

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**



**ANTONIO NARRO**



**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA**

**EFFECTO DE LABRANZA Y MEJORADORES  
ORGÁNICOS EN LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DE  
UN SUELO FRANCO ARCILLOSO EN CONDICIONES  
SEMIÁRIDAS**

Por:

**VÍCTOR ALONSO VENTURA GÓMEZ**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Saltillo, Coahuila, México

Abril de 2014

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

**EFFECTO DE LABRANZA Y MEJORADORES ORGÁNICOS EN LAS  
PROPIEDADES BIOLÓGICAS DE UN SUELO FRANCO ARCILLOSO EN  
CONDICIONES SEMIÁRIDAS**

Por:  
**VÍCTOR ALONSO VENTURA GÓMEZ**

**TESIS**

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

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

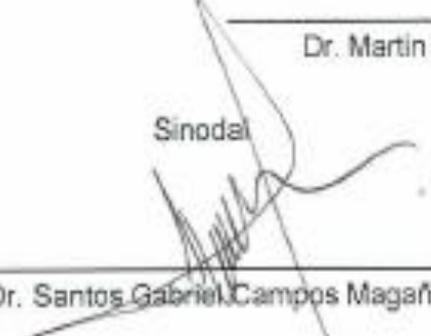
Aprobado por el comité de Tesis

Asesor principal:



Dr. Martin Cadena Zapata

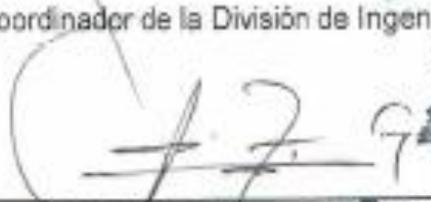
Sinodal

  
Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

Sinodal

  
Ing. Ariel Méndez Cifuentes

Coordinador de la División de Ingeniería

  
M. G. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinación de  
Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México, Abril 2014

## **DEDICATORIA**

A mis madres:

### **Gregoria Ventura Gómez Y Guadalupe Ventura Gómez**

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento mamas.

A mis abuelos:

### **Adelfo Ventura Ramos y Elida Gómez Coutiño**

Como un padre siempre te he visto y como una madre también, gracias a su sabiduría influyeron en mi la madurez para lograr todos los objetivos en la vida, es para ustedes esta tesis en agradecimiento por todo su amor, aunque a ti abuelita te debo todo en la vida y sé que fuiste más que una madre para mi yo sé que te has marchado de nosotros porque es parte de la vida irse en algún momento, pero es no importa porque siempre te llevo en mi corazón y sé que donde quiera que estés yo tengo tu amor.

### **A mis catedráticos.**

A mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi tesis.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad. Gracias por ayudarme a levantarme en mis fracasos, por aprender de ello y principalmente por permitirme realizar una de mis metas más importante de mi vida.

Le doy gracias a mis madres Gregoria y Guadalupe por apoyarme en todo momento, sobre todo por el gran amor incondicional que me brindan, por los valores que me han inculcado porque gracias a ellos han hecho un hombre de bien y por a verme enseñado a vivir la vida de una manera que no existe obstáculo más grandes que los propósitos y sueños que uno tenga en la vida.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por la oportunidad que me brindo en esta etapa de mi formación profesional y por las lecciones que aprendí en ella.

Agradezco a los catedráticos del departamento de maquinaria agrícola: Dr. Martin Cadena Zapata, Dr. Santos G. Campos Magaña, M.C. Héctor Uriel Serna Fernández, M.C. Juan Antonio Guerrero Hernández, M.C. Juan Arredondo Valdez, Dr. Jesús Valenzuela García, M.C. Tomas Gaytán Muñiz, Ing. Rosendo Martínez Garza, Dr. Blanca Elizabeth de la Peña. Solo me resta decirles gracias que siempre estuvieron ahí para transmitirme sus conocimientos y porque gracias a todos esos conocimientos tengo una formación como profesionista.

A mis amigos Mario, Marcos, Consuegra, Fredy y Ariel, quienes son no solo mis mejores amigos sino también mis hermanos, gracias porque estuvieron en las buenas y en las malas, también por todo el relax que a si amos juntos.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CUADRO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>ix</b>
<b>I.INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
1.1 Antecedentes .....	10
1.2 Identificación del problema.....	11
<b>II. HIPÓTESIS</b> .....	<b>12</b>
<b>III. OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
4.1 Sistemas de labranza .....	13
4.2. Importancia de la labranza cero con respecto a la materia orgánica .....	14
4.3. Clasificación de la Materia Orgánica .....	14
4.4. Desventajas de las labranzas en la parte biológica del suelo. ....	15
4.5. Importancia de algaenzimas en el suelo. ....	16
4.6. Importancia de la micorriza .....	17
4.7. Importancia de la composta en el suelo. ....	17
4.8. Meso, micro y macrofauna del suelo .....	18
4.9. Importancia de la meso, macro y microfauna en el suelo.....	18
4.10. Funciones de la meso y macrofauna en el suelo. ....	19
4.11. Interacciones biológicas en el funcionamiento del ecosistema edáfico. ..	21
4.12. La meso, macro y microfauna como indicador de suelo.....	21
4.13. Como influye un suelo húmedo y seco en la meso y macrofauna.....	22
<b>V. MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>23</b>
5.2. Distribución del sitio experimental .....	23
5.3 Determinación del contenido de Materia Orgánica.....	25

5.3.1. Procedimiento en campo .....	25
5.3.2. Procedimiento en laboratorio .....	25
5.3.3. Cálculos.....	26
5.4. Cuantificación de la meso y macrofauna del suelo. ....	27
5.4.1. Procedimiento en campo.....	27
5.5. Análisis estadístico .....	30
5.6. Modelo lineal .....	30
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>31</b>
6.1. Análisis para la variable materia orgánica con sus respectivas interacciones (Labranza, Mejorador, Profundidad, Rotación-Monocultivo) .....	31
6.2. Análisis para la variable de la meso y macrofauna del suelo con sus respectivas interacciones (Labranza, Mejorador, Rotación-Monocultivo) .....	37
<b>VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>44</b>
<b>IX. ANEXOS .....</b>	<b>51</b>

## ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 4.1. Clasificación de la MO en los suelos minerales y volcánicos...	15
Cuadro 6.1 Análisis de varianza con respecto al contenido de materia orgánica.....	31
Cuadro 6.2 Comparación múltiple de medias entre labranzas con respecto a materia orgánica.....	32
Cuadro 6.3. Comparación múltiple de medias entre mejoradores con respecto a materia orgánica.....	34
Cuadro 6.4. Comparación múltiple de medias entre rotación-monocultivo con respecto a materia orgánica.....	35
Cuadro 6.5. Comparación múltiple de medias entre profundidad con respecto a materia orgánica.....	36
Cuadro 6.6. Comparación entre labranzas con respecto al número de individuos de la meso y macrofauna en el suelo.....	37
Cuadro 6.7. Comparación entre mejoradores con respecto al número de individuos de la meso y macrofauna en el suelo.....	39
Cuadro 6.8. Comparación entre rotación-monocultivo con respecto al número de individuos de la meso y macrofauna en el suelo.....	40
Cuadro 6.9. Número de individuos en la distribución de los niveles taxonómicos de orden-clase de la meso y macrofauna en el suelo observados.....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Relación entre las actividades de la macrofauna, las características edáficas y la productividad vegetal.....	21
Figura 5.1. Arreglo de parcelas experimentales.....	24
Figura 5.2. Medición de los monolitos sobre la superficie del suelo.....	27
Figura 5.3. Frascos con los insectos y etiquetas.....	28
Figura 5.4. Muestras de suelo en el embudo de Berlesse-Tullgren.....	29
Figura 5.5. Análisis taxonómicos de los insectos.....	29
Figura 6.1. Grafica de materia orgánica con respecto a labranza.....	33
Figura 6.2. Grafica de materia orgánica con respecto a mejoradores.....	34
Figura 6.3. Grafica de materia orgánica con respecto al cultivo.....	35
Figura 6.4. Grafica de materia orgánica con respecto a profundidad.....	36
Figura 6.5. Grafica de individuos de la meso y macrofauna en el suelo con respecto a labranza.....	38
Figura 6.6. Grafica de individuos de la meso y macrofauna en el suelo con respecto a mejoradores.....	39
Figura 6.7. Grafica de individuos de la meso y macrofauna en el suelo con respecto a rotación-monocultivo.....	40

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar a mediano plazo el efecto de labranzas y mejoradores en los índices de calidad biológica del suelo materia orgánica (MO), meso y macro fauna del suelo. Se evaluó el efecto de tres sistemas de labranza: cero (**NL**), vertical (**LV**) y convencional (**LC**) en combinación con un cultivo de avena forrajera (*avena sativa*) y tres mejoradores; Micorriza (**M1**), Composta Miyaorganic (**M2**), Algaenzimas (**M3**) y un Testigo (**M0**) en un suelo franco arcilloso. El experimento se evaluó durante el periodo de otoño-invierno 2013 establecido bajo un arreglo experimental de parcelas divididas A (sistemas de labranzas) y B (mejoradores orgánicos de suelo) en una distribución de nueve lotes con dimensiones de 40 metros de largo por 12 metros de ancho, aplicando dosis de 1 kg Ha<sup>-1</sup> de Micorriza, 1 l Ha<sup>-1</sup> en Algaenzimas y 3 ton Ha<sup>-1</sup> de composta Miyaorganic. En la evaluación de MO se determinó por el método de Walkley y Black 1934 (oxidación parcial) donde las muestras de suelo se obtuvieron a dos profundidades P1 0-15 y P2 (15-30 cm), meso y macro fauna se obtuvo mediante dos métodos el de Ruiz *et al.*, 2008 y el método de embudo de Berlesse (1905) modificado por Tullgren (1918). Los resultados obtenidos mostraron que existe diferencia significativa con respecto a MO entre los sistemas de labranzas y profundidad; donde **NL** tuvo una media de 2.124% en comparación con **LC** 1.71% y **LV** 1.819% a las dos profundidades de muestreo, encontrándose que la mayor cantidad de MO está en la capa superficial del suelo ya que los datos lo demuestran que en P1 se obtuvo 1.990% en comparación de P2 1.778% de MO. En la variable con respecto a la meso y macro fauna en el suelo se encontró que no existe diferencia significativa entre labranzas, mejoradores y tipo de cultivo.

**Palabras clave:** Mejoradores orgánicos de suelo, sistemas de labranza, materia orgánica, meso y macrofauna del suelo.

# I.INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

Hoy en día el mal uso de las labranzas y el exceso de paso de maquinaria afecta y degradan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo teniendo deficiencias en el desarrollo radicular, absorción de nutrientes y pérdidas de microorganismos, en el desarrollo del cultivo.

Según SEMARNAT (2008), reporta las degradaciones de los suelos en México, encontrando 10.84 millones de hectáreas dañadas por degradaciones físicas del suelo, debido a la compactación por el excesivo laboreo con maquinaria agrícola, 34.04 millones de hectáreas dañadas por degradación químicas, reflejándose en la baja fertilidad de los suelo, la degradación física y química del suelo conllevan a pérdida de materia orgánica y micro organismos.

El laboreo del suelo, labranza o mecanización, son todas aquellas prácticas de manejo del suelo o del cultivo o explotación que tenga el mismo, que se realizan con máquinas que son los tractores o ya sea por tracción animal desplazándose sobre él (Jaramillo, 2002).

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

Según la FAO (2008), la macrofauna del suelo está compuesta por una gran diversidad de organismos que habitan en la superficie del suelo, en los espacios porosos y alrededor del sistema radicular. Todas las actividades fisiológicas de la macrofauna influyen directamente y regulan significativamente los procesos químicos y biológicos del suelo.

Bot y Benítez (2005), menciona que la aplicación de mejoradores orgánicos de suelo como complemento o en algunos casos sustitución del laboreo mecánico ayuda al manejo sostenible del suelo.

## **1.2 Identificación del problema.**

La organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación determinó que una de las principales causas de que se está deteriorando el suelo, se debe al mal manejo de los tipos de labranzas, por lo que hay un cambio negativo en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que se refleja en una baja productividad agrícola (FAO, 2000).

La labranza tiene como ventajas aumentar la porosidad y la aireación, alterando las propiedades físicas del suelo, pero a la vez causan un efecto negativo a la fauna del suelo, debido a los cambios que causan los implementos agrícolas en él mismo (Giasson, 2000).

La demanda de alimento para satisfacer las necesidades crecientes de la población humana a inducido a un permanente laboreo de los suelos cada vez más intensos por lo cual nos lleva a una pérdida continua de carbono orgánico o materia orgánica, produciendo daños severos en la parte biológica del suelo (Sierra y Rojas, 2002).

FAO (2008), menciona que la suficiencia de alimentación mundial depende de la agricultura y esto nos lleva a insumos químicos y a laboreos de los terrenos agrícolas cada vez más intensos para tener un mejor rendimiento en la producción. Pero no teniendo en cuenta que con el paso del tiempo viene a percutir, generando como problema principal, la deficiencia en las propiedades biológicas del suelo, por lo que se verá reflejado en la disminución de la productividad agrícola y cada vez elevara su costo de producción.

El tipo de uso de la tierra bajo el sistema convencional muestra los mayores problemas de degradación biológica del suelo al presentar una reducción en respiración basal, carbono de la biomasa microbiana y disminución de carbono orgánico del suelo (Mogollón *et al.* 2010)

## **II. HIPÓTESIS**

Cualquier sistema de labranza de conservación, vertical y cero, en conjunto con mejoradores de suelo y rotación de cultivo incrementan la calidad de las propiedades biológicas del suelo.

## **III. OBJETIVOS**

Determinar a mediano plazo el efecto de labranzas y mejoradores en los índices de calidad biológica del suelo como lo es la Materia Orgánica (MO) y Macro fauna.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Sistemas de labranza

La agricultura en México tiene una producción muy escasa y un cambio continuo de consumo conforme al crecimiento de la población, que obliga a tener una producción más alta y de mejor calidad obteniéndolos en base a cultivos cada vez más mecanizados, lo cual se refleja en la degradación de los suelos, que tienen como consecuencia un efecto irreversible como es el caso de la erosión, de tal modo que el avance tecnológico surge debido a la demanda de querer producir más intensamente sobre una unidad de suelo; esto ha implicado el requerimiento intenso de sistemas de labranzas y el abuso excesivo del uso de maquinaria agrícola, con la creencia de que entre más se disgrega el suelo mejor es su preparación para la producción de cultivos (Navarro *et al.*, 2000).

El laboreo del suelo, labranza o mecanización, son todas aquellas prácticas de manejo del suelo o del cultivo o explotación que tenga el mismo, que se realizan con máquinas que son los tractores o ya sea por tracción animal desplazándose sobre él (Jaramillo, 2002).

La labranza de conservación mejora y preserva el suelo, permitiendo reducir costos de producción por los menores usos de maquinaria. Pero la no labranza implica mantener las coberturas vegetales sobre el suelo en forma continua, para proteger de la erosión que causa la lluvia y los vientos, mantener la temperatura y humedad al interior de los suelos y favorecer la parte biológica del suelo multiplicándose los organismos que viven en el suelo (Romero, 2002).

La labranza de conservación a largo plazo en conjunto de una rotación de leguminosas, se sugieren como una alternativa viable para recuperar la fertilidad física, química y biológica del suelo. Este sistema ayudara a incrementar el contenido de materia orgánica, N y C orgánico, así como la biomasa microbiana, teniendo como resultado, a través del tiempo, una mejor fertilidad y agregación de los suelos (mora *et al.* 2001).

## **4.2. Importancia de la labranza cero con respecto a la materia orgánica**

Martínez (2003), menciona que en un suelo franco arenoso la labranza cero tiene como ventajas el aumento en el contenido de materia orgánica en un periodo de 7 años estabilizándose en un promedio cercano al 3.6% (MO) y a la vez teniendo influencia en la modificación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

La labranza cero en conjunto de un buen manejo de residuos de cosecha (rastros) en forma correcta, realizando el cortado o picado adecuado dejándolos sobre la superficie cubriendo el suelo, ayuda a reponer totalmente la capa arable en la cual tiende a mejorar los niveles apropiados de M.O, conservando más la estructura del suelo y previene caídas bruscas de nutrientes. (Lligier, 2000; citado por Gómez *et al* 2004).

Marin *et al* (2001), realizó un análisis del porcentaje de materia orgánica (MO), bajo las siguientes condiciones: suelo de textura arcillosa-limosa, con una rotación de cultivo de algodón-soya durante un periodo de más de 4 años, bajo 4 sistemas de labranzas (convencional, mínima, cero y cincel vibratorio). En el cual obtuvo como resultado que en la labranza cero y la labranza mínima se tiene un mayor porcentaje de (MO), en comparación con labranza convencional y cincel vibratorio ya que obtuvo 4.15% de MO en labranza cero y mínima, y el 3.8% de MO en labranza convencional y cincel vibratorio.

García (2007), realizó un estudio sobre la concentración de la MO a dos profundidades de 0-2 cm y 0-5 cm, en un periodo de 6 años en combinación de dos tipos de labranza. En el cual obtuvo un mayor porcentaje de MO en la labranza cero con 2.8% de 0-2 cm y 2.6% de 0-5 cm en comparación de la labranza tradicional con 1.9% de 0-2 cm y 2.0% de 0-5 cm de MO.

## **4.3. Clasificación de la Materia Orgánica**

SEMARNAT (2002), muestra los valores de referencia para clasificar la concentración de la Materia Orgánica en los suelos minerales y volcánicos como se presenta en el cuadro 2.1.

**Cuadro 4.1. Clasificación de la MO en los suelos minerales y volcánicos**

<b>Clase</b>	<b>Suelos volcánicos</b>	<b>Suelos no volcánicos</b>
<b>Muy bajo</b>	<4.0	<0.5
<b>Bajo</b>	4.1-6.0	0.6-1.5
<b>Medio</b>	6.1-10.9	1.6-3.5
<b>Alto</b>	11.0-16	3.6-6.0
<b>Muy alto</b>	>16.1	>6.0

#### **4.4. Desventajas de las labranzas en la parte biológica del suelo.**

El laboreo del suelo agrícola puede afectar hasta el 25% de la población de lombrices que habitan en el suelo y además, tiene otros efectos negativos indirectos sobre la población que sobrevive al laboreo, como el incrementar la temperatura superficial, reducir la humedad y el aporte de litter y acelerar la oxidación (descomposición) de los residuos de cosecha (Curry, 1998; citado por Jaramillo, 2002).

Las condiciones biológicas del suelo se ven afectadas o alteradas de acuerdo al uso excesivo de agroquímicos o ya sea por el uso continuo de los arados en los suelos (Huerta *et al.* 2007).

Marin *et al* (2001), realizó un estudio en el centro de investigaciones de la corporación colombiana de investigación agropecuaria, bajo las siguientes condiciones: suelo de textura arcillosa- limosa, con una rotación de cultivo de algodón-soya durante un periodo de más de 4 años, bajo 4 sistemas de labranzas (convencional, mínima, cero y cincel vibratorio). Analizó los datos bajo 3 factores que explicaron el 90% de la variancia total de la abundancia de la macrofauna, teniendo como resultado, que en los suelos no perturbados por la labranza y que presentaron coberturas de cosechas

sobre la superficie, se encontró mayor diversidad de insectos con un factor de 44% de abundancia en el cual habitan los arácnidos, coleópteros, lepidópteros y lombrices. En comparación donde se relacionó los sistemas de labranza que causaron mayor alteración al suelo (labranza convencional y cincel vibratorio), se encontró una menor diversidad, abundancia y biomasa de la macrofauna, con un factor del 26% de abundancia presentando baja densidad de población de lombrices, hormigas e himenópteros. En el sistema de labranza reducida (mulch tiller), presento un factor de 20.9% de abundancia de la macrofauna destacandose grupos como blattidos, isopodos, hemipteros, hormigas y dermapteros.

#### **4.5. Importancia de algaenzimas en el suelo.**

De acuerdo a los investigadores de la Universidad Antonio Narro, México, junto con los agricultores cooperantes encontraron que las algas marinas y sus derivados ayuda a incrementar el rendimiento de los cultivos de 1-3 t ha<sup>-1</sup> de maíz, trigo y arroz, entre otros cultivos, mediante el suministro de 1 a 3 L ha<sup>-1</sup> de Algaenzimas, también mejora el suelo, vigorizan las plantas e incrementa la calidad del producto (Canales, 2000).

Los mejoradores de suelo como lo es alga-enzima ayuda a incrementar la producción y mejora la calidad de los productos, como también favorecen las condiciones del suelo debido a la incorporación de materia orgánica (Canales, 2000).

Canales (2001), menciona que cuando el proceso de elaboración de los derivados de las algas marinas se ejecuta perfectamente, los microorganismos que con ellas habitan asociados, permanecen en estado visible y se esparce 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.

#### **4.6. Importancia de la micorriza**

En el instituto nacional de ciencias agrícolas en cuba, en un suelo ferralítico rojo lixiviado, se realizó una investigación en base a un cultivo de tomate en donde se aplicó micorrizas y concluyeron que ayuda a estimular positivamente el crecimiento de las plantas, también contribuyen al estado nutrimental de las mismas, generando incrementos en el rendimiento y en la eficiencia de la fertilización nitrogenada (Terry *et al.* 2005).

Barrer (2009), menciona que la micorriza son organismos que viven simbióticamente con la mayoría de las plantas aportándole beneficios como facilitar a la planta la toma de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo, evitando la acción de microorganismo patógenos en la raíz, aumentando la tolerancia de la planta a condiciones de stress abiótico en el suelo.

El uso de micorriza en la agricultura contribuye a mejorar el nivel nutricional de la planta lo que se ve reflejado en mayor cantidad de masa seca, crecimiento y área foliar de la planta. En el cual Barrer (2009), menciona que hay un alto porcentaje de que no sea bueno el monocultivo en algunos agroecosistemas, porque reduce la diversidad de hongos micorrizas en el suelo, lo que estaría causando una limitación de beneficio a la planta.

#### **4.7. Importancia de la composta en el suelo.**

La composta tiene reacciones positivas en el suelo, tales como: incremento en la actividad de la fauna del suelo, reducción de microorganismos patógenos (Bulluck *et al.* 2002).

López (2001), encontró en una evaluación de cultivo de maíz genotipo San Lorenzo en conjunto de cuatro tratamientos orgánicos a dosis de 20, 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> para bovino, caprino y composta, y 4, 8 y 12 t ha<sup>-1</sup> para gallinaza, y un testigo con fertilización inorgánica, que principalmente la composta con dosis de 20 a 30 t ha<sup>-1</sup>, son una alternativa para sustituir a la fertilización inorgánica ya que obtuvo casi el mismo rendimiento que con la inorgánica, obteniendo 5.66 t ha<sup>-1</sup> con la composta y el 6.05 t ha<sup>-1</sup> en la inorgánica teniendo resultado similares.

#### **4.8. Meso, micro y macrofauna del suelo**

La mesofauna del suelo está compuesta por invertebrados que tienen un tamaño de 0.2- 2 mm y de grandes artrópodos que pertenecen al grupo de transformadores de las estructuras orgánicas (las bolitas fecales). También se encuentran dentro de ellas las lombrices de tierra, termitas y en menor medida, las hormigas, que se les conoce como los "ingenieros del ecosistema" que crean diversos organomineral y que ayudan a modificar la estructura del suelo. La microfauna del suelo está formada por invertebrados que tienen un tamaño menor de 0.2 mm en promedio, que viven en el agua que llena el espacio de los poros del suelo. No crean estructuras y hacen uso de microorganismos, principalmente a través de la depredación en sistemas de micro red alimentaria (Lavelle, 1997).

La macrofauna del suelo incluye a los invertebrados que son visibles a simple vista que viven, total o parcialmente, dentro del suelo o inmediatamente sobre él. Éstos invertebrados (lombrices de tierra, termes, hormigas, milpiés, ciempiés, arañas, escarabajos, gallinas ciegas, grillos, chicharras, caracoles, escorpiones, chinches y larvas de moscas y de mariposas) pueden incluir más de un millar de especies en un sólo ecosistema y alcanzar densidades y biomásas de más de un millón de individuos y más de una tonelada por hectárea, respectivamente (Brown *et al.* 2001).

#### **4.9. Importancia de la meso, macro y microfauna en el suelo.**

Según la FAO (2008) la macrofauna del suelo está compuesta por una gran diversidad de organismos que habitan en la superficie del suelo, en los espacios porosos y alrededor del sistema radicular. Todas las actividades fisiológicas de la macrofauna influyen directamente y regulan significativamente los procesos químicos y biológicos del suelo.

Lavelle (1997), menciona que la mesofauna y microfauna del suelo debido a su diversidad y abundancia, pueden influenciar en la estructuras significativamente de la dinámica de la materia orgánica y las propiedades

físicas del suelo, especialmente la porosidad y la agregación que determinan el almacenamiento de agua y la circulación, pero en el cual puede tardar mucho tiempo para que surja los cambios.

La macrofauna del suelo intervienen en los distintos procesos como es en la agregación y estructura del suelo, infiltración, aireación e incorporación de materia orgánica en el suelo, en la textura y consistencia del suelo, en el movimiento y la retención del agua, en el intercambio gaseoso y en las propiedades químicas (Huerta *et al.* 2007).

Hernández (2000), menciona que una de las características de los microorganismos del suelo, es la de producir polímeros intracelulares que tienen una reacción positiva en la estabilidad de los agregados del suelo, mejorando la estructura, la aireación, la penetración de las raíces; así como la absorción de nutrimentos y el agua.

#### **4.10. Funciones de la meso y macrofauna en el suelo.**

La fauna del suelo tiene la disponibilidad de aumentar algunos nutrientes para la planta, en lo cual se ve reflejado en la mejora del aporte de biomasa según (IGAC, 1986; citado por Jaramillo, 2002). Y esas funciones son las siguientes:

- La lombriz ayuda a incrementar la disponibilidad del P, K y C.
- Las hormigas mejoran la disponibilidad del Ca y Mg.
- Las termitas aumentan la disponibilidad del Ca, Mg, K, Na, C y P.

Jaramillo (2002), menciona que existen algunos organismos como ciempiés, arañas, escorpiones, coleópteros y colémbolos que son predadores y ayudan a mantener el equilibrio de las poblaciones de otros organismos.

Los macroinvertebrados crean galerías y huecos dentro del suelo que mejoran su aireación y su permeabilidad. Además, las termitas y las hormigas seleccionan materiales finos para hacer sus nidos en la superficie,

con lo que van afinando la textura del suelo (Decaens et al, 1998; citado por Jaramillo, 2002).

Soil Quality Institute (1999), menciona de acuerdo a su investigación con respecto a las lombrices de tierra, que ellas ayudan a mejorar la calidad del suelo debido a sus aportaciones:

- Incrementan la disponibilidad de nutrientes, especialmente N, P y K.
- Aceleran la descomposición de la materia orgánica al incorporar litter al suelo y activar procesos de mineralización y de humificación.
- Mejoran la agregación y la porosidad.
- Suprimen de los medios varios organismos peligrosos o enfermos.
- Aumenta la actividad de microorganismos benéficos.

Las lombrices de tierra son los organismos más importantes del suelo, especialmente en ecosistemas productivos, debido a sus beneficios que aportan a las cosechas, a la descomposición de la materia orgánica, desarrollo de la estructura del suelo y el ciclo de nutrientes. También a nivel mundial la mayor parte de los agricultores, asocian la presencia de lombrices con la calidad del suelo (Ríos, 2003).

El impacto de la familia Formicidae (hormigas) en el suelo puede ser considerado en las modificaciones de las propiedades físicas y químicas del suelo, la descomposición de la materia orgánica, y el efecto sobre la vegetación y la fauna del suelo (Rojas, 2001).

Los cambios químicos que generan la familia de Formicidae en el suelo son principalmente por los nidos ya que en ellos se encuentra una acumulación de materia orgánica (MO) y de los procesos de descomposición. Los montículos de los nidos brindan condiciones físicas más favorables para la mineralización de la MO que para la humificación, debido a su estructura más porosa y más expuesta a los factores climáticos que el resto del ambiente. (Petal Y Kusinska, 1994; citado por Rojas, 2001).

Los artrópodos su función radica en ser organismos en su mayoría polívoros y que actúan como potenciales controladores de plagas agrícolas (paleólogos *et al.* 2008; citado por Balorini *et al.* 2009).

#### 4.11. Interacciones biológicas en el funcionamiento del ecosistema edáfico.

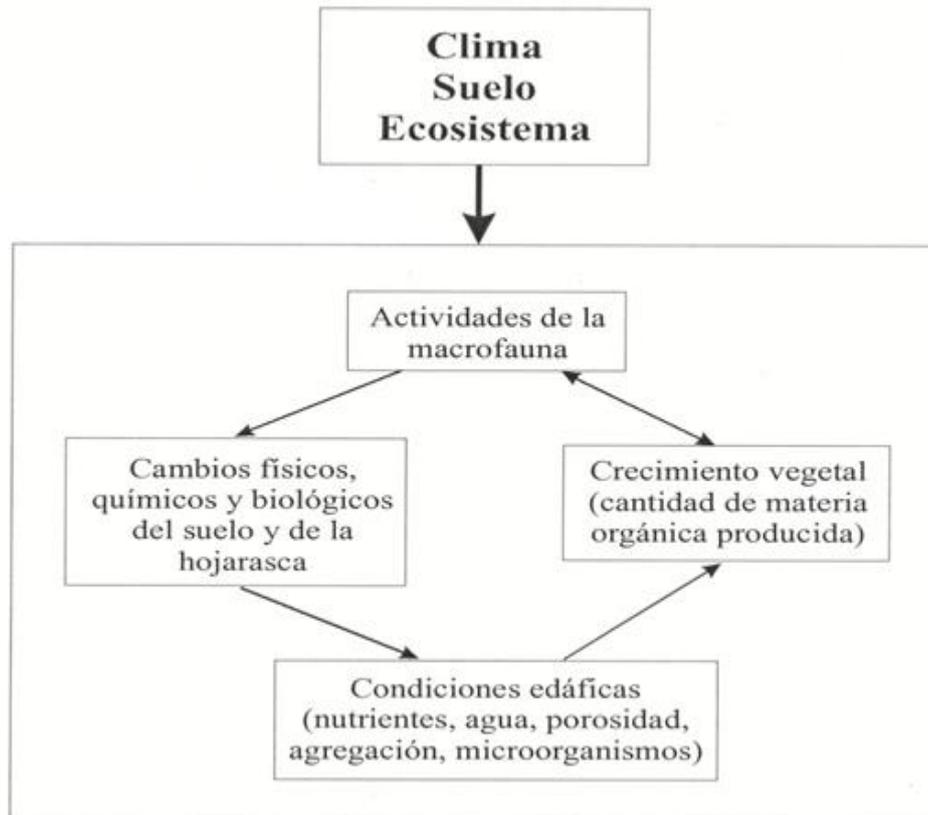


Figura 4.1. Relación entre las actividades de la macrofauna, las características edáficas y la productividad vegetal

La figura 4.1. Muestra la relación entre las actividades de la macrofauna, las características edáficas y la productividad vegetal, representadas dentro del cuadro de interacciones biológicas y determinada por los factores bióticos y abióticos (Syers y Springett, 1983; citado por Brown *et al.* 2001).

#### 4.12. La meso, macro y microfauna como indicador de suelo.

La presencia de lombrices en el suelo se considera como un indicador de buena calidad del mismo. En el cual Soil Quality Institute (1999), menciona que un número adecuado de lombrices, en un suelo agrícola, debe estar por encima de 100 lombrices  $m^2$ , con una base de 30 cm de profundidad.

Las larvas de dípteras funcionan como un indicador de materia orgánica, ya que están asociadas con acumulaciones de MO y son escasas en suelos con bajo contenido de MO (Curry, 1987; citado por Zerbino).

Las coleópteras, hormigas, arañas y lepidóptera sirven como indicadores de ambientes perturbados por la labranza (Marín y Feijoo 2007).

#### **4.13. Como influye un suelo húmedo y seco en la meso y macrofauna.**

En épocas de lluvias hay una mayor riqueza y abundancia de especies taxonómicas con respecto a la época de seca. Esto probablemente se debe a que en la época de lluvia las condiciones de humedad y temperatura se vuelve más apropiadas para la mayoría de los organismos, homogenizando el ambiente y propiciando que la hojarasca sea habitable para los diferentes tipos taxonómicos en el cual estas condiciones les favorece para que se reproduzcan y sean más activos lo que origina su alta abundancia (Téllez, 2006).

La abundancia de dípteros seda más en épocas de lluvias debido a que este grupo tiene una gran afinidad con la humedad para su reproducción, ya que la mayoría de ellos depositan sus huevos en ambientes húmedos (Ross, 1982; citado por Téllez 2006).

Las hormigas pueden abundar en cualquier ambiente, época y en suelos perturbados pero disminuye su diversidad de especie, por eso es más factible su abundancia en suelos húmedos. Rojas (2001), señala que las hormigas (Hymenóptera: Formicidae) es uno de los grupos de la macrofauna de invertebrados que ocupa siempre el primer o segundo lugar en abundancia en cualquier sistema.

Kattan et al. (2006), menciona que en épocas de lluvias se encuentran poblaciones abundantes de lombrices principalmente por la humedad que provee y en suelos secos o en tiempos de que no hay lluvia presentan bajas abundancia y a la vez tienden a bajar a profundidades mayores a las contempladas, buscando mayor humedad.

## V. MATERIALES Y METODOS

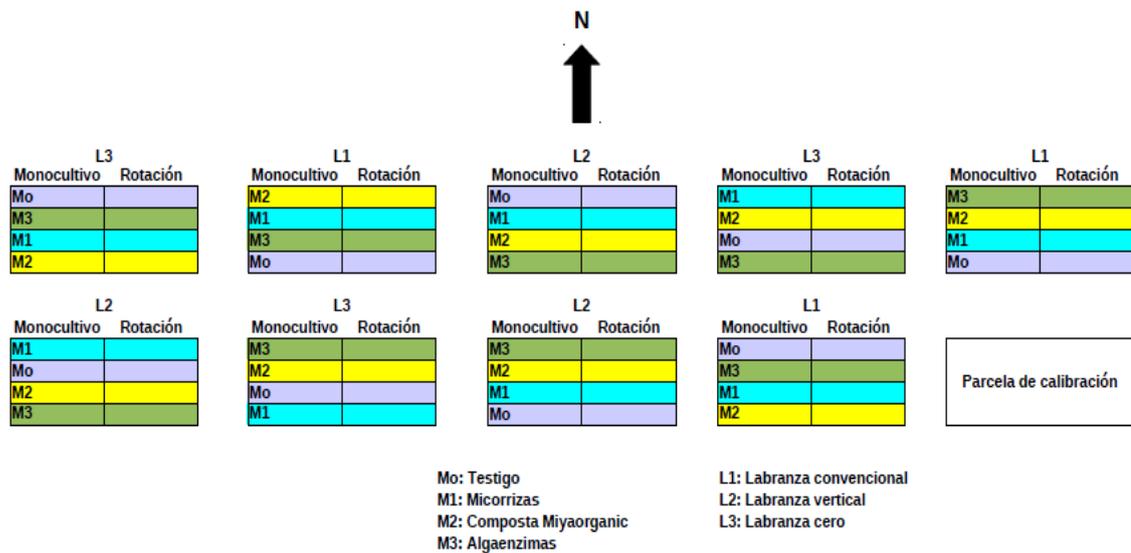
La presente investigación es un proyecto a largo plazo la cual se está realizando dentro del campo experimental denominado el “Bajío” que está ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), localizada a siete kilómetros al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México. Las coordenadas geográficas son: 100° 59' 57" de longitud al Oeste, 25° 23' 42" de latitud Norte y una altitud de 1743 metros sobre el nivel del mar (msnm). De acuerdo a la clasificación climática de Koppen, modificado por García (1973) el clima de Buenavista se expresa bajo la fórmula: BS<sub>0</sub>kx' (w) (e'), que significa seco-árido, templado con verano fresco largo, con régimen de lluvias escasas todo el año tendiendo a llover más en el verano y clima extremo. La temperatura media anual es de 16.9 °C, con una precipitación media anual de 435 milímetros, la evaporación media anual oscila entre los 1956 mililitros. Los vientos predominantes tienen una dirección noroeste, con velocidades de 25.5 km h<sup>-1</sup> (Servicio Meteorológico Nacional 2012).

### 5.2. Distribución del sitio experimental

Se estableció tres sistemas de labranza (cero, convencional y vertical), en un arreglo experimental de 9 parcelas divididas de 40 metros de largo por 12 metros de ancho donde cada parcela se dividió en dos sub-parcelas de 20 metros de largo por 12 metros de ancho en el cual se estableció un monocultivo de gramínea –gramínea.

Cada sub-parcela se dividirá en cuatro partes iguales, en las cuales se aplicaran tres mejoradores de suelo (alga enzimas, composta y micorrizas) y un testigo. Aplicando las siguientes dosis: 1 kg Ha<sup>-1</sup> de Micorriza, 1 L Ha<sup>-1</sup> en Algaenzimas y 3 ton Ha<sup>-1</sup> de composta Miyaorganic.

Cada unidad experimental tiene las características de (labranza-mejorador, monocultivo y un testigo), como se observa en la figura 5.1



**Figura 5.1 Arreglo de parcelas experimentales**

Los tratamientos se representaron como:

M0 = Testigo

M1 = Micorriza

M2 = Composta Miyaorganic®

M3 = Algaenzimas®

Las labranzas se representaron de la siguiente manera:

L1 = Labranza convencional

L2 = Labranza vertical

L3 = Labranza cero

Se estableció un monocultivo de gramínea-gramínea (avena forrajera), donde se atendió hasta la cosecha para obtener datos de rendimiento y una vez sacado el cultivo se tomaron los datos de la parte biológica del suelo (MO y Macro fauna), con los siguientes métodos:

### **5.3 Determinación del contenido de Materia Orgánica**

Para determinar la cantidad de materia orgánica en el suelo se utilizó el método de oxidación parcial descrito por Walkley-Black (1934), que consiste en el siguiente método:

#### **5.3.1. Procedimiento en campo**

1. En el campo experimental se selecciona el área de muestra al azar, se delimita y limpia el área de muestreo.
2. Se recolecta las muestras de suelo por cada unidad experimental, extrayendo muestras a dos profundidades de 0-15 cm y de 15-30 cm; esto se realiza con el equipo de extractor de núcleo.
3. Las muestras se colocaron en bolsas de plásticos de 1 kg con su respectiva etiqueta de (labranza, mejorador y cultivo), para posteriormente transportarlo al laboratorio.

#### **5.3.2. Procedimiento en laboratorio**

1. Las muestras de suelo se colocan en recipientes para ser secadas a temperatura ambiente.
2. Una vez que se haya secado la muestra es pasada por un tamiz de 0.5 mm.
3. Pesar 0.1 g de suelo del que se obtuvo del paso del tamiz en una balanza de platillo superior.
4. Preparación de los reactivos:
  - Dicromato de potasio 0.166, 1 normal: Disolver 48.82 gramos de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) en agua destilada y aforar a 1000 ml en un matraz volumétrico.
  - Indicador de difenilamina ( $C_{12}H_{11}N$ ): Disolver 0.5 gramos de difenilamina ( $C_{12}H_{11}N$ ) en una mezcla de 100 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ) y 20 ml de agua ( $H_2O$ ).
  - Sulfato ferroso ( $FeSO_4$ ) 1.0 M (aproximadamente). Disolver 278 gramos de heptahidrato del sulfato ferroso ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) en agua a la que previamente se le añadieron 80 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ), dejar enfriar y diluir a un litro. Esta solución debe de ser valorada con dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1 normal antes de realizar la determinación.

5. Colocar el suelo seco pesado en un matraz Erlenmeyer de 500 ml y procesar un blanco con reactivos por triplicado.
6. Con una pipeta de 50 ml adicionar exactamente 10 ml de dicromato potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1 N. Rote el matraz suavemente para que se mezcle bien con el suelo.
7. Agregar cuidadosamente con otra pipeta, 20 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ) a la suspensión, rotar o girar inmediatamente el matraz durante un minuto aproximadamente.
8. Dejar en reposo durante 30 minutos sobre una lámina de asbesto o sobre una mesa de madera, evitando las mesas de acero o cemento.
9. Después de este periodo añadir con un vaso milimetrado 200 ml de agua destilada ( $H_2O$ ). Si son muchas muestras el agua se debe añadir en el mismo orden que se agregó los reactivos.
10. Añadir 5 ml de ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) concentrado con una pipeta volumétrica de 10 mililitros.
11. Con un gotero adicionar de 5 a 10 gotas del indicador de difenilamina ( $C_{12}H_{11}N$ ).
12. Adicionar el titular con la disolución de sulfato ferroso ( $FeSO_4$ ), gota a gota hasta tener un color final en la muestra de verde claro.
13. Se anota la cantidad aplicada del titular con la disolución de sulfato ferroso ( $FeSO_4$ ) en ml por cada muestra ya que esta nos servirá para realizar los cálculos.

### 5.3.3. Cálculos

$$\%C \textit{ Organico} = \left[ \frac{B - T}{g} \right] (N)(0.39)(mcf)$$

Dónde:

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

T: Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar las muestras.

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

g: Peso de la muestra empleada (gramos).

Mcf: Factor de corrección de humedad.

$$\% \text{Materia Orgánica} = (\%C \text{ Orgánico}) (1.724)$$

#### 5.4. Cuantificación de la meso y macrofauna del suelo.

Para determinar la abundancia de la meso y macrofauna en el suelo se seguirá el método de Ruiz, et al (2008) y el método de embudo de Berlesse (1905) modificado por Tullgren (1918).

##### 5.4.1. Procedimiento en campo

1. Estando en el campo experimental se selecciona el área de muestra al azar, se delimita y limpia el área de muestreo.
2. Con ayuda de un flexómetro se traza sobre la superficie dos áreas de muestreo por unidad experimental, con las dimensiones de 15 cm x 15 cm x 15 cm, para obtener como referencia un kilogramo de suelo por cada monolito extraído, como se observa en la figura 5.2.



**Figura 5.2. Medición de los monolitos sobre la superficie del suelo**

3. Ya teniendo las medidas exactas trazadas en la superficie, con ayuda de un talache (pico) y una pala se escaba alrededor de las medidas marcadas para poder extraer el monolito.
4. Una vez obtenido los dos monolitos por parcela es depositado en un tamiz para cuantificar manualmente los números de insectos y de mayor tamaño que se logran ver a simple vista.

5. En seguida los insectos encontrados se depositan en un frasco con alcohol al 70% y a la vez se etiquetan los frascos con respecto (labranza, mejorador y cultivo), como se observa en la figura 5.3.



**Figura 5.3. Frascos con los insectos y etiquetas**

6. Una vez realizado los pasos anteriores 4 y 5 se vuelve a pasar el suelo en otro tamiz más pequeño de manera que se logre ver los insectos más pequeños que pasaron por desapercibido en el primer tamiz.
7. El suelo que se filtró por el segundo tamiz es recolectado en una bolsa de plástico de 1 kg para posteriormente ser transportado al laboratorio de suelo donde se llevó acabo el procedimiento del método del embudo de Berlesse-Tullgren para tener una mayor precisión en la diversidad de los insectos en el suelo ya que se encuentran muchos insectos pequeños que pasan por desapercibido.

#### **5.4.2. Procedimiento laboratorio**

1. El suelo que fue recolectado en campo se coloca en los embudos cuidadosamente de manera que no se tire el suelo, como se observa en la figura.
2. Previamente al ser depositado el suelo a los embudos se colocan frascos con alcohol en la parte inferior del embudo.
3. Se coloca la tapa del embudo adecuadamente de manera que cierre totalmente.

4. En seguida se conecta los embudos a corriente para que esta le proporcione luz y calor a la muestras de suelo.
5. Una vez que se haya realizado los pasos anteriores como se muestra en figura 5.4. Se deja transcurrir un lapso de 24 horas. Para luego ser contabilizado.



**Figura 5.4. Muestras de suelo en el embudo de Berlesse-Tullgren.**

6. Finalmente los insectos obtenidos son analizados con un estereoscopio para determinar sus grupos taxonómicos.



**Figura 5.5. Análisis taxonómicos de los insectos**

## 5.5. Análisis estadístico

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

Para el procesamiento de los datos se utiliza un diseño de parcelas divididas A y B (Montgomery, 1991), para el análisis se utilizó el paquete de diseños experimentales de R versión 2.15.3. En algunos análisis se utilizó la transformación de Poisson (logarítmica), para que los datos mostraran normalidad y así realizar el análisis correspondiente.

Para el análisis estadístico de la macrofauna se utilizó el diseño no paramétrico de la prueba de Kruskal Wallis para hacer un análisis comparativo entre las variables estudiadas. También para los resultados obtenidos se utilizó un análisis descriptivo.

## 5.6. Modelo lineal

El modelo estadístico propuesto por (Montgomery, 1991), para un experimento en bloques al azar con arreglo factorial A y B sería:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \tau_k + \alpha\tau_{jk} + e_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$ : Es la  $ijk$ -ésima observación en el  $i$ -ésimo bloque que contiene el  $j$ -ésimo nivel del factor A y el  $k$ -ésimo nivel del factor B.

$\mu$ : Es la media general.

$\beta_i$ : Es el factor del  $i$ -ésimo bloque.

$\alpha_j$ : Es el efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor A.

$\tau_k$ : Es el efecto del  $k$ -ésimo nivel del factor B.

$\alpha\tau_{jk}$ : Es la interacción del  $j$ -ésimo nivel del factor A con el  $k$ -ésimo nivel del factor B.

$e_{ijk}$ : Es el error aleatorio NID ( $0 - \sigma^2$ ).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los objetivos del estudio, para la etapa de otoño – invierno del 2013 se analizan las variables: contenido de materia orgánica (MO) en una rotación-monocultivo, con respecto a cuatro tipos de mejoradores testigo (M0), micorriza (M1), composta (M2), algaenzimas (M3), en conjunto de tres tipos de labranzas convencional (LC), vertical (LV), cero (NL), a dos profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm y la meso y macrofauna del suelo con respecto a los tres tipos de labranza, en conjunto de dos mejorador de suelo M0 y M2 en una rotación-monocultivo.

### 6.1. Análisis para la variable materia orgánica con sus respectivas interacciones (Labranza, Mejorador, Profundidad, Rotación-Monocultivo)

En el cuadro 6.1 se muestra el análisis de varianza para el contenido de materia orgánica con respecto a cuatro factores, factor **A** tipos de labranzas convencional (LC), vertical (LV), cero (NL), factor **B** tipos de mejoradores testigo (M0), micorriza (M1), composta (M2), algaenzimas (M3), factor **C** tipos de cultivo rotación-monocultivo, factor **D** profundidad de muestreo (0-15 y 15-30 centímetros).

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

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Factor. A	2	4,4254	2,2127	11,0571	0.00477 ***
Factor. B	3	1,0369	0,3456	1,7271	0,1666
Factor. C	1	0,0961	0,0961	0,4802	0,4900
Factor. D	1	1,6171	1,6171	8,0810	0,005465 **

C.V.= 23.73873

Como se puede observar en los resultados obtenidos del análisis de varianza muestran estadísticamente que existe diferencia significativa con

respecto a la materia orgánica entre los tipos de labranzas y profundidad en comparación de mejoradores y rotación-monocultivo.

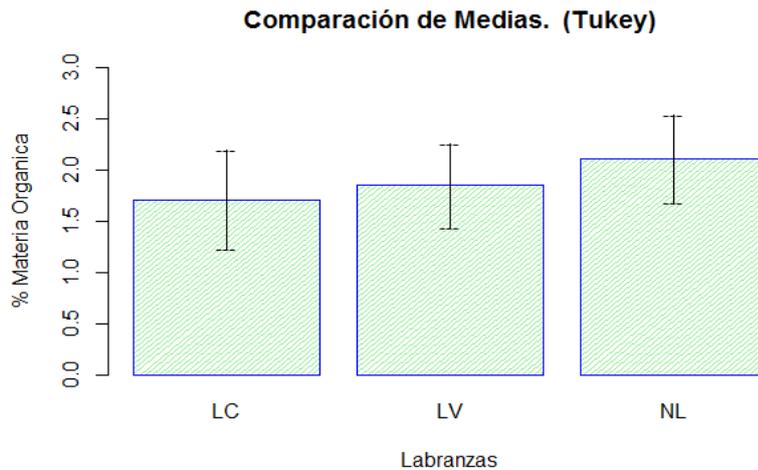
La labranza de conservación a largo plazo en conjunto de una rotación de leguminosas, se sugieren como una alternativa viable para recuperar la fertilidad física, química y biológica del suelo. Este sistema ayudara a incrementar el contenido de materia orgánica, N y C orgánico, así como la biomasa microbiana, teniendo como resultado, a través del tiempo, una mejor fertilidad y agregación de los suelos (Mora *et al.* 2001).

Los aportes de mayor relevancia del sistema de conservación cero labranza son la recuperación y mantención de los niveles de materia orgánica en los suelos, especialmente en la capa superior del suelo, con la cual mejora su estructura de los suelos aumentando su capacidad de retención de agua (Kern y Johnson, 1993; citado por Aguilera *et al* 1998).

El cuadro 6.2 muestra la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) entre los tres tipos de labranzas cero (NL), convencional (LC) y vertical (LV), con respecto al contenido de materia orgánica.

**Cuadro 6.2. Comparación múltiple de medias entre labranzas con respecto a materia orgánica**

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A		
TRATMIENTO	GRUPO	MEDIA
NL	A	2,124
LV	B	1,819
LC	B	1.71



**Figura 6.1. Grafica de materia orgánica con respecto a labranza**

Como se puede apreciar en la comparación de medias entre los tres tipos de labranzas, existe diferencia significativa con respecto al contenido de materia orgánica, lo que indica que la labranza cero (NL) es la mejor teniendo una media de 2.124 % de materia orgánica en comparación de las otras dos labranza convencional y vertical. Tal como lo expresa Martínez (2003), que en un suelo franco arenoso la labranza cero tiene como ventajas el aumento en el contenido de materia orgánica en un periodo de 7 años estabilizándose en un promedio cercano al 3.6% MO y a la vez teniendo influencia en la modificación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

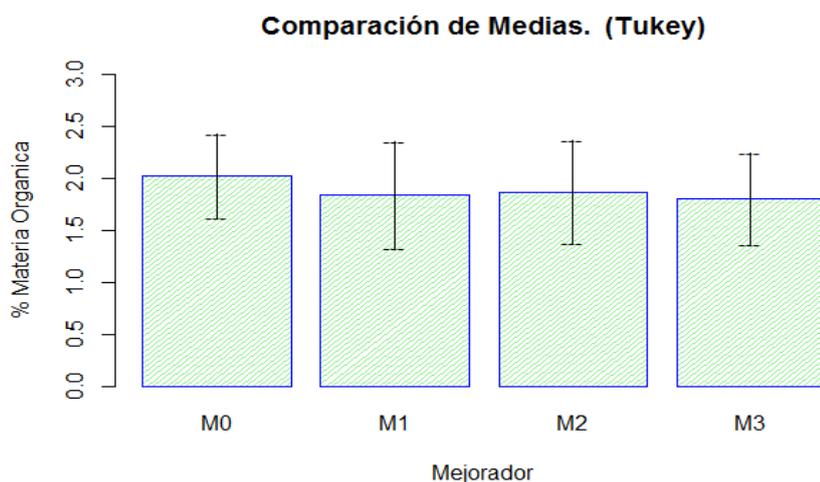
En lo cual entre las medias no se pueda encontrar un alto porcentaje de materia orgánica es debido al tiempo, ya que las investigaciones que se han realizado reportan cambios altos en contenido de MO a más de 4 años tal como lo menciona Marin *et al* (2001), en el cual obtuvo como resultado que en la labranza cero y la branza minima se tiene un mayor porcentaje de (MO), en comparación con labranza convencional y cincel vibratorio ya que obtuvo 4.15% de MO en labranza cero y minima, y el 3.8% de MO en labranza convencional y cincel vibratorio.

El cuadro 6.3 muestra la prueba de comparación múltiple de medias de (Tukey) entre los cuatro tipos de mejoradores testigo (M0), micorriza (M1),

composta (M2), algaenzimas (M3), con respecto al contenido de materia orgánica.

**Cuadro 6.3. Comparación múltiple de medias entre mejoradores con respecto a materia orgánica**

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA
<b>M0</b>	A	2,026
<b>M2</b>	A	1,867
<b>M1</b>	A	1,841
<b>M3</b>	A	1,804



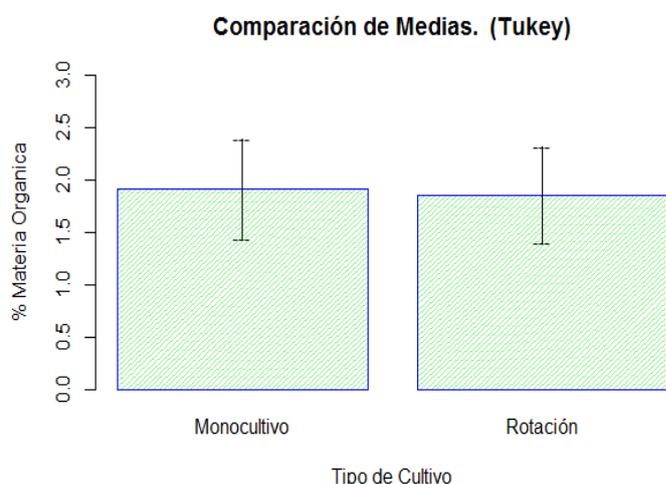
**Figura 6.2. Grafica de materia orgánica con respecto a mejoradores**

Aunque estadísticamente no existe diferencia significativa entre mejoradores aplicados, gráfica y numéricamente se puede apreciar que en el testigo (M0) tiene un mayor contenido de materia orgánica en comparación de los otros mejoradores, ya que los mejoradores tiene una influencia positiva en el suelo a través del tiempo tal como lo menciona Romero (2000), mediante un estudio que realizo en comparación de tres mejoradores de suelo, en el cual los mejoradores demostraron un cambio rápidamente con respecto al rendimiento al igual que López (2001) y Canales (2000) donde encuentran rendimientos mas no reportan una aportación de materia orgánica en un corto plazo, si no que se da a un largo plazo ya que la cantidad de biomasa que aportan las plantas al suelo son en pocas proporción.

El cuadro 6.4 muestra la prueba de comparación múltiple de medias de (Tukey) entre rotación (C1) y monocultivo (C2), con respecto al contenido de materia orgánica.

**Cuadro 6.4. Comparación múltiple de medias entre rotación-monocultivo con respecto a materia orgánica**

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR C		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA
C2	A	1,910
C1	A	1,859



**Figura 6.3. Grafica de materia orgánica con respecto a rotación-monocultivo**

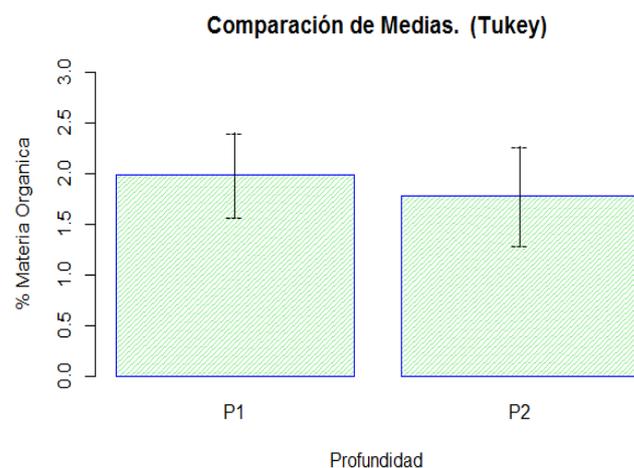
A pesar de no existir estadísticamente diferencia significativa entre rotación (avena-frijol) y monocultivo (avena-maíz), gráficamente se puede apreciar que existe más materia orgánica en el monocultivo de gramínea esto contrasta con lo que dice Martello (2001), que mediante una rotación de cultivo bianual de sorgo-soja bajo siembra directa durante cinco años, es considerable un incremento de materia orgánica en los primeros 7 cm superficiales del suelo, pero cabe mencionar que los resultados de esta investigación se realizó mediante una rotación (avena-frijol) y monocultivo (avena-maíz) durante 3 años en el cual no son los mismos cultivos y no ha transcurrido el mismo tiempo estudiado.

También uno de los factores muy importantes por el cual se encontró más materia orgánica en un monocultivo, esto se debe a que existe una mayor cantidad de insectos en el monocultivo tal como lo muestra el cuadro 6.8, de acuerdo a los muestreos que se realizó de los números de individuos de insectos que habitan en una rotación-monocultivo dentro de la misma parcela, en el cual Lavelle (1997), menciona que la mesofauna y microfauna del suelo debido a su diversidad y abundancia, ayuda significativamente a la dinámica de la materia orgánica a un que puede tardar mucho tiempo para que surja un cambio altamente significativo.

El cuadro 6.5 muestra la prueba de comparación múltiple de medias de (Tukey) a dos profundidades P1 (0-15 cm) y P2 (15-30 cm), con respecto al contenido de materia orgánica.

**Cuadro 6.5. Comparación múltiple de medias entre profundidad con respecto a materia orgánica**

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR D		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA
P1	A	1,990
P2	B	1,778



**Figura 6.4. Grafica de materia orgánica con respecto a profundidad**

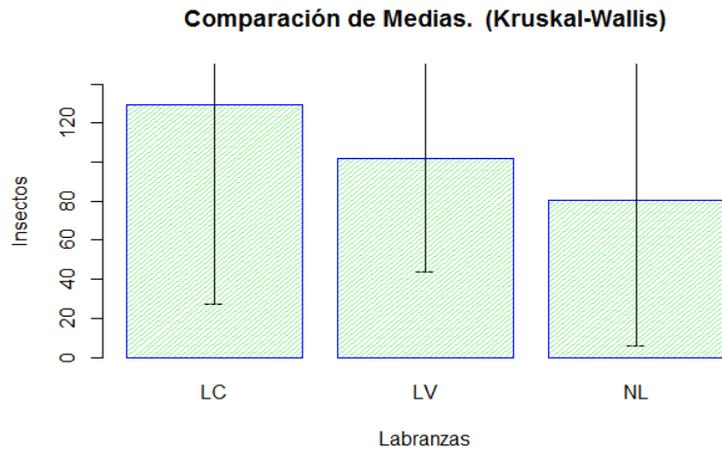
Como se puede observar en el cuadro 6.5 muestra que existe diferencia significativa entre las dos profundidades con respecto al contenido de materia orgánica, lo que nos indica que la mayor cantidad de materia orgánica en el suelo, lo encontramos en la capa superficial de el mismo ya que los datos lo demuestran que en la primera profundidad de 0-15 cm, se obtuvo el mayor porcentaje de MO; lo cual coincide con García (2007), mediante un estudio que realizó sobre la concentración de la MO a dos profundidades de 0-2 cm y 0-5 cm, en un periodo de 6 años en combinación de dos tipos de labranza. En el cual obtuvo un mayor porcentaje de MO en la primera profundidad que fue de 2.8% en comparación de la segunda profundidad que fue de 2.6% de materia orgánica.

## **6.2. Análisis para la variable de la meso y macrofauna del suelo con sus respectivas interacciones (Labranza, Mejorador, Rotación-Monocultivo)**

El cuadro 6.6 muestra la prueba de Kruskal-Wallis para hacer la comparación entre tres tratamientos (labranzas), LC (labranza convencional), LV (labranza vertical) y NL (labranza cero), con respecto al número de individuos de la meso y macrofauna en el suelo por metro cúbico.

**Cuadro 6.6. Comparación entre labranzas con respecto al número de individuos de la meso y macrofauna en el suelo por m<sup>3</sup>**

<b>COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A</b>		
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>GRUPO</b>	<b>MEDIA</b>
<b>LC</b>	A	20,96
<b>LV</b>	A	19,29
<b>NL</b>	A	15,25



**Figura 6.5. Grafica de individuos de la meso y macrofauna en el suelo con respecto a labranza**

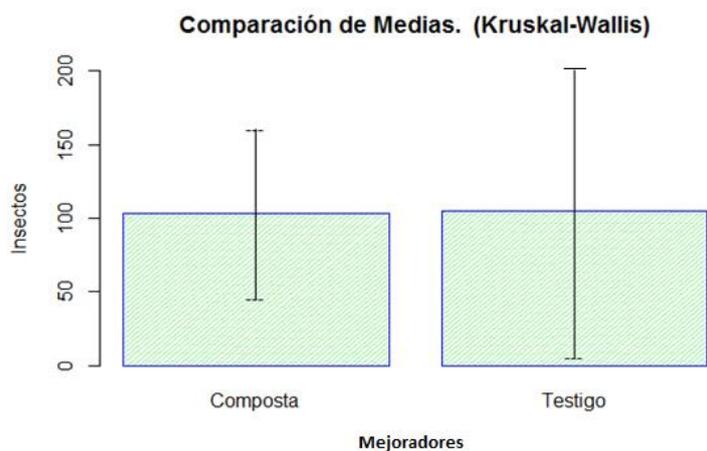
Como se puede apreciar en el cuadro 6.6 la comparación entre los tres tratamiento por Kruskal-Wallis, se observa que no existe diferencia significativa entre labranzas, pero gráficamente LC (labranza convencional) o donde el suelo se encuentra perturbado se demuestra tener más insectos en comparación de la cero labranza. Tal como lo menciona Marín y Feijoo (2007), al realizar una investigación sobre cuatro sistemas de labranzas (Convencional, Mulch tiller, Cincel vibratorio y Cero labranza) en un periodo de cuatro años, con una rotación de cultivo en el cual encontraron que en los suelos perturbados por la labranza tiene un mayor número de insectos aunque menor diversidad y abundancia de macroinvertebrados en comparación de la cero labranza que se encontró un menor número de insectos pero mayor abundancia de macroinvertebrados.

Al igual se coincide con Kladvko (2001), al realizar un estudio de dos sistemas de labranza (cero y convencional) en un suelo franco arenoso demostrando que dentro de los primeros dos y tres años la labranza convencional logra tener un mayor número de lombrices en comparación de la labranza cero.

El cuadro 6.7 muestra la prueba de Kruskal-Wallis para hacer la comparación entre dos tratamientos (mejoradores), M0 (testigo), M2 (composta), con respecto al número de individuos de la meso y macrofauna en el suelo por metro cubico.

**Cuadro 6.7. Comparación entre mejoradores con respecto al número de individuos de la meso y macrofauna en el suelo por m<sup>3</sup>**

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B		
TRATMIENTO	GRUPO	MEDIA
<b>M2</b>	A	19,330
<b>M0</b>	A	17,670



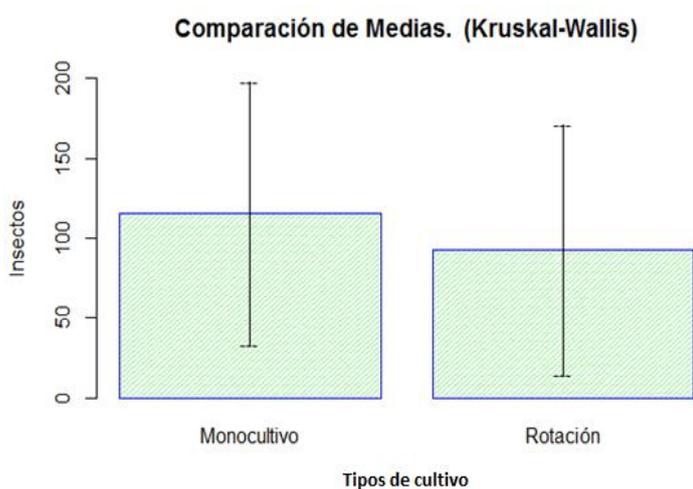
**Figura 6.6. Grafica de individuos de la meso y macrofauna en el suelo con respecto a mejoradores**

En el cuadro 6.7 muestra que a pesar de no existir estadísticamente diferencia significativa entre tratamientos (mejoradores), gráficamente se puede apreciar como el tratamiento M2 fue el que mayor abundancia de insectos presento, en comparación del tratamiento M0. Tal como lo menciona Bulluck *et al.* (2002), que la composta tiene reacciones positivas en el suelo, tales como: incremento en la actividad de la fauna del suelo, reducción de microorganismos patógenos, a lo mejor no presenta diferencia significativa por el tiempo de aplicación que ha transcurrido ya que los resultados están basados dentro de los tres primeros años de aplicación o debido a su poca incorporación de composta en el suelo ya que se aplicó 3 t ha<sup>-1</sup>, en comparación López (2001), menciona que la cantidad adecuada de composta deben de ser de 20 a 30 t ha<sup>-1</sup>, para obtener mejores resultados, ya que la composta tiene como ventajas reacciones positivas en el suelo como rendimiento en el cultivo y el incremento de actividad de la fauna del suelo.

El cuadro 6.8 muestra la prueba de Kruskal-Wallis para hacer la comparación entre dos tratamientos (cultivo), rotación y monocultivo, con respecto al número de individuos de la meso y macrofauna en el suelo por metros cubico.

**Cuadro 6.8. Comparación entre rotación-monocultivo con respecto al número de individuos de la meso y macrofauna en el suelo por m<sup>3</sup>**

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B		
TRATMIENTO	GRUPO	MEDIA
MONOCULTIVO	A	19,92
ROTACIÓN	A	17,08



**Figura 6.7. Grafica de individuos de la meso y macrofauna en el suelo con respecto a rotación-monocultivo**

Como se puede apreciar en el cuadro 6.8 no se encontró estadísticamente diferencia significativa en una rotación y monocultivo, pero gráfica y numéricamente se puede observar como sobresale el monocultivo, el cual nos indica que tiene un mayor número de insectos debido que también hay una mayor cantidad de materia orgánica en un monocultivo tal como se muestra en el cuadro 6.4 ya que los insectos están relacionado con la materia orgánica: tal como lo expresa Lavelle (1997) y Huerta *et al.* (2007), que la mesofauna y microfauna del suelo debido a su diversidad y abundancia, intervienen en la estructuras significativamente de la dinámica de la materia orgánica, propiedades físicas y químicas del suelo, pero en el cual puede tardar mucho tiempo para que surja los cambios.

**Cuadro 6.9. Número de individuos en la distribución de los niveles taxonómicos de orden-clase de la meso y macrofauna en el suelo observados.**

<b>Orden</b>	<b>Clase</b>	<b>L C</b>	<b>L V</b>	<b>N L</b>	<b>Nº total de Ind. en 9 parcelas</b>
<b>Coleóptera</b>	Insecta	8	7	3	18
<b>Hemípteras</b>	Insecta	4	3	1	8
<b>Artrópodos</b>	Arachnida	6	4	6	16
<b>Isópodo</b>	Malacostrac a	4	4	3	11
<b>Collémbolo</b>	Entognatha	7	0	1	8
<b>Lepidóptera</b>	Insecta	1	1	0	2
<b>Hymenóptera</b>	Insecta	10	5	10	25
<b>Dermáptera</b>	Insecta	2	2	0	4
<b>Araneae</b>	Arachnida	0	3	0	3
<b>Homóptera</b>	Insecta	0	1	1	2
<b>Thysanoptera</b>	Insecta	0	0	1	1
<b>Diplura</b>	Diplura	0	2	0	2
<b>Díptera</b>	Insecta	0	1	0	1
<b>TOTAL</b>		42	33	26	101

En la cuadro 6.9 se puede observar que se encontraron trece ordenes taxonómicos de los cuales predominan los órdenes de Hymenóptera (25 individuos), coleóptera (18 individuos), Isópodo (11 individuos), y Collémbolo (10 individuos), ya que esto demuestra que a futuro tendrá buena influencia estos insectos en el suelo ya que cumplen funciones como la descomposición de la materia orgánica y mejoran la porosidad y aireación del suelo (Bracho *et al.* 1999). También demuestra tener mayor cantidad de insectos LC y LV debido que contiene un mayor número de coleópteras, hormigas, arañas, hemípteras y lepidóptera ya que estos insectos tal como lo menciona Marín y Feijoo (2007), tienen una gran capacidad de adaptación en suelos alterados por la labranza y a la vez sirven como indicadores de ambientes perturbados.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los sistemas de labranzas de conservación cero (NL) tienen un efecto positivo sobre el contenido de materia orgánica en el suelo a través del tiempo.

La aplicación de micorriza (M1), composta (M2) y algaenzimas (M3) como mejoradores de suelo en todos los sistemas de labranzas estudiados no influyo de manera significativa sobre el contenido de materia orgánica en el suelo.

La actividad biológica de la meso y macrofauna del suelo en los sistemas de labranzas en general es baja, pero el sistema convencional (LC) demuestra tener un mayor números de individuos en el suelo dentro los tres primeros años.

La aplicación de composta (M2) dentro de los tres primeros años no demuestra ningún cambio significativo en la actividad biológica del suelo, ya que es necesario dejar que transcurra más tiempo para que demuestre una diferencia significativa en comparación del testigo.

Los órdenes predominantes fueron Collémbolo, Hymenóptera y coleóptera, ya que esto demuestra que a futuro estos insectos tendrán buena influencia en el suelo, porque cumplen funciones de descomposición de la materia orgánica y mejoran las propiedades del suelo.

Se descubrió que varios grupos de insectos como los coleópteros, Hymenóptera, Artrópodos, Collémbolo y Hemípteras tienen una capacidad de adaptarse en suelos perturbados por las labranzas, lo que hace posible su utilidad como indicadores de suelos perturbados.

Realizar el estudio en época de lluvia o cuando haya más humedad para compararlo con los resultados obtenidos en este trabajo y ver así, el comportamiento y si la presencia de individuos aumenta.

En función a los resultados obtenido se recomienda desarrollar una investigación con una periodicidad más amplia a lo largo del año, para observar el comportamiento de los insectos y en qué condiciones del suelo ocurre la máxima población de insectos.

Considerando la influencia que tiene la meso y macrofauna en la descomposición de la materia orgánica, se hace necesario profundizar esta investigación.

## VII. LITERATURA CITADA

- Aguilera, S. S.M., Borie, B. G., Rouanet, M. J. L. y Peirano, V. P.** 1998. Evaluación de carbono orgánico y bioactividad en un andisol sometido a distintos manejos agronómicos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Casilla 233, Santiago, Chile. Agricultura técnica (Chile) 58-D, Temuco, Chile.
- Barrer, B. S. E.** 2009. El uso de hongos micorrizicos Arbusculares como una alternativa para la agricultura. Bióloga, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Industrial de Santander, Calle 9, Carrera 27, ciudad universitaria, Bucaramanga, Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias 124 Vol. 7 No. 1
- Baloriani, G. I., Paleólogos, M. F., Marasas, M. E. y Sarandón, S. J.** 2009. Abundancia y Riqueza de la Macrofauna Edáfica (Coleóptera y Araneae), en Invernáculos Convencionales y en Transición Agroecológica. Arana, Argentina. Revista Brasileira De Agroecología, 4(2).
- Black, W.** 1934. Recommended Soil Organic Matter Tests E.E. Schulte. Chapter 8
- Bracho, A., Contreras, M., Villalobos, Y., Bracho, B., Quirós, M., Jiménez, L. y Larreal, M.** 1999. Cambios en la cantidad y la biodiversidad de la mesofauna en un suelo degradado con aplicación de abono orgánico. (CONDES) de La Universidad del Zulia. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 16 Supl. 1: 187-195
- Bot, A. Y Benítez, J.** 2005. The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food and production. FAO Soils bulletin 80. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 2005.

- Brown, G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, C. J., Bueno, J., Moreno, G. A., Lavelle, P., Ordaz, V. y Rodríguez, C.** 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Depto. Biología de Suelos, Instituto de Ecología, A.C., A.P. 63, Xalapa, Ver., 91000, México.
- Bulluck, L. R., Brosius, M., Evanylo, G. K. y 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.
- Canales, L. B.** 2000. Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. México. *Terra Latinoamericana*, vol. 17, núm. 3.
- Canales, L. B.** 2000. Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Seaweed-Enzymes: Possibilities for Stimulating Crop Yield and Improving Soil Quality*. Terra volumen 17 número 3.
- Canales, L. B.** 2001. Uso de Derivados de Algas Marinas en la Producción de Tomate, Papa, Chile y Tomatillo. Resultados de Investigación. UAAAN- Palau Bioquim, S.A. de C.V.
- Fernández, P. R.** 2001. Las hormigas del suelo en México: diversidad, distribución e importancia (Hymenóptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana*. (n.s) Número especial 1: 189-238.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.** 2008. Soil macro fauna field manual technical level. Institut de recherché pour le developpement (IRD), Roma, Italia. P.13-17

**Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.** 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO 8, Roma, Italia. p. 15

**García, A. J. P.** 2007. Efectos del manejo tradicional y cero labranza en la materia orgánica de suelos agrícolas de la región metropolitana. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Santiago-Chile.

**Giasson, E.** 2000. Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo. In Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO 8, Roma, Italia.p.19 – 26

**Gómez, Z. I. M., Venialgo, C. A. y Romero, E. G.** 2004. Efectos de la siembra directa sobre la actividad biológica, en suelos de la zona oeste de la provincia de Chaco, ubicados en el dorsal agrícola subhúmedo. Cátedra de Microbiología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. UNNE.

**Hernández, L. O.** 2000. Uso de métodos químico-biológicos como mejoradores de la conductividad hidráulica de un suelo salino- sódico. Doctorado en biotecnología microbiana, universidad de Colima. Tecomán, colima.

**Huerta, L. E., Rodríguez, O. J., Castillo. E. I., Montejo, M. E., Cruz, M. M. y García, H. R.** 2007. Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macro invertebrados. Colegio de la Frontera Sur Unidad Villahermosa, Tabasco, México. Terra Latinoamericana 26: 171-181.

**Jaramillo, J. D. F.** 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad nacional de Colombia facultad de ciencias Medellín. Pág. 257-262.

**Jaramillo, J. D. F.** 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad nacional de Colombia facultad de ciencias Medellín. Pág. 383-390

- Kattan, G.H., Correa, D., Escobar, F. y Medina, C.** 2006. Los artrópodos de la hojarasca en bosques restaurados en los Andes colombianos: una comparación entre los bosques secundarios y plantaciones de árboles. *Ecología de la Restauración*, 14 (1): 95-102.
- Kladivko, E. J.** 2006. Tillage systems and soil ecology. Department of Agronomy, Purdue University, 1150 LILY, West Lafayette, IN 47907-1150, USA.
- Lavelle, P.** 1997. Faunal Activities and Soil Processes: Adaptive Strategies That Determine Ecosystem Function. *Avd. Ecol. Res.* 24: 93-132.
- López, M. D. J., Díaz, E. A., Martínez, R. E. Y Valdez, C. R. D.** 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Apartado Postal 142, 35000 Gómez Palacio, Durango, México. *Terra* volumen 19 numero 4, 2001.
- Marín, E. P., Feijoo, A., Peña, J. J.** 2001. Cuantificación de la macrofauna en un vertisol bajo diferentes sistemas de manejo en el valle del cauca, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. A. A. 237. *Revista suelos ecuatoriales*. Volumen 31-2
- Marín, P. E. y Feijoo, M. A.** 2007. Efecto de la labranza sobre macroinvertebrados del suelo en vertisoles de un área de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. *Terra Latinoamericana*, 25(3), 297-310.
- Martellotto, H. E., Salas, E. y Lovera, E.** 2001. El Monocultivo de Soja y la Sustentabilidad de la Agricultura Cordobesa. Buenos Aires: Estación Experimental Agropecuaria Manfred, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

- Martínez, E. S., Valle, P. S. Y E. Acevedo.** 2003. Evaluación de algunas propiedades físicas y químicas de un molisol asociadas a manejo en cero labranzas. Universidad de Chile. Facultad de ciencias agronómicas. PHI No 71 (1): 96-100.
- Mogollón P. J., Torres, D. y Martínez, A.** 2010. Cambios en algunas propiedades biológicas del suelo según el uso de la tierra en el sector el Cebollal, Falcón. Valenzuela, Biagro 22(3):217-222.
- Mora, G. M., Ordaz, Ch. V., Castellano, J. Z., Aguilar, S. A., Gavi, f. y Volke, H. V.** 2001. Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Campo Experimental Querétaro, México.
- Navarro, B. A., Figueroa, S. B., Ordaz, C. V. M. y González, C. F. V.** 2000. Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo de maíz y frijol. Colegio de post graduados. Montecillo México. *Terra Latinoamericana*, ISSN (Versión impresa): 1870-9982
- Peña, V. C. P., Cardona, G. I., Arguelles, J. H. y Arcos A. L.** 2007. Micorrizas Arbusculares del Sur de la Amazonia Colombiana y su Relación con Algunos Factores Físicoquímicos y Biológicos del Suelo. *Acta Amazónica*. Vol. 37(3) 2007: 327 – 326
- Pitti, A.** 1997. Introducción a la biología, ecología y manejo de las malezas. Tegucigalpa, Honduras, HN, Zamorano Academic Press. 300p
- Ríos, S. Y.** 2003. Importancia de las lombrices en la agricultura. Sistema integrado de producción con no nutrientes. Universidad Centro Occidental. Pág. 47-52
- Rojas, F. P.** 2001. Las hormigas del suelo en México: diversidad, distribución e importancia (himenóptera: formicidae). Departamento

Biología de Suelos. Congregación El Haya 91070, Xalapa, Veracruz. México. Acta Zool. Mex. (n.s) Número especial 1: 189-238.

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

**Romero, L. R.M., Santos, A. T., García, E. R. y Ferrera, C. R.** 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. Agrociencia, 2000, vol. 34, no 3, p. 261-269.

**Ruiz. N. y Lavelle. P.** 2008. Soil macro fauna field manual technical level. Institut de recherché pour le developpement (IRD), FAO, Roma, Italia. P.60-65

**Sandler, R. V., Falco, L. B., Ciocco, C. D., Luca, R. D. y Coviella, C. E.** 2010. Eficiencia del embudo Berlese-Tullgren para extracción de artrópodos edáficos en suelos argiudoles típicos de la provincia de Buenos Aires. Departamento de Ciencias Básicas e Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable. Universidad Nacional de Luján INEDES. Av. Constitución y Ruta 5 - CC 221 (6700).

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.** 2002. Norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de los suelos, estudio, muestreo y análisis.

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.** 2009. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Edición 2008. Compendio de Estadísticas Ambientales. México. 2008. P. 380.

**Sierra C. y Rojas, C.** 2002. La materia orgánica y su efecto como enmienda y mejorador de productividad de los cultivos. Curso tecnologías y prácticas en el manejo de los recursos naturales para la recuperación de los suelos degradados. inia.cl

**Soil Quality Institute (SQI).** 1999. Soil quality test kit guide. United States Department of Agriculture (USDA). Lincoln. P. 82

**Téllez, B. D.** 2006. Diversidad de la fauna de hojarasca en fragmentos de bosque de pino-encino con y sin manejo forestal. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto, Hidalgo.

**Terry, A. E. Y Leyva, G. A.** 2005. Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. Agronomía Costarricense. ISSN: 0377-9424.

**Unger, P.** 1995. Criterios para la selección de sistemas de labranza. In: Reunión Bienal de la Red.

**Zerbino, B. M. S.** 2005. Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción. Universidad de la república, facultad de ciencias Montevideo, Uruguay.

## IX. ANEXOS

### 10.1. Materia orgánica

Cuadros de comparación entre labranzas con respecto a las profundidades

---

**PROFUNDIDAD DE 0-15**

---

<b>COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A</b>		
<b>TRATMIENTO</b>	<b>GRUPO</b>	<b>MEDIA</b>
L3	A	2,206
L2	AB	1,95
L1	B	1,815

---

---

**PROFUNDIDAD DE 15-30**

---

<b>COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A</b>		
<b>TRATMIENTO</b>	<b>GRUPO</b>	<b>MEDIA</b>
L3	A	2,042
L2	B	1,688
L1	B	1,605

---

Cuadros de comparación entre mejoradores con respecto a las profundidades

---

**PROFUNDIDAD DE 0-15**

---

<b>COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B</b>		
<b>TRATMIENTO</b>	<b>GRUPO</b>	<b>MEDIA</b>
M0	A	2,093
M2	A	1,985
M1	A	1,955
M3	A	1,929

---

---

<b>PROFUNDIDAD DE 15-30</b>		
<b>COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B</b>		
<b>TRATMIENTO</b>	<b>GRUPO</b>	<b>MEDIA</b>
<b>MO</b>	A	1,959
<b>M2</b>	A	1,749
<b>M1</b>	A	1,727
<b>M3</b>	A	1,678

---

Cuadros de comparación entre rotación-monocultivo con respecto a las profundidades

---

<b>PROFUNDIDAD DE 0-15</b>		
<b>COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR C</b>		
<b>TRATMIENTO</b>	<b>GRUPO</b>	<b>MEDIA</b>
<b>C2</b>	A	2,021
<b>C1</b>	A	1,959

---



---

<b>PROFUNDIDAD DE 15-30</b>		
<b>COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR C</b>		
<b>TRATMIENTO</b>	<b>GRUPO</b>	<b>MEDIA</b>
<b>C2</b>	A	1,799
<b>C1</b>	A	1,758

---

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

## **10.2. Meso y macrofauna en el suelo**

Cuadros de comparación entre rotación con respecto a labranza- mejorador

<b>COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR C</b>		
<b>TRATMIENTO</b>	<b>GRUPO</b>	<b>MEDIA</b>
<b>L2-M0</b>	A	14,330
<b>L3-M0</b>	A	13,170
<b>L1-M2</b>	A	10,17
<b>L1-M0</b>	AB	9,333
<b>L2-M2</b>	AB	7,5
<b>L3-M0</b>	B	2,5

Cuadros de comparación entre monocultivo con respecto a labranza- mejorador

<b>COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR C</b>		
<b>TRATMIENTO</b>	<b>GRUPO</b>	<b>MEDIA</b>
<b>L1-M0</b>	A	16,500
<b>L1-M2</b>	AB	11,000
<b>L2-M0</b>	AB	9,833
<b>L2-M2</b>	B	7
<b>L3-M0</b>	B	7
<b>L3-M0</b>	B	5,667

Nota: La cantidad de individuos de la meso y macrofauna en el suelo están expresado en porcentaje (%).