

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA**



**EFFECTO EN EL CORTO PLAZO DE SISTEMAS DE
LABRANZA Y MEJORADORES EN LOS INDICADORES N, K
Y MO EN UN SUELO FRANCO ARCILLOSO**

Por:

GERARDO GONZÁLEZ LÓPEZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Saltillo, Coahuila, México.

Febrero de 2013

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

**EFFECTO EN EL CORTO PLAZO DE SISTEMAS DE LABRANZA Y MEJORADORES
EN LOS INDICADORES N, K Y MO EN UN SUELO FRANCO ARCILLOSO**

Por:

GERARDO GONZÁLEZ LÓPEZ

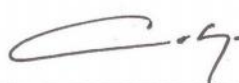
TESIS

Que somete a consideración del H. jurado examinador como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

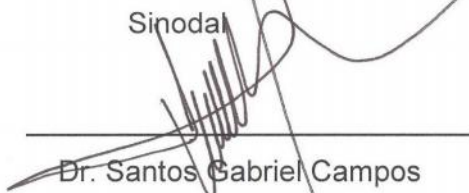
Aprobado por el comité de Tesis

Asesor principal:



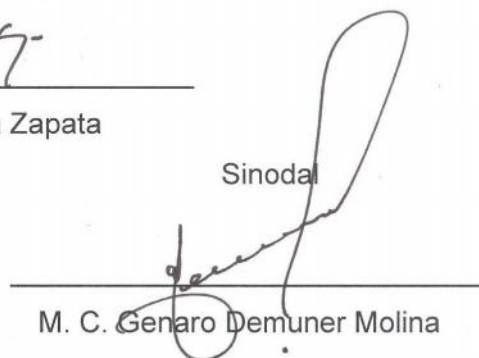
Dr. Martín Cadena Zapata

Sinodal



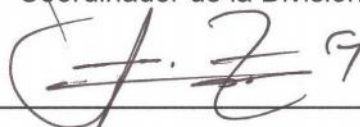
Dr. Santos Gabriel Campos

Sinodal



M. C. Genaro Demuner Molina

Coordinador de la División de Ingeniería



M. C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero de 2013

DEDICATORIA

A mis padres:

Filemón González Gutiérrez y Angelina López Pérez:

Con la mayor gratitud que puedo ofrecerles por sus esfuerzos constantes y la confianza depositada en mi persona para que lograra culminar mi carrera profesional impulsándome siempre a ser mejor cada día, siendo para mí la mejor herencia.

A mis hermanos:

Horacio González López, José González López, Gabriela González López y Jaime González López

Por haber estado a mi lado durante todos mis estudios apoyando, motivándome a seguir adelante, compartiendo momentos buenos y malos regalándome su cariño y comprensión.

A Samantha Allende López

Quien ha sido un apoyo constante durante la mayor parte de mi carrera, regalándome su amistad, comprensión y cariño incondicional.

A mis **compañeros de generación** de alguna manera estuvieron a mi lado durante mi estancia en la UAAAN haciendo que este tiempo fuera más ameno.

AGRADECIMIENTOS

A mi **Dios** por haberme guiado todo este tiempo permitiéndome con su protección llegar a concluir mis estudios profesionales.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera profesional enseñándome las herramientas necesarias para que pudiera lograr esta meta en mi vida.

A mis padres, hermanos, novia y amigos que siempre creyeron en que lograría culminar mi carrera y regalarme un poco de su tiempo con el fin de que me mantuviera firme todo este tiempo en mis metas.

Al **personal académico del departamento de maquinaria agrícola** que siempre estuvieron ahí para transmitirme su conocimiento: Dr. Martín Cadena Zapata, Dr. Santos G. Campos Magaña, M. C. Genaro Demuner Molina, M. C. Héctor Uriel Serna Fernández, M. C. Juan Arredondo Valdez, M. C. Juan Antonio Guerrero Hdez., Dr. Jesús R. Valenzuela García, M. C. Tomas Gaytán Muñiz, M. C. Blanca de la Peña y el Ing. Rosendo Martínez garza.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Antecedentes	12
1.2 Identificación del problema	15
II. HIPÓTESIS.....	16
III. OBJETIVO.....	16
IV. REVISION DE LITERATURA.....	17
4.1 Sistemas de labranza	17
Fuente FAO, 2012	19
4.2 Labranza Convencional	19
4.2.1 Labranza primaria	20
4.2.2 Labranza secundaria	20
4.2.3 Objetivos principales de la labranza en el suelo.....	21
4.2.4 Ventajas de la labranza convencional	21
4.2.5 Desventajas de la labranza convencional	21

4.3 Sistema de labranza vertical (LV)	22
4.3.1 Ventajas de la labranza vertical	23
4.3.2 Desventajas de la labranza vertical	24
4.4 Sistema de labranza cero (NL)	24
4.4.1 Ventajas del sistema de labranza cero (NL)	25
4.4.2 Desventajas del sistema de labranza cero (NL)	25
4.4.3 Características del sistema de labranza cero	26
4.5 Mejoradores orgánicos de suelos	26
4.5.1 Categorías de mejoradores de suelos	27
4.6 Composta	28
4.6.1 Importancia de la composta	29
4.6.2 Ventajas de la composta	29
4.7 Algaenzimas	30
4.8 Micorriza	31
4.8.1 Simbiosis	32
Fuente: CORPOICO, 2004	33
4.8.2 Beneficios de las micorrizas	33
4.9 Indicadores de la calidad del suelo	34
4.9.1 Indicadores químicos en la calidad de suelo	35
4.9.2 Indicadores químicos locales del suelo	36
V. MATERIALES Y METODOS	37
5.1 Geología	37
5.2 Distribución de parcelas	37
5.3 Métodos para evaluar las propiedades fisicoquímicas del suelo	39
5.3.1 Determinación de nitrógeno	39
5.3.2 Determinación de potasio método Morgan modificado	43
5.3.3 Determinación de materia orgánica en el suelo	44

5.4 Análisis estadístico	47
5.4.1 El modelo lineal	47
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	49
Cuadro 6.1. Análisis de varianza con respecto al contenido de materia orgánica.....	49
Cuadro 6.2 Análisis de varianza con respecto al contenido de Nitrógeno en el suelo	51
Cuadro 6.3. Análisis de varianza con respecto al contenido de Potasio en el suelo	53
Cuadro 6.4. Comparación múltiple de medias con respecto al contenido de Potasio en el suelo	54
Cuadro 6.5. Comparación múltiple de medias con respecto al contenido de Potasio en el suelo	54
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
VIII. LITERATURA CITADA	57
IX ANEXOS	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1 Criterios de selección del arado más adecuado para preparar el suelo.	14
Cuadro 4.1. Algunos criterios para la selección del sistema de labranza apropiado, desde el punto de vista de conservación del medio físico edáfico ..	18
Cuadro 4.2. Porcentaje de residuos que quedan sobre la superficie del suelo con diferentes actividades de preparación del suelo.	19
Cuadro 4.3. Composición química de estiércol de diferentes especies animales.	28
Cuadro 4.4. Relación de la cantidad promedio de la composta.	29
Cuadro 5.1. Clasificación de la materia orgánica en suelos minerales y volcánicos	47
Cuadro 6.1. Análisis de varianza con respecto al contenido de materia orgánica	49
Cuadro 6.2 Análisis de varianza con respecto al contenido de Nitrógeno en el suelo	51
Cuadro 6.3. Análisis de varianza con respecto al contenido de Potasio en el suelo	53
Cuadro 6.4. Comparación múltiple de medias con respecto al contenido de Potasio en el suelo.....	54
Cuadro 6.5. Comparación múltiple de medias con respecto al contenido de Potasio en el suelo.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Asociación hongo-planta (relación simbiótica).....	33
Figura 4.2 Micorrización.....	34
Figura 5.1 Distribución del terreno experimental.....	38
Figura 5.2. Aparato de Kjeldahl utilizado para digestión y destilación de la muestra de suelo para determinar nitrógeno	42

RESUMEN

Se evaluaron los efectos de tres sistemas de labranza cero (**NL**), vertical (**LV**) y convencional (**LC**) en conjunto con mejoradores orgánicos de suelo (Micorriza (**M1**), Composta Miyaorganic (**M2**), Algaenzimas (**M3**) y un Testigo (**M0**), para ver los efectos producidos en el mediano plazo en el incremento de los macroelementos y materia orgánica.

Para lo cual se trabajó en un arreglo de parcelas divididas A (sistemas de labranza) y B (mejoradores orgánicos de suelo) en una distribución de nueve lotes iguales con dimensiones de 40 metros de largo por 12 metros de ancho, aplicando dosis de 1 kg Ha^{-1} para la Micorriza, 1 l Ha^{-1} de Algaenzimas y 3 ton Ha^{-1} de composta. Para la evaluación se obtuvieron los contenidos de nitrógeno (N) por el método de Kjeldhal, potasio (K) por el método de Morgan modificado y por último la materia orgánica (MO) se determinó por el método Walkley y Black (oxidación parcial).

Para este proyecto se evaluó el ciclo de primavera-verano 2011 en el cual se observaron las condiciones finales de los contenidos de materia orgánica y macroelementos al término del ciclo con la aplicación de los mejoradores orgánicos de suelo y los sistemas de labranza. Los datos obtenidos en laboratorio fueron analizados a través del paquete de diseños experimentales FAUANL versión 2.5 de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Para el nitrógeno y materia orgánica no se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza. Por otra parte se encontró diferencia significativa para el potasio con niveles a un nivel de significancia de 0.05 %, donde los tres sistemas de labranza se comportaron diferentes estadísticamente, sin embargo a un nivel de significancia de 0.01 % se encontró que los sistemas LC y LV

estadísticamente son iguales con valores de 1802.0789 y 1686.4551 ppm; el sistema de NL se mostró diferente en comparación con los anteriores con un valor de 1488.3275 ppm.

Palabras clave: *Mejoradores orgánicos de suelo, Sistemas de labranza, Macroelementos.*

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El laboreo del suelo, labranza o mecanización, se puede entender como todas aquellas prácticas de manejo del suelo, cultivo o explotación del mismo, que es llevada a cabo con animales de tiro o bien con máquinas como lo son los tractores (Jaramillo, 2002).

Por tanto un sistema de laboreo es el conjunto de operaciones mecánicas de labranza que invierten en el manejo del suelo, básicamente existen criterios sobre los que se sustenta la filosofía de cada sistema: profundidad de trabajo, número de pasadas sobre el terreno y presencia de residuos vegetales tanto en superficie como en perfil labrado (Ortiz, 2003).

El objetivo de la labranza es modificar por medios mecánicos las condiciones físicas del suelo, de acuerdo a los fines perseguidos, teniendo efectos directos sobre los procesos y propiedades del suelo, e indirectos sobre el crecimiento de los cultivos (FAO, 1992).

Junto con facilitar las labores de siembra, controlar malezas y generar el mullimiento deseado, la labranza tiene algunos efectos no deseados. Expone el suelo a los principales agentes erosivos (agua y viento) y facilita el contacto de los organismos del suelo con una alta presión parcial de oxígeno (Acevedo, 2003).

Las operaciones de labranza pueden ser buenas o malas, dependiendo de cuando se realicen y como se realicen, es decir, si un suelo se ha deteriorado

en sus características físicas; esta compactado y los cultivos no se desarrollan, quizás es necesario ayudar a recuperar esas características físicas pasando implementos que básicamente rompen el suelo y en algunos casos lo voltean, para así permitir la entrada y almacenamiento de agua, aire, fertilizantes y abonos; que se pueda colocar allí una semilla y que esta germine al permitir que sus raíces crezcan y se desarrolle la planta, por lo tanto cuando un suelo es afectado en sus propiedades físicas, se afecta también sus propiedades químicas y biológicas (Romero, 2002).

El recurso suelo sostiene una amplia gama de rubros productivos, dentro de los cuales están los sistemas agrícolas. El sistema edáfico es propenso a una fuerte degradación si es intervenido en forma poco racional, viendo de esta manera afectadas sus capacidades físicas, químicas y/o biológicas. Los parámetros bioquímicos del suelo se presentan como instrumentos altamente sensitivos y eficaces para evaluar el grado de disrupción del medio edáfico, siendo su integración con los parámetros físicos y químicos una herramienta confiable para la medición de la sustentabilidad del suelo (Curaqueo, 2004).

La labranza de conservación, es un sistema de laboreo que realiza la siembra sobre una superficie del suelo cubierta con residuos del cultivo anterior, con lo cual se conserva la humedad y se reduce la pérdida de suelo causada por la lluvia y el viento en suelos agrícolas con riesgo de erosión, ya que esta práctica incrementa la capacidad productiva del suelo, se aumenta los rendimientos y se reducen los costos de producción (SAGARPA, 2007).

La intensificación de la agricultura con prácticas tradicionales de labranza, que incluyen inversión del suelo, tiene como efecto la disminución de la materia orgánica del suelo (Acevedo, 2003).

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 (Navarro *et al.*, 2000).

Al aumentar la materia orgánica del suelo disminuye la densidad aparente, con ello aumenta la porosidad, disminuye la resistencia a la penetración y al crecimiento de las raíces de los cultivos permitiendo una mejor exploración de agua y nutrientes del suelo por las plantas (Acevedo, 2003).

Por lo cual es necesario elegir un sistema de labranza adecuado que pueda cumplir con las características que esperamos obtener como se muestra en el (cuadro 1.1), la utilización del implemento dependerá de la función que se vaya realizar.

Cuadro 1.1 Criterios de selección del arado más adecuado para preparar el suelo.

Incorporación de residuos vegetales, estiércol y fertilizantes	Presencia de malezas de reproducción vegetativa	Suelos con presencia de piedras	Romper compactaciones de tipo pie de arado	Facilitar la penetración de agua en el perfil	Mantener el micro relieve del terreno
Arado de vertedera	Arado de cincel	Arado de discos	Arado de cincel	Arado de cincel	Arado de cincel
Arado de discos	Arado de vertedera	Arado de cincel herramientas flexibles	Arado subsolador	Arado subsolador	Arado de vertedera
Arado rotativo	Arado subsolador				Arado subsolador

Fuente INIA, 2010

1.2 Identificación del problema

Con el paso del tiempo las malas prácticas de labranza o factores naturales han dado como resultado suelos en mal estado en cuanto a sus propiedades, entre ellas las propiedades químicas (nutrientes) que se ven afectadas constantemente por distintos factores. Entre los principales procesos causales de la degradación de los suelos en México son la degradación química con aproximadamente un total de 34.9 millones de hectáreas, es decir, 17.9 % de la superficie nacional (SEMARNAT *et al.*, 2009), siendo de primordial importancia el tratar de controlar este problema, si bien no se puede lograr en un 100 %, puede ser posible controlada en cierta proporción tomándose en cuenta precauciones y cuidados necesarios en las prácticas agrícolas, además valdría la pena tratar de encontrar métodos que mejoren el suelo para tratar de recuperar algo de la fertilidad de nuestros suelos perdida.

Dado que la degradación química del suelo es un problemas importante, es necesario cambiar las prácticas de manejo de suelo, por lo que en este trabajo se tratará de determinar cuáles son los efectos de diferentes sistemas de labranza en conjunto con la rotación de cultivos y los mejoradores de suelo en la dinámica de los elementos de la fertilidad como son nitrógeno, potasio y materia orgánica.

II. HIPÓTESIS

Cualquier mejorador de suelo en combinación con un sistema de labranza de conservación, mantiene valores adecuados de las propiedades químicas del suelo para sostener su productividad en el tiempo.

III. OBJETIVO

Cuantificar los cambios en el mediano y largo plazo de los valores de las propiedades químicas del suelo debidas a la acción integrada de tipos de labranza y mejoradores de suelo.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1 Sistemas de labranza

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 por lo que se recomienda una elección cuidadosa del sistema de labranza adecuado (cuadro 4.1), de no ser así se origina la degradación de los suelos, que tiene un efecto irreversible como es el caso de la erosión de tal modo que el avance tecnológico surge por la necesidad de producir intensamente sobre una unidad de suelo; esto ha implicado la utilización intensa de las labores agrícolas y abuso del uso de maquinaria agrícola (sistemas de labranza), con la creencia de que entre más se disgrega el suelo mejor es su preparación para la producción de cultivos (Navarro *et al.*, 2000).

Un sistema de labranza o preparación de suelo consiste en diferentes formas de manipular este recurso, sea de manera manual o mecánica, con el propósito de obtener buenas condiciones para el desarrollo de los cultivos. Sin embargo, el efecto benéfico o perjudicial de la labranza depende del tipo de implementos utilizados y de la intensidad con que se emplean (Acevedo, 2003).

Cuadro 4.1. Algunos criterios para la selección del sistema de labranza apropiado, desde el punto de vista de conservación del medio físico edáfico

CARACTERISTICAS DEL SUELO	CONDICIONES DE LAS CARACTERISTICAS SEGÚN SISTEMA DE LABRANZA		
	CERO	CONVENCIONAL	PROFUNDA
Profundidad efectiva	>60 cm	>60 cm	Limitante (compactación)
Cambio textural abrupto (en 60 cm)	No hay	Leve a moderado	Abrupto
Grado de estructura	Fuerte	Moderado a fuerte	Débil
Consistencia en húmedo	Friable	Friable a firme	Muy firme
Porosidad total (%)	50 a 60	40 a 50	<35
Drenaje interno	Moderado a rápido	Moderado a rápido	Lento a moderado
Densidad aparente (g cm ⁻³)	<1.2	<1.5	<1.5
Macroporos (%)	10 a 12	10 a 12	<10
Materia orgánica	Alta	Media a alta	Baja
Presencia de raíces	Abundantes	Regulares	Pocas

Fuente: Castro, 1996

La labranza se puede definir como la manipulación química, física o biológica de los suelos para optimizar la germinación y emergencia de la semilla, así como el establecimiento de la plántula, tomando en cuenta la cantidad de residuos que se permanecerán en el suelo dependiendo del tipo de implemento que se utiliza (cuadro 4.2). Dentro de toda la gama de sistemas de labranza existentes, se deberá elegir aquel que optimice la producción considerando (Violic, 1989):

Tanto la labranza reducida como la no labranza son sistemas denominados "labranza de conservación" que pretende corregir los errores de los sistemas convencionales, para aprovechar el suelo de manera productiva en forma permanente y hacer un uso adecuado de los productos agroquímicos (Romero, 2002).

Cuadro 4.2. Porcentaje de residuos que quedan sobre la superficie del suelo con diferentes actividades de preparación del suelo.

Tipo de preparación de la tierra	Residuos resistentes	Residuos frágiles
Residuos después de la cosecha	80-95	70-80
Arada	0-15	0-10
Arada y cincel	0-10	0-5
Discos (dos operaciones)	15-20	10-15
Cincel (dos operaciones)	30-40	20-30
Cultivador (dos operaciones)	40-50	30-40
Cultivador (una operación)	50-70	40-60
Siembra directa	80-95	60-80

Fuente FAO, 2012

4.2 Labranza Convencional

Se refiere a un conjunto de operaciones realizadas para preparar una cama de siembra para un cultivo dado y en una región determinada, de acuerdo a las costumbres, tradiciones o conocimientos residentes que generalmente se utilizan. La labranza convencional, consiste en la inversión de la capa superficial del suelo haciendo uso de arados y sucesivos rastreos (Acevedo, 2003).

En términos generales se dice que para una buena preparación del suelo se debe realizar las operaciones de labranza siguientes:

- 1) Subsuelo
- 2) Barbecho
- 3) Cruza
- 4) Rastreo
- 5) Nivelación
- 6) Surcado

La labranza convencional involucra la inversión del suelo, normalmente con el arado de vertedera o el arado de discos como labranza primaria, seguida por labranzas secundarias con la rastra de discos. El propósito principal de la labranza primaria es controlar las malezas por medio de su enterramiento, y el objetivo principal de la labranza secundaria es desmenuzar los agregados y crear una cama de siembra. El control de malezas siguiente se puede hacer por medio de cultivaciones o herbicidas. La característica negativa de este sistema es que al suelo le falta una protección de rastrojo y queda casi desnudo, por lo tanto es susceptible a las pérdidas de suelo y agua debido a los procesos de erosión (FAO, 2000).

4.2.1 Labranza primaria

La labranza primaria tiene por objeto cortar, romper y voltear las capas del suelo para incorporar toda la materia vegetal que existe sobre el suelo, pero también se puede incorporar simultáneamente fertilizantes que se necesitan en el suelo para la nutrición de los cultivos. Este tipo de labranza se realiza por lo general entre los 15 y 20 centímetros de profundidad pero puede incluso llegar hasta los 50centímetros o más (Romero, 2002).

4.2.2 Labranza secundaria

La labranza secundaria consiste en cortar y romper en varias pasadas del implemento, los terrones o bloques del suelo hasta obtener terrones muy pequeños y en muchos casos, hasta que las capas superiores del suelo sean polvo, esto último se logra con el rastrillo pulidor. Los implementos más utilizados son para la labranza primaria y secundaria son: los arados de discos, rastras, además de arado de cinceles (Romero, 2002).

4.2.3 Objetivos principales de la labranza en el suelo

Los principales objetivos de la labranza del suelo consisten en romper las capas duras del suelo, invertir la capa arable para que pueda tener un mayor abastecimiento de oxígeno para el buen desarrollo de los micro-organismos y de las raíces de las plantas, logrando con ello que se facilite la infiltración de agua en el suelo, la incorporación de residuos de los cultivos anteriores incluyendo las malezas y algunos fertilizantes (orgánicos o minerales), en ocasiones se utiliza para controlar plaga y contar con una buena cama de siembra para el desarrollo adecuado de la planta (FAO, 2000).

4.2.4 Ventajas de la labranza convencional

Algunas de las ventajas de los sistemas de labranza convencionales es el control de las malezas que son sepultadas al invertirá la capa arable del suelo y el paso de los implementos, buscando con ello que el suelo de la cama de siembra sea más fino, además de mejorar suelos que se encuentran con malas condiciones de drenaje el paso excesivo de la maquinaria o incluso bien por el paso de animales que con el tiempo van compactando el suelo. (Garro, 2002)

4.2.5 Desventajas de la labranza convencional

Si bien es cierto que preparar una cama mullida para la siembra es su principal virtud, su desventaja es que provoca compactación, erosión al suelo, pérdida de agua, tiene un alto costo de energía y maquinaria, favorece el desarrollo de maleza, forma piso de arado, rompe la estabilidad de los agregados del suelo dando lugar a encostramientos (INIFAP, 2004).

4.3 Sistema de labranza vertical (LV)

Los sistemas de laboreo mínimo y bajo cubierta responden a la técnica llamada labranza vertical. Se denomina así porque el suelo es empujado hacia adelante en sentido vertical ascendente mediante una reja montada bajo un brazo rígido, semirrígido, flexible o vibratorio. Este produce la fragmentación del suelo lateralmente en bandas cuya sección alterada tiene forma de 'V', igual que los subsoladores. Al solaparse con la acción de los brazos contiguos, la solera presenta la forma de bodegas pérelas. La única zona compactada en la parte inferior por donde se desliza la herramienta de trabajo (Ortiz, 2003).

La labranza vertical es un sistema de labranza conservacionista que consiste en preparar la tierra con implementos que no invierten el suelo y causan poca compactación si la comparamos con la labranza convencional. Por lo tanto, el suelo queda normalmente con una buena cobertura de rastrojo de la cosecha anterior de más de 30 % sobre la superficie. Los implementos que más se utilizan para este sistema son el arado de cincel, la cultivadora de campo y el vibro-cultivador (FAO, 2000).

La labranza vertical es llamada así porque el suelo es empujado hacia adelante en sentido vertical ascendente mediante una reja montada sobre un brazo rígido, semirrígido, flexible y/o vibratorio. El suelo se fragmenta en agregados de tamaño variable dependiendo del tipo de suelo, contenido de humedad y velocidad de trabajo, como lo señala Ortiz, 2003.

Este sistema se aplica a suelos con limitaciones físicas internas, principalmente presencia de capas endurecidas o compactadas donde el suelo se rotura a profundidades entre 30 y 40 centímetros, generalmente con subsolador o con arado de cinceles, siguiendo una línea en el terreno, por lo cual se afecta un volumen de suelo adyacente a la línea por donde corre el implemento logrando con este sistema de labranza que se aumente la infiltración del suelo, así como

la capacidad de almacenamiento de agua en el mismo y favoreciendo el crecimiento radicular (Jaramillo, 2002).

4.3.1 Ventajas de la labranza vertical

- i.* La labranza vertical mantiene mejor la capacidad de productividad de los suelos debido a la presencia de la cobertura vegetal en la superficie que protege el suelo contra los procesos de erosión. Esta cobertura de materia vegetal también impide la formación de costras superficiales (planchado) que pueden provocar una baja emergencia de los cultivos.
- ii.* Los implementos de labranza vertical causan poca compactación, es decir, no forman una capa dura en el subsuelo (piso de arado) que limita la profundidad de las raíces. En cambio los discos de labranza convencional ocasionan capas duras.
- iii.* Debido a que la labranza vertical no invierte el suelo, solo lo provoca su ruptura, hay menos descomposición de la materia orgánica y menos pérdida de humedad, que es muy importante antes de la siembra, ya que al sembrar esta humedad es de vital importancia para la germinación y su posterior desarrollo.
- iv.* Siendo un sistema que tiene muchas ventajas en un amplio rango de tipos de suelo, incluso en aquellos que tienen problemas de drenaje y que son susceptibles a la compactación; la eficacia operativa del sistema de labranza vertical es más alta que la de labranza convencional, esto se debe a que el vibrocultivador trabaja con mayor velocidad y tiene mayor ancho de trabajo que el rastro de discos. Por lo tanto es posible preparar entre un 50 % hasta un 80 % más de superficie por día con labranza vertical, si se le compara con labranza convencional (FAO, 2000).

4.3.2 Desventajas de la labranza vertical

Algunas de las desventajas de la labranza vertical es que se requiere en un alto consumo de potencia para llevar a cabo esta labor, siendo una limitante para que se pueda implementar la labranza vertical el estado del suelo en cuanto a su humedad se refiere ya que es necesario un estado friable o más seco hasta la profundidad a la cual se va trabajar ya que de lo contrario las puntas del arado de cinceles puede llagara a romperse o si están desgastadas disminuye la roturación del suelo y otra desventaja que se presenta es que si no se usa de manera correcta la tasa de infiltración de agua no se mejora de forma significativa (FAO, 2012).

Existen problemas de rebrote al incorporar parcialmente las malas hierbas, en ocasiones se presenta una excesiva cantidad de residuos sobre el suelo, por lo que se requiere una labor de enterrado superficial previa para mejorar estas condición. Cuando el suelo es trabajado en condiciones secas se reduce la profundidad de trabajo del implemento (Ortiz, 2003).

4.4 Sistema de labranza cero (NL)

Es probable que las más importantes practicas por los resultados a corto plazo que se obtienen y por ser el factor que más incide en las considerables pérdidas de suelo y productividad, son todas aquellas relacionadas con los sistemas de labranza que implican menos laboreo del suelo (cero labranza o mínima labranza) en comparación de la labranza convencional, siendo entonces el principal objetivo del sistema de labranza cero reducir las pérdidas del suelo por erosión, ya que con la labranza convencional se pierden hasta diez veces más suelo que con la labranza cero, por tal motivo la labranza cero busca reducir las pérdidas de suelo por erosión hídrica y eólica, así como la humedad del suelo por escorrentía, percolación o evaporación (INIA, 2003).

La práctica de la labranza cero reduce enormemente el riesgo de cultivar con un contenido incorrecto de agua (que compacta el suelo) mediante la eliminación de las operaciones de labranza excepto la siembra (FAO, 2006).

4.4.1 Ventajas del sistema de labranza cero (NL)

Las principales ventajas de la labranza cero es la reducción de la erosión por causa del viento y agua principalmente en suelos que cuentan con cierta pendiente donde se propicia más la erosión provocando que se conserva una mayor cantidad de humedad y materia orgánica en el suelo, esto ocurre al disminuir la temperatura del suelo por la conservación de los residuos de cultivos anteriores mejorando al mismo tiempo la estructura e incrementando la actividad biológica sobre la superficie del suelo, además de requerir menor cantidad de energía, disminuyendo la cantidad de mano de obra y maquinaria, lo que indudablemente conlleva a la reducción de costos en la producción de los cultivos (INIFAP, 2004).

4.4.2 Desventajas del sistema de labranza cero (NL)

Así como se presentan bastantes ventajas con este sistema de labranza, también tiene muchas desventajas ya que al conservar los residuos de los cultivos anteriores solo dependerá el controlar las malezas por medio del correcto uso y aplicación de herbicidas, de lo contrario se promoverá la supervivencia de insectos nocivos favoreciendo la proliferación de ciertas enfermedades y si se da un uso continuo bajo ciertas condiciones puede darse la compactación del suelo, por lo tanto es necesario el requerimiento de equipo especial o adaptado ya que no en todos los suelos puede llegar a funcionar la implementación de este sistema, ya que en suelos con drenaje pobre o con una pedregosidad mayor al 20 % y una pendiente mayor al 16 %, las labores de establecimiento de este cultivo se requiere que sea realizada por la fuerza animal o manual (INIFAP 2004).

4.4.3 Características del sistema de labranza cero

La característica comúnmente identificada de la labranza cero es que la superficie del suelo permanece recubierta con residuos intactos del último cultivo tanto tiempo como sea posible, ya sea que estos se aplasten o se conserven en pie después de una cosecha o de una pastura densa que ha sido asperjada. En términos generales, la labranza de conservación es comúnmente utilizada como una medida de control de la erosión, la superficie mínima aceptada de tierra cubierta con residuos después del paso del abresurcos es del 30 %. Muchos técnicos de campo favorecen la opción de que la labranza cero o la siembra directa deberían tener como objetivo por lo menos el 70 % de cobertura de la tierra (Baker *et al.*, 2008).

Una de las respuestas agronómicas a los problemas ambientales originados en la intensificación de la producción agrícola ha sido el desarrollo de la cero labranza. Dos méritos esenciales de la cero labranza son el que minimiza la erosión y reduce substancialmente la emisión de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera junto con el reciclar de los nutrientes presentes en los residuos de los cultivos. A nivel mundial se ha observado un alto crecimiento de la superficie cultivada con cero labranzas (Acevedo, 2003).

4.5 Mejoradores orgánicos de suelos

Los mejoradores del suelo son recursos naturales de extraordinaria importancia para corregir limitantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos con vocación agrícola, por lo cual es conveniencia que los productores conozcan los efectos benéficos de los abonos orgánicos, los abonos verdes y las enmiendas o cales para mejorar la productividad de los suelos, corregir los problemas de la acidez que se presentan y restaurar los desbalances

nutricionales para obtener mayores rendimientos y mejor rentabilidad (Blanco, 2006).

Los mejoradores orgánicos de suelos son productos que se aplican al suelo para influir de manera positiva en su estructura y fertilidad. Los mejoradores de suelos a diferencia de los fertilizantes no contienen tantos componentes nutritivos para las plantas. Estos productos se pueden utilizar de manera independiente o en combinación con fertilizantes y abonos. Los mejoradores de suelo orgánicos son elaborados en su totalidad a partir de materias primas vegetales y/o animales, por lo general lo que se busca con la aplicación de mejoradores de suelos es mejorar la estructura para tener suelos más fáciles de trabajar, aumento de la bioactividad y la cantidad de humus, una mejor relación aire-agua, optimización de la situación de cal y nutrientes y el aumento de la cantidad de humus (OSMO, 2005).

Para recuperar las pérdidas que va generando la agricultura la acción se basa en enriquecer el suelo agrícola con materiales orgánicos provenientes de otro lugar (que puede estar en la misma finca, o no). Antiguamente, cuando los sistemas de producción diversificados eran la regla general, resultaba fácil y barato utilizar el estiércol de animales propios. En la actualidad, con una fuerte tendencia a la especialización esto ya no es tan practicable; por lo que la "importación" de materia orgánica es una opción válida y hasta necesaria en sistemas intensivos con mucha presión sobre el recurso suelo (Williams, 2002).

4.5.1 Categorías de mejoradores de suelos

Los mejoradores de suelos orgánicos son elaborados a partir de materias primas vegetales y/o animales (estiércol de vaca, estiércol de aves, estiércol de caballo, etc.), por su aplicación al suelo, aumentando la cantidad de humus o la cantidad de sustancias orgánicas (OSMO, 2005)

Los mejoradores de suelos minerales son de origen fósil (rocas) y poseen una alta estabilidad de acuerdo con su origen, distinguimos aquí diferentes campos de aplicación. (OSMO, 2005)

4.6 Composta

La composta es un abono orgánico que se forma por la degradación microbiana de materiales acomodados en capas y sometidos a un proceso de descomposición; los microorganismos que llevan a cabo la descomposición o mineralización de los materiales ocurren de manera natural en el ambiente, aunque debe tomarse en cuenta que los diferentes tipos de composta tienen de igual manera una composición química diferente como se muestra (cuadro 4.3); el método para producir este tipo de abono es económico y fácil de implementar (SAGARPA, 2007).

En términos generales el compostaje se puede definir como una bio-técnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. La biodegradación es consecuencia de la actividad de los micro-organismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición. Los productos finales de esta degradación dependerán de los tipos de metabolismo y de los grupos fisiológicos que hayan intervenido; es por estas razones que los controles que se puedan ejercer siempre estarán enfocados a favorecer el predominio de determinados metabolismos y en consecuencia a determinados grupos fisiológicos (Sztern, 1999).

Cuadro 4.3. Composición química de estiércol de diferentes especies animales.

	Estiércol vacuno	Gallinaza	Estiércol porcino	Estiércol ovino
	-----%-----			
Nitrógeno	2-8		3-5	3-5
Fósforo	0.2-1.0	5-8	0.5-1.0	0.4-0.8
Potasio	1-3	1-2	1-2	2-3

Magnesio	1.0-1.5	2-3	0.08	0.2
Sodio	1-3	1-2	0.05	0.05
Sales solubles	6-15	2-5	1-2	1-2

Fuente: Miller y Donahue, 1995

4.6.1 Importancia de la composta

Los mejoradores de suelo son muy importantes para que los suelos mantengan su productividad, ya que cuenta con cierta cantidad de nutrientes que beneficia al suelo (cuadro 4.4), por lo que la composta mejora la salinidad y el crecimiento de las plantas al mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo ya que son fuente importante de nutrimentos para las plantas aumentando la capacidad de retención de humedad del suelo, las plantas pueden absorber más nitrógeno consecuencia de la relación carbono nitrógeno en el suelo y la capacidad de intercambio de cationes en el mismo, además de ser una fuente de alimentos para los microorganismos, amortigua los cambios bruscos de temperatura y logra la descomposición parcial o casi completa de algunos residuos agrotóxicos (SAGARPA, 2007).

Cuadro 4.4. Relación de la cantidad promedio de la composta.

Composición media del compost			
Materia Orgánica	50 %	Nitrógeno	0.9 a 1.50 %
Relación C/N	12 a 18 %	Fósforo	0.6 a 2.3 %
PH	6.5 a 8 %	Potasio	0.3 a 1.3 %
Humedad	25 a 35 %	Calcio	3 a 4 %
Carbono	14 a 18 %	Magnesio	0.2 a 1.2 %

4.6.2 Ventajas de la composta

La composta es un mejorador de suelo que favorece el desarrollo de las funciones del mismo, mejora la salinidad y el crecimiento de las plantas, así como las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo al mejorar el

almacenamiento de nutrientes y su disponibilidad para los cultivos, por lo tanto mejora la estructura del suelo y es fuente importante de nutrientes para las plantas y fuente de alimentos para los microorganismos, así como ayudar a amortiguar los cambios de PH y favorecimiento de la aireación y retención de humedad, además de ayudar a la prevención la erosión y disminuir los cambios bruscos de temperatura del suelo. (Rodríguez y Córdova, 2006)

4.7 Algaenzimas

Las algas marinas son parte integral de la ecología y del espacio costero que durante siglos las zonas agrícolas cercanas a estas áreas costeras fueron abonadas con algas marinas por ser fuente valiosa de la materia orgánica para diversos tipos de suelo y para diferentes cultivos de frutales y hortalizas dándole la importancia necesaria a las algas marinas y sus derivados como bioestimulantes cada día ha ganado más amplitud e importancia, considerándose bioestimulante a las moléculas biológicas que actúan potenciando determinadas expresiones metabólicas y fisiológicas en los vegetales como el crecimiento y desarrollo de las plantas estando gobernado por hormonas vegetales: fitohormonas, las cuales controlan directa la ejecución de numerosas y variadas reacciones fisiológicas y su integración con el metabolismo general (Medjdoub, 2006).

Las algas marinas y sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas, incrementando los rendimientos y mejorando la calidad de las cosechas, siendo el uso de las alga enzimas común en el mundo por lo que ira sustituyendo el uso de los insumos químicos que tanto daño han causado al medio ambiente incluyendo suelos y aguas subterráneas y como producto orgánico forma parte de la disciplina de la agricultura sustentable al llevarse debidamente el proceso de la elaboración de los extractos de algas marinas, los microorganismos que contienen, especialmente micro-algas cianofitas las cuales se propagan donde se aplican potencializando su acción y efectos al incrementar en las cosechas y

la buena calidad de los frutos como efecto del uso de las algas marinas y sus derivados en la agricultura se deben a que las algas marinas contienen la totalidad de los elementos mayores, elementos menores y elementos traza que ocurren en las plantas, además de 27 sustancias naturales con efectos reguladores de crecimiento de las plantas y agentes quelatantes, vitaminas y sustancias biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Canales, 1999).

Los sistemas enzimáticos asociados a los ciclos de nutrientes muestran variaciones que se pueden asociar a mayor disponibilidad de nitrógeno y potasio principalmente en el suelo. El suelo manejado con cubierta vegetal continúa experimenta cambios en su velocidad de infiltración y densidad aparente, resumiéndose a menores tasas de erosión y un mejor establecimiento de los cultivos (Acevedo, 2003).

4.8 Micorriza

Las micorrizas son un sistema de raíces modificadas resultantes de la asociación de las raíces de las plantas superiores con ciertos hongos microscópicos del suelo. La asociación mutualista es prácticamente universal y ambos componentes de las micorrizas arbusculares, hongo-raíz resultan beneficiados. El hongo además de desarrollarse dentro de la corteza de las raíces (micelio interno) se extiende por la rizosfera mediante una red de hifas (micelio externo). La asociación se constituye en un sistema especializado y eficaz, para captar nutrientes de la solución edáfica y transportarlo hacia la planta. A cambio, el micro-simbionte heterótrofo asociado recibe de la planta sustratos carbonatados, así como un nicho ecológico protegido (Salamanca y Silva, 1998).

El uso de las micorrizas podría ser una herramienta útil para acercarnos a una agricultura sustentable. De hecho, existe una creciente conciencia ambiental

gracias a la cual está aumentando la demanda de productos con certificación orgánica, es decir aquellos con la garantía de que durante su fase de cultivo y procesamiento no se han utilizado sustancias químicas artificiales. Ello hace necesario desarrollar y divulgar estrategias de manejo agrícola que permitan minimizar estos problemas (Carreño y Guerrero, 2012).

Las micorrizas también mejoran la estructura del suelo uniendo sus partículas en agregados más estables por medio de sus hifas. Las hifas unen las partículas simples de las arcillas en agregados mayores, posibilitando de este modo que llegue más oxígeno a la zona radical. Esto promueve la rápida multiplicación de bacterias aeróbicas benéficas que pueden fijar nitrógeno, solubilizar fósforo y procesar otros elementos en formas utilizables para las plantas. Como los hongos son también organismos aeróbicos, convierten la arcilla del suelo en una estructura granular lo que mejora su propio abastecimiento de oxígeno (Linderman, 1994).

4.8.1 Simbiosis

Existe una asociación simbiótica entre algunos hongos del suelo (Zigomicetos) y la raíz de la mayoría de las plantas (90 %), donde se puede presentar la unión entre estos hongos y las raíces teniendo como particularidad de que ambos se benefician, esto es una simbiosis, ya que la raíz aprovecha los nutrimentos que el hongo toma del suelo y se los traslada a la planta y a su vez, el hongo toma de la planta el carbono necesario para su desarrollo (Bolaños y Luna, 2007).

Aunque la simbiosis hongo-planta (Figura 1) se encuentra extendida en todo el ecosistema terrestre, ya que el 90-95 % de las plantas superiores se encuentran micorrizadas, la degradación del planeta, el uso indiscriminado de sustancias químicas por el hombre, entre otros, han obligado a éste a crear nuevas alternativas de actuación, dando paso a actividades de tipo sostenible.

Entre éstas, se encuentra la utilización de inóculos microbianos micorrízicos (Carreño y Guerrero, 2012).

Figura 4.1. Asociación hongo-planta (relación simbiótica)

El hongo ayuda a la planta a tomar los nutrientes del suelo y la planta le brinda a este protección y alimento. El término micorriza viene del latín MYCO: hongo y RHIZA: raíz.



Fuente: CORPOICO, 2004

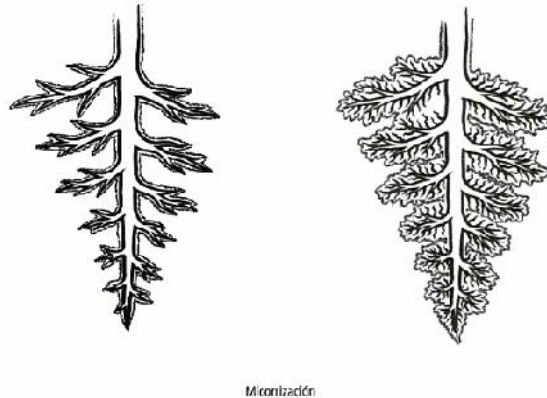
4.8.2 Beneficios de las micorrizas.

Aumenta la disponibilidad de nutrientes, pues una planta micorrizada (Figura 4.6) puede explorar hasta 200 veces más volumen de suelo; favoreciendo la absorción de iones poco móviles del suelo, especialmente fosfatados, además de zinc, cobre, aluminio; aumenta el porcentaje de enraizamiento y la biomasa total de la planta; protege las raíces del ataque de nematodos y hongos fitoparásitos; permite a la planta soportar condiciones de estrés por sequía, pues regula el nivel hídrico; ayuda en la detoxicación de metales pesados que se incorporan normalmente en el agua de riego (Leguizamo, 2004).

Existe evidencia indirecta que muestra que la raíces micorrizadas son más eficientes para nutrirse que las no colonizadas, los hongos absorben nutrimentos no móviles del suelo como fósforo, zinc o cobre, entre otros y lo llevan hacia las plantas. Adicionalmente las hifas son capaces de penetrar partes del suelo inaccesibles para las raíces y pueden competir eficientemente

por los diferentes nutrimentos con muchos microorganismos de la rizosfera. Consecuentemente el incremento en el crecimiento o biomasa de las plantas ocurre por el mejoramiento en el suministro de los elementos de baja movilidad en el medio de crecimiento (Villegas y Cifuentes, 2004)

Figura 4.2 Micorrización



Fuente: Leguizamo, 2004

4.9 Indicadores de la calidad del suelo

El suelo es una de los recursos naturales más importantes para la nación y que sus condiciones depende el buen estado de los hábitat naturales, las actividades agrícolas, ganaderas, forestales y hasta urbanas, por lo tanto la importancia que tiene la evaluación de la degradación del suelo radica en que algunos aspectos de esta son reversibles a largo plazo (declinación de materia orgánica) o son irreversibles como la erosión, siendo de vital importancia cuidar la calidad del suelo (SEMARNAT, 2000).

La medición de la calidad de suelos mediante el empleo de indicadores permite entender cómo evoluciona el estado (capacidades y propiedades) de los suelos bajo determinados sistemas de manejo, particularmente para una agricultura sustentable. A diferencia de la antigua visión reduccionista que solo considera al suelo como fuente de nutrientes y sostén para las plantas cultivadas, el

concepto de calidad de suelo ubica a este recurso como el centro de procesos ambientales a todos los niveles (Astier *et al.*, 2002).

Los indicadores e índices generados pueden ser empleados como valores base de comparación para futuros estudios en la región. Un cambio en los índices mostrará si una práctica de manejo causa degradación o mejoría en un sistema de producción, de modo que el investigador puede auxiliarse de los índices para tomar decisiones eficaces sobre cómo manejar el suelo para mantener o alcanzar la sustentabilidad (Báez, 2011).

Debe entenderse que cuando un suelo es afectado en sus propiedades físicas, se afectan también sus propiedades químicas y biológicas y por ello hablamos de la degradación de los suelos. Un suelo degradado pierde su potencial productivo. Si el suelo no ha perdido sus características físicas, no es necesario romperlo mecánicamente con arados, es mejor ayudarlo a mantener esas características con manejo adecuado de los cultivos (Romero, 2002).

4.9.1 Indicadores químicos en la calidad de suelo

La importancia de la materia orgánica en las propiedades químicas del suelo radica en el aporte directo de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio y micronutrientes presentes en la materia orgánica, además de aportar coloides que aumentan substancialmente la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Cabe mencionar que prácticamente la totalidad del nitrógeno aportado por el suelo a un cultivo proviene de la descomposición de la materia orgánica por lo que en general, a mayor contenido de materia orgánica en el suelo hay mayor disponibilidad de nitrógeno (Acevedo, 2003).

A menudo se dificulta separar claramente las funciones del suelo en físicas, químicas y los procesos biológicos, debido a la naturaleza dinámica e interactiva de estos procesos. Esta interconexión es especialmente importante

entre las propiedades químicas y los indicadores biológicos de calidad del suelo, de tal manera que algunos autores pueden considerar la misma propiedad (por ejemplo el nitrógeno mineralizable) en ambas categorías (Navarrete *et al.*, 2011).

Los indicadores químicos propuestos se refieren a condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos (Soil Quality Institute, 1996).

Algunos indicadores son la disponibilidad de nutrientes, carbono orgánico total, carbono orgánico lábil, pH, conductividad eléctrica, capacidad de adsorción de fosfatos, capacidad de intercambio de cationes, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno mineralizable (Bautista *et al.*, 2004).

4.9.2 Indicadores químicos locales del suelo

Los indicadores de calidad del suelo apropiados se identifican a partir de la base del conocimiento local y técnico, por definición de los niveles críticos. Esta fase es seguida por la definición de orientaciones para establecer un sistema de monitoreo de la calidad de suelo, junto con la interpretación de información y la formulación de acuerdos de los indicadores de calidad de suelo apropiados para las condiciones dominantes. La retroalimentación de los usuarios es muy importante a este nivel ya que provee los fundamentos para la aceptación del sistema de monitoreo de calidad de suelo es aceptado por los usuarios. Una vez el sistema de monitoreo de calidad de suelo es aceptado por los usuarios se vuelve parte del sistema de apoyo a la toma de decisiones para el manejo de los recursos naturales (Barrios *et al.*, 2003).

V. MATERIALES Y METODOS

El experimento se localiza en el campo denominado el “Bajío” dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro localizada a 7 kilómetros al sur de la ciudad de Saltillo cuyas coordenadas geográficas son 25°23'42” latitud norte y 100°59'57” longitud oeste con una altura de 1743 msnm. De acuerdo a la clasificación climática de Koppen modificado por García (1973) el clima de Buenavista se expresa bajo la siguiente fórmula: BS₀kx'(w)(e'), que significa seco-árido, templado con verano fresco largo, con régimen de lluvias escasas todo el año tendiendo a llover más en el verano y clima extremoso la temperatura media anual es de 16.9 °C, con una precipitación media anual de 435 milímetros, la evaporación media anual oscila entre los 1956 milímetros. Los vientos predominantes tienen una dirección noreste, con velocidades de 25.5 km h⁻¹ (SARH, 1988).

5.1 Geología

En el área de estudio se encuentran suelos de origen aluvial, provenientes de los materiales; como arenisca y caliza que al ser acarreados en épocas anteriores siendo depositados en el valle del terreno. Por lo general los materiales más finos se encuentran en las partes más alejadas del valle, esto es debido por su tamaño y por la facilidad de ser arrastrado.

5.2 Distribución de parcelas

Para su estudio se consideró un arreglo experimental de parcelas divididas con 9 parcelas de 40 metros de largo por 12 metros de ancho y en cada una de las parcelas se fue dividida en sub parcelas, usando las siguientes dosis de

aplicación: 1 kg Ha⁻¹ para Micorriza, 1 l Ha⁻¹ de Algaenzimas y 3 ton Ha⁻¹ en composta como se observa en la figura 5.1

Se utilizaron tres sistemas de labranza: convencional (**LC**), vertical (**LV**) y mínima o cero (**NL**).

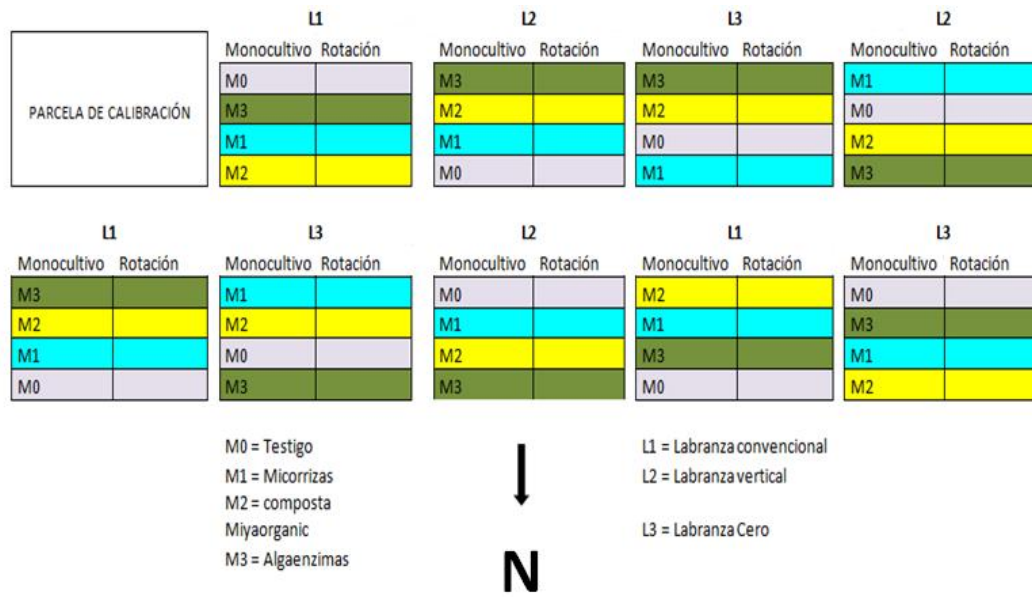


Figura 5.1 Distribución del terreno experimental

Los tratamientos se representaron como:

M0 = Testigo

M1 = Micorriza

M2 = Composta Miyaorganic[®]

M3 = Algaenzimas[®]

La aplicación de los mejoradores de suelo se realizó completamente al azar en cada parcela replicando nueve veces. Se tomaron muestras de suelo al final de la cosecha en todas las parcelas incluyendo al testigo. Fueron llevados al laboratorio de mecánica de suelos del Departamento de Maquinaria Agrícola en donde se molieron y tamizaron, ya preparada las muestras se llevaron al departamento de

suelo en los laboratorios de pedología, química del suelo y el laboratorio de vinculación para determinar las propiedades fisicoquímicas.

5.3 Métodos para evaluar las propiedades fisicoquímicas del suelo

5.3.1 Determinación de nitrógeno

La determinación de nitrógeno total se realiza con el método Micro-Kjeldahl modificado por Bremner (1965).

5.3.1.1 Material y equipo

Muestra de suelo seco y molido con un mortero.

Balanza analítica.

Matraces Kjeldahl de 600-800 mililitros.

Vasos de precipitados.

Probetas de 50, 100 y 400 mililitros.

Digestor.

Matraz aforado de 1 litro.

Matraces Erlenmeyer de 200-300 mililitros.

Perlas de ebullición.

Destilador.

Pipeta de 25-50 mililitros.

Soporte universal con pinza

5.3.1.2 Soluciones y reactivos

- 1) Solución de ácido bórico (H_3BO_3) con indicador. Pesar 20 gramos de ácido bórico (H_3BO_3) y disolver en 750 mililitros de agua destilada (H_2O). Calentar para la completa disolución del ácido. Dejar enfriar y agregar 20 mililitros de la siguiente mezcla de indicadores: 0.099 gramos de

verde de bromocresol ($C_{21}H_{14}Br_4O_5S$) y 0.066 gramos de rojo de metilo ($C_{15}H_{15}N_3O_2$) disueltos en 100 mililitros de alcohol etílico (CH_3CH_2OH) al 96%. El pH de la mezcla debe de ser de 5.0, si es más ácido agregar algunas gotas de solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 normal, hasta que la solución adquiriera una coloración púrpura o alcance el pH indicado. Completar el volumen a 1 litro con agua destilada y mezclar.

- 2) Solución de hidróxido de sodio 0.1 normal: Pesar 4 gramos de hidróxido de sodio (NaOH), disolver en agua destilada y aforar a 1 litro.
- 3) Mezcla de catalizadores: pesar 62.5 gramos de sulfato de potasio (KSO_4) y 6.25 gramos de sulfato de cobre pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$). Homogeneizar la mezcla.
- 4) Solución de hidróxido de sodio 10 N: Pesar 200 gramos de hidróxido de sodio (NaOH), disolver en agua destilada y aforar a 500 mililitros. El agua para preparar la solución debe ser hervida previamente para eliminar el CO_2 , dejándola enfriar antes de agregarla.
- 5) Solución de ácido sulfúrico 0.01 N: Diluir 0.28 mililitros de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) hasta completar un volumen de 1 litro con agua destilada. La concentración del ácido debe ser estandarizada con la solución valorada de carbonato de sodio ($NaCO_3$).
- 6) Solución valorada de carbonato de sodio: Pesar 0.25 gramos de carbonato de sodio ($NaCO_3$), previamente secado en la estufa durante 2 horas a $105\text{ }^\circ C$, disolver en agua destilada y aforar a 50 mililitros.
- 7) Solución de anaranjado de metilo: Pesar 0.1 gramo de anaranjado de metilo, disolver en agua destilada y aforar a 100 mililitros.

Valoración de la normalidad del ácido sulfúrico 0.01 normal:

Tomar 3 alícuotas de 10 mililitros de la solución de carbonato de sodio ($NaCO_3$).

Agregar 5 o 6 gotas de anaranjado de metilo como indicador.

Titular con la solución de ácido sulfúrico 0.01 normal.

Calcular la normalidad real sustituyendo en la siguiente fórmula:

Normalidad del $H_2SO_4 = (0.050 \text{ g/53}) \cdot (1/\text{Promedio de ml gastados en las tres alícuotas})$.

- 8) Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)
- 9) Granallas de zinc

5.3.1.3 El método Kjeldahl comprende tres fases fundamentales:

- i.* **Digestión de la muestra.** La muestra de suelo se somete a una digestión por calentamiento con ácido sulfúrico (H_2SO_4) y por una mezcla de sales que aceleran y facilitan tanto la oxidación de la materia orgánica como la conversión de todas las formas de nitrógeno en N^{+3} , que en medio ácido se encuentran en forma de radical amonio (NH_4^+); es decir, se llevan las formas orgánicas a formas minerales de nitrógeno utilizando el aparato Kjeldahl (figura 4).
- ii.* **Destilación.** Una vez transformado el nitrógeno en radical amonio (NH_4^+), se expone a una base fuerte como el hidróxido de sodio ($NaOH$), para formar hidróxido de amonio (NH_5O), que por la acción del calor ocasionada por el aparato Kjeldahl (figura 4) se descompone en amoníaco (NH_3) y agua.
- iii.* **Valoración.** El amoníaco desprendido por la reacción se recoge en un volumen conocido de solución valorada de ácido bórico (H_3BO_3) y por comparación con un blanco se determina la cantidad de ácido que reaccionó con el amoníaco (NH_3).



Figura 5.2. Aparato de Kjeldahl utilizado para digestión y destilación de la muestra de suelo para determinar nitrógeno

5.3.1.4 Cuantificación de nitrógeno disponible o asimilable

Existe un método para cuantificar el nitrógeno disponible en el suelo para la planta, puesto que teniendo la información de la materia orgánica en el suelo tenemos lo siguiente:

- i.* Se calcula el nitrógeno total (%); el cual equivale a la cantidad de materia orgánica del suelo dividida entre 20. Ya que veinte es una constante (por definición, de cada 100 partes de materia orgánica en el suelo, 20 partes de esta corresponden al nitrógeno total).

$$NT = \frac{\%MO}{20}$$

- ii.* Se calcula el nitrógeno asimilable. $NA = \%NT * (0.015)$. El nitrógeno del suelo tiene dos componentes, nitrógeno orgánico y nitrógeno inorgánico. Los microorganismos del suelo hacen la conversión de la forma orgánica a inorgánica, que es la que absorben las plantas.

Se estima que entre 1.5 y 3 % del nitrógeno total del suelo corresponde a nitrógeno inorgánico; usualmente se trabaja con 1.5 % o (0.015).

5.3.1.5 Cálculos

Calcular la concentración de nitrógeno, sustituyendo en la siguiente fórmula:

$$\text{Nitrógeno (\%)} = \frac{(T - B) \times N \times 1.4}{S}$$

Dónde:

T: ml de ácido sulfúrico valorado gastados en la muestra.

B: ml de ácido sulfúrico valorado gastados en el blanco.

N: normalidad exacta del ácido sulfúrico.

S: peso de la muestra de suelo.

5.3.2 Determinación de potasio método Morgan modificado

5.3.2.1 Materiales y equipo

Foto colorímetro

Tubo de ensayo

Embudo de vidrio

Vaso de precipitados de 50 ml

Jeringa hipodérmica

Un tubo calorímetro

Papel filtro whatman N° 40

5.3.2.2 Reactivos

- 1) Nitrato de sodio (NaNO_3) al 25%: disolver 250 gramos de nitrato de

sodio (NaNO_2) en un litro de agua destilada.

- 2) Nitrato de cobalto.
- 3) Alcohol etílico ($\text{H}_3\text{CH}_2\text{OH}$) de 96° : si no se cuenta con este reactivo se puede utilizar una mezcla de alcohol isopropílico ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$) de 99° y alcohol metílico (CH_3OH) de 99° en proporciones 1:1.
- 4) Cobaltinitrito de sodio ($\text{Na}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$): se requieren 50 gramos de nitrato de cobalto ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2$) y 300 gramos de nitrito de sodio (NaNO_2), mezclar y disolver en agua destilada agregando además 25 mililitros de ácido acético (HCH_2COOH), obteniendo como volumen final un litro. Es necesario dejar destapada la mezcla 24 horas y filtrar, al término de esto debe taparse para su conservación guardarse en refrigeración.

5.3.2.3 El método de Morgan modificado consta de dos etapas:

- i.* **Extracción:** se basa en la puesta en libertad del potasio intercambiable adherido a los coloides del suelo, así como solubilizar el potasio llamado hidrosoluble. Ambas formas de potasio asimilable son cuantificadas mediante la precipitación de un compuesto insoluble (Cobaltinitrito $\text{Na}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$) de color amarillo y coloidal. Dicho compuesto coloreado es comparado con una serie de patrones coloreados que contienen potasio, con el uso del fotocolorímetro y una curva de calibración.
- ii.* **Colorimetría:** Se basa en la capacidad de absorción de luz de una determinada longitud de onda por un compuesto coloreado formado con el ion a examinar. La intensidad de coloración es proporcional a la concentración de dicho compuesto (ley de Lambert-Beer).

5.3.3 Determinación de materia orgánica en el suelo

La materia orgánica se determinó por el método de oxidación parcial descrito

por Walkley y Black (1934).

5.3.3.1 Materiales

Matraces Erlenmeyer de 500 mililitros.

Pipeta de 50 mililitros para el dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$).

Pipeta de 50 mililitros para el heptahidrato del sulfato ferroso ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$).

Pipeta volumétrica de 10 mililitros.

Probeta de vidrio de 25 mililitros.

5.3.3.2 Reactivos

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser grado analítico a menos que se indique otra cosa.

- 1) Dicromato de potasio 0.166, 1 normal: Disolver 48.82 gramos de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en agua destilada y aforar a 1000 mililitros en un matraz volumétrico.
- 2) Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4).
- 3) Ácido fosfórico concentrado (H_3PO_4).
- 4) Indicador de difenilamina ($C_{12}H_{11}N$). Disolver 0.5 gramos de difenilamina ($C_{12}H_{11}N$) en 20 ml de agua y añadir 100 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4).
- 5) Sulfato ferroso ($FeSO_4$) 1.0 M (aproximadamente). Disolver 278 gramos de heptahidrato del sulfato ferroso ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) en agua a la que previamente se le añadieron 80 mililitros de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, dejar enfriar y diluir a un litro. Esta solución debe ser valorada con dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) 1 normal antes de realizar la determinación.

5.3.3.3 Procedimiento

1. Pesar 0.5 g de suelo seco y pasado por un tamiz de 0.5 mm y colocarlo en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Procesar un blanco con reactivos por triplicado.
2. Adicionar exactamente 10 ml de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) 1 N girando el matraz cuidadosamente para que entre en contacto con todo el suelo.
3. Agregar cuidadosamente con una pipeta 20 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado a la suspensión, girar nuevamente el matraz y agitar de esa forma durante un minuto.
4. Dejar reposar durante 30 minutos sobre una lámina de asbesto o sobre una mesa de madera, evitando las mesas de acero o cemento.
5. Añadir 200 ml de agua destilada (H_2O).
6. Añadir 5 ml de ácido fosfórico (H_3PO_4) concentrado.
7. Adicionar de 5 a 10 gotas del indicador de difenilamina ($C_{12}H_{11}N$).
8. Titular con la disolución de sulfato ferroso ($FeSO_4$) gota a gota hasta un punto final verde claro.

5.3.3.4 Cálculos

$$\% \text{ C Orgánico} = \left(\frac{B - T}{g} \right) (N) (0.39) \text{ m c f}$$

Dónde:

B: Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el blanco de reactivos (mililitros).

T: Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (mililitros).

N: Normalidad exacta del sulfato ferroso ($FeSO_4$) (valorar por separado al momento de analizar las muestras).

g: Peso de la muestra empleada (gramos).

Mcf: factor de corrección de humedad.

$$\% \text{ Materia orgánica} = \% \text{ C Orgánico} \times 1.724$$

Cuadro 5.1. Clasificación de la materia orgánica en suelos minerales y volcánicos

Clase.	Suelos volcánicos	Suelos no volcánicos
Muy baja	<4	<0.5
Bajo	4.1-6	0.5-1.5
Medio	6.1-10.9	1.6-3.5
Alto	11-16	3.6-6
Muy alto	>16.1	>6

FUENTE: NOM-021-REC-NAT-2000

5.4 Análisis estadístico

En todo el campo experimental se realizaron los muestreos correspondientes, mismos que nos dieron como resultado una base de datos con la suficiente información para poder determinar si se dieron cambios en las variables a estudiar.

Para el procesamiento de los datos obtenidos se utiliza un diseño de parcelas divididas A y B (Montgomery, 1991), para su análisis se utilizó el paquete de diseños experimentales FAUANL versión 2.5 de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

5.4.1 El modelo lineal

El modelo estadístico para un experimento en parcelas divididas A-B según Montgomery (1991) es:

$$Y_{ijk} = \mu_{...} + \rho_{..k} + \alpha_i + \xi_{(\alpha)} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \xi_{(\beta)}$$

$i = 1, 2, \dots, a$ $j = 1, 2, \dots, b$ $k = 1, 2, \dots, r$

Dónde:

Y_{ijk} = Valor en el k -ésimo bloque en la parcela ' i ' y la sub-parcela ' j '

$\mu_{...}$ = Valor constante similar a la media de la población

α_i = efecto del i -ésimo nivel del factor 'A'

$\xi_{(\alpha)}$ = Error experimental de parcelas grandes

β_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor 'B'

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor 'A' con el bloque j -ésimo nivel del factor 'B'

$\xi_{(\beta)}$ = Error experimental de sub-parcelas

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Con base en los resultados obtenidos de las muestras analizadas en laboratorio comprendiendo el segundo ciclo del proyecto se procedió a la realización de un análisis de todos los datos con sus respectivos procedimientos; para así determinar los contenidos de los macro-elementos (nitrógeno, potasio) y materia orgánica.

En el cuadro 6.1 se muestra el análisis de varianza con respecto al contenido de materia orgánica, éste muestra que no existe diferencia significativa entre factores en los factores labranza y mejoradores.

Cuadro 6.1. Análisis de varianza con respecto al contenido de materia orgánica

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	1	0.205	0.205	1.97	0.296
Factor A	2	0.383	0.191	1.84	0.352
Error A	2	0.208	0.104		
Factor B	3	0.286	0.095	1.88	0.202
Interacción	6	0.547	0.091	1.8	0.205
Error B	9	0.455	0.05		
Total	23	2.086			

CV <ERROR B>= 8.05 %

Motta *et al.*, 2001, no encontraron un claro efecto de los sistemas de laboreo sobre las propiedades químicas del suelo, aunque si reportaron aumentos de los contenidos de materia orgánica en los tratamientos de labranza de conservación con respecto a los de laboreo convencional.

Algunos autores han encontrado en otras investigaciones que la falta de respuesta puede deberse a que el periodo de aplicación sea muy corta ya que puede requerirse de 5 a 8 años para que se manifieste alguna mejoría en las propiedades del suelo (González y Cooperband, 2002).

El principal efecto de la cero labranza sobre las propiedades químicas del suelo está vinculado al aumento de la materia orgánica, donde el cambio de materia orgánica después de cuatro años de cero labranza en un mollisol de Chile Central en que se cultiva una rotación trigo-maíz dejando los residuos de cosecha sobre el suelo, donde la mayor acumulación de materia orgánica ocurrió en los primeros dos centímetros del suelo, pero la diferencia fue significativamente superior hasta los cinco centímetros de profundidad entre los tratamientos de manejo (Acevedo, 2003).

En tanto que en investigaciones donde se evaluaron tres sistemas de labranza, los estudios no registraron diferencias significativas sobre las propiedades químicas ni sobre los rendimientos de los cultivos de maíz y algodón; mostrando que dos años de manejo en el suelo no son suficientes para lograr mejoras significativas (Prieto, *et al.*, 2010).

Así como también se ha encontrado que las fuentes de materia orgánica no mostraron diferencia significativa en los rendimientos del primer ciclo de los cultivos, pero para otros ciclos sí se observaron diferencias significativas en los tratamientos con mejoradores orgánicos (Prieto *et al.*, 2010).

Algunos autores mencionan que el contenido de materia orgánica en el suelo es cuantitativamente poco importante, dado que este elemento se encuentra principalmente asociado a la fracción inorgánica del suelo, es decir, a la fracción arcillosa (Sierra y Rojas, 2008).

Por otro lado Chagas *et al.*, (1994), mencionan que el contenido de materia orgánica es un factor importante para mantener una buena estabilidad de agregados, aunque su efecto dependerá de la cantidad, naturaleza del material y de la manera que es incorporado. La estabilidad de agregados varía con la labranza y los sistemas de cultivo y juega un papel importante en las relaciones suelo-planta. Comparando los sistemas de labranza convencional, labranza vertical y siembra directa en monocultivo de maíz se observan diferencias significativas en favor de la siembra directa con respecto a los restantes tratamientos en la estabilidad estructural.

Espinoza (2010), encontró que los sistemas de labranza convencional pueden disminuir drásticamente la materia orgánica del suelo almacenada dentro de los agregados de suelo debido a los acelerados tiempos de recambio. Sin embargo, la labranza conservacionista y la siembra directa pueden disminuir estos tiempos.

Los resultados mostrados en el Cuadro 6.2, en base a contenido de Nitrógeno en el suelo no presentan diferencias significativas con respecto a los tratamientos de labranza y mejoradores de suelo orgánicos aplicados.

Cuadro 6.2 Análisis de varianza con respecto al contenido de Nitrógeno en el suelo

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	1	0.00058	0.00058	2.1227	0.283
Factor A	2	0.000833	0.000417	1.5241	0.396
Error A	2	0.000547	0.000273		
Factor B	3	0.000649	0.000216	1.5215	0.274
Interacción	6	0.001246	0.000208	1.4598	0.292
Error B	9	0.00128	0.000142		
Total	23	0.005135			
CV <ERROR B>= 8.56 %					

Posiblemente se deba a la falta de contenido de materia orgánica ya que tiene una estrecha relación con el nitrógeno, lo cual han indicado en algunos otras investigaciones similares en sus estudios, Sierra (1990), encontró que los residuos de cosecha de los cultivos dejados sobre la superficie del suelo normalmente persisten por más tiempo que los incorporados, lo que genera una disponibilidad diferencial de nutrientes, en especial del Nitrógeno. El rastrojo aportado al suelo en cero labranzas, necesita ser mineralizado para que el nitrógeno y otros elementos se tornen disponibles, lo que ocurre con la actividad de microorganismos. En general, se puede señalar que se tiende a producir una redistribución de los nutrientes (N, P, K) en el perfil superficial, con una mayor concentración de elementos nutritivos en los primeros 5 centímetros de suelo.

En investigaciones realizadas por Sierra y Rojas (2008), encontraron que el principal elemento que se incrementa al aumentar la materia orgánica es el contenido de nitrógeno en el suelo, por lo general más del 95 % del Nitrógeno total del suelo se encuentra en estado orgánico formando parte de la materia orgánica.

Campbell *et al.*, (1992), indican que la biomasa representa solo una parte de la materia orgánica pero suficiente para controlar la dinámica del nitrógeno, situación que da lugar a una liga estrecha entre los contenidos de materia orgánica y nitrógeno.

En otras investigaciones se observaron cambios en el carbono y nitrógeno en respuesta a la labranza y rotación de cultivos, estando relacionados a la calidad y cantidad de residuos de plantas que regresan al suelo, pero no a su distribución en el perfil del suelo. Aun cuando se demuestra que la labranza convencional acelera la desaparición de materia orgánica del suelo, esto no se ve reflejado en la cantidad de carbón y nitrógeno orgánico total medido en el

tratamiento LC Maíz-Algodón, pero parece estar relacionado directamente con la cantidad de residuos de los cultivos que entra al suelo (Espinoza *et al.*, 2007).

Por otro lado algunas investigaciones mencionan que el suelo contiene elementos cuyo ciclo es totalmente biológico, como son el nitrógeno y el azufre, los cuales mediante la aplicación de mejoradores de suelo incrementan su disponibilidad a formas inorgánicas y aprovechables para la planta y los microorganismos del suelo (Salazar *et al.*, 2003).

El Cuadro 6.3 muestra diferencias significativas en el análisis de varianza para el Potasio con los sistemas de labranza, no así para los mejoradores orgánicos de suelo.

Cuadro 6.3. Análisis de varianza con respecto al contenido de Potasio en el suelo

ANÁLISIS DE VARIANZA							
FV	GL	SC	CM	F	P>F	F=0.05	F=0.01
Repeticiones	1	224	224	0.3425	0.617		
Factor A	2	402852	201426	307.99	0.003	19	99
Error A	2	1308	654				
Factor B	3	6172	2057.33	0.5052	0.691	3.86	6.99
Interacción	6	22552	3758.66	0.923	0.521		
Error B	9	36652	4072.44				
Total	23	469760					
CV <ERROR B>= 3.85 %							

Los tres sistemas de labranza estudiados (convencional, vertical y cero) no registraron diferencias significativas sobre las propiedades físicas, químicas ni sobre los rendimientos de los cultivos de maíz y algodón y se muestra que dos años no son suficientes para lograr mejoras significativas (Prieto *et al.*, 2010).

Se encontró un comportamiento totalmente diferente en los tres sistemas de labranza para el potasio con un 95 % de confiabilidad en la comparación

múltiple de medias Cuadro 6.4, el mejor valor se obtuvo en forma directamente proporcional a la intensidad de la labranza.

Cuadro 6.4. Comparación múltiple de medias con respecto al contenido de Potasio en el suelo

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR A		
TRATAMIENTO	MEDIA	
LC	1802.0789	A
LV	1686.4551	B
NL	1488.3275	C
NIVEL DE SIGNIFICANCIA= 0.05		
DMS= 55.0212		

En investigaciones similares utilizando abono verde, Romero (2010), establece que si existen diferencias altamente significativas para los tratamientos en comparación con el testigo. Aunque algunas otras como la realizada por Pool-Novelo *et al.*, (2000), han encontrado que con la aplicación de abonos orgánicos como la gallinaza se incrementó significativamente la materia orgánica, el fósforo y potasio intercambiables del suelo.

Para la comparación múltiple de medias con una significancia de 0.01 (cuadro 6.5), se encontró en los sistemas de labranza convencional y vertical se presenta el mismo comportamiento debido a la intensidad de labranza del suelo con respecto al sistema de labranza cero.

Cuadro 6.5. Comparación múltiple de medias con respecto al contenido de Potasio en el suelo

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR A		
TRATAMIENTO	MEDIA	
LC	1802.0879	A
LV	1686.4551	A
NL	1488.3275	B
NIVEL DE SIGNIFICANCIA= 0.01		

Los mejoradores de suelo no se encuentran interactuando con los sistemas de labranza hasta el momento, por lo que los efectos provocados en el potasio son causa de los sistemas de labranza.

Romero (2010), indica que con el análisis de varianza para la concentración de potasio presente en el abono verde según los tratamientos establece que no existen diferencias significativas para los tratamientos en un corto plazo.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los tres sistemas de labranza, convencional (LC), vertical (LV) y cero (NL) muestran tener efectos sobre la disponibilidad de potasio.

Los efectos de los sistemas de labranza hasta el momento no han influido de manera significativa en el contenido de nitrógeno y materia orgánica del suelo.

En el caso del potasio se encontró que existe diferencia significativa principalmente entre los sistemas de labranza convencional y vertical con respecto a la labranza cero con una confiabilidades del 99 % en la comparación múltiple de medias realizada.

Como resultado del análisis de los tres sistemas de labranza además de la aplicación de los mejoradores como la micorriza (M1), composta (M2) y las algaenzimas (M3), no se encontró la existencia de interacción entre los mejoradores y los sistemas de labranza hasta el momento.

El periodo de evaluación por el momento es corto para obtener resultados confiables, por lo que es importante continuar con la aplicación de mejoradores y el manejo del suelo para obtener cambios significativos en un largo plazo.

VIII. LITERATURA CITADA

ACEVEDO, E. 2003. Sustentabilidad en cultivos anuales: cero labranzas, manejo de rastrojos. Facultad de Ciencias Agronómicas. Serie Ciencias Agronómicas N° 8. Santiago, Universidad de Chile. 13-14, 18 y 29.

ASTIER CALDERÓN, MARTHA, MAASS MORENO, MANUEL y ETCHEVERS BARRA, JORGE. 2002. Derivados de indicadores de calidad de suelo en el contexto de la agricultura sustentable. Colegio de Posgraduados, Texcoco, México. Pp. 605-620.

BÁEZ, MOISÉS ALONSO y AGUIRRE MEDINA, JUAN FRANCISCO. 2011. Efecto de la labranza de conservación sobre las propiedades del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. Terra Latinoamericana, vol. 29, núm. 2 Pp. 116 y 119.

BARRIOS EDMUNDO, DELVE ROBERT, BARRETO HECTOR y TULIO TREJO MARCO. 2003. Identificación y clasificación de indicadores locales de calidad de suelo.

BAUTISTA CRUZ, ANGÉLICA, ETCHEVERS BAREA, JORGE, F. del CASTILLO RAFAEL y GUTIERREZ CARMEN. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Asociación española de ecología terrestre: ecosistemas. Alicante, España. Pp. 2-7.

PRIETO, BERNARDO , PEROZA, JOSÉ A. y GRANDET, GARNIERD. 2010. Efecto de labranza y manejo de materiales orgánicos sobre algunas

propiedades físicas y químicas de un vértice en Doaquept del Valle del Sinú, Córdoba Colombia.

BLANCO SANDOVAL y JOSÉ OSVALDO. 2006. Acondicionadores y mejoradores de suelo. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Colombia. Pág. 7.

BAKER, C. J. K. E. SAXTON, W. R. RITCHIE, W. C. T. CHAMEN, D. C. REICOSKY, M. F. S. RIBEIRO, S. E. JUSTICE, y P. R. HOBBS. 2008. Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España). Pp. 285 y 286.

BOLAÑOS MARINA, MARTHA y LUNA GELLER, LUZ ALBA. 2007. Las micorrizas: una opción sostenible de manejo de suelo y nutrientes de plantas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Sede Central. Colombia. Pág. 6

CAMPBELL, C. MOULIN, A. BROWREN, K. JANZEN, H. TOWNLEY-SMITH, L. y BIEDERBECK, V. 1992. Efecto de la rotación de cultivos, biomasa microbiana, actividad respiratoria específica y nitrógeno mineralizable en un suelo Chernozemic negro.

CANALES, LÓPEZ BENITO. 1999. Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. TERRA Latinoamericana. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. Pp. 271-276.

CANALES, LÓPEZ BENITO. 1999. Lombricultura y abonos orgánicos. Simposio Internacional y Primer Reunión Nacional. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo. Pág. 57.

CARREÑO REYNALDO y GUERRERO ANDY. 2012. Agricultura sustentable “micorrizas”. Universidad Nacional Experimental del Táchira. Departamento de Ciencias.

CHAGAS C., H. J. MARELLI y O. SANTANATOGLIA. 1994. Propiedades físicas y contenido hídrico de un arguidol típico bajo tres sistemas de labranza. Ciencia del suelo 12:11-16.

CURAQUEO FUENTES, GUSTAVO ANER. 2004. Efecto de distintos sistemas de labranza y una rotación de cultivos sobre las actividades biológicas de un suelo transicional de la ix región. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad de la frontera Temuco, Chile. Pág. 77.

ESPINOZA YUSMARY. 2010. Efecto de la labranza sobre la materia orgánica y tamaño de agregados en un suelo cultivado con maíz en condiciones tropicales. CENIAP-Inst. Investigaciones Agrícolas, INIA. Maracay Venezuela.

ESPINOZA YUSMARY, LOZANO ZENAIDA y VELÁSQUEZ LORENZO. 2007. Efecto de la rotación de cultivos y práctica de labranza sobre las fracciones de la materia orgánica del suelo. Volumen 32, N° 8. Asociación Interciencia. Caracas Venezuela. Pp. 559.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 1992. Manual de sistemas de labranza para América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma 1992. Pág. 9.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelo. Organización de las

Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación, 2000. Roma Italia.
Pp.-61.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2006. Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2012. Maquinaria, Herramientas y equipos. Labranza del Suelo.

FAGGIOLI, V., FREYTES, G. y GALARZA C. 2008. Las micorrizas en trigo y su relación con la absorción del suelo. INTA, estación experimental agropecuaria Marcos Juárez.

GARRO ALFARO, JORGE E. 2002. Plantas competidoras. Un componente más de los agroecosistemas. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José Costa Rica. Pág 145.

GONZÁLEZ, R. F. and L.R. COOPERBAND. 2002. Compost effects on soil physical properties and field nursery production. Compost Science & Utilization; Summer; Vol. 10, N° 3; 226-237.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 2003. Métodos y prácticas de conservación de suelo y aguas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín informativo N° 103. Santiago de Chile. Pp. 93 y 94.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS. 2004. Principios y fundamentos de labranza de conservación: guía para su implementación. Centro de investigación regional norte centro, campo experimental pabellón. Folleto técnico núm. 224, Pp. 12 y 13.

- JARAMILLO JARAMILLO, DANIEL FRANCISCO. 2002.** Introducción a la ciencia del suelo. Universidad nacional de Colombia facultad de ciencias Medellín. Pp. 257-262.
- LEGUÍZAMO BARBOSA, ALBERTO. 2004.** Guía para la conformación, enriquecimiento, manejo y aprovechamiento sostenible del bosque protector productor. CAB, Ciencia y Tecnología N° 140. Editorial; convenio Andrés Bello. Bogotá, Colombia. Pp. 56-57.
- LINDERMAN, R. G. 1994.** General Summary. MYCORRHIZAE AND PLANT HEALTH F.L.P Fleger and R.G. P. 1-26.
- MEDJDOUB, RATIBA. 2006.** Las algas marinas y la agricultura. Terralia 58. Zaragoza, España.
- MILLER, R.W., y DONAHUE, R.L. 1995.** Los suelos en nuestro entorno. Editorial Prentice Hall. Nueva Jersey. USA. Séptima edición Ed. 649 p.
- MONTGOMERY, D. C. 1991.** Diseño y análisis de experimentos. México: Iberoamérica. 589 pp.
- MOTTA, A. C. V., REEVES, D. W., FENG, Y., BURMESTER, C., and RAPER, R.L. 2001.** Management systems to improve soil quality for cotton production in degraded silt loam soil in Alabama (USA) In: I World Congress on Conservation Agriculture. Pp. 219-222.
- NAVARRO BRAVO, AGUSTÍN, FIGUEROA SANDOVAL, BENJAMÍN, ORDAZ CHAPARRO, VÍCTOR M., y GONZÁLEZ COSSIO, FÉLIX V. 2000.** Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el

desarrollo de maíz y frijol. Colegio de post graduados. Montecillo México.
Pág 61.

NAVARRETE SEGUEDA ARMANDO, VELA CORREA, GILBERTO, LÓPEZ BLANCO, JORGE y RODRÍGUEZ GAMIÑO, MA. DE LOURDES. 2011. Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. UNAM y Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco. Edo. De México. Pág. 32.

ORTIZ CAÑAVATE JAIME 2003. Las máquinas agrícolas y su aplicación. Sexta Edición, Editorial Aedos S.A. España. p 41.

OSMO INTERNATIONAL. 2005. Organic and organo-mineral fertilizers and soil improvers

POOL NOVELO, LUCIANO, TRINIDAD SANTOS, ANTONIO, ETCHEVERS BARRA, JORGE D. PÉREZ MORENO, JESÚS y MARTÍNEZ GARZA ANGEL. 2000. Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura. Agrociencia volumen 34, número 3. Los altos de Chiapas, México. Pp. 251.

PRIETO BERNARDO, PEROZA JOSÉ A. y GRANDET GARNIERD. 2010. Efecto de labranza y manejo de materiales orgánicos sobre algunas propiedades físicas y químicas de un VERTIC ENDOAQUEPT del valle del Sinú. Universidad de Córdoba. Montería, Córdoba, Colombia.

RODRÍGUEZ SALINAS, MARCOS ARTURO y CÓRDOVA VÁZQUEZ ANA. 2006. Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos, SEMARNAT, Ine y Gtz. México ISBN: 970-9983-05-9.

ROMERO AVALOS MARÍA L. 2010. Rehabilitación de suelos cangahuosos mediante la incorporación de abonos verdes (Tesis).Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Riobamba-Ecuador.

ROMERO C. GABRIEL. 2002. Fundamentos básicos en la utilización de máquinas y equipos para laboreo del suelo, establecimiento y mantenimiento de cultivos. Puerto Carreño Vichada, Colombia. Pág. 34 y 37.

SALAMANCA, SOLÍS CARMEN, R. SILVA y HERRERA M. DEL ROSARIO. 1998. Las micorrizas como alternativa para el manejo sostenible de los agroecosistemas tropicales. Boletín Técnico N°12. Villavicencio, Meta, Colombia. Pp. 7-14.

SALAZAR SOSA, ENRIQUE, FORTIS HERNÁNDEZ, MANUEL, VÁZQUEZ ALARCÓN, ANTONIO Y VÁZQUEZ VÁZQUEZ CIRILO. 2003. Agricultura Orgánica. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. y Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. Gómez Palacio, México.

SARH, 1988. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 2007. Labranza de conservación. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Montecillo, Estado de México. Pág 2.

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES 2009. Caracterización y diagnóstico para el ordenamiento ecológico general del territorio (POEGT). México D.F. Pág. 37.

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. 2000.

Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Reporte 2000. México. Pág. 55.

SIERRA B., CARLOS y ROJAS W., CARLOS. 2008. La materia orgánica y su

efecto en las características físico-químicas y biológicas del suelo. INIA La Platina y La Serena. Pág 11.

SIERRA, C. 1990. Fertilidad de los suelos en cero labranzas. In 1° Jornadas

Binacionales de Cero Labranza. Concepción, Chile. p 196–209.

SZTERN DANIEL, MGA. 1999. Manual para la elaboración de compost bases

conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. Montevideo, Uruguay. Pág. 17.

TORRES, CEDILLO L. 2007. Elaboración de composta. SAGARPA, UACH.

Estado de México, México. Pág. 1-2.

VILLEGAS R.M., y CIFUENTES J. 2004. Las micorrizas en la evolución de las

plantas. Ciencias, enero-marzo, número 073. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal México. Pp.- 31-32.

VIOLIC C. ALEJANDRO. 1989. Labranza de conservación en maíz. XI

Seminario. Programa cooperativo de investigación agrícola para la subregión ANDINA. El Batán México. Pág. 5.

WILLIANS, PEDRO. 2002. Manejo sustentable de ecosistemas forestales de la

cuenca los pericos manantiales. FAO: cartilla de divulgación N°4, Manejo sustentable del suelo Pág 4.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

Caracterización y diagnóstico para el ordenamiento ecológico general del territorio (POEGT) [en línea] [fecha de consulta: diciembre 2012]: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos_bitacora_oegt/bases_tecnicas/poegt_1a_etapa_caract_y_diag1.pdf>

Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible [en línea] [fecha de consulta: diciembre 2012]: <http://www.fao.org/ag/ca/Training_Materials/CD27-spanish/sc/soil_compaction.pdf>

CORPOICA [en línea] [fecha de consulta: diciembre 2012]: <http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061024163332_Micorrizas%20vesiculo%20arbusculares.pdf>

COPOICA [en línea] [fecha de consulta: diciembre 2012]: <http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061024163145_Micorrizas%20alternativa%20manejo%20sostenible.pdf>

Efectos de Distintos Sistemas de Labranza y Cultivo sobre la Estabilidad de Agregados y el Contenido de Materia Orgánica, en un Haplustol Oxic [en línea] [fecha de consulta: diciembre 2012]: <<http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/agrarias/a-054.pdf>>

Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frijol [en línea] [fecha de consulta: enero 2013]: <<http://www.chapingo.mx/terra/contenido/18/1/art61-69.pdf>>

FAO [en línea] [fecha de consulta: octubre 2012]: <<http://www.fao.org/ag/ca/es/3b.html>>

FAO [en línea] [fecha de consulta: diciembre 2012]: <<http://www.fao.org/docrep/012/al298s/al298s.pdf>>

FAO [en línea] [fecha de consulta: julio 2006]: <http://www.medioambiente.gov.ar/archivos/web/PNBM/File/TCP/cartilla_4.pdf>

IICA [en línea] [fecha de consulta: octubre 2012]: <http://books.google.com.mx/books?id=_90Edv-CuYC&printsec=frontcover&dq=labranza&hl=es&sa=X&ei=Ur_1UPPNCueA2gWQ2YHoBA&ved=0CEMQ6AEwBA>

IICA Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo [en línea] [fecha de consulta: enero 2013]: <http://books.google.com.mx/books?id=vJ8qAAAAYAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>

IICA Instituto Agropecuario Colombiano [en línea] [fecha de consulta: enero 2013]: <http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006718153746_Acondicionadores%20y%20mejoradores%20de%20suelo.pdf>

Identificación y clasificación de indicadores locales de calidad del suelo [en línea] [fecha de consulta: agosto 2012]: <<http://www.knowledgebank.irri.org/cglrc/ciat/instrumentos/introduccionil.pdf>>

INIA Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [en línea] [fecha de consulta: diciembre 2012]: <<http://www.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/nr24497.pdf>>

INIA Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [en línea] [fecha de consulta: Noviembre 2012]: <<http://www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29542.pdf>>

INIA [en línea] [fecha de consulta: enero 2013]: <<http://www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR31196.pdf>>

INTA [en línea] [fecha de consulta: julio 2012]: <<http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/05/Las-micorrizas-en-trigo-y-su-relaci%C3%B3n-con-la-absorci%C3%B3n-de-fosforo-del-suelo.pdf>>

INTERCIENCIA [en línea] [fecha de consulta: octubre 2012]: <<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/339/33932810.pdf>>

La materia orgánica y su efecto en las características físico-químicas y biológicas de suelo [en línea] [fecha de consulta: enero 2013]: <<http://www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29542.pdf>>

LAICA Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar [en línea] [fecha de consulta: diciembre 2012]: <<http://www.laica.co.cr/biblioteca/servlet/DownloadServlet?c=443&s=1762&d=1744>>

Las máquinas agrícolas y su aplicación [en línea] [[fecha de consulta: julio 2012]:

< <http://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=7wcLDOFLE2QC&oi=fnd&>>

Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud [en línea] [fecha de consulta: septiembre 2012]: <<http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf>>

OSMO [en línea] [fecha de consulta: julio 2012]: <<http://www.spain.osmo-organics.com/start/soilimprovers/es>>

SAGARPA [en línea] [fecha de consulta: octubre 2012]: <<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/Agrcolas/Attachments/3/A-05-1.pdf>>

SAGARPA [en línea] [fecha de consulta: septiembre 2012]: <<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20Composta.pdf>>

SEMARNAT [en línea] [fecha de consulta: noviembre 2012]: <<http://www.resol.com.br/cartilha5/Manual%20de%20Compostaje-SERMANAT-Mexico.pdf>>

TERRA Latinoamericana [en línea] [fecha de consulta: agosto 2012]: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/573/57321257001.pdf>>.

TERRA Latinoamérica [en línea] [fecha de consulta: octubre 2012]: <<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/573/57317312.pdf>>

TERRALIA [en línea] [fecha de consulta: enero 2013]: <<http://www.terralia.com/articulo.php?recordID=5806#bibliografia>>

UFRO Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales [en línea] [fecha de consulta: diciembre 2012]: <<http://es.scribd.com/doc/22204785/Efecto-de-Distintos-Sistemas-de-Labranza-y-Una-Rotacion-de-Cultivos>>

UNC Universidad Nacional de Colombia [en línea] [fecha de consulta: octubre 2012]: <<http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>>

UNER Facultad de Ciencias Agropecuarias [en línea] [fecha de consulta: septiembre 2012]: <<http://www.ceres.ufv.br/CERES/revistas/V47N273P04800.pdf>>

UNET Universidad Nacional Experimental del Táchira [en línea] [fecha de consulta: octubre 2012]:
<http://reinaldocarrenoandyguerrero.blogspot.mx/2012_04_01_archive.html>

Universidad de Chile [en línea] [fecha de consulta: noviembre 2012]:
<http://www.sap.uchile.cl/descargas/libros/Sustentibilidad_en_cultivos_anuales.pdf>

IX ANEXOS

MATERIA ORGÁNICA.

TABLA DE DATOS				
VARIABLE: Materia orgánica				
		Bloques		
A	B	1	2	
1	1	2.28	2.98	
1	2	2.49	2.62	
1	3	2.82	3.16	
1	4	2.3	2.66	
2	1	2.89	2.44	
2	2	2.7	3.03	
2	3	2.74	2.65	
2	4	2.83	2.78	
3	1	2.83	2.69	
3	2	3	3.74	
3	3	2.79	3.1	
3	4	2.77	2.81	

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A	
FACTOR A	MEDIA
1	2.66
2	2.75
3	2.96

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B	
FACTOR B	MEDIA
1	2.68
2	2.93
3	2.87
4	2.69

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB					
FACTOR A	FACTOR B				MEDIA
	1	2	3	4	
1	2.63	2.55	2.99	2.48	2.66
2	2.66	2.86	2.69	2.8	2.75
3	2.76	3.37	2.94	2.79	2.96
MEDIA	2.68	2.93	2.87	2.69	2.79

Nota: Los contenidos de materia orgánica están expresados en porcentaje (%).

NITRÓGENO

TABLA DE DATOS			
VARIABLE: Nitrógeno			
		Bloques	
A	B	1	2
1	1	0.114	0.149
1	2	0.124	0.131
1	3	0.141	0.158
1	4	0.115	0.133
2	1	0.144	0.122
2	2	0.135	0.151
2	3	0.137	0.132
2	4	0.141	0.139
3	1	0.141	0.134
3	2	0.144	0.187
3	3	0.139	0.155
3	4	0.138	0.14

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A	
FACTOR A	MEDIA
1	0.133
2	0.137
3	0.142

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B	
FACTOR B	MEDIA
1	0.134
2	0.145
3	0.143
4	0.134

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB					
FACTOR A	FACTOR B				MEDIA
	1	2	3	4	
1	0.1315	0.1275	0.1495	0.124	0.1331
2	0.133	0.143	0.1345	0.14	0.1376
3	0.1375	0.1655	0.147	0.139	0.1472
MEDIA	0.134	0.1453	0.1437	0.1343	0.1393

Nota: Los contenidos de nitrógeno están expresados en porcentaje (%).

POTASIO

TABLA DE DATOS				
VARIABLE: Potasio				
Bloques				
A	B	1	2	
1	1	1833.33	1800	
1	2	1816.66	1716.66	
1	3	1766.66	1900	
1	4	1816.66	1766.66	
2	1	1616.66	1683.33	
2	2	1733.33	1800	
2	3	1600	1686.66	
2	4	1766.66	1605	
3	1	1476.66	1476.66	
3	2	1536.66	1511.66	
3	3	1468.33	1453.33	
3	4	1511.66	1471.66	

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A	
FACTOR A	MEDIA
1	1802.07
2	1686.45
3	1488.32

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B	
FACTOR B	MEDIA
1	1647.77
2	1685.82
3	1645.83
4	1656.38

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB					
FACTOR A	FACTOR B				MEDIA
	1	2	3	4	
1	1816.66	1766.66	1833.33	1791.66	1802.07
2	1649.99	1766.665	1643.33	1685.83	1686.45
3	1476.66	1524.16	1460.83	1491.66	1488.32
MEDIA	1647.77	1685.82	1645.83	1656.38	1658.95

Nota: Los contenidos de potasio están expresados en partes por millón (ppm).