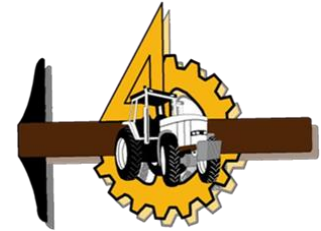


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**



**ANTONIO NARRO**



**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA**

**EFFECTO DE LABRANZAS Y MEJORADOR ORGÁNICO  
EN LA CUANTIFICACIÓN Y ABUNDANCIA DE LA  
MESOFAUNA EN UN SUELO FRANCO ARCILLOSO.**

Por:

**DAMIÁN GUTIÉRREZ VÁZQUEZ**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título

de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

**Saltillo, Coahuila, México.**

**Abril 2016**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

**EFFECTO DE LABRANZAS Y MEJORADOR ORGÁNICO EN LA  
CUANTIFICACIÓN Y ABUNDANCIA DE LA MESOFAUNA EN UN SUELO  
FRANCO ARCILLOSO.**

Por:  
**DAMIÁN GUTIÉRREZ VÁZQUEZ**

**TESIS**

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

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Aprobado por el comité de Tesis

Asesor principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Martin Cadena Zapata

Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Genaro Demuner Molina

Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Ariel Méndez Cifuentes

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"  
Coordinador de la División de Ingeniería

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luis Samaniego Moreno

Coordinación de  
Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México, Abril 2016

## **DEDICATORIA**

### **A dios:**

Dedico esta tesis a Dios como ser supremo y creador nuestro y de todo lo que nos rodea y por haberme dado la inteligencia, paciencia y ser el guía en mi vida. Por darme día a día su aliento de vida y permitirme disfrutar de todas las cosas maravillosas que nos ofrece en este maravilloso mundo, por darme salud y felicidad, por haberme permitido llegar a este momento y poder lograr muchos objetivos, además por ofrecerme su infinita bondad inmerecida.

### **A mis padres:**

Flavio Gutiérrez Méndez y Reyna Vázquez Gonzales

Dedico esta tesis a mis padres, por su amor, trabajo y sacrificios en estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Es un privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

### **A mi novia:**

Porque ha sido el impulso durante mi carrera y el pilar principal para la culminación de la misma, que con su apoyo constante y su amor incondicional ha sido mi amiga y compañera inseparable fuente de calma y consejos en todo momento. Con todo mi cariño y amor para ti Mangeli.

### **A mis hermanos:**

(Consuelo, Roberto, Rosi, Guadalupe y Vianey) Por el amor y apoyo moral que siempre he recibido de usted con el cual logre culminar mi esfuerzo, terminando así mi carrera profesional que es y será para mí, la mejor de las herencias. Con todo mi amor Damián.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por bendecir y guiar mi camino y permitirme lograr esta meta, dándome las fuerzas para superar los obstáculos y dificultades a lo largo de mi carrera. Gracias por darme la fortaleza 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.

Agradezco a mis padres **Flavio y Reyna** porque ellos siempre estuvieron brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, por haberme dado educación, un hogar donde crecer y por inculcarme valores que hoy definen mi vida. También por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracteriza, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Agradezco a mi novia Mangeli por apoyarme en todo momento, por estar a mi lado en los momentos difíciles, por escuchar mis preocupaciones y formar parte de mi vida.

Agradezco a mis catedráticos por sus esfuerzos, dedicaciones, conocimientos, orientaciones, la manera de trabajar, sus paciencias y motivaciones han sido fundamentales para mi formación académica. Ustedes han inculcado en mí un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico sin los cuales no podría tener una formación completa como profesionista.

Agradezco a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme brindado la oportunidad de formar parte de ella, por permitir estudiar la carrera de Ingeniero Mecánico Agrícola y ser orgullosamente buitre de la Narro.

Agradezco a mis amigos Bibiano, Miguel, Amado, Carlos, Alexander por haber estado siempre conmigo compartiendo risas, emociones, regaños y por apoyarme en las buenas y en las malas. Agradezco también a mi amigo Ariel por brindarme su apoyo para el logro de esta tesis.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

|  |      |
|--|------|
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....                   | V    |
| <b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....                     | VI   |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....                     | VII  |
| <b>RESUMEN</b> .....                               | VIII |
| <b>I.INTRODUCCIÓN</b> .....                        | 9    |
| 1.1 Introducción general .....                     | 9    |
| <b>II. HIPOTESIS</b> .....                         | 11   |
| <b>III. OBJETIVOS</b> .....                        | 11   |
| 3.1 Objetivos generales.....                       | 11   |
| 3.2 Objetivos específicos.....                     | 11   |
| <b>IV. REVISION DE LITERATURA</b> .....            | 12   |
| 4.1 Sistemas de labranza .....                     | 12   |
| 4.1.1 Labranza convencional.....                   | 12   |
| 4.1.2 Labranza vertical .....                      | 13   |
| 4.1.3 Labranza cero .....                          | 15   |
| 4.2 Algaenzimas .....                              | 16   |
| 4.3 Mesofauna.....                                 | 18   |
| 4.4 Rotación de cultivos .....                     | 19   |
| <b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....               | 21   |
| 5.1 Ubicación del campo experimental.....          | 21   |
| 5.2 Diseño experimental.....                       | 22   |
| 5.3 Distribución del campo experimental.....       | 22   |
| 5.4 Cuantificación de la mesofauna del suelo ..... | 23   |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.4.1 Procedimiento de recolección en campo.....   | 23        |
| 5.4.2 Procedimiento en el laboratorio.....   | 24        |
| 5.4 Análisis estadístico.....  | 26        |
| 5.5 Modelo lineal.....   | 27        |
| <b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>   | <b>28</b> |
| 6.1 Análisis para la variable mesofauna del suelo en ind./m <sup>2</sup> (Labranzas y Mejorador) del cultivo frijol.....       | 28        |
| 6.2 Análisis para la variable mesofauna del suelo en ind./m <sup>2</sup> (Labranzas y Mejorador) del cultivo maíz.....         | 31        |
| 6.3 Concentración total de la mesofauna del suelo en los cultivos (maíz y frijol), con su respectiva labranza y mejorador..... | 34        |
| <b>VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>37</b> |
| <b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>   | <b>38</b> |
| <b>IX. ANEXOS.....</b>   | <b>44</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| <b>Cuadro 1.</b> Análisis de varianza en el cultivo de frijol.....   | 28 |
| <b>Cuadro 2.</b> Comparación de medias (Labranzas) en (ind./m <sup>2</sup> ) en el cultivo de frijol.....        | 29 |
| <b>Cuadro 3.</b> Comparación de medias (mejorador) de suelo en (ind./m <sup>2</sup> ) en el cultivo frijol.....  | 30 |
| <b>Cuadro 4.</b> Análisis de varianza en el cultivo de maíz.....   | 31 |
| <b>Cuadro 5.</b> Comparación de medias (Labranzas) en (ind./m <sup>2</sup> ) en el cultivo de maíz.....          | 32 |
| <b>Cuadro 6.</b> Comparación de medias (Mejorador) de suelo en (ind./m <sup>2</sup> ) en el cultivo de maíz..... | 33 |

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 7. Taxonomía en el cultivo de maíz y frijol en los distintos tipos de labranzas. .... | 34 |
|--|----|

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Labranza Convencional. ....  | 13 |
| <b>Figura 2.</b> Labranza Vertical. ....  | 14 |
| <b>Figura 3.</b> Labranza Cero. ....  | 16 |
| <b>Figura 4.</b> Algaenzims <sup>MR</sup> . ....  | 17 |
| <b>Figura 5.</b> Mesofauna del suelo. ....  | 18 |
| <b>Figura 6.</b> Localización del campo experimental. ....  | 21 |
| <b>Figura 7.</b> Distribución del campo experimental. ....  | 22 |
| <b>Figura 8.</b> Obtención de muestras de suelo. ....   | 23 |
| <b>Figura 9.</b> Muestras de suelo recolectadas y etiquetadas. ....   | 24 |
| <b>Figura 10.</b> Proceso de recolección de la mesofauna. ....  | 25 |
| <b>Figura 11.</b> Muestras de mesofauna etiquetadas. ....   | 25 |
| <b>Figura 12.</b> Determinación del orden taxonómico de la mesofauna. ....                                    | 26 |
| <b>Figura 13.</b> Comparación de medias, Labranzas en el cultivo de frijol. ....                              | 29 |
| <b>Figura 14.</b> Comparación de medias de Algaenzimas (M1) y Testigo (M0) en el cultivo de frijol. ....      | 30 |
| <b>Figura 15.</b> Comparación de medias, Labranzas en el cultivo de maíz. ....                                | 32 |
| <b>Figura 16.</b> Comparación de medias, Algaenzimas (M1), Testigo (M0) en el cultivo de maíz. ....           | 33 |
| <b>Figura 17.</b> Mesofauna total en labranzas. ....  | 35 |
| <b>Figura 18.</b> Mesofauna del suelo con respecto al tipo de cultivo. ....                                   | 35 |
| <b>Figura 19.</b> Cantidad de mesofauna que existen entre mejoradores, de acuerdo al cultivo y labranza. .... | 36 |

## RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo determinar a mediano plazo el efecto de labranzas y mejorador orgánico en la cuantificación e identificación de la mesofauna de suelo. 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 2014 la cual se estableció bajo un arreglo experimental de bloques al azar con arreglo factorial A x B, siendo tres sistemas de labranzas: Cero Labranza (NL), Labranza Vertical (LV) y Labranza Convencional (LC) y dos mejoradores: Algaenzimas (M1) y Testigo (M0) en una distribución de nueve parcelas iguales con dimensiones de 40 metros de largo por 12 metros de ancho y divididas en dos sub-parcelas de 20 metros de largo por 12 metros de ancho, aplicando dosis de 1 L Ha<sup>-1</sup> de Algaenzimas en los cultivos de maíz y frijol. Para la cuantificación de la mesofauna del suelo se utilizó un sacabocados y el método embudo de Berlesse-Tullgren (1918).

Los resultados obtenidos con respecto al número de individuos de la mesofauna en el suelo se encontró que en la Cero Labranza (NL) tuvo una media de 195 ind./m<sup>2</sup> en maíz y en frijol una media de 303.16 ind./m<sup>2</sup>, en Labranza Convencional (LC) con una media de 953 ind./m<sup>2</sup> en maíz y con una media de 411.5 ind./m<sup>2</sup> en frijol y en la Labranza Vertical (LV) con una media de 173.33 ind./m<sup>2</sup> en maíz y 151.66 ind./m<sup>2</sup> en frijol. En cuanto a mejorador de suelo se obtuvo en el cultivo frijol una media de 462 ind./m<sup>2</sup> en Algaenzimas (M1) y 115.55 ind./m<sup>2</sup> en Testigo (M0). Por lo tanto existen diferencias significativas entre labranzas y mejorador, siendo mejor la Labranza Convencional (LC) y Algaenzimas (M1) por tener una mayor cantidad de individuos de la mesofauna. La mesofauna del suelo concentra un mayor número de individuos en (LC), debido a que los ácaros y colémbolos se adaptan a suelos perturbados.

**Palabras clave:** *Sistemas de labranza, Mesofauna del suelo y Algaenzimas.*



# I.INTRODUCCIÓN

## 1.1 Introducción general

Los esfuerzos humanos para producir cantidades cada vez mayores de alimentos dejan su marca en el ambiente. El uso persistente de prácticas agrícolas convencionales con base en la labranza extensiva, especialmente cuando se combinan con el retiro o quema de los residuos del cultivo han magnificado las pérdidas por erosión del suelo y el recurso suelo se ha degradado constantemente (Verhulst *et al.*, 2015).

La degradación de tierras es un proceso que conlleva a un deterioro progresivo de la calidad del suelo. Los sistemas agrícolas han conducido a un deterioro continuo del recurso suelo, en especial, desde el punto de vista físico químico, lo que se traduce en una pérdida de productividad agrícola reflejada en menores rendimientos y mayores problemas ambientales (Mogollón *et al.*, 2014).

La degradación del suelo es la consecuencia directa de la utilización del suelo por el hombre. Resultado de actuaciones directas, como agrícola, forestal, ganadera, agroquímicos y riego (García *et al.*, 2000).

Los grupos de la mesofauna del suelo son muy sensibles a los cambios que ocurren en el medio edáfico por las causas naturales o antrópicas, lo que provoca variaciones de densidad y diversidad; por esta causa son considerados como certeros indicadores de del estado ecológico del suelo (Socarras, 2013).

La mesofauna del suelo interviene en los procesos de descomposición de la materia orgánica, de aceleración y reciclaje de los nutrientes y, en particular, en el de mineralización del fosforo y del nitrógeno (García *et al.*, 2004).

Los sistemas de manejo de cultivo tienen un efecto significativo sobre la composición de la mesofauna del suelo. La presencia de restos vegetales es el factor que influye en mayor medida sobre la composición de la mesofauna del suelo, ya que condiciona un ambiente más estable (Castro *et al.*, 1999).

Consecuentemente, como una medida para controlar la erosión y preservar la calidad del sistema del suelo, a comienzo de los 90 los productores de la Región Pampeana (Argentina) comenzaron a adoptar con éxito labranzas más conservacionistas, particularmente la siembra directa (García *et al.*, 2000).

Los sistemas conservacionistas tienden a conservar la estructura del suelo, mejorar la disponibilidad de nutrientes y, debido a la presencia de los rastrojos en la superficie, a reducir el efecto de la erosión y la pérdida de agua del perfil (Studert *et al.*, 2002).

Benítez (2000) ha identificado como una de las principales causas de la degradación del suelo, la aplicación de técnicas de preparación de tierras y de labranzas inadecuadas. Este problema está conduciendo a un rápido deterioro físico, químico y biológico de una gran parte de los suelos, en consecuencia fuertes descensos en la productividad agrícola y deterioro del medio ambiente.

La labranza afecta las características físicas del suelo, incrementa la porosidad y la aireación, pero también afecta negativamente la fauna del suelo debido al disturbio que causan los implementos agrícolas en el mismo (Giasson, 2000).

La alteración de la rotación de cultivos puede influir en el carbono orgánico del suelo al cambiar la cantidad y calidad del aporte de materia orgánica y, por lo tanto, tiene el potencial de alterar la agregación del suelo de manera indirecta. Los cultivos pueden afectar la agregación del suelo por medio de sus sistemas radiculares debido a que las raíces de las plantas son agentes de unión importantes en la escala de macroagregados (Verhulst *et al.*, 2015).

## **II. HIPOTESIS**

Cualquier sistema de labranza en combinación con un mejorador, incrementan o mantienen la calidad biológica del suelo.

## **III. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivos generales**

Determinar a mediano plazo el efecto de labranzas y mejorador en los índices de calidad biológica del suelo mediante la cuantificación e identificación de la mesofauna del suelo.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Cuantificar e identificar la mesofauna del suelo (taxonomía: orden y familia).
- Comparación del efecto de los sistemas de labranza (convencional, vertical y cero).
- Evaluar el efecto del mejorador en los sistemas de labranza.

## IV. REVISION DE LITERATURA

### 4.1 Sistemas de labranza

El sistema de labranza de conservación propicia una mejor calidad y su uso incrementa el contenido de materia orgánica en el suelo y los valores de la calidad física. La labranza tradicional indica menor capacidad para retener agua en comparación con la labranza de conservación (Ceja *et al.*, 2006).

Las labranzas modifican las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Los sistemas que mantienen cobertura vegetal sobre la superficie, denominados conservacionistas, mejoran sus características físicas y químicas con respecto a sistemas convencionales y constituyen valiosas herramientas para detener la degradación y mantener su calidad ambiental ya que reducen las pérdidas por erosión y facilitan el secuestro del carbono (Dickey *et al.*, 1994; Buschiazzo, 1996)

El contenido de humedad en el suelo es mayor en los sistemas que remueven menos el suelo, y además mantienen los residuos de la cosecha anterior sobre la superficie del terreno (Bravo *et al.*, 2000).

#### 4.1.1 Labranza convencional

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

Ventajas de la labranza de convencional:

- Elimina las malezas de raíz y provoca la muerte de plagas.
- Incrementa los poros, mejora la infiltración, drenaje y aireación del suelo.
- Garantiza una rápida y uniforme emergencia del cultivo.



**Figura 1.** Labranza Convencional.

La labranza convencional se refiere a una combinación de labranza primaria hecha con uno o dos pases de arado de discos y de labranza secundaria, hecha con dos o tres pases de rastra, más un pase de pulidor (Amezquita, 1999.)

#### **4.1.2 Labranza vertical**

Este sistema de labranza permite el trabajo con cobertura vegetal protegiendo al suelo de la erosión, causa poca compactación de acuerdo a que solo hay una ruptura vertical hay menos descomposición de la materia orgánica provocando una pérdida de humedad menor y con ello una actividad microbiana positiva en la calidad del suelo (FAO, 2009).

La labranza vertical se refiere a un sistema donde toda la tierra está preparada con implementos que no intervienen el suelo y causan poca compactación. Por lo tanto, el suelo queda normalmente con una buena cobertura de rastrojo de más del 30 % sobre la superficie. Los implementos más comúnmente utilizados son el arado de cincel, la cultivadora de campo y el vibrocultivador (Barber, 2000).

La labranza vertical es aquella que se hace con cinceles y subsolador para aflojar las capas compactadas del suelo, con el fin de proporcionar mayor infiltración y crecimiento de las raíces. El suelo entra en contacto con el implemento solo en las líneas donde van acopladas las estructuras verticales, las cuales producen una ruptura angular ( $45^\circ$ ) de suelo hacia la superficie (Amezquita, 1999).

Ventajas sobre la labranza vertical:

- No deja que se formen capas compactadas en el suelo.
- Deja una estructura uniforme en el terreno para el óptimo desarrollo de las raíces y la absorción del agua.
- Incrementa la estabilidad de las plantas.
- Las raíces de las plantas pueden alcanzar y utilizar mejor la humedad y los nutrientes en la tierra.



**Figura 2.** Labranza Vertical.

Para reducir los costos de producción es posible implementar un sistema de preparación de los suelos que utilice menos energía y, a la vez, considerando la poca precipitación, que permita captar y almacenar humedad en el perfil del suelo, tal y como ocurre en la labranza vertical (Hoogmoed, 1994).

Para captar humedad, en un sistema de labranza vertical se utilizan los arados de cincel, cuyo diseño permite penetrarlos suelos firmes y romper capas compactadas, con este sistema, la superficie queda roturada, lo que permite atrapar y mantener el agua de lluvia, y resistir la erosión del viento. La experiencia ha demostrado que la tracción mínima de los arados de cincel y los subsoladores, ocurre cuando el ángulo de elevación es de 20° entre la superficie de la herramienta y la horizontal. El desmenuzamiento ocurre con el menor esfuerzo cuando la herramienta está aplicando fuerza de elevación, que cuando se corta horizontalmente empuja verticalmente contra el suelo (Buckingham, 1984).

#### **4.1.3 Labranza cero**

La labranza cero, es un sistema de laboreo que realiza la siembra sobre la superficie del suelo cubierta con residuos del cultivo anterior, con la cual se conserva la humedad y se reduce la pérdida de suelo causada por la lluvia y el viento en los suelos agrícolas con riesgo de erosión (Navarro, 2014).

SAGARPA (2014) la labranza cero usa los residuos de cosecha (rastros) contribuye de manera esencial a conservar y rehabilitar el suelo, a incorporar materia orgánica, a mejorar la fertilidad del suelo y a reducir los costos de producción, con lo que los productores pueden practicar una agricultura sustentable.

Algunas ventajas de la cero labranza son:

- Conserva la humedad y reduce la erosión del suelo.

- Incrementa la productividad del suelo.
- Reduce la compactación del suelo
- Genera mayor calidad biológica en la superficie del suelo.
- Reduce costos de producción.



**Figura 3.** Labranza Cero.

Los sistemas de siembra directa carecen de mezclado mecánico de los rastrojos con el suelo mineral por lo que dependen principalmente de los organismos del suelo para su funcionamiento adecuado, asemejándose a ecosistemas naturales, los ácaros son uno de los grupos más abundantes y diversos en la mesofauna del suelo (Haroldo *et al.*, 2010).

#### **4.2 Algaenzimas**

Estudios realizados en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y de la pruebas de campo llevadas a cabo con agricultores cooperantes, se reporta que se han alcanzado rendimientos extras de 1 a 3 t ha<sup>-1</sup> de maíz, trigo y arroz; cuando se les ha aplicado de 1 a 3 L ha<sup>-1</sup> de ALGAENZIMIS<sup>MR</sup> que es un extracto de algas marinas hechos en México (Canales, 1999).



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 solo todos los macro y micronutrientes que requiere la planta, sino también 27 sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento.

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



**Figura 4.** Algaenzims<sup>MR</sup>.

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 potencializando su acción, lo que hace posible la aplicación de dosis muy bajas (Blaine *et al.*, 1990; Crouch y Van Staden, 1992).

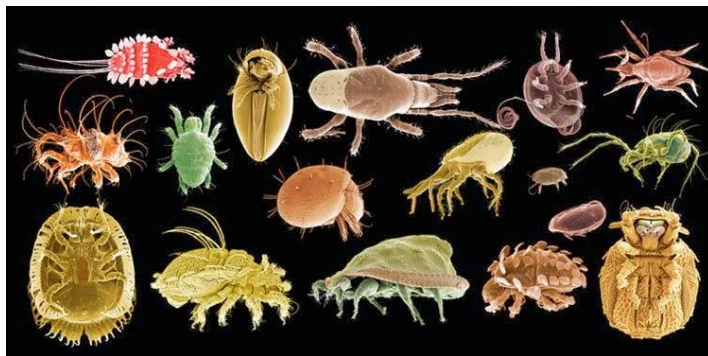
### 4.3 Mesofauna

La mesofauna, como parte de la biota edáfica, interviene en la descomposición de la materia orgánica, en la aceleración y el reciclaje de los nutrientes y en el proceso de mineralización del fósforo y el nitrógeno, factores decisivos para el mantenimiento de la productividad del suelo (Usher *et al.*, 2006).

La fauna edáfica está involucrada en procesos importantes que permite que el suelo provea estas funciones: fragmentación y descomposición de la materia orgánica, reciclado y disponibilidad de nutrientes, capacidad de autodepuración, filtrado de agua y aire, degradación de contaminantes, formación de estructura del suelo y estabilidad del ecosistema (Beck *et al.*, 2005).

La importancia de la mesofauna edáfica en un ecosistema radica en su diversidad estructural y funcional al contribuir, en interacción con la microflora, a la descomposición de la materia orgánica y al ciclo de nutrientes. Sus representantes han mostrado ser, además, indicadores excelentes de la calidad del suelo (Paoletti *et al.*, 1991).

La mesofauna constituida por organismos cuya talla varía entre 0.1 y 2 mm, juega un papel importante en la transformación de la materia orgánica del suelo, el reciclaje de nutrientes de las plantas y el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo (Swift *et al.*, 1979).



**Figura 5.** Mesofauna del suelo.

Los sistemas de cultivo en combinación entre sistemas de labranzas y rotaciones de cultivos de cosechas y pasturas, afectan la composición taxonómica y la abundancia relativa de la mesofauna (Gizzi *et al.*, 2009).

Los ácaros son uno de los grupos más abundantes y diversos de la mesofauna del suelo, donde constituyen más del 80 % de todos los artrópodos (Osler *et al.*, 2001). En el suelo están representados por cuatro subórdenes: Oribatida, Mesostigmata, Prostigmata y Astigmata. Los Oribatida son principalmente Fungívoros, los Mesostigmata son Depredadores, los Prostigmata son Fungívoros o Predadores y los Astigmata son Bacteriofagos y fungívoros (Mueller *et al.*, 1990).

Muchos de los grupos que integran la mesofauna son sensibles a las perturbaciones naturales y antrópicas del medio, las cuales provocan cambios en su composición específica y de su abundancia, y ocasionan la pérdida de especies y de su diversidad, como la consiguiente disminución de la estabilidad y fertilidad (Scheu, 2002).

Debido precisamente al papel ecológico que desempeñan los grupos de la biota edáfica, así como la susceptibilidad que poseen ante los cambios del medio y su relación con algunos atributos físicos y químicos, se consideran bioindicadores de la estabilidad y fertilidad del suelo, llegando a establecer el estado de los suelos en diversos usos de la tierra (Chocobar, 2010).

#### **4.4 Rotación de cultivos**

Una rotación de cultivos tiene como objetivo el desarrollo de sistemas de producción diversificados que aseguren la sostenibilidad del suelo promoviendo cultivos que se alternen año con año para que mantengan la fertilidad del suelo y reduzcan los niveles de erosión. Toda rotación de cultivos

debe considerar los recursos y las necesidades de los productos (SAGARPA, 2009).

La administración combinada de hábitat y rotación de cultivos semi-natural puede estabilizar y mejorar el control natural de plagas en paisajes agrícolas. Los resultados tienen implicaciones importantes en términos de opciones de mantener y mejorar los servicios de los ecosistemas en los agroecosistemas (Rusch *et al.*, 2013).

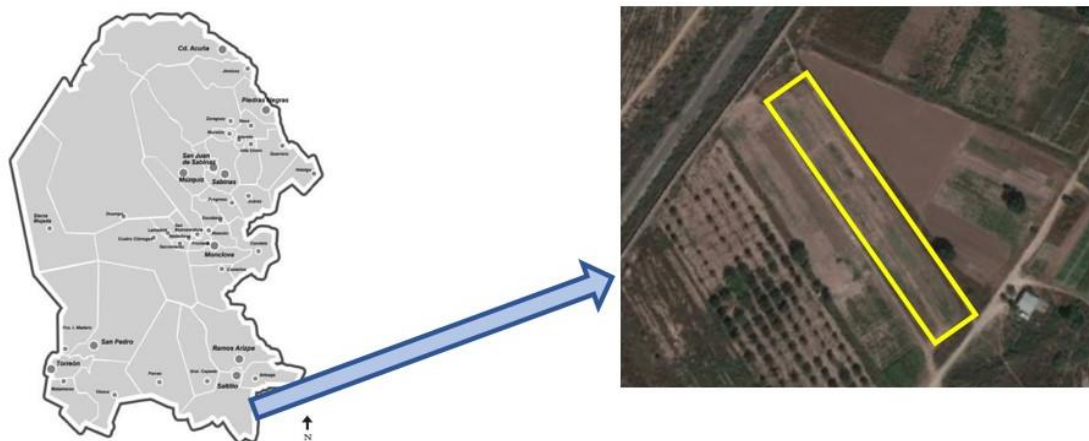
Las rotaciones de cultivos incrementan los rendimientos de los cultivos, adicionan materia orgánica al suelo y mejora su fertilidad. Los cultivos difieren por la cantidad y calidad de los residuos que producen y, por lo tanto, por sus efectos en las propiedades del suelo (FAO, 2015).

La rotación de cultivo con la incorporación de abono verde, disminuye la densidad de volumen, aumenta la porosidad, mejora la fertilidad del suelo y estabiliza los altos rendimientos en el cultivo del arroz (Chacón *et al.*, 2014).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Ubicación del campo experimental

La presente investigación es un proyecto a largo plazo la cual se está realizando dentro del campo experimental denominado el “Bajío” que está ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), localizada a siete kilómetros al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México. Las coordenadas geográficas son:  $100^{\circ} 59' 57''$  de longitud al Oeste,  $25^{\circ} 23' 42''$  de latitud Norte y una altitud de 1743 metros sobre el nivel del mar (msnm). De acuerdo a la clasificación climática de Koppen, modificado por García (1973) el clima de Buenavista se expresa bajo la fórmula:  $BS_{0kx'}(w)(e')$ , que significa seco-árido, templado con verano fresco largo, con régimen de lluvias escasas todo el año tendiendo a llover más en el verano y clima extremo. La temperatura media anual es de  $16.9^{\circ}\text{C}$ , con una precipitación media anual de 435 milímetros, la evaporación media anual oscila entre los 1956 mililitros. Los vientos predominantes tienen una dirección noroeste, con velocidades de  $25.5\text{ km h}^{-1}$  (Servicio Meteorológico Nacional 2013).



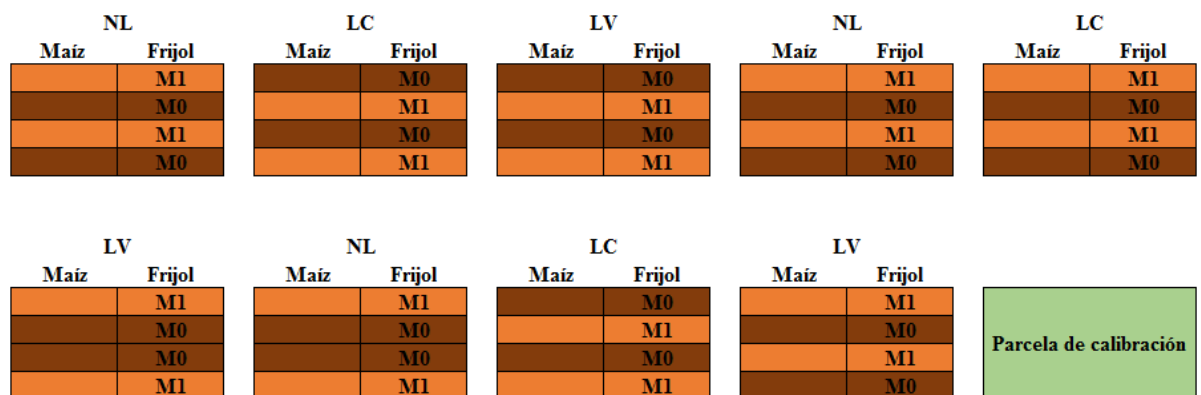
**Figura 6.** Localización del campo experimental.

## 5.2 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.

## 5.3 Distribución del campo experimental

Se estableció tres sistemas de labranzas: Cero Labranza (NL), Labranza Vertical (LV) y Labranza Convencional (LC), en un arreglo experimental de 9 parcelas divididas de 40 metros de largo por 12 metros de ancho, donde cada parcela se dividió en dos sub-parcelas de 20 metros de largo por 12 metros de ancho y cada sub-parcela dividida en cuatro franjas de 3 metros de ancho por 20 metros de largo, en el cual se aplicara 1 L Ha<sup>-1</sup> de Algaenzimas y un testigo, en el cultivo de maíz y frijol.



**Figura 7.** Distribución del campo experimental.

Los tratamientos se representan como:

**M0:** Testigo

**M1:** Algaenzimas

Los Sistemas de Labranza representados como:

**NL:** Cero Labranza

**LV:** Labranza Vertical

**LC:** Labranza Convencional

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

#### **5.4 Cuantificación de la mesofauna del suelo**

Para determinar la mesofauna del suelo, se utilizó un sacabocados para la obtención de muestras y el método de extracción por embudo de Berlese (1905), modificado por Tullgren.

##### **5.4.1 Procedimiento de recolección en campo**

1. En el campo experimental seleccionamos el área de muestreo al azar y limpiamos para que no quede hojarasca.
2. Tomamos dos muestras de suelo con ayuda de un sacabocados.



**Figura 8.** Obtención de muestras de suelo.

3. Una vez que se tiene las dos muestras, se vacía en bolsas de plástico de 1Kg y se etiqueta las bolsas con respecto al tipo de labranza, mejorador y cultivo.



**Figura 9.** Muestras de suelo recolectadas y etiquetadas.

4. Una vez recolectada todas las muestras del campo experimental, se transportan al laboratorio, donde se llevara a cabo el método de embudo de Berlese-Tullgren.

#### **5.4.2 Procedimiento en el laboratorio**

1. La muestra recolectada en campo experimental se coloca en el embudo, debemos hacerlo cuidadosamente para que no se tire el suelo.
2. Enseguida colocamos vasos de plástico con aproximadamente 100 ml de alcohol (70%) en la parte inferior del embudo.
3. Colocamos la tapa del embudo y la cerramos totalmente.



4. Posteriormente conectamos los embudos a corriente eléctrica para proporcionar luz y calor a las muestras de suelo, con ayuda de focos eléctricos de 25 W como se observa en la figura 25.



**Figura 10.** Proceso de recolección de la mesofauna.

5. Una vez realizado lo anterior, dejamos transcurrir un lapso de 24 horas para obtener los insectos. Después vaciamos los vasos de plástico que contienen la mesofauna a los frascos, se tapan y se etiquetan.



**Figura 11.** Muestras de mesofauna etiquetadas.

6. Finalmente los insectos recolectados son analizados con ayuda de un microscopio estereoscópico para determinar el orden taxonómico al que pertenecen.



**Figura 12.** Determinación del orden taxonómico de la mesofauna.

#### **5.4 Análisis estadístico**

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

Para el procesamiento de los datos se utiliza un diseño de bloques al azar A x B (Montgomery, 1991), para el análisis estadístico se utilizó el paquete de diseños experimentales de R versión 2.15.3.

## 5.5 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 ( $0 - \sigma^2$ ).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los objetivos del estudio, en la etapa primavera-verano del 2014 se analizó la mesofauna del suelo con respecto a tres tipos de labranza: 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 (gramínea) y frijol (leguminosa).

### 6.1 Análisis para la variable mesofauna del suelo en ind./m<sup>2</sup> (Labranzas y Mejorador) del cultivo frijol.

En el cuadro 1 se muestra el resultado del análisis de varianza, en el contenido de mesofauna del suelo del cultivo de frijol respecto a la labranza y mejorador, y su respectiva interacción labranzas-mejorador.

**Cuadro 1.** Análisis de varianza en el cultivo de frijol.

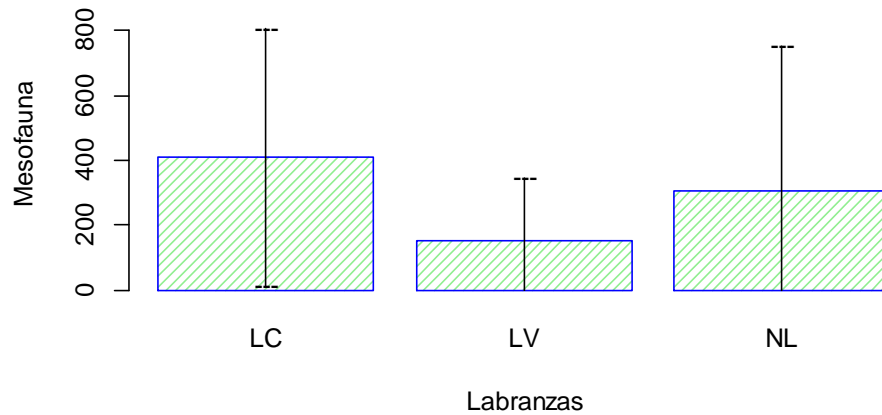
| Análisis de Varianza |    |        |        |         |           |
|----------------------|----|--------|--------|---------|-----------|
| FV                   | GL | SC     | CM     | F-VALUE | P>F       |
| Labranzas            | 2  | 204403 | 102202 | 1.1672  | 0.3502    |
| Mejorador            | 1  | 540107 | 540107 | 6.167   | 0.03236 * |
| Labranzas: Mejorador | 2  | 219483 | 109742 | 1.2527  | 0.32698   |
| Repetición           | 2  | 339127 | 169564 | 1.9379  | 0.19441   |
| C.V.= 102.4679       |    |        |        |         |           |

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, estadísticamente existen diferencias significativas entre el mejorador con respecto a la mesofauna del suelo en el cultivo de frijol, mientras que entre labranzas e interacción labranzas-mejorador no existen diferencias significativas.

A continuación en el cuadro 2 se muestra el resultado de la comparación entre medias de Tukey en el factor de labranzas con respecto a la mesofauna del suelo.

**Cuadro 2.** Comparación de medias (Labranzas) en (**ind./m<sup>2</sup>**) en el cultivo de frijol.

| Comparación de medias, Labranzas |        |        |
|----------------------------------|--------|--------|
| Tratamientos                     | Medias | Grupos |
| LC                               | 411.5  | a      |
| NL                               | 303.16 | a      |
| LV                               | 151.66 | a      |



**Figura 13.** Comparación de medias, Labranzas en el cultivo de frijol.

En la figura 13. Se muestra estadísticamente que no existen diferencias significativas entre las medias de los tres tipos de labranzas, por lo tanto, las labranzas tienen el mismo efecto en la composición de la mesofauna del suelo.

Según Altamirano *et al.* (2015) la mesofauna y macrofauna del suelo en comparación con los sistemas de labranza (LC, NL, LV), no presentaron diferencias significativas con respecto al número de individuos en suelo.

Las densidades de la mesofauna no mostraron diferencias significativas entre sistemas de cultivos, por lo tanto, en SD y LC no mostraron diferencias en la composición taxonómica de la mesofauna (Gizzi *et al.*, 2009).

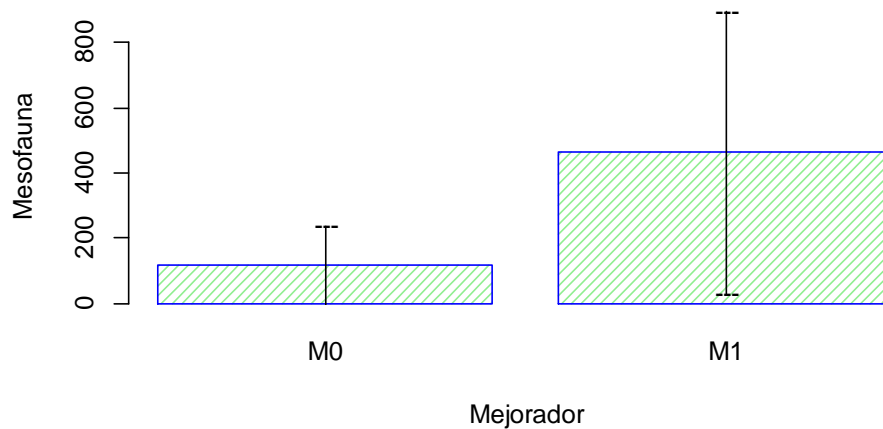
Sin embargo numéricamente podemos apreciar que la Labranza Convencional (LC) presenta un mayor número de individuos de la mesofauna en

comparación con la Cero Labranza (NL) y Labranza Vertical (LV) en el cultivo de frijol.

A continuación en el cuadro 3 se muestra el resultado de la comparación de medias por Tukey del factor mejorador con respecto al número de individuos de la mesofauna del suelo en el cultivo de frijol.

**Cuadro 3.** Comparación de medias (mejorador) de suelo en (ind./m<sup>2</sup>) en el cultivo frijol.

| Comparación de medias, Algaenzimas y Testigo |        |        |
|--|--------|--------|
| Tratamientos                                 | Medias | Grupos |
| M1   | 462    | a      |
| M0   | 115.55 | b      |



**Figura 14.** Comparación de medias de Algaenzimas (M1) y Testigo (M0) en el cultivo de frijol.

En la figura anterior se muestra que estadísticamente existen diferencias significativas entre las Algaenzimas (M1) y el Testigo (M0), por lo tanto la mesofauna del suelo es más abundante con el mejorador (M1) en el cultivo de frijol.

Esto comprueba que el uso de mejoradores orgánicos constituye una práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de la capacidad productiva de

suelos degradados. La adicción de residuos orgánicos incrementa la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo (Anderson *et al.*, 1989 citado por Fortis *et al.*, 2009).

## 6.2 Análisis para la variable mesofauna del suelo en ind./m<sup>2</sup> (Labranzas y Mejorador) del cultivo maíz.

En el cuadro 4 se muestra el resultado del análisis de varianza, en el contenido de mesofauna del suelo del cultivo de maíz respecto a la labranza y mejorador, y su respectiva interacción labranzas-mejorador.

**Cuadro 4.** Análisis de varianza en el cultivo de maíz.

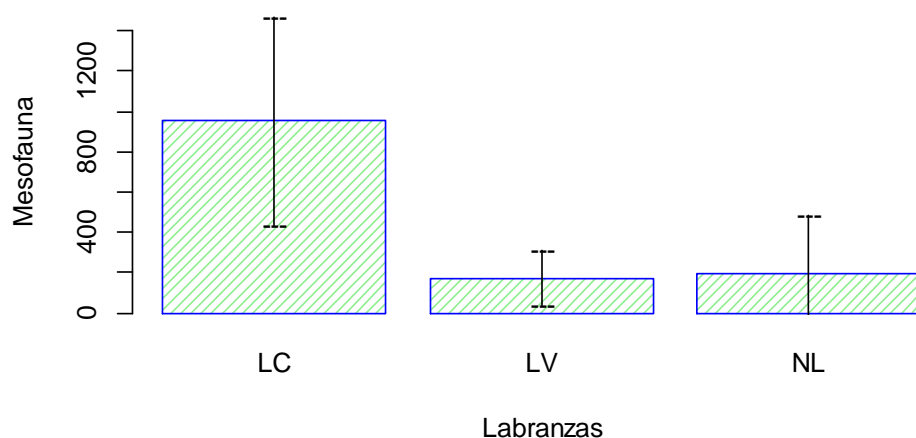
| <b>Análisis de Varianza</b> |           |                |                |                |                  |
|-----------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| <b>FV</b>                   | <b>GL</b> | <b>SC</b>      | <b>CM</b>      | <b>F-VALUE</b> | <b>P&gt;F</b>    |
| <b>Labranzas</b>            | <b>2</b>  | <b>2365827</b> | <b>1182914</b> | <b>9.1113</b>  | <b>0.00558**</b> |
| <b>Mejorador</b>            | <b>1</b>  | <b>271339</b>  | <b>271339</b>  | <b>2.0911</b>  | <b>0.1787</b>    |
| <b>Labranzas: Mejorador</b> | <b>2</b>  | <b>13.144</b>  | <b>6572</b>    | <b>0.0506</b>  | <b>0.950921</b>  |
| <b>Repetición</b>           | <b>2</b>  | <b>277334</b>  | <b>138667</b>  | <b>1.0694</b>  | <b>0.3794</b>    |
| <b>C.V. = 81.78525</b>      |           |                |                |                |                  |

Como se puede apreciar en el cuadro 4, estadísticamente existen diferencias significativas en las Labranzas con respecto a la mesofauna del suelo en el cultivo de maíz. Mientras que en el mejorador e interacción Labranzas-Mejorador no existen diferencias significativas.

A continuación en el cuadro 5 se muestra el resultado de la comparación de medias de Tukey en el factor de labranzas con respecto a la mesofauna del suelo en el cultivo de maíz.

**Cuadro 5.** Comparación de medias (Labranzas) en (**ind./m<sup>2</sup>**) en el cultivo de maíz.

| Comparación de medias , Labranzas |        |        |
|-----------------------------------|--------|--------|
| Tratamientos                      | Medias | Grupos |
| LC                                | 953    | a      |
| NL                                | 195    | b      |
| LV                                | 173.33 | b      |



**Figura 15.** Comparación de medias, Labranzas en el cultivo de maíz.

En la figura anterior se puede observar que estadísticamente existen diferencias significativas entre las labranzas, tal que la Labranza Convencional (LC) existe una mayor cantidad de individuos de la mesofauna del suelo en el cultivo de maíz, mientras que en Labranza Vertical (LV) y Cero Labranza (NL) presentar igual número de individuos de la mesofauna del suelo.

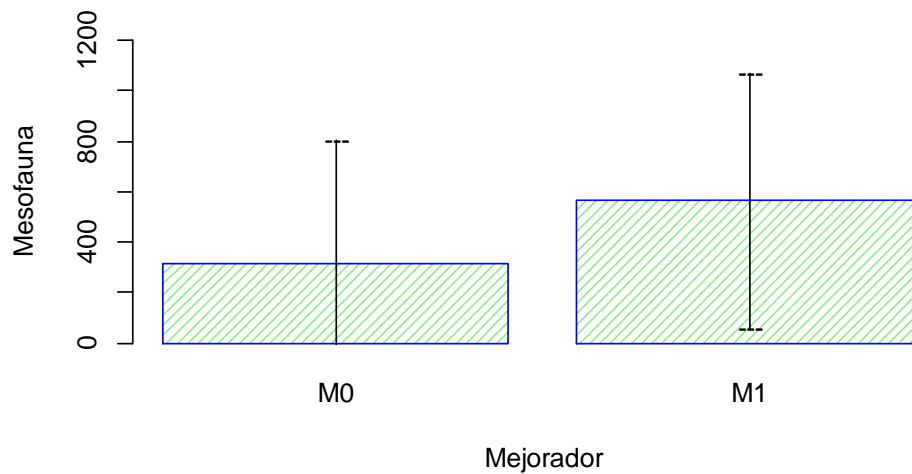
Marín y Feijoo (2007), al realizar una investigación sobre 4 sistemas de labranza (Convencional, Mulch tiller, Cincel vibratorio y Cero Labranza) en un periodo de cuatro años, con una rotación de cultivo en el cual encontraron que en los suelos perturbados por la labranza tiene un mayor número de insectos aunque menor diversidad y abundancia de macroinvertebrados en comparación con la cero labranza que se encontró un menor número de insectos pero mayor abundancia de macroinvertebrados.



A continuación en el cuadro 6 se muestra el resultado de la comparación de medias por Tukey del mejorador, con respecto a la mesofauna del suelo del cultivo de maíz.

**Cuadro 6.** Comparación de medias (Mejorador) de suelo en (ind./m<sup>2</sup>) en el cultivo de maíz.

| Comparación de medias, Algaenzimas Y Testigo |        |        |
|--|--------|--------|
| Tratamientos                                 | Medias | Grupos |
| M1   | 563.22 | a      |
| M0   | 317.66 | a      |



**Figura 16.** Comparación de medias, Algaenzimas (M1), Testigo (M0) en el cultivo de maíz.

En la figura anterior estadísticamente no se muestran diferencias significativas entre Algaenzimas (M1) y Testigo (M0), por lo tanto, son iguales y no alteran el número de individuos de la mesofauna del suelo en el cultivo de maíz.

Sin embargo numéricamente podemos observar que el mejorador Algaenzimas (M1), contiene mayor número de individuos que en el Testigo (M0) en el cultivo de maíz.

Al utilizar algas marinas como biofertilizantes ayuda a incrementar los rendimientos de los cultivos y bajar los costos de producción, así como favorecer la calidad del suelo en sus propiedades físicas, químicas y biológicas (López, 1999).

### 6.3 Concentración total de la mesofauna del suelo en los cultivos (maíz y frijol), con su respectiva labranza y mejorador.

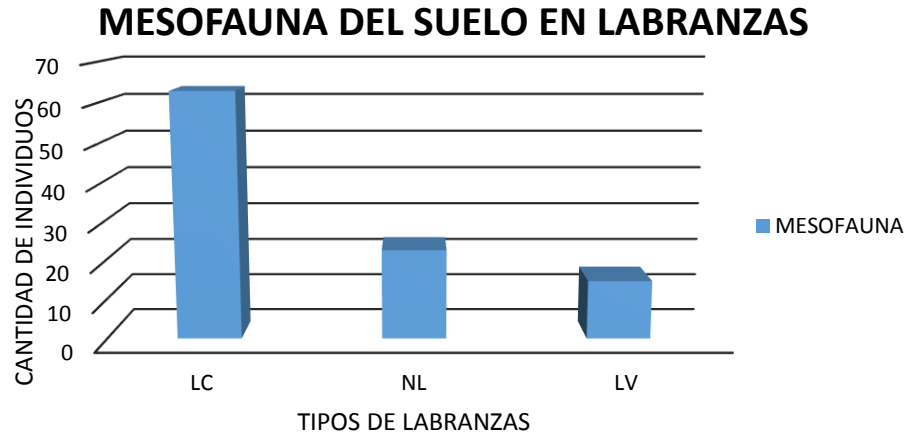
Cuadro 7. Taxonomía en el cultivo de maíz y frijol en los distintos tipos de labranzas.

| Taxonomía                  |                   | Tipos de Labranza |    |      |    |        |    |      |    |        |      |    | Total por Familia |     |
|----------------------------|-------------------|-------------------|----|------|----|--------|----|------|----|--------|------|----|-------------------|-----|
|                            |                   | LC                |    |      |    | NL     |    |      |    | LV     |      |    |                   |     |
|                            |                   | Frijol            |    | Maíz |    | Frijol |    | Maíz |    | Frijol | Maíz |    |                   |     |
| Orden                      | Familia           | M0                | M1 | M0   | M1 | M0     | M1 | M0   | M1 | M0     | M1   | M0 | M1                |     |
| <i>Arácnidos</i>           | <i>Acari</i>      | 2                 | 13 | 13   | 19 | 3      | 8  | 1    | 3  | 2      | 5    | 2  | 5                 | 76  |
| <i>Entomobryomorpha</i>    | <i>Collembola</i> | 0                 | 3  | 5    | 6  | 1      | 2  | 0    | 5  | 0      | 0    | 0  | 1                 | 23  |
| <i>Thysanoptera</i>        | <i>Trips</i>      | 0                 | 1  | 0    | 0  | 0      | 0  | 0    | 0  | 0      | 0    | 0  | 0                 | 1   |
| <i>Psocoptero</i>          | <i>Psocoptero</i> | 0                 | 0  | 1    | 0  | 0      | 0  | 0    | 0  | 0      | 0    | 0  | 0                 | 1   |
| <b>Total</b>               |                   | 2                 | 17 | 19   | 25 | 4      | 10 | 1    | 8  | 2      | 5    | 2  | 6                 | 101 |
| <b>Total por Labranzas</b> |                   | 63                |    |      |    | 23     |    |      |    | 15     |      |    | 101               |     |

En el cuadro 7 se puede apreciar la taxonomía de la mesofauna en el cultivo (maíz-frijol) con los distintos tipos de labranzas: Labranza Convencional (LC), Labranza Cero (NL) y Labranza Vertical (LV) y la cantidad de individuos de la mesofauna del suelo.

También podemos observar que los ácaros y los colémbolos son las familias más predominantes en los dos cultivos. A continuación se presenta una serie de graficas que corresponden a la mesofauna del suelo y al efecto que tuvo en el tipo de labranzas, mejorador y cultivo.

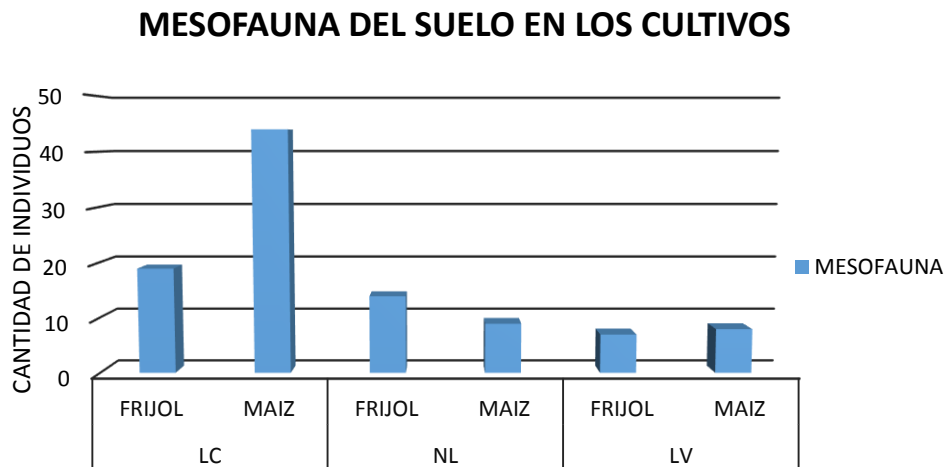
Marín *et al.* (2015) demostró que en un suelo sembrado con maíz utilizando abonos verdes, los grupos dominantes de la mesofauna fueron los ácaros y colémbolos.



**Figura 17.** Mesofauna total en labranzas.

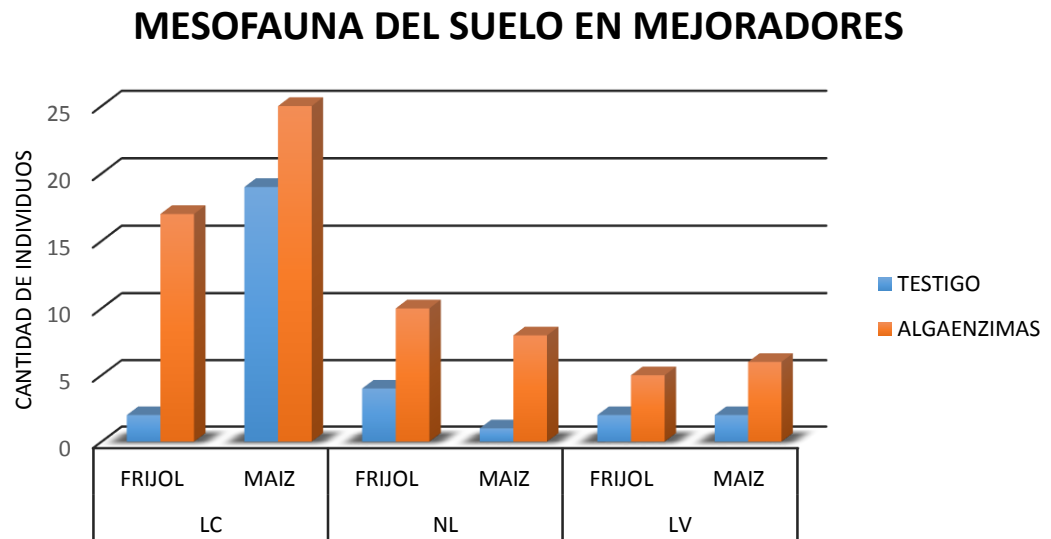
En la figura anterior podemos apreciar que en Labranza Convencional (LC) es donde se desarrollaron más individuos de la mesofauna, mientras que en Labranza Vertical (LV) y Cero Labranza (NL) existe menor cantidad de individuos.

La actividad biológica de la meso y macrofauna del suelo en los sistemas de labranzas en general es baja, pero en el sistema convencional (LC) demuestra tener una mayor cantidad de individuos en el suelo (Gómez *et al.*, 2014).



**Figura 18.** Mesofauna del suelo con respecto al tipo de cultivo.

En la figura 18 se pueden apreciar los tipos de cultivos (maíz-frijol), con su respectiva labranza. En la figura 17 se demostró que la labranza que tuvo mayor cantidad de individuos de la mesofauna fue Labranza Convencional, que dentro de esta se pueden apreciar que la mayor cantidad de la mesofauna está comprendida en el cultivo de maíz.



**Figura 19.** Cantidad de mesofauna que existen entre mejoradores, de acuerdo al cultivo y labranza.

En la figuras 17 y 18 se pudo observar que la mayor cantidad de individuos de la mesofauna estuvo dentro del cultivo maíz y en la Labranza Convencional. Ahora bien en la figura 19 demuestra que donde se aplicaron algaenzimas existe una mayor cantidad de individuos de la mesofauna y en el testigo presenta menor cantidad.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

La aplicación de algaenzimas (M1) como mejorador de suelo en los tres sistemas de labranza (LV, NL, LC) influye significativamente en el cultivo de frijol, mientras que en el cultivo de maíz no presenta cambios significativos.

La actividad biológica de la mesofauna del suelo en la Labranza Convencional (**LC**) demuestra tener un número mayor de individuos de la mesofauna en comparación con la labranza Vertical **LV** y Cero labranza **NL**.

Se descubrió que los órdenes predominantes de la mesofauna del suelo en ambos cultivos fueron los Collembolos y Acaros, por tanto estos insectos son indicadores que se adaptan a suelos perturbados por los sistemas de labranzas. Por lo que corresponde a una labranza convencional calidad del suelo.

La mesofauna del suelo concentra un mayor número de individuos en LC, debido a que los acaros y colembolos se adaptan a suelo perturbados.

### Recomendaciones

Como una recomendación principal hay que aumentar el número de muestras de suelo para poder hacer un análisis estadístico más preciso y poder hacer una demostración más aproximada de la mesofauna que contiene el suelo.

Se recomienda sacar muestras antes de sembrar el cultivo, en el desarrollo del cultivo y en la cosecha, para poder observar como se desarrolla la presencia de los individuos de la mesofauna.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano Morales, Rafael., Cadena Zapata, M., Gaytán Muñiz, Tomas., y Méndez Cifuentes, A. (2015).** Impactos del manejo de labranza y mejorador orgánico en la meso y macrofauna del suelo.
- Amezquita, E. (1999).** Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. *Revista Palmas*, 20(1), 73-86.
- Arolfo, R. V., Bedano, J. C., y Becker, A. R. (2010).** Efectos del cultivo de soja transgénica en siembra directa sobre la taxocenosis de ácaros edáficos en Haplustoles del centro de Córdoba. *Ciencia del suelo*, 28(2), 191-200.
- Barber, R. 2000.** Los principales tipos de labranza. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO 8. Roma, Italia 2000. Capítulo 8. Pág. 59-87.
- Beck, L; J Römbke; AM Breure y C Mulder. 2005.** Considerations for the use of soil ecological classification and assessment concepts in soil protection. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 62: 189-200.
- Benites, J. (2000).** Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO 8. Roma, Italia 2000. Capítulo 1. Pág. 1-5.
- Blaine, M., W.J. Zimmerman, I. Crouch y J. van Staden. 1990.** Agronomic uses of seaweed and microalgae. pp. 267-307. In: Akatuska I. Introduction to applied phycology. SPB Academic Publishing BV, The Hague, The Netherlands.
- Bravo, A. N., Sandoval, B. F., Chaparro, V. M. O., y Cossio, F. V. G. (2000).** Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frijol. *Terra Latinoamericana*, 18(1), 61-69.

- Buckingham F. 1984.** Fundamentos de funcionamiento de maquinaria (FMO), serie cultivo. Deere & Company Service Training. Moline, Illinois. E. U. A.
- Buschiazzo D E, Paiigatti J L. 1996.** Labranzas en la Región Semiarida Argentina. Consideraciones finales. Eu: Buschiazzo D E, Panigatti J L, Babinec F (Ed). Labranzas en la Región Semiárida Argentina. pp. 147-156.
- Castro, J.; Campos, P., y Pastor, M., 1996.** Soil arthropods under the influence of soil management systems in olive orchards and sunflower. Bol, San, Veg. Plagas, 22(3): 557-570).
- Ceja, E. S. O., Oleschko, K., Delgadillo, M. D. L. F., Martínez-Menes, M., Sandoval, B. F., & Cossío, F. V. G. (2006).** Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza. *Agrociencia*, 40(1), 27-38.
- Chacón, M. D. C. G., López, G. D., y Hernández, S. C. (2014).** El abono verde una vía a la sostenibilidad de la producción arroceras. *Avances*, 16(2), 134-143.
- Chocobar, E.A. (2010).** Edafofauna como indicador de la calidad en un suelo Cumulic Phaozem sometido a diferentes sistemas de manejos en un experimento de larga duración. Tesis en opción al grado científico de Máster en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Edo. de México. p. 63.
- Dickey E C, Jasa P J, Grisso R D. 1994.** Long-term tillage effects on grain yield and soil properties in a soybean-grain sorghum rotation. *J. Piod. Agric.* 7: 465-470.
- FAO 2009.** Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/012/al298s/al298s.pdf>
- FAO, 1976.** Carta Mundial de los Suelos. Dirección de Fomentos de tierras y aguas. Roma, Italia.

**FAO, 2015.** El manejo de los residuos de cultivos, de los cultivos de cobertura y de la rotación de cultivos. Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible.

**Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., García-Hernández, J. L., y Orozco-Vidal, J. A. (2009).** Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 329-336.

**García – Álvarez, A, y Bello, A. 2004.** Diversidad de los organismos en el suelo y transformaciones de la materia orgánica. Memorias. I Conferencia internacional Eco-Biología de Suelo y el Compost. León, España. P. 211

**García, I., y Dorronsoro, C. (2000).** Contaminación del suelo. *Dpto. de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada.*

**Giasson, E. 2000.** Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO 8. Roma, Italia 2000. Capítulo 2. Pág. 5-13.

**Gizzi, A. H., Álvarez Castillo, H. A., López, A. N., Clemente, N. L., & Studdert, G. A. (2009).** Caracterización de la meso y macrofauna edáfica en sistemas de cultivo del sudeste bonaerense. *Ciencia del suelo*, 27(1), 1-9.

**Gómez, V., Alonso y Cadena Zapata, M. (2014).** Efecto de labranza y mejoradores orgánicos en las propiedades biológicas de un suelo franco arcilloso en condiciones semiáridas.

**Hoogmoed W. 1994.** Soil Tillage. Agronomics applications in tropical regions lecture notes J 150 – 2207. Soil Tillage Departament, Wageningen Agricultural University. The Netherlands.



- Karyanto, A., Rahmadi, C., Franklin, E., Susilo, F. X., y de Morais, J. W. (2012).** Collembola, acari y otra mesofauna del suelo: el método Berlese. *FM Moreira, J. Huising, & D. Bignell, Manual de Biología de Suelos Tropicales: muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo el suelo*, 152-153.
- López, B. C. (1999).** Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra*, 17(3).
- Marín Beitia, E. P., Sánchez de Prager, M., Sierra Monrroy, A., y Peñaranda Parada, M. R. (2015).** Populations of Mites, Collembola and other Mesofauna in an Inceptisol under Different Management. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 68(1), 7411-7422.
- MaRÍN, E., y Feijoo, A. (2007).** Efecto de la labranza sobre macroinvertebrados del suelo en vertisoles de un área de Colombia. *Terra Latinoamericana*, 25(3), 297-310.
- Mogollón, J. P., Martínez, A., y Rivas, W. (2014).** Degradación química de suelos agrícolas en la Península de Paraguaná, Venezuela. *Suelos Ecuatoriales*, 44(1), 22-28.
- Mueller, BR; MH Beare y DA Crossley. 1990.** Soil mites in detrital food webs of conventional and no-tillage agroecosystems. *Pedobiología* 34: 389-40.
- Navarro, A. 2014.** Labranza de conservación. Fichas técnicas sobre actividades agrícolas, pecuarias y de traspatio. México, DF. 2014.
- Osler, GHR & AJ Beattie. 2001.** Contribution of oribatid and mesostigmatid soil mites in ecologically based estimates of global species richness. *Austral Ecology* 26: 70-79.
- Paoletti, M.G., M.R. Favretto, B.R. Stinner, F.F. Purrington y J.E. Bater. 1991.** Invertebrates as bioindicators of soil use. p. 341 -362. In D.A.

Crossley Jr., et al. (eds.). Modern techniques in soil ecology. Elsevier, Nueva York.

**Potter, CS y RE Meyer. 1990.** The role of biodiversity in sustainable dryland farming systems. *Adv. Soil Sci.*13: 241-251.

**Rusch, A., Bommarco, R., Jonsson, M., Smith, H. G., y Ekbom, B. (2013).** Flow and stability of natural pest control services depend on complexity and crop rotation at the landscape scale. *Journal of Applied Ecology*, 50(2), 345-354.

**SAGARPA, 2009.** Manual de la rotación de cultivos de SAGARPA. México, DF.

**SAGARPA, 2014.** Labranza de conservación. Fichas técnicas sobre actividades agrícolas, pecuarias y de traspatio. México, DF 2014.

**Scheu, S. (2002).** The soil food web: structure and perspectives. *European Journal of Soil Biology*, 38(1), 11-20.

**Senn, T.L. 1987.** Seaweed and plant growth. Traducido al Español por Benito Canales López. Crecimiento de alga y planta. Ed. Alpha Publishing Group, Houston, Texas, USA.

**Socarrás, A. (2013).** Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y Forrajes*, 36(1), 5-13.

**Studdert, GA y HE Echeverría. 2002.** Soja, girasol y maíz en los sistemas de cultivo del sudeste bonaerense. Pp. 413-443 en Andrade, FH & V Sadras (eds) Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja (2ª ed.). INTA - Fac. Cs. Agrarias (UNMP). Balcarce.

**Swift, M.J., Heal, O.W. and Anderson, J.M. 1979.** The influence of resource quality on decomposition processes. In: Anderson, D. J., Greig-Smith, P. and Pitelka, F.A., eds., *Studies in Ecology*, vol 5, *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*, University of California Press, Berkeley.

**Usher, M.B. et al.** Understanding biological diversity in soil: the Soil Biodiversity Research Programme. *Appl. Soil Ecol.* 21:49. 2006.

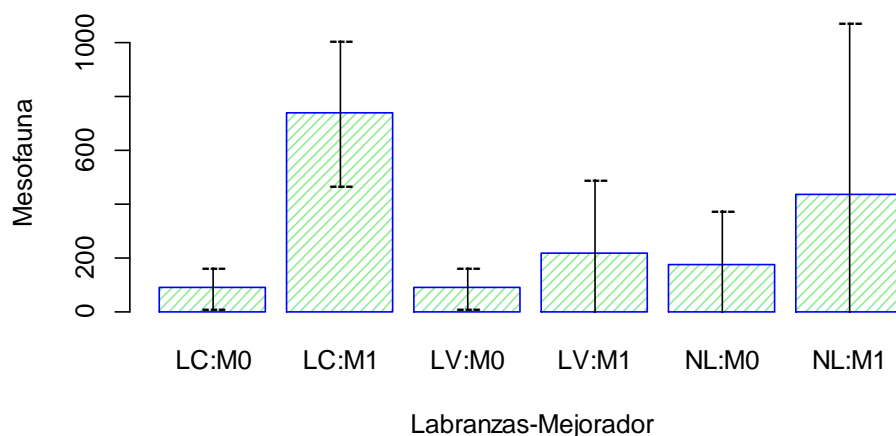
**Verhulst, N., Francois, I. M., y Govaerts, B. (2015).** Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables?.

## IX. ANEXOS

**ANEXO 1.** Comparación entre medias con respecto a la interacción labranzas-mejorador en el cultivo de frijol.

| Comparación Factor A y B |        |        |
|--------------------------|--------|--------|
| Tratamientos             | Medias | Grupos |
| LC:M1                    | 736.3  | a      |
| NL:M1                    | 433    | a      |
| LV:M1                    | 216.7  | a      |
| NL:M0                    | 173.3  | a      |
| LC:M0                    | 86.67  | a      |
| LV:M0                    | 86.67  | a      |

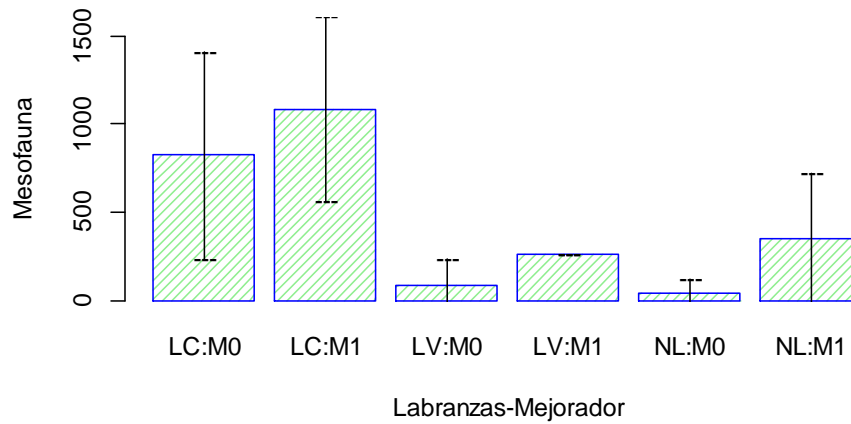
**ANEXO 2.** Grafica de comparación de medias labranzas-mejorador en el cultivo de frijol.



**ANEXO 3.** Comparación entre medias, con respecto a la interacción labranzas-mejorador en el cultivo de maíz.

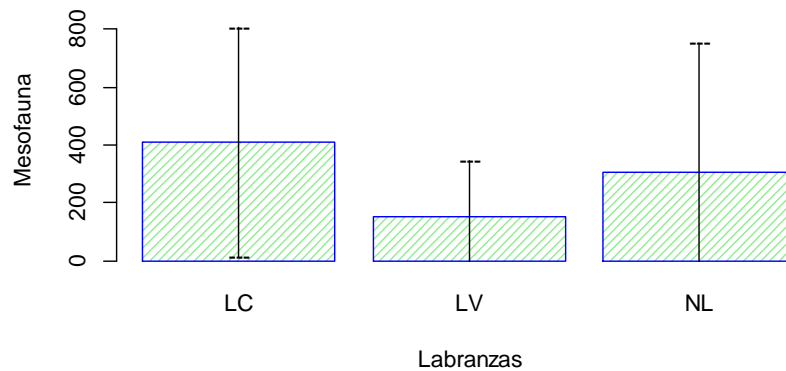
| Comparación Factor A y B |        |        |
|--------------------------|--------|--------|
| Tratamientos             | Medias | Grupos |
| LC:M1                    | 1083   | a      |
| LC:M0                    | 823    | ab     |
| NL:M1                    | 346.7  | ab     |
| LV:M1                    | 260    | ab     |
| LV:M0                    | 86.67  | ab     |
| NL:M0                    | 43.33  | b      |

**ANEXO 4.** Grafica de comparación de medias labranzas-mejorador en el cultivo de maíz.



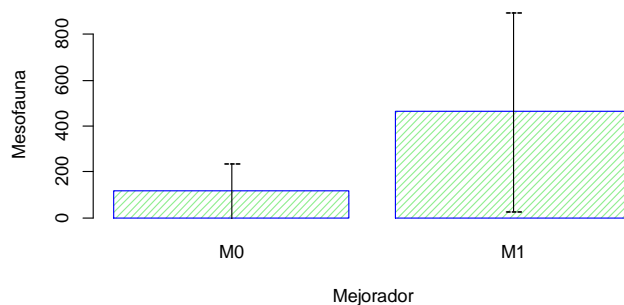
**ANEXO 5.** Comparación de medias entre labranzas por el método DMS en el cultivo de frijol.

| Tratamientos | Medias | Grupos |
|--------------|--------|--------|
| LC           | 411.5  | a      |
| NL           | 303.16 | a      |
| LV           | 151.66 | a      |



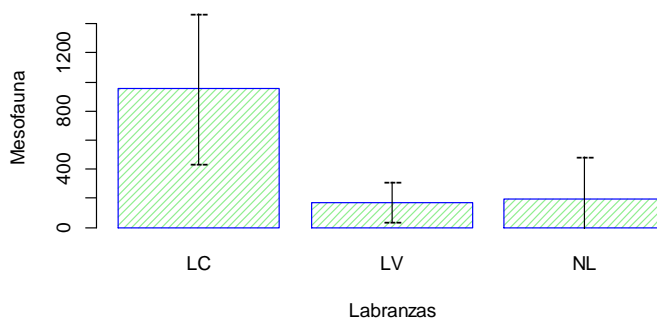
**ANEXO 6.** Comparación de medias entre mejorador en el cultivo de frijol por el método DMS.

| Tratamientos | Medias | Grupos |
|--------------|--------|--------|
| M1           | 462    | a      |
| M0           | 115.55 | b      |



**ANEXO 7.** Comparación de medias entre labranzas por el método DMS en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Medias | Grupos |
|--------------|--------|--------|
| LC           | 953    | a      |
| NL           | 195    | b      |
| LV           | 173.33 | b      |



**ANEXO 8.** Comparación de medias entre mejorador por el método DMS en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Medias | Grupos |
|--------------|--------|--------|
| M1           | 563.22 | a      |
| M0           | 317.66 | a      |

