y calcular K.

**3.10 Conductividad Eléctrica**

(Método del Conductivímetro)

**Materiales utilizados:**

- . Bote de plástico
- . Espátula
- . Pipeta
- . Agua destilada
- . Suelo
- . Bomba de vacío
- . Papel filtro
- . Embudo de Buchner
- . Matraz Kitasato
- . Conductivímetro

**Procedimiento:**

Para determinar la conductividad hidráulica se pesan 300 grs. de suelo seco y tamizado con una maya de 2mm. Se vacía a un recipiente de plástico se mide un volumen conocido de agua destilada y se empieza a saturar mezclando bien hasta que forme una pasta que brille al reflejar la luz, que se deslice fácilmente por la espátula.

Se vacía la pasta en un embudo de porcelana en el cual debe tener un papel filtro. El embudo se adapta a un matraz de filtración al vacío, esto se conecta a una bomba de vacío y se deja ahí hasta juntar de 30 cc. a 50 cc. De extracto. El extracto se lleva a leer en el conductivímetro para suelos.

**3.11 Índice de Plasticidad**

(Método del límite de Etterberg)

**Materiales utilizados:**

- . Suelo
- . Espátula
- . Báscula
- . Cápsulas de porcelana

**Procedimiento:**

Se tamiza la muestra y se pone en una cápsula de porcelana, luego se agrega agua y se bate hasta obtener una pasta de saturación, en ese momento se dice que esta en su límite líquido, luego se determina su contenido de humedad. A otra muestra del mismo suelo se le determina el contenido de humedad cuando este en el punto donde deje de ser plástico (cuando se estire

de 2 a 5 cm. De longitud) por ultimo se aplica la formula para determinar los parámetros.

### **3.12 Materia Orgánica del Suelo.**

#### **Materiales utilizados:**

1 Matraz Erlen Meyer de 500 ml.  
1 Pipeta 10 ml.  
1 probeta 50 ml.  
1 Probeta 100 ml.  
1 Gramo de suelo.  
Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$  1N).  
 $H_2SO_4$  Concentrado.  
Agua destilada.  
Ortofenantrolina.  
1 Bureta de 50 ml.

#### **Procedimiento:**

Para determinar el contenido de materia orgánica del suelo se emplea una técnica de combustión mojada. La relación de  $K_2Cr_2O_7$  con  $H_2SO_4$  originara la formación de un agente oxidante fuerte, ácido crómico, que oxida el carbono de la materia orgánica par convertirlo en  $CO_2$ . La reacción química causa un color verde directamente dependiente de la cantidad de materia orgánica del suelo.

Pese con precisión una muestra de suelo de 1 gr., coloque la muestra de suelo con un matraz Erlen Meyer de 500 ml., agregue exactamente 10 ml. De solución  $K_2Cr_2O_7$  1N con una pipeta., Mientras la agita suavemente (La boca del matraz manténgala alejada de usted y de las demás personas), agregue 20 ml de  $H_2SO_4$  concentrado; mídalo en la probeta de 50 ml., después de 10 minutos, agregue 200 ml de agua destilada mediante una probeta de 100 ml. Mover la

solución para que se mezcle., haga una determinación en blanco siguiendo los pasos 3 o 5, sin usar ningún suelo. Este paso es para estandarizar el Sulfato Ferroso ( $\text{FeSO}_4$ )., agregue 4 gotas del indicador ortofenantrolina a la muestra y al blanco. Titule la muestra y el blanco con  $\text{FeSO}_4$ . El punto final lo indica el cambio de color verde obscura a marrón.

### **3.13 Densidad Aparente**

(Método de la probeta)

#### **Materiales utilizados:**

- Probeta de 100 ml.
- Suelo tamizado y secado a la estufa.
- Franela.
- Balanza analítica.

#### **Procedimiento:**

Agregue 50 gr. De suelo tamizado y secado a la estufa, a la probeta 100 ml. Y coloque un tapón de hule en el orificio de esta, coloque un pedazo de franela humedecida y haciendo varios dobleces sobre esta, se coloca sobre la mesa de trabajo, compacte el suelo contenido en la probeta, golpeándola 30 veces con una frecuencia de un golpe por segundo en una trayectoria vertical de 20 – 30 cm., lea el volumen final de la probeta y determine la Da.

### **3.14 Densidad de Sólidos**

(Método del picnómetro)

**Materiales utilizados:**

- Picnómetro y su tapón capilar.
- Balanza.
- Desecador.
- Pipeta.
- Suelo seco a la estufa a 100 °C.
- Agua destilada previamente ebullicida.

**Procedimiento:**

Seleccione un picnómetro con su tapón, de volumen conocido y péselo., introducir 10 gr. De suelo cribado y secado a la estufa en el picnómetro., añadir una pequeña cantidad de agua destilada a temperatura ambiente (de preferencia agua previamente ebullicida) aproximadamente la mitad del picnómetro. Se calienta ligeramente el picnómetro en la parrilla eléctrica., se pasa posteriormente al secador, hasta dejar que se enfríe., se llena hasta el máximo el picnómetro con agua destilada., introducir verticalmente el tapón y seque las paredes externas del picnómetro y pese.

**3.15 Capacidad de Campo y P.M.P.**

(Método de columnas de Colman)

**Materiales utilizados:**

- Probeta de 500 ml.
- Suelo tamizado.
- Papel filtro.
- Agua.
- Polietileno.
- Crayón de cera.
- Probeta de 100 ml.

**Procedimiento:**

Empaque la probeta con suelo tamizado, hasta unos 5 cm. debajo del borde superior; compacte ligeramente el suelo sobre la palma de la mano. Deposite un disco de papel sobre el suelo y luego agregue 80 ml. de agua lentamente.

Tape la boca de la probeta con el polietileno para evitar la evaporación, luego marque diariamente con un crayón de cera la línea de humedad; hasta que no baje en dos días consecutivos. Cuando la humedad se ha establecido se quita el polietileno y de la parte del suelo húmedo se elimina el tercio superior, por último del tercio medio obtenido se toma unas muestras y se les determina el contenido gravimétrico.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Localización del área experimental.

El presente estudio se llevo a cabo en tres zonas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el municipio de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Dichas zonas son los sitios denominados el Bajío que se encuentra mas o menos a la par de las vías del tren, enfrente de la biblioteca y el terreno del externo que se encuentra en la entrada de la universidad.

Características	Zonas experimentales
Región agroclimatica	Semiárido
Altitud	1600 m.s.n.m
Tipo de clima	Semiseco templado
Precipitación anual	300 – 400 mm.
Temperatura media anual	14 a 18 °C

Tabla 1. Características de la zona

### 4.2 Muestreo de suelos

Una vez seleccionado el sitio experimental se realizo un muestreo de suelo pasando el implemento de la rastra y así obtener las tres muestras de las tres zonas y así llevarlas al departamento de suelos para obtener los diferentes análisis correspondientes.

Área	Profundidad	Color	Horizonte
Bajío	15 cm.	Uniforme claro	A
Biblioteca	15 cm.	Oscuro	A
Terreno externo	5 – 7 cm.	Claro	A

Tabla 2. Análisis de suelos

### 4.3 Análisis de suelos

Los análisis de las muestras de suelos, fueron hechos en el laboratorio de física de suelos del departamento de ciencias del suelo en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

#### 4.3.1 Textura del suelo

Lugares	Bajío (UAAAN).	Biblioteca (UAAAN).	Terreno externo (UAAAN).
Textura	Franco	Franco	Migajon arcilloso

Tabla 3. Textura del suelo

#### Tabla de medias (Da).

Tratamientos	Medias
1	1.4000 A
2	1.1900 B
3	0.9500 C

Tabla 4. Tabla de medias (Da).

Tukey

Nivel de significancia = 0.05

De acuerdo a los análisis estadísticos de la densidad aparente, el tratamiento 1 fue el mejor, seguidos por los tratamientos 2 y 3 estadísticamente, pero en la realidad, el tratamiento 3 fue el mejor porque hubo una disminución significativa respecto a la densidad aparente y por lo tanto hay una mayor porosidad en el suelo.

**Tabla de medias (Ds).**

Tratamientos	Medias
2	2.4700 A
1	2.4600 B
3	2.0900 C

Tabla 5. Tabla de medias (Ds).

Tukey nivel de significancia = 0.05

Con respecto a la densidad de sólidos, el análisis estadístico de muestra que el tratamiento 2 fue el mejor, pero con respecto al tratamiento 1 no hay diferencia significativa reflejados a los valores numéricos, esto se debe a que hubo una disminución de la materia orgánica en el suelo por tal motivo tuvo a incrementarse la densidad de sólidos y en tercer lugar queda el tratamiento 3 obteniendo el valor mas bajo estadísticamente.

**Tabla de medias (M.O).**

Tratamientos	Medias
2	7.3000 A
3	7.300 B
1	3.4600 C

Tabla 6. Tabla de medias (M.O.)

Tukey nivel de significancia = 0.05

En relación a la materia orgánica en el suelo el análisis estadístico muestra que el tratamiento 2 y 3 fueron los mejores y además no hay diferencia significativa en relación a los valores numéricos en tercer lugar quedo el tratamiento 1., esto se debe a que el suelo estuvo mas rico en materia orgánica en los tratamientos 3 y 2, el tratamiento 1 a disminuir, esto se debe a que el suelo ha sido labrado suficiente y por tal razón tiende a empobrecer el suelo. Con relación a la materia orgánica.

### Tabla de medias (C.C.)

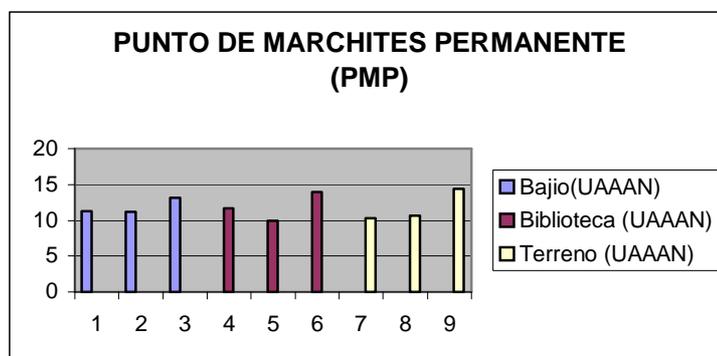
Tratamientos	Medias
1	24.1800 A
2	21.6050 A
3	18.4900 A

Tabla 7. Tabla de medias (C.C.)

Tukey nivel de significancia = 0.05

Con lo que respecta a la C.C. el análisis estadísticos muestra que no hay diferencia significativa entre los tratamientos, esto se debe a que la labor que realizo el implemento agrícola fue benéfico para el suelo.

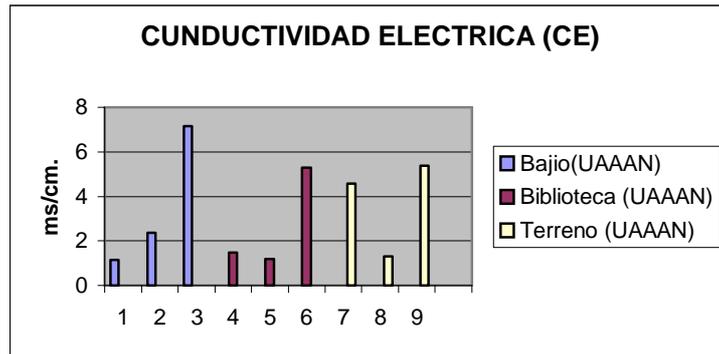
### 3.3.2 Punto de marchites permanente (PMP).



Grafica 1. Punto de marchites permanente (PMP).

El punto de marchites permanente tuvo un aumento del 2 % en el bajío, en el terreno de la biblioteca aumento un 3.92 % y el terreno externo aumento un 3.8 %, el cual quiere decir que el suelo tuvo un mejoramiento porque se mejoro la porosidad del mismo, teniendo mejor retención de agua.

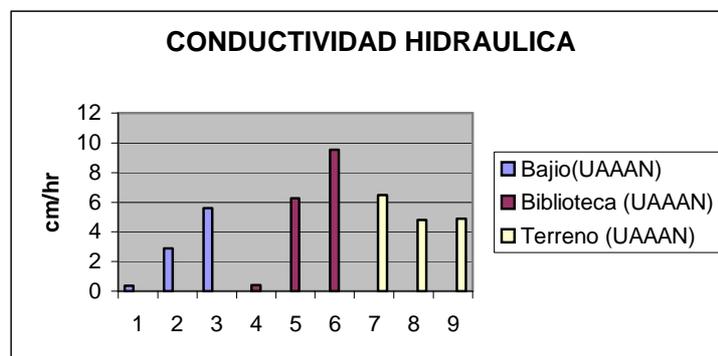
### 3.3.3 Conductividad eléctrica (CE).



Grafica 2. Conductividad eléctrica (CE).

La conductividad eléctrica del suelo del bajío tuvo un aumento del 4.8 ms/cm, el suelo de la biblioteca aumento un 4.105 ms/cm y en cuanto el terreno externo tuvo un aumento del 4.064 ms/cm, el cual nos quiere decir que los suelos no eran salinos pero al paso de la rastra se volvieron ligeramente salinos.

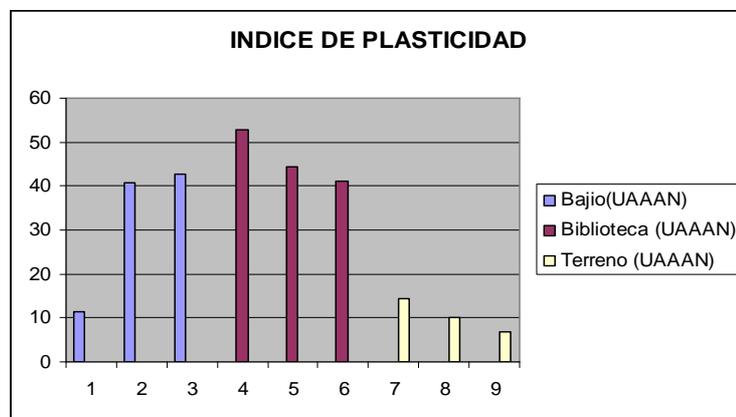
### 3.3.4 Conductividad hidráulica.



Grafica 3. Conductividad hidráulica.

La conductividad eléctrica del bajo aumento en 2.739 cm/hr, el suelo de la biblioteca aumento 3.273 cm/hr. Estos suelos de tener una conducción de agua lenta pasaron a tener una conductividad lenta y el suelo del terreno externo disminuyo 1.6903 cm/hr de ser de tener una conductividad moderada paso a moderadamente lenta según la clasificación de Bowles.

### 3.3.5 Índice de plasticidad



Grafica 4. Índice de plasticidad.

El suelo bajo presento un aumento de 1.9 % el cual muestra un índice de plasticidad perteneciente a las arcillas, el suelo de la biblioteca indica que disminuyo el índice plástico y perdió 3.124 % de consistencia y el del terreno externo presentaba un índice de consistencia alto pero al paso de la rastra disminuyo significativamente en un 3.1 %.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el objetivo y la hipótesis se concluye que el implemento rastra afecta las propiedades físicas de los suelos en este caso los de la región de Buenavista por tener un alto contenido de labranza y ser de tipo arcilloso.

Una vez hechas las pruebas correspondientes y la interpretación de datos obtenidos concluimos que el uso de la rastra afecta las propiedades físicas de suelo, ya que se utilizó un diseño experimental el cual quiere decir que tuvimos una disminución de la **Ds**, beneficiando al suelo respecto a la porosidad, lo cual indica que hay mejor retención de agua, pero con el incremento de **Da** hubo una disminución de materia orgánica la cual es muy importante en los suelos de esta región y con el aumento de **Ce** suelo de no ser salino pasó a ser ligeramente salino lo cual no es conveniente para los cultivos.

Antes de iniciar con el sistema de labranza se recomienda realizar un diagnóstico agronómico del suelo y en este caso por el tipo de suelo presentado se recomienda, ser labrados cada año y a una profundidad de 20 a 30 cm. de profundidad y aplicarle al suelo estiércol o cualquier otro tipo de abono orgánico.

## VI. BIBLIOGRAFÍA.

- Arvidsson, J. 1998. Influence of soil texture and organic matter content on bulk density, air content, compression index and crop yield in field and laboratory compression experiments. *Soil & Tillage Research*. 49, 159 – 170.
- Andreux, F. (Eds.), Effect of mineral – organic – microorganism interactions on soil and freshwater environments, Plenum Press, New York, pp. 189 – 196.
- Carter, L.M., Colwick. R.F. 1971. Evaluation of tillage systems for cotton production system. *Trans. ASAE*. 17, 1116 – 1121.
- Dexter, A.R., et al, 1983. Structure of a tilled soil as influenced by tillage, wheat cropping and rainfall. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47, 570 – 575.
- Dimanche, P.H. Hoogmoed, W.B. 2002. Soil tillage and water infiltration in semi- arid Morocco: the role of surface and sub-surface soil condition. *Soil and Tillage research* 66,13-21.
- Figueroa, S.B. 1984. La investigación de la labranza en México CREZAS-CP, Salinas de Hidalgo, S.L.P. México 22 p.
- Florentino, A. De Abreu 1989. Efecto de la compactación sobre las relaciones hídricas en suelos representativos de la Colonia Agrícola de Turen. Su incidencia agronómica. UCV, Fac.Agron. Postgrado en Ciencia del Suelo. Maracay (Tesis doctoral).
- Franzluebbers, A.J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil and Tillage Research*. 66,95-106.
- Fruit, L., et al. 1999. Organic matter decomposition: effect of soil porosity and plant residue particle size. In: Berthelin, J., Huang. P.M., Bollag, J.M.

- Guérif, J., et al. 2001. A review of tillage effects on crop residue management, seedbed condition and seedling establishment. *Soil and Tillage Research*. 61,13-32.
- Hoogmoed, W.B. 1999. Tillage for soil and water conservation in the semi-arid tropics. *Tropical Resource Management Papers* 24, Wageningen University, 184 pp.
- Maracano, F., et al. 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.
- Quiroga, A.R. et al., 1999. Soil compaction is related to management practices in the semi-arid Argentine pampas. *Soil & Tillage Research*. 52, 21-28.
- Rawitz, E., Hazan, A. 1978. The effect of stabilized hydrophonic aggregate layer properties on soil water properties on soil water regime and seedling emergence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 787-793.
- Wustamidin, R.A., Douglas, L.A. 1992. Aggregate breakdown in relation to raindrop energy. *Soil Sci.* 139, 239-242.
- Zachmann, J.E. et al, 1987. Macroporus infiltration and redistribution as affected by earthworms. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51, 1580-1586.

# **A N E X O S**

**Variable: C.C**

<b>Tratamientos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	20.6900	20.6900	24.1800
<b>2</b>	21.6050	18.4900	25.5400
<b>3</b>	19.0800	19.6310	27.4400

**Análisis de Varianza**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Tratamientos</b>	2	0.069824	0.034412	0.0127	0.489
<b>Bloques</b>	2	65.825684	32.912842	11.9875	0.022
<b>Error</b>	4	10.982422	2.745605		
<b>Total</b>	8	76.877930			

**C.V. = 7.56 %**

**Medias**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>
1	21.853333
2	21.878334
3	22.050333

**Variable: Da**

<b>Tratamientos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	1.1700	1.3700	1.400
<b>2</b>	1.1900	0.9500	0.9800
<b>3</b>	1.0500	1.2700	1.0600

**Análisis de Varianza**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Tratamientos</b>	2	0.117070	0.058535	2.5978	0.189
<b>Bloques</b>	2	0.006204	0.003102	0.1377	0.875
<b>Error</b>	4	0.090130	0.022532		
<b>Total</b>	8	0.213404			

**C.V. = 12.94 %**

**Medias**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>
1	1.313333
2	1.040000
3	1.126667

**Variable: Ds**

<b>Tratamientos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	2.4700	2.7000	2.4600
<b>2</b>	2.4700	2.0900	2.1400
<b>3</b>	2.4200	2.500	2.2100

**Análisis de Varianza**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Tratamientos</b>	2	0.144424	0.072212	2.6934	0.182
<b>Bloques</b>	2	0.059761	0.029881	1..1145	0.414
<b>Error</b>	4	0.107243	0.026811		
<b>Total</b>	8	0.311428			

**C.V. = 6.50 %**

**Medias**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>
1	2.543333
2	2.23333
3	2.376667

**Variable: M.O**

<b>Tratamientos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	3.6000	3.6000	3.4600
<b>2</b>	7.3000	7.3000	4.6900
<b>3</b>	7.4000	7.4000	2.3800

**Análisis de Varianza**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Tratamientos</b>	2	13.493256	6.746628	3.3994	0.138
<b>Bloques</b>	2	13.416168	6.708084	3.3800	0.139
<b>Error</b>	4	7.938568	1.984642		
<b>Total</b>	8	34.847992			

**C.V. = 26.90 %**

**Medias**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>
1	3.553333
2	6.430000
3	5.726667

## FORMULAS UTILIZADAS

La formula que se utilizo para determinar el contenido de humedad en el suelo es la siguiente:

**Contenido de humedad, % de humedad =**

$$\frac{(\text{peso de la muestra humeda} - \text{peso de la muestra seca})}{\text{peso de la muestra seca}} \times 100$$

La formula que se utilizo para determinar la textura del suelo es la siguiente:

$$\% \text{ de Arena} = \left( \frac{LH * 2}{3 * 0.4} \right) - 100 \quad \% \text{ de Arcilla} = \left( \frac{LH * 2}{2 * 0.4} \right) - 100$$

**% de Limo = % de Arena - % de arcilla**

La formula que se utilizo par determinar la conductividad hidráulica es la siguiente:

$$K_s = \frac{v \Delta L'}{tA + \Delta H} \text{ (longitud / tiempo)}$$

Donde:

$K_s$  = la conductividad hidráulica saturada.

$v$  = volumen el volumen de agua que pasa a través del suelo.

$t$  = es el tiempo

$A$  = área de columna de suelo.

L' = espesor de la columna de suelo.

H = carga hidráulica.

$\Delta L'/\Delta H$  = esta relación corresponde al gradiente hidráulico.  
(Montenegro y Malagón, 1990).

La formula que se utilizo para determinar la conductividad eléctrica es la siguiente:

$$\% \text{ de saturación} = \frac{\text{cc. de agua destilada}}{\text{grs. de suelo}}$$

Las formulas que se usaron para determinar los límites de plasticidad son las siguientes:

$$P_{wlp} = \frac{p_{sh} - p_{ss}}{p_{ss}} * 100 \quad P_{wll} = \frac{p_{sh} - p_{ss}}{p_{ss}} * 100$$

**I.P** = Limite liquido – Limite plástico

La formula que se utilizo para determinar la materia orgánica es la siguiente:

$$\% \text{ M.O.} = \frac{[(K_2Cr_2O_7 * 1N) - (FeSO_4 * N)]}{\text{gr. de la muestra.}}$$

La formula que se utilizo para determinar la densidad aparente fue la siguiente:

Donde:

$$D_a = \frac{ms}{vt}$$

**ms** = peso del suelo seco

**vt** = volumen cilíndrico

La formula que se utilizo para determinar la densidad de sólidos fue la siguiente:

$$D_s = \frac{M_s}{V_s}$$

Formulas utilizadas para determinar la C.C. y P.M.P. son las siguientes:

$$C.C. = \frac{psh - pss}{pss}$$

$$P.M.P. = \frac{C.C.}{1.84}$$

**Nota:** Con los valores que se obtienen de la capacidad de campo podemos determinar el punto de marchites permanente, dividiéndose entre 1.84.

Donde:

**Psh** = peso del suelo humedo.

**Pss** = peso del suelo seco.