



# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

**IMPACTOS DEL MANEJO DE LABRANZA Y MEJORADOR  
ORGÁNICO EN LA MESO Y MACROFAUNA DEL SUELO**

Por:

**RAFAEL ALTAMIRANO MORALES**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2015

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

**IMPACTOS DEL MANEJO DE LABRANZA Y MEJORADOR ORGÁNICO  
EN LA MESO Y MACROFAUNA DEL SUELO**

Por:

**RAFAEL ALTAMIRANO MORALES**

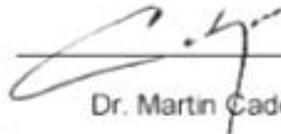
TESIS

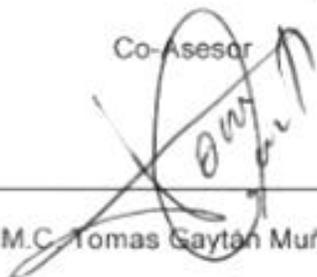
Que somete a consideración del H. jurado examinador como requisito parcial  
para obtener el título de:

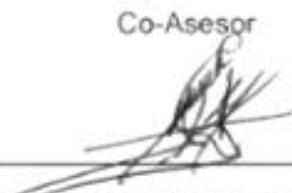
**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Aprobado por el comité de Tesis

Asesor principal:

  
Dr. Martin Cadena Zapata

Co-Asesor  
  
M.C. Tomas Gaytán Muñiz

Co-Asesor  
  
Ing. Ariel Méndez Cifuentes

Coordinador de la División de Ingeniería

  
Dr. Luis Samaniego Moreno

Saltillo, Coahuila, México, Febrero 2015

## DEDICATORIA

### A Dios

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres:

A ustedes que me apoyaron con sus oraciones, cariño y amor, dándome todo a su alcance sin pedir nada a cambio, dejando sus sueños para que yo cumpla los míos, por eso este logro se los dedico a ustedes.

### **Maximo Altamirano Montellano y Esther Morales Vázquez**

A mi novia:

A tu paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu bondad y amor me inspiraste a ser mejor, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado, **Mi bonita “Rubicel”**.

Varias personas:

Gracias a esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo mi cariño:

**Mis abuelitos (papa Bartolo-Mama Inés y Papa rey-Mama Luz), mis hermanos (Daniel, Ana Karen, José Andrés, Yitzel y Yitzela) y mis amigos (Luis, Oliver, Jesús, Michel, Pukin y Edwin).**

## AGRADECIMIENTOS

### A Dios

"Porque todas estas cosas padecemos por amor a vosotros, para que abundando la gracia por medio de muchos, la acción de gracias sobreabunde para gloria de Dios." 2 Corintios 4:15

Agradezco primeramente 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 padres **Maximo y Esther** 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 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.

Gracias a mi novia Rubicel por darme de su tiempo, comprensión y amor, que me ayudo en grande manera para salir adelante ahora formas parte de mí. A mis hermanos Daniel, José Andrés, Ana Karen, Yitzel y Yitzela. A mis abuelitos mama Inés, papartolo, papa rey y mama luz.

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 José Oliver y Michel que hemos disfrutado de la vida que Dios nos da, en los distintos problemas que sufrimos día con día y en los momentos felices y tristes.

A mis amigos Luis Enrique, Pukin, Edwin, Jesús y Ariel, quienes son no solo mis mejores amigos sino también mis hermanos, gracias porque estuvieron en las buenas y en las malas.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CUADRO</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
1.1 Introducción general. ....	14
1.2 Antecedentes.....	15
1.3 Identificación de problema.....	16
<b>II. OBJETIVO GENERAL.</b> .....	<b>18</b>
<b>III. OBJETIVO ESPECIFICO.</b> .....	<b>18</b>
<b>IV. HIPÓTESIS</b> .....	<b>18</b>
<b>V. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>19</b>
5.1 Biología de suelos .....	19
5.2 Tipos de labranzas .....	20
5.2.1 Labranza convencional.....	20
5.2.2 Labranza vertical. ....	22
5.2.3 Siembra directa o labranza cero.....	23
5.3 Algaenzimas .....	25
5.4 Meso y macrofauna del suelo .....	26
5.4.1 Macrofauna del suelo .....	28
5.4.2 Grupos funcionales de la meso y macrofauna .....	29
5.4.2.1 Herbívoros .....	30
5.4.2.2 Detritívoros .....	31

5.4.2.3 Depredadores.....	33
5.5 Lombrices (anélida, Oligochaeta) .....	34
5.6 Relaciones macrofauna hábitat .....	36
5.6.1 Clima .....	36
<b>VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
6.1 Diseño experimental.....	38
6.2 Distribución del sitio experimental. ....	38
6.3 Cuantificación de la meso y macrofauna del suelo.....	39
6.3.1 Procedimiento en campo.....	39
6.3.2 Procedimiento en laboratorio.....	41
6.4 Análisis estadístico .....	43
6.5 Modelo lineal .....	43
<b>VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>44</b>
7.1   .- Análisis para la variable Meso y Macrofauna del suelo en <b>ind./m<sup>3</sup></b> (Labranzas y Mejorador) de un cultivo de frijol. ....	44
7.2   .- Análisis para la variable de la Meso y Macrofauna del suelo <b>ind./m<sup>3</sup></b> (Labranzas y Mejorador) del cultivo de Maíz. ....	47
7.3   .- Análisis para la variable de lombrices del suelo en <b>ind./m<sup>3</sup></b> (Labranza, Mejorador) en el cultivo del frijol. ....	50
7.4   .- Análisis para la variable de Lombrices del suelo (Labranza, Mejorador y su interacción) en el cultivo del Maíz. ....	53
7.5   Cantidades de resultados de meso y macrofauna en los dos cultivos (maíz-frijol) con sus respectivas labranzas y mejorador. ....	56
7.6   .- Cantidades de resultados de Lombrices en los dos cultivos (Maíz- Frijol) con sus respectivas labranzas y mejorador. ....	60
<b>VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>63</b>

<b>IX. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>65</b>
<b>X. ANEXOS .....</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE CUADRO

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica de los organismos integrantes de la meso y macrofauna. ....	<b>28</b>
<b>Cuadro 2.</b> Análisis de varianza en el cultivo de Frijol. ....	<b>44</b>
<b>Cuadro 3.</b> Comparación entre labranzas con respecto al número de individuos de la meso y macrofauna en el suelo en <b>ind./m3</b> . ....	<b>45</b>
<b>Cuadro 4.</b> Comparación entre el Algaenzimas y el testigo, respecto al número de individuos en la meso y macrofauna en el suelo en <b>ind./m3</b> .....	<b>46</b>
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de varianza en el cultivo de Maíz. ....	<b>47</b>
<b>Cuadro 6.</b> Comparación entre labranzas con respecto al número de individuos de la meso y macrofauna en el suelo en <b>ind./m3</b> .en el cultivo del Maíz. ..	<b>48</b>
<b>Cuadro 7.</b> Comparación de medias entre Algaenzimas y testigo, en el cultivo del Maíz con respecto a la meso y macrofauna en el suelo en <b>ind./m3</b> ....	<b>49</b>
<b>Cuadro 8.</b> Análisis de varianza con respecto a las lombrices del suelo en el cultivo del frijol en <b>ind./m3</b> . ....	<b>50</b>
<b>Cuadro 9.</b> Comparación de medias entre labranzas, respecto a las lombrices en el cultivo del Frijol. ....	<b>51</b>
<b>Cuadro 10.</b> Media entre el algaenzima y el testigo, respecto a las lombrices en el cultivo del frijol. ....	<b>52</b>
<b>Cuadro 11.</b> Análisis de varianza del cultivo del Maíz, respecto a las Lombrices. ....	<b>53</b>
<b>Cuadro 12.</b> Medias entre labranzas en el cultivo del maíz de Tukey, respecto a las Lombrices en el suelo. ....	<b>53</b>
<b>Cuadro 13.</b> Comparación de medias de Tukey, respecto a las lombrices en el cultivo del Maíz.....	<b>55</b>
<b>Cuadro 14.</b> Cuadro taxonómica de resultados de meso y macrofauna (primavera-verano 2013).....	<b>56</b>
<b>Cuadro 15.</b> Cuadro taxonómica de labranzas en maíz y frijol. ....	<b>58</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> El suelo consiste de cuatro componentes de elementos básicos del suelo.....	<b>20</b>
<b>Figura 2.</b> Labranza Convencional .....	<b>21</b>
<b>Figura 3.</b> Labranza Vertical .....	<b>22</b>
<b>Figura 4.</b> Cero Labranza .....	<b>24</b>
<b>Figura 5.</b> Ubicación de la zona experimental el bajío, UAAAN.....	<b>37</b>
<b>Figura 6.</b> Distribución del terreno experimental.....	<b>38</b>
<b>Figura 7.</b> Medición de monolitos y extracción. ....	<b>39</b>
<b>Figura 8.</b> Macrofauna obtenida manualmente en alcohol al 70 %.....	<b>40</b>
<b>Figura 9.</b> Segundo tamiz para la recolección de un kilo de tierra para el laboratorio. ....	<b>41</b>
<b>Figura 10.</b> Embudo de Berlesse, cada uno con un kilo de suelo recolectado. .	<b>41</b>
<b>Figura 11.</b> Embudos de Berlesse. ....	<b>42</b>
<b>Figura 12.</b> Estereoscopio para determinar la clasificación de la mesofauna...	<b>42</b>
<b>Figura 13.</b> Comparación de medias, Labranzas.....	<b>45</b>
<b>Figura 14.</b> Comparación de medias, Algaenzima-testigo.....	<b>46</b>
<b>Figura 15.</b> Comparación de medias de Labranzas.....	<b>48</b>
<b>Figura 16.</b> Comparación de medias entre Algaenzima y el testigo, “Maíz” .....	<b>49</b>
<b>Figura 17.</b> Comparación entre medias, labranzas en el cultivo del frijol con respecto a las lombrices.....	<b>51</b>
<b>Figura 18.</b> Comparación de medias (mejorador-testigo), respecto a las lombrices en el cultivo del frijol.....	<b>52</b>
<b>Figura 19.</b> Comparación de medias entre lombrices-labranza del cultivo del Maíz. ....	<b>54</b>
<b>Figura 20.</b> Comparación de media, mejorador-testigo, respecto a las lombrices en el cultivo del Maíz. ....	<b>55</b>
<b>Figura 21.</b> Resultado de grupos funcionales de la meso y macrofauna (Herbívoros, detritívoros y depredadores) en las distintas labranzas (LC, LV y NL).....	<b>57</b>

<b>Figura 22.</b> Meso y macrofauna en cada sistema de labranza con su respectivo cultivo (maíz y frijol).....	<b>59</b>
<b>Figura 23.</b> Diferencia de total de meso y macrofauna en las labranzas. ....	<b>60</b>
<b>Figura 24.</b> Lombrices (oligoquetos) en frijol y maíz en las distintas labranzas.	<b>61</b>
<b>Figura 25.</b> Total de lombrices en las tres labranzas (LC, LV Y NL).....	<b>62</b>

## RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo determinar a mediano plazo el efecto de labranzas y mejorador en la cuantificación e identificación de la meso y macrofauna del suelo. Las parcelas de muestreo fueron evaluadas mediante los efectos de tres sistemas de labranza: cero labranza (**NL**), labranza vertical (**LV**) y labranza convencional (**LC**) en combinación de mejorador Algaenzimas (**M1**) y un Testigo (**M0**), en los cultivos de maíz – frijol. Para ver el efecto en la interacción de estos elementos a mediano plazo en la cuantificación e identificación de la meso y macrofauna en un suelo franco arcilloso.

El sitio de muestreo se localiza en el campo experimental el Bajío, ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) Saltillo, Coahuila. El experimento se evaluó durante el periodo de primavera - verano 2013 la cual se estableció bajo un arreglo experimental de bloques al azar con arreglo factorial A x B, siendo tres sistemas de labranzas y dos mejoradores en una distribución de nueve parcelas iguales con dimensiones de 40 metros de largo por 12 metros de ancho y divididas en dos sub-parcela de 20 metros de largo por 12 metros de ancho, aplicando dosis, 1 l Ha<sup>-1</sup> de Algaenzimas en los cultivos maíz y frijol.

Para la macrofauna del suelo se realizó el método TSBF (Tropical Soil Biological and Fertility) (Anderson e Ingram, 1993) y para la mesofauna el método de embudo de Berlesse (1905) modificado por Tullgren (1918), y así se determino la abundancia de la meso y macrofauna del suelo.

En la variable con respecto al número de individuos de la meso y macrofauna del suelo se encontró que en la cero labranza (NL) tuvo una media en maíz de 5.17 ind./m<sup>3</sup> y en frijol una media de 4.38 ind./m<sup>3</sup>, en labranza vertical (LV) con una media en maíz de 4.00 ind./m<sup>3</sup> y en frijol una media de 4.12 ind./m<sup>3</sup> y labranza convencional (LC) con una media en maíz de 4.71 ind./m<sup>3</sup> y en frijol de 4.75 ind./m<sup>3</sup>. Por tanto no existe diferencia significativa tanto entre labranzas y mejoradores.

Resultado con respecto al número de individuos de lombrices en el suelo se encontró que en la cero labranza (NL) tuvo una media en maíz de 12.33 ind./m<sup>3</sup>, y en frijol una media de 3.3 ind./m<sup>3</sup>, en labranza vertical (LV) con una media en maíz de 5.17 ind./m<sup>3</sup> y en frijol una media de 2.63 ind./m<sup>3</sup> y labranza convencional (LC) con una media en maíz de 6.50 ind./m<sup>3</sup> y en frijol de 3.08 ind./m<sup>3</sup>.

Por tanto existe diferencia significativa entre labranzas, siendo mejor la cero labranza (NL) por tener mejor efecto en las lombrices y mayor contenido de lombrices, por el contrario en el mejorador y testigo no existe diferencia significativa.

***Palabras clave:*** *Sistemas de Labranza, Meso y Macrofauna del suelo, Lombrices, Algaenzimas.*

**Correo:** [Altamirano\\_rafa@hotmail.com](mailto:Altamirano_rafa@hotmail.com)

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Introducción general.

La Meso y Macrofauna ha sido reconocida por su influencia en las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo (Barrios, 2007).

Especialmente, se observa que la abundancia y diversidad de las comunidades de macroinvertebrados son indicadores válidos por reflejar también los restantes aspectos que contribuyen a la calidad del suelo (Velásquez *et al.*, 2007).

Sin embargo, relativamente pocos de los estudios comparativos de los efectos de los diferentes usos de la tierra en suelo y abundancia de la macrofauna han incluido pequeños agricultores o tradicionales a la agricultura. Varias prácticas agrícolas que parecen estar asociados con abundantes y diversas comunidades de la macrofauna del suelo, muchos de los cuales se incorporan dentro de los sistemas agrícolas en pequeña escala. Estos son: la presencia de cobertura continua del suelo (Barros *et al.*, 2003).

Los diversos organismos que habitan en el suelo están ensamblados en intrincadas comunidades que colectivamente contribuyen con un amplio rango de servicios esenciales para el funcionamiento sustentable de los ecosistemas: intervienen en los ciclos de nutrientes, la emisión de gases invernadero, secuestran carbono, modifican la estructura física del suelo y actúan sobre el régimen del agua y la erosión (Zerbino, 2008).

La trama trófica del suelo está organizada en diferentes niveles de acuerdo al tamaño de los individuos y se basa fundamentalmente en las relaciones entre los microorganismos y los invertebrados (Zerbino, 2005).

Desde el punto de vista de la alimentación, se reconocen tres grupos funcionales: aquellas especies que se alimentan de las partes vivas de las plantas (herbívoros), las que consumen animales vivos (depredadores) y las que se alimentan de materia orgánica no viva de origen animal y vegetal, de los microorganismos asociados, de heces de vertebrados e invertebrados, así como de compuestos producto del metabolismo de otros organismos (detritívoros) (Moore *et al.*, 2004).

El método de preparación del suelo es la práctica de manejo que tiene los mayores efectos en la distribución y abundancia de los organismos que lo habitan (Brown *et al.*, 2001).

## **1.2 Antecedentes**

Muchos sistemas agrícolas de pequeños agricultores tradicionales son basados en la rotación de parcelas entre la vegetación nativa, cultivos y barbecho, por lo que es probable que las comunidades de la macrofauna del suelo en estos sistemas son dinámicas, en respuesta a cambios en la gestión, la vegetación y la entrada de materia orgánica del suelo (Hellín *et al.*, 1999).

Pero en consecuencia, la labranza altera las termitas y lombrices de tierra, y la quema lleva a una drástica reducción en la densidad de especies a corto plazo (Rossi *et al.*, 2010).

Las lombrices de tierra (Annelida: Lumbricidae) forman parte de la macrofauna (organismos mayores a 2 mm), y son las principales representantes del gremio funcional «ingenieros del ecosistema» (Jiménez *et al.*, 2001).

Al mismo tiempo que producen estructuras físicas a través de las cuales pueden modificar la disponibilidad o accesibilidad de un recurso para otros organismos, (Kladivko, 2001).

Su importancia consiste no sólo en el efecto directo sobre el suelo sino también en ser importantes reguladores de la actividad microbiana (Coleman *et al.*, 2004).

### **1.3 Identificación de problema**

La falta de laboreo y la cobertura con rastrojos del cultivo bajo siembra directa (SD) provoca relaciones suelo-planta-ambiente distintas a las que se generan bajo labranza convencional (LC), lo que trae aparejada la necesidad de un ajuste del manejo de los cultivos (Falotico *et al.* 1999).

Este fenómeno se explica considerando que no se produce un daño mecánico directo, el contenido de humedad del suelo es mayor y se conserva una capa superficial de material vegetal necesaria para la presencia de especies epigeas (Chan, 2001).

La labranza directa (SD) o cero labranza (NL) son en general consideradas menos agresivas para las poblaciones de Lumbricidae. Pueden señalarse numerosos estudios que indican mayores densidades de lombrices de tierra con respecto al sistema convencional de manejo (Kladivko, 2001).

Por otra parte, si bien la abundancia de Lumbricidae hallada en los sistemas de siembra directa es mayor que la de los sistemas convencionales, es menor que la de pasturas permanentes (Domínguez *et al.*, 2009).

Esta densificación de la capa superficial sólo puede ser disminuida con labranzas vertical (LV) (Fontanetto & Gambaudo, 1996) aunque (Pikul y Aase, 1995) encontraron menores valores de resistencia mecánica en superficie bajo SD. (Elisondo, 2001).

Desde el momento que un sistema natural es modificado para desarrollar actividades agrícolas, los mayores cambios ocurren en las propiedades del suelo y en su biota asociada. Las comunidades presentes van a estar determinadas por la intensidad del cambio inducido respecto al ecosistema

natural y por la habilidad de los organismos para adaptarse a esos cambios. En particular, la macrofauna del suelo responde al manejo en escalas de tiempo de meses o años, por lo que ha sido destacada por su potencial como indicador biológico (Lavelle y Spain, 2001).

Por tanto, en éste proyecto, el propósito es evaluar la meso y macrofauna en los diferentes sistemas de labranzas: Cero Labranza (NL), Labranza Convencional (LC) y Labranza Vertical (LV) en combinación de un mejorador orgánico (Algaenzimas), en los cultivos de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) y Maíz (*Zea mays*), para determinar que labranza y mejorador es la que tiene un impacto menos agresivo a la meso y macrofauna del suelo.

## **II. OBJETIVO GENERAL.**

Evaluar el efecto de tres sistemas de labranzas en combinación de un mejorador orgánico en la cuantificación de la meso y macrofauna en el cultivo de Frijol y Maíz en un suelo franco-arcilloso.

## **III. OBJETIVO ESPECIFICO.**

- Determinar el impacto de los diferentes tipos de labranza en la meso y macrofauna de un suelo franco-arcilloso de los cultivos Maíz y Frijol.
- Evaluar el comportamiento de la meso y macrofauna al aplicar un mejorador de suelo de los cultivos Maíz y Frijol.

## **IV. HIPÓTESIS**

Los sistemas de labranzas y un mejorador orgánico afectara la meso y macrofauna del suelo.

## V. REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1 Biología de suelos

El suelo no es un sistema estático, es una estructura viva, en él existen millones de distintos seres vivos, los cuales presentan diferentes tamaños, desde los que se pueden observar a simple vista hasta aquellos que son infinitamente pequeños como las bacterias, los actinomicetos, los hongos, los nematodos, las algas, los protozoarios y otros (Burbano, 1989).

Un suelo sano es aquel que puede producir cultivos sanos y nutritivos sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas, distribuir el flujo del agua en el ambiente y servir como amortiguador de los cambios; es decir la capacidad que tiene los suelos para atenuar los contaminantes ambientales, los patógenos pero además los servicios como ser reservorio de carbono, mantener la biodiversidad (Bautista *et al.*, 2004).

El suelo es uno de los ecosistemas más complejos y diversos que existen en la naturaleza. Como se observa en la figura 1, Es un ambiente que combina las fases sólida, líquida y gaseosa formando una matriz tridimensional. La compleja naturaleza físico-química, su estructura porosa y el contenido de materia orgánica en diversas fases de descomposición y complejidad, proporcionan una heterogeneidad trófica y de hábitat que permite en él la coexistencia de una gran diversidad de organismos (Zerbino y Altier, 2006).

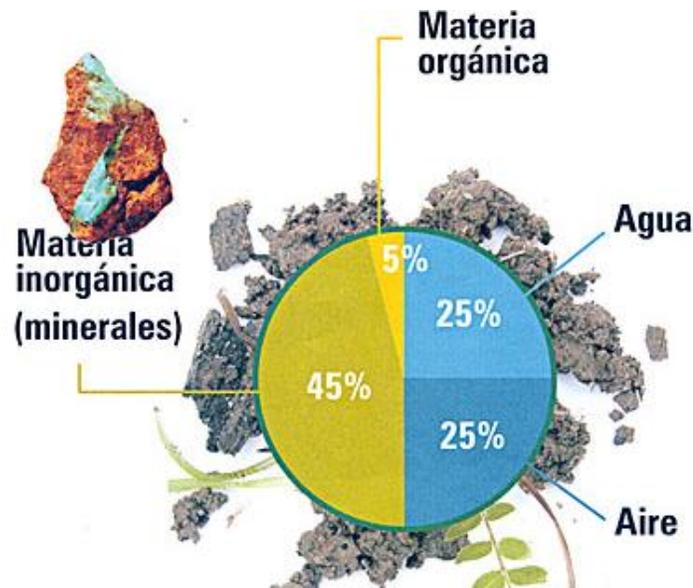


Figura 1. El suelo consiste de cuatro componentes de elementos básicos del suelo.

Los pastizales permanentes producen efectos muy intensos en el contenido y las transformaciones de la materia orgánica del suelo. Influyen, principalmente, las especies de plantas presentes, la actividad de los macro y microorganismos y la intensidad de manejo, entre otros factores (Frost y Siri Prieto, 2009).

La preservación de la estabilidad de los agregados es importante a fin de reducir el sellado superficial y aumentar las tasas de infiltración. Con el aumento de estabilidad de la superficie se reduce la escorrentía (Roth, 1985).

## 5.2 Tipos de labranzas

### 5.2.1 Labranza convencional

En la agricultura se suele usar el término “tradicional” o “convencional” como sinónimo de aquellas practicas que son realizadas por la mayoría de los agricultores en una determinada región como costumbre que ha sido transmitida por varias generaciones (Figura 2).



Figura 2. Labranza Convencional

Loaisiga y Insfran (2004) la labranza convencional puede ser definida como el conjunto de operaciones ya sea primarias y secundarias realizadas para preparar un terreno para siembra.

Los efectos del sistema convencional sobre los suelos se basan principalmente en la acción de los arados que invierten la capa de la tierra dejando el suelo expuesta a los efectos dañinos degradantes de las altas temperaturas y lluvias. El arado de rejas y vertedera incorpora el 100 % de los rastrojos en superficie, el arado de discos un 50 % y el arado rastra 30 %. Estos valores pueden sufrir modificaciones según el tipo de rastrojo, velocidad de labranza e inclinación de discos (Loaisiga e Insfran, 2004).

Según Jiménez y Pérez (2003) la labranza convencional aumenta la pérdida de suelo a través de la erosión hídrica y eólica, éste por el uso excesivo de implementos agrícolas que hace que desaparezca la estructura del suelo quedando las partículas dispersas y dispuesta a los factores erosivos, que a medida que transcurre el tiempo el suelo pierde su fertilidad y por ende baja la productividad.

Según Carrasco (1997), la labranza convencional reduce los niveles de materia orgánica y nitrógeno en el suelo.

Un aspecto importante a considerar es que la labranza convencional tiene también efecto sobre los microorganismos del suelo. Los arados al voltear la tierra ubican a los organismos superficiales en condición menos oxigenada, sucediendo lo contrario a los microorganismos inferiores, de esta manera los pasajes seguidos de estas herramientas disminuyen la población de organismos que viven en el suelo (Carrasco, 1997).

### **5.2.2 Labranza vertical.**

La labranza vertical es aquella que se realiza con un arado cincel con un efecto de roturación y fragmentación vertical hasta profundidades de unos 35 a 40 cm sin inversión de los horizontes quedando sobre la superficie un alto contenido de los rastrojos. El uso del arado cincel es una práctica agronómica muy eficaz para preparar barbechos antes del rastrojé, por que se evita que el suelo quede descubierto durante largas temporadas durante las cuales si hay lluvias, el agua se infiltra evitándose la erosión (Figura 3).



Figura 3. Labranza Vertical

Los arados cinceles se está empleando en gran medida como una estrategia que altera lo menos posible el estado natural del suelo, además, ayuda a minimizar los esfuerzos que con otros métodos tradicionales resultan mayores.

La labranza con arado cincel presenta las siguientes ventajas:

1. Conserva sobre la superficie el máximo de residuos,
2. favorece la infiltración de las aguas de lluvia,
3. elimina la evaporación y,
4. elimina costras y pie de arado.

Con el arado cincel se puede arar en los meses secos del verano a la espera de las lluvias, utilizando equipos ociosos, de modo que cuando éstas ocurran se produzca mayor infiltración. Ramiro (2014, 12 de diciembre)

La labranza vertical favorece el enraizamiento de las plantas y mejora la producción (Sanabria et al. 2006); a su vez, las raíces mejoran las propiedades físicas del suelo por el aporte de materia orgánica. (Paredes *et al.*, 2009) y (Silva *et al.*, 2007).

### **5.2.3 Siembra directa o labranza cero**

Según Martínez (2008), la labranza cero o labranza de conservación es un sistema de producción que reduce costos, siempre y cuando se implemente de manera adecuada. Esto es importante remarcarlo, ya que lo que se ahorra con no labrar, se puede perder con un mal control de malezas o una siembra inadecuada por mal manejo de los residuos.

En éste sistema, la siembra se realiza sin labores previas de preparación del terreno, sobre los residuos de la cosecha anterior, por lo que requiere el uso de una desmenuzadora y sembradora cero labranza (INIFAP-CIRNO, 2008) (Figura 4).



Figura 4. Cero Labranza

Esta labranza es un nuevo concepto en el uso y manejo de los suelos, el cual permite sembrar cualquier tipo de grano sin remover o labrar el suelo.

En él se reemplazan herramientas tradicionales de trabajo como el arado, rastras, cindeles y cultivadoras por sembradoras capaces de cortar rastrojos y raíces, remover una línea de siembra para dejar la semilla adecuadamente ubicada en el suelo (Martínez, 2006)

Por otra parte, el laboreo destruye muchos macro agregados que quedan expuestos al ataque de los microorganismos. El efecto de la SD sobre la MO está relacionada con la secuencia de cultivos, manejo de residuos, textura del suelo y condiciones ambientales asociadas (Quiroga *et al.*, 2000).

La siembra directa genera un ambiente especial para la supervivencia y desarrollo de organismos edáficos que constituyen la mesofauna (Nematodos, Colémbolos y Ácaros (microartrópodos)) y macrofauna (Oligochaeta (lombriz y gusanos enquitreidos) y Artrópodos mayores como: Díptera (larvas de moscas), Coleóptera (escarabajos adultos y larvas), Diploda (milpiés), Isópodos, Lepidóptera (orugas), Isóptera (termitas), Chilopoda (ciempiés), Himenóptera (hormigas), Molusca (babosas y caracoles) y Arañas (Acosta *et al.*, 2011).

Donde las poblaciones de lombrices en diferentes condiciones en las que se compara la siembra directa con otros métodos de cultivo son afectadas por el laboreo tradicional sobre las poblaciones dando una mortalidad por el efecto mecánico del 25 % y el efecto de depredadores como son las aves al ser levantadas por el arado (Wild, 1992).

### **5.3 Algaenzimas**

Senn (1987) reporta que la incorporación de algas al suelo incrementa las cosechas y favorece la calidad de los frutos básicamente porque se administra a los cultivos no sólo los macro y micronutrientes que requiere la planta, sino también 27 sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento. Dentro de los compuestos ya identificados en las algas se tienen agentes quelatantes como ácidos algínicos, fúlvicos y manitol así como vitaminas, cerca de 5000 enzimas y algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Crouch y Van Staden, 1992).

Las algas marinas se aplican en la agricultura tal cual, en forma de harina, de extractos y de polvos solubles. Si los derivados son elaborados en la forma apropiada, los organismos vivos que contienen se conservan en estado viable y se propagan por un tiempo donde se aplican potenciando su acción, lo que hace posible la aplicación de dosis muy bajas (Crouch y Van Staden, 1992).

Las algas marinas y/o sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas. Su uso es ya común en muchos países del mundo y, a medida que esta práctica se extienda, irá sustituyendo el uso de los insumos químicos por orgánicos, favoreciendo así la agricultura sustentable (Small y Green, 1968).

#### 5.4 Meso y macrofauna del suelo

El laboreo o la falta del mismo, ejerce influencia en los habitantes del suelo a través de tres mecanismos principales: perturbación mecánica, disposición espacial de los residuos vegetales y los efectos en las comunidades de las malezas (Wild, 1992; y Castiglioni, 2000).

La mesofauna participa en los procesos de descomposición y mineralización de los residuos orgánicos y la macrofauna modifica la estructura del suelo mediante la formación de macroporos y agregados (Gizzi *et al.*, 2009).

El tamaño de la fauna edáfica depende a la vez del alimento disponible y de las condiciones físicas del suelo. Dicha fauna necesita de un medio bien aireado para su crecimiento activo no pudiendo soportar los suelos inundados ni los compactados. El complejo ecosistema degradador del material biológico del suelo se mantiene, básicamente, de los tejidos vegetales muertos que se incorporan al suelo por la caída de hojas, el enterramiento de residuos de cosechas o los aportes de estiércol. Esto hace que en ocasiones, sea difícil definir lo que se entiende por animal edáfico, ya que en el término se incluye tanto los que se encuentran sobre los residuos superficiales como los que habitan en el interior del suelo (Acosta *et al.*, 2011).

En estos casos, la influencia de la fauna parece ser pequeña, pues se estima que normalmente representa del orden el 5 % de la actividad total de los degradadores. Sin embargo, actualmente se sabe que tales medidas puedan enmascarar la verdadera importancia ecológica de la fauna edáfica en los procesos de degradación. Estos animales del suelo juegan un papel importante en la trituración de los residuos vegetales y las formas mayores, como las lombrices, son muy eficaces mezcladoras de la materia orgánica superficial con el suelo más profundo (Acosta *et al.*, 2011).

Los microartrópodos también se incluyen en la fauna edáfica; se dividen en dos grupos:

- 1) Los que se presentan habitualmente sobre la superficie de los suelos o en la capa de residuos, llamados semiedáficos.
- 2) Las formas edáficas, animales especializados para la vida en horizontes más profundos del suelo. La participación de micro artrópodos edáficos en la descomposición de la materia orgánica y en el reciclado de los elementos nutritivos en el suelo. Se ha sugerido que su participación consiste en triturar los residuos vegetales y en la de alimentarse con hifas de hongos (Acosta *et al*, 2011).

Las formas mayores como las lombrices son grandes estimuladores de la vegetación mediante su acción minadora y disgregadora del suelo, la ingestión de hojas, raíces y la eliminación de residuos. Alcanzan sus poblaciones más numerosas en pastizales y bosques caducifolios; áreas tropicales y zonas áridas subtropicales las lombrices escasean y su papel en el suelo está asumido por las termitas y en cierta forma por las hormigas. Es probable que las lombrices se alimenten, selectivamente, a partir de materia orgánica en la que la relación C/N haya sufrido alguna reducción. Independientemente de la importancia de las lombrices como mezcladoras del suelo, su papel como degradadoras de la materia orgánica es más difícil de evaluar. Se estima que contribuyen solamente con un 4 – 5 % a la actividad metabólica de la población viva del suelo, pero como originan un medio bien desmenuzado que favorece la acción posterior de la población microbiana, puede muy bien tener una influencia mucho mayor sobre el metabolismo global en el suelo. La actividad minadora de las lombrices influye claramente en el drenaje y en la aireación del suelo y se ha comprobado que la incorporación de estas produce un aumento notable en la velocidad de infiltración del agua e inversamente la eliminación de las mismas reduce aquella a un tercio (Acosta *et al*, 2011).

En suelos con cultivos anuales las lombrices pueden mantenerse en un nivel similar al de los suelos con praderas. Numerosos autores han estudiado el efecto de la siembra directa y los resultados han sido resumidos por (Wild, 1992).

### 5.4.1 Macrofauna del suelo

Este grupo de Macrofauna está integrado por los animales que tienen un ancho de cuerpo mayor a 2 mm (Zerbino, 2005) y que pertenecen a distintos Filos, Clases y Órdenes en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de los organismos integrantes de la meso y macrofauna.

Filo	Clase	Sub-Clase	Orden	Familia
<b>Annelida</b>	Clitellata	Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbricidae
<b>Arthropoda</b>	Arachnida	Acari	Holothyrida	
			Araneae	
	Insecta	Pterygota	Coleóptera	Anthicidae
				Chrysomelidae
				Cryptophagidae
				Lathridiidae
				Scarabaeidae
				Staphylinidae
				Tenebrionidae
				Pterygota
			Dictióptera	
		Pterygota	Díptera	Agromyzidae
		Holometábola		Chloropidae
				Lauxaniidae
			Hemíptera	Cicadidae
		Pterygota	Himenóptera	Diapriidae
				Formicidae
			Homóptera	Aphididae
			Isóptera	
			Lepidóptera	
			Orthoptera	
		Pterygota	Thysanoptera	
	Malacostraca		Isópoda	
Chilopoda		Devonobiomorpha		
	Diplopoda			
Entognatha		Collembola		

Operan en escalas de tiempo y espacio más amplias que los individuos más pequeños. La mayoría se caracteriza por tener ciclo biológico largo (un año o más), baja tasa reproductiva, movimientos lentos y poca capacidad de dispersión (Gassen y Gassen, 1996).

Desde el punto de vista de la alimentación incluye individuos que son herbívoros, detritívoros y depredadores (Brown *et al.*, 2001).

A través de sus actividades físicas (mezcla del mantillo con el suelo, construcción de estructuras y galerías, agregación del suelo) y metabólicas (utilización de fuentes orgánicas disponibles, desarrollo de relaciones mutualistas y antagonistas) participan en muchos procesos. Al fragmentar las partículas, producir pelotas fecales y estimular la actividad microbiana intervienen en el ciclo de la materia orgánica y de nutrientes. Con la redistribución de la materia orgánica y de los microorganismos, la mezcla de suelo con partículas orgánicas y la producción de pelotas fecales causan mejoras en la agregación.

También modifican la aeración e infiltración y la textura, a través de la construcción de galerías y al traer a la superficie y mezclar suelo de las capas inferiores del perfil (Zerbino, 2005).

#### **5.4.2 Grupos funcionales de la meso y macrofauna**

Para reducir la innata complejidad de la trama trófica del suelo han sido propuestas distintas clasificaciones de grupos funcionales (FAO, 2001).

Una de ellas, quizás la más útil, es la que divide a la macrofauna del suelo de acuerdo al comportamiento alimenticio. Los herbívoros se alimentan de las partes vivas de las plantas, los depredadores de animales vivos y los detritívoros de la materia orgánica no viva de origen animal y vegetal, de los microorganismos asociados, de heces de vertebrados e invertebrados, así como también de compuestos producto del metabolismo de otros organismos (Moore *et al.*, 2004).

Las interacciones bióticas entre estos grupos funcionales intervienen en la regulación de los procesos edáficos. Cuando la complejidad de las mismas es grande, es muy probable que los efectos indirectos en la regulación de las funciones de los ecosistemas sean muy importantes (Price, 1988).

Como consecuencia de la herbívora realizada por invertebrados se afecta la cantidad y calidad de recursos que ingresan al suelo y por lo tanto a los individuos detritívoros y depredadores (Wardle y Bardgett, 2004).

A su vez la calidad y cantidad de los detritos que ingresan al sistema tienen gran importancia en la evolución y mantenimiento de la diversidad de los detritívoros, lo que afecta los ciclos de nutrientes y en consecuencia a los productores primarios y a los consumidores (herbívoros y depredadores) (Moore *et al.*, 2004).

Por otra parte, los depredadores pueden ejercer importantes efectos en la producción primaria neta y en la descomposición lo cual a su vez tienen implicancias a nivel de las comunidades y de los ecosistemas (Wardle y Bardgett, 2004).

#### **5.4.2.1 Herbívoros**

Entre el 40 y 90% de la producción primaria neta corresponde a las partes subterráneas de las plantas y una alta proporción de la misma es consumida por los invertebrados herbívoros que habitan el suelo, los cuales en su mayoría son insectos (Masters, 2004).

Los órdenes más importantes son: Coleóptera, Himenóptera, Orthoptera. Las especies fitófagas del Orden Coleóptera pertenecen a las Familias Elateridae, Melolonthidae (Scarabaeidae), Curculionidae y Chrysomelidae. Adultos y larvas son consistentes componentes de las comunidades. Una cantidad de individuos viven en la superficie y con vegetación baja, mientras que otros son verdaderos cavadores durante toda o parte de su ciclo de vida (Zerbino, 2005).

La abundancia de estos insectos es muy variable de un ambiente a otro y de un ciclo anual al siguiente, lo cual dificulta su análisis cualitativo. Algunos autores reportan que el conjunto de estas familias en regiones templadas pueden alcanzar valores de varios cientos de individuos por metro cuadrado (Zerbino, 2005).

El Orden Himenóptera tiene una amplia distribución latitudinal y ocurre en los ecosistemas más extremos. Los integrantes de la Familia Formicidae son insectos sociales, los cuales tiende a ser más abundantes en bosques abiertos y secos y en pasturas no cultivadas (Zerbino, 2005). El tamaño de las colonias es variable, desde unas pocas docenas en las especies más primitivas a varios millones. Las hormigas cortadoras son consideradas los herbívoros más importantes de América del Sur (Hölldobler y Wilson, 1990).

La Familia Gryllidae del Orden Orthoptera se caracteriza porque sus integrantes tienen alimentación omnívora. Están presentes en gramíneas y leguminosas forrajeras y en cultivos en sistemas de siembra directa (Aragón, 2003).

#### **5.4.2.2 Detritívoros**

A este grupo pertenecen un amplio rango de grupos taxonómicos; los más importantes son: Oligochaeta, Diplopoda, Isópoda, e insectos pertenecientes a los órdenes Coleóptera, Dictióptera, Díptera e Isóptera. Los individuos que ingieren detritos probablemente sean omnívoros no selectivos (Wardle, 1995).

En general los organismos que se alimentan de residuos, con excepción de Isóptera, tienen poca capacidad para producir cambios químicos en los residuos; el mayor efecto es el cambio físico a través de la disminución del tamaño de la partícula. Para obtener la energía estos organismos desarrollan el sistema de digestión de rumen externo por lo que practican la coprofagia (Zerbino, 2005).

En los pellets fecales se desarrolla importante actividad microbiana que es la que produce las transformaciones químicas (Lavelle y Spain, 2001).

Las Familia de Tenebrionidae del Orden Coleóptera se alimentan de carroña en descomposición, mientras que la dieta de las sub-familias Scarabaeidae y Aphodiinae de la Familia Scarabaeidae es excrementos de vertebrados (Zerbino, 2005).

Los individuos del Orden Dictióptera si bien ocurren en un amplio rango de hábitat que abarca desde desiertos a bosques, seleccionan los microambientes en base a preferencias ambientales muy particulares. Son poco abundantes, sedentarios y de movimientos lentos (Bromham *et al.*, 1999).

La mayoría de las larvas de Díptera que habitan en el suelo son saprófagas y están asociadas con acumulaciones de materia orgánica y de excrementos (Zerbino, 2005).

Son escasas en suelos con bajo contenido orgánico. Los individuos que pertenecen al Orden Isóptera son insectos sociales, que predominan en las zonas tropicales y subtropicales y son escasos o están ausentes en altas latitudes (Curry, 1987; Zerbino, 2005). Las colonias varían desde unos pocos cientos a varios millones de individuos (Lavelle y Spain, 2001).

Los crustáceos pertenecientes al Orden Isópoda son integrantes consistentes en ambientes donde hay residuos en la superficie. Pueden vivir varios años. La diversidad de este grupo es limitada y no se encuentran más de 4 o 5 especies. Las densidades son particularmente bajas en suelos ácidos, con humus tipo mor o en sitios donde ocurren heladas y sequías (Curry, 1987).

Los integrantes del Orden Haplotaxida (Lombrices) transforman el material orgánico en humus y consumen por día una cantidad de alimento equivalente al peso de su cuerpo. La digestión es mediada por una mezcla de enzimas producidas en la pared del tracto digestivo y por la micro flora del suelo que ingirieren.

Son poco móviles, en condiciones de exceso de agua salen a la superficie y colonizan ambientes más favorables. Las actividades antrópicas han sido una de las principales responsables de su dispersión (Lavelle y Spain, 2001). En base a su tamaño, tipo de alimentación y habilidad de cavado se clasifican en tres grupos eco fisiológicos: epigeas, anécicas y endógenas (Zerbino, 2005).

Las **epigeas** viven y se alimentan de materiales orgánicos frescos y son importantes en la fragmentación de los residuos, no son cavadoras. Presentan pigmentación en todo el cuerpo. Son eficientes composteras pero no impactan en la estructura del suelo. Son estrategias r típicos y predominan en las zonas frías. Las **anécicas** viven en galerías verticales semipermanentes. Se alimentan de los residuos superficiales que los mezclan con suelo. Salen por la noche para obtener el alimento. Depositán coprolitos en la superficie. Presentan pigmentación anterodorsal. Son consideradas estrategias K. Modifican los regímenes de agua y gases del suelo. (Lavelle y Spain, 2001). El tercer grupo lo componen las **endógenas**. Están concentradas en los 10 cm superiores del suelo y viven en túneles horizontales no permanentes alrededor de las raíces. Se alimentan de material vegetal en descomposición y de materia orgánica del suelo. No tienen pigmentación. Depositán coprolitos en superficie. Son responsables de grandes cambios en la estructura física del suelo, su actividad tiene importantes efectos en la agregación y estabilización de la materia orgánica (Lavelle y Spain, 2001).

#### **5.4.2.3 Depredadores**

Este grupo funcional está integrado por individuos pertenecientes a las clases Arácnida, Chilopoda y Nematodo, Mermithidae e insectos de los órdenes Coleóptera, Hemíptera e Himenóptera. Los integrantes del Orden Araneae pueden representar la mitad de los depredadores de un agroecosistema. Son tan eficientes, que los cambios en la densidad afectan a las poblaciones de organismos considerados plaga (Rypstra *et al.*, 1999).

Dentro del Orden Coleóptera los depredadores son integrantes de las Familias Carabidae y Staphylinidae. Los primeros se alimentan de Collembola, Díptera, Coleóptera, Homóptera (Aphididae), Oligochaeta y otras presas (Curry, 1987) y los segundos de insectos, ácaros y algunos se pueden alimentar de hongos o de materia orgánica en descomposición, e incluso de excrementos (Bentancourt y Scatoni, 2001).

Los individuos que pertenecen a Nematodo, Mermithidae, después de la emergencia buscan al huésped en el cual penetran a efectos de nutrirse y lo abandonan antes de la última muda o después de esta. En su vida libre no se alimentan. Su presencia está registrada en insectos que pertenecen a los órdenes Orthoptera, Coleóptera, Lepidóptera y Díptera (Bentancourt y Scatoni, 2001).

### **5.5 Lombrices (anélida, Oligochaeta)**

Los anélidos constituyen un grupo de animales celomados segmentados muy antiguo. Probablemente aparecieron hace más de 600 millones de años y se considera que para el Cámbrico se establecieron por completo en los mares de la Tierra (Blakemore, 2006).

Las lombrices de tierra son gusanos segmentados celomados de hábitos fundamentalmente terrestres, comunes en suelos húmedos y cuyo tamaño cuando adultos varía desde 1 cm de largo y 2 mm de grosor, hasta más de 1 m y 3 cm de largo y grosor. Como todos los anélidos tienen un cuerpo dividido en metámeros muy parecidos entre sí, salvo en la región anterior en donde se presentan las estructuras reproductoras y algunas otras modificaciones asociadas con los aparatos digestivo, circulatorio y nervioso. Todas las lombrices de tierra son hermafroditas y aunque predomina la reproducción sexual cruzada, algunas especies son partenogénicas.

Las estructuras asociadas con la reproducción han sido tradicionalmente utilizadas en la clasificación tanto de familias (ubicación de los poros masculinos, femeninos y prostáticos; tipo de ovarios; presencia/ausencia y tipo de próstatas), como de géneros (número de testículos) y de especies (tipo de esperma teca, número y ubicación de vesículas seminales) (Blakemore 2006).

En México coexisten lombrices de tierra exóticas y nativas; las primeras son especies que se originaron en otra región del mundo y cuya presencia en México se debe a su introducción (intencional o accidental) por el hombre.

Las especies nativas se consideran originarias de alguna región de nuestro país y tienen una distribución en México que puede haber ocurrido de modo natural. Estas últimas incluyen a las lombrices endémicas, que son aquellas cuya distribución actual se restringe al ambiente o región en donde probablemente se originaron.

Las lombrices de tierra viven predominantemente dentro del suelo, aunque también se les encuentra en la hojarasca, bajo piedras, bajo la corteza de troncos húmedos, dentro de epífitas y en los suelos suspendidos del dosel.

Su ciclo de vida es muy sencillo y generalmente está sincronizado con la temperatura y la humedad del suelo. Cuando 2 lombrices adultas cliteladas se acoplan, intercambian esperma que guardan en sus respectivas espermatecas y al separarse los 2 individuos, el clitelo de cada uno segrega una sustancia mucilaginosa compuesta de albúmina que lleva los óvulos no fecundados y que se desplaza hacia adelante; durante el trayecto recibe el esperma almacenado en la espermateca y de este modo ocurre la fecundación (semiexterna). La sustancia mucilaginosa se endurece y se convierte en un capullo, dentro del cual se desarrollan los embriones. El número de embriones por capullo varía, pero lo común es que sólo nazca una lombriz por capullo.

## **5.6 Relaciones macrofauna hábitat**

Los procesos del suelo están sometidos a una jerarquía de determinantes que operan en escalas anidadas de tiempo y espacio. El clima, seguido por las propiedades del suelo opera en las grandes escalas, los cuales fuerzan a las comunidades de plantas, que determinan la calidad y cantidad de los ingresos orgánicos del suelo, a los macroinvertebrados y a los microorganismos que operan en escalas locales (Lavelle, 2002).

Por otra parte, a nivel local la composición y distribución de las comunidades son afectadas por factores tales como la disponibilidad de recursos, las condiciones micro climáticas, la fertilidad y estructura del suelo (Beare *et al.*, 1995; Correia, 2002).

### **5.6.1 Clima**

El clima ha sido el factor que ha tenido mayor efecto en los procesos de evolución de largo plazo, determinando la estructura y características de las comunidades vegetales y la distribución y abundancia de los invertebrados (Curry, 1987).

La diversidad y la actividad de muchos grupos están severamente restringidas a determinados climas. Mientras que las termitas tienen una distribución tropical-subtropical, las lombrices son características de regiones templadas (Zerbino, 2005).

Las variaciones micro climáticas asociadas a la estructura y densidad de la vegetación y a la presencia de residuos, afectan considerablemente la distribución de los invertebrados dentro de la pastura y su persistencia durante adversidades climáticas (Curry, 1987). Las variaciones estacionales inducen a movimientos verticales (Lavelle y Spain, 2001).

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2013 en el campo experimental El bajo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Saltillo, Coahuila, México. Las coordenadas geográficas que la delimitan son: 25° 23' 42" de latitud norte 100° 59' 57" de longitud oeste y una altitud de 1743 msnm., el suelo presente es franco arcilloso (40% de arena, 29% de limo y 31% de arcilla). De acuerdo a la clasificación climática de Koppen, modificada por García (1973), el clima de Buenavista se expresa bajo la fórmula: BS0kx' (w) (e'), que significa seco-árido, templado con verano fresco largo, con régimen de lluvias escasas todo el año tendiendo a llover más en el verano y clima extremoso. La temperatura media anual es de 16.9 °C, con una precipitación media anual de 443 milímetros, la evaporación media anual oscila entre los 1956 milímetros. Los vientos predominantes tienen una dirección noreste, con velocidades de 25.5 km  $h^{-1}$  (Servicio Meteorológico Nacional 2013) (Figura 5).

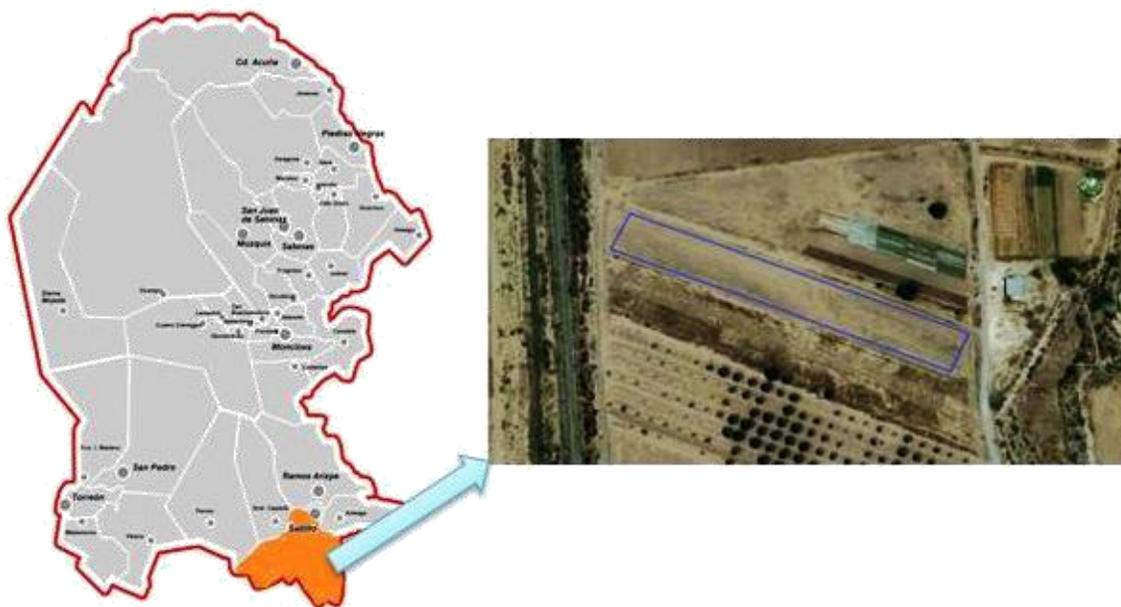


Figura 5. Ubicación de la zona experimental el bajo, UAAAN.

## 6.1 Diseño experimental.

- Diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial A (Labranzas) x B (Mejorador).
- Las unidades experimentales (labranza y mejorador) contarán con 12 tratamientos y 3 repeticiones en total 36 unidades experimentales.

## 6.2 Distribución del sitio experimental.

Se estableció tres sistemas de labranzas: Labranza Convencional (LC), Labranza Vertical (LV) y Cero Labranza (NL), se cuenta con 9 parcelas de 40 metros de largo por 12 metros cada parcela se dividirá en dos partes iguales de 20 m x 12 m, en las cuales se aplicara 1 L/h de Algaenzimas y un testigo, en el de cultivo es Maíz y frijol (Figura 6).

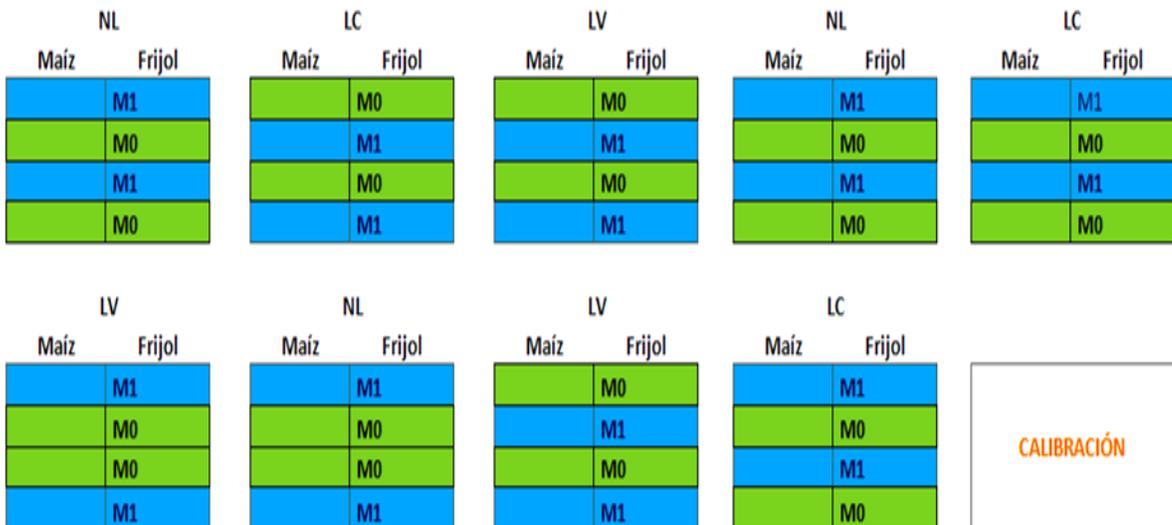


Figura 6. Distribución del terreno experimental

Los tratamientos se representan como:

M0= Testigo

M1= Algaenzima

Labranzas, representadas de la siguiente manera:

LC = Labranza Convencional

LV = Labranza Vertical

NL = Cero Labranza

Se estableció un cultivo Maíz y Frijol, se tomaron los datos de la parte biológica del suelo (Meso y macrofauna).

### 6.3 Cuantificación de la meso y macrofauna del suelo

Para determinar la abundancia de la meso y La macrofauna fue colectada según el método TSBF (Tropical Soil Biological and Fertility) (Anderson e Ingram, 1993) y el método de embudo de Berlesse (1905) modificado por Tullgren (1918).

#### 6.3.1 Procedimiento en campo

1. En el campo experimental en cada división de la sub-parcela de 20 m x 12 m se selecciona el área de muestreo al azar.
2. Se hace uso del flexómetro para trazar 2 áreas de la superficie para el 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.
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 (Figura 7).



Figura 7. Medición de monolitos y extracción.

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) (Figura 8).



Figura 8. Macrofauna obtenida manualmente en alcohol al 70 %

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 a cabo 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 (Figura 9).



Figura 9. Segundo tamiz para la recolección de un kilo de tierra para el laboratorio.

### 6.3.2 Procedimiento en 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 10.



Figura 10. Embudo de Berlesse, cada uno con un kilo de suelo recolectado.

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 con focos eléctricos de 10 W a 40 W, (Los ideales son de 25 W) (Figura 11).



Figura 11. Embudos de Berlesse.

5. Una vez que se haya realizado los pasos anteriores como se muestra. Se deja transcurrir un lapso de 24 horas. Para luego depositar cada frasco colocado en cada embudo en su respectivo frasco con etiqueta.
6. Finalmente los insectos obtenidos son analizados con un estereoscopio para determinar sus grupos taxonómicos (Figura 12).



Figura 12. Estereoscopio para determinar la clasificación de la mesofauna.

## 6.4 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.

## 6.5 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 ( $0 - \sigma^2$ ).

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los objetivos del estudio, en la etapa primavera-verano del 2013 se analizó la meso y macrofauna del suelo con respecto a tres tipos de labranzas; Labranza convencional (LC), Labranza vertical (LV) y Cero Labranza (NL), en conjunto con un mejorador y un testigo, Testigo (M0) y Algaenzimas (M1) en los cultivos de maíz y frijol.

### 7.1.- Análisis para la variable Meso y Macrofauna del suelo en ind./m<sup>3</sup> (Labranzas y Mejorador) de un cultivo de frijol.

En el cuadro 2 se muestra el resultado de medias por Tukey de análisis de varianza, en el contenido de meso y macrofauna en el cultivo de frijol respecto a labranzas y mejorador, y su respectiva interacción labranzas-mejorador.

Cuadro 2. Análisis de varianza en el cultivo de Frijol.

Análisis de Varianza					
FV	GL	SC	CM	F-valué	P>F
Labranzas	2	1.19	0.59	0.33	0.726
Mejorador	1	0.22	0.22	0.12	0.731
Labranzas: Mejorador	2	0.71	0.36	0.19	0.823
Repetición	2	13.56	6.78	3.76	0.060
<b>C.V=30.37009</b>					

Como se puede observar en el cuadro anterior, no existe diferencia significativa entre Labranzas, mejorador ni en la interacción entre labranzas-mejorador con respecto a la meso y macrofauna en el cultivo de frijol.

Se muestra en el cuadro 3 el resultado de la comparación entre medias de Tukey en el factor de labranzas con respecto a la meso y macrofauna en el cultivo del frijol.

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

Comparación de medias, Labranzas		
Grupos	Labranzas	Media
a	LC	4.75
a	NL	4.38
a	LV	4.12

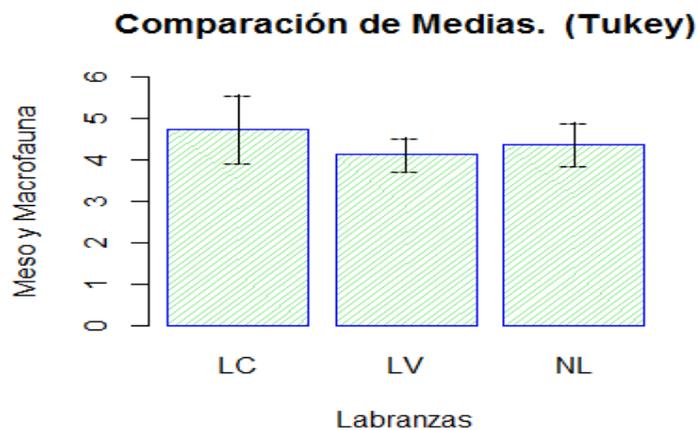


Figura 13. Comparación de medias, Labranzas.

En la figura 13. Se muestra estadísticamente que no son significativas las medias en los tres tipos de labranzas, por tanto causan el mismo efecto entre labranzas.

Según Gizzi *et al.* (2009) mostraron que en SD y LC fueron similares los resultados en cuanto a la composición taxonómica y grupos dominantes de la macrofauna en ambos años.

Sin embargo se puede apreciar numéricamente que la labranza convencional (LC) muestra tener un mejor resultado de meso y macrofauna en la siembra del frijol.

En el cuadro 4 se muestra el resultado de la comparación de medias por Tukey del factor mejorador, respecto a la meso y macrofauna en el cultivo del frijol.

Cuadro 4. Comparación entre el Algaenzimas y el testigo, respecto al número de individuos en la meso y macrofauna en el suelo en **ind./m<sup>3</sup>**.

Comparación de Medias, algaenzimas y testigo		
Grupos	Tratamiento	Medias
a	M0	4.31
a	M1	4.53

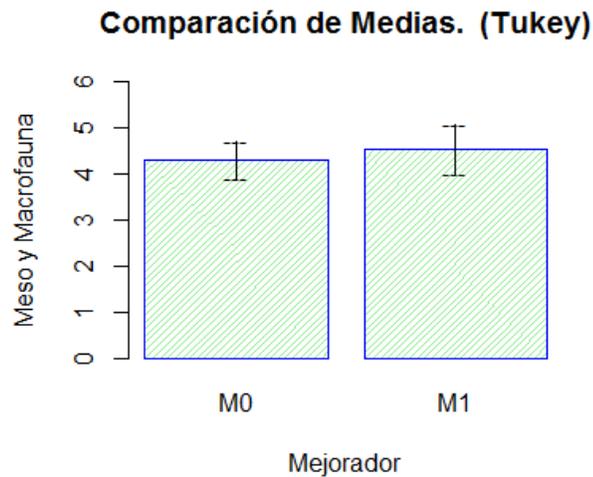


Figura 14. Comparación de medias, Algaenzima-testigo.

En la figura 14 se observa estadísticamente que no existe diferencia significativa, por tanto son iguales y no muestran diferencia alguna en campo de la meso y macrofauna del suelo con el mejorador.

Sin embargo numéricamente las Algaenzimas muestra un resultado mínimo favorable sobre la meso y macrofauna en el cultivo del frijol.

Esto concuerda con los resultados de Borrodo *et al.*, (2001) que dice en sus resultados que no existe diferencia entre mejoradores, por tanto son iguales y causan el mismo efecto en la macrofauna del suelo.

**7.2.- Análisis para la variable de la Meso y Macrofauna del suelo ind./m<sup>3</sup> (Labranzas y Mejorador) del cultivo de Maíz.**

En el cuadro 5 se encuentra el resultado del análisis de varianza por Tukey, se muestra el contenido de meso y macrofauna en el cultivo de maíz respecto con labranzas, mejorador y su interacción.

Cuadro 5. Análisis de varianza en el cultivo de Maíz.

<b>Análisis de Varianza</b>					
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-valué</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Labranzas</b>	2	4.18	2.09	3.51	0.069
<b>Mejorador</b>	1	0.02	0.02	0.03	0.861
<b>Labranzas: Mejorador</b>	2	4.04	2.02	3.38	0.075
<b>Repetición</b>	2	12.29	6.14	10.32	0.003**
<b>C.V=16.67972</b>					

De acuerdo al análisis de varianza, se muestra datos no significativos, tanto en labranzas, mejorador y su interacción, por tanto son iguales y no tienen diferencia estadística en la meso y macrofauna en el cultivo de maíz.

Según Zerbino (2005) La cantidad biológica es mayor en sistemas con siembra directa que en las sistemas de labranzas tradicionales.

En el cuadro 6 se muestra el resultado de la comparación de medias del factor labranzas mediante la prueba de Tukey, con respecto a la meso y macrofauna en el cultivo del maíz.

Cuadro 6. Comparación entre labranzas con respecto al número de individuos de la meso y macrofauna en el suelo en **ind./m<sup>3</sup>**.en el cultivo del Maíz.

Comparación de medias, Labranzas		
Grupos	Labranza	Media
a	NL	5.17
a	LC	4.71
a	LV	4.00

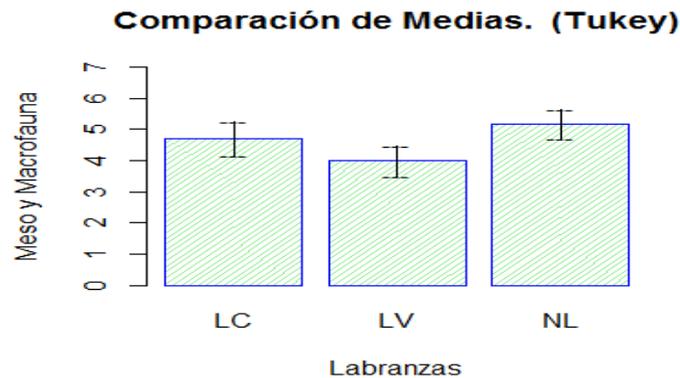


Figura 15. Comparación de medias de Labranzas.

En la figura 15 se observa estadísticamente un resultado no significativo, por tanto las labranzas son iguales y no tienen diferencia estadística en la meso y macrofauna. Pero se puede observar numéricamente que la cero labranza tiene un efecto más favorable en la meso y macrofauna en el cultivo del maíz.

Según García *et al.* (2004) el comportamiento de macrofauna es más favorable en la siembra directa que en la siembra tradicional.

Según Martínez (2008), de la labranza cero o labranza de conservación se obtienen una mayor cantidad de rastrojos, materia orgánica y parte biológica, siempre y cuando se implemente de manera adecuada.

En el cuadro 7 se observa el resultado de la prueba de Tukey en la comparación de los mejoradores, respecto a la meso y macrofauna en el cultivo del maíz.

Cuadro 7. Comparación de medias entre Algaenzimas y testigo, en el cultivo del Maíz con respecto a la meso y macrofauna en el suelo en **ind./m<sup>3</sup>**.

<b>Comparación de Medias, mejorador y testigo</b>		
<b>Grupos</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>
<b>a</b>	M0	4.60
<b>a</b>	M1	4.66

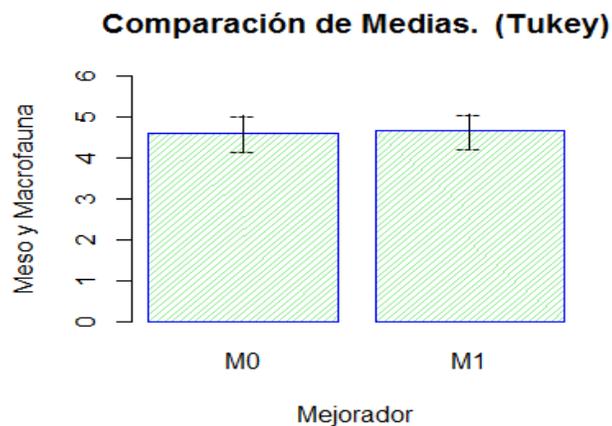


Figura 16. Comparación de medias entre Algaenzima y el testigo.

En la figura 16 se observa que el mejorador y testigo muestran un resultado estadístico no significativo, por tanto son iguales y tienen el mismo efecto en la meso y macrofauna en el cultivo de maíz.

Según Borroel (2012) de acuerdo a los sus resultados obtenidos en maíz forrajero para la variable mejorador, no se mostraron diferencia significativa entre mejorador de Algaenzimas y sin Algaenzimas.

### 7.3.- Análisis para la variable de lombrices del suelo en ind./m<sup>3</sup> (Labranza, Mejorador) en el cultivo del frijol.

En el cuadro 8 se muestra el resultado de medias de Tukey en comparaciones entre labranzas, mejoradores y su interacción, con respecto a las lombrices en el cultivo del frijol.

Cuadro 8. Análisis de varianza con respecto a las lombrices del suelo en el cultivo del frijol en ind./m<sup>3</sup>.

<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>					
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Repetición</b>	2	13.4232	6.7116	5.5603	0.02379 *
<b>Labranzas</b>	2	1.3934	0.6967	0.5772	0.57914
<b>Mejoradores</b>	1	1.6016	1.6016	1.3268	0.27616
<b>Labranzas: mejorador</b>	2	0.1372	0.0686	0.0568	0.94505
<b>C.V.= 36.58</b>					

En el cuadro anterior de análisis de varianza, se observa estadísticamente que tanto en las labranzas, mejoradores y su interacción, muestran datos no significativos, por tanto, son iguales y causan el mismo efecto en las lombrices en el cultivo del frijol.

Según Lavelle (2000), los ingenieros del suelo que involucran grupos consumidores de materia orgánica, como las lombrices (Haplotaxida), tienen un impacto específico en el interior del suelo a partir de la transformación de sus propiedades físicas, que favorecen la formación de agregados y la estructura, el movimiento y la retención del agua, así como el intercambio gaseoso.

En el cuadro 9 se muestra la comparación de medias por la prueba de Tukey entre labranzas con respecto al cultivo de frijol.

Cuadro 9. Comparación de medias entre labranzas, respecto a las lombrices en el cultivo del Frijol.

<b>Comparación de medias, labranzas.</b>		
<b>Grupos</b>	<b>Labranza</b>	<b>Media</b>
<b>a</b>	NL	3.30
<b>a</b>	LC	3.08
<b>a</b>	LV	2.63

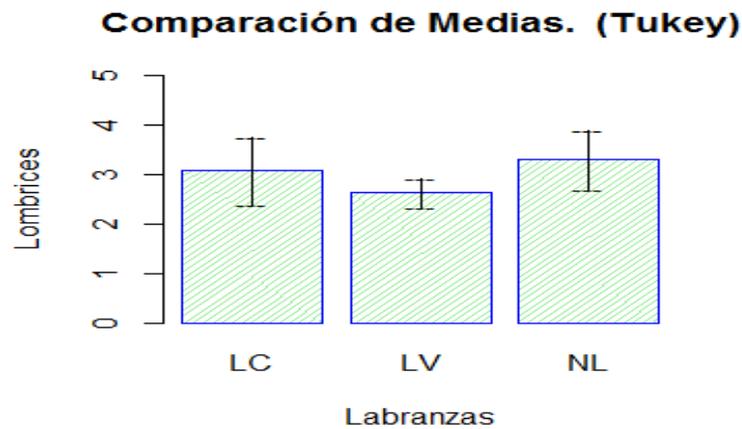


Figura 17. Comparación entre medias, labranzas en el cultivo del frijol con respecto a las lombrices.

En la figura 17 se observa que los resultados estadísticamente son no significativos, por tanto son iguales las labranzas y tienen el mismo efecto en las lombrices en el cultivo del frijol. Pero se observa visualmente que la cero labranza (NL) tiene un efecto más favorable en las lombrices del cultivo frijol.

Según Kleine (2006) al comparar SD con LC, observaron que las diferencias son a favor de la siembra directa por tener más materia biológica en el suelo.

En el cuadro 10 se observa la comparación de medias de Tukey entre mejoradores, respecto a efecto de las lombrices en el cultivo del frijol.

Cuadro 10. Media entre el algaenzima y el testigo, respecto a las lombrices en el cultivo del frijol.

Comparación de Medias, mejorador y testigo		
Grupos	Tratamiento	Medias
a	M0	2.71
a	M1	3.30

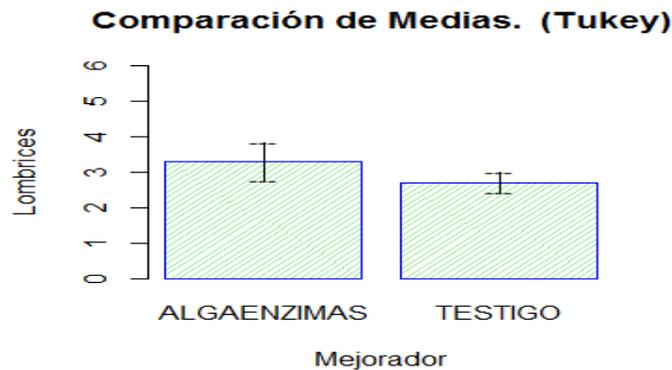


Figura 18. Comparación de medias de Tukey, respecto a las Lombrices en el cultivo del Frijol.

En la figura 18 se muestra una diferencia de resultados no significativa entre el testigo y el mejorador, por tanto estadísticamente son iguales y no presentan diferencia en el cultivo del Frijol en las lombrices del suelo.

Sin embargo se observa numéricamente que las Algaenzimas tiene un efecto más favorable en las Lombrices que en el testigo.

Según Borroel (2012) de acuerdo a los sus resultados obtenidos para la variable mejorador, se mostraron diferencia significativa entre Algaenzimas y ácido húmico, resultando mejor el mejorador algaenzimas.

#### 7.4.- Análisis para la variable de Lombrices del suelo (Labranza, Mejorador y su interacción) en el cultivo del Maíz.

En el cuadro 11 se observa el análisis de varianza de Tukey de labranzas, mejorador y su interacción con respecto a las lombrices del cultivo del Maíz.

Cuadro 11. Análisis de varianza del cultivo del Maíz, respecto a las Lombrices.

<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>					
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Repetición</b>	2	226.33	113.16	21.90	0.0002217***
<b>Labranzas</b>	2	174.33	87.16	16.87	0.0006245***
<b>Mejoradores</b>	1	3.55	3.55	0.68	0.426146
<b>Labranzas: mejorador</b>	2	114.111	57.05	11.04	0.0029405 **
<b>C.V.= 28.41288</b>					

Se puede observar en el cuadro anterior que si hay diferencia significativa entre labranzas. Por tanto son diferentes y si tienen efecto en la meso y macrofauna en el cultivo del Maíz. Sin embargo entre mejoradores no muestran diferencia significativa por tanto son iguales.

Brito *et al.* (2006), obtiene en sus resultados que los sistemas de labranza de conservación y convencional durante las épocas de primavera e invierno muestra una alta diferencia significativa en comparación de la labranza vertical.

En el cuadro 12 se observa la comparación entre medias de Tukey, con respecto a las Lombrices en el cultivo del Maíz.

Cuadro 12. Medias entre labranzas en el cultivo del maíz de Tukey, respecto a las Lombrices en el suelo.

<b>Comparación de medias, Labranzas.</b>		
<b>Grupos</b>	<b>Labranza</b>	<b>Media</b>
<b>a</b>	NL	12.33
<b>b</b>	LC	6.50
<b>b</b>	LV	5.17

### Comparación de Medias. (Tukey)

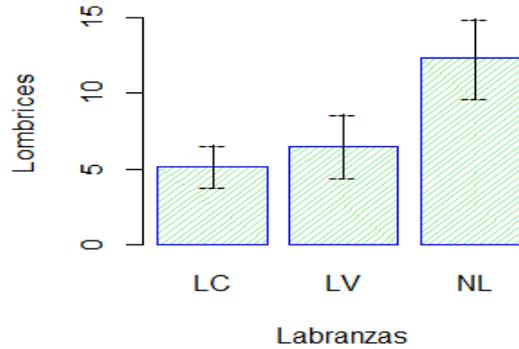


Figura 19. Comparación de medias entre labranzas del cultivo del Maíz con respecto a las Lombrices.

Como se muestra en la figura 19 si existe diferencia significativa entre labranzas, por tanto si tienen efecto entre labranzas en Lombrices. Teniendo como resultado la cero labranza (NL) que tiene un gran efecto positivo de lombrices en el cultivo de Maíz.

Según Brito *et al.* (2006) obtuvo en sus resultados, que con labranza de conservación (NL), las poblaciones de *Diplocardia* fueron más altas en primavera que en invierno. De hecho, el número más alto de lombrices de esta especie (64 individuos  $m^2$ ). Con labranza convencional no se detectaron poblaciones de lombrices de tierra de 0 a 10 cm de profundidad.

En el cuadro 13 se observa la comparación de medias de Tukey entre mejoradores con respecto a las lombrices en el cultivo del Maíz.

Cuadro 13. Comparación de medias de Tukey, respecto a las lombrices en el cultivo del Maíz.

Comparación de Medias de Tukey		
Grupos	Tratamiento	Medias
a	M0	8.44
a	M1	7.56

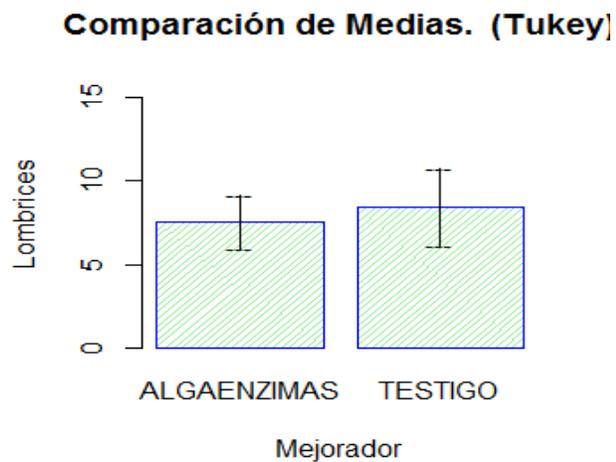


Figura 20. Comparación de media de Tukey, respecto a las lombrices en el cultivo del Maíz.

En la figura 20 se observa que no existe diferencia significativa entre medias de mejoradores, por tanto son iguales y no tienen efecto en las Lombrices de tierra en el cultivo de Maíz.

Según Balderas *et al.* (2013) en sus resultados, el tratamiento orgánico no presentó diferencias significativas con aquellos en los que se utilizó fertilización química.

## 7.5 Cantidades de resultados de meso y macrofauna en los dos cultivos (maíz-frijol) con sus respectivas labranzas y mejorador.

Cuadro 14. Cuadro taxonómica de resultados de meso y macrofauna (primavera-verano 2013)

		Tipos de labranza												Total
		LC				LV				NL				
		Maíz		Frijol		Maíz		Frijol		Maíz		Frijol		
Grupos funcionales	Unidad taxonómica	M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1	Total
Herbívoros	Anthicidae					1	1				1			3
	Larva de Coleóptera	6	5	11	6	2	1	4	2	6	4	5	1	53
	Collembola	11	27	1	9	4	2	1	4	2	2	1		64
	Cryptophagidae	1			1	1					1			4
	Chrysomelidae		3	1	2							1		7
	Formicidae		1	2	1	1	5	8	3	5	4	4	7	41
	Hymenoptera					1					1			2
	isóptera									3				3
	Lathridiidae			1										1
	Lepidóptera	2	3	1	2	1	1			3		1	1	15
	Thysanoptera			1	3	2	2	4			1		1	14
Detritívoros	Dermápteros	4		1		3	2	1	4		1	1		17
	Díptera		2				1	1	1		3			8
	Isópoda	2	2	2	7	8	5	4	6	12	4	6	2	60
	Lumbricidae	11	19	24	47	15	24	19	25	49	25	29	47	334
	Scarabaeidae	1								1				2
	Tenebrionidae				1	1	1							3
Depredadores	Acari	10	13	16	4	1	8		5	7	1	8	1	74
	Araneae	3		1			3	2		4	3			16
	Aphididae		2	2	1	2			1		1			9
	Chilopoda	1			2		1	3		1			2	10
	Hemíptera									1		1		2
	Staphylinidae	4	6	1	3	1	2	8	1	7	14	1	3	51
Total		56	83	65	89	44	59	55	52	101	66	58	65	793
Total por labranza		293				210				290				793

NL=CERO LABRANZA, LC=LABRANZA CONVENCIONAL, LV=LABRANZA VERTICAL, M0=TESTIGO M1=ALGAENZIMA

## MESO Y MACROFAUNA EN LABRANZAS

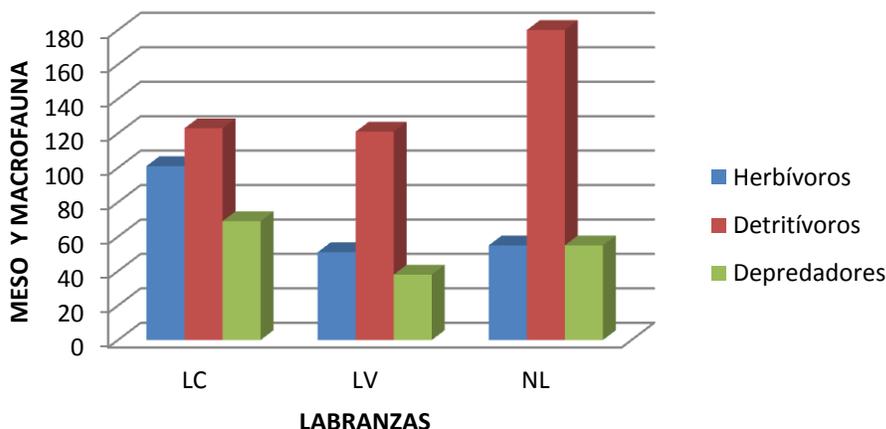


Figura 21. Resultado de grupos funcionales de la meso y macrofauna (Herbívoro, detritívoro y depredador) en las distintas labranzas (LC, LV y NL).

En la figura 21 observamos que se presentan una gran diferencia de detritívoro en las diferentes labranzas en comparación con los de herbívoro y depredador. Por tanto observamos que la mejor labranza con más detritívoro es la cero labranza (NL) pero la labranza convencional tiene más herbívoro y depredador (ver anexo 11). Los datos obtenidos coinciden con los resultados de Cabrera (2011) que prevalecieron los detritívoro (701 ind.m<sup>-2</sup>) seguidos en una menor cantidad por los ingeniero (320 ind.m<sup>-2</sup>), los depredador (96 ind.m<sup>-2</sup>) y, por último, los herbívoro (38 ind.m<sup>-2</sup>).

En el cuadro 14 se encontraron los siguientes grupos funcionales: **detritívoro** hallados en este trabajo fueron haplotaxida (lombricidae), dermáptero, díptero, isópodo, tenebrionidae y scarabaeidae coinciden con los resultados de Zerbino (2005); los **herbívoro** hallados son: larvas de insecto de suelo Coleoptera: Scarabaeidae, Chrysomelidae, collembola, cryptophagidae, formicidae, hymenoptera, isóptera, lathridiidae, lepidóptera y Thysanoptera coinciden con los resultados de Moore *et al.*, (1988): los y **depredador**: arácnida, quilópodo, acari, aphididae, chilopoda, hemíptera y staphylinidae coinciden con los resultados de Bentancourt y Scaton (2001).

En el cuadro 15 se observan la obtención de meso y macrofauna en las distintas labranzas en los cultivos maíz-frijol.

Cuadro 15. Cuadro taxonómica de labranzas en maíz y frijol.

Unidad taxonómica											
Orden	Familia	LC			LV			NL			T-insect
		Maíz	Frijol	Total	Maíz	Frijol	Total	Maíz	Frijol	Total	
Coleóptera	Anthicidae	0	0	0	2	0	2	1	0	1	3
Coleóptera	Larva de Coleóptera	11	17	28	3	6	9	10	6	16	53
Collembola	Collembola	38	10	48	6	5	11	4	1	5	64
Coleóptera	Cryptophagidae	1	1	2	1	0	1	1	0	1	4
Coleóptera	Chrysomelidae	3	3	6	0	0	0	0	1	1	7
Himenóptera	Formicidae	1	3	4	6	11	17	9	11	20	41
Himenóptera	Himenóptera	0	0	0	1	0	1	1	0	1	2
Isóptera	Isóptera	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3
Coleóptera	Lathridiidae	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Lepidóptera	Lepidóptera	5	3	8	2	0	2	3	2	5	15
Thysanoptera	Thysanoptera	0	4	4	4	4	8	1	1	2	14
Dermáptera	Dermápteros	4	1	5	5	5	10	1	1	2	17
Díptera	Díptera	2	0	2	1	2	3	3	0	3	8
Isópoda	Isópoda	4	9	13	13	10	23	16	8	24	60
Haplotaxida	Lumbricidae	30	71	101	39	44	83	74	76	150	334
Coleóptera	Scarabaeidae	1	0	1	0	0	0	1	0	1	2
Coleóptera	Tenebrionidae	0	1	1	2	0	2	0	0	0	3
Ácaros	Ácaros	23	20	43	9	5	14	8	9	17	74
Araneae	Araneae	3	1	4	3	2	5	7	0	7	16
Homóptera	Aphididae	2	3	5	2	1	3	1	0	1	9
Chilopoda	Chilopoda	1	2	3	1	3	4	1	2	3	10
Hemíptera	Hemíptera	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
Coleóptera	Staphylinidae	10	4	14	3	9	12	21	4	25	51
	<b>TOTAL</b>	<b>139</b>	<b>154</b>	<b>293</b>	<b>103</b>	<b>107</b>	<b>210</b>	<b>167</b>	<b>123</b>	<b>290</b>	<b>793</b>

De acuerdo con lo planteado por Zerbino *et al.* (2008), las interacciones entre todos los grupos funcionales están determinadas por los recursos disponibles en los distintos usos de la tierra.

Es válido referir, en general, que en esta investigación, tal como lo menciona, Menéndez (2010), el orden Coleóptera fue el de mayor variedad de los tres grupos funcionales (detritívoros, herbívoros y depredadores).

En la siguiente figura 22 se muestra el resultado de la meso y macrofauna del suelo.

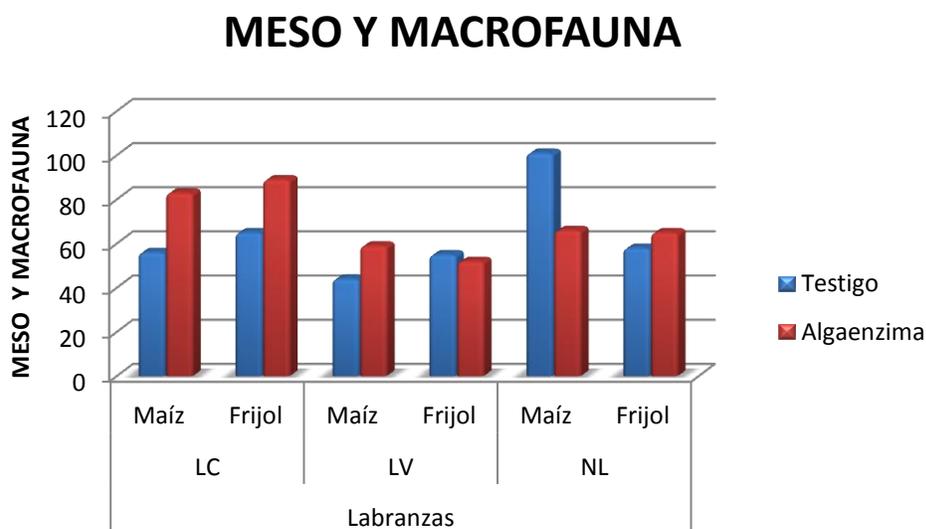


Figura 22. Meso y macrofauna en cada sistema de labranza con su respectivo cultivo (maíz y frijol).

En la figura 22 se muestra el resultado del comportamiento de meso y macrofauna del maíz y frijol, en los tres tipos de labranzas con testigo y algaenzima.

De acuerdo a las labranzas y cultivos se observó en la figura 22. Que el maíz tiene más macrofauna en la cero labranza con el testigo. Y para el frijol tiene más meso y macrofauna en la labranza convencional con el algaenzima.

Para observar que labranza afecta menos a la meso y macrofauna se tiene la siguiente figura 23.

## MESO Y MACROFUANA

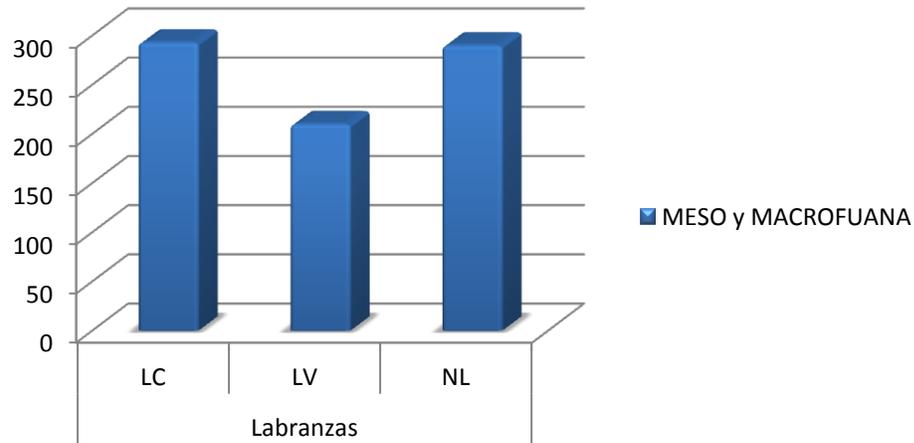


Figura 23. Diferencia entre el total de meso y macrofauna en las labranzas.

Se observó en la figura 23 que la labranza que contiene un efecto menor de meso y macrofauna es la labranza vertical, por el contrario las labranzas cero y convencional tienen el mismo efecto positivo en la meso y macrofauna del suelo.

### 7.6.- Cantidades de resultados de Lombrices en los dos cultivos (Maíz-Frijol) con sus respectivas labranzas y mejorador.

En la siguiente figura 24 se muestra a las lombrices que se denominan “los ingenieros del suelo”, ya que causan importantes modificaciones físicas en el suelo (galerías, hoyos y depósitos de excrementos) modificando el ambiente para otros organismos y alterando la disponibilidad de hábitat y alimentos para otros animales y las plantas (Brown *et al.* 2001).

## LOMBRICES

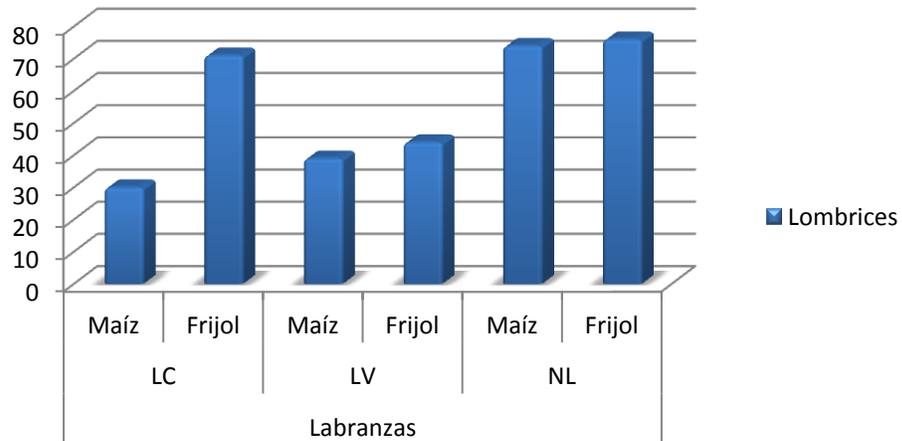


Figura 24. Lombrices (oligoquetos) en frijol y maíz en las distintas labranzas.

Se observó en la figura 24 que tanto en frijol y maíz, se tiene más lombrices en la cero labranza (NL), por tanto tiene un efecto positivo en las lombrices de tierra.

Según Ramírez *et al.* (2013) Los procesos de labranza afectaron las poblaciones de lombrices. Sin embargo, el paso del suelo y de materiales orgánicos por el tracto digestivo de la lombriz, junto con su movimiento horizontal en el perfil, mejoraron la estructura y la fertilidad del suelo.

En la gráfica de la figura 25 se aprecia mejor el resultado del efecto de las labranzas en las lombrices de suelo.

## LOMBRICES

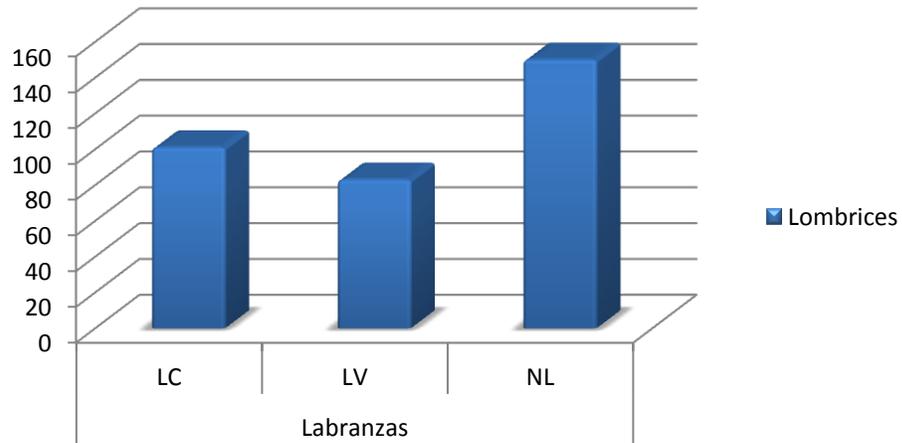


Figura 25. Total de lombrices en las tres labranzas (LC, LV Y NL).

Se observo que en la figura 25, la labranza, con más alto contenido de lombrices, es la cero labranza (NL). Por tanto tiene un mayor efecto positivo en las lombrices del suelo.

De manera que hace unos años, la cero labranza (NL), como la incorporación de abono orgánico, han sido más utilizadas respecto al sistema convencional y vertical, siendo menos agresivas para las poblaciones de oligoquetos terrestres (Gizzi *et al.*, 2009).

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

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

La actividad biológica de la meso y macrofauna del suelo en los sistemas de cero labranza (NL) y labranza convencional (LC) demuestra tener un mayor número de individuos en el suelo en comparación de la labranza vertical.

En las oligoquetos (Lombrices) mostro tener un mayor efecto favorable en la cero labranza (NL) con una gran diferencia entre las demás labranzas (convencional y vertical).

La aplicación de algaenzima (M1) 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 en esta investigación fueron Collembola, Hymenoptera, isópoda, ácaros, Haplotaxida (lombrices) y coleóptera, ya que estos insectos demuestra ser de buen beneficio en el suelo, a futuro estos insectos pueden causar un gran efecto positivo ya que sus funciones de descomposición de la materia orgánica mejoran las propiedades físicas del suelo.

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

## **Recomendaciones**

Realizar el estudio en época de lluvia o cuando haya más humedad para obtener la mayor parte de meso y macrofauna en el suelo labrado.

En función a los resultados obtenido se recomienda desarrollar una investigación de comparación de varios años a lo largo del proyecto, para observar el comportamiento de los insectos y en qué condiciones del suelo ocurre la máxima población de meso y macrofauna.

Considerando la influencia que tiene la meso y macrofauna en la descomposición de la materia orgánica, se recomienda entrar más a fondo en las lombrices. Por tanto se recomienda sacar muestras de antes del cultivo y después del cultivo, para comparar el comportamiento de la meso y macrofauna, y comparar el comportamiento de las oligoquetos (lombrices).

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, J. e J. Ingram, 1993.**-Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods, 2ª edition. Wallingford, UK CAB International.
- Anderson, J. M. 1994.** Functional attributes of biodiversity in land use systems. In Greenland, D. J. Szabolcs, I. (Eds.). Proceedings of a Symposium held in Budapest, including the Second Workshop on the Ecological Foundations of Sustainable Agriculture. (WEFSA II). Wallingford, CAB International. p. 267-290.
- Anderson, J. M. e Ingram, J. S. I. (eds) (1989)** *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*, 1st edition, CAB International, Wallingford.
- Balderas P., G. Feliciano, A. González & J. Irma, (2013).** Cocotero híbrido intercalado con cultivos anuales y perennes, tecnología sustentable. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(20), 58-71. Recuperado en 13 de diciembre de 2014, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322013000600006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322013000600006&lng=es&tlng=es)
- Barrera, N., H. Rodríguez, 1993.** Desarrollo y medio ambiente en Veracruz: Impactos económicos, ecológicos y culturales de la ganadería en Veracruz. Friedrich Ebert Stiftung, México, D.F.
- Barrios, E., 2007.** Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecol. Econ.* 64, 269–285.
- Barrios, E., B. Pashanasi, R. Constantino, y P. Lavelle, (2002)** 'Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia', *Biology and Fertility of Soils*, vol. 35, pp.338–347.

- Barros, E., A. Neves., E. Blanchart, E.C. Fernandes, E. Wandelli, P. Lavelle, 2003.** Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. *Pedobiologia* 47, 273–280.
- Blakemore, R. J. 2000.** Tasmanian earthworms. CD-ROM Monograph with Review of World Families. VermEcology, PO BOX 414 Kippax 2615. Canberra. 800 p.
- Blakemore, R. J. 2004.** Checklist of the earthworm family Exxidae Blakemore, 2000 (and renaming of Sebastianus Blakemore, 1997). In *Avances en taxonomía de lombrices de tierra/Advances in earthworm taxonomy (Annelida: Oligochaeta)*, A. G. Moreno y S. Borges S. (eds.). Editorial Complutense, Universidad Complutense, Madrid. p. 121-125.
- Blakemore, R. J. 2006.** A Series of searchable texts on earthworm biodiversity, ecology and systematics from various regions of the world – 2nd Edition and Supplement, N. Kaneko y M.T. Ito (eds.). COE Soil Ecology Research Group, Yokohama National University, Japan. Online: <http://bioeco.eis.ynu.ac.jp/eng/database/earthworm/>; última consulta: 31.VIII.2012.
- Blakemore, R. J. 2006.** Cosmopolitan earthworms -an ecotaxonomic guide to the peregrine species of the World. (2<sup>nd</sup> Edition). VermEcology, Japan. 600 p.
- Bouché, M. B. 1983.** The establishment of earthworm communities. In *Earthworm ecology: from Darwin to vermiculture*, J. E. Satchell (ed.). Chapman and Hall, London. p. 431-448.
- Brown, G.G., A. Pasini, N.P. Benito, A.M. de Aquino & M.E.F. Correia, 2001.** Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no tillage agroecosystems: A preliminary analysis. Report presented in the “International Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems”. Montreal, Canadá, 8-10 November, 2001. 20p.

**Brussaard, L., & Kooistra, M. 1993.** Soil structure / soil biota interrelationships. The Netherlands. Elsevier Science Publisher 832 p.

**Cabrera, G., N. Robaina, & DE L.D. Ponce, 2011.** Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes* [online]. 2011, vol. 34, n.3 [citado 2014-12-03], pp. 331-346. Disponible en: <[http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942011000300008&lng=es&nrm=iso](http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000300008&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0864-0394.

**Canales, L. B. 2001.** Uso de derivados de algas marinas en la producción de tomate, papa, chile y tomatillo. Investigador de la empresa Palau Bioquim, S.A. de C.V., fabricante de derivados de algas marinas para el uso en la agricultura.

**Derpsch, R. 2000.** Importancia de la siembra directa para obtener la sustentabilidad de la producción agrícola. En documento Proyecto MAG/FAO. Agricultura conservacionista: soluciones para continuar en el negocio. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-agricultura/articulos/siembra-directa-la-sustentabilidad-de-la-produccion-agricola-t1476/p0.htm>

**Doreste, E., 1984.-** Acarología. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

**Duxbury, J. M., M. S. Smith, J. W. Doran, W. C. Jordan, L. Szott and E. Vance. 1989.** Soil Organic matter as a source and a sink of plant nutrients **In:** Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems. Ed. By D. Coleman, j. Malcom, G. Uechara. Hawaii. University of Hawaii press. P. 33-67.

**Espinoza, Y. 2004.** Calidad de la materia orgánica bajo diferentes prácticas de manejo en un suelo ácido tropical. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 21: 126-140.

- Fragoso, C. & P. Rojas, 2013.** Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassiclitellata) en México. Laboratorio de Invertebrados del Suelo, Red de Biodiversidad y Sistemática, Instituto de Ecología A. C. Carretera Antigua a Coatepec No. 351. Col. El Haya, 91070 Xalapa. Veracruz, México.
- García, F. 2004.** Agricultura Sustentable y Materia Orgánica del Suelo: Siembra Directa, Rotaciones y Fertilidad. IMPOFOS, Buenos Aire – Argentina. Consultado Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/9E4440F53262118E03256DB8006C21FD](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/9E4440F53262118E03256DB8006C21FD)
- García, F.O., M Ambrioggio & V Trucco. 2000.** No-tillage in the Pampas of Argentina: A Success store. *Better Crops Int.* 14: 24-27
- García, F; Giménez, A. 2005.** Efecto de tres sistemas de labranza sobre la calidad del suelo y producción de cultivos. Proyecto de Graduación Lic. Ing. Agr. Guácimo, CR. Universidad EARTH. 69 p.
- Gassen, D.N.; F.R. Gassen, 1996.** Plantiodireto o caminho do futuro. Passo Fundo, AldeiaSul. 207 p.
- Giller, K., M. Beare, P. Lavelle, A. Izac, M. Swift, 1997.** Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Appl. Soil Ecol.* 6, 3–16.
- Gizzi, A. 2009.** Caracterización de la Meso y de la Macrofauna Edáficas en Sistemas de Cultivo del Sudeste Bonaerense. Unidad Integrada Balcarce-Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)-EAA INTA. Argentina. Consultado 5 feb. 2010. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v27n1/v27n1a01.pdf>

- Hellin, J., L.A. Welchez, I. Cherrett, 1999.** The Quezungual System: an indigenous agroforestry system from Western Honduras. *Agroforest Syst.* 46, 229–237.
- Kleine, C. y Puricelli, C. 2001.** Comparación de los rendimientos y algunos parámetros químicos luego de varios años bajo labranza convencional y siembra directa en el sudoeste de buenos aires. Publicado en *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* N°12, Diciembre 2001.
- Kleine, C., J.A. Galantini, J.O. Iglesias, C. Maneiro y L. Santiago, (2006).** Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense. Efectos de largo plazo sobre las fracciones orgánicas y el espacio poroso del suelo. INTA, Argentina..
- Lavelle, P., D. Bignell, M. Lepage, V. Wolters, P. Roger, O. Heal, y S. Dhillion, (1997)** 'Soil function in a changing world: The role of the invertebrate ecosystem engineers', *European Journal of Soil Biology*, vol. 33, pp. 159–193.
- Linden, D.R., P.F. Hendrix, D.C. Coleman, P.C.J. Vilet, 1994.** Faunal indicators of soil quality. InDoran,J.W.;Jones, A.J. (Eds.). *Defining soil quality for a sustainable Environment*. SSSA. Special Publication no. 35. p. 91-106.
- Martínez R, A. 2006.** Evolución y perspectivas de la labranza de conservación en México. Centro de desarrollo tecnológico (FIRA).
- Mikha M, Rice CW. 2004.** Tillage and manure effects on soil and aggregate-associated carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 809-815.

- Moore, J.C.; Berlow, E.L.; Coleman, D.C.; Ruitter, P.C.; Dong, Q.; Hastings, A.; Johnson, N.C.; McCann, K.S.; Melville, K.; Morin, P.J.; Nadelhoffer, K.; Rosemond, A.D.; Post, D.M.; Sabo, J.L.; Scow, K.M.; Vanni, M.J.; Wall, D.H. 2004.** Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecology Letters* 7:584-600.
- Pankhurst, C.E. 1997.** Biodiversity of soil organisms as an indicator of soil health. In Pankhurst, C.E.; Doube, B.M.; Gupta, V.V.S.R. (Eds.). *Biological indicators of soil health*. Wallingford, CAB International. p. 297-324.
- Quiroga, A.; Ormeño, O.; Peinemann, N. 2000.** Siembra Directa. Efectos de la Siembra Directa sobre Propiedades Físicas de los Suelos. MORGAN-MYCOGEN. Argentina. Págs. 57-62.
- Ramírez Pisco, Ramiro; Guzman Alvares, María Elena and Leiva Rojas, Edna Ivonne.** Dinámica de las Poblaciones de Lombrices en un Andisol Sometido a Distintos Sistemas de Uso del Suelo. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* [online]. 2013, vol.66, n.2, pp. 7045-7055. ISSN 0304-2847.
- Reynolds, J. W. 1994.** Earthworms of the world. *GlobalBiodiversity* 4:11-16.
- Reynolds, J. W. y D. G. Cook. 1993.** Nomenclatura oligochaetologica: supplementum tertium. Lindsey, Blewett Press. 37 p. Rosas-Medina, M. A., F. de León-González, A. Flores-Macías, F. Payán-Zelaya, F. Borderas-Tordesillas, F. Gutiérrez.
- Rodríguez y C. Fragoso-González. 2010.** Effect of tillage, sampling date and soil depth on earthworm population on maize monoculture with continuous stover restitutions. *Soil & Tillage Research* 108:37-42.

- Rodríguez, O., E. Huerta, I. Evia, Y E. Montejo, 2005.** Diversidad de lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) en el estado de Tabasco, México. El colegio de la frontera sur unidad Villahermosa. Universidad y Ciencia.
- Rossi, J. P., E. Huerta, C. Fragoso y P. Lavelle. 2006.** Soil properties inside earthworm patches and gaps in a tropical grassland (La Mancha, Veracruz, Mexico). *European Journal of Soil Biology* 41:284-288.
- Singer, J. W.; Kohlera, K. A.; Liebmanb, M.; Richardc, T. L.; Cambardellaa, C. A. and Buhlerd, D. D. 2003.** Tillage and compost affect yield corn, soybean and wheat and soil fertility. *Agron. J.* 531-537 pp.
- Small, W.L. y E.R. Green. 1968.** Biología. Editado en español por Publicaciones Culturales, S.A. de C.V., México, vigésima segunda edición.
- Sparling, G.P. 1997.** Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In Pankhurst, C.E.; Doube, B.M.; Gupta, V.V.S.R. (Eds.). *Biological indicators of soil health.* Wallingford, CAB International. p. 97-119.
- Struck, T. H., N. Schult, T. Kusen, E. Hickman, C. Bleidorn, D. McHugh y K. M. Halanych. 2007.** Annelid phylogeny and the status of Sipuncula and Echiura. *BMC Evolutionary Biology* 7:57.
- Studdert G. & Echeverria, (2002).** Agricultura continua, labranzas y carbón orgánico en la capa arable en el sudoeste bonaerense. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn. Chubut.
- Syers, J. K. & J.A. Springett. 1983.** Earthworm ecology in grassland soils. Pp. 67-83. En: J.E. Satchell (ed.). *Earthworm ecology: From Darwin to vermiculture.* Chapman and Hall, New York.

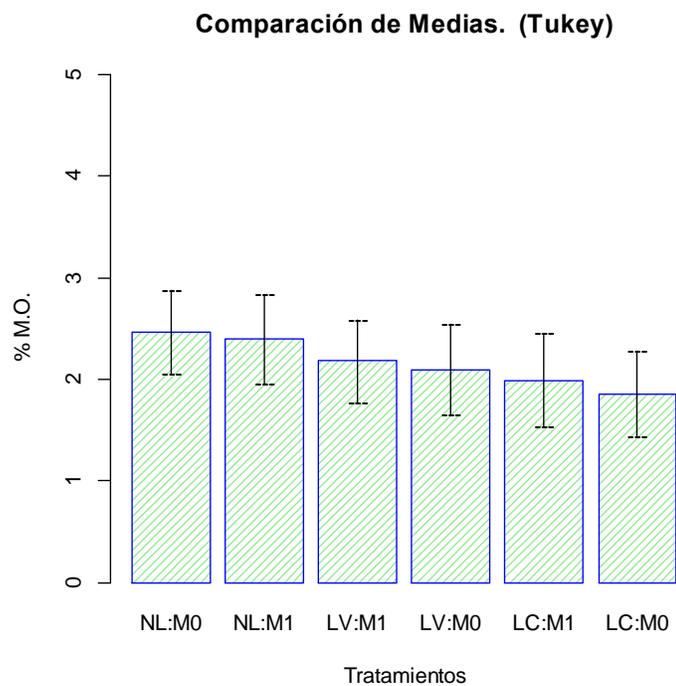
- Vikram, M., V.P. Kiran, V. Ravinder, & P .Balashouri, 1994.**-Earthworms biomass response to soil management in semi-arid tropical alfisolagroecosystems. *Biol. Fert. Soils*, 19: 317-321
- Villarreal A. (2000).** Viabilidad de microorganismos en extractos de algas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coah. México.
- Wild, A. 1992.** Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas Según Russell. 11 ed. Mundi-prensa. Madrid, España. 1045 p.
- Zrzavý, J., P. Ríha, L. Piálek y J. Janouskovec. 2009.** Phylogeny of Annelida (Lophotrochozoa): total-evidence analysis of morphology and six genes. *BMC Evolutionary Biology* 9:189.

## X. ANEXOS

**Anexo 1. Comparación entre medias, entre el factor A y B con respecto a materia orgánica del Frijol.**

Comparación Factor A y B		
Grupos	Tratamientos	Medias
a	NL:M0	2.46
a	NL:M1	2.40
a	LV:M1	2.18
a	LV:M0	2.10
a	LC:M1	1.99
a	LC:M0	1.86

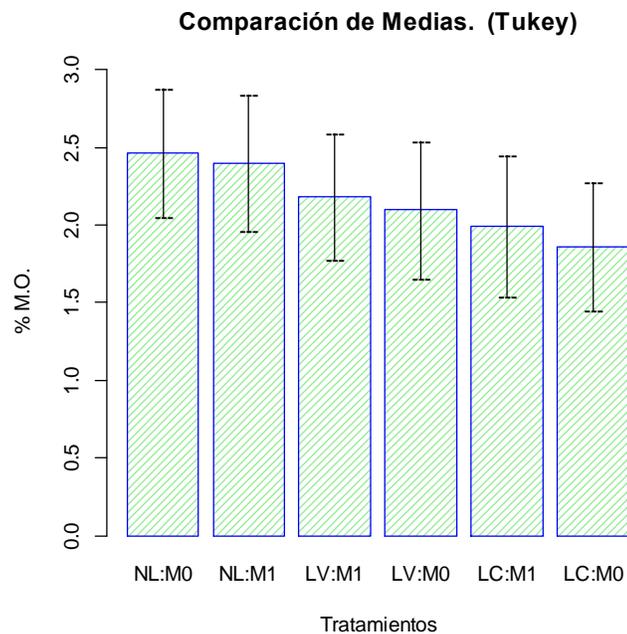
**ANEXO 2. Comparación de medias entre factores A y B.**



**ANEXO 3. Comparación entre medias, entre el factor A y B con respecto a materia orgánica del Maíz.**

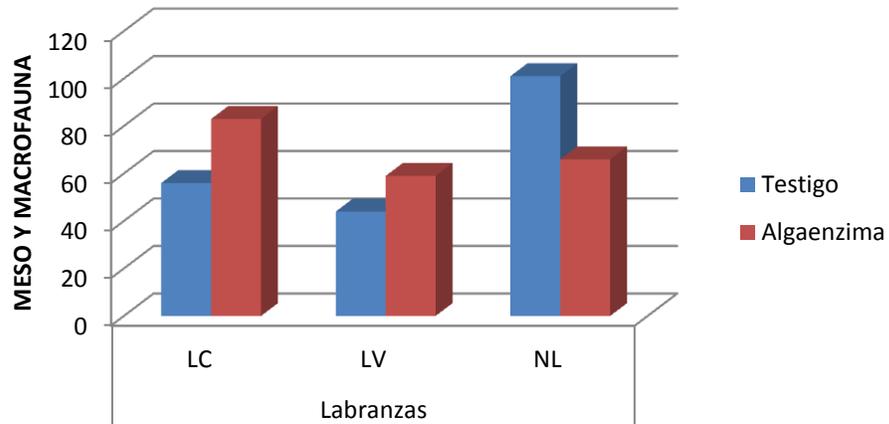
Comparación de Media entre el factor A Y B		
Grupo	Tratamientos	Media
a	LV:M1	2.34
a	NL:M0	2.34
ab	NL:M1	2.28
ab	LV:M0	2.29
ab	LC:M0	2.07
b	LC:M1	1.72

**ANEXO 4. Comparación entre medias, entre el factor A y B, Labranza-Mejorador.**



Para tener una mejor certeza de que labranza tiene más meso y macrofauna en el maíz se tiene la siguiente Anexo:

## Maíz

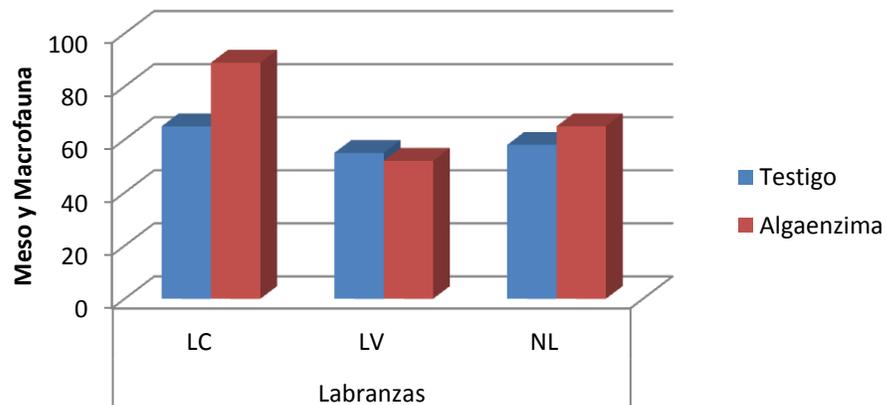


### ANEXO 5. Meso y macrofauna en el maíz con las tres labranzas.

Comprobamos que la mejor labranza con más meso y macrofauna es la cero labranza (NL) con el testigo.

Para tener una mejor certeza de que labranza tiene más meso y macrofauna en el frijol se tiene la siguiente figura:

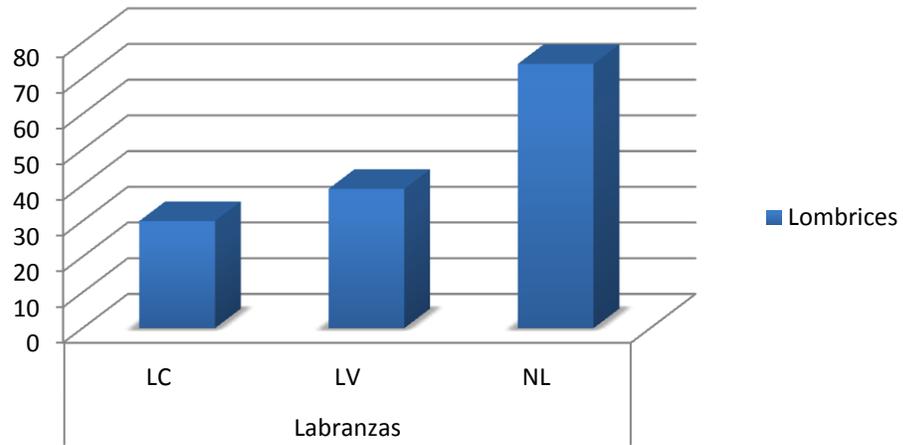
## Frijol



### ANEXO 6. Meso y macrofauna en el frijol con las tres labranzas.

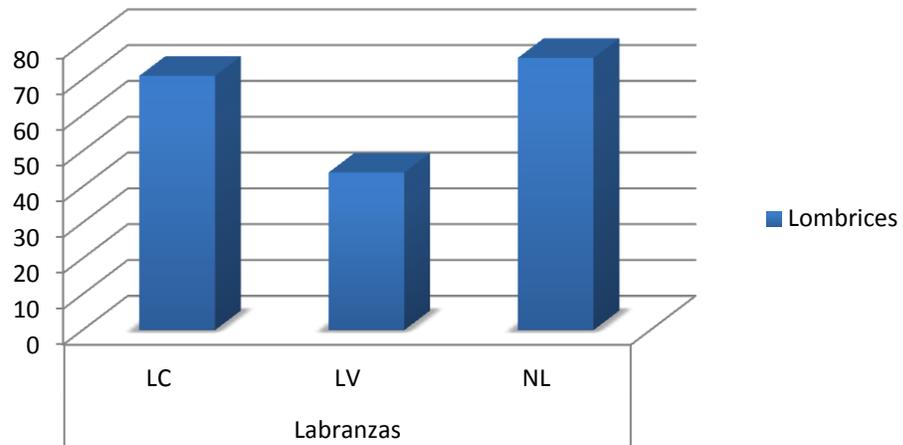
De acuerdo al anexo 6, en el frijol, la mejor labranza con más meso y macrofauna es la labranza convencional (LC) con el mejorador algaenzima.

## Maíz



ANEXO 6. Lombrices en las tres labranzas (LC, LV Y NL) con respecto al maíz.

## Frijol



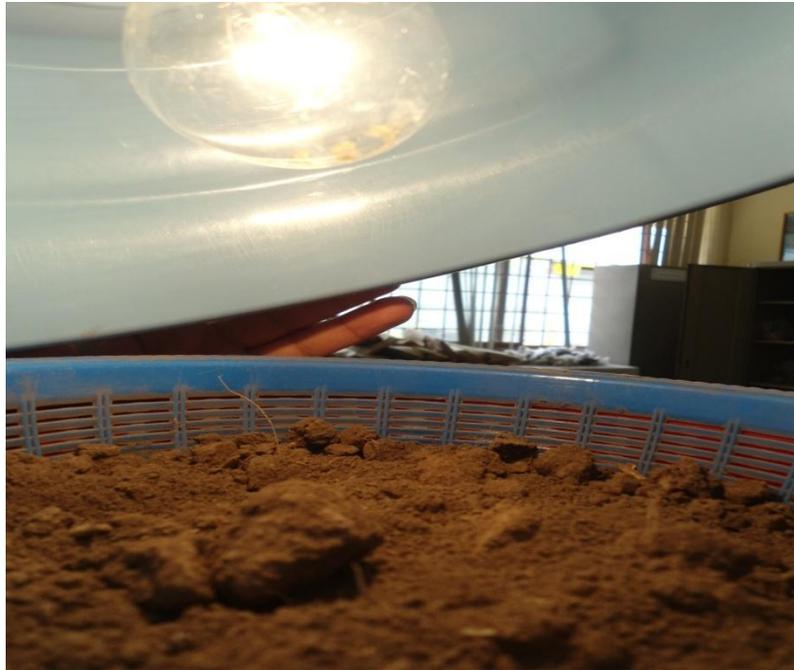
ANEXO 6. Lombrices en las tres labranzas (LC, LV Y NL) con respecto al frijol.



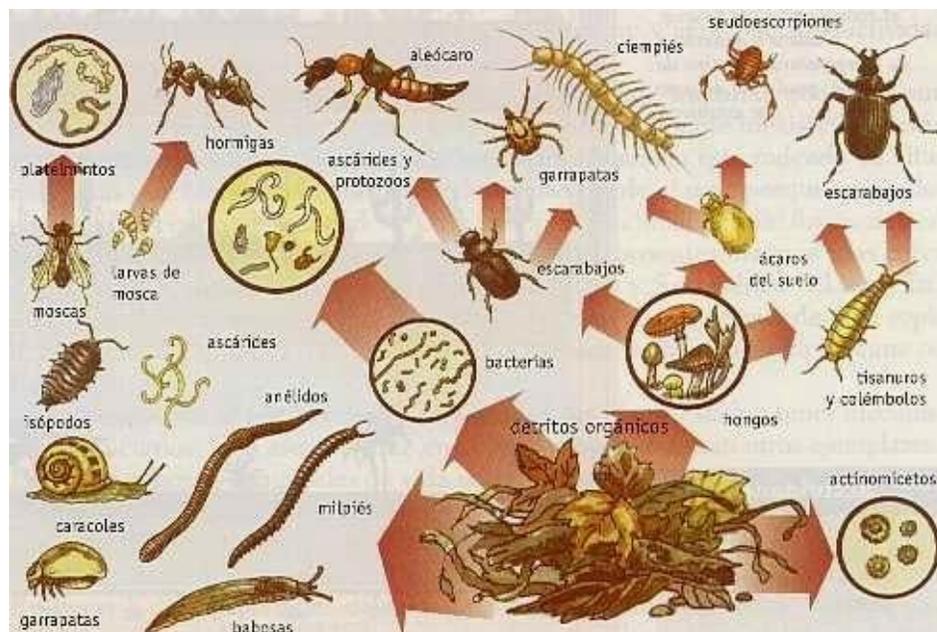
**ANEXO 7. Riego del sitio experimental de los cultivos maíz y frijol.**



**ANEXO 8. Comportamiento de las lombrices en el suelo.**

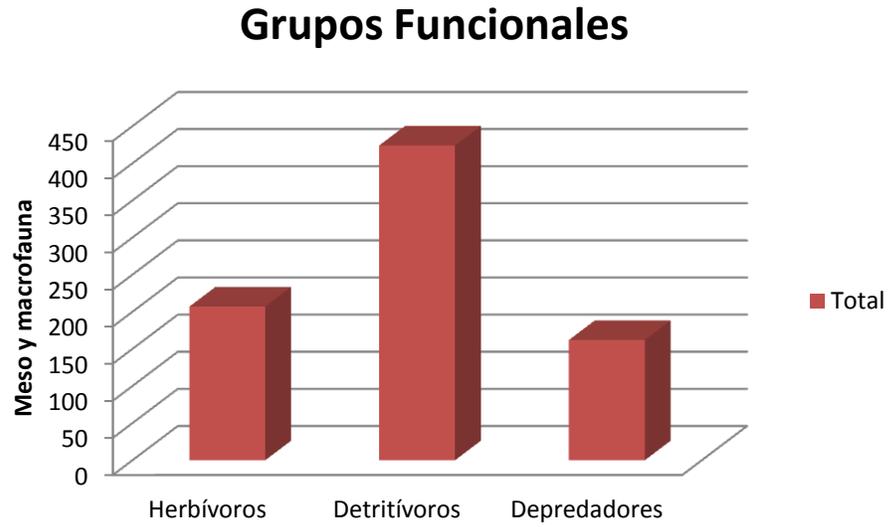


**ANEXO 9. Embudo de Berlesse con el kilo de muestra recogida.**



**ANEXO 10. Micro-Macro Organismos en el suelo.**

**ANEXO 11. Grupos funcionales de la meso y macrofauna del suelo.**



**ANEXO 12. Diferencia de Cantidad de lombrices entre maíz y frijol.**

