

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



**EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DEL VIBROCULTIVADOR SOBRE
LAS PROPIEDADES FÍSICAS
EN TRES DIFERENTES TIPOS DE SUELOS**

Por:

RUDY ALEJANDRO GAMBOA RUIZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA



Buenavista, Saltillo, Coahuila México.

Junio de 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Efectos de la aplicación del vibrocultivador sobre las propiedades físicas en tres
diferentes tipos de suelos.

Por:

RUDY ALEJANDRO GAMBOA RUIZ

T E S I S

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

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobado

Presidente del Jurado

Ing. Ramiro Luna Montoya

Sinodal

Sinodal

Ing. Rosendo González Garza

Dr. Luís Miguel Lasso Mendoza

Coordinador de la División de Ingeniería

Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2006.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme ese hermoso don que es la vida, por permitir vivir rodeado de seres maravillosos, por guiarme por el buen camino y por haberme permitido terminar mi carrera.

A mi "**Alma Mater**" por darme la oportunidad de alcanzar unos de mis sueños y cobijarme en su seno durante mi estancia

A todos los ingenieros que durante toda la carrera me impartieron clases, por todo su apoyo y confianza que me brindaron cada uno de ellos y me supieron guiar al camino de la superación, les doy mil gracias.

A la **Ing. Ramiro Luna Montoya**, por su apoyo brindado para realizar bajo su asesoría el presente trabajo de investigación.

Al **Dr. Luís Miguel Lasso Mendoza** por su asesorías y facilidades para la realización de este trabajo.

Al **MC. Rene Félix Domínguez López** por su valiosa asesoría y consejos para la realización de este trabajo.

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

Al **M. C. Juan Antonio Guerrero Hernández**, por sus sabios consejos para afrontar los problemas que se me presentaron durante la carrera.

Al **M. C. Héctor Uriel Serna Fernández**, por todo el apoyo brindado en la realización del trabajo y durante toda la estancia que estuve en la universidad.

A todos mis compañeros y Amigos, **Wendy, Auner Tamayo, Rubén León, Francisco Velasco, Jesús, Leny Flores, Gerardo M. Gordillo, Azael Ramos, Santos Rolando, Sergio A. Navarro, José A. Espinoza, Neftalí Cuervo, Cesar Barbosa, Yoni Del Carmen, Carlos Hernández, Benjamín Palma, Enrique Porras, Mario A. Méndez, Julio C. Arellanes, Cirilo Santíz, Henry E. Álvarez, Fidel A. Álvarez, José L. Figueroa, David Mejía, Esteban de la Rosa y Aron Soto**, por todos los buenos ratos que pasamos en la Universidad.

Además:

A todo el personal administrativo del departamento de Maquinaria Agrícola y en especial a todos aquellos que compartieron su tiempo con migo y que de alguna u otra forma apoyaron a la realización de este proyecto de tesis.

DEDICATORIA

Con todo cariño a todas las personas que en algún momento de mi vida, me acompañaron, ofrecieron su apoyo, cariño y amor.

A mis **Padres:**

Sra. Marilú Ruiz Ozuna
Prof. Roberto Gamboa Argüello

Quienes han sido un pilar fundamental en mi vida por el hecho de darme la oportunidad de ser lo que soy; mi más sincero respeto y admiración.

Les doy las **gracias**, por sus sabios consejos, por su cariño, por su paciencia y porque a pesar de la adversidad nos impulsan a seguir adelante a mis hermanos y a mí.

A mi **Esposa** Claudia Azucena Medina y a mi **Hijo** Kevin Alejandro, ya que desde que forman parte de mi vida, han sabido ampararme, escucharme y darme la dicha de su amor.

A mis **hermanos** Luís Miguel, Emmanuel de Jesús y a Claudia Elizabeth Gamboa Ruiz. Quienes de muchas formas me han ayudado y motivado a continuar y porque son una parte importante en mi vida, gracias por ser mis hermanos, los llevare siempre en mi corazón.

A mis **abuelos, tíos, primos y amigos** por sus consejos, apoyo, motivación y sus buenos deseos hacia mí.

.....Mil Gracias.....

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	V
INDICE GENERAL	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE TABLAS	VII
I. INTRODUCCION	1
1.1 Hipótesis:	5
1.2 Objetivo:.....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1 La degradación del suelo.....	6
2.1.1 Causas de la degradación física del suelo	8
2.1.2 Etapas del proceso de degradación física del suelo	9
2.1.3 Consecuencias de la degradación.....	10
2.2 Términos relacionado con la labranza.....	11
2.2.1 objetivos de la labranza.....	12
2.2.2 Desventaja de la labranza.....	14
2.2.3 Clasificación de labranza	15
2.2.4 Labranza convencional.....	17
2.2.5 Labranza de conservación	27
2.3 Efecto de la labranza sobre las propiedades físicas del suelo	31
2.3.1 Densidad y porosidad del suelo	32
2.3.2 Estructura del suelo.....	35
2.3.3 Tasa de infiltración de agua en el suelo	37
2.4 Efecto de La Labranza en la Erosión	37
2.5 Efecto de la labranza sobre la temperatura del suelo	38
2.6 Efecto de la labranza sobre la agregación en la cama de siembra	40
2.7 Indicadores para evaluar el efecto de los sistemas de manejo sobre las propiedades del suelo.	44
III. MATERIALES Y METODOS.	47
3.1. Vibrocultivador	47
3.1.1 Especificaciones:.....	47
3.2 Tractor.	49
3.2.1 especificaciones.....	49
3.3 Laboratorio.....	50
3.4 Metodología utilizada	51
3.4.1 Determinación de la textura	51
3.4.2 Densidad Aparente.....	53
3.4.3 Densidad de sólidos	54
3.4.4 Capacidad De Campo y P. M. P.....	55
3.4.5 Conductividad Eléctrica.....	55
3.4.6 Conductividad Hidráulica	56
3.4.7 Índice de plasticidad.....	57
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
4.1 Área experimental	59
4.2 Localización y caracterización del área experimental	59

4.3 Resultados obtenidos en el terreno el bajío.....	62
4.4 Resultados obtenidos en el terreno de la biblioteca	64
4.5 Resultados obtenidos en el terreno a un costado gimnasio	66
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
VI. BIBLIOGRAFÍA	69

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Vista Isométrica del vibrocultivador	47
Fig. 2 Tractor	49
Fig. 3 Laboratorio de Física de Suelos	50
Fig. 4 Ubicación geográfica de la UAAAN	61

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de comparación del terreno el bajío	62
Tabla 2. Datos de comparación del terreno el álamo	64
Tabla 2. Datos de comparación del terreno al lado del gimnasio	66

I. INTRODUCCION

La disminución de los rendimientos en los cultivos es cada vez mayor por la degradación del suelo, debido a la sobreexplotación, los altos índices de deforestación, la eliminación de la cobertura vegetal y el exceso de laboreo del suelo. Una explotación eficiente del suelo en la producción de cultivos debe considerar los principios básicos de sustentabilidad, que se traducen en procesos productivos ecológicamente sanos, económicamente viables, socialmente justos, humanos y adaptables, con la aplicación adecuada de los adelantos e innovaciones de la ciencia y la tecnología.

La agricultura en México tiene una producción escasa y fluctuante frente a un consumo en constante crecimiento que obliga a producir más y mejor con base en cultivos intensivos cada vez más mecanizados, lo cual origina la degradación de los suelos, que tiene un efecto irreversible como es el caso de la erosión. Sin embargo, el avance tecnológico surge por la necesidad de producir más intensamente sobre una unidad de suelo; esto ha implicado la utilización más intensa de las labores agrícolas y abuso del uso de la maquinaria agrícola, con la creencia de que entre más se disgrega el suelo mejor es su preparación para la producción de cultivos. La estructura se considera como el conjunto de las unidades elementales de diferente tamaño y nivel de organización, que presentan un arreglo específico en el espacio y una dinámica en el tiempo característica de cada tipo de suelo. Los suelos sin estructura no existen, ya que en cualquier suelo hay un número dado de niveles de organización estructural,

que puede ser igual a uno o más. Sin embargo, el proceso de agregación no se presenta en todos los suelos. La tendencia actual en el laboreo de los suelos debe ser hacia el uso de sistemas de labranza que permitan un ahorro de energía y propicien un deterioro mínimo de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Figueroa y Ventura, 1990).

En la actualidad, para laborear el suelo se han diseñado implementos agrícolas con el objetivo de lograr menor deterioro de la estructura y obtener mayor rendimiento en la producción, conjuntamente con el empleo de nuevas técnicas agrícolas. El laboreo del suelo con los implementos tradicionales (arado de discos), es una práctica agrícola que la investigación está demostrando como posible causa de erosión, compactación, pérdida de humedad y aumento en los costos de producción cuando se usa con exceso. Por lo tanto, es difícil asegurar si los métodos tecnificados de labranza más recomendados en algunas zonas son adecuados para los suelos y condiciones climáticas y socioeconómicas de otra zona particular, y mucho más difícil resulta precisar si esta misma tecnología puede tener ventajas sobre aquella tradicional desarrollada por los agricultores en áreas marginadas.

Uno de los remedios más eficaces contra la degradación de las tierras es la "labranza de conservación", una técnica revolucionaria de cultivo en la que no se aran los campos. "Este concepto procede directamente del reconocimiento de que la labranza mecánica está contribuyendo a la degradación de los suelos en

proporción masiva, sobre todo en los países tropicales y subtropicales", dijo el ingeniero agrónomo superior de la FAO Theodor Friedrich.

Con los avances agropecuarios con un enfoque a los sistemas de conservación, las grandes empresas de maquinaria agrícola saca al mercado agropecuario implementos para la conservación de suelos. Uno de los implementos mas utilizados en este mismo sistema de conservación es el arado de cinceles, y dentro de estos una variante es el vibrocultivador (New Holland, 2001).

La compañía New Holland señala que el vibrocultivador es un implemento diseñado para la preparación de la tierra bajo el sistema de labranza de conservación, rompe y desmenuza el suelo creando condiciones óptimas para la germinación de la semilla, abre sin voltear el suelo dejando los residuos de cosechas anteriores sobre la superficie, evita la perdida de agua por evaporación y protege al suelo contra la erosión por viento. Este implemento, viene a reemplazar las labores de barbecho y rastreo, disminuyendo los costos de producción y menor uso del tractor, además por el ancho de corte de cada uno de sus modelos ofrece al productor un excelente rendimiento (New Holland, 2001).

La agricultura de conservación, es el sistema de producción que puede cambiar radicalmente la situación de degradación de suelos, algunos agricultores han adoptado este sistema y ven con satisfacción como sus ingresos han

mejorado considerablemente y lo mejor de todo es que esta tomando conciencia de la necesidad que se tiene en el aprender a conservar el suelo (Ibarra, T.,R. s/).Sin embargo, aunque los beneficios pueden ser muy positivos pero el cambio debe ser paulatino por el simple hecho de que en la mente de los agricultores Mexicanos el movimiento del suelo tiene arraigo de cientos de años (González R,L.2001).

Los sistemas de labranza tienen por finalidad crear condiciones favorables en el suelo para un mejor desarrollo de los cultivos. No obstante, la aplicación de ellos sin tomar en consideración las condiciones edafo-climáticas del lugar, la naturaleza del cultivo y su manejo, pueden generar daños en la productividad de los cultivos. (Klute, 1982, Tormenta *et al* 2004).En las regiones tropicales, los sistemas de preparación de suelos con una mínima disturbación, propenden a mantener en la superficie una cantidad apreciable de residuos, los cuales controlan los procesos erosivos, reduciendo la degradación del suelo, y generando, por ende, un mejoramiento del medio ambiente (Lal, 2000).

1.1 Hipótesis:

- Con la labranza de conservación se logra un mejor cambio en las propiedades físicas de los suelos y por lo tanto se requiere menor movimiento de suelo.

1.2 Objetivo:

- Comprobar mediante el análisis de suelos que el vibrocultivador produce efectos positivos sobre las propiedades físicas de los mismos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La degradación del suelo

Según la FAO - UNESCO la degradación es el proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir, cuantitativa y cualitativamente, bienes y servicios.

Puede considerarse como degradación del suelo a toda modificación que conduzca al deterioro del suelo (EEA, 2002).

La degradación del suelo es la consecuencia directa de la utilización por el hombre. Bien como resultado de actuaciones directas como agrícola, forestal, ganadera, agroquímicos y riego, o por acciones indirectas, como son las actividades industriales, eliminación de residuos, transporte, etc (Dorronsoro C. F. 2004).

Actualmente existe una fuerte tendencia que clama por una utilización racional del suelo. Sus principios se agrupan en lo que se conoce por Conservación de Suelos. Las teorías conservacionistas persiguen obtener máximos rendimientos pero con mínima degradación.

El cuidado del suelo es esencial para la supervivencia de la raza humana. El suelo produce la mayor parte de los alimentos necesarios, fibras y madera. Y

sin embargo, en muchas partes del mundo, el suelo ha quedado tan dañado por un manejo abusivo y erróneo que nunca más podrá producir bienes.

El suelo es un medio tridimensional que cumple una extensa variedad de funciones ecológicas y socioeconómicas. Es un medio complejo formado por una matriz porosa, en la que el aire, el agua y la biota actúan conjuntamente con los flujos de sustancias y líquidos que existen entre estos elementos. Las alteraciones de los procesos edáficos producen cambios en el funcionamiento de los ecosistemas, y muchos problemas medioambientales que cobran visibilidad en otros medios se originan en realidad en el suelo. La función del suelo es una cuestión transversal, y así debe reconocerse, ya que son muchos los sectores económicos que lo utilizan y participan en su deterioro a distintos niveles. La reducción de la funcionalidad consiguiente del suelo tiene un efecto en el conjunto del medio ambiente.

El suelo es un medio multifuncional. No sólo constituye la base del 90% de los alimentos humanos, forraje, fibra y combustible, sino que ofrece también servicios que van más allá de las funciones productivas. El suelo constituye la dimensión espacial del desarrollo de los asentamientos humanos: la construcción de viviendas e infraestructuras, instalaciones recreativas y enclaves para la eliminación de residuos. Proporciona materias primas, incluidos el agua, los minerales y los materiales de construcción. El suelo es una parte esencial del paisaje. Cada suelo desempeña una serie diferente de funciones y presenta un grado distinto de vulnerabilidad a las diversas presiones. En cualquier caso, el

suelo es un recurso limitado, y aunque se pueden recuperar algunas de sus funciones, no es un medio renovable en el lapso de tiempo necesario para su regeneración.

2.1.1 Causas de la degradación física del suelo

Las principales causas de la degradación de las características físicas del suelo son (Cabeda, 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 labranza con humedad inadecuada: la labranza en exceso y superficial lleva a la rotura de los agregados 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.

Perdida de la materia orgánica del suelo: el manejo inadecuado lleva a una 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.

2.1.2 Etapas del proceso de degradación física del suelo

La degradación de los suelos agrícolas ocurre en tres etapas (Mielniczuk y Schneider, 1984):

Etapas 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.

Etapas 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.

Etapas 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).

2.1.3 Consecuencias de la degradación

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

- Pérdida 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 fijarlos.
- 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 por pérdida de suelo. Esta consecuencia es especialmente importante para los suelos sometidos a escasas precipitaciones anuales, como es el caso de los suelos de la zona.
- Pérdida física de materiales: erosión selectiva (parcial, de los constituyentes más hábiles, como los limos) o masiva (pérdida 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.
-

2.2 Términos relacionado con la labranza

LABRANZA. La “labranza”o preparación del terreno se refiere a cualquier manipulación mecánica del suelo que altere la estructura y/o resistencia del mismo con el objetivo de proporcionar y mantener en el suelo las condiciones óptimas para la germinación y desarrollos de las plantas(Figueroa,1982).

Oleschko (1989) define la labranza eficiente y agronómicamente como aquella que favorece la formación de los elementos estructurales de validez agronómica para la zona climática determinada.

Según Watts et al. (1996) 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 y la aireación del suelo, y reducir la resistencia a la penetración de las raíces.

Aluko y Koolen,(2001).La labranza del suelo es crucial para el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos. Los beneficios de una buena labranza incluyen adecuada aireación para el desarrollo de las raíces, buen movimiento del agua en el suelo (infiltración, percolación y drenaje), adecuada regulación de la temperatura del suelo para el desarrollo de las raíces y el crecimiento de las plantas, y adecuada retención de humedad para uso de éstas.

2.2.1 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).

Los principales objetivos de la labranza son los siguientes:

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

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 del agua de lluvia y retención de agua útil;
- adecuada aireación;

- baja resistencia a la penetración de raíces;
- resistencia a la erosión; y
- mantener residuos en superficie.

Acondicionamiento de las propiedades físicas

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. 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 aún en el corto plazo”

2.2.2 Desventaja 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

2.2.3 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. El mane o de residuos podría determinar una labranza “en limpio” o una labranza en protección de cobertura. 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 determinaría 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.

Clasificación de labranza en los siguientes sistemas:

- Sistemas de labranza convencional:
- Sistemas de labranza de conservación;
- Sistemas de no-labranza o siembra directa:

- Otros sistemas de labranza: de caballón, para arroz bajo riego, para recuperar suelos salinos.

Dentro de un mismo sistema de labranza pueden haber variaciones de acuerdo al tipo de implementos que se usen. Por ejemplo puede haber labranza convencional con arado de vertedera, de discos o de cincel. La labranza de conservación puede consistir en el paso ligero de un arado de discos y una sembradora. La labranza cero puede consistir en la apertura de una ranura para colocar la semilla, etc.

El empleo combinado de cualquiera de los sistemas de labranza arriba mencionados puede ser una herramienta poderosa para reducir la compactación del suelo, mejorar la infiltración de humedad, prevenir la formación del sellado del suelo superficial, mejorar el drenaje y corregir regímenes de humedad y temperatura desfavorable.

En contraste, hay indicaciones que el uso de un mismo método de labranza año tras año puede dañar la estructura del suelo y que una rotación de implementos es deseable en años sucesivos. Por ejemplo: una rotación de labranza convencional con arado de vertedera, seguido de labranza cero y siembra directa, luego una aradura ligera de discos y finalmente un arado de cincel puede cumplir diferentes objetivos tendientes a la conservación de los recursos del suelo agua y energía, con vistas a una producción sostenible de alimentos.

2.2.4 Labranza convencional

La labranza convencional (LC) puede ser definida como el conjunto de operaciones primarias y secundarias realizadas para preparar una cama de siembra, para un cultivo dado, en una región geográfica determinada (Mannering y Fenster 1983). Si bien existen otras definiciones, y en algunos casos se incluyen las labores de postsiembra, nos centraremos en ésta para llegar a establecer lo que en este capítulo será considerado como LC. Lo convencional es lo establecido en virtud de costumbres o precedentes. En la agricultura se suele usar el término “tradicional” como sinónimo de aquellas prácticas que son realizadas en una determinada región, por la mayoría de los agricultores. De hecho, hoy en día se entiende a la LC como un sistema altamente agresivo en el cual se utilizan herramientas tradicionales frecuentemente en un número excesivo de pasajes sobre el terreno (esto último como consecuencia de la mecanización de la agricultura).

Este sistema en caso de tornarse repetitivo, por la infraestructura de producción de una región (ejemplo: monocultivo algodonero), acelera los procesos de degradación de los suelos. La irrupción de los tractores y equipos de labranzas de mayor tamaño acortó los tiempos de laboreo, permitiendo no sólo extender la frontera agrícola, sino también elevar la frecuencia en el uso de las herramientas.

Sistemas de labranza convencional

en términos generales la labranza convencional se clasifica en:

- (a) labranza primaria
- (b) labranza secundaria.

Se entiende como **labranza primaria (LP)** a aquella destinada a abrir por primera vez el suelo, ya sea que se realicen con posterioridad a la cosecha del cultivo anterior o en la habilitación de tierras para la agricultura. Son tareas más pesadas que las de refinamiento, por lo que estas operaciones son realizadas con los distintos tipos de arados(arados de rejas, de discos, del arado rastra múltiple o rastrojero), o del más reciente arado de cinceles. Por extensión, se entiende también como LP al repaso con estas herramientas, o al uso de algún tipo de rastra, siempre que el mismo sea con los objetivos ya mencionados. Se excluye de esta definición tarea de refinamiento.

La labranza secundaria (LS) incluye a todas las operaciones de refinamiento y nivelación en la preparación de la cama de siembra, las que se realizan con el objeto de mantener el suelo limpio de malezas durante el barbecho, y a las de incorporación de herbicidas de presembrado.

Las herramientas que se emplean, normalmente, incluyen a los distintos tipos de rastras de discos, las rastras de dientes, rolos desterronadores, barras escardadoras y más recientemente, a los cultivadores de cinceles y vibrocultivadores.

La suma de los dos tipos de Labranzas constituye el sistema de labranzas, el cual, está determinado por el tipo de herramientas que se emplean, su secuencia y frecuencia de uso. La elección de las herramientas, la secuencia y frecuencia de pasaje de las mismas, está condicionada por diversos factores, a saber:

- Factores climáticos
- Factores edáficos
- Tradiciones (Preferencias del agricultor)
- Influencias del medio (Presiones comerciales, técnicas, políticas, etc.)
- Factores económicos
- Tipo de cultivo
- Tipo de tracción

Como se ha expuesto, la determinación del sistema de labranza convencional, al ser dependiente de tantos factores, variará en la medida en que éstos se modifiquen en el espacio y en el tiempo.

Efectos de la labranza convencional sobre los suelos

Evolución de los suelos: es necesario recordar que el suelo es un cuerpo natural complejo y evoluciona como tal, es decir, que sus propiedades son cambiantes. Los suelos en su evolución natural tienden a un equilibrio donde los cambios medidos en nuestros tiempos, suelen ser casi imperceptibles. Esto es cierto en la medida en que se hace referencia a suelos vírgenes. Una vez puestos bajo cultivo, tienden a buscar su nuevo equilibrio a través de bruscos

cambios y alteraciones de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que pueden ser perfectamente determinadas. Si concebimos al suelo como un ecosistema, “. una unidad de función con organismos y ambientes que se influyen mutuamente”, se comprenderá por qué la irrupción de las labranzas, generan profundas modificaciones que alteran su equilibrio y en la mayoría de los casos, aceleran su degradación.

Comportamiento de las principales herramientas y su influencia sobre algunas características de las siguientes propiedades:

- Propiedades Físicas
- Propiedades Químicas
- Propiedades Biológicas

Labranza primaria convencional

Propiedades Físicas

Estructura: Es la forma en que las partículas individuales del suelo se unen, siendo la materia orgánica su principal ligamento en los suelos bien estructurados. La estructura es considerada como, una característica distintiva de los suelos agrícolas. En general, los suelos estructurados en forma granular o migajosa permiten el desarrollo de una agricultura con menor grado de riesgos y mayor productividad. La importancia de la estructura está dada por el efecto de la misma en los procesos de: intercambio gaseoso (respiración radicular),

captación, infiltración y conservación del agua de lluvia y movimiento de nutrientes solubles en agua.

Los suelos se estructuran desde su superficie hacia abajo, con el aporte de materia orgánica como principal factor del desarrollo de la misma. Un elemento a considerar es la estabilidad de la estructura. En zonas semiáridas la M.O. se destruye rápidamente siendo en general los suelos de estructura lábil. Cuanto más débil es una estructura, más recursos técnicos se deben emplear para conservarla.

Comportamiento de los implementos:

En general, los arados invierten los panes de tierra sobre los cuales trabajan en mayor o menor grado, dejando la superficie expuesta a los efectos deteriorantes de las altas temperaturas y lluvias. El arado de rejas y vertedera incorpora el cien por ciento (100%) de los rastrojos en superficie, el arado de discos un cincuenta por ciento (50%) y el arado rastra un treinta por ciento (30%). Estos valores son orientativos y pueden modificarse según el tipo de rastrojo, velocidad de labranza, inclinación de los discos, etcétera.

Con el correr de los años el uso de estas herramientas tienden a generar problemas desde el punto de vista estructural de los suelos que se traducen en:

- - Formación de planchados y costras
- Compactación general de la capa arable

- Formación de pisos de arados
- Mayor susceptibilidad a la erosión tanto hídrica como eólica
- Menor infiltración del agua de lluvia
- Disminución del intercambio gaseoso
- Problemas de germinación en los cultivos
- Dificultades en el desarrollo radicular.

Son numerosos los trabajos que a nivel internacional han demostrado que el incremento de las labranzas y labores culturales, aceleran los procesos antes mencionados.

Propiedades Químicas

La química de suelos se considerará en este punto como la oferta natural de elementos nutritivos. Se efectuará una referencia especial al Nitrógeno como el elemento cuyo disponibilidad es más susceptible a los efectos de las labranzas. Considerando además que en un suelo agrícola bien provisto de elementos, la disponibilidad de los mismos está altamente condicionada por las características físicas que permitan un buen desarrollo radicular y una buena provisión de agua, tema que ya asido considerado.

Nitrógeno y Fertilidad: La reserva natural de nitrógeno de los suelos, es lo que se denomina fertilidad potencial. Sin embargo sólo se encuentra disponible para las plantas la fracción del mismo que se halla en forma de nitratos, la que

se denomina fertilidad actual. Los: rastrojos, al ser incorporados al suelo, se descomponen por la acción de bacterias. Si este proceso se efectúa en aerobiosis parcial (arado reja), una fracción de la energía; liberada en la descomposición producida por los organismos, transforma en nitratos parte del nitrógeno total, es decir, que incrementa la fertilidad actual nitrogenada de los suelos a costa de su fertilidad nitrogenada potencial. A medida que el grado de aerobiosis se incrementa (arado rastra), intervienen otros organismos que promueven la estructuración de los suelos al actuar como aglomerante de partículas; en estas circunstancias la formación de nitratos (fertilidad nitrogenada actual), es menor. Toda incorporación de rastrojos al suelo aumenta la fertilidad nitrogenada potencia(nitrógeno orgánico). Conjuntamente disminuye la fertilidad nitrogenada actual (nitratos) en el corto plazo, ya que las bacterias necesitan tiempo para actuar. De aquí la importancia de los barbechos, ya que un cultivo puede evidenciar síntomas de deficiencias en un suelo de alta fertilidad potencial por haberse efectuado a un barbecho cortó.

Comportamiento de los implementos

Arado de rejas: La forma de trabajo lleva a que la descomposición se cumpla anaerobiosis parcial, promoviendo la formación de nitratos e inhibiendo la formación de estructuras, esto último por falta de organismos formadores de genes. El arado de discos tiene un comportamiento similar.

Arado rastra: Por sus características produce una parte de la descomposición en aerobiosis total. Se obtiene entonces, una mejor estructuración, pero en detrimento de la fertilidad nitrogenada actual. Es este uno de los motivos por el cual, en algunas zonas los productores se resisten al cambio de la reja por esta herramienta. De todos modos, en el largo plazo, una mayor concentración de fertilidad nitrogenada potencial implica una mayor transformación de nitrógeno orgánico en nitrógeno asimilable, coadyuvando también a un mejor mantenimiento de la estructura.

Propiedades Biológicas

Microorganismos Considerando al suelo como un ecosistema, y a los microorganismos del mismo como iniciadores de una cadena trófica, en la que otros seres se alimentan de ellos o de los productos que generan, resulta comprensible la importancia de su equilibrio. Si nos detenemos en las bacterias, y más específicamente en las responsables de la descomposición de los elementos orgánicos en sustancias asimilables por los vegetales, observamos que participan de la misma organismos que requieren de distintos grados de aerobiosis para su accionar.

Comportamiento de los implementos

Los arados, al invertir al pan de tierra ubican a los organismos superficiales en condición menos oxigenadas, sucediendo lo contrario con los de

capas inferiores. De esta manera los sucesivos pasajes de herramientas tienden a disminuir la población de organismos que viven en el suelo. Quizás más importante aún es el encostramiento superficial que reduce la aireación del perfil perjudicando a los organismos vivos del mismo.

Debemos considerar también que la dinámica de la actividad biológica contribuye a la estructuración de los suelos, de donde se puede inferir la influencia desfavorable en algunas propiedades físicas, de la disminución de esta actividad. Labranza secundaria Como se ha dicho, las LS cumplen una serie de objetivos importantes en la preparación de una adecuada cama de siembra. Se observará en este punto el comportamiento de algunas de las herramientas tradicionales en uso.

Rastra de discos: Se debe considerar en este punto la alta frecuencia de uso, debido principalmente al fácil manejo y versatilidad de la misma. Es este elemento a nuestro juicio lo que la ubica como una de las herramientas responsables del alto grado de erosión en las regiones en que han generalizado su uso, se debe agregar que el grado de pulverización de los suelos donde trabaja, contribuye fundamentalmente a la formación de costras y destrucción de la estructura de los suelos.

Rastra de dientes: Con un menor grado de agresividad que la herramienta anterior, suele ser el implemento ideal del arado rastra; su grado de agresividad aumenta al ser utilizada en tandeo con la rastra de discos. Como en

el caso anterior, en su frecuencia de uso radica la responsabilidad que le cabe en los procesos erosivos.

Rotodesterrador: Se utiliza con el fin de completar la fractura de terrones. Simultáneamente actúa como compactador cuando la cantidad de rastrojo ha sido grande y el tiempo de descomposición corto, mejorando las condiciones de uso para la sembradora y el contacto suelo-semilla. De cualquier forma, en los suelos de estructura débil la presión suele ser excesiva, provocando la degradación de la estructura. En los suelos limosos y arcillosos su acción provoca la formación de costras duras.

Vibrocultivador: Cumple en cierta manera la tarea que se le asigna a la rastra de dientes. Su diferencia estructural radica en los brazos elásticos que lo conforman. Este implemento produce con su vibración golpes secos sobre los terrones partiéndolos por impacto y además descalza las malezas exponiéndolas al sol. Es un implemento que normalmente se usa a alta velocidad (9-12 km/h) .

En todos los casos analizados ya sea en LP o LS, existen dos elementos que aceleran los procesos de degradación vistos:

- Alta frecuencia de uso de las herramientas
- Momento inadecuado para la labranza (suelos excesivamente húmedos o muy secos).

2.2.5 Labranza de conservación

DEFINICIÓN: Es un **sistema de producción** que consiste en el uso y manejo de los residuos de la cosecha anterior de tal forma que cubra al menos el 30% de la superficie del suelo (mantillo), con la menor remoción posible del suelo.

La **labranza mínima** que consiste en un menor número de pasos de maquinaria, puede ser de **conservación** si contempla una cantidad suficiente de residuos. Asimismo la **Labranza Cero** que no contempla más que la labor de siembra en forma manual o mecanizada podrá ser de conservación si cuenta también con el suficiente mantillo en la superficie.

El principio fundamental de la Labranza de Conservación es la cobertura o mantillo del suelo con los rastrojos de las cosechas de los cultivos anteriores, los cuales tienen un efecto decisivo en evitar la erosión, disminuir la presencia de malezas, preservar la fertilidad del suelo, principalmente, siendo necesario para este nuevo Sistema el uso de maquinaria especializada tal como sembradoras de Cero Labranza, dispersadoras de rastrojos y el uso de herbicidas de bajo impacto ambiental. El manejo de la Labranza de Conservación implica un nuevo enfoque integral de la agricultura orientado a la competitividad y preservación de los recursos, partiendo de un cambio de mentalidad para dejar el viejo paradigma del arado.

Ventajas de la Labranza de conservación

Reduce la erosión:

La gota de lluvia: La gota de lluvia es entre 8 y 30 mil veces más grande que una partícula de suelo ya sea de origen mineral u orgánico, la cual al caer, considerando su tamaño y la energía gravitacional que conlleva, se convierte en un verdadero proyectil, que impacta violentamente al suelo desnudo (Contreras 1973). Con esta erosión por salpique provocada por las gotas de lluvia se inicia el proceso de erosión. El mantillo que cubre la superficie del suelo lo protege del impacto de las gotas de lluvia, reduciendo de esta manera en algunos casos hasta cero el proceso de erosión.

También es importante agregar la contaminación que sufren las agua por la presencia de sólidos como arcilla, limo, arenas finas, materia orgánica, nutrientes y pesticidas agrícolas.

Aumenta la infiltración

Al serio problema de la erosión debemos agregar que las partículas disgregadas por el impacto de la gota de lluvia, especialmente las correspondientes a los tamaños del limo y arcilla, en su acomodación taponan los poros del suelo, disminuyendo con ello la natural capacidad de infiltración del agua de lluvia.

La Labranza de Conservación nos permite cosechar el agua de lluvia al evitar que esta compacte y erosione el suelo, ya que con la presencia de rastrojos sobre la superficie (2.0 ton. como mínimo) permite que el agua se infiltre y esté disponible para cubrir las necesidades hídricas del cultivo en etapas críticas de desarrollo, reduciendo la pérdida de agua por evaporación.

Conserva la Humedad

Al estar cubierto el suelo con el mantillo, los rayos del sol se reflejan evitando que lleguen a la superficie, con lo cual la humedad se conserva más tiempo. Por el mismo efecto la temperatura del suelo es menor que en la superficie desnuda.

Control de malezas

Normalmente cuando removemos el suelo, lo que hacemos es poner en condiciones de germinación a las semillas que se enterraron en el ciclo pasado y enterramos las que se produjeron en este ciclo, en estas condiciones es difícil reducir la población de malezas puesto que ciclo a ciclo sembramos maleza. Con el sistema de Labranza de conservación no removemos el suelo por lo que las semillas enterradas no germinan y la población de las semillas en condiciones de germinación se va bajando paulatinamente. Por otro lado, el mantillo sombrea la superficie, por lo que no se presentan las condiciones para la germinación de estas semillas.

Materia orgánica

Para el mantenimiento y/o mejoramiento de las propiedades productivas de los suelos, el factor que más influye es la Materia orgánica. Esta da origen a la vida misma y es la naturaleza la que la construye con el transcurrir del tiempo. Es un elemento decisivo para preservar la fertilidad del suelo.

Los rastrojos sobre el suelo le dan al agricultor una oportunidad para incrementar a mediano plazo el contenido de materia orgánica de su predio y hacerlo más productivo a un costo bajo por el hecho de devolverle a la tierra un gran porcentaje de los elementos que son extraídos por los cultivos.

La Labranza de Conservación es una alternativa tecnológica que nos permite hacer frente a la actual problemática del sector que enfrentamos, ya que es un Sistema: que abate los costos de producción, incrementando los rendimientos, conservando los recursos suelo y agua.

Por lo anteriormente anotado, podemos concluir que el 99% de los beneficios del sistema lo da el **Mantillo**.

Los logros obtenidos con la Labranza de Conservación son:

- Menos costos de operación al lograr que en 4 pasadas se logre operar desde la Siembra hasta la Cosecha, por lo tanto son menos horas hombre y menos horas maquinaria utilizados.
- La materia orgánica se ha mantenido en la superficie, por lo tanto este ha generado muchos beneficios entre los cuales tenemos el de conservar la humedad, bajar la temperatura de la tierra, el agua se infiltra no corre y se incrementa el PH de la tierra.

2.3 Efecto de la labranza sobre las propiedades 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.

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 (Cabeda, 1984).

Principales características físicas afectadas por la labranza:

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.

2.3.1 Densidad y porosidad del suelo

Los suelos poseen naturalmente diferentes densidades debido a variaciones de la textura, de la porosidad y del contenido de materia orgánica. Brady (1974) cita que suelos arenosos poseen una densidad del suelo de 1,20 a 1,80 g/cm³ y una porosidad de 35 a 50%, mientras que suelos arcillosos poseen una densidad de 1,00 a 1,60 g/cm³ y una porosidad de 40 a 60%. Sin embargo la

densidad y la porosidad del suelo son características que pueden variar en función del tipo y de la intensidad de labranza, siendo por eso buenos indicadores de lo adecuado de los sistemas de labranza del suelo, indicando la mayor o menor compactación que estos promueven.

Los valores adecuados de la densidad del suelo fueron definidos por Archer y Smith (1972), como aquellos que proporcionan la máxima disponibilidad de agua y por lo menos 10% de espacio de aire en un suelo sometido a una succión de 50mb. Según esos autores, las densidades del suelo oscilan alrededor de $1,75 \text{ g/cm}^3$ para suelos de textura arena franca, $1,50 \text{ g/cm}^3$ para suelos franco arenosos, $1,40 \text{ g/cm}^3$ para suelos franco limosos y $1,20 \text{ g/cm}^3$ para franco arcillosos.

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 arada. 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. Voorhes *et al.* (1978), trabajando en un suelo franco arcillo-limoso, observó, bajo el mismo peso de vehículos, que la densidad del suelo aumentó 20%, mientras que la resistencia a la penetración aumentó más de 400%. Los valores de resistencia a la penetración de las raíces que limitan el desarrollo de las plantas varían de un cultivo a otro.

La importancia de las alteraciones producidas por los sistemas de cultivo sobre la densidad del suelo, porosidad y resistencia a penetración es destacada en el trabajo de Cintra (1980), que observó que el suelo en un monte, comparado con el mismo suelo bajo sistemas de labranza convencional, tiene mayor porosidad y menor densidad y resistencia a la penetración de raíces. Franca da Silva (1980) encontró una disminución en la porosidad y aumento en la densidad del suelo y en la resistencia a la penetración, en el siguiente orden: suelo bajo bosque, área cultivada con tracción animal, área bajo plantío directo, área desbrozada con tractor con tapadora y área bajo cultivo convencional.

Cannell y Finney (1973) afirman que, generalmente, la densidad del suelo es mayor bajo plantío directo que bajo cultivo convencional, pudiendo no ocurrir eso debido a la textura grosera y/o al alto tenor de materia orgánica de estos

suelos. Por eso, se observa que estos índices son útiles para la evaluación del efecto de los diferentes sistemas de cultivo e identifican las condiciones físicas actuales de un suelo.

2.3.2 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, 1984).

El tamaño y la estabilidad de los agregados pueden ser indicativos de los efectos de los sistemas de labranza y de cultivo sobre la estructura del suelo. Suelos bien agregados proporcionan mayor retención de agua, adecuada aireación, fácil penetración de raíces y buena permeabilidad.

La distribución de los tamaños de los agregados es uno de los factores importantes en el desarrollo de los cultivos. Según Larson (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 (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.

El contenido de humedad del suelo en el momento de la labranza es un factor que determina la intensidad de desagregación del mismo. El efecto perjudicial del peso de la maquinaria agrícola y la labranza excesiva del suelo, bajo condiciones de humedad desfavorables, tiende a ser acumulativo, intensificándose con la secuencia de labranzas anuales.

La desagregación del suelo puede ser reducida por su menor labranza, por la rotación de cultivos y por la protección de la superficie del suelo con residuos de cultivos. Así, las pasturas facilitarán una mejor agregación del suelo, seguida por el plantío directo y por el cultivo convencional.

2.3.3 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.

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.

2.4 Efecto de La Labranza en la Erosión

Estudios realizados por la SARH(1986) han indicado que el 80% de la superficie nacional presenta problemas de erosión en alguna magnitud. Los dos principales agentes erosivos son el viento y la lluvia, particularmente cuando el suelo se encuentra descubierto, suelto y suavizado. La intensidad de cada uno

de estos agentes varían dependiendo de las combinaciones de clima, topografía y tipo de suelo que ocurren en el país. En la mayoría de las zonas áridas y semiáridas de México predomina condiciones favorables para el proceso de la erosión eólica (suelos desnudos con superficie suave, topografía plana y secos durante la época de vientos fuertes) que han llegado a producir pérdidas de hasta 140 ton/ha/año (Amante, 1989). La erosión hídrica ocurre en forma más acentuada en las regiones tropicales del país, donde se han registrado valores de agresividad de la lluvia anuales de hasta 40,000 mm / (ha / hr.)(Cortes, 1991), valor 40 veces superior al valor promedio de este factor en la zona central de México(Figueroa,1975).

La labranza de conservación disminuye considerablemente la erosión debido a que incrementa la estabilidad de agregados y mantiene tasa de infiltración mas altas en el suelo. Si el sistema de labranza de conservación se acompaña con un mantillo de residuos vegetales que cubran mas del 70 % de la superficie del suelo, entonces prácticamente la erosión se reduce a cero (Figueroa, 1975).

2.5 Efecto de la labranza sobre la temperatura del suelo

En forma directa, el crecimiento de las plantas está afectando por la temperatura del suelo a través de la germinación, emergencia, crecimiento radical, y absorción nutrimental; y en forma indirecta, a través de su efecto en el agua del suelo, aireación, estructura del suelo, disponibilidad nutrimental y

descomposición de residuos vegetales. A menudo, la temperatura del suelo es el factor determinante en la producción, de tal modo que muchos cultivos no puedan crecer al menos que se alcancen temperaturas por arriba de un nivel mínimo.

Para cambiar el régimen de temperatura del suelo se han implementado varias practicas incluyendo la labranza. Los sistemas de labranza tiene efectos diferentes sobre el régimen de temperatura del suelo, debido a que dejan diferentes cantidades de residuos sobre la superficie de los mismos o afectan algunas propiedades físicas del suelo tales como la porosidad y contenido de humedad(Ramírez, 1982).

La variación de la temperatura superficial del suelo es controlada en gran medida por la tasa de flujo de calor y por la propiedades térmicas del suelo. La distribución del tamaño de agregados es uno de los factores que influyen en ambos aspectos.

La conducción de calor en material granular se da a través de la fase sólida (agregados y partículas minerales) y de los poros, los cuales pueden contener aire, agua líquida o vapor de agua.

La transferencia de calor en la fase sólida ocurre dentro de agregados y entre ellos mismos a través de sus puntos de contacto (por conducción). En suelos agregados secos ocurren a través de la fase sólida y gaseosa(por

difusión), y puede esperarse que la conductividad disminuya conforme el tamaño agregados y la porosidad aumentan, ya que ocasiona que el número de puntos y área de contacto disminuya (Braunack y dexter, 1989a).

La temperatura del suelo afecta la germinación y el crecimiento de las raíces. La temperatura óptima para la germinación depende de cada especie vegetal, pero estas tiende a ser menor que la óptima para el crecimiento de las partes aéreas de la planta. La tasa de expansión foliar depende de la temperatura del suelo hasta que la planta tiene seis hojas, porque hasta antes de ese momento el meristema, sensor de la temperatura se encuentra de bajo de la superficie del suelo (Monteith, 1979). Cuando la temperatura del meristema es mayor que la óptima, la tasa de expansión foliar se reduce y la extensión final de la hoja es menor. Así pues en clima caluroso, la germinación y el crecimiento de la plántula puede mejorarse si la temperatura del suelo disminuye (Jones, 1977).

2.6 Efecto de la labranza sobre la agregación en la cama de siembra

Se considera a la cama de siembra como la capa arable de suelo que ha sido laboreada en una condición que promueva la germinación, la emergencia y crecimiento de las plantas. Esta condición se logra a través de la labranza, y dado que esta altera la distribución del tamaño de agregado, afecta también las propiedades mecánicas y agronómicas del suelo.

El tamaño de agregados en la cama de siembra, aunque no es el único factor importante, juega un papel considerable en el crecimiento y desarrollo de los cultivos e interactúa con otros factores en la cama de siembra para determinar el rendimiento final de las plantas.

En relación a la distribución de tamaños de partículas presentes en agregados de diferentes tamaños, muchos investigadores no han encontrado diferencias significativas en el contenido de arena, limo y arcilla de los mismo para un mismo suelo. Otros, sin embargo reportan que el contenido de arcilla tiende a incrementarse con la disminución en el tamaño de agregados. Asimismo, se ha observado que la densidad aparente de los agregados disminuye con el tamaño de éstos en algunos casos; sin embargo, en otros se reporta un aumento en esta propiedad al disminuir el tamaño del agregado. Esta relación inversa entre tamaño y la densidad del agregado ha sido descrita por Curie (1965) quien además menciona que ningún agregado permite contener poros aproximados a él en el tamaño, y por lo tanto una disminución en el tamaño medio del agregado ocasiona que la fracción porosa de ese tamaño sea eliminada.

En general se ha sugerido que las condiciones ideales para una cama de siembra son las producidas por agregados menores de 0.5-1.0 mm y no mayores de 5.0-6.0 mm (Rusell, 1973). Hadas y Ruso(1974) sugieren que para maximizar el contacto semilla –suelo, los agregados deben ser de un quinto a un décimo el

tamaño de la semilla. Sin embargo, para cultivos de granos pequeños estos tamaños corresponderían a partículas polvosas altamente erosionables.

2.7 Efecto de la labranza sobre la velocidad de infiltración del agua en el suelo.

En general, la labranza es una de las maneras en que se puede incrementar la captación de agua in situ debido a que la misma produce un incremento en la porosidad del suelo y por consiguiente en la capacidad de almacenamiento del mismo. La labranza de conservación por el contrario puede producir incrementos en la captación y disponibilidad del agua del suelo debido a las tasas de infiltración más altas que ocurren bajo este sistema, a los cambios en la curva característica del suelo que van asociadas al mismo y a la disminución en la tasa de evaporación debido a la presencia de un mantillo de residuos.

Los sistemas de labranzas inciden en las propiedades del suelo, generando diferentes condiciones para la germinación y posterior desarrollo de los cultivos.

Así como las labranzas permiten disminuir la compactación superficial, al menos temporariamente, los efectos que producen son variados y se ven reflejados tanto en las características del suelo, la infiltración del agua y su posterior acumulación. Dicha incidencia puede ser específica, habiendo respuestas diferenciales derivadas de la aptitud de los distintos cultivares para el aprovechamiento de las condiciones edáficas generadas. Se puede mencionar, al respecto, variaciones en la distribución y morfología de las raíces por efecto

de las diferentes prácticas de laboreo. La resistencia a la penetración es un parámetro adecuado para la caracterización del efecto producido por las labranzas, su disminución favorece el crecimiento radicular y por lo tanto un volumen mayor de suelo explorado implica una mayor disponibilidad de agua y nutrientes para el desarrollo de las especies.

Los cambios en los sistemas productivos tendientes a la reducción del tránsito de la maquinaria, se los asocia directamente a la generación de una menor compactación y mejorar la economía de agua del suelo, a través del aumento de la infiltración y la disminución de la evaporación por la presencia de residuos vegetales sobre la superficie.

Existen estudios donde la remoción vertical en profundidad del perfil de ciertos suelos produce efectos positivos sobre los rendimientos y estos perduran durante varios ciclos productivos. En contra posición otros expresan que la remoción vertical del suelo es menos eficaz que la inversión del pan de tierra mediante aradas profundas, cuantificadas a través de los rindes obtenidos en ambas situaciones. Haciendo referencia al trabajo realizado por casquetes se menciona como efecto positivo el mantenimiento de hasta un 50% de cobertura, pero la generación de compactación inducida debajo de la zona laboreada, proponiéndose como alternativa la utilización del arado de cinceles para la corrección de este impedimento.

Hay que destacar que las camas de siembra obtenidas a partir del arado de cinceles pueden ser sueltas disminuyendo el porcentaje de emergencia. Otro

factor a considerar es el uso de maquinaria cada vez más pesada, el doble cultivo anual que aumenta indefectiblemente el número de pasadas sobre el terreno y el uso inoportuno dado por los escasos tiempos disponibles, conllevan en muchos casos a su utilización ante excesos de humedad edáfica, generando compactación superficial y subsuperficial alterando el proceso de infiltración del agua.

2.7 Indicadores para evaluar el efecto de los sistemas de manejo sobre las propiedades del suelo.

La infiltración es el parámetro que mejor califica el desempeño de los sistemas conservacionistas con relación a las pérdidas de suelo (Araujo et al., 2002). Se realizan varias réplicas de mediciones de infiltración, calculando la infiltración acumulada en una hora y velocidad de infiltración final.

La resistencia mecánica del suelo y la densidad aparente son variables que miden el grado de compactación de los suelos y, además, tienen un efecto determinante sobre el desarrollo radicular y el movimiento de agua y aire (Rivas et al., 1998).

Según Moreno (2002) la densidad del suelo es afectada significativamente por la humedad a la cual se realiza la determinación, por lo que no la incluye entre indicadores propuestos para medir la degradación física, sin embargo, plantea que donde la densidad del suelo es limitante si se encuentra por encima de 1.25 Mg/m^3 .

La conductividad hidráulica depende de muchos factores, entre en los que se encuentra el espesor de agua empleado para el riego, la temperatura del agua y del suelo y la estructura, textura y contenido de humedad del terreno. Cuando existen horizontes del suelo que frena la conductividad hidráulica, la velocidad de esta disminuye.(Orson W. Israelsen).

El método de Bouyoucos utilizado para la determinación de la textura y el método de Walkley–Black para la determinación de materia orgánica, podrían presentar limitaciones en muestras de suelos contaminados con hidrocarburos, produciendo una medida que puede resultar: alterada para el caso de la textura por la formación de uniones electrostáticas (puentes hidrógeno, uniones de Van Der Waals, uniones dipolo) entre las distintas partículas que componen el suelo y los hidrocarburos presentes (BRADY, N.C., 1990); y disminuida para el caso de la materia orgánica por la presencia de hidrocarburos intemperizados en las muestras, que son parcialmente oxidados por este método (MARTÍNEZ M. V. E., LÓPEZ S. F.; 2000).

La resistencia a la penetración es un buen índice para evaluar problemas de restricción en el desarrollo radicular de las raíces de los cultivos, por la presencia de capas compactas y/o baja porosidad. Esa resistencia no es propiedad particular del material, sino que es la suma de los efectos de diferentes características y propiedades, tales como densidad aparente, contenido de humedad, resistencia a la penetración y al corte, las cuales, a su vez, son consecuencia de la distribución del tamaño de partículas, de la estructura, y de la composición mineral y orgánica presentes en el suelo. Su

determinación es sencilla, rápida, y puede hacerse directamente sobre el terreno, permitiendo así realizar un alto número de mediciones que contrarrestan el problema de variabilidad espacial (Nacci y Pla, 1992).

La resistencia del cono es un buen indicador de las diferencias de los tratamientos en las condiciones físicas del suelo relevantes para el crecimiento del cultivo, particularmente en combinación con la permeabilidad del aire o la porosidad de aireación (Gómez et al., 1999). Rivas et al. (1998) estudiaron el efecto de la labranza sobre la resistencia mecánica utilizando un penetrómetro de impacto.

La estabilidad de los agregados es un indicador de la calidad del suelo, directamente relacionado con la materia orgánica (Hernanz et al., 2002).

Franzluebbers (2002) propone la estratificación del contenido de materia orgánica para valorar la calidad del suelo en diferentes condiciones. La estratificación, en este contexto, es definida como la propiedad del suelo en la superficie dividido por la misma propiedad a una profundidad por debajo de la capa superficial. Por otra parte, la densidad del suelo es considerada un atributo negativo, ya que la alta densidad limita la porosidad y, subsecuentemente, el movimiento del agua y el desarrollo de las raíces. Una baja relación de estratificación puede reflejar el mejoramiento de la calidad del suelo.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Vibrocultivador

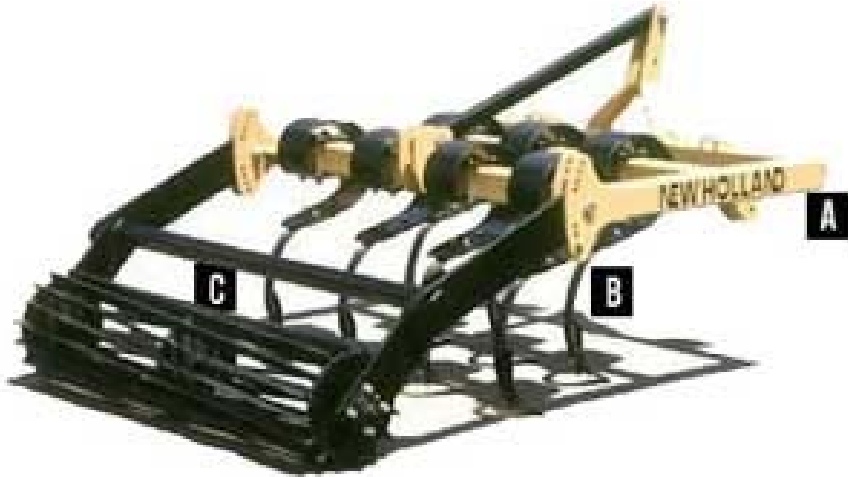


Fig. 1 vista isométrica del vibrocultivador

3.1.1 Especificaciones:

Fabricante: New Holland.

Modelo: vibro 700

Enganche: 3 punto categoría II.

Potencia Requerida: 60-70 HP.

Numero de cinceles: 7

Profundidad de Trabajo: 280 mm.

Ancho de corte: 1350 mm.

Peso Aproximado: 331 Kg.

3.1.2 Descripción detallada del Producto:

Enganche a los 3 puntos categoría II de fácil acoplamiento. Su diseño permite que su nivelación sea sumamente sencilla. Su bastidor reforzado, lo cual garantiza larga vida útil por medio del cual se adapta el soporte del rodillo desterronador este determina la profundidad de trabajo requerida.

Sus timones flexibles compuestos de un muelle soporte y brazos ambos con un tratamiento especial que le da la combinación de elasticidad y dureza, esto timones cuentan también con una punta de acero de gran resistencia.

El Rodillo desterronador es de 11.18" de diámetro y 61.81" de longitud, desterronador fabricado a base de solera permite la fragmentación de terrones de mayor tamaño dejando condiciones óptimas para la siembra. En la parte trasera del bastidor se localizan 4 orificios en la parte superior y 4 en la parte inferior, estos nos ayuda a determinar la profundidad de trabajo deseada, además de facilitar su traslado.

3.1.3 Descripción general

Vibrocultivador es un implemento diseñado para la preparación de la tierra bajo el sistema de labranza de conservación, rompe y desmenuza el suelo creando condiciones óptimas para la germinación de la semilla, abre sin voltear el suelo dejando los residuos de cosechas anteriores sobre la superficie, evita la pérdida de agua por evaporación y protege al suelo contra la erosión por viento.

Este implemento, viene a reemplazar las labores de barbecho y rastreo, disminuyendo los costos de producción y menor uso del tractor, además por el ancho de corte de cada uno de sus modelos ofrece al productor un excelente rendimiento.

3.2 Tractor.



Fig. 2 tractor utilizado para las pruebas.

3.2.1 especificaciones

Fabricante: John Deere

Modelo: 2755

Potencia: 82 hp.

Motor: Baja velocidad del motor en vacío: 850 rpm. Alta velocidad del motor en vacío: 2660 rpm.

Escala de velocidad de trabajo: 1500 a 2500 rpm.

3.3 Laboratorio

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



Fig.3

Laboratorio de física de suelos

3.4 Metodología utilizada

A continuación se describe los parámetros que se midieron, metodología, materiales y procedimientos que se utilizaron, para los análisis de las muestras de suelo.

3.4.1 Determinación de la textura

(Método de bouyoucos)

Materiales:

- Bascula
- Suelo seco a la estufa
- Agua
- Mezclador eléctrico
- Agitador de varilla
- Vaso agitador para el mezclador eléctrico
- Probeta de 1000mm
- Hidrómetro
- Termómetro
- Dispersante (hexametafosfato de sodio)

Procedimiento

Se pesan 40gr del suelo seco de la estufa y se depositan en el vaso, se agregan 50ml de la solución dispersora agregar agua, hasta llegar a la segunda marca del vaso. Posteriormente la muestra se coloca en agitador por 5 minutos.

Se vacía la suspensión a la probeta de 1000ml, cuidado que no se mezcle en el vaso si esto sucede con la pipeta se agrega agua hasta dejar libre de partículas de suelo el vaso. Sé afora con agua hasta la marca de 1000ml.

Agitar cuidadosamente la mezcla, usando la varilla mas o menos por 1 minuto. Al sacar la varilla, introducir el hidrómetro y tomar su primera lectura a los 40 segundos. Tomar la temperatura. Sin mover la probeta tomar una segunda lectura con el hidrómetro y el termómetro a los 120 minutos.

Preparación de solución dispersora

Se pesan 36.5gr de hexametáfosfato de sodio y sé aforan a 1000 cm^3 con agua destilada.

Calibración del hidrómetro.

Se toman 50 cm^3 de solución dispersora y se depositan en un cilindro de sedimentación, se afora a 1000 cm^3 con agua y se mezcla con el agitador manual (varilla metálica), luego se introduce el hidrómetro, se toma la lectura de

este (RC) y luego se mide la temperatura de la solución (ARC), anotando ambos datos.

3.4.2 Densidad Aparente

(método de la probeta)

Materiales:

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

Procedimiento:

1. 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.
2. Coloque un pedazo de franela humedecida y haciendo varios dobleces sobre esta, se coloca sobre la mesa de trabajo.
3. Compacte el suelo contenido en la probeta, golpeándola 30 veces con una frecuencia de un golpe por segundo en una trayectoria vertical de unos 20 – 30 cm.
4. Lea el volumen final de la probeta y determine la Da.

3.4.3 Densidad de sólidos

(método del picnómetro)

Materiales:

- picnómetro y su tapón capilar
- balanza
- desecador
- pipeta
- suelo seco (a la estufa a 110 °C)
- Agua destilada previamente evullida.

Procedimiento:

1. - Seleccione un picnómetro con su tapón, de volumen conocido y péselo.
2. - Introducir 10 gr. De suelo secado a la estufa y cribado en el picnómetro
3. - Añadir una pequeña cantidad de agua destilada, a la temperatura ambiente (De preferencia agua previamente ebulida) hasta llenar aproximadamente la mitad del picnómetro.
4. - Se calienta ligeramente el picnómetro en la parilla eléctrica.
5. - Se pasa posteriormente al desecador, hasta dejar que se enfríe.
6. - Se llena hasta el máximo el picnómetro con el agua destilada.
7. - Introducir verticalmente el tapón y seque las paredes externas del Picnómetro y pese.

3.4.4 Capacidad De Campo y P. M. P.

(método columnas de colman)

Materiales:

- Probeta de 500 o 1000 ml
- Suelo tamizado
- Papel filtro
- Agua
- Polietileno
- Crayón de cera
- Probeta de 100 ml

Cabe mencionara que para medir el P.M.P. se tuvo que hacer los respectivos cálculos.

3.4.5 Conductividad Eléctrica

(método del conductivimetro)

Materiales:

- Bote de plástico
- Espátula
- Pipeta
- Agua destilada
- Suelo

- Bomba de vacío
- Papel filtro
- Embudo Buchner
- Matraz kitasato.

Procedimiento:

1. Pesar 300g de suelo seco y tamizado
2. Agregar agua destilada hasta uno de saturación.
3. Tapar y dejar reposar por 24 horas.
4. Obtener el extracto por medio de la bomba de vacío.
5. Ajustar la temperatura del aparato del aparato a la cual se encuentra la muestra.
6. Leer en el conductivímetro y registrar la lectura
7. La lectura se obtiene en mS/cm^3 .

3.4.6 Conductividad Hidráulica

(método del permeámetro)

Material:

- Suelo
- Permeámetro
- Canaleta

- Agua
- Probeta 50 ml
- Vasos de precipitado
- Filtros.

Procedimiento:

1. Medir el diámetro y profundidad del permeámetro.
2. Colocar uno de los filtros en el fondo del permeámetro.
3. Agregar suelo mas menos $\frac{3}{4}$ del permeámetro y empacar.
4. Colocar en la superficie del suelo el otro filtro.
5. Colocar el permeámetro en la base ranurada de la canaleta y aplicar carga constante de agua.
6. Esperar a que drene el agua y tomar la lectura del volumen drenado a intervalos de tiempos regulares.
7. Seguir tomando lecturas hasta que son constantes.
8. Medir la altura de la lamina de agua sobre el suelo.
9. Calcular la altura de la columna del suelo.
10. calcular k.

3.4.7 Indice de plasticidad

(método Limites De Atterberg)

IP= Índice de plasticidad

P_{wll} = Contenido de humedad en límite líquido

P_{wlp} = contenido de humedad en límite plástico.

Material:

- Suelo
- Espátula
- Bascula
- Cápsulas

Procedimiento:

Se tamiza una muestra y se pone en una cápsula de porcelana, luego se agrega agua y se bate hasta obtener una pasta de saturación, en este momento se dice que esta en su límite líquido, luego se le determina su contenido de humedad. A otra muestra del mismo suelo se le determina el contenido de humedad cuando ésta éste en el punto donde deje de ser plástico (cuando se estire de 2 a 5 cm longitudinalmente). Después se aplica la fórmula

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Área experimental

El estudio se llevo a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el municipio de Buenavista, Saltillo, Coahuila. Para evaluar el efecto del vibrocultivador sobre las propiedades físicas del suelo, se seleccionaron tres sitios de muestreo, donde se tomaron muestras a diferentes profundidades.

4.2 Localización y caracterización del área experimental

La localización del primer terreno denominado el "bajío". Sus Coordenadas geográficas son $25^{\circ}23'$ y latitud norte y $101^{\circ} 00'$ Longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 1743 msnm. Donde se obtuvo una cobertura vegetal del 85% y un índice de pedregosidad del 63 %, el terreno presento una pendiente < 1 y el color del suelo uniforme. A un costado de la biblioteca (el álamo) cuyas coordenadas geográficas son $25^{\circ}22'$ y latitud norte y $101^{\circ} 01'$ Longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 1789 msnm. Además, presento una cobertura vegetal del 74% y un índice de pedregosidad del 74%, el terreno presento una pendiente 1.37 y el color del suelo uniforme. Frente al gimnasio (lado este de la uaaan). Donde sus Coordenadas geográficas son $25^{\circ}22'$ y latitud norte y $101^{\circ} 01'$ Longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 1789 msnm. Se obtuvo Donde una cobertura vegetal del 87% y un índice de pedregosidad del 63 %, el terreno presento una pendiente < 1 y el color del suelo uniforme.

Clima: de acuerdo a la clasificación climática de Copen modificado por García (1973), el clima de Buenavista es "Bsohw", que significa muy árido; semicaldo, con régimen de lluvias de verano a invierno seco y extrema.

SARH (1988) en la región de Saltillo, Coahuila, México. Señala una precipitación media anual que es de 200 a 400 mm. Excepto una pequeña porción al oriente con valores de 400 a 600 mm. Al año que corresponde a la mayor precipitación anotada en entidad.

La temperatura media anual es de 17.1 °C con fluctuación en la media mensual de 11.6 °C, como mínima y 21.7 °C como máxima, la estación más lluviosa es en el verano, estableciéndose el temporal en junio y terminado en septiembre, el mes más caluroso es regularmente julio.

La evaporación media anual es de 1966 mm. Con una media mensual de 178 mm, las más altas intensidades de evaporación ocurren en mayo y junio con 236 y 234 mm. Respectivamente (González, 1999).

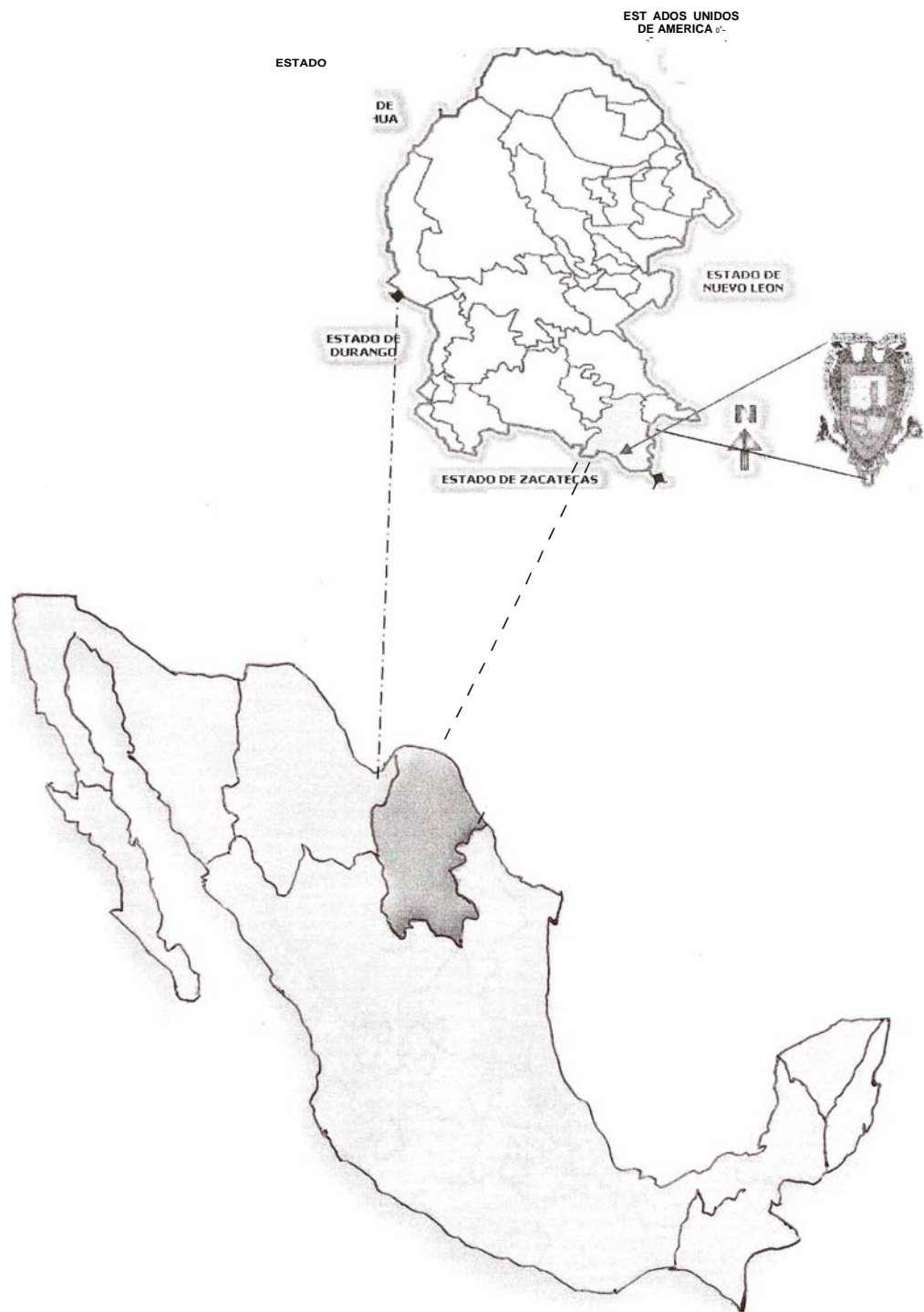


Fig. 4 Ubicación geográfica de la uaaan.

4.3 Resultados obtenidos en el terreno el bajío

Parámetros	Da. gr./cm ³	Ds. gr/cm ³	C.C %	P.M.P %	C.H mS/cm ³	C.E cm./hr	I.P %	PwII %	PwI_p %
Testigo	1.16	2.5	18.89	10.27	0.0036	3.86	11.72	33.9	33.08
Muestras	1.39	2.89	9.41	10.56	0.01686	1.12	15.33	39.3	31.40

Tabla 1. Datos de comparación del terreno el bajío

El suelo estudiado presenta una textura franco arcilloso, en cual presenta una mayor proporción de arcilla, por lo que es poco permeable y retiene en mayor proporción de agua que en un suelo arenoso, tiene mayor potencial, es decir que puede proporcionar mayor cantidad de nutrientes a la planta.

En la estabilidad estructural se ve modificado, de tener una estabilidad moderada antes de pasar el vibrocultivador, cambiando a fuerte pasando el implemento.

La densidad aparente al pasar el vibrocultivador presenta un aumento al paso del implemento de 0.23 gr/cm³. Debido que la muestra testigo presenta 1.16 gr/cm³ y al paso del implemento aumenta a 1.39 gr/cm³ en la cual se determina que es limitante y presenta un pequeño índice de compactación, debido que se laboro demasiado el suelo.

La densidad de sólidos tuvo un aumento de 0.39 gr/cm^3 al paso del implemento por lo cual el suelo no se ve afectada drásticamente, porque aumento la materia orgánica del suelo.

Capacidad de campo disminuye 9.48% por lo que la retención de humedad en el riego o después de una lluvia no es muy satisfactoria en cambio en el P.M.P aumento 0.32% por lo cual la retención de humedades el limite inferior si es aceptable para el óptimo crecimiento de las plantas y la aireación del suelo.

Conductividad eléctrica se puede observar una disminución de sales de 2.74 ms/cm^3 . La Conductividad hidráulica nos indica se conduce mas agua cuando se pasa el vibrocultivador ya que en este sentido aumento 0.01326

Con lo que respecta al contenido de humedad en el limite liquido (P_{wll})hubo un incremento del tratamiento testigo al suelo laborado, esto quiere decir que requirió mas humedad con el cual afecto al suelo. porque entre mas humedad se retengan en el suelo, este mismo no puede ser trabajado con implementos agrícolas. En relación con el contenido de humedad en limite plástico (P_{wlp}) hubo una disminución del tratamiento testigo esto quiere decir que entre menos humedad mas dureza presentara el suelo al trabajar, por otra parte con el índice de plasticidad hubo un incremento de del tratamiento testigo esto no se ve afectado porque es el punto donde se puede trabajar el suelo.

4.4 Resultados obtenidos en el terreno de la biblioteca

Parámetros	Da. gr/cm ³	Ds. gr/cm ³	C.C %	P.M.P %	C.H ms/cm ³	C.E cm./hr	I.P %	Pwll %	Pwlp %
Testigo	1.41	2.5	23.81	12.94	0.00038	0.72	5.52	38.60	33.08
Muestras	1.22	2.7	23.52	12.78	0.00614	1.34	16.2	45.23	31.40

Tabla 2. Datos de comparación del terreno que esta ubicado a un costado de la biblioteca.

El suelo estudiado presento una textura franco arcilloso, por lo que es poco permeable. En la estabilidad estructural se ve modificado, de tener una estabilidad moderada antes de pasar el vibrocultivador, cambiando a fuerte pasando el implemento.

La densidad aparente al pasar el vibrocultivador presenta un aumento al paso del implemento de 0.19 gr/cm³. Debido que la muestra testigo presenta 1.16 gr/cm³ y al paso del implemento aumenta a 1.39 gr/cm³ en la cual se determina que es limitante y presenta un pequeño índice de compactación.

La densidad de sólidos tuvo un disminución de 0.2 gr/cm³ al paso del implemento no modifica tanto la capa arable.

Capacidad de campo y P.M.P disminuyen 0.39% y 0.16% respectivamente por lo que la retención de humedad no es afectada en gran sentido.

Conductividad hidráulica se puede observar un aumento de sales de 0.72ms/ cm³.

La Conductividad eléctrica nos indica se conduce mas agua cuando se pasa el vibrocultivador ya que en este sentido aumento 0.00576.

Con lo que respecta al contenido de humedad en el limite liquido con el paso del vibrocultivador hubo un incremento del tratamiento en relación del testigo al suelo laborado, esto quiere decir que requirió mas humedad con el cual afecto al suelo. porque entre mas humedad se retengan en el suelo, este mismo no puede ser trabajado con implementos agrícolas.

En relación con el contenido de humedad en limite plástico hubo una disminución del 1.68 % en consideración del testigo tratamiento esto quiere decir que entre menos humedad mas dureza presentara el suelo al trabajar, por otra parte con el índice de plasticidad hubo un incremento de del tratamiento testigo del 10.78% en este terreno se ve un aumento muy considerable porque pude tener graves consecuencias al suelo.

4.5 Resultados obtenidos en el terreno a un costado gimnasio

Parámetros	Da. gr/cm ³	Ds. gr/cm ³	C.C %	P.M.P %	C.H mS/ cm ³	C.E cm./hr	I.P %	Pwll %	Pwlp %
Testigo	1.14	4.0	24.42	13.27	0.0181	0.43	12.9	49.51	36.52
Muestras	1.25	2.89	40.26	21.88	0.0228	0.81	12.2	45.68	33.18

Tabla 3. Datos de comparación del terreno que esta ubicado a un costado del gimnasio

Este suelo presenta una textura franco, lo que significa, que es un suelo que generalmente presenta en la misma proporción las tres fracciones (arena, limo y arcilla), por lo que es medianamente permeable y tiene una retención de humedad despreciable.

El terreno presenta una buena estabilidad estructural ya que presentaba estabilidad fuerte y al pasa del vibrocultivador se ve modificada a uno débil.

La densidad aparente al pasar el vibrocultivador presenta un aumento del 0.11gr/cm³. Debido que la muestra testigo presenta 1.14 gr/cm³ y al paso del implemento aumenta a 1.25 gr/cm³ en la cual se determina: Que el implemento tuvo una ligera influencia en este aspecto.

La densidad de sólidos tuvo una disminución de 1.11 gr/cm³ al paso del implemento debido que el suelo presenta cantidades grandes de minerales pesados como magnetita.

Capacidad de campo aumenta 15.84% por lo que la retención de humedad es demasiado alta en comparación con el testigo que es 24.42 lo cual puede reducir drásticamente la aireación del suelo. En el P.M.P aumento 8.61% por lo cual la retención de humedades el límite inferior si es óptimo para el crecimiento de las plantas.

Conductividad eléctrica se puede observar un aumento de sales de 0.38 mS/ cm³. No se modifica mucho al paso del implemento. La Conductividad hidráulica nos indica se conduce mas agua cuando se pasa el vibrocultivador tiene un cambio muy pequeño ya que aumento 0.00047

El índice de plasticidad no se tiene modificaciones a grandes rasgos en el suelo. Con lo que respecta al P_{wl} hubo un incremento del tratamiento testigo al suelo laborado, esto quiere decir que requirió mas humedad con el cual afecto al suelo. porque entre mas humedad se retengan en el suelo, este mismo no puede ser trabajado con implementos agrícolas. En relación con el P_{wlp} hubo una disminución al paso del implemento del 3.83% esto quiere decir que entre menos humedad mas dureza presentara el suelo al trabajar.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con las hipótesis, objetivos se concluye lo siguiente que el implemento en este caso el vibrocultivador afecta las propiedades físicas del suelo lo cual se recomienda hacer el menor uso posible de este, para evitar daños mas severos al suelo.

Los suelos de estas regiones presentan diferentes características físicas, por lo que su laboreo debe ser diferente; en buenavista la mayoría de suelos son de tipo arcilloso lo cual deben ser labrados cada año a una profundidad de 25 a 35 cm cuando el suelo tenga un promedio de 25% de humedad.

Los suelos del bajo requieren cuidados y se pueden llevar acabo mediante la aplicación de estiércol y laboreo profundo en su punto optimo de humedad.

Antes de iniciar con el sistema de labranza se recomienda realizar un diagnostico agronómico para saber si el suelo es apto para el crecimiento de los cultivos.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Aluko, O.B., Koolen, A.J. 2001. Dynamics and characteristics of pore space changes during the crumbling on drying of structured agricultural soils. *Soil & Tillage Research*. 58, 45-54.

Amante O.,1989. Variabilidad espacial y temporal de la erosión eólica. Estudios de casos. Tesis maestría en ciencias. Colegio de posgraduados. Montecillo. Méx. 174p.

Brady, N.C.; 1990. -The nature and properties of soils. Macmillan. New York.

Braunack, M. V. and A. R. Dexter. 1989a. Soil aggregation in the ssedbed. A review I. Properites aggregates and beds of aggregates. *Soil and Tillage Res.* 14:259-279.

Cabeda, M.S.V. 1984. Degradação física e erosão. En: I Simposio 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.

Cannell y Finney (1973) Effects of Reduced Tillage and Fertilization Practices on Soil Characteristics, Plant Water Status, Growth and Yield of Upland Cotton. Journal of Agronomy and Crop Science Vol. 190 Issue 4 Page 262.

Cortés T.,H.G.1991. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de posgraduados. Montecillo. Méx.168p.

Currie, J. A 1970. Movement of fases en soil respiration. Soc.Chem. Ind Monogr.37:152.

Dorrnsoro C. F.; 2004.- Introducción a la Edafología. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. 2004. España.

Figuroa S.,B. 1975. Perdidas de suelo y nutrientes y su relación con el uso de suelo en la cuenca de Texcoco . Tesis de maestría en ciencias. Colegio de posgraduados-ENA. Chapingo, Méx.209p.

Figuroa S.,B.1982. La investigación en labranza en México. Memorias del XV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México, D.F. pp34.

Figueroa y Ventura. (1990). Instructivo para la evaluación del proyecto. Efecto de la labranza en la estructura del suelo y su relación con el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Salinas, San Luis Potosí, México.

França da Silva,. 1980. Efeitos de sistemas de manejos e tempo de cultivo sobre as propriedades físicas de um Latossolo. 70f. Tese (Mestr. Agron. - Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1980. (não publicada).

Hadas, A. And D. Russo.1974. Water uptake by seeds as affected by water stress, capillary conductivity and seed-soil water contact. II. Analysis of experimental data. Agric. J66:647-652.

Jones, C. A 1985. C4 Grasses and cereals. J. Wiley AND sons. N.Y 419P.

Lal, B. (2000) 'Fiji after the coup', unpublished paper, UNSW Asia/Pacific Seminar Series, November.

Lowry, F. ; Taylor, H. M . y Huck M. Growth rate and yield of cotton as influenced by depth and bulk density of soil pans. Proc. Soil Sci. Soc. Am 34 (3): 306-309. 1970.

Martínez M. V. E., López S. F.; 2000.- Efecto de Hidrocarburos en las propiedades físicas y químicas de Suelo Arcilloso. Instituto Mexicano del Petróleo, Laboratorio de Remediación de Suelos. Distrito Federal, 2000. México.

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

Monteith, J. L. 1979. Soil temperature and crop growth in the tropics. In: R. Lal and D. J. Greenland(eds.) Soil physical properties and crop production in the tropics. J. Wiley and Sons. N.Y. pp250-262.

Moreno Álvarez, 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.

Oleschko L., k. 1989. Evaluación de la deficiencia de la labranza a través de la dinámica de las propiedades físicas del suelo. *Terra* 7: 100-108.

Ramírez, R.J.1982. Efectos de diferentes métodos de labranza y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento del maíz . Tesis de maestría en ciencias. Colegio de postgraduados Chapingo, Méx..

Russell, M. S. 1973.and Variability of relationships between transpiration, shoot and root metabolism, and nutrient uptake in intact plants. *J. exp. Bot.* 24:1053-1055.

Tormena, C,A. M.C. Barbocosa, A.C. Saraiva Da Costa y A.C. Goncalves,. 2004. Densidade, porosidade e resistencia a penetracao em latossolo cultivado sob diferentes sistemas da preparo do solo. *Scientia Agrícola.* 59 (4):.795-801.

Voorhess, W.B.; Senst, C.G.; Nelson, W.W. Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the northern Corn Belt. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.50, p.728-33, 1978.

Watts, C.W., Dexter, A.R., Dumitru, E., Arvidsson, J. 1996. An assessment of the vulnerability of soil structure to destabilisation to tillage. Part I. A laboratory test. *Soil & Tillage Research* 37, 161-174.

Documentos:

Agencia Europea de Medio Ambiente (**EEA**); 2002.- Con los pies en la Tierra: la degradación del suelo y el desarrollo sostenible en Europa .Un desafío del siglo XXI. Problemas Medioambientales. Boletín N° 16. Copenhague, Dinamarca. 2002, pp 32.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (**FAO**) y la Dependencia de Políticas de Ordenación Ambiental y su Aplicación (PUMA); 1984.- Directrices para el control de la degradación de los suelos. Roma, 1984.

Manual de Practicas Integradas de Manejo y Conservación de Suelos boletín de tierras y agua de la FAO.

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

Lecturas adicionales sobre labranza en. Boletines FAO. Libro 66 Manual de sistemas de labranza para América Latina.

<http://www.fao.org/ag/search/agfinds.asp> La labranza de conservación en México y apoyos de FIRA para su adopción.

Ing. Mario Novelo Guizar. Director de Transferencia de Tecnología y Asistencia Técnica. BANCO DE MÉXICO – FIRA.

<http://www.agecon.okstate.edu/isct/labranza/guizar/novelo.doc>

New Holland México: Productos: Implementos: **Vibrocultivador**

http://www.newholland.com.mx/p%C3%A1gina_agricola/Productos/Implementos/Vibrocultivador.htm

SARH. 1986. Inventario de áreas erosionadas en México. SARH. México, D. F.

http://www.ai.org.mx/revista/numero%20cinco/Labranza%20de%20conservacion/labranza_de_conservacion.html - 289k