

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

DIVISION DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRICOLA

**Efecto en el corto plazo de los mejoradores de suelo  
en indicadores de macroelementos.**

Por:

**LUIS SANTIAGO HERNÁNDEZ**

**T E S I S**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2012

# UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

## DIVISION DE INGENIERIA

Efecto en el corto plazo de los mejoradores de suelo en indicadores de  
macroelementos.

Por:

LUIS SANTIAGO HERNÁNDEZ

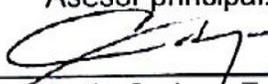
## Tesis

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

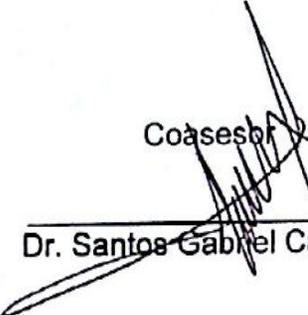
**INGENIERO MECANICO AGRICOLA**

Aprobado por el comité de Tesis

Asesor principal:

  
Dr. Martín Cadena Zapata

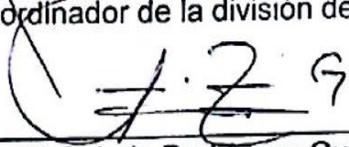
Coasesor

  
Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

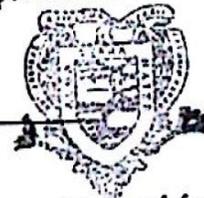
Coasesor

  
Ing. Edrodes Vicente Hernández

Coordinador de la división de ingeniería

  
M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



Coordinación de  
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente quiero agradecer a **Dios** por todo el cuidado que siempre me ha brindado en los años de vida que tengo, por darme salud y bienestar, por guiarme en mi etapa profesional, por brindarme mi buena madrecita, buenos familiares y amigos, así como por ponerme en mi camino personas que de alguna forma me brindaron su apoyo. Gracias Dios porque sé que nunca me abandonas en mi caminar.

A mi “**Alma Terra Mater**” **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por abrirme sus puertas, cobijarme y brindarme la oportunidad de formarme en sus aulas, por darme los conocimientos para enfrentar a la vida, así mismo por permitirme culminar con mis estudios profesionales.

Al departamento de **Maquinaria Agrícola**, por contribuir con mi formación personal y profesional. A sus docentes que lo conforman, en donde siempre encontré una amistad.

Al **Dr. Martín Cadena Zapata**: Por ser el asesor principal y por darme la oportunidad de realizar este trabajo, por su valioso tiempo que me brindó para la revisión y sugerencias durante la investigación.

Al Ing. **Edrodes Vicente Hernández**: Por toda la ayuda en la realización del trabajo.

Al **M. C. Héctor U. Serna Fernández**: Por su enseñanza y aparte por apadrinar mi generación y brindó un gran apoyo, gracias M.C.

Así mismo a todos los siguientes docentes que de muchas maneras me brindaron el conocimiento para terminar mi meta profesional.

Dr. Santos Gabriel Campos Magaña, Dr. Jesús R. Valenzuela García, Ing. Juan Arredondo Valdez, M. C. Blanca E. de la Peña, Ing. Juan A. Guerrero Hernández, Al M. C. Tomas Gaytan Muñiz, Ing. Rosendo Gonzáles Garza, Ing. Jorge A. Flores Berrueto y al Ing. Ramiro Luna Montoya.

A mis compañeros de la generación CXII de la carrera de Ingeniero Mecánico Agrícola con los que compartí experiencias durante mi carrera, quienes siempre llevaré conmigo: dios guíe su camino en donde quiera que estén.

A mis amigos: Alexander, Ariel, Víctor Hugo, Jesús, Juan Antonio, Edgar, Eduardo y Víctor T. Con quienes pase alegrías y tristezas, pero al mismo tiempo aprendí de cada uno de ellos.

A la familia **Olivera Ramírez**, por su apoyo y consejos para seguir con mi carrera profesional.

Al **INIFAP** de Zacatecas por brindarme la oportunidad de realizar mis practicas profesionales, en especial al Ing. **Manuel Reveles Hernández**, por darme la oportunidad de colaborar con el, por su amistad incondicional y por facilitarme sus conocimientos y apoyos para terminar mi estancia.

A todas las personas que de alguna u otra manera intervinieron en el transcurso de mi carrera profesional.

## **DEDICATORIAS**

Con mucho amor, cariño, respeto y orgullo a mi madre, a mi abuela, y toda mi familia que creyeron y confiaron en mí.

### **Sra. Rosa María Hernández Santiago**

Para ti madre por todo el gran amor que he recibido, tus cuidados y preocupaciones sin importar las decisiones que he tomado en mi vida, siempre has confiado en mí y me has apoyado en todos los aspectos de la vida, a pesar de tantas carencias en casa tu apoyo nunca faltó, te admiro mami, a pesar de tu problema sabes salir adelante, siempre en la distancia pensaba en ti y me llenó de ánimos y fuerza para seguir adelante. En donde quiera que estés muchas gracias mamá lo logré!.

### **Sra. Inocencia Santiago**

Para ti madre-abuela por los grandes apoyos que me dabas desde cuando niño y estar junto a mí en los momentos buenos y malos de esta vida, por ser paciente, aconsejarme en todo momento y enseñarme el camino del bien y del saber. De la misma manera a mi padre-abuelo **Sr. Avelino Hernández García** (†), porque tus hábiles y fuertes palabras que aun recuerdo me enseñaron cosas valiosas, y sé que en donde quiera que estés te sientes contento y estas conmigo espiritualmente.

### **A ti Delfi Aguilar Vázquez**

Porque desde que te conocí siempre has estado conmigo y nunca me has dejado solo en ningún momento, siempre estuviste apoyándome, gracias por tu amor y tu comprensión.

A mis hermanos **Andrés y Gilberto**

Quienes de muchas formas me han ayudado, motivado a continuar y porque son parte importante en mi vida, gracias por ser mis hermanos, los llevare siempre en mi corazón.

A mis padrinos: **Sr. Casildo Hernández Santiago y Sra. Silvia Santos**

Para ustedes por haber estado pendiente de mí cada que los visitaba, por ese techo y pan de cada día que nunca me faltó, por apoyarme en los momentos difíciles, se los agradezco de todo corazón, mil gracias y muchas bendiciones para ustedes, así también sin olvidar a mis primos: Naye, Jos y Lalo.

A mis tíos: **Sr. Jorge Hernández Santiago y Sra. Felicidad cruz**

Por su confianza y su apoyo incondicional, amistad y techo durante mi visita en el transcurso de mi carrera y por haberme dado esos consejos tan sabios se lo agradezco con toda el alma, que dios los bendiga.

Así mismo a mis tíos (a): German Hernández, Norberto Hernández, Genoveva Hernández, Gabriela Hernández, Rosibel Hernández, Minerva Hernández, Cesar Hernández y a todos mis primos, que de alguna manera me proporcionaron su apoyo, los quiero y siempre los llevo presente familia.

# INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	iii
DEDICATORIAS .....	v
INDICE DE CONTENIDO .....	vii
INDICE DE TABLAS.....	x
INIDICE DE GRAFICAS.....	x
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCION .....	1
1.1 Microorganismos en la calidad del suelo.....	1
1.2 Mejoradores de Suelo.....	2
1.2.1 Generalidades.....	2
1.3 OBJETIVO.....	3
1.4 HIPOTESIS .....	3
II. REVISION DE LITERATURA .....	4
2.1 Componentes básicos de un suelo con vocación agropecuaria.....	4
2.1.1 La fase sólida.....	4
2.1.2 La fase líquida (Agua del Suelo).....	5
2.1.3 La fase gaseosa (Aire del Suelo).....	5
2.2 Parámetros de caracterización de un perfil de suelos.....	6
2.2.1 La Textura .....	6
2.2.2 La Estructura.....	6
2.2.3 Porosidad .....	7
2.2.4 Color.....	7
2.2.5 Profundidad Efectiva .....	7
2.2.6 Drenaje Interno .....	7
2.2.7 Drenaje Externo.....	8
2.2.8 Erosión.....	8
2.2.9 Nivel Freático .....	8
2.2.10 Inundabilidad.....	8
2.2.11 Presencia de Raicillas.....	9
2.2.12 Relieve.....	9

2.2.13 Presencia de Organismos Vivos.....	9
2.2.14 Vegetación Natural.....	9
2.2.15 Rocosidad .....	9
2.2.16 Pendiente del suelo.....	10
2.3 Materia orgánica del suelo (M.O.S.).....	10
2.3. 1¿Qué es la materia orgánica del suelo? .....	10
2.4 Calidad de suelo de uso agrícola.....	11
2.4.1 Calidad del suelo. ....	11
2.5 Evaluación de calidad de suelo.....	12
2.6 Indicadores de calidad del suelo.....	15
2.6.1 Indicadores químicos del suelo.....	16
2.7 Importancia de los Microorganismos.....	16
2.8 Importancia de las micorrizas .....	17
2.8.1 Clasificación taxonómica.....	18
2.8.2 Micorriza Vesicular-Arbusculares .....	19
2.9 Simbiosis micorrízica .....	20
2.10 Tipos de micorrizas .....	21
2.11 Ventajas y beneficios de las micorrizas vesículo – arbusculares.....	21
2.12 Micorrizas vesículo – arbusculares en la agricultura.....	22
2.13 Composta como mejorador de suelo .....	23
2.13.1 ¿Qué es composta?.....	23
2.13.2 Usos de la composta .....	24
2.13.3 Composta como abonos.....	24
2.14 Alga-enzimas .....	25
2.15 Causas de la degradación de suelos agrícolas. ....	26
2.16 Prácticas para recuperar y mantener la fertilidad del suelo.....	28
III. MATERIALES Y METODOS.....	32
3.1 Localización del sitio experimental .....	32
3.1.1 Clima.....	32
3.1.2 Geología .....	33
3.1.3 Vegetación .....	33
3.2 Metodología.....	33

3.2.1 Sistema de labranza, mediciones y análisis .....	33
3.2.2 Esquema del arreglo experimental.....	35
3.3 Análisis de propiedades químicas (N, P, K).....	35
3.3.1 Determinación de Nitrógeno por el método de Kjeldahl.....	36
3.3.3 MATERIALES .....	36
3.3.4 REACTIVOS .....	36
3.3.5 PROCEDIMIENTO.....	37
3.4 Determinación de Fosforo por el método de Oslen .....	40
3.4.1 Materiales:.....	40
<b>3.4.2 Procedimiento</b> .....	41
3.5 Potasio por el método absorción atómica.....	43
3.5.1 Materiales .....	43
3.5.2 Procedimiento.....	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	44
4.1 Resultados de análisis estadístico de los tratamientos en Nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm. ....	44
4.2 Resultados de análisis estadístico de los tratamientos en Fosforo a la profundidad de 0-15 cm. ....	46
4.3 Resultados de análisis estadístico de los tratamientos en Potasio a la profundidad de 0-15 cm. ....	48
4.4 Analisis de N, P y K a la profundidad de 15-30 cm.....	49
4.4.1 Análisis estadístico de los tratamientos en Nitrógeno a la profundidad de 15-30 cm. ....	49
4.4.2 Análisis estadístico de los tratamientos en Fosforo a la profundidad de 15-30 cm. ....	51
4.4.3 Análisis estadístico de los tratamientos en Potasio a la profundidad de 15-30 cm. ....	52
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	54
5.1 Conclusiones.....	54
5.2 Recomendaciones.....	55
VI. LITERATURA CITADA.....	56

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Componentes básicos del recurso suelo</i> .....	4
<i>Figura 2: Interacción de los organismos vivos en el suelo</i> .....	5
<i>Figura 3: Ejemplo de incorporación de materia orgánica en el suelo</i> .....	11
<i>Figura 4: Proceso para el desarrollo de un sistema de monitoreo de calidad de suelo. (Modificado de Barrios et al., 2002)</i> .....	14
<i>Figura 5: Compost Orgánico</i> .....	23
<i>Figura 6: Ubicación del sitio experimental</i> .....	32
<i>Figura 7: Ubicación de las parcelas al azar</i> .....	35

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Clasificación taxonómica de Glomusintratadices</i> .....	19
<i>Tabla 2: Beneficios y ventajas de las Micorrizas Vesiculo-Arbuscular en la agricultura</i> .....	23
<i>Tabla 3: Clasificación de los suelos según el contenido de nitrógeno</i> .....	39
<i>Tabla 4: Datos para la curva de calibración</i> .....	42
<i>Tabla 5: Nivel de fertilidad de fosforo de un suelo agrícola</i> .....	43
<i>Tabla 6: Datos de análisis de varianza y media para nitrógeno para la profundidad de 0-15cm</i> .....	44
<i>Tabla 7: Resultados de análisis de varianza en contenido de fosforo a la profundidad de 0-15 cm</i> .....	46
<i>Tabla 8: Resultados de análisis de varianza en contenido de Potasio a la profundidad de 0-15 cm</i> .....	48
<i>Tabla 9 Datos de análisis de varianza y media para nitrógeno para la profundidad de 15-30 cm</i> .....	49
<i>Tabla 10 Datos de análisis de varianza y media para fosforo para la profundidad de 15-30 cm</i> .....	51
<i>Tabla 11 Datos de análisis de varianza y media para potasio para la profundidad de 15-30 cm</i> .....	52

## INDICE DE GRAFICAS

<i>Gráfica 1: Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Nitrógeno en profundidades de 0-15 cm</i> .....	45
<i>Gráfica 2: Efecto de los tratamientos sobre el contenido de fosforo en profundidades de 0-15 cm</i> .....	47
<i>Gráfica 3: Efecto de los tratamientos sobre el contenido de potasio en profundidades de 0-15 cm</i> .....	48
<i>Gráfica 4: Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Nitrógeno en profundidades de 15-30 cm</i> .....	50
<i>Gráfica 5: Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Fósforo en profundidades de 15-30 cm</i> .....	51
<i>Gráfica 6: Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Potasio en profundidades de 15-30 cm</i> .....	53

## RESUMEN

El presente trabajo se elaboró con la finalidad de tener conocimientos sobre los efectos que generan en el corto plazo los mejoradores de suelo en los indicadores de Nitrógeno, Fosforo y Potasio, así mismo obtener más información que servirá como guía a la aplicación de buenas prácticas de manejo y aportación a la ciencia del suelo.

Para eso se realizó un diseño experimental bloques al azar, con 9 parcelas de 40m X 12m y cada una de ellas dividido en subparcelas, las cuales se le aplicaron tres mejoradores de suelo: Micorriza, Composta Miyaorganic y Algaenzimas.

La dosis de aplicación utilizada fue de 1kg/ha para Micorriza, 1lts/ha de Algaenzimas y 3Ton/ha en composta. La toma de datos fueron realizados dentro de un periodo de tiempo de 7 meses, se tomaron muestras al final de la cosecha en diferentes profundidades, de 0-15 y de 15 a 30 cm, en todas las parcelas incluyendo al testigo.

Se analizaron y compararon todos los datos de los mejoradores y el testigo en el software R versión 2.13.1 y resulto que estadísticamente no hay diferencia en un corto plazo, solo numéricamente.

Palabras claves:

**Calidad del suelo, Indicadores, mejoradores, macroelementos.**

# I. INTRODUCCION

## 1.1 Microorganismos en la calidad del suelo.

Conforme van pasando los años se hacen más evidentes los daños que causa el uso indiscriminado e inconsciente de fungicidas, plaguicidas y fertilizantes químicos; provocando efectos negativos y acumulativos en suelo, plantas, animales y el hombre.

Ante esta situación en la actualidad se ha generado mayor conciencia sobre la explotación de los recursos naturales, y para ello se ha volteado la cara hacia los conceptos orgánicos como lo es el aprovechamiento de los microorganismos. Por tal razón se ha considerado a los microorganismos, que han formado parte de los ecosistemas terrestres desde que iniciaron las plantas la colonización de la tierra (Remy *et al.*, 1994), a ellos se les ha caracterizado como fundamentales en los procesos fisiológicos de los ecosistemas y están invariablemente presentes en la región de la raíz de las plantas en crecimiento.

La unidad planta-microorganismo ha contribuido al mantenimiento, funcionamiento y estabilidad de los ecosistemas (Read, 1998). Los mecanismos por los cuales los microorganismos promueven el crecimiento vegetal involucran procesos, como la fijación de nitrógeno, producción de reguladores del crecimiento, competencia en la rizósfera e inducción de resistencia sistémica en las plantas (Kapulnik y Okon, 2002).

Según Scheuerell (2003) las plantas se pueden ver beneficiadas con el uso de microorganismos para el control de plagas y enfermedades, ya que se generan en especial dos tipos de interacciones benéficas para la planta: inhibición por competencia y amensalismo (interacción biológica que se produce cuando un organismo se ve perjudicado en la relación y el otro no experimenta ninguna alteración).

Una alta concentración de microorganismos en el suelo facilita el desplazamiento de nutrientes especialmente los “inmóviles” (calcio) y la conservación de la humedad favoreciendo a la planta para un mejor desarrollo; por lo tanto si el agricultor disminuye el volumen de insumos como son los fertilizantes, gracias al manejo de microorganismos, el medio ambiente se verá beneficiado por la disminución de uso de productos inorgánicos que desequilibran los procesos biológicos (Alexander, 1980).

## **1.2 Mejoradores de Suelo.**

### **1.2.1 Generalidades**

Mejoradores de suelos son productos que se añaden al suelo para influir de manera positiva en su estructura y en su fertilidad. Contrariamente a los fertilizantes, los mejoradores de suelos no contienen tantos componentes nutritivos para las plantas. Estos productos se pueden utilizar independiente, o en combinación con fertilizantes y abonos. La utilización de estos va a lograr:

- suelos más fáciles de trabajar
- una mejor relación aire-agua
- optimización de la situación de nutrientes
- aumento de la cantidad de humus.

Los mejoradores de suelo son recursos naturales de extraordinaria importancia para corregir limitantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos con vocación agrícola. De ahí la conveniencia que los productores conozcan los efectos benéficos de los abonos orgánicos, para mejorar la productividad de los suelos arcillosos, corregir problemas de acidez, compactación y restaurar los desbalances nutricionales para obtener mayores rendimientos y mejor rentabilidad.

Es preciso aclarar que los abonos orgánicos no reemplazarán los fertilizantes químicos; su efecto acondicionador se refleja en el mejoramiento del ambiente bioquímico del suelo lo cual se traduce en un mejor aprovechamiento de los nutrientes aplicados al suelo, incrementando su eficiencia y disminuyendo las pérdidas por fijación y lixiviación. Así mismo, reduce el efecto de las sustancias tóxicas y promueven la actividad biológica del suelo (<http://www.spain.osmo-organics.com/start/soilimprovers/es>) consultado 9/01/2012.

Interpretar y predecir los efectos del manejo sobre la calidad del suelo a través de indicadores confiables y sensibles constituye una de las principales finalidades de la ciencia del suelo moderna (Quiroga y Funaro 2003). Se le define, desde el punto de vista agronómico, como la capacidad del suelo para funcionar efectivamente, tanto en el presente como en el futuro (Doran y Parkin 1994, Larson y Pierce 1994). Los resultados del estudio de los Indicadores de Calidad de Suelos (ICS) son utilizados como guía a la aplicación de buenas prácticas de manejo.

### **1.3 OBJETIVO**

Determinar los efectos en el corto plazo del uso de mejoradores de suelo en la calidad química del mismo utilizando macroelementos como indicadores.

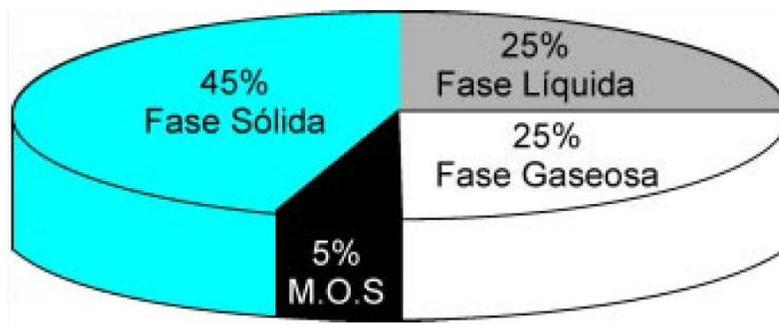
### **1.4 HIPOTESIS**

Cualquier mejorador de suelo mantiene la capacidad del suelo para sostener mantener y aumentar la productividad en un corto plazo.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Componentes básicos de un suelo con vocación agropecuaria.

La gran mayoría de las definiciones encontradas en los textos consideran el suelo como un cuerpo natural y dinámico de la corteza terrestre, constituido de materiales minerales y orgánicos, agua y aire, donde se desarrollan las raíces de las plantas y cuyas propiedades físicas, químicas y biológicas son el resultado de la interacción entre el material parental, los organismos vivientes (vegetales y animales), el clima (temperatura, lluviosidad, humedad relativa, vientos etc.) y el relieve a través del tiempo ( Sandoval, 2003).



**Figura 1: Componentes básicos del recurso suelo**

De acuerdo con la figura 1, los componentes fundamentales de un suelo con adecuada aptitud de uso para realizar actividades agrícolas son los siguientes:

#### 2.1.1 La fase sólida

Comprende un 50% del volumen total del suelo y está conformada por una fracción mineral (45%) y una fracción orgánica (5%). La porción mineral está constituida por partículas de diferentes tamaños denominadas LOS SEPARADOS DEL SUELO y se clasifican en: ARCILLAS, aquellas con diámetro menor de 0,002mm; LIMOS, cuyo diámetro oscila entre 0.002 y 0.05 mm y ARENAS, con diámetro entre 0,05 y 2 mm.

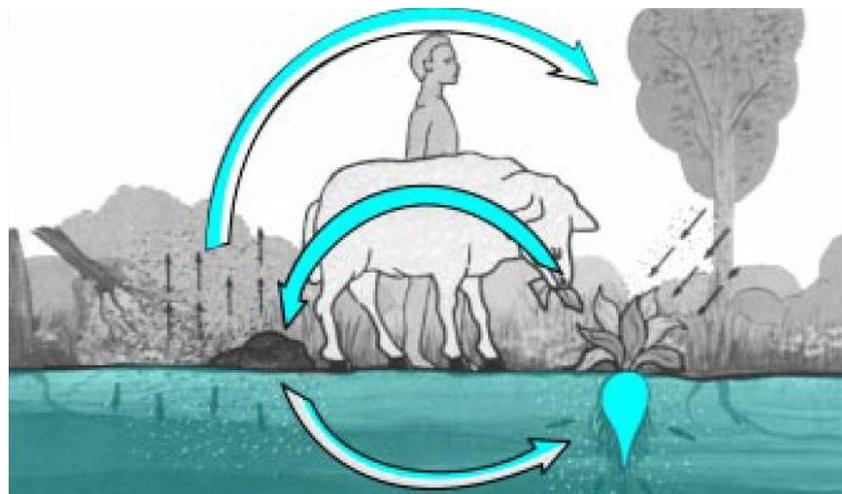
La porción orgánica, conocida comúnmente como la Materia Orgánica del Suelo (M.O.S.), está conformada por todos los residuos de origen vegetal y animal en proceso de descomposición y mineralización (Sandoval, 2003).

### 2.1.2 La fase líquida (Agua del Suelo)

Incluye cerca del 25% del volumen total del suelo y es importante porque garantiza el suministro de agua para que las plantas puedan llevar a cabo el proceso de transpiración.

### 2.1.3 La fase gaseosa (Aire del Suelo)

Representa alrededor del 25% del volumen total del suelo y está formada por el espacio poroso que facilita la circulación del aire y el agua a través del perfil del suelo, para que las raíces de las plantas y los microorganismos puedan llevar a cabo el proceso de respiración.



**Figura 2: Interacción de los organismos vivos en el suelo.**

La importancia de las fases líquida y gaseosa está muy relacionada con el adecuado balance o equilibrio que debe existir entre estos dos componentes para garantizar el flujo del aire y el agua en el suelo, así como con el almacenamiento del agua aprovechable para las plantas (Sandoval, 2003).

## **2.2 Parámetros de caracterización de un perfil de suelos**

La caracterización de un perfil de suelos consiste en describir algunas de las propiedades físicas más importantes. Veamos algunas de ellas:

### **2.2.1 La Textura**

Hace referencia al tamaño y proporción en que se encuentran las partículas del suelo inferiores a 2 mm de diámetro, esto es, las arenas (A), los limos (L) y las arcillas (Ar), dando como resultado diferentes denominaciones o clases texturales que varían desde livianas (suelos arenosos), medianas (suelos francos) y pesadas (suelos arcillosos). La proporción de las partículas de arena (0,05 - 2mm), limo (0,002 - 0,05 mm) y arcilla (menor de 0,002 mm) se determina en el laboratorio y, conocidos estos valores, se utiliza el triángulo textural para conocer la clase de textura (Blanco-Sandoval, 2003)

### **2.2.2 La Estructura**

Se refiere a la agrupación de las partículas del suelo para constituir agregados más grandes de distintas formas geométricas y tamaños, que varían desde figuras prismáticas, columnares, en bloques, gránulos y láminas, las cuales inciden notablemente en la retención de agua, la porosidad, el desarrollo radicular y el drenaje del suelo. Los tipos de estructuras más comunes en los suelos son: Prismática, Columnar, Bloques (angulares y subangulares), Granular, Laminar y Migajosa.

### **2.2.3 Porosidad**

Es el espacio poroso de un suelo ocupado por el aire y el agua. El aire fluye a través de los poros grandes y el agua a través de los más pequeños, creándose así un balance agua-aire en el sistema.

### **2.2.4 Color**

Esta característica se debe a dos factores esenciales: el contenido de Materia Orgánica (M.O.) y la naturaleza química de los compuestos de hierro presentes en el suelo. Influencia la nutrición vegetal y es un índice muy importante de las condiciones de humedad, aireación y drenaje de los suelos. El color del suelo está muy relacionado con el contenido de materia orgánica, las condiciones de drenaje, la aireación de los diferentes horizontes y el grado de evolución de los suelos. En razón a que el color varía con el estado de humedad del suelo, la descripción debe hacerse en suelo seco y húmedo. Su determinación se realiza con la tabla de MUNSELL.

### **2.2.5 Profundidad Efectiva**

Es la profundidad hasta donde se pueden desarrollar las raíces de las plantas sin encontrar impedimentos físicos o químicos, como capas endurecidas o compactadas, niveles freáticos altos, concentraciones salinas, sustratos pedregosos etc. De acuerdo con la profundidad efectiva los suelos pueden ser: Profundos, medianamente profundos, superficiales y muy superficiales.

### **2.2.6 Drenaje Interno**

Es el movimiento del agua dentro del perfil del suelo. Depende de la textura, estructura, permeabilidad, altura del nivel freático y condiciones climáticas. Se clasifica en los siguientes términos: No hay, muy lento, lento, medio, rápido y muy rápido.

### **2.2.7 Drenaje Externo**

Se refiere a la velocidad relativa en que se mueve el agua sobre la superficie del suelo. Se conoce también como escorrentía y se describe como: Encharcado, muy lento, lento, rápido y muy rápido.

### **2.2.8 Erosión**

Significa la pérdida de suelo por acción de las fuerzas del agua y el viento y se caracteriza de acuerdo a: la clase de erosión: hídrica y eólica.

Al tipo de erosión: salpicadura, laminar, surquillos y cárcavas.

Al grado de erosión: no hay, ligera, moderada, severa y muy severa.

### **2.2.9 Nivel Freático**

Es la tabla ó lámina de agua sub-superficial que corresponde al primer horizonte acuífero o zona de saturación de agua permanente en el suelo. Se clasifica en: Muy superficial, superficial, moderado, profundo y muy profundo.

### **2.2.10 Inundabilidad**

Es una característica importante de destacar en los suelos para saber si una zona o región determinada está sujeta a inundaciones y la frecuencia y regularidad de su ocurrencia. Se describe con base en tres factores:

Tipo de inundación: desbordamientos de cauces, descenso de aguas freáticas y exceso de lluvias.

Periodicidad de la inundación: frecuente, estacional, pluriannual y ocasional.

Tiempo de la inundación: cortas, medianas, largas y permanentes.

### **2.2.11 Presencia de Raicillas**

Está relacionada con la cantidad y distribución de las raíces en los horizontes del suelo. Depende del suministro de agua, aire y nutrientes y se denomina de acuerdo a: el tamaño de las raíces: finas, medianas, gruesas; la cantidad de las raíces: pocas, regulares y abundantes; La distribución de las raíces: normal y anormal.

### **2.2.12 Relieve**

Se manifiesta por las elevaciones y desigualdades de la superficie de la tierra consideradas colectivamente. Se distinguen los siguientes tipos: abanicos, colinas, crestas, deltas, diques, laderas, lomas, bajos, llanuras de desborde, llanuras eólicas, llanuras lacustres, mesas, marismas, manglares, orillanes, pie de vertiente, playas, vegas, vertientes y terrazas.

### **2.2.13 Presencia de Organismos Vivos**

Tiene en cuenta la cantidad de insectos, lombrices y otros animales que tienen influencia en los procesos de formación del suelo.

### **2.2.14 Vegetación Natural**

La descripción de un perfil de suelos debe incluir un inventario de las especies vegetales presentes y dominantes que constituyen la cobertura superficial.

### **2.2.15 Rocosidad**

Indica el afloramiento de rocas fijas sobre la superficie que, de acuerdo al porcentaje de su incidencia, limita el uso agrícola de los suelos, por la dificultad para utilizar maquinaria e implementos agrícolas. Se describe en la siguiente forma: sin rocas, rocoso, muy rocoso y demasiado rocoso.

### **2.2.16 Pendiente del suelo**

Es una característica muy importante para determinar el uso y manejo de los suelos. Se expresa como el porcentaje de las diferencias de nivel de un terreno y se clasifica en: plana, ondulada, inclinada, quebrada y escarpada.

Es primordial el conocimiento y evaluación de las características antes mencionadas debido a la influencia que ejercen sobre la capacidad de retención del agua, la permeabilidad, la circulación del aire, el desarrollo radicular, la susceptibilidad o resistencia a la erosión, la temperatura, el drenaje interno y externo, la actividad microbial, la facilidad de laboreo, la germinación de las semillas y el suministro de nutrientes del suelo. Existen otras propiedades físicas que no se pueden evaluar a simple vista, sino en condiciones de laboratorio (Blanco-Sandoval, 2003).

## **2.3 Materia orgánica del suelo (M.O.S.)**

### **2.3. 1 ¿Qué es la materia orgánica del suelo?**

Es la acumulación de todos los residuos vegetales y animales, así como de las células microbiales depositadas en el suelo y que se encuentran en proceso de descomposición. La materia orgánica del suelo es importante como fuente de la energía requerida para la actividad y el metabolismo de los microorganismos del suelo y como sustrato para el suministro de algunos nutrientes esenciales para las plantas (Sandoval, 2003).

Por estas razones la materia orgánica se constituye en la fracción más activa y dinámica del suelo, incrementando su potencial productivo y mejorando su actividad biológica.

La materia orgánica incorporada al suelo, en forma de abono orgánico (**Fig. 3**), es de importancia porque actúa como un acondicionador y mejorador de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.



**Figura 3: Ejemplo de incorporación de materia orgánica en el suelo.**

## **2.4 Calidad de suelo de uso agrícola**

### **2.4.1 Calidad del suelo.**

El Comité de la Sociedad de la Ciencia del Suelo Americana define la Calidad del Suelo (CS) como “la capacidad funcional de un tipo específico de suelo, para sustentar la productividad animal o vegetal, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, y sostener el asentamiento y salud humanos, con límites ecosistémicos naturales o determinados por el manejo” (Karlen et al ,1997). La calidad del suelo incluye los conceptos de capacidad productiva del suelo y la protección ambiental. Las funciones específicas representadas por la calidad del suelo (Brejda y Moorman, 2001) incluyen:

1. Captar, mantener y liberar nutrientes y otros compuestos químicos.
2. Captar, mantener y liberar agua a las plantas y recargar las capas subterráneas.
3. Mantener un hábitat edáfico adecuado para la actividad biológica del suelo.

La CS es dinámica y para conservarla es necesario implementar prácticas sustentables en el tiempo (NRCS, 2004). La mantención o mejora de la CS puede generar beneficios económicos en forma de aumentos de la productividad, mayor eficiencia en el uso de nutrientes y pesticidas, mejor calidad del aire y del agua, y reducción de los gases de efecto invernadero (Brejda y Moorman, 2001).

De lo anterior se desprende que la calidad del suelo es una propiedad dinámica asociada al uso del suelo y su función, comúnmente la protección ambiental y la producción silvoagropecuaria.

Debido al carácter dinámico de la calidad del suelo (CS), ésta puede cambiar en el corto o largo plazo de acuerdo al uso y a las prácticas de manejo, por lo tanto, es necesario monitorear los cambios del suelo y determinar qué prácticas son sustentables (NRCS, 2004). La selección de un conjunto de indicadores de CS y el desarrollo de su aplicación dentro de un sistema de monitoreo son claves para la evaluación de la CS.

El mejoramiento de la calidad de un suelo se percibe, en general, por aumento o disminución en el valor de algunas características.

Por ejemplo, puede incrementarse la tasa de infiltración o de aireación, debido a un aumento de la cantidad de macroporos, a un mayor tamaño y estabilidad de los agregados y una mayor cantidad de materia orgánica.

## **2.5 Evaluación de calidad de suelo.**

La evaluación de la calidad permite mejorar la respuesta de los recursos, como son: pérdida de suelo por erosión, depósitos de sedimento por viento o inundación, reducción de infiltración e incrementos de lluvia, endurecimiento de la capa superficial, pérdida de nutrientes, transporte de pesticidas, cambios en el pH, aumento de la disponibilidad de metales pesados, pérdida de materia orgánica,

reducción de la actividad biológica, infestación de organismos patógenos y reducción de calidad de agua (NRCS, 2004).

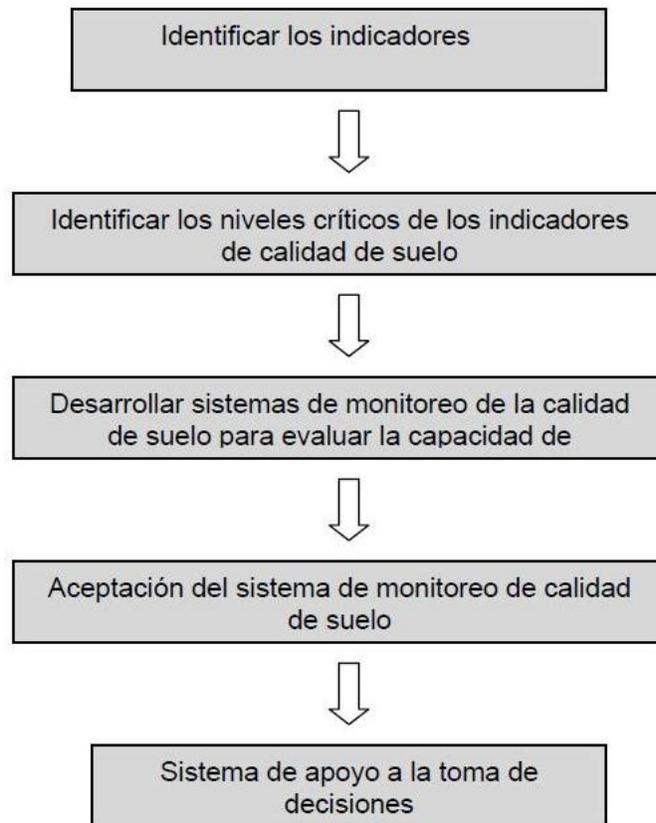
La calidad del suelo y del agua de riego se puede ver afectada por el manejo del suelo como puede ser: uso de maquinaria, utilización de fertilizantes, agroquímicos y enmiendas orgánicas, tipo de cultivo. Un problema que cada día adquiere mayor importancia, por las connotaciones que pueda tener tanto en la calidad del suelo como de los cultivos y salud humana, es la aplicación benéfica de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas o residuales y los aspectos toxicológicos de su uso en la agricultura.

Debido al carácter dinámico de la CS, ésta puede cambiar en el corto o largo plazo de acuerdo al uso y a las prácticas de manejo, por lo tanto, es necesario monitorear los cambios del suelo y determinar qué prácticas son sustentables (NRCS, 2004).

El mejoramiento de la calidad de un suelo se percibe, en general, por aumento o disminución en el valor de algunas características. Por ejemplo, puede incrementarse la tasa de infiltración o de aireación, debido a un aumento de la cantidad de macroporos, a un mayor tamaño y estabilidad de los agregados y una mayor cantidad de materia orgánica.

Pero pudiesen reducirse la densidad aparente, la resistencia a la labranza, el crecimiento radical, la tasa de erosión y la pérdida de nutrimentos. Una mejor evaluación se logra si, además de los cambios señalados, se incluyeran otros indicadores potenciales de índole ecológico-biológico; por ejemplo, el grado de diversidad genética (tanto del cultivo como de las especies de microorganismos, insectos y animales benéficos), el rendimiento de los cultivos (en grano o biomasa total), el vigor de las plantas y su desarrollo radical, y la calidad del agua que drena superficialmente, así como la que se pierde por lixiviación subterránea (Parr et al., 1992).

La selección de un conjunto de indicadores de CS y el desarrollo de su aplicación dentro de un sistema de monitoreo son claves para la evaluación de la CS (Figura 4).



**Figura 4: Proceso para el desarrollo de un sistema de monitoreo de calidad de suelo. (Modificado de Barrios et al., 2002)**

La manutención o mejora de la CS puede generar beneficios económicos en forma de incrementos de la productividad, mayor eficiencia en el uso de nutrientes y pesticidas, mejor calidad del aire y del agua, y reducción de los gases de efecto invernadero (Brejda y Moorman, 2001).

## 2.6 Indicadores de calidad del suelo

El suelo, a diferencia del agua y el aire no tiene estándares de calidad definidos debido a su variabilidad, por lo que es casi imposible establecer una simple medida física, química o biológica que la refleje adecuadamente. Se deben considerar, además, otros factores que afectan su funcionamiento, lo que dificulta definir, medir y regular la calidad de este recurso (Bandick y Dick, 1999).

La CS se puede evaluar empleando indicadores que reflejen los cambios en la capacidad del suelo y en su función (Dalurzo et al. 2002). Los indicadores dependen del ecosistema considerado, debiendo determinarse características que sirvan como indicadores de su sustentabilidad.

Los indicadores de CS permiten analizar la situación actual e identificar puntos críticos con respecto a la sustentabilidad del suelo como medio productivo o bien como recurso natural importante para la calidad de la vida y mantención de la biodiversidad; permiten analizar los posibles impactos antes de una intervención; monitorear el impacto de la intervención y ayudar a determinar si el uso del recurso es sustentable (Hünemeyer et al., 1997).

Los indicadores pueden ser variables cualitativas (afloramiento del subsuelo, aparición de canalículos de erosión, aparición de encharcamiento, etc.), variables cuantitativas (tasa de infiltración, capacidad de intercambio catiónico, pH, cantidad de nemátodos u otros) o bien índices compuestos por la relación entre diferentes variables (Astier-Calderón, 2002). La evolución de la calidad del suelo puede determinarse de manera comparativa o relativa. Para esto puede compararse la evolución de un sistema a través del tiempo (comparación longitudinal), u observar simultáneamente uno o más sistemas de manejo alternativo con una referencia (comparación transversal) (Maser et al., 1999).

### **2.6.1 Indicadores químicos del suelo**

Los indicadores químicos de CS incluyen propiedades que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos. Doran y Parkin (1994) propusieron como indicadores el contenido de materia orgánica (MO), o carbono y nitrógeno orgánico, el pH, la conductividad eléctrica (CE), y el N, P y K disponible. Los indicadores que reflejan estándares de fertilidad (pH, MO, N, P y K) son factores importantes en términos de producción de cultivos. Cuando se evalúa la CS en sistemas polucionados, sin embargo, otros indicadores toman mayor importancia, como es el caso de los elementos trazas disponibles, Cu, Zn, Cd y Pb seleccionados en Taiwán como indicador químico (Chen, 2000).

### **2.7 Importancia de los Microorganismos**

Existen microorganismos benéficos para la agricultura y la mayoría desarrollan sus funciones en la raíces de las plantas.

La raíz, proporciona funciones de transporte de agua y nutrimentos al sistema vascular, anclaje y absorción, pone a la planta en contacto con la rizósfera, la zona del suelo que rodea a la planta donde abundan microorganismos (Balandreau y Knowles, 1978).

A parte de la obtención de fuentes de carbono, los microorganismos obtiene de la rizósfera, agua, O<sub>2</sub> y minerales como molibdeno, fierro, calcio, potasio y magnesio (Loredo-Ostiet *al.*, 2007).

Dependiendo del tipo de asociación de la planta, con los microorganismos pueden ser benéficos o nocivos (Schippers *et al.*, 1987).

En la actualidad se utilizan diferentes microorganismos en la agricultura, los cuales benefician la productividad de las plantas y forman parte de una

biotecnología que garantiza una productividad biológica, económica y ecológica sin contaminación al ambiente e inocuos para el hombre (Aguirre *et al.*, 2010).

Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal a base de bacterias, son llamados rizobacterias (PGRP-PlantGrowthPromotingRhizobacteria) provenientes de un grupo de microorganismos aislados de la raíz de una planta de interés, multiplicado en un medio de cultivo para después ser transferido al sustrato (Aguirre *et al.*, 2010).

Los organismos benéficos utilizados como biofertilizantes, disponen de una relación mutualista conocida como simbiosis. Si se forman estructuras especializadas como vesículas, nódulos, se denomina simbiosis obligada y cuando el microorganismo sobrevive sin la planta y se asocia en beneficio de ambos, es simbiosis asociativa (Gerdeman, J. W. 1968).

En este trabajo el grupo de interés son los hongos micorrízicos. Esta simbiosis es una de las relaciones simbióticas más antiguas y de gran importancia en la agricultura moderna. Son un grupo de hongos habitables del suelo, benéficos para las plantas, con capacidad de colonizar la raíz de un gran número de especies y establecer una simbiosis siendo estos los formadores de las micorrizas (Aguirre *et al.*, 2010).

## **2.8 Importancia de las micorrizas**

El conocimiento de la biología del suelo es muy extenso ya que en el habitan organismos de tamaño microscópico hasta organismos que se diferencian a simple vista.

Se estima que los primeros 20 centímetros de un suelo fértil, pueden contener aproximadamente cinco toneladas de hongos y bacterias por hectárea (Johnson *et al.*, 1992).

Los hongos constituyen uno de los grupos más numerosos, con aproximadamente 100 000 especies conocidas, desempeñando un papel muy importante en la biosfera, descomponiendo el material orgánico e incorporándolo en pequeños nutrimentos para poder ser aprovechado por plantas y animales.

Las setas que vemos son los cuerpos fructíferos del micelio de los hongos superiores o macroscópicos, capaces de reproducirse sexualmente. El otro grupo son los hongos microscópicos, miden menos de un milímetro y se reproducen en fase asexual liberando esporas asexuales (Miller y Jastrow, 2000).

En la industria son muy importantes en los procesos de fermentación ayudando en la fabricación de alimentos, los hongos alucinógenos también han formado parte de ritos y mitos estando muy allegados a las religiones y creencias (Reyes, 1996).

### **2.8.1 Clasificación taxonómica**

La especie *Glomus intraradices* Schenck & Smith fue aislada de un suelo de la provincia de Tarragona, España, y ha demostrado a lo largo de las investigaciones llevadas a cabo en este campo, que su infectividad y efectividad supera a la de otras especies de hongos ensayados, muchas de ellas aisladas en zonas de clima templado (Hernández-Dorrego, 2000).

En la tabla 1 se muestra la clasificación taxonómica de *Glomus intraradices* según la International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) (2000).

**Tabla 1: Clasificación taxonómica de Glomus intraradices.**

Orden	Glomales.
Suborden	Glominae.
Familia	Glomaceae
Género	Glomus Tulasne & Tulasne.
Especie	Glomus intraradices Schenck & Smith.

### **2.8.2 Micorriza Vesicular-Arbusculares**

El nombre micorriza deriva del griego mykes, hongo y rhyza, raíz, es una asociación mutualista que se establece entre la raíz de la planta superior y ciertos hongos del suelo. Se trata de una simbiosis prácticamente universal, ya que el 95% de las especies vegetales la establecen de forma natural en hábitat muy diversos (Calvet *et al.*, 1999).

Los registros fósiles más antiguos indican que dicha asociación tiene unos 400 millones de años, lo que ha llevado a considerar la compleja coevolución entre las plantas y sus hongos asociados, que se manifiesta en la amplia distribución del fenómeno y en la diversidad de mecanismos morfológicos, fisiológicos y ecológicos implicados. (Simonet *et al.*, 1993).

La asociación entre los Hongos Micorrízicos Arbusculares y las diferentes especies vegetales se presenta bajo condiciones de estrés al ambiente como la sequía, baja fertilidad, salinidad y altas temperaturas (Sylvia y Williams, 1992).

Los hongos formadores de la micorriza arbuscular pertenecen al grupo de los Zygomycetos, que se caracterizan por formar filamentos llamadas hifas las cuales son cenocíticas, es decir, en su interior cuenta con varios núcleos teniendo un citoplasma en común, debido a que no existen paredes celulares (Reyes, 1996).

Estos hongos corresponden al orden de los Glomales, los cuales se han descrito 150 especies provenientes de los géneros: Gigaspora y Scutelospora (Gigasporaceae), Glomus y Sclerocystis (Glomaceae), Acaulospora y Entrophora (Acaulosporaceae) (Morton & Benny, 1990).

Durante su ciclo de vida estos hongos producen esporas, las cuales al germinar forman un micelio vegetativo, de donde surgen las hifas al contactar la superficie de la raíz.

Estas hifas se integran a las células corticales de la raíz inter e intracelularmente, dando aspecto a diminutos arboles llamados arbusculos. En algunos casos las hifas se hincha formando vesículas.

Los tejidos de la raíz colonizados por los hongos son los más externos, siendo estos la epidermis y las células corticales, pero también fuera de la planta, es decir, a la rizosfera adquiriendo nutrimentos como nitrógeno y fósforo (Reyes, 1996).

## **2.9 Simbiosis micorrízica**

Las plantas son organismos autótrofos con la característica de realizar fotosíntesis y producir sus propios alimentos como la glucosa, a partir del dióxido de carbono y el agua ayudada por la energía solar. Los hongos arbusculares son heterótrofos, no realizan el proceso de fotosíntesis y son incapaces de completar su ciclo de vida sino están en contacto con las raíces de las plantas, es decir, el mutualismo es caracterizado por la integración morfológica y estructural de los simbioses lo cual permite el intercambio bidireccional de nutrientes entre ambos simbioses (Hernández, 1988).

Dicho anteriormente, esta simbiosis otorga beneficios tanto a la planta como al hongo, la planta proporciona carbohidratos (glucosa y fructosa) y él la abastece de fósforo, nitrógeno, potasio, calcio, zinc, magnesio, cobre y la protege contra patógenos. De esta manera la planta aumenta su crecimiento, gracias al intercambio de nutrientes (Reyes, 1996).

## 2.10 Tipos de micorrizas

Se distinguen tres grandes grupos de micorrizas, según la estructura de la micorriza formada: Ectomicorrizas o formadoras de manto, Ectendomicorrizas; y Endomicorrizas, caracterizadas por la colonización intracelular del hongo (Read, 1999).

Las Ectomicorrizas se caracterizan por que desarrollan una capa de micelio sobre la zona cortical de la raíz, las hifas del hongo no penetran en el interior de las células de la raíz, sino que se encuentran sobre y entre éstas. Este tipo de micorrizas predominan en arboles de zonas templadas, produciéndose sobre especies forestales y leñosas (Hernández, 2000).

Las Endomicorrizas, los hongos que las producen se caracterizan por colonizar intracelularmente el córtex radical, las hifas se introducen inicialmente entre las células de la raíz, formando vesículas alimenticias y arbusculos, por ello se les conoce como Micorrizas Vesículo-Arbuscular (MVA), los hongos que la forman pertenecen a la división *Glomeromycota* (Jeffries y Barea, 2001).

Las Ectendomicorrizas, presentan características intermedias entre las Endomicorrizas y Ectomicorrizas, pues presentan manto externo pero también penetran en el interior de la célula y no presentan vesículas ni arbusculos (Vacela, 2001).

## 2.11 Ventajas y beneficios de las micorrizas vesículo – arbusculares

Las ventajas adquiridas por la micorrización, son muy abundantes, gracias a esta simbiosis, las plantas son capaces de explorar más volumen del suelo del que alcanzaría con sus raíces, la protección brindada por el hongo hace que la planta sea más resistente a cambios de temperatura del suelo, como la resistencia a sequias y la acidificación del suelo por presencia de azufre, magnesio y

aluminio; también capta con mayor facilidad ciertos elementos del suelo y algunos procesos fisiológicos del hongo ayudan a la raíz a permanecer más tiempo activa (Vacela, 2001).

## **2.12 Micorrizas vesículo – arbusculares en la agricultura**

Las actividades del campo agrícola que manipulan los primeros centímetros del suelo, producen la ruptura y desintegración del micelio externo de las Micorrizas Vesículo-Arbuscular (MVA), su destrucción trae consecuencias indeseables para la infiltración y demás propiedades físicas del suelo (Miller y Jastrow, 2000).

La aplicación excesiva de fertilizantes químicos, inhibe la actividad y la presencia de las MVA en los sistemas agrícolas, llevando a la pérdida de diversidad de hongos micorrízicos presentes en el suelo (Johnson, 1993; Johnson *et al.*, 1992).

Por lo tanto, el uso de estos microorganismos (MVA) constituyen una alternativa ante los fertilizantes minerales. Desde el punto de vista ecológico, la utilización y/o aplicación correcta de estos microorganismos permite reducir el uso de energía, la degradación y las pérdidas de nutrientes de los suelos agrícolas. En adición, se mantiene la capacidad productiva del sistema, se preservan la biodiversidad y se contribuye con una producción más estable y sostenida a largo plazo en equilibrio con el entorno (Hernández, 2000).

**Tabla 2: Beneficios y ventajas de las Micorrizas Vesiculo-Arbuscular en la agricultura.**

Aumento del aprovechamiento y los fertilizantes del suelo	Disminución de los costos de la producción
Favorece la captación de agua y nutrientes	Aumento de la producción agrícola
Estimulación del crecimiento aéreo y radical	Ciclo productivo más largo con mayores producciones
Protección frente a patógenos	Disminución de los costos de aplicación a fungicidas.

En este sentido, la reintroducción y el mantenimiento de las MVA asociadas a los cultivos agrícolas luce como un objetivo deseable con el fin de mejorar su rendimiento y productividad.

## 2.13 Composta como mejorador de suelo

### 2.13.1 ¿Qué es composta?

De acuerdo con Mustin (1987), el compostaje es el proceso biológico de descomposición de compuestos orgánicos hasta la formación de un producto estable y rico en sustancias húmicas. (Fig. No. 5).

La lombricomposta, al igual que la composta, logra transformar los desechos orgánicos en compuestos estables, por lo cual es considerado una forma de compostaje (Bollo 1999, Rynk 1992).



**Figura 5: Compost Orgánico**

### **2.13.2 Usos de la composta**

La composta tiene efectos positivos en el suelo, tales como: incremento en la actividad de la fauna del suelo, reducción de microorganismos patógenos (Bulluck et al. 2002), incremento en la densidad aparente, estabilización del pH, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, disminución del lavado de nitratos (Stamatiadis et al. 1999, Pickering et al. 1998), eliminación de patógenos y semillas de malezas por las altas temperaturas generadas por la actividad microbiana (Eastman et al. 2001, Dixon y Walsh 1998, Ingham 1998) y degradación de residuos de plaguicidas (Block 1998, Buyukasonmez et al. 2000).

### **2.13.3 Composta como abonos**

Muchos agricultores prefieren utilizar composta como fuente de nutrimentos para sus cultivos que aplicar residuos frescos, tales como excretas de animales, porque reducen el mal olor (Miller 1993), los efectos tóxicos sobre los cultivos, la contaminación de aguas y elimina patógenos y semillas de malezas (Rynk 1992). Además en el caso de excretas de animal, el recién publicado Reglamento de Producción Orgánica de los Estados Unidos (NOP 2000), prohíbe el uso de excretas sin compostear 120 días antes de la cosecha en cultivos cuya parte comestible toque el suelo, y 90 días en aquellas que el producto comestible no toque el suelo. Por lo tanto, si se quiere cumplir con la reglamentación, cultivos como lechuga podrán utilizar únicamente excretas composteadas.

Los abonos orgánicos incluyen todo material de origen orgánico utilizado para la fertilización de cultivos o como mejoradores de suelos (Jeavons, 2002; Soto, 2003). Estos tienen su origen en residuos vegetales y animales, los que en su forma más simple pueden ser residuos de cosechas que quedan en los campos y se incorporan de forma espontánea o con las labores de cultivo y residuos de animales que quedan en el campo al permanecer los animales en pastizales

(Paneque y Calaña, 2004). Incluye un grupo muy variado de mezclas tales como composta, lombricomposta y desechos vegetales y animales utilizados en la agricultura.

La calidad de la composta de lombrices debe ser conocida a fin que el mismo sea usado en forma adecuada como un abono orgánico. Kale et al. (1992) sostienen que el uso de lombrices para la degradación y producción de dicho abono se ha incrementado tanto en el ámbito de la investigación científica como en el comercial. Este método de reciclaje es ideal para el tratamiento de las deyecciones animales, como también de los desechos domiciliarios de tipo orgánico, ya que acelera el proceso de obtención de abonos de calidad, evitando contaminación en el ambiente. He et al. (1992) concluyen que el compostaje es un método alternativo de recuperación de recursos, siendo su principal ventaja los bajos costos operacionales además de minimizar la contaminación ambiental. En las actividades hortícolas el uso del compost de lombrices produce en las plantas mejoras importantes en su aspecto, sanidad y rendimiento. Dicho abono puede combinar, mediante las enzimas producidas por su dotación bacteriana, sus elementos con los presentes en el terreno (Ferruzzi, 1987).

## **2.14 Alga-enzimas**

Conforme a lo reportado por Blaine et al. (1990) y Crouch y Van Staden (1992), el incremento en los rendimientos y la buena calidad de los frutos como efecto del uso de las algas marinas y o sus derivados en la agricultura, se debe a que las algas marinas contienen: todos los elementos mayores, todos los elementos menores y todos los elementos traza que ocurren en las plantas; además 27 sustancias naturales reportadas hasta ahora cuyos efectos son similares a los de los reguladores de crecimiento de las plantas; vitaminas, carbohidratos, proteínas, sustancias biosidas que actúan contra algunas plagas y enfermedades, y agentes quelatantes como ácidos orgánicos y manitol.

Cuando el proceso para la elaboración de los derivados de algas marinas es el adecuado, los microorganismos que con ellas viven asociados, permanecen en estado viable y se propagan donde se aplican, incrementando las cantidades de los elementos y de las sustancias que contienen, potenciando su acción. Las proteínas (enzimas) que tanto las algas marinas como los microorganismos que las acompañan sintetizan y emiten (exoenzimas), cuyas acciones, tanto en el suelo como en la planta, son interesantes.

Fox y Cameron (1961) y López, et al. (1994), en sus respectivos trabajos, reportan la acción de las enzimas como fuente de vida. Es de considerarse que al aplicar foliarmente extractos de algas marinas por ejemplo, las enzimas que estas conllevan, refuerzan en las plantas su sistema inmunitario (más defensa) y su sistema alimentarlo (más nutrición) y activan sus funciones fisiológicas (más vigor). Resultado: plantas más sanas con mejor nutrición y más vigorosas.

Además, las microalgascianofitas que los extractos y otros derivados de algas marinas conllevan, ya sea que se apliquen foliarmente o al suelo, fijan el nitrógeno del aire aún en las no leguminosas (Canales, 1998 y Martínez, 1995).

## **2.15 Causas de la degradación de suelos agrícolas.**

En la mayoría de los circuitos agrícolas científicos se ha llegado la percepción general que la agricultura moderna enfrenta una crisis ambiental. La raíz de esta crisis radica en el uso de prácticas agrícolas intensivas basadas en el uso de altos insumos que conllevan a la degradación de los recursos naturales a través de procesos de erosión de suelos, salinización, contaminación con pesticidas, desertificación, pérdida de la fitomasa y por ende reducciones progresivas de la productividad. La pérdida de rendimientos por plagas en muchos cultivos, a pesar del incremento sustancial en el uso de pesticidas, es un síntoma de esta crisis. En el caso del Maíz, en EE.UU., las pérdidas por insectos se elevaron desde 1945 a 1989 de 7 a 13%, a pesar de que se aumentó diez veces el volumen de insecticidas

aplicados. Esta baja en los rendimientos a causa de los insectos plaga, se debió en parte, al cambio de prácticas culturales que favorecieron el monocultivo a expensas de las rotaciones con leguminosas, en gran parte del área dedicada a este cultivo (Pimentel y otros, 1980).

Otros estudios (CIAT, 1995; Macedo et al., 2005) sugieren que además de algunos factores bióticos y de fertilidad del suelo, la principal causa de la degradación de los suelos son los cambios de sus propiedades físicas, debido al exceso de preparación, principalmente con discos. Entre estos cambios, la compactación causa resistencia mecánica a la germinación de las semillas y a la extensión de las raíces, cambios en el estatus de aireación y gas intercambiable entre el suelo y la atmósfera y el contenido de humedad, siendo imprescindible la evaluación de prácticas de labranza, de sistemas de pastoreo, uso de enmiendas y sistemas de cultivos que estabilicen la productividad de las pasturas a un nivel que sea sostenible.

En la agricultura moderna otro de los problemas es la pérdida de espacio poroso de los suelos, este fenómeno al igual denominado compactación, está íntimamente relacionado con el manejo de los suelos, especialmente con el uso inadecuado de la maquinaria agrícola. Se dice que un suelo tiene problemas de compactación cuando su densidad aparente es superior a  $1.3\text{gr/cm}^3$ , en este estado las raíces de las plantas tienen dificultad para penetrar la matriz del suelo y en algunos casos se desarrollan horizontalmente; reduciendo el aprovechamiento de los nutrientes, el agua y el anclaje de las plantas (Materchera et al., 1993).

La habilidad del suelo para soportar la vegetación, depende principalmente de su adecuación como medio para el crecimiento de raíces (Kramer, 1983). Por su parte la habilidad de la raíz para encontrar espacio en el cual crecer o forzar su camino en el suelo, es a veces, el factor limitante más importante para el crecimiento de la planta (Russel, 1973). Estas limitantes son debido a condiciones de compactación a profundidades del suelo sobre el piso de arado, combinado con altas fluctuaciones del contenido de agua y temperatura del horizonte superficial del suelo,

puede resultar en una mayor vulnerabilidad del cultivo a la aireación y a un stress de humedad o nutrimentos (Materchera et al., 1993).

La compactación del suelo por debajo de la profundidad normal de labranza es de una creciente importancia, debido a sus efectos perjudiciales, consecuentes y persistentes (Blake et al., 1976; Voorhees et al., 1986).

La tendencia hacia el uso de maquinaria pesada, equipos de labranza y el tráfico vehicular sobre tierras agrícolas a incrementado no solo la severidad, sino además la profundidad a la cual ocurre la compactación del suelo (Hakansson, 1982 citado por Materchera et al., 1992).

El excesivo laboreo incrementa la compactación, esto es particularmente cierto por los frecuentes pases de rastra cuando las condiciones de humedad del suelo no son ideales. La labranza mecanizada puede causar un severo impedimento mecánico al crecimiento de la raíz en suelos altamente erosionados, y el sistema de no-labranza por si solo, no puede ser usado satisfactoriamente en suelos compactados (Lal, 1986 citado por Benites y Ofori, 1993).

La compactación debajo de las ruedas de maquinaria agrícola se extiende más allá de la profundidad normal de las labranzas y localmente puede ser mayor o menor que el producido en la superficie de contacto (Koolen, 1994).

## **2.16 Prácticas para recuperar y mantener la fertilidad del suelo**

Un requisito previo para una agricultura sostenible es el mantenimiento de la fertilidad del suelo. A largo plazo, la agricultura es necesaria para producir alimentos de buena calidad, tanto para las necesidades humanas y la ganadería, sin menoscabo de la fertilidad del suelo. El cultivo continuo y el cultivo de cereales han llevado al agotamiento de la fertilidad del suelo, el deterioro de la estructura del suelo, una menor actividad biológica beneficiosa (Haas et al 1957.; Dalal y Mayer, 1986a) (So et al 1988.), aumento de la incidencia de enfermedades y plagas, y con

frecuencia a un aumento de la erosión del suelo (Lal 1989). La disminución en los resultados de la fertilidad del suelo en el rendimiento de los cultivos y de la calidad, principalmente por la menor oferta de nutrientes de la materia orgánica del suelo. Entonces, literatura citada, menciona que la incorporación de fertilizantes y abonos orgánicos (estiércoles y compostas) con fines de bioremediación de suelos agrícolas es una práctica que ha recuperado importancia en los últimos años a nivel mundial (Pansu et al., 1998; Ruiz, 1996; Adbel et al., 1994), el manejo de los abonos a sido tradicionalmente utilizado por los agricultores de pequeñas extensiones de tierra, incorporando directamente materiales orgánicos (estiércoles, desechos domésticos de frutas y verduras, desechos agrícolas verdes y secos) a su agrosistema.

Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intensivo para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Castellanos, 1982).

La materia orgánica es de importancia para el suelo, no solo como fuente de nutrientes, sino también porque aumenta la capacidad de intercambio catiónico (Jorge, 1986). Uno de los abonos orgánicos que ha sido más estudiado en los últimos años es la composta. Se ha comprobado que mejora una gran cantidad de características del suelo como la fertilidad, la capacidad de almacenamiento de agua, la mineralización de nitrógeno, el fósforo y el potasio, mantiene valores de PH óptimos para la agricultura, evita cambios extremos en la temperatura, fomenta la actividad microbiana y controla la erosión. Los efectos mencionados permiten mejorar los suelos agrícolas, incluyendo los suelos de zonas áridas y semiáridas, que en general presentan pobreza de fertilidad, materia orgánica, nutrimentos, capacidad de retención de agua y PH alto. (FAO, 1991; Trueba, 1996; Ruiz, 1996). Desde el punto de vista económico es atractivo su uso, ya que el costo a granel de composta representa aproximadamente el 10% menos que el uso de fertilizante químico (Trapaga y Torres, 1994).

El uso de mejoradores de suelo puede ser una buena alternativa de manejo de suelo para disminuir en el mediano y largo plazo el uso de energía o sustituir el

laboreo mecánico para obtener una buena estructura del suelo, capturar y mantener carbono en el mismo por más tiempo evitando el aumento de su flujo a la atmosfera. Al utilizar mejoradores de suelo se crea un ambiente favorable para las raíces, mejorando así la estructura del suelo, aeración y la capacidad de retención del agua (Corley, 1984).

El uso de mejoradores orgánicos de suelo como complemento o en algunos casos sustitución del laboreo mecánico contribuye al manejo sostenible del suelo; la materia orgánica afecta las propiedades físicas y químicas del suelo entre otras: estructura del suelo, la capacidad de almacenamiento de agua, diversidad y actividad de organismos en el suelo (Bot y Benítez, 2005).

De acuerdo con Bronick y Lal (2005), cualquier práctica de manejo en que se evite el corte y manipulación del suelo y se promueva su productividad, resultará en una mejora de su agregación y su desarrollo estructural. El uso de mejoradores de suelo (incorporación de materia orgánica) mantiene una buena estabilidad de agregados que permiten la retención del carbono por más tiempo en el suelo, disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub> desde el suelo a la atmosfera; también los agregados estables mantienen una buena estructura y porosidad (Cooperband, 2002; Bronick and Lal, 2005). El uso de mejoradores de suelo puede ser una buena alternativa para disminuir el uso de energía o sustituir el laboreo mecánico para obtener una buena estructura del suelo, capturar y mantener carbono en el mismo por más tiempo evitando el aumento de su flujo a la atmosfera.

En la comarca lagunera de Coahuila, la aplicación de estiércol de bovino en la agricultura es de uso frecuente debido a que es un abono de baja concentración y un mejorador de suelos; además, es de acción completa ya que contiene elevadas cantidades de nitrógeno, potasio, calcio y como humus mejora las cualidades higroscópicas del suelo. Como enriquecedor mineral, el estiércol de 25 vacas durante un año equivale a 1300 kg de fertilizante, suficiente para 19 ha de maíz (Castellanos, 1982).

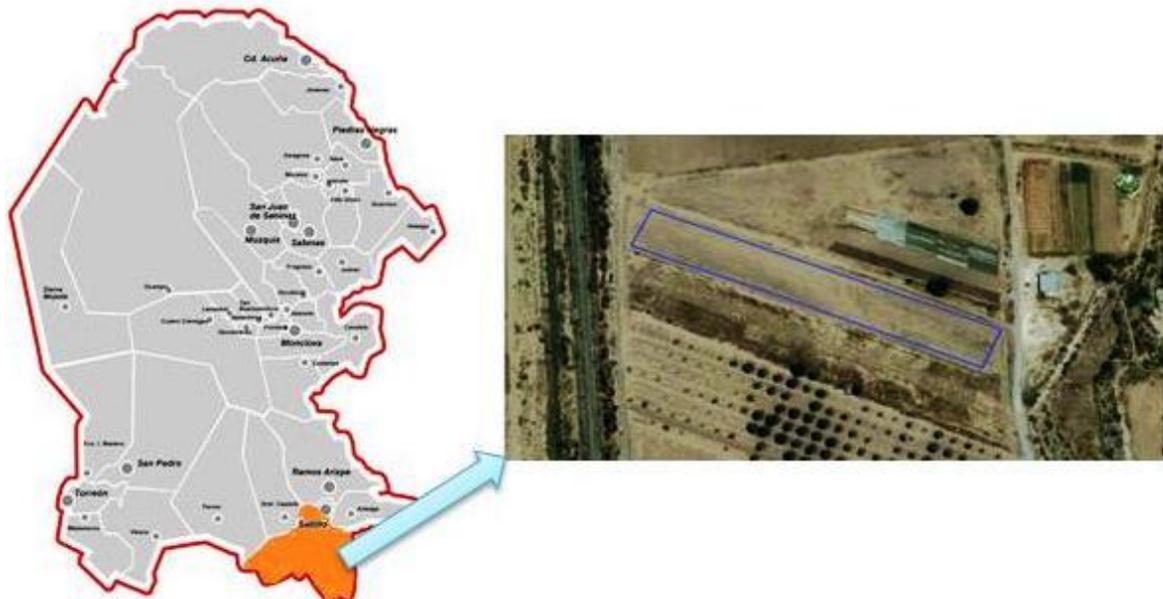
En cuanto el uso de abonos orgánicos a nivel mundial, cerca de 15.8 millones de hectáreas son manejadas de manera orgánica y es factible pensar que todas realizan aplicaciones de abonos orgánicos como la composta. Latinoamérica ocupa el tercer lugar a nivel mundial en superficie de producción orgánica después de Oceanía y Europa (Willer y Yussefi, 2001). Una de las bondades de la composta en su aplicación a todo tipo de suelo con potencial agrícola, resulta del hecho de que proporciona al mismo los nutrientes y propiedades físico-químicas que son alteradas por las labores culturales propias de la agricultura. Los resultados muestran un incremento en el rendimiento y calidad de los productos cosechados (Valdtighi et al., 1996; Vodtmann y Frike, 1989), una mayor disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio y una mejora general en las características físicas del suelo (Bernal et al., 1998; Minna y Jorgensen, 1996).

Otra práctica es la rotación de cultivos basados en leguminosas, las leguminosas de grano, la fertilización con N y la no-labranza, fueron comparadas en su eficiencia para restaurar o mantener la fertilidad del suelo y sostener el rendimiento y la calidad del trigo en los suelos de brigalow con reducida fertilidad ubicados en Warra al oeste de Darling Downs. La rotación de cultivos con pasturas basadas en leguminosas anuales o perenes, con o sin gramíneas, proporciona una opción útil para restaurar la fertilidad del suelo (Dalal et al. 1986).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización del sitio experimental

Se localiza en el campo experimental de Buenavista (bajío), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuyas coordenadas geográficas son 250° 23' latitud norte y 1010° 01' longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 1743m en el Municipio de Saltillo, Coahuila.



**Figura 6: Ubicación del sitio experimental.**

##### 3.1.1 Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificado por García (1973), el clima de Buenavista es "Bsohw", que significa muy árido, semicálido, con régimen de lluvias de verano e invierno seco y extremo.

La precipitación media anual de 200 a 400 mm en la región de Saltillo, Coahuila, México (SARH, 1988). La temperatura media anual es de 17.1° C con fluctuación en la media mensual de 11.6° C, como mínima y 21.7° C como máxima,

la estación más lluviosa es en el verano, estableciéndose el temporal en Junio y terminando en Septiembre, el mes más caluroso es regularmente Julio.

### **3.1.2 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 la geoforma valle. Por lo general los materiales más finos se encuentran en las partes más alejadas del valle, esto es debido por su tamaño, por la facilidad de ser arrastrado.

### **3.1.3 Vegetación**

La mayor parte de la superficie está cubierta por vegetación inducida, siendo aproximadamente de 18 Has. de frutal como nogal y 11 Has. está ocupado con cultivos de riego.

## **3.2 Metodología**

### **3.2.1 Sistema de labranza, mediciones y análisis**

El experimento se llevó a cabo en los meses de Enero a Septiembre del 2011, el seis de enero primeramente se realizó la preparación del sitio experimental con labranza convencional, aplicando en la semilla el mejorador de suelo Micorriza durante la siembra, para el día 24 del mismo mes se aplicó los demás mejoradores: composta y alga enzimas, quedando una subparcela sin mejorador, la cual sirvió como testigo.

Se trabajó en 9 lotes de 40m X 12m con labranza convencional, cada lote dividido en cuatro parcelas, para la aplicación de los mejoradores de suelo (Micorriza, Composta Miyaorganic y Algaenzimas) y la parcela testigo sin mejorador; cada tratamiento de mejoradores fue repetido tres veces como se muestra en la Figura No. 7. En todos los tratamientos se estableció como cultivo avena forrajera (Avena Sativa). Usando una dosis de 1kg/ha para Micorriza, 1lts/ha de Algaenzimas y 3Ton/ha en composta

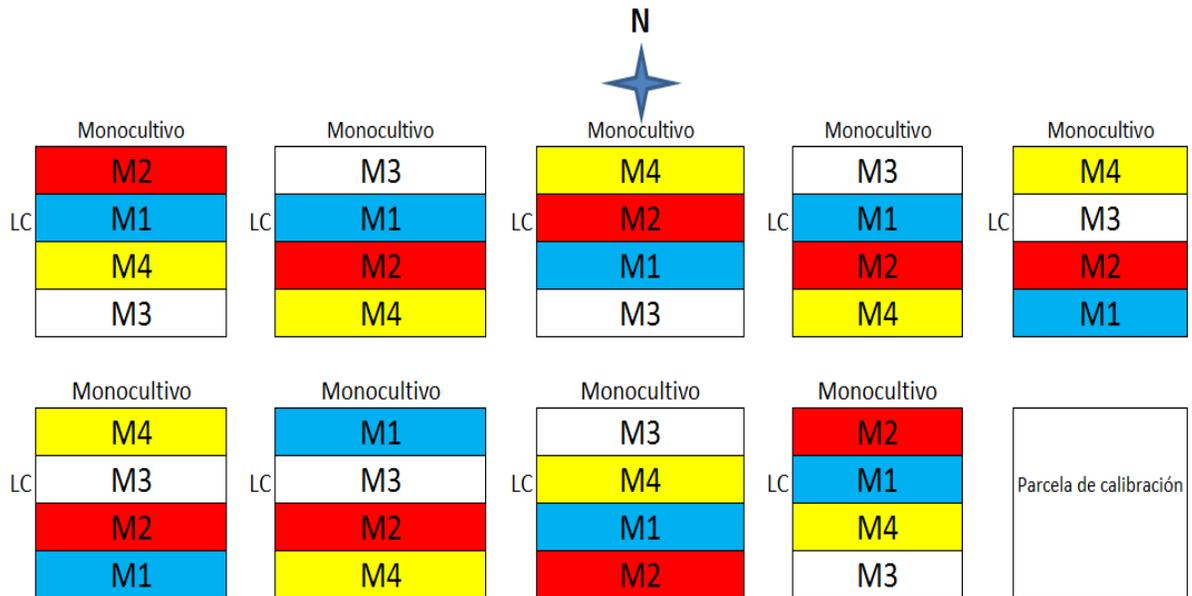
Se utilizó un diseño de bloques al azar mediante un análisis de muestras repetidas tomadas al final de la cosecha para el análisis de las variables en dos profundidades, de 0-15 cm y de 15 a 30 cm. Con una barrena de extractor de núcleos.

Posteriormente se prepararon las muestras y fueron llevadas a los laboratorios del departamento de suelos que son: pedología (se determino MO), los datos obtenidos se ocuparon para la determinación de N total y laboratorio de vinculación (determinación de P y K)

Se analizaron y compararon estadísticamente todos los datos de los mejoradores y el testigo en el software R versión 2.13.1.

Los tratamientos se representaron como: M1, M2, M3 y M4 donde: M1 = Micorrizas, M2 = Composta Miyaorganic<sup>®</sup>, M3 = Testigo y M4 = Alga enzima.

### 3.2.2 Esquema del arreglo experimental



**Figura 7: Ubicación de las parcelas al azar.**

**M1** = Micorrizas

**M2** = Composta Miyaorganic<sup>®</sup>

**M3** = Testigo

**M4** = Alga enzimas

**LC** = Labranza convencional

### 3.3 Análisis de propiedades químicas (N, P, K)

Para las determinaciones de los macroelementos, se prepararon las muestras tamizadas a 2 mm., luego fueron llevadas a los laboratorios de pedología en el departamento de suelos para determinar MO y laboratorio de vinculación para la determinación de N, P y K. Se utilizó los siguientes métodos:

### **3.3.1 Determinación de Nitrógeno por el método de Kjeldahl**

La digestión de una muestra de suelo con ácido sulfúrico concentrado convierte al nitrógeno orgánico en sulfato de amonio. Este producto es transformado en amoniaco gaseoso, por destilación con el hidróxido de sodio, y recibido en una solución de ácido bórico. La solución resultante (borato de amonio) es finalmente titulada con una solución valorada de ácido y un indicador apropiado.

### **3.3.3 MATERIALES**

- Balanza analítica.
- Aparato digestor Kjeldahl, (digestión y destilación).
- Matraces Kjeldahl de 600-800ml.
- Perlas de vidrio, parafina.
- Bureta de 25-50ml (preferentemente automática).
- Probeta de 50, 100 y 400ml.
- Matraces Erlenmeyer de 200-300ml.

### **3.3.4 REACTIVOS**

- Ácido sulfúrico concentrado.
- Hidróxido de sodio (sosa caústica)
- Solución de ácido bórico.
- Indicador mixto para nitrógeno.
- Solución titulada de ácido clorhídrico 0.1N.
- Mezcla digestora o catalítica; incluye  $\text{CuSO}_4$  (20grs),  $\text{HgO}$ (3grs) y 1gr de suelo. Una parte de esta mezcla se incorpora en 20 partes de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro.

### 3.3.5 PROCEDIMIENTO

#### A. Digestión

1. Pesar 10gr de suelo molido proveniente de la muestra final tamizada a 2mm. Correr simultáneamente el blanco o testigo, usando papel filtro. La muestra ya pesada se coloca en el fondo del matraz.

2. Añadir 5gr. de mezcla digestora (reactivo selenio) y 25ml de ácido sulfúrico concentrado.

3. Agregar 6-7 perlas de vidrio (catalizador).

4. Encender las parillas eléctricas y empezar a calentar, asegurándose que los gases producidos son expulsados convenientemente hacia el exterior, o poner a funcionar la bomba extractora.

5. Mantener la digestión hasta que el contenido del matraz quede de color claro (sin muestras de carbón) debe de quedar una pasta de color blanca, el proceso no tiene un tiempo determinado por lo general en un promedio de una hora.

6. Una vez terminada la digestión, apagar el digestor y tapar con un frasco los matraces para dejar enfriar.

#### B. Destilación

1. Añadir al matraz Kjeldhal frío 300 ml de agua destilada y mezclar vigorosamente hasta una disolución completa.

2. Añadir al matraz Kjeldahl, unos 10 gr de granilla de zinc, 6-7 perlas de embullición, un poco de parafina para evitar el exceso de espuma durante el proceso de destilación. La granilla de zinc y las perlas es para evitar que la destilación sea violenta.

3. Medir 100 ml de la solución de ácido bórico y vaciarlo en cada uno de los matraces Erlenmeyer de 500ml. que se va a emplear, añadir 8 gotas de indicador

rojo (mixto) en cada matraz y colocar en el tubo terminal del destilador, asegurándose que este quede sumergido en la solución, haciendo resbalar el agua sobre las paredes exteriores del matraz. Para evitar toda agitación, ya que se produce una reacción exotérmica.

4. Conectar el matraz en el destilador, se verifico las uniones. Antes de empezar la destilación, se agita el matraz con ambas manos, sin dejar de apretar el tapón, durante algunos segundos. Descansarlo sobre la parrilla y apretar las pinzas al matraz, abrir la llave del agua refrigerante.

5. Encender la parrilla y calentar a ebullición hasta que se obtenga unos 300ml del destilado. Se tiene que vigilar en todo el tiempo la destilación.

6. El matraz que recibe la destilación se tiene que retirar antes de apagar la parrilla ya que al interrumpir el calentamiento el líquido del matraz receptor puede devolverse por el tubo destilador y por lo que trae como consecuencia que la destilación fracase.

Nota: Durante la destilación se puede ver que la solución del matraz Erlenmeyer cambia de color rojo a azul al neutralizarse con el ácido bórico con el amonio que se desprende, esta forma un sal de carácter básico "Borato de amonio (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>."

### **C. Titulación.**

El destilado recogido en el matraz Erlenmeyer se titula con ácido clorhídrico valorado a 0.1N, hasta obtener el cambio brusco del indicador (pasa de color Azul a Rojo claro) anotar el numero de ml. Del acido consumido de igual forma se usa el blanco para comparar resultados y hacer los cálculos.

Cálculos

Para realizar los cálculos tenemos la siguiente formula:

$$\%N_{Total} = \frac{NHCl(ml. Gastado) * NHCl * meq. N * 100}{grs. Suelo}$$

Para la normalidad de:

$$NHCl = \frac{0.0351gr}{(4.3ml)(0.053)} = 0.154$$

$$PE = \frac{14.1Eq}{1000} = 0.014$$

Quedando la formula de la siguiente forma:

$$\%N_{total} = \frac{NHCl(ml. Gastado) * NHCl(0.154) * meq.N(0.014) * 100}{grs. Suelo(10)}$$

**Tabla 3: Clasificación de los suelos según el contenido de nitrógeno.**

<b>Niveles</b>	<b>% de N</b>	<b>Kg/Ha de N</b>
<b>Extremad/te pobre</b>	menos de 0.0500	menos de 1125
<b>Pobre</b>	de .050 - 0.099	1125 - 2227
<b>Mediana/te pobre</b>	de 0.100 - 0.149	2250 - 3350
<b>Mediano</b>	de 0.150 - 0.199	3375 - 4477
<b>Medina/te rico</b>	de 0.200 - 0.249	4500 - 5602
<b>Rico</b>	mas de 0.250	más de 5625

### 3.4 Determinación de Fosforo por el método de Oslen

Para el método de Oslen es recomendable en suelos con un pH mayor a 7.

Fundamento. El método se basa al reducir el ácido fosfomolibdico con el cloruro estanoso se forma azul de molibdeno, cuya intensidad del color es proporcional a la concentración de fosforo, el contenido de  $P_2O_3$  se cuantifica comparando, a través de un colorímetro o un fotoelectrocolorímetro, el color de las soluciones analizadas con el de los patrones.

#### 3.4.1 Materiales:

1. Un fotocolorímetro con filtro rojo de 650ml.
2. Matraz volumétrico 100ml.
3. Matraz Erlenmeyer de 125ml.
4. Pipeta volumétrica de 25ml.
5. Vaso de precipitado de 50ml.
6. Tubo Fisher o de fotocolorímetro.
7. Embudo de papel filtro.
8. Bicarbonato de sodio 0.5m (se disuelve 42gr de  $NaHCO_3$  en agua destilada y ajustar el volumen a 1lts; llevar el pH a 8.5 con la solución de  $NaHCO_9$  concentrado).
9. Acido clorhídrico 1:1 (solución con igual cantidad de agua destilada y acido clorhídrico).
10. Solución cloromolibdica de mobjdato de amonio puro  $(NH_4)_6MO_7O_{24}H_{20}$  en 300ml. de agua destilada, mezclar con 600ml de HCl concentrado y dejar enfriar, ajustar a 1 litro y guardar el frasco ámbar.
11. Indicador 4 para – nitrofenol, al 25% de agua destilada.

12. Cloruro estanoso (disolver 10gr de  $\text{SnCl}_2$  en 75ml de HCl concentrado; guardar en frasco ámbar).

13. Carbón activado libre de fosforo.

### 3.4.2 Procedimiento

#### 1. Extracción

La solución de  $\text{NaHCO}_3$  0.5M a pH de 8.5 disuelve cantidades de P parecida a la extraídas por las plantas, según lo comprobó Oslen. La muestra debe estar tamizada y secada al aire.

a) Pesar 2.5 gr de suelo y vaciarlo en un matraz Erlenmeyer, añadiendo 50ml de la solución de bicarbonato de sodio y una cucharada de carbón activado.

b) Ponerlo en el agitador mecánico durante 30min.

c) Filtrar a través del papel filtro.

#### 2. Determinación.

Desarrollo del color y comparación; la formación de un color azul establece al reaccionar el P extraído con el molibdato, en presencia del  $\text{SnCl}_2$ , servirá para cuantificación del P.

1) Medir 20ml, colocarlo en un matraz de Aforación de 100ml.

2) Añadir una gota del indicador p-nitrofenol. Eliminar el exceso de gases con agitación.

3) A la mezcla decolorada se le añaden 10ml del reactivo de molibdato de amonio.

4) Llevar al volumen con agua destilada.

5) Agregar una gota de  $\text{SnCl}_2$  (reactivo de la reducción). La aparición de un color azul indica la presencia de P.

6) Mezclar muy bien el contenido del matraz y esperar 5min para que el color azul se desarrolle completamente.

7) Leer en la foto colorímetro con filtro rojo de 650 m, entre los 5 y 20min (existe un lapso útil de 15min). Las lecturas realizadas después de ese tiempo son erróneas.

Muestra testigo; es la que se corre sin fosforo siguiendo los pasos anteriores.

Curva de calibración.

Se prepara de una sal pura de potasio  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (fosfato mono potásico), tomando 0.2197gr de sal y aforando con agua destilada a 1000ml con agua destilada con un matraz volumétrico; teniendo una solución 10 veces concentrada (5ppm).

De la solución anterior se mide alícuotas para obtener las disoluciones del trabajo.

**Tabla 4: Datos para la curva de calibración.**

ml a tomar de la solución de 5ppm	Aforo con agua Destilada	Concentración final de las Soluciones patrón de trabajo
<b>0.5 ml</b>	100ml	0.025ppm
<b>1.0 ml</b>	100ml	0.05 ppm
<b>2.0 ml</b>	100ml	0.1 ppm
<b>4.0 ml</b>	100ml	0.2 ppm
<b>6.0 ml</b>	100ml	0.3 ppm
<b>8.0 ml</b>	100ml	0.4 ppm
<b>10 ml</b>	100ml	0.5 ppm

Las soluciones patrón sirve para situar los puntos que forman la curva de calibración, siguiendo el mismo procedimiento que para las muestras del suelo. Deben verificarse con frecuencia estos puntos de la curva, pues las condiciones de los reactivos y la operación pueden cambiar de un tiempo a otro.

**Tabla 5: Nivel de fertilidad de fosforo de un suelo agrícola.**

<b>Clasificación</b>	
<b>Niveles</b>	<b>Contenido de P</b>
<b>Extremadamente pobre.</b>	0---7kg/ha
<b>Pobre.</b>	8---14kg/ha
<b>Medianamente pobre.</b>	15---28kg/ha
<b>Mediano.</b>	29---56kg/ha
<b>Medianamente rico.</b>	57---89kg/ha
<b>Rico.</b>	85---112kg/ha
<b>Extremadamente rico.</b>	mas de 112 kg/ha

Fórmula para el cálculo de  $P_{total}$ .

$$P_{tot.} == \frac{Y - .00558}{0.5095} * 100$$

### **3.5 Potasio por el método absorción atómica**

El nombre de este método proviene por el nombre del equipo “Espectrofotómetro de absorción atómica”

#### **3.5.1 Materiales**

- 2.5 gr de suelo
- 1 cucharada de Carbón Activado
- 50 ml de Bicarbonato
- Papel filtro

#### **3.5.2 Procedimiento**

En un matraz de 500 ml se deposita 2.5 gr de suelo agregándole una cucharada de carbón activado y los 50 ml de bicarbonato de sodio, agitar hasta que ya no producir burbujas.

Poner a filtrar con papel filtro, para este caso utilizamos frascos de gerber.

Con una pipeta graduada se midió 20 ml del filtrado, posteriormente se vierte en un matraz de 100 ml, aforar con agua destilada.

Por último se pasa a medir con el aparato fotocolorímetro y anotar los resultados.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Después de haber realizado la determinación de las variables a evaluar durante el desarrollo del experimento, procedemos a someterlos a discusión para establecer la comparación de los resultados obtenidos después de establecer el experimento, para con ello realizar la comparación con la hipótesis planteada y así dar una conclusión.

Estos son datos a corto plazo, por eso se pretende que al final de cada ciclo de cultivo se de seguimiento para analizar los cambios en el tiempo y explicar sus causas y su impacto en el rendimiento del cultivo, y en el costo de producción. Se propone el establecimiento del cultivo por al menos cuatro ciclos.

##### 4.1 Resultados de análisis estadístico de los tratamientos en Nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm.

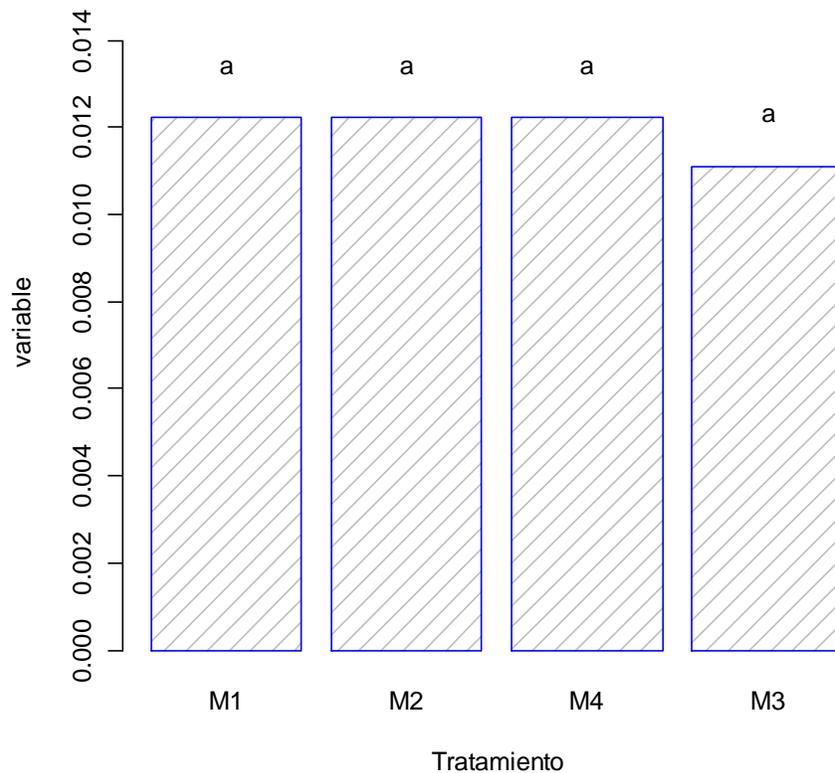
Los datos de nitrógeno en el suelo después del experimento nos permiten realizar una comparación para ver la variación con respecto al testigo a diferentes profundidades de los estratos.

Se realizó el análisis de la varianza y de diferencias de medias entre tratamientos con el test de Tukey al 5% de significación. Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 6: Datos de análisis de varianza y media para nitrógeno para la profundidad de 0-15cm.**

Tratamientos	Media	$\delta_{\text{error}}$	Grupos	No. repeticiones
Micorrizas (M1)	0.0122	0.00222	a	9
Miyaorganic(M2)	0.0122	0.00147	a	9
Testigo (M3)	0.0111	0.00260	a	9
Algaenzimas (M4)	0.0122	0.00222	a	9

Tratamientos con letras iguales pertenecen al primer rango estadístico e indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey al 5% de significación.



**Gráfica 1: Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Nitrógeno en profundidades de 0-15 cm.**

En la grafica 1 se puede observar que estadísticamente, los tres tratamientos en comparación con el testigo no hay diferencia significativa, pero numéricamente si, por lo que se interpreta que los tres mejoradores dan el mismo resultado y el testigo es inferior a los tratamientos.

De acuerdo a los niveles mostrados en la tabla 3 en donde se clasifican los suelos segun el contenido de nitrógeno, se puede decir que es un suelo arcilloso pobre en nitrogeno, trabajos similares (Morales 2004) dice que el nitrógeno disponible se encuentra en un nivel de 15 ppm, considerado como muy bajo, lo cual coincide con lo señalado por MONTENEGRO (1991), que menciona que aproximadamente un 45% del nitrógeno disponible en suelos rojo arcillosos (tipo de suelo de la Comuna de Lumaco), se encuentra por debajo de 19 ppm.

#### 4.2 Resultados de análisis estadístico de los tratamientos en Fosforo a la profundidad de 0-15 cm.

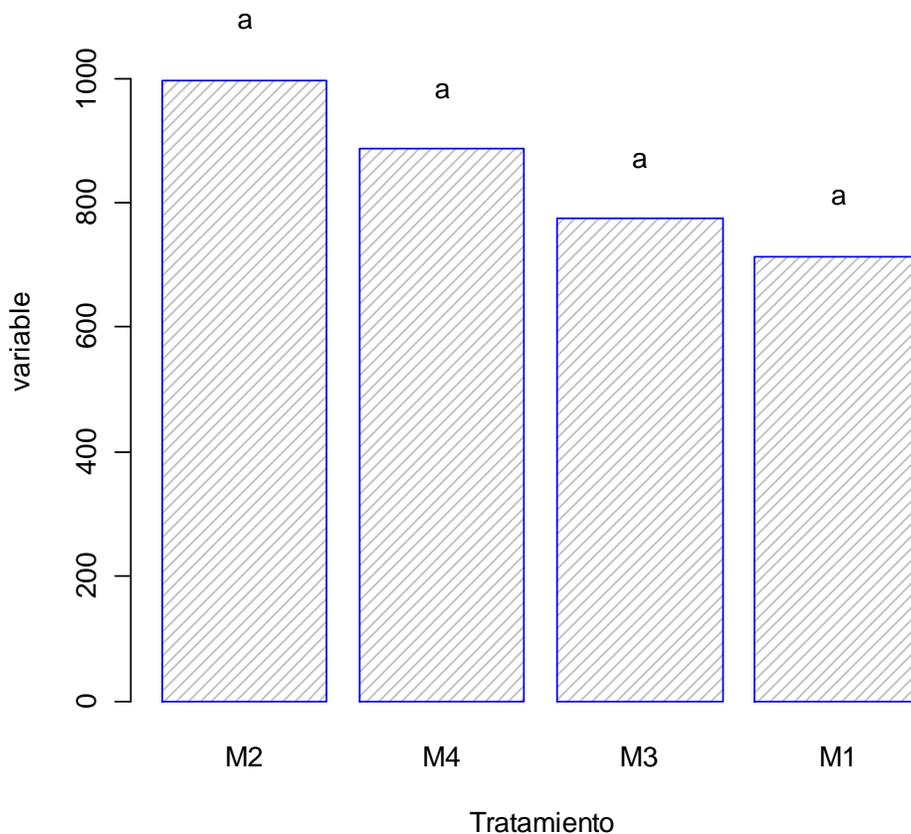
Para poder analizar se realizo una conversión con el método de Box.Cox.Power, para hacer la transformación de potencia mas apropiada de los datos en la gráfica de normalidad.

Para analizar los datos, se utilizó la prueba de comparación de medias con la prueba de diferencia significativa de Tukey, los resultados son los siguientes.

**Tabla 7: Resultados de análisis de varianza en contenido de fosforo a la profundidad de 0-15 cm.**

Tratamientos	Media	$\delta_e$	Grupos	No. repeticiones
<b>Micorrizas(M1)</b>	713.6	143.0	a	9
<b>Miyaorganic(M2)</b>	996.7	113.2	a	9
<b>Testigo(M3)</b>	773.7	158.2	a	9
<b>Algaenzimas(M4)</b>	886.8	128.7	a	9

Tratamientos con letras iguales pertenecen al primer rango estadisco e indican que no existe diferencia singnificativa en la prueba de Tukey al 5% de significacion.



**Gráfica 2: Efecto de los tratamientos sobre el contenido de fosforo en profundidades de 0-15 cm.**

Se observa en la grafica 2 que en los datos de Fosforo hay diferencia numéricamente, pero estadísticamente no hay diferencia significativa por lo que los tres mejoradores y el testigo están en el grupo “a”. Se puede decir que el mejorador Composta Miyaorganic es el que aportó mas cantidades de fosforo, posteriormente las Algaenzimas, luego el testigo, y por ultimo las micorrizas. Investigaciones similares pero con abono verde (Romero, 2010) establece que si existen diferencias altamente significativas para los tratamientos en comparación con el testigo.

### 4.3 Resultados de análisis estadístico de los tratamientos en Potasio a la profundidad de 0-15 cm.

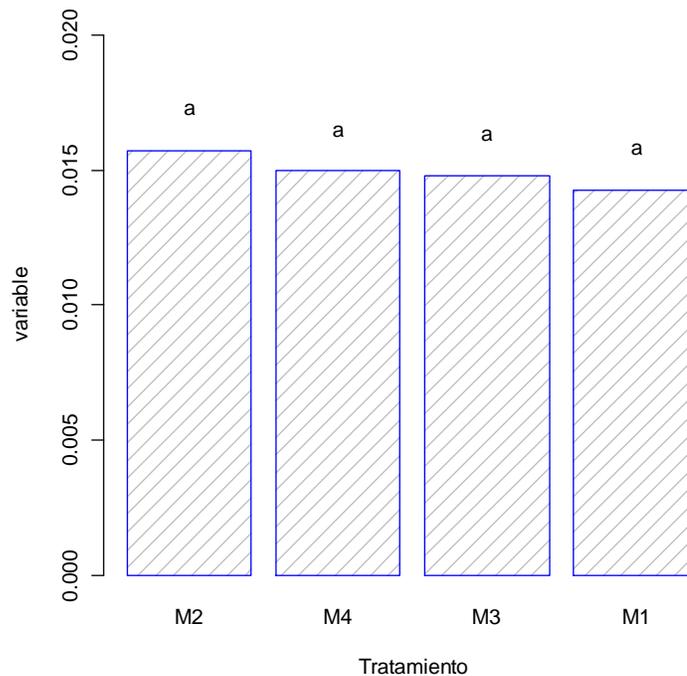
En el análisis de contenido de potasio tenemos una Media=0.0149 ppm y un CV= 10.16%, los resultados de los datos de los tratamientos y el testigo se muestran a continuación:

**Tabla 8: Resultados de análisis de varianza en contenido de Potasio a la profundidad de 0-15 cm.**

Tratamientos	Media	$\delta_e$	Rango	No. repeticiones
<b>Micorrizas</b>	0.0143	0.000646	a	9
<b>Miyaorganic</b>	0.0157	0.000715	a	9
<b>Testigo</b>	0.0148	0.000639	a	9
<b>Algaenzimas</b>	0.0149	0.000739	a	9

Tratamientos con letras iguales pertenecen al primer rango estadístico e indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey al 5% de significación.

Al graficar los datos nos generan la siguiente:



**Gráfica 3: Efecto de los tratamientos sobre el contenido de potasio en profundidades de 0-15 cm.**

En cuanto en la comparación del contenido de potasio en el suelo, como se interpreta la grafica 3, que estadísticamente no existe diferencia significativa, pero al comparar numéricamente se puede asimilar que si existe diferencia, por lo que se puede decir que interactúa mejor el mejorador composta, luego Algaenzimas, y por ultimo el testigo y la micorriza. De acuerdo con (Romero 2010) el análisis de varianza para la concentración de potasio (K) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos establece que no existen diferencias significativas para los tratamientos en un corto plazo.

#### 4.4 Analisis de N, P y K a la profundidad de 15-30 cm

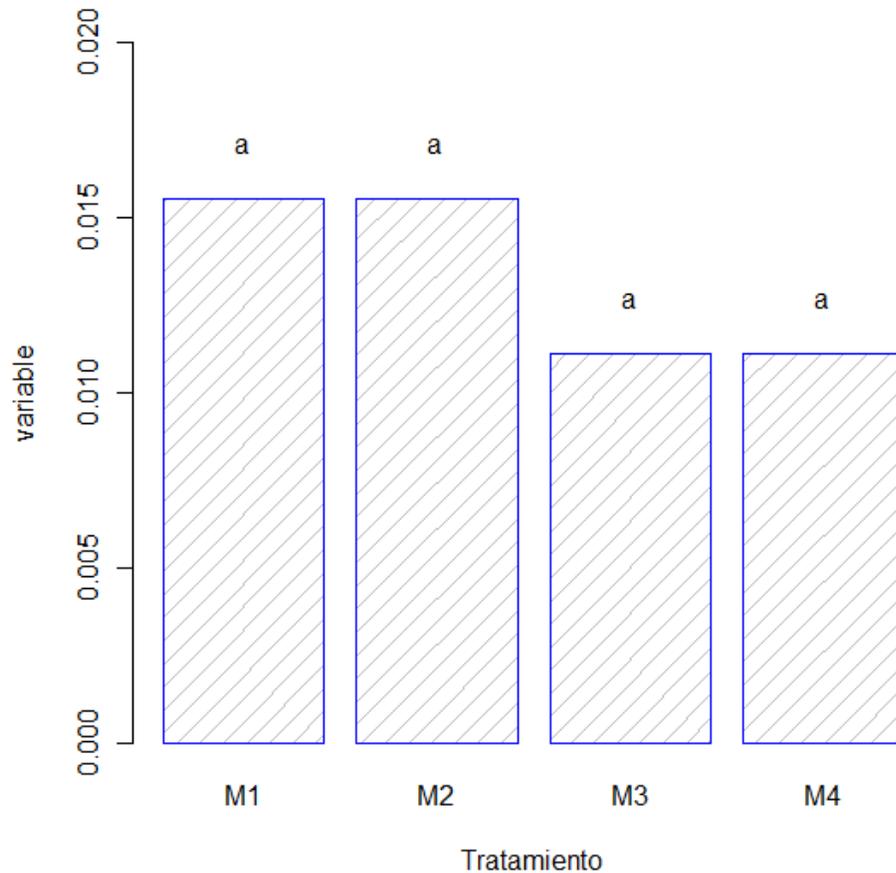
##### 4.4.1 Análisis estadístico de los tratamientos en Nitrógeno a la profundidad de 15-30 cm.

Para estos datos también se analizaron con el programa R.2.13.1 utilizando la prueba de comparación de medias con la prueba de diferencia significativa de Tukey y se obtuvo lo siguiente:

**Tabla 9 Datos de análisis de varianza y media para nitrógeno para la profundidad de 15-30 cm.**

Tratamientos	Media	$\delta_e$	Rango	No. repeticiones
Micorrizas	0.0155	0.00376	a	9
Miyaorganic	0.0155	0.00242	a	9
Testigo	0.0111	0.00111	a	9
Algaenzimas	0.0111	0.00200	a	9

Tratamientos con letras iguales pertenecen al primer rango estadístico e indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey al 5% de significación.



**Gráfica 4: Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Nitrógeno en profundidades de 15-30 cm.**

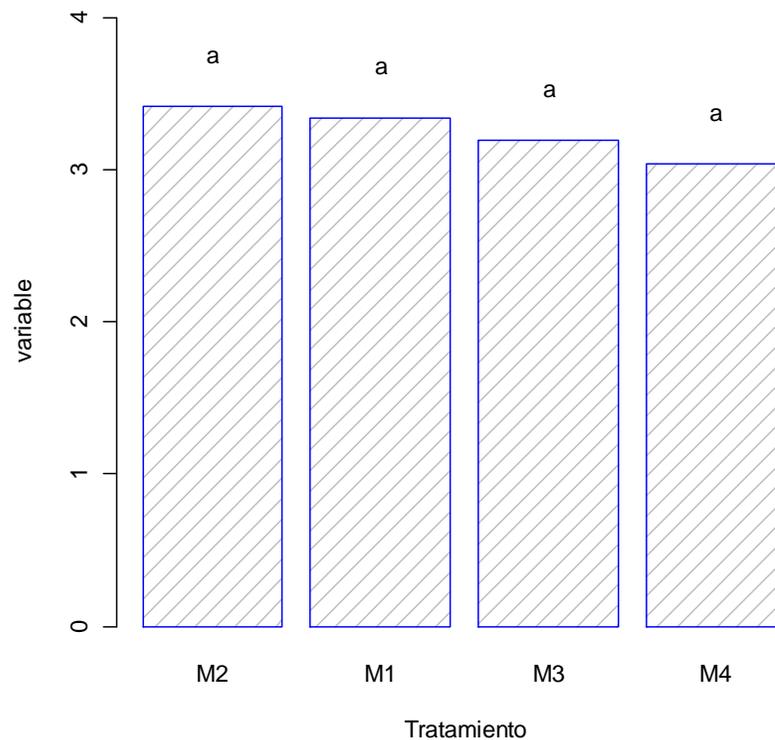
Como observamos en el Gráfico 4, el mayor promedio del contenido de nitrógeno (ppm) se logró con los tratamientos M1 Y M2 (Micorrizas y composta, respectivamente), recalando que la diferencia se expresa numéricamente, mientras que estadísticamente no existe diferencia significativa debido a que los tratamientos y el testigo se ubican en el rango “a”. Experimentos similares con (LOPEZ-MARTINEZ ET AL. 2001) que al evaluar abonos orgánicos (estiércol de bovino, caprino, gallinaza y composta) observó que fueron superiores al testigo, sin embargo no se registraron cambios significativos en PH, lo que indico que el efecto de los abonos orgánicos fue el aumento de Nitrógeno y Materia orgánica.

**4.4.2 Análisis estadístico de los tratamientos en Fosforo a la profundidad de 15-30 cm.**

**Tabla 10 Datos de análisis de varianza y media para fosforo para la profundidad de 15-30 cm.**

Tratamientos	Media	$\delta_e$	Grupos	No. repeticiones
<b>Micorrizas</b>	3.346	0.188	a	9
<b>Miyaorganic</b>	3.418	0.121	a	9
<b>Testigo</b>	3.194	0.067	a	9
<b>Algaenzimas</b>	3.039	0.158	a	9

Tratamientos con letras iguales pertenecen al primer rango estadístico e indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey al 5% de significación.



**Gráfica 5: Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Fósforo en profundidades de 15-30 cm.**

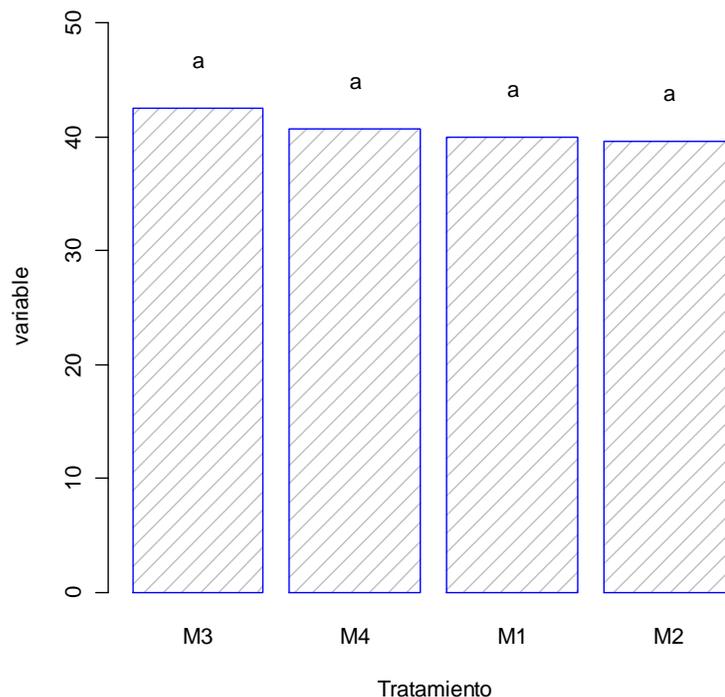
De la misma manera, en la grafica 5 se observa que numéricamente el mejorador composta interactúa en primer lugar, pero de acuerdo al análisis estadístico se interpreta que no hay diferencia significativa. El contenido de P en el suelo no se incrementó con los tratamientos en este trabajo, a diferencia de otros estudios de (VARGAS Y BRISEÑO 2003) concluyeron que los valores determinados en los suelos tratados fueron muy superiores al no tratado, lo cual indica que el contenido de fósforo disponible se incremento con respuesta a la aplicación de biofertilizantes.

#### 4.4.3 Análisis estadístico de los tratamientos en Potasio a la profundidad de 15-30 cm.

**Tabla 11 Datos de análisis de varianza y media para potasio para la profundidad de 15-30 cm.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b><math>\delta_e</math></b>	<b>Grupos</b>	<b>No. repeticiones</b>
Micorrizas(M1)	40.0	1.37	a	9
Miyaorganic(M2)	39.5	0.90	a	9
Testigo(M3)	42.5	2.02	a	9
Algaenzimas(M4)	40.6	1.67	a	9

Tratamientos con letras iguales pertenecen al primer rango estadístico e indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey al 5% de significación.



**Gráfica 6: Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Potasio en profundidades de 15-30 cm.**

Con los datos de la tabla 11 se formó la grafica 6, en la cual se muestra que numéricamente se posiciona con mayor contenido de potasio el testigo, esto quizá de deba a que en una profundidad de 15-30 cm los tratamientos no lixivian, en la parte estadística se sigue conservando que no hay diferencia significativa. En este caso se puede justificar que los tres tratamientos son inferiores al testigo, probablemente a la profundidad y además el potasio es uno de los nutrientes que se mueven lentamente en el suelo o que casi no se mueve en comparación con los otros dos nutrientes importantes (N y P). En Cambio otros autores (VARGAS Y BRISEÑO 2003) mencionan que en su experimento similar el mayor contenido de este elemento se detectó en suelos tratados con el fertilizante químico a niveles medio y alto de aplicación, debido a la rápida disponibilidad de este elemento en el compuesto químico utilizado. Sin embargo, los niveles de potasio presentes en los tratamientos biofertilizados a niveles medios y altos fueron elevados en comparación con el suelo no tratado (testigo).

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Los mejoradores de suelo son una alternativa para mejorar las propiedades físicas y químicas en suelos agrícolas. Esto permite predecir un mejor desarrollo del cultivo, teniendo en cuenta el método y tiempo de aplicación, propiedades del mejorador y del suelo.

Con base en los resultados de la comparación de medias entre tratamientos (Miyaorganic®; Algaenzimas®, Micorrizas, Testigo), se puede concluir que no se pudo apreciar un cambio significativo en los macroelementos del suelo, lo cual puede deberse al corto periodo de tiempo en el cual se realizó el experimento (un ciclo de cultivo).

En la profundidad de 15-30 en el tratamiento de composta Miyaorganic, se obtuvieron los valores mas altos de nitrógeno, fosforo y potasio comparado con los otros tratamientos, excepto el valor de nitrógeno, que fue igual al obtenido en el tratamiento con micorrizas.

La aplicación de biofertilizantes produjo un efecto positivo en la disponibilidad de fósforo y potasio, con valores numéricos medios a altos en comparación con el testigo, y el mejor comportamiento lo refleja la Composta Miyaorganic.

De la misma manera en las profundidades de 15-30cm sigue aportando el mejorador composta Miyaorganic numéricamente mas nutrientes de nitrógeno y fosforo, excepto en potasio se ubica en el ultimo lugar.

En función de los resultados obtenidos por la comparación de medias entre las profundidades de muestreo, tampoco existe diferencia significativa del suelo entre las profundidades de 0 – 15 cm y 15 – 30 cm.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda evaluar los tratamientos a corto, mediano y largo plazo, para que estos puedan tener mayor efecto sobre el suelo.
- Es recomendable que los tratamientos se incorporen a las diferentes profundidades a las cuales se van a obtener las muestras, para realizar la comparación entre profundidades.
- Se recomienda realizar la aplicación de los mejoradores de suelo en épocas de lluvias o bajo sistemas de riego, debido a que son productos que pueden trabajar por hidrólisis.
- Se recomienda realizar más investigaciones sobre estos mejoradores de suelo, debido a que son nuevos en el mercado; además, de contener nutrientes esenciales para las plantas, ya que además de mejorar los macroelementos del suelo sirven para disminuir la densidad aparente y aumentar la porosidad del suelo.

## VI. LITERATURA CITADA

- Aguirre M., J. F.; Irizar G., M. B.; Duran P., A.; Grajeda C., O. A.; Del Rio P., M. A.; Loredó O., C.; Gutiérrez B., Á. 2010. Los Biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México. Centro de investigación Regional Pacífico Sur; Campo Experimental Rosario Izapa Tuxtla Chico, Chiapas, INIFAP. Folleto Técnico No. 5. 9-19 pp.
- Altieri S.M.A. 1994. Bases agroecológicas para una producción Agrícola sustentable. *Agricultura Técnica* 54(49): 371-386.
- Aluko, O.B., and D.A. Seig. 2000. An experimental investigation of the characteristics of and conditions for brittle fracture in two-dimensional soil cutting. *Soil Tillage Res.* 57:143-157.
- Bollo, E. 1999. *Lombricultura: una alternativa de reciclaje*. Ecuador Soboc. 149 p.
- Bulluck, L.R.; Brosius, M.; Evanylo, G.K.; Ristaino, J.B. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology* 19: 147 - 160.
- Balandreau, J. and R. Knowles. 1978. The rizosphere. In: interactions between non- pathogenic soil microorganisms and plants. Y. R. Dommergues and S.V. Krupa (eds). Elsevier. The Netherlands. p. 243-268.

Bautista A., et al. 2004. Calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas* 13(2); 90-91.

Blaine Metting, William J. Zimmerman, Ian Crouch and Johannes van Staden 1990. *Agronomic Uses of Seaweed and Microalgae. Introduction to Applied Phycology*. pp.589-627. Ed. bv. The Hague, The Netherland (1990)

Botta, G; D. Jorajauría; H. Rossato; H. Spain; C. Ferrero. 2003. Perfil de compactación producida por el tráfico en un suelo bajo siembra directa. *Agrociencia* 19: 107-113

Bronick C.J. and R. Lal. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124: 3-22.

Calvet, M., Camprubí, A., Balada, A. y Morera, C. 1997. Utilization of arbuscularmycorrhizae for the production of citrus rootstock cultivars in spanish nurseries. Centre de coopérationinternationale en rechercheagronomiquepour le developpment (GIRAD). 5° Congreso Mundial de viveristas de cítricos. Montpellier, 5 - 8 de marzo de 1997. s.p.

Canales L. B. 1997. Las Algas en la Agricultura Orgánica. *Tierra* 17(3); 271-276.

Canales López, Benito. 1998. Algas-Enzimas: Posibilidades de su uso para Estimular la Producción Agrícola y mejorar los suelos. In: *Memorias*.

3er. Foro Nacional Sobre Agricultura Orgánica. Guadalajara, Jal., México. Nov. 1998. p.1-12.

Crouch and J. van Staden 1992. Evidence of the Presence of Plant Growth Regulators in Commercial Seaweed Products. Department of Botany, University of Natal, Republic of South Africa. Ed. Kluwer Academic Publishing. Printed in Netherlands.

Derspch, R. 2007. The no tillage revolution in South America. Farm Tech Proceedings 54-68.

Doran, J.W. & Y. Parkin. 1994. Defining soil quality for a sustainable environment. Soil Science Society of America. Special publication. Number 35. Madison, Wisconsin. USA

Eastman, B R ; Kane, P N ; Edwards, CA ; Trytek, L ; Gunadi, B ; Steimer, A L ; Mobley, J R . 2001 . The effectiveness of vermiculture in human pathogen reduction for USEPA biosolids stabilization. Compost-Science-and-Utilization 9:1, 38 - 49 .

Ferruzzi, C. 1987. Manual de lombricultura. Madrid. España. Ed. Mundiprensa. p. 138.

Fox, Bryan A. and Cameron, Allan G. 1961. Food Science, Nutrition and Health. Six Edition. Ed. Edward Arnold, a división of Hodder Headline PLC, 338 Euston Road, London NW1 3BH (1995).

- He, X.; Traina, S.J. and Logan, T.J. 1992. Chemical properties of municipal solid waste compost. *J. Environm. Qual.* 21:328-329.
- Hernández-Dorrego, A. 2000. Las micorrizas, [www.terraia.com](http://www.terraia.com) consultado en línea el 20 septiembre 2011.
- JEAVONS, J. 2002. Cultivo biointensivo de alimentos. *Ecologyactions of theMidpeninsula.Estados Unidos.* 261 p.
- Jeffries P., Barea J.M. 2001. ArbuscularMycorrhiza- a key component of sustainable plant-soil ecosystem. En Hock B (Ed.) *The mycota IX Fungal Associations.* Springer.Berlín, Alemania. pp. 95-113.
- Johnson, N. C., Tilman D. y Wedin D. 1992. Plant and soil controls on mycorrhizal fungal communities. *Ecology* 73: 2034-2042.
- Kale, R.D.; Mallesh, B.C.; Bano, K. and Bagyaraj, D.J. 1992. Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field. *Soil Biol. Biochem.* 24:1317-1320.
- Kapulnik, Y. and Okon Y., 2002. Plant growth promotion by rhizosphere bacteria. In: Waisel, Y., AEsshell and U. Kafkafi (Eds). *Plant roots.The hidden half.*Tird edition revised and expanded. Marcel Dekker, New York. p. 869-895.
- Larson, W.E. y Pierce, F.J. 1991. Conservation and Enhancement of Soil Quality.Evaluation for sustainable land management in the developing world. Bangkok, Thailand.

López D.A., Williams, R. M., Miehke, K. Mazana, J. 1994. Enzimas, Fuente de Vida. Fundación de Investigación Inmunológica (IERF), 1+822 Monticelo Place, Evanston, Illinois 60201 - 1748. Imprenta Weber Offset GmbH. D 80993 Munich. Ed. en español, EdikaMed, S.L. C/San Salvador 63-65. 08024 Barcelona, España. (1994).

López Mtz. Jose Dimas / Antonio Díaz Estrada / Enrique Martínez Rubin / Ricardo D. Valdez Cepeda, ABONOS ORGÁNICOS Y SU EFECTO EN PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO Y RENDIMIENTO EN MAÍZ. TERRA Latinoamericana, octubre-diciembre, año/vol. 19, número 004, Universidad Autónoma Chapingo, México pp. 293-299. (2001)

Loredo-Otsi. C., Beltrán S. L. y Peña del río A. 2007. Uso de biofertilizantes para la producción de maíz forrajero en condiciones de temporal. Folleto científico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de investigación del noreste. Campo Experimental San Luís. 60 pág.

Miller, F C. 1993. Minimizing odor generation. In Hoiting, H A J ; Keener, H M . Ed. Science and Engineering of composting: design, environmental, Microbiological and Utilization aspects. p. 219 - 241 .

Mustin, M .1987 . Le Compost, Gestion de la Matière organique. Paris, Editions François DUBUS C. 954 p.

- Martínez Lozano, Salomón Javier. 1995. Efecto de un Extracto de Algas y Varios Fitoreguladores sobre el Cultivo de Papa (*Solanum Tuberosum* L. var. *gigant*). Tesis Doctoral. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM).
- Mikkelsen J.P. (1974) Indvirkning af bly på jordbundens mikrobiologiske aktivitet. *Statens Forsogsvirksomhed I Plantekultur* 1173: 509-516.
- Miller, R. M. y Jastrow J. D. 2000. Mycorrhizal fungi influence soil structure. En: *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function* (Y Kapulnik y DD Douds Jr, eds), pp 3-18. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Miller, R. M. y Jastrow J. D. 2000. Mycorrhizal fungi influence soil structure. En: *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function* (Y Kapulnik y DD Douds Jr, eds), pp 3-18. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Morton, J. B. & Benny, G. L. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes) a new order, Glomales, two new suborders, Glominae and Gigasporinae, and two families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37: 471-491.
- Muller, L.; U. Schilinder, N.R. Fausey, R. Lal. 2003. Comparison of methods for estimating maximum soil water content for optimum workability. *Soil & Tillage Research* 72: 9-20

N O P. 2 0 0 0 .National Organic Program.Final Rule 7 CFR Part 205. Department of Agriculture. U S A.

National Resource Conservation Soil (NRCS). 2004. What is soil quality?.Unites States.Department Agriculture.[[http://soils.usda.gov/sqi/soil\\_quality/what\\_is/](http://soils.usda.gov/sqi/soil_quality/what_is/)]. Visitado el2/12/04.

P i c k e r i n g, J S ;K e n d l e, A D ;H a d l e y, P. 1 9 9 8 . The suitability of composted green waste as an organic mulch:effects on soil moisture retention and surface temperature. Acta Horticulture 4 6 9 : 3 1 9 - 3 2 4

Paneque, V. M., CALAÑA, J. M., 2004 Abonos Orgánicos, conceptos prácticos para su evaluación y aplicación. Folleto Técnico. Asociación Cubana de técnicos Agrícolas y forestales. La Habana, Cuba. 54 p.

Pérez Darniz, M.Y. 2008. Relación de la trabajabilidad con la curva de humedad y propiedades del suelo. Rev.Fac.Agron. (Maracay) 34:141-164.

Quiroga, A. & D. Funaro. 2003. Indicadores de Calidad de Suelos. E-campo.com.Agropecuaria en internet.

R y n k ,R .1 9 9 2 . On-farm composting handbook.Northeast Regional Agricultural Engineering Service.Cooperative Extension. N e w Yo r k .186 p.

Read, D. 1998. Plants on the web.Nature. 396; 22-23.

Read, D.J. Mycorrhiza. 1999. The state of the art. En: Mycorrhiza 2nd. (A. Varma y B. Hock, eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. p. 3-34.

- Remy W, Taylor TN, Hass H, Kerp H (1994) Four hundred- million-year-old vesicular arbuscularmycorrhizae.PNAS. USA 91: 11841-11843.
- Reyes, I. 1996. Asociaciones biológicas en el suelo: la micorriza arbuscular (MA). In: Fundamentos teórico-prácticos de temas selectos de la ciencia del suelo. Parte I. Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F., México.
- 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.
- S t a m a t i a d i s, S ; W e r n e r, M ; B u c h a n a n , M . 1 9 9 9 . Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito County, California) Applied Soil Ecology 12 :217-225.
- SANDOVAL J. 2003, Acondicionadores y mejoradores de suelo, ministerio de agricultura y desarrollo rural programa nacional de transferencia de tecnología agropecuaria – PRONATTA. Instituto colombiano agropecuario.
- Schippers, B., Bakker, A.W. and Bakker, A.H. M. 1987. Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. Ann. Rev. Phytopathol. 25: 339-358.

- Simon, L., Bousquet, J., Levesque, R. C. & Lalonde, M. 1993. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with land plants. *Nature* 363: 67-69.
- Soane, B.D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: A review of some practical aspects. *Soil & Tillage Research* 16: 179:201
- Swan J.B, N.S Eash and J.L Joedahl 1994. Long-term tillage effects on soil quality. *Soil y tillage Research*.32.
- Upendra, M.S., D.J. Jalal, W.B. Stevens. 2008. Soil carbon dioxide emission and carbon content as affected by irrigation, tillage, cropping system and nitrogen fertilization. *J. Environ. Qual.* 37:98-106
- Vacacela Q. V. 2001. Tipos de micorrizas. (Tesis- Maestria en Agroecología y agricultura sostenible), Facultad de Forestales y Agronomía, Universidad del pinar del Rio. Ecuador.
- Vargas C. Mary y Briceño Kain, EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE DESECHOS AGRÍCOLAS BIODEGRADADOS SOBRE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UN ALFISOL DEL PIEDEMONTE ANDINO. Programa de Ciencias del Agro y del Mar, Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po., Venezuela. 2003.