

# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**EFFECTO DE LABRANZAS Y MEJORADOR ORGÁNICO EN  
LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO, MEDIANTE  
LA CUANTIFICACIÓN DE BACTERIAS Y HONGOS.**

Por:

**IRIS DEL CARMEN MORALES ESPINOZA**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Saltillo, Coahuila, México  
Junio 2014

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

EFFECTO DE LABRANZAS Y MEJORADOR ORGÁNICO EN LAS PROPIEDADES  
BIOLÓGICAS DEL SUELO, MEDIANTE LA CUANTIFICACIÓN DE BACTERIAS Y  
HONGOS.

Por:

**IRIS DEL CARMEN MORALES ESPINOZA**

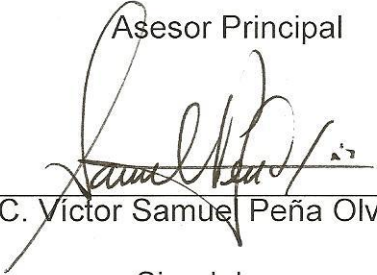
TESIS

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

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Aprobado por el comité de tesis

Asesor Principal

  
M.C. Víctor Samuel Peña Olvera.

Sinodal

Coasesor

  
Dr. Martín Cadena Zapata.

Sinodal

  
M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

Coordinador de la División de Ingeniería

  
M.C. Luis Gutiérrez Rodríguez

Saltillo, Coahuila México. Junio 2014

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"

  
Ing. Ariel Méndez Cifuentes.



División de  
Ingeniería

## DEDICATORIA

A mis Padres

**Ma. Nieves Espinoza Ceballos**

**Vicente Morales Díaz**

Dedico con todo mi amor a las personas que me dieron la vida y que me apoyaron en todo para lograr uno más de nuestros sueños.

A mis Hermanos

Dedico este trabajo a mis amigos incondicionales, **Ale, Gis, Caro y Helmer**, este logro también es de ustedes.

## AGRADECIMIENTO

A Dios que me ha dado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo, "Sus Padres" y con ellos el Don de la vida. Por permitirme vivir este logro al lado de mi familia.

A mis padres quienes sin escatimar esfuerzo alguno sacrificaron gran parte de su vida para educarme y terminar mi carrera profesional, siendo para mí la mejor herencia.

**Ma. Nieves Espinoza Ceballos**

**Vicente Morales Díaz**

A mi Madre que es el ser más valiente y extraordinario del mundo, gracias por tu amor, amistad, cariño, confianza, apoyo y comprensión que siempre me has brindado. A mi Padre que es el hombre más maravilloso del mundo, gracias por ser el pilar y sustento de la familia, por siempre estar con nosotros, para cuidarnos, protegernos y darnos todo tu amor y apoyo. Gracias por enseñarnos lo que es el respeto, el amor, el valor, la moral y la confianza.

A mis hermanos **Ale, Gis, Caro y Helmer** por siempre acompañarme en todas mis decisiones, por brindarme sus consejos, por siempre preocuparse en mi bienestar, por su amor, amistad, cariño, apoyo, confianza, complicidad, por ser los mejores amigos que Dios me pudo dar.

A mi Alma Terra Mater por aceptarme y hacerme sentir parte de ella, por la oportunidad de brindarme la formación profesional anhelada.

Gracias al M.C. Víctor Samuel Peña Olvera, Dr. Martín Cadena Zapata, M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala Ing. Ariel Méndez Cifuentes y a la Lic. Brenda Berenice García Berlanga por todo su apoyo en la realización de este proyecto.

A todos mis Maestros que compartieron sus conocimientos y experiencias, que gracias a eso alcance el logro de mi formación profesional.

A mis Amigos de Generación Jazmín, Nora, Monce, Héctor, Luis, Rodrigo, Sócrates, y Néstor gracias por compartir aquellos momentos más importantes durante clases y fuera de ellas.

A mis Amigos y entrenador del Equipo Internacional de Identificación de Plantas de Pastizal (EIIPP) Dr. Juan Manuel, Carlos, Valentín, Chuy, Gerardo, Elías, Francisco, Manuel, Juventino y Eliseo gracias por compartir experiencias y momentos únicos durante mi estancia en la universidad.

## INDICE DE CONTENIDO

|   |     |
|---|-----|
| DEDICATORIA .....   | i   |
| AGRADECIMIENTO .....  | ii  |
| RESUMEN .....   | vii |
| INTRODUCCIÓN .....  | 1   |
| II. HIPÓTESIS.....  | 2   |
| III. OBJETIVO GENERAL.....  | 2   |
| 3.1 Objetivos Específicos. ....   | 2   |
| IV. REVISIÓN LITERARIA.....   | 3   |
| 4.1 Microorganismos de suelos agrícolas.....                            | 3   |
| 4.1.1 Bacterias.....  | 5   |
| 4.1.2 Hongos.....   | 6   |
| 4.2 Factores que influyen en el crecimiento de los microorganismos..... | 7   |
| 4.2.1 Materia orgánica. ....  | 7   |
| 4.2.2 Humedad.....  | 8   |
| 4.2.3 Temperatura. ....   | 9   |
| 4.2.4 pH. ....  | 9   |
| 4.2.5 Laboreo.....  | 10  |
| 4.3 Sistemas de labranzas. ....   | 10  |
| 4.3.1 Labranza convencional. ....                                       | 10  |
| 4.3.2 Labranza vertical.....  | 11  |
| 4.3. Labranza Cero.....   | 12  |
| 4.4 Cultivos en la agricultura.....                                     | 13  |
| 4.4.1 Gramíneas. ....   | 13  |
| 4.4.2 Leguminosas. ....   | 14  |
| 4.5 Algaenzima en la agricultura. ....                                  | 15  |
| V. MATERIALES Y MÉTODOS.....  | 16  |
| 5.1 Distribución del Arreglo Experimental.....                          | 16  |
| 5.2 Preparación del material de laboratorio.....                        | 17  |
| 5.3 Preparación de los medios de cultivo. ....                          | 18  |
| 5.4 Preparación en el llenado de Cajas Petri de Medio de cultivo. ....  | 20  |
| 5.5 Recolección de muestras.....  | 20  |

|   |    |
|---|----|
| 5.6 Preparación de la muestra.....  | 20 |
| 5.7 Determinación de humedad. ....  | 21 |
| 5.8 Preparación de Diluciones.....  | 21 |
| 5.9 Siembra de bacterias y hongos. ....   | 21 |
| 5.10 Incubación y conteo.....   | 22 |
| 5.11 Toma de datos.....   | 22 |
| VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....  | 24 |
| 6.1 Análisis para la variable UFC de bacterias por gramo de suelo seco en un sistema de tres labranzas con un mejorador y testigo en el cultivo de frijol. .... | 24 |
| 6.2 Análisis para la variable UFC de bacterias por gramo de suelo seco en un sistema de tres labranzas con un mejorador y testigo en el cultivo de maíz. ....   | 27 |
| 6.3 Análisis para la variable UFC de hongos por gramo de suelo seco en un sistema de tres labranzas con un mejorador y testigo en el cultivo de frijol. ....    | 30 |
| 6.4 Análisis para la variable UFC de hongos por gramo de suelo seco en un sistema de tres labranzas con un mejorador y testigo en el cultivo de maíz. ....      | 33 |
| VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....  | 37 |
| VIII. LITERATURA CITADA .....   | 39 |

## INDICE DE CUADRO

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 4.1 Grupos microbianos en el perfil de un suelo. ....   | 8  |
| Cuadro 4.2 Efecto de la materia orgánica sobre las bacterias. ....   | 8  |
| Cuadro 4.3 Humedad del suelo y numero de bacterias. ....   | 8  |
| Cuadro 4.4 Cambios poblacionales en suelos a varios niveles de humedad. ....   | 9  |
| Cuadro 4.5 Efectos del tipo de suelos y su pH en los microorganismos. ....   | 9  |
| Cuadro 5.1 Composición del medio de cultivo Rosa de Bengala para conteo de Hongos. ....                                      | 19 |
| Cuadro 6.1 Análisis de varianza de los tratamientos con respecto al contenido de UFC/gss de bacterias en frijol. ....        | 24 |
| Cuadro 6.2 Comparación media de las labranzas con respecto a UFC/gss de bacterias en frijol. ....                            | 25 |
| Cuadro 6.3 Comparación de medias del mejorador y testigo respecto a UFC/gss de bacterias en el cultivo de frijol. ....       | 26 |
| Cuadro 6.4 Análisis de varianza con respecto a las UFC/gss de bacterias al termino del cultivo del maíz. ....                | 27 |
| Cuadro 6.5 Comparación de media sobre las labranzas con respecto a UFC/gss de bacterias al termino del cultivo de maíz. .... | 28 |
| Cuadro 6.6 comparación de media sobre el mejorador con respecto a UFC/gss de bacterias al termino del cultivo de maíz. ....  | 29 |
| Cuadro 6.7 Análisis de varianza con respecto a las UFC/gss de hongos al termino del cultivo de frijol. ....                  | 30 |
| Cuadro 6.8 Comparación de media sobre el factor A con respecto a UFC/gss de hongos al termino del cultivo de frijol. ....    | 31 |
| Cuadro 6.9 Comparación de media sobre el factor B con respecto a UFC/gss de hongos al término del cultivo de frijol. ....    | 32 |
| Cuadro 6.10 Análisis de varianza con respecto a las UFC/gss de hongos al termino del cultivo de maíz. ....                   | 33 |
| Cuadro 6.11 Comparación de media sobre el factor A con respecto a UFC/gss de hongos al termino del cultivo de maíz. ....     | 34 |
| Cuadro 6.12 Comparación de media sobre el factor B con respecto a UFC/gss de hongos al termino del cultivo de maíz. ....     | 35 |

## INDICE DE GRAFICAS

|   |    |
|---|----|
| Grafica 6.1 Comparación de labranzas con respecto al número de UFC/gss de bacterias al término de cultivo de frijol. .... | 25 |
| Grafica 6.2 Comparación de medias del mejorador con respecto a UFC/gss de bacterias en el cultivo de frijol. ....         | 26 |
| Grafica 6.3 Comparación de sistemas de labranza respecto a UFC/gss de bacterias al término del cultivo de maíz. ....      | 28 |
| Grafica 6.4 Comparación de mejorador con testigo respecto a UFC/gss de bacterias al término del cultivo de maíz. ....     | 29 |
| Grafica 6.5 Comparación de medias de las labranzas con respecto a UFC/gss de hongos en el cultivo de frijol. ....         | 31 |
| Grafica 6.6 Comparación de medias de acuerdo al mejorador con respecto a UFC/gss de hongos en el cultivo de frijol. ....  | 32 |
| Grafica 6.7 Comparación de medias de las labranzas con respecto UFC/gss de hongos en el cultivo de maíz. ....             | 34 |
| Grafica 6.8 Comparación de medias del mejorador y testigo con respecto a UFC/gss de hongos en el cultivo de maíz. ....    | 35 |

## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 5.1 Esquema del sitio experimental..... | 17 |
|--|----|



## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar a corto plazo el efecto de labranzas, un mejorador y la utilización de diferentes cultivos en los índices de calidad biológica del suelo mediante la cuantificación de población de bacterias y hongos. Se evaluó el efecto de tres sistemas de labranza: cero (**NL**), vertical (**LV**) y convencional (**LC**) en combinación con un cultivo de Maíz (*Zea mays*) gramínea, uno de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) leguminosa y un mejorador; Algaenzimas (**M1**) con un Testigo (**M0**) en un suelo franco arcilloso. El experimento se evaluó durante el periodo de primavera-verano 2013 establecido bajo un arreglo experimental de parcelas divididas A (sistemas de labranzas) y B (mejorador orgánico de suelo) establecido bajo un arreglo experimental factorial de parcelas divididas en una distribución de nueve lotes con dimensiones de 40 m x 12 m, aplicando una dosis de 1 l Ha<sup>-1</sup> de Algaenzimas. La evaluación de contenido de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por gramo de suelo seco se determinó por la técnica conteo en placa por extensión superficial tomando las muestras de suelo a una profundidad de 10 a 12 cm. Los resultados mostraron que no existe diferencia significativa con respecto al número de UFC de bacterias en el cultivo de frijol entre los sistemas de labranzas y el mejorador. Pero si se dio una diferencia apreciable en comparación de la **LC** de  $1.5 \times 10^7$  respecto a **NL** y de  $8.9 \times 10^6$  de **M1** comparado con el **M0**. En cuanto a la población de microorganismos en el cultivo de maíz se encontró  $3.1 \times 10^7$  de UFC de bacterias más en **LC** que en **NL** y  $1.7 \times 10^7$  en **M1** más que en **M0**. Los resultados obtenidos en cuestión de las UFC de hongos las diferencias fueron estadísticamente significativas dentro del cultivo de frijol los resultados fueron  $1.4 \times 10^4$  mas hongos en **LC** que en **NL** y  $6.3 \times 10^3$  en comparación de **M1:M0**, los resultados en el cultivo de maíz mostraron una diferencia significativa en cuanto a la labranza como en el mejorador  $2.3 \times 10^4$  **LC:NL** y  $1.3 \times 10^4$  **M1:M0**. La aplicación de mejoradores orgánicos en un suelo agrícola y la implementación de leguminosa siempre darán resultados positivos en las propiedades biológicas del mismo.

**Palabras clave:** UFC, Hongos, Bacteria, Sistemas de Labranza, Mejorador Orgánico y Rotación de Cultivo.

## INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad en México es el mayor desafío que enfrenta el país ante un panorama de degradación ambiental poco alentador. El conocimiento y aplicación de opciones amigables con el medio ambiente resulta necesario para preservar y mantener los recursos naturales, siendo un factor clave para elevar la rentabilidad en la producción agrícola.

La agricultura ecológica implica un manejo del sistema suelo-planta diferente al de la agricultura convencional, y cuando se introducen cambios en el manejo del sistema, éstos afectan a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Verstraete y Voets, 1977 citado por Sarmentero 1994).

En la naturaleza existe un número indeterminado de asociaciones entre poblaciones microbianas, éstas son influenciadas por factores del ambiente, físicos y químicos, importantes debido a la influencia que tienen en el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la nutrición de los cultivos (Hernández 2013).

El uso indiscriminado de tecnología agrícola ha alterado significativamente los constituyentes orgánicos y vivos del suelo y, con ello, el equilibrio ecológico, modificando principalmente las actividades metabólicas de las diferentes poblaciones microbianas del agroecosistema.

La presencia de microorganismos es un indicador que permite evaluar el beneficio de los sistemas de laboreo, así como, el mantenimiento de la fertilidad del suelo (Villarreal *et al.*, 2000).

Por lo anterior, se efectuó la presente investigación de la estimación de las poblaciones bacterianas y fúngicas presentes en un suelo franco arcilloso manejado por tres sistemas de labranza, un mejorador y dos diversos cultivos.

## **II. HIPÓTESIS**

El sistema de labranza cero en combinación con un mejorador de suelos, mantendrá o mejorará la calidad biológica apropiada para sostener la productividad del suelo en el tiempo.

## **III. OBJETIVO GENERAL**

Cuantificar la biomasa microbiana para conocer el estado actual del suelo manejado por la acción integral de tres sistemas de labranza, la aplicación de un mejorador de suelos en el cultivo de Maíz y Frijol.

### **3.1 Objetivos Específicos.**

- Evaluar que tipo de labranza es mejor para mantener la biomasa microbiana óptima para un suelo agrícola.
- Cuantificación del beneficio microbiano de la aplicación de un mejorador al suelo.
- Comparación de la cantidad microbiana en un suelo cultivado con Maíz (gramínea) y frijol (leguminosa).

## IV. REVISIÓN LITERARIA.

### 4.1 Microorganismos de suelos agrícolas.

Como se conoce los microorganismos son los seres más numerosos que existen en la tierra; son organismos ancestrales que han colonizado exitosamente cada nicho ecológico posible. Los microorganismos se encuentran prácticamente en todas las regiones del planeta, desde los polos, en ambientes bajo el punto de congelación y muy secos, hasta los trópicos con temperaturas altas y con elevada precipitación pluvial. Su presencia y actividad es esencial para la salud y funcionamiento adecuado de todos los ecosistemas (Olembo, 1991 citado por Portugal, V. 1998).

Las bacterias y hongos microscópicos son organismos heterótrofos que se alimentan de materia orgánica en descomposición (saprobios) o de materia viva (parásitos). Se encuentran en una gran variedad de hábitat, tales como cuerpos de agua dulce, mar, suelo, hojarasca, restos vegetales, restos animales, estiércol y organismos vivos (De la Rosa García, *et al.*, 2004) los microorganismos son vitales en el equilibrio ecológico del suelo participan en la degradación de la materia orgánica que permite el reciclaje de nutrientes, así como la transformación de estos a formas disponibles para las plantas.

En hábitat como el suelo, al incorporar restos de cosecha, fertilizantes, etc. los componentes de la comunidad en el suelo son afectados significativamente por los organismos incorporados, dado por las altas densidades de organismos y sus proximidades es que las interacciones entre ellos son muy pronunciadas y es precisamente estas interacciones entre los organismos y sus ambientes abióticos químico físico, las que regulan la composición de la microfauna del suelo.

En la naturaleza existe un número indeterminado de asociaciones entre poblaciones microbianas, éstas son influenciadas por factores del ambiente, físicos y químicos. En el suelo, en las raíces de las plantas, las relaciones microbianas determinan cual

es la comunidad dominante o inhibida, así como aquellas que coexisten sin afectar (positiva o negativamente) a otras poblaciones. Los factores que determinan la actividad microbiana son importantes debido a la influencia que tienen en el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la nutrición de los cultivos.

Es de interés restaurar la microbiota de los suelos mediante estrategias que permitan mejorar su calidad en relación a la productividad agrícola y de una manera no contaminante. El uso indiscriminado de insumos agrícolas ha alterado significativamente los constituyentes orgánicos y vivos del suelo y, con ello, el equilibrio ecológico, modificando principalmente las actividades metabólicas de las diferentes poblaciones microbianas del agroecosistema. Barea *et al.*, (2005) señalan que la disponibilidad de nutrimentos en el suelo a través de las interacciones biológicas benéficas (sinérgicas) entre los diversos componentes que promueven los procesos ecológicos, debe ser entendida y manejada para el aprovechamiento sostenible de los suelos.

La presencia de microorganismos es un indicador que permite evaluar el beneficio de los sistemas de laboreo, así como, el mantenimiento de la fertilidad del suelo (Villarreal *et al.*, 2000).

La existencia de estos microorganismos ha jugado un papel significativo en relación con el hombre y su productividad, participando en la agricultura y en la elaboración de alimentos (Tate III, 1995 citado por Portugal, V. 1998). Ciertos hongos del suelo forman parte de un amplio abanico de productores de antibióticos; otros, como las bacterias y algas verdeazules, son organismos fijadores del nitrógeno atmosférico, lo cual los hace útiles al planear una adecuada rotación de cultivos (Brock, 1978 citado por Portugal, V. 1998).

En la actualidad se ha identificado el significado funcional de grupos particulares de microorganismos que afectan la productividad de las plantas en un contexto agrícola; así se han definido algunas de las actividades en las que participan los microorganismos del suelo como, fijación de nitrógeno, degradación de celulosa,

incorporación de fósforo a la planta, interacción con otros microorganismos y control biológico. El aprovechamiento de todas estas actividades microbianas de manera directa interviene en hacer realidad lo que se ha llamado agricultura sostenible, que consiste en mantener la producción sin deterioro del ambiente (Stewart, 1991).

#### **4.1.1 Bacterias.**

Se estima que existen 300 mil a 1 millones de bacterias en la tierra de las cuales solo 6000 han sido identificadas (Harvey 2000 citado por De la Rosa García, *et al.*, 2004). Constituyen el grupo de organismos más abundantes en la naturaleza y se ven favorecidas por su rápido desarrollo y capacidad para atacar innumerables sustancias. No existe prácticamente sustancia de origen biológico que no sea agredido por algún tipo de bacterias.

Más de 250 especies han sido aisladas del suelo y si a esta cifra se le agregan las asociadas a los restos vegetales, el número de especies bacterianas reconocidas en el suelo, supera las 800 (Frioni, L. 1999).

Las bacterias se caracterizan por presentar tamaños reducidos (0.5 – 1  $\mu\text{m}$  x 1.0 – 15  $\mu\text{m}$ ) y sus células se pueden presentar de tres formas:

- Células esféricas o cocos
- Cilindros o bastones (bacilos)
- Espiraladas o helicoidales (espirilos)

Las bacterias del suelo pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- Especies nativas o autóctonas: están presentes en el suelo y su número se mantiene aproximadamente constante, con excepción de aquellas nativas denominadas: “zimógenas” por Winogradsky, que proliferan ante el agregado de un sustrato específico.

- Especies alóctonas: a diferencia de las anteriores, no participan activamente en las funciones bioquímicas de la comunidad. Llegan al suelo con las precipitaciones, en tejidos enfermos, aguas negras etc.

Se pueden agrupar las bacterias del suelo por grupos funcionales, siendo éstas las formas más importantes desde el punto de vista agronómico:

- Bacterias amonificadoras: descomponen las sustancias orgánicas nitrogenadas y las transforman en amonio o en sales amoniacales.
- Bacterias nitrificadoras: oxidan el amoníaco hasta nitrato.
- Bacterias fijadoras de nitrógeno: toman el N atmosférico (N<sub>2</sub>) y lo transforman en compuestos aprovechables por los vegetales.
- Bacterias celulolíticas: degradan la celulosa. Es el grupo más numeroso por ser este compuesto el más abundante en los residuos vegetales.
- Bacterias pectinolíticas: degradan la pectina y sus derivados (Benintende, S.)

#### **4.1.2 Hongos.**

Los hongos son considerados los organismos más diversos después de los insectos. Su riqueza se estima en 1.5 millones de especies a nivel mundial (Hawksworth, 2001). En México, la diversidad fúngica se calcula entre las 120 000 y 140 000 especies de las que menos de 10% han sido estudiadas (De la Rosa García, *et al.*, 2004).

Están formados por un talo que a su vez está constituido por el micelio agregado de hifas con tubos de paredes delgadas que envuelven a la masa citoplasmática (micelio). La función principal de los hongos del suelo es la mineralización de fuentes complejas de carbono, atacando gran volúmenes de residuos con poco nitrógeno, participan en la humificación, degradación de restos de animales y ,vegetales además de contribuir a la agregación del suelo y algunos formas de asociaciones simbióticas con raíces de plantas que favorecen la nutrición vegetal Frioni, L. (1999).

La diversidad de hongos en suelos desérticos o semi desérticos es menor a la encontrada en suelos de bosques o selvas debido a que la precipitación en los desiertos es escasa lo que impide una sucesión importante de hongos durante la descomposición de los escasos residuos vegetales (Flanagan, 1981 citado por Samaniego, J. 2007). Sin embargo, la actividad humana, particularmente en la agricultura, impacta sustancialmente las condiciones de vegetación (cultivos introducidos) y humedad (riego) en el suelo, de tal manera que son de esperar cambios en la estructura de la microbiología en el suelo, desde su diversidad hasta la aparición de especies no típicas de suelos (Samaniego, J. 2007).

#### **4.2 Factores que influyen en el crecimiento de los microorganismos.**

El número y actividad de las bacterias y hongos en el ambiente natural como el suelo están afectados por el hábitat, las prácticas culturales y las condiciones en el ambiente (Frioni, L. 1999).

##### **4.2.1 Materia orgánica.**

Es uno de los factores que más incide en la distribución de las bacterias y hongos en el suelo. Suelos ricos en humus poseen mayor densidad de microorganismos, (Julca-Otiniano 2006). La incorporación de restos frescos o MO estimula la población de bacterias y hongos, estos últimos son los dominantes en biomasa, en cuanto a las bacterias hay una rápida estimulación microbiana, muy marcada en los primeros meses, disminuyendo a medida que el sustrato se degrada (Frioni, L. 1999).

Según Waksman, (1952) citado por Frioni (1999) presenta que la materia orgánica es uno de los principales factores que explican la atribución de los microorganismos en el suelo según la profundidad, como se muestra en el siguiente cuadro.



**Cuadro 4.1 Grupos microbianos en el perfil de un suelo.**

| HORIZONTE<br>(cm) | BACTERIAS |            | HONGOS |
|-------------------|-----------|------------|--------|
|                   | aerobias  | anaerobias |        |
| Ao (0-10)         | 1116915   | 1000       | 303000 |
| A1 (10-12)        | 1111000   | 70000      | 165000 |
| A2 (12-20)        | 317640    | 181000     | 77500  |
| B (20-49)         | 19750     | 700000     | 14740  |
| C (50-100)        | 463       | 10000      | 1850   |

**Cuadro 4.2 Efecto de la materia orgánica sobre las bacterias.**

| HORIZONTE<br>(cm) | M. O. % | BACTERIAS 10 <sup>6</sup> /g |            |
|-------------------|---------|------------------------------|------------|
|                   |         | AEROBIAS                     | ANAEROBIAS |
| A1 (0-6)          | 8       | 149.2                        | 1          |
| A2 (6-12)         | 3.11    | 131.8                        | 1.8        |
| B1 (12-24)        | 2.41    | 108.3                        | 10         |
| B2 (26-48)        | 1.7     | 45.3                         | 1          |
| C (48-80)         | 0.8     | 6                            | 0.01       |

#### 4.2.2 Humedad.

Este es un factor muy importante en la reproducción de microorganismos del suelo. La humedad en el suelo en cierto nivel es necesario ya que el agua es un nutriente esencial y las reacciones bioquímicas se realizan solamente en medio acuoso si existe en una condición de exceso evita la difusión de oxígeno o está limitada provocando un medio anaerobio, perjudicando el desarrollo de hongos y bacterias. En los siguientes cuadros se puede comparar el número de microorganismos de acuerdo al porcentaje de humedad (Osuna 2003).

**Cuadro 4.3 Humedad del suelo y número de bacterias.**

| %HUMEDAD | % CC | BACTERIAS TOTALES<br>(miles/g) |
|----------|------|--------------------------------|
| 6.5      | 30   | 9.98                           |
| 10       | 50   | 11.89                          |
| 16.1     | 65   | 16.41                          |
| 17.4     | 70   | 29.96                          |
| 21.7     | 100  | 25.28                          |

**Cuadro 4.4 Cambios poblacionales en suelos a varios niveles de humedad.**

| % HUMEDAD | HONGOS<br>(10 <sup>3</sup> /g) | HIFAS | ESPORAS |
|-----------|--------------------------------|-------|---------|
| 8.9       | 99                             | 60    | 39      |
| 18.9      | 142                            | 113   | 29      |
| 24.2      | 149                            | 133   | 16      |
| 27.1      | 173                            | 153   | 20      |

#### 4.2.3 Temperatura.

Este es el factor que regula todos los procesos biológicos, afecta tanto el número como la composición cualitativa de una comunidad. La mayoría de los microorganismos del suelo son mesófilas. En el suelo no son frecuentes las bacterias psicrófilas (desarrollo debajo de los 20°C) si no que las encontradas en los meses fríos más bien son mesófilas tolerantes al frío (Frioni, L. 1999).

#### 4.2.4 pH.

La acides o alcalinidad inhibe a muchas bacterias del suelo, en comparación con los hongos estos son más tolerantes a la acides; el optimo de la mayoría de las especies es la neutralidad. El pH del medio actúa modificando la asimilación de compuestos nutritivos minerales u orgánicos (Mulder, 1975 citado por Loredo-Osti 2004). En el siguiente cuadro se muestra población de bacterias y hongos de acuerdo al pH de diversos suelos.

**Cuadro 4.5 Efectos del tipo de suelos y su pH en los microorganismos.**

| SUELO              | pH  | BACTERIAS | HONGOS |
|--------------------|-----|-----------|--------|
| GRIS MORGOSO       | 7.8 | 18209     | 36000  |
| PARDO<br>ARCILLOSO | 7.6 | 2230000   | 59000  |
| ARCILLOSO          | 6.4 | 1650000   | 74500  |
| ASUELO<br>TROPICAL | 4.4 | 127000    | 245000 |
| PODZOL<br>ARENOSO  | 3.8 | 16000     | 125000 |

#### **4.2.5 Laboreo.**

Esta actividad altera la estructura y porosidad del suelo, favoreciendo el movimiento del aire y el régimen hídrico. Las partículas del humus se exponen a la acción microbiana (Hernández- Rodríguez *et al.*, 2010). En áreas donde la erosión eólica es muy marcada y el suelo puede perderse entre el periodo de arada y siembra se recomienda aplicar practicas de labranza mínima y cero en donde el desarrollo y actividad de los microorganismos es menos afectado (Frioni, L. 1999).

#### **4.3 Sistemas de labranzas.**

La agricultura en México tiene una producción escasa y fluctuante frente a un consumo en constante crecimiento que obliga a producir más y mejor con base en cultivos intensivos cada vez más mecanizados, lo que origina la degradación de los suelos. (Bravo, *et al.*, 2000). Sin embargo, el avance tecnológico surge por la necesidad de producir más intensamente sobre una unidad de suelo; esto ha implicado la utilización más intensa de las labores agrícolas y abuso del uso de la maquinaria agrícola, con la creencia de que entre más se disgrega el suelo mejor es su preparación para la producción de cultivos (Bravo, *et al.*, 2000).

El uso de labranzas en el cultivo de los suelos genera una serie de cambios en la estructura y actividad biológica (microorganismos) del suelo. Los efectos en la abundancia y actividad biológica del suelo pueden estar relacionados a cambios en los factores reguladores de ella, como temperatura, agua, cantidad y distribución de materia orgánica, íntimamente relacionados y afectados por los sistemas de labranza (Acevedo 2003).

##### **4.3.1 Labranza convencional.**

La labranza convencional es una práctica que facilita labores agrícolas, entre las que destacan control de malezas, formación de cama de semillas que lleven a una buena germinación y establecimiento del cultivo, incorporación de fertilizantes y pesticidas

al suelo, incorporación de materia orgánica y residuos del cultivo anterior además de generar el movimiento deseado (Hernández 1998). Sin embargo, la labranza convencional tiene algunos efectos no deseados. Expone el suelo a los principales agentes erosivos (agua y viento) y facilita el contacto con un alto contenido de oxígeno estimulando la actividad de los microorganismos del suelo, los que oxidan la materia orgánica al utilizarla como fuente de energía. Así, dos grandes procesos destructivos se asocian a la labranza convencional (Acevedo 2003).

Reiteradamente se ha señalado que el laboreo produce una disminución de la materia orgánica (Elliot 1986. Tiessen y Stewart 1983 citado por Hernández, Rosa Mary 1998) estos cambios tienen que ver con la presencia de una cobertura de residuos continua que sirve como sustrato para el desarrollo de microorganismos y microfauna del suelo (Doran 1980, Hendrix *et al.*, 1986 citado por Hernández, Rosa Mary 1998).

#### **4.3.2 Labranza vertical.**

El sistema de laboreo mínimo y bajo cubierta responde a la labranza vertical. Esta produce la fragmentación del suelo lateralmente que consiste en la preparación de la tierra mediante implementos que no invierten el suelo y causan poca compactación en comparación con la labranza convencional.(Gerardo 2013) 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 materia orgánica provocando una pérdida de humedad menor y con ello una actividad microbiana positiva en la calidad del suelo, sin embargo una de las grandes limitantes de este sistema es que el consumo de energía es exorbitante por la potencia que se requiere para la ruptura del suelo, además que si no se usa de manera correcta la tasa de infiltración de agua no mejora de manera significativa (FAO 2014).

### **4.3. Labranza Cero.**

En la actualidad el sistema de cero labranzas o no labranza puede ser considerado como uno de los modelos más representativos de la sustentabilidad. Las principales razones por las que la cero labranza se ha desarrollado masivamente, responden a necesidades esencialmente económicas, además de conservación de suelos y de eficiencia de uso de los recursos. (Acevedo 2003).

La cero labranza consiste en poner directamente la semilla de los cultivos sobre el suelo, sin remover los residuos del cultivo anterior. Es un elemento esencial en la agricultura de conservación, que responde a la necesidad de mantener y/o mejorar la calidad de los recursos naturales renovables en el proceso productivo agrícola (Espinoza 2007). La necesidad de realizar una agricultura sustentable está obligando a incorporar varios elementos agronómicos básicos en la agricultura además de la mínima o ninguna remoción del suelo y la mantención de los rastrojos de los cultivos sobre el suelo, tales como la rotación de cultivos, la cobertura permanente del suelo, el uso de abonos verdes y el control integrado de plagas y enfermedades. (Acevedo 2003).

Las ventajas de esta técnica son muchas e incluyen aumentos de rendimiento y de productividad, reducción en el uso de combustible y de mano de obra, reducción del uso de insumos, aumento significativo en el contenido de materia orgánica y de la diversidad biológica en el suelo, además reducción de la erosión (Acevedo 2003).

(Granatstein, *et al.*, 1987, Follet y Schimel 1986) citados por (Hernández, Rosa Mary 1998) han mostrado que la biomasa microbiana puede verse favorecida significativamente en suelos manejados con siembra directa en relación a los manejados con labranza convencional.

#### **4.4 Cultivos en la agricultura.**

La práctica de cultivar dos o más especies vegetales en una misma superficie se denomina generalmente policultivos siendo una técnica de intensificar la agricultura que busca maximizar la productividad por unidad de superficie en cada temporada agrícola. En ambientes en los cuales no existen problemas de heladas y hay agua suficiente se practica el cultivo intercalado o el cultivo de relevo, forma de policultivo que consiste en la siembra simultánea o de reemplazo de dos especies en una misma temporada agrícola, lo que significa que pueden realizarse dos o más cosechas al año, una de cada especie.

Los suelos cultivados con policultivos constituyen un sistema complejo que alberga microorganismos, los cuales establecen relaciones muy variadas, participando en los ciclos del carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre, fósforo, hierro y otros minerales; aportando a la fertilidad del suelo. Además, el crecimiento de las plantas está condicionado por una amplia gama de microorganismos que viven en el suelo, alrededor de las raíces vegetales.

Dentro del amplio grupo de microorganismos beneficiosos, tanto para cultivos agrícolas como forestales se encuentran:

- Bacterias de vida libre o simbióticas que fijan nitrógeno.
- Hongos micorrízicos que se asocian con las raíces de plantas vasculares.

Los beneficios que aportan los microorganismos en la agricultura son:

- Solubilizan o incrementan la absorción de nutrientes, aumentando la fertilidad del suelo y estimulando el crecimiento vegetal.
- Dan protección a la planta o evitan el ataque de patógenos.

##### **4.4.1 Gramíneas.**

En las últimas décadas, se ha investigado el papel de las bacterias de la rizosfera o rizobacterias de diversas gramíneas como maíz (Seldin *et al.*, 1998), trigo, sorgo

(Baldani *et al.*, 1986), entre otros. Cuando las bacterias se localizan en estructuras especializadas, como los nódulos en las leguminosas, se establece una simbiosis mutualista estricta. En contraste, cuando las rizobacterias aprovechan el microambiente favorable de la planta, sin formar estructuras *de novo* sobre la raíz, se habla de una simbiosis asociativa como en el caso de las gramíneas (Echegaray-Alemán, 1995, citado por Loredó-Ostí 2004). Muchas bacterias asociativas son consideradas bacterias promotoras del crecimiento.

En las gramíneas, la composición cuantitativa y cualitativa de los microorganismos en la rizosfera varía entre especies e incluso entre genotipos de la misma especie, lo cual se atribuye principalmente a las variaciones intrínsecas de cada planta en particular, en términos de la cantidad y calidad de los exudados radicales (Rengel, 1997). Además de las características de la planta, la disponibilidad de nutrientes en la rizosfera está controlada por los efectos que ejercen las propiedades del suelo sobre las interacciones de las raíces con los microorganismos.

#### **4.4.2 Leguminosas.**

El uso de leguminosas se debe a que poseen la propiedad para mejorar la fertilidad de los suelos debido a la capacidad que tienen estas de establecer una simbiosis fijadora de nitrógeno con bacterias del grupo de los *rhizobia*. Estas bacterias le proporcionan a las plantas una ventaja adaptativa, en condiciones donde el nitrógeno disponible es limitante o completamente deficiente, debido a la capacidad que tienen de transformar el nitrógeno atmosférico (inerte) en amoníaco (disponible para la mayoría de los seres vivos). Esta propiedad les permite su establecimiento en suelos con condiciones adversas, liberando al ambiente compuestos que pueden servir como nutrientes a la microflora del suelo, y permitiendo un mayor desarrollo de las poblaciones microbianas cerca de los sitios de desarrollo de estas plantas (Hernández 2013).

#### **4.5 Algaenzima en la agricultura.**

En investigaciones realizadas sobre el uso de algas marinas y sus derivados en la agricultura son muchas ya que existen muchos países que siguen esta práctica, pues los resultados en los rendimientos y la calidad de las cosechas son muy satisfactorios, así como el mejoramiento de las condiciones del suelo por la incorporación de la materia orgánica (Canales 1999).

Los microorganismos producen enzimas que catalizan la transformación de compuestos específicos y, por lo tanto, juegan un papel importante en la descomposición de restos orgánicos (Dilly y Munch, 1996).

Según Reyes (1993) al aplicar algas marinas o sus derivados al suelo, sus enzimas provocan o activan en él reacciones de hidrólisis enzimáticas catalíticas reversibles que las enzimas de los microorganismos que en él habitan no son capaces de hacer en forma notoria. De tal manera que, al reaccionar las enzimas de las algas marinas con las arcillas actúan del compuesto que se encuentra en mayor cantidad en favor del que se encuentra en menor proporción y tiende a llevarlo al equilibrio en una forma evidente o notoria. Por lo tanto con el uso paulatino de algas marinas, se logra así: el mejoramiento físico, químico y biológico del suelo, haciendo de él un medio propicio para que las plantas se desarrollen mejor (Blunden, 1973).

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

Canales (1999) reporta que se han alcanzado rendimientos extras de 1 a 3 t ha<sup>-1</sup> de maíz, trigo y arroz, los básicos más importantes, cuando se les ha aplicado de 1 a 3 L ha<sup>-1</sup> de ALGAENZIMS.

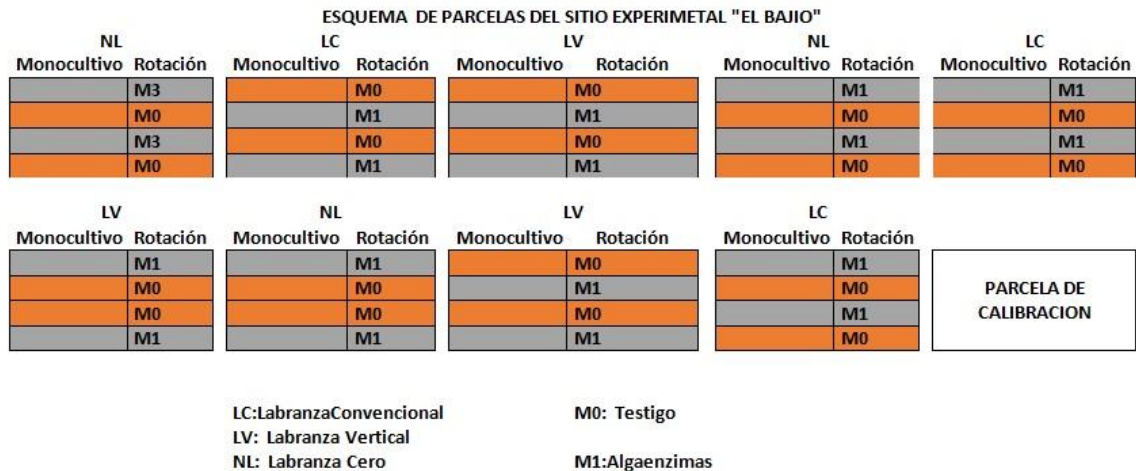


## V. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue realizada en el Laboratorio de Microbiología de Suelos del Departamento de ciencias del Suelo. El área experimental se encuentra ubicada en el campo denominado “El Bajío” en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro cuyas coordenadas geográficas son 25° 23'42” LN 100°59'57”LO a una altura de 1743 msnm. El clima presente de acuerdo al Sistema de Köepen modificado por Enriqueta García, en el área de investigación se expresa bajo la siguiente fórmula: BS<sub>0</sub>kx'(w)(e') el cual nos dice que es seco-árido, templado con verano fresco largo, con régimen de lluvias escasas tendiendo a llover mas en verano, la temperatura media anual es de 16.9°C, con una precipitación media anual de 435 ml. y una evaporación media anual que oscila entre los 1956 ml.

### 5.1 Distribución del Arreglo Experimental.

Para el estudio se considero un arreglo experimental donde se estableció tres sistemas de labranza: Labranza Convencional (LC), Labranza Vertical (LV) y Labranza Cero (NL), divididas en 9 parcelas cada una de ellas con dimensiones de 40 metros de largo por 12 de ancho las cuales fueron divididas en sub-parcelas con dimensiones de 20 metros de largo y 12 de ancho en las que se estableció el sistema de cultivo, es decir ,gramínea y leguminosa, por el ciclo primavera-verano 2013, estas sub-parcelas fueron nuevamente divididas en sub-parcelas de 20 metros de largo por 4 metros de ancho estableciendo un mejorador y un testigo, aplicando 1 L Ha<sup>-1</sup> de Algaenzima en dos de las sub-parcelas como se muestra en la figura 5.1.



**Figura 5.1 Esquema del sitio experimental**

## 5.2 Preparación del material de laboratorio.

Es indispensable para el trabajo de investigación de microbiología la preparación del material a ocupar, mediante su lavado y esterilización para evitar contaminación. Todo material y equipo debe de estar en condiciones de asepsia para que el trabajo se realice exitosamente.

En primer lugar toda la cristalería usada debe ser lavada perfectamente con agua y jabón una vez que se les elimina todo los restos de jabón nuevamente enjuagar con agua destilada, en el caso de las cajas Petri una vez que estén secas después del perfecto lavado se procede a envolver con papel de estraza. Asimismo las pipetas serológicas se lavan, después se les coloca un tapón de algodón en la boquilla de cada una de las pipetas asegurando que este no quede muy apretado esto con el fin para el momento de realizar la toma de la muestra de la dilución esta no sea contaminada al ser pipeteada, después de esto se continua con envolver la pipeta con papel de estraza asegurando que la punta quede perfectamente cubierta, realizar una marcación en el papel en la punta de la pipeta para que al tiempo de su utilización se conozca donde está la punta y donde la boquilla de la pipeta.

La preparación de los tubos de ensayo para las diluciones, se lava los tubos y su tapón al igual que las cajas Petri, se añade 9 ml de agua destilada preferentemente que sea solución salina ó agua peptonada de preferencia. Se coloca a cada uno el tapón de manera que no queden perfectamente cerrados.

Existen diversos métodos de esterilización el empleado en este trabajo es mediante calor húmedo el cual tiene gran poder de penetración y causa la muerte de los microorganismos por coagulación de las proteínas y protoplasma.

Una vez lavado el material y preparado para la esterilización se procede a colocarlo en la olla de presión que contiene un poco de agua, que no sobrepase la parrilla. No debe de quedar el material muy apretado en la olla ya que la esterilización corre el riesgo de no ser efectiva. Después de esto se tapa la olla verificando que los empaques queden perfectamente acomodados, se coloca la olla al fuego dejando la válvula de escape de vapor abierta, una vez que la salida de vapor salga uniforme y constante se procede a cerrar la válvula dejando que la presión suba a 15 lbs. de presión, una vez que se mantenga se contabiliza 15 minutos. Para esto es necesario vigilar frecuentemente la aguja indicadora a fin de que la presión se mantenga constantemente si es necesario disminuir el fuego. Una vez que pase los 15 minutos se retira el fuego de la olla y se deja que la presión disminuya a cero, se abre la válvula de escape de vapor, se retira la tapadera de la olla con sumo cuidado y se deja secar la envoltura del papel de estraza, una vez seco está listo para la utilización.

### **5.3 Preparación de los medios de cultivo.**

Los medios de cultivos utilizados fueron Agar Nutritivo (AN) para el conteo de bacterias y el Rosa de Bengala (RB) para conteo de hongos.

- Agar nutritivo (AN) para conteo de bacterias.

Para la preparación del medio de cultivo se pesan 23 grs. de AN el cual es disuelto en 1 litro de agua destilada, en un matraz Erlenmeyer de 2 L de capacidad, se mezclan en condiciones térmicas en una parrilla con agitación que llegue al punto de ebullición, cuidando no se queme, el medio está listo para su esterilización cuando este ya está perfectamente mezclado y cristalizado.

- Rosa de Bengala (RB) para conteo de Hongos descrito por Smith y Dawson.

**Cuadro 5.1 Composición del medio de cultivo Rosa de Bengala para conteo de Hongos.**

| FORMULA PARA ROSA DE BENGALA (POR LITRO) |                   |
|--|-------------------|
| REACTIVOS                                | COMPOSICIÓN (g/l) |
| ROSA DE BENGALA                          | 0.05              |
| D (+) GLUCOSA                            | 10                |
| PECTONA BACTEREOLOGICA                   | 5                 |
| AGAR                                     | 15                |
| CLORANFENICOL                            | 0.1               |
| SULFATO DE MAGNESIO                      | 0.05              |
| FOSFATO POTASICO                         | 1                 |

El procedimiento para la preparación de este medio consiste en pesar cada reactivo y colocarlos en matraz Erlenmeyer de 2 l de capacidad añadir el agua destilada y disolver los componentes excepto el Cloranfenicol, en condiciones térmicas en una parrilla con agitación cuando el medio ya esta cristalizado retirar del fuego y aplicar el Cloranfenicol (antibiótico para evitar la contaminación por bacterias), posteriormente a una temperatura de 40°C verificar el pH con un potenciómetro, este debe de ser ácido, si no es así ajustar con acido sulfúrico.

Una vez que los medios ya están cristalizados colocar un tapón de algodón en la boquilla del matraz, colocar un gorro de papel de estroza cerrar con cinta masking de registro y esterilizar por calor húmedo como se describió anteriormente.

#### **5.4 Preparación en el llenado de Cajas Petri de Medio de cultivo.**

Una vez esterilizados los medios dejar enfriar a una temperatura de 40°C para posteriormente vaciar en cajas Petri esterilizadas siempre al lado de la flama o en condiciones de asepsia una vez colocado 15 ml de medio a cada caja tapar y dejar solidificar el medio, cuando el medio está completamente solidifica la caja se voltea para evitar la contaminación y llevar a refrigeración a 2° C para que el medio sea conservado.

#### **5.5 Recolección de muestras.**

En este trabajo se tomaron tres sub-muestras completamente al azar de cada sub-parcela las cuales se homogenizaron y se formo una muestra en total se tomaron 216 sub-muestras formando 72 muestras colocadas en una bolsa de plástico todas previamente identificadas el muestreo se realizo de 7 a 9 de la mañana, por día se tomaron 16 muestras en promedio, se realizo todo el muestreo en 5 día. Las muestras fueron colocadas en bolsa esterilizada. El muestreo se realizo en Noviembre al final de la cosecha del ciclo primavera-verano. La muestra se tomo a una profundidad de 10 a 12 cm de profundidad de acuerdo a la humedad del suelo, 10 cm si el suelo estaba muy húmedo y de 10 a 12 cm si el suelo se encontraba con poca humedad. Una vez que se recolectaron las muestras fueron trasladadas en el mismo momento al laboratorio de microbiología de suelos Departamento de Ciencias del Suelo para realizar los análisis microbiológicos.

#### **5.6 Preparación de la muestra.**

Inmediatamente después de llegar la muestra al laboratorio se llenan con la muestra los vasos de aluminio previamente tarados y se pesa 1 gr de muestra de cada una para ser utilizada en las diluciones.

## **5.7 Determinación de humedad.**

El método utilizado para esta medición es el gravimétrico, expresada en porcentaje. La humedad del suelo se calcula por la diferencia de peso entre una misma muestra húmeda, después de haberse secado en la estufa hasta obtener un peso constante.

Una vez llenados con muestra los vasos de aluminio tarados es necesario pesar nuevamente y tomar el peso del vaso mas la muestra de suelo, después, identificarlos y llevarlos a la estufa a una temperatura de 105°C por 24 hrs, una vez pasadas las 24 hrs. sacarlos y colocarlos en un desecador para que se enfríen, pesar el vaso con muestra para obtener el peso del vaso mas la muestra de suelo seco, a esto se resta el peso del vaso tarado, para determinar por diferencia de peso el porcentaje de humedad del suelo mediante la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Humedad del suelo} = (\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial} * 100$$

## **5.8 Preparación de Diluciones.**

Con la ayuda de gradillas colocar los tubos de ensaye con el agua destilada esterilizada, 8 tubos por gradilla y etiquetar del 1 al 8 y la muestra en que se trabaja. Posteriormente en el tubo marcado como 1 colocar 1gr de la muestra a analizar, agitar por 5 minutos y dejar reposar 15 min, después de esto tomar una alícuota de 1 ml del tubo número 1 con una puntilla o pipeta esterilizada y colocarla en el tubo número 2, mezclar, del tubo 2 tomar la alícuota de 1 ml de la suspensión y colocarlo en el tubo 3 y así sucesivamente hasta terminar con los 8 tubos cuidar que en cada dilución se utilice una puntilla nueva o en su caso una pipeta esterilizada diferente. Estos pasos se repiten para cada muestra.

## **5.9 Siembra de bacterias y hongos.**

La siembra se realizó por la técnica dilución en placa por extensión superficial, al mismo tiempo que se realizan las diluciones, sacar las cajas Petri con medio de

cultivo de la refrigeración una vez que estén a temperatura ambiente proceder con la siembra. Tomar 0.1 ml de la dilución seleccionada y colocarla en el centro de la superficie del medio de cultivo elegido para el crecimiento, con una pipeta estéril o puntilla. Realizar esto por duplicado y con tres diluciones próximas (ej.  $10^5$ ,  $10^6$  y  $10^7$ ) para asegurar la cuenta. Para distribuir de manera homogénea, extender el inóculo utilizando una varilla de vidrio (en forma de escuadra o "L") previamente esterilizada (inmersa en alcohol y pasándola por la flama del mechero permitiendo su enfriamiento) haciendo movimientos giratorios de manera perpendicular al medio de cultivo, hasta lograr la completa incorporación del inóculo en el medio; cuidar que el inóculo se absorba antes de incubar (se recomienda un tiempo de espera aproximado de 10 minutos). El tiempo transcurrido desde el momento en que la muestra se incorpora al diluyente hasta que finalmente se inócula en el medio de cultivo a las cajas, no debe exceder de 20 minutos.

La siembra de bacterias en Agar Nutritivo se realizó de las diluciones 5, 6 y 7. Para hongos en Rosa de Bengala la dilución 2, 3, y 4 ambos casos por duplicado.

#### **5.10 Incubación y conteo.**

Al momento de tener sembradas las cajas Petri se procede a incubar en posición invertida a 28° C por 72 hrs. Después de la incubación, contar el número de colonias y reportar como Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/g de suelo seco con la ayuda de un contador de colonias.

#### **5.11 Toma de datos.**

Se toman los datos de aquellas cajas que tienen un crecimiento entre 30 a 300 Unidades Formadoras de Colonias (UFC). Según (Camacho, 2009) la selección de estas cajas se basa en los siguientes criterios:

- 1.- Datos lógicos (elegir las que están en el rango).
- 2.- Datos estadísticos (considerar los duplicados y el mayor número posible de datos)
- 3.- Datos funcionales (a falta de datos representativos, tomar los mejores disponibles).

Calcular las UFC mediante la siguiente ecuación:

$$\text{UFC/g s.s.} = (\text{NC} * 1/\text{FD} * 1/ \text{V}) / (\text{P} * \text{FH}).$$

Donde:

UFC/ g s. s. = unidades formadoras de colonias / gramo de suelo seco.

NC = número de colonias en una caja.

FD = factor de dilución que corresponde a la dilución de donde se tomó la muestra con la que se inocula la caja ( $10^2$  a  $10^8$ ).

V = volumen inoculado en la caja = 0.1 ml.

P = peso de la muestra húmeda = 1 g.

FH = factor de corrección de humedad ( $1 - (\% \text{humedad}/100)$ ).



## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los objetivos del estudio, para la etapa de primavera- verano del 2013 se analizaron las variables; contenido de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de bacterias y hongos por gramo de suelo seco (gss) en dos diferentes cultivos Frijol - Maíz, con respecto a un tipo de mejorador algaenzimas (M1) en comparación al testigo (M0) y en conjunto de tres tipos de labranzas.

### 6.1 Análisis para la variable UFC de bacterias por gramo de suelo seco en un sistema de tres labranzas con un mejorador y testigo en el cultivo de frijol.

EL siguiente cuadro presenta los análisis de varianza del contenido de UFC de bacterias/gss. con respecto a el factor **A** labranza, el factor **B** mejorador orgánico de suelo y el testigo. Los datos considerados están dentro  $1 \times 10^8$  UFC/gss.

**Cuadro 6.1 Análisis de varianza de los tratamientos con respecto al contenido de UFC/gss de bacterias en frijol.**

| ANÁLISIS DE VARIANZA |    |         |          |        |        |
|----------------------|----|---------|----------|--------|--------|
|                      | GL | SC      | MC       | FV     | P>F    |
| <b>FACTOR A</b>      | 2  | 0.30471 | 0.152354 | 1.491  | 0.2414 |
| <b>FACTOR B</b>      | 1  | 0.06461 | 0.064613 | 0.6323 | 0.4327 |
| <b>FACTORES A:B</b>  | 2  | 0.02174 | 0.010871 | 0.1064 | 0.8994 |

CV = 19.69334

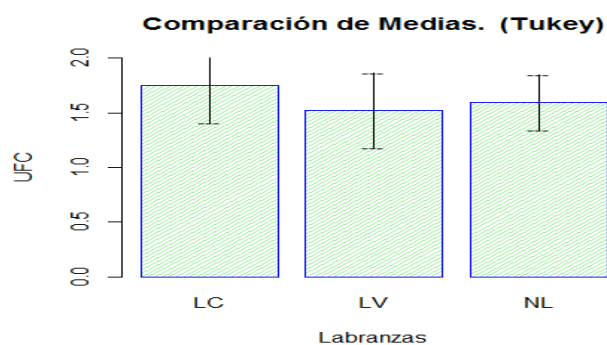
Como se puede apreciar en el cuadro demuestra que no existe diferencia significativa en los tratamientos aplicados con respecto al crecimiento de bacterias al término del cultivo de frijol, cabe destacar que el experimento lleva aproximadamente dos años en estudio por lo tanto es posible no encontrar cambios significativos en esta etapa del proyecto ya que como lo menciona Gutiérrez (2001) diferentes modalidades de labranza de conservación a largo plazo, que además incluyan leguminosas en rotación, se han sugerido como una alternativa viable para recuperar

la fertilidad física, biológica y química del suelo. Estos sistemas permitirán incrementar los valores de materia orgánica, N y C orgánicos, así como la biomasa microbiana, dando como resultado, a través del tiempo, una mejor condición de fertilidad y agregación en los suelos.

En el cuadro 6.2 se puede apreciar la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) sobre el factor A, con respecto al número de UFC/gss de bacterias al término del cultivo.

**Cuadro 6.2 Comparación media de las labranzas con respecto a UFC/gss de bacterias en frijol.**

| COMPARACIÓN DE MEDIAS RESPECTO AL FACTOR A |       |        |
|--|-------|--------|
| TRATAMIENTO                                | GRUPO | MEDIAS |
| <b>LC</b>                                  | A     | 1.746  |
| <b>NL</b>                                  | A     | 1.597  |
| <b>LV</b>                                  | A     | 1.524  |



**Grafica 6.1 Comparación de labranzas con respecto al número de UFC/gss de bacterias al término de cultivo de frijol.**

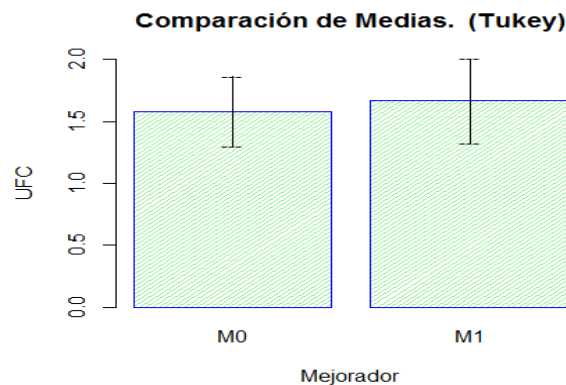
Entre las labranzas no existe diferencias estadísticas significativas pero si se puede estimar que en la labranza convencional existe un mayor desarrollo de bacterias en comparación con la labranza cero.

Los resultados obtenidos difieren de lo que algunos autores explican diciendo que la estimación de población bacteriana presente bajo labranza convencional refleja que ésta se ve afectada en su sobrevivencia, (Reis *et al.*, 2004) destacado como condicionante esta práctica para determinar la mayor o menor abundancia de microorganismos benéficos en el suelo.

En el cuadro 6.3 se muestra la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) sobre el factor B, respecto al número de UFC/gss de bacterias al término del cultivo de frijol.

**Cuadro 6.3 Comparación de medias del mejorador y testigo respecto a UFC/gss de bacterias en el cultivo de frijol.**

| COMPARACIÓN DE MEDIAS RESPECTO AL FACTOR B |       |       |
|--|-------|-------|
| TRATAMIENTO                                | GRUPO | MEDIA |
| <b>M1</b>                                  | A     | 1.668 |
| <b>M0</b>                                  | A     | 1.579 |



**Grafica 6.2 Comparación de medias del mejorador con respecto a UFC/gss de bacterias en el cultivo de frijol.**

No existe diferencia estadística en el mejorador y el testigo, pero numéricamente se puede deducir que el mejorador algaenzima es favorable para que se desarrolle más población bacteriana y fúngica en el suelo.

De acuerdo con Canales (1999) que nos dice que utilizar las algas marinas como biofertilizante 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.

## 6.2 Análisis para la variable UFC de bacterias por gramo de suelo seco en un sistema de tres labranzas con un mejorador y testigo en el cultivo de maíz.

En el cuadro 6.4 se puede observar el análisis de varianza de los tratamientos con respecto a las UFC/gss de bacterias al término del cultivo del maíz. Los datos considerados están dentro  $1 \times 10^8$  UFC/gss.

**Cuadro 6.4 Análisis de varianza con respecto a las UFC/gss de bacterias al término del cultivo del maíz.**

| Análisis de Varianza |    |         |         |        |         |
|----------------------|----|---------|---------|--------|---------|
|                      | GL | SC      | MC      | FV     | P>F     |
| <b>FACTOR A</b>      | 2  | 0.6512  | 0.3256  | 3.235  | 0.05343 |
| <b>FACTOR B</b>      | 1  | 0.25962 | 0.25962 | 2.5794 | 0.11874 |
| <b>FACTORES A:B</b>  | 2  | 0.09942 | 0.04971 | 0.4939 | 0.61511 |

CV= 20.12012

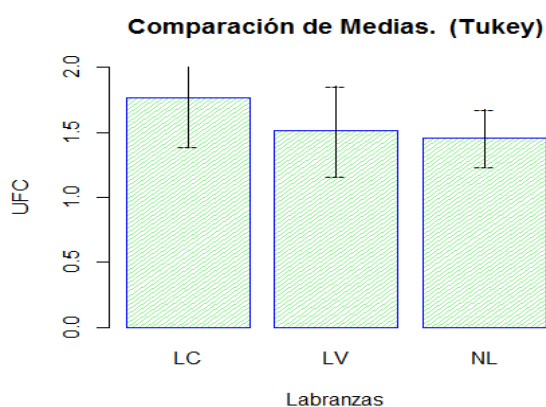
Se puede ver que existe una diferencia mínima en los tratamientos con respecto al factor A, es decir, de acuerdo a los sistemas de labranza hay una diferencia estadística de P> de 0.05343.

En el factor B (mejoradores) y en la comparación entre factor A:B no existe diferencias significativas.

En el cuadro 6.5 se apreciar la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) sobre el factor A, con respecto al número de UFC/gss de bacterias al término del cultivo de maíz.

**Cuadro 6.5 Comparación de media sobre las labranzas con respecto a UFC/gss de bacterias al termino del cultivo de maíz.**

| COMPARACION DE MEDIAS RESPECTO AL FACTOR A |       |       |
|--|-------|-------|
| TRATAMIENTO                                | GRUPO | MEDIA |
| LC   | A     | 1.765 |
| LV   | A     | 1.509 |
| NL   | A     | 1.457 |



**Grafica 6.3 Comparación de sistemas de labranza respecto a UFC/gss de bacterias al término del cultivo de maíz.**

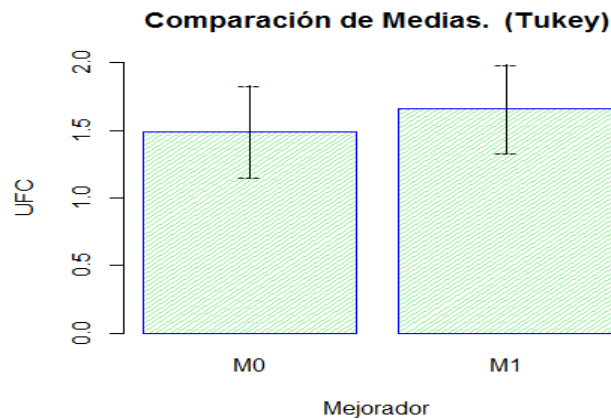
En este caso se puede observar que no hay diferencias significativas pero la labranza convencional (LC) mantiene el numero de UFC de bacterias más alto con respecto a las otras labranzas con una diferencia de 0.308% sobre la labranza cero (NL) lo que demuestra que existen  $3.08 \times 10^7$  UFC/gss en LC más que en NL.

Según (Doran *et al.*, 1998) bajo labranza conservacionista la descomposición y cambio en la cantidad de microbiota se lleva a cabo en un mayor número de pasos de transición es decir en un mayor tiempo o aún largo plazo. Por lo que se puede deducir que en esta etapa del proyecto aun no se ve reflejado el cambio en la población microbiana del suelo, pero se puede llegar a dar en más años de investigación.

En el cuadro 6.6 se observa la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) sobre el factor **B**, es decir la comparación del mejorador con el testigo respecto al número de UFC/gss de bacterias al término del cultivo.

**Cuadro 6.6 comparación de media sobre el mejorador con respecto a UFC/gss de bacterias al termino del cultivo de maíz.**

| COMPARACION DE MEDIAS RESPECTO AL FACTOR B |       |       |
|--|-------|-------|
| TRATAMIENTO                                | GRUPO | MEDIA |
| <b>M1</b>                                  | A     | 1.662 |
| <b>M0</b>                                  | A     | 1.492 |



**Grafica 6.4 Comparación de mejorador con testigo respecto a UFC/gss de bacterias al término del cultivo de maíz.**

Se deduce que la aplicación de mejorador algaenzima al suelo cultivado, mantiene o incrementa el número de bacterias existente en este caso  $1.7 \times 10^7$  UFC/gss de bacterias en comparación con él testigo por lo que demuestra que la utilización de productos orgánicos en la agricultura optimiza el crecimiento de la población de microorganismos benéficos para las propiedades físicas, químicas del suelo así como para dar a las plantas la aportación de nutrientes disponibles, ya que las bacterias forman parte de los microorganismos que participan en los procesos biogeoquímicos del suelo.

### 6.3 Análisis para la variable UFC de hongos por gramo de suelo seco en un sistema de tres labranzas con un mejorador y testigo en el cultivo de frijol.

En el cuadro 6.7 se puede observar el análisis de varianza de los tratamientos con respecto a las UFC/gss de hongos al término del cultivo de frijol.

**Cuadro 6.7 Análisis de varianza con respecto a las UFC/gss de hongos al término del cultivo de frijol.**

| ANÁLISIS DE VARIANZA |    |            |            |        |           |
|----------------------|----|------------|------------|--------|-----------|
|                      | GL | SC         | MC         | FV     | P>F       |
| <b>FACTOR A</b>      | 2  | 5011300000 | 2505641236 | 4.0829 | 0.02702 * |
| <b>FACTOR B</b>      | 1  | 264670000  | 264665100  | 0.4313 | 0.51637   |
| <b>FACTORES A:B</b>  | 2  | 571620000  | 285810287  | 0.4657 | 0.63214   |

CV= 28.41762

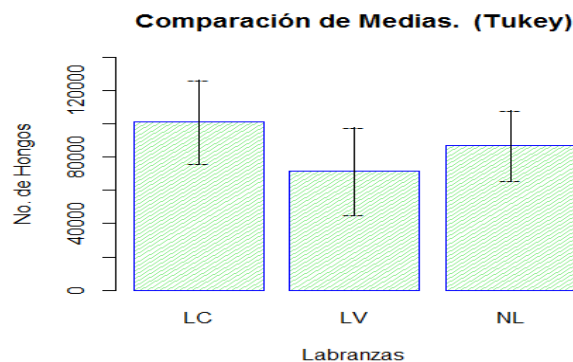
De acuerdo a los resultados obtenidos en este análisis se define que existe una diferencia entre las labranzas respecto al número de hongos por gramo de suelo seco al término del cultivo de frijol, en el factor **B** (mejoradores) no se encuentra ninguna diferencia significativa.

Como se aprecia en el análisis el número de microorganismos en un gramo de suelo es muy grande ya que Según Wild (1992) citado por Julca *et al.*, (2006) los hongos pueden representar el 70% de la población microbiana y constituyen el segundo de los dos grupos más grandes de microorganismos del suelo.

En el cuadro 6.8 se observa la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) sobre el factor **A** (labranzas), con respecto al número de UFC/gss de hongos al término del cultivo.

**Cuadro 6.8 Comparación de media sobre el factor A con respecto a UFC/gss de hongos al termino del cultivo de frijol.**

| COMPARACIÓN DE MEDIAS RESPECTO AL FACTOR A |       |        |
|--|-------|--------|
| TRATAMIENTO                                | GRUPO | MEDIA  |
| LC   | A     | 101300 |
| NL   | AB    | 87260  |
| LV   | B     | 71710  |



**Grafica 6.5 Comparación de medias de las labranzas con respecto a UFC/gss de hongos en el cultivo de frijol.**

En este análisis se aprecia la diferencia significativa entre la LC con LV, por lo tanto, existen  $3 \times 10^4$  UFC/gss de hongos mas en LC que en LV, manteniéndose con una diferencia de  $1.4 \times 10^4$  UFC/gss de hongos con respecto a la labranza cero (NL) por lo que se puede apreciar que el manejo de un corto plazo de labranza cero da resultados favorables comparando que solo se tiene el manejo de 2 años dicho experimento y que lo demostrado por varios autores nos dice que los resultados positivos de la labranza cero se pueden observar a un largo plazo y no a un corto.

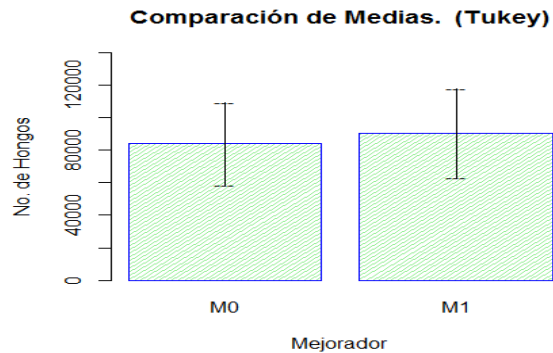
Al observar estos resultados significativos se deduce que lo esperado en dicha investigación puede llegar a formarse a un mediano plazo según la información nos dice que se ha encontrado que la labranza conservacionista reduce los procesos de erosión, mejora la estructura y el contenido de materia orgánica del suelo (Follet y Schimel, 1989), aumenta la infiltración y la condición de humedad y a su vez puede llegar a mejorar la calidad biológica del suelo (Andreu *et al.*, 1992).



En el cuadro 6.9 se observa la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) sobre el factor B, con respecto al número de UFC/gss de hongos al término del cultivo.

**Cuadro 6.9 Comparación de media sobre el factor B con respecto a UFC/gss de hongos al término del cultivo de frijol.**

| COMPARACIÓN DE MEDIAS RESPECTO AL FACTOR B |       |       |
|--|-------|-------|
| TRATAMIENTO                                | GRUPO | MEDIA |
| <b>M1</b>                                  | A     | 90310 |
| <b>M0</b>                                  | A     | 84040 |



**Grafica 6.6 Comparación de medias de acuerdo al mejorador con respecto a UFC/gss de hongos en el cultivo de frijol.**

Estadísticamente no existen diferencias significativas, pero numéricamente se puede apreciar que el M1 (algaenzima) ayuda o favorece el crecimiento de hongos en  $6.2 \times 10^3$  UFC/gss.

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 adición de residuos orgánicos incrementa la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo, que en los cultivados varía de 100 a 600 mg/kg (Anderson y Domsch, 1989 citado por Fortis 2009).

#### 6.4 Análisis para la variable UFC de hongos por gramo de suelo seco en un sistema de tres labranzas con un mejorador y testigo en el cultivo de maíz.

En el cuadro 6.10 se puede observar el análisis de varianza de los tratamientos con respecto a las UFC/gss de hongos al término del cultivo de Maíz.

**Cuadro 6.10 Análisis de varianza con respecto a las UFC/gss de hongos al término del cultivo de maíz.**

| Análisis de Varianza |    |            |            |        |           |
|----------------------|----|------------|------------|--------|-----------|
|                      | GL | SC         | MC         | FV     | P>F       |
| <b>FACTOR A</b>      | 2  | 3638200000 | 1819084682 | 3.3176 | 0.04993 * |
| <b>FACTOR B</b>      | 1  | 1615200000 | 1615167510 | 2.9457 | 0.09646.  |
| <b>FACTORES A:B</b>  | 2  | 551790000  | 275894375  | 0.5032 | 0.60962   |

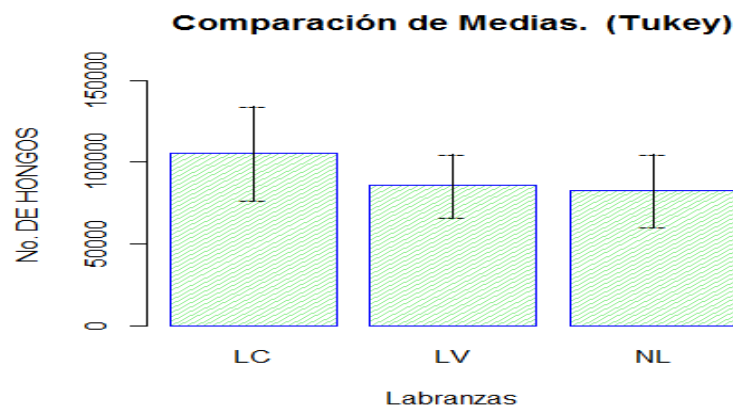
CV:2572874

En este análisis se puede observar una diferencia en el factor A al igual que en el factor B. Esto puede deberse a cambios en el contenido de materia orgánica o a la humedad del terreno como lo menciona Herman *et al.*, (1994) citado por Loredo *et al.*, (2004). La variación de las poblaciones de microorganismos asociadas con gramíneas responde predominantemente a los cambios de humedad del suelo, o materia orgánica.

En el cuadro 6.11 se aprecia la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) sobre el factor A (labranzas), respecto al número de UFC/gss de hongos al término del cultivo de Maíz.

**Cuadro 6.11 Comparación de media sobre el factor A con respecto a UFC/gss de hongos al termino del cultivo de maíz.**

| COMPARACIÓN DE MEDIAS RESPECTO AL FACTOR A |       |        |
|--|-------|--------|
| TRATAMIENTO                                | GRUPO | MEDIA  |
| <b>LC</b>                                  | A     | 105100 |
| <b>LV</b>                                  | A     | 85490  |
| <b>NL</b>                                  | A     | 82430  |



**Grafica 6.7 Comparación de medias de las labranzas con respecto UFC/gss de hongos en el cultivo de maíz.**

No existe diferencia estadísticamente significativa, en la LC existe una mayor población de hongos con una diferencia de  $2 \times 10^4$  respecto a LV y de  $2.3 \times 10^4$  respecto a NL siendo esta la que contiene una menor cantidad de UFC/gss al término del cultivo de maíz.

De acuerdo a estudios realizados en diversas investigaciones es necesario definir que el desarrollo de los microorganismos no solo se limita al tipo de labranza, cultivo o aporte biológico al suelo sino influyen en su desarrollo muchos factores que se deben de tomar en cuenta para poder realizar comparaciones en los tratamientos.

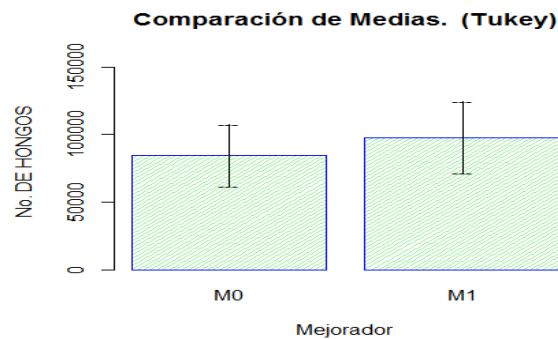
En este caso la labranza cero demuestra una baja en la población microbiana de suelo esto puede ser generado por diversos factores según estudios reportados por Doran, (1980) citado por Espinoza, (2007), muestran que las diferencias en las poblaciones microbianas del suelo están relacionadas con los cambios en el

contenido del agua, niveles de carbono orgánico, nitrógeno y pH del suelo, importantes para la supervivencia de la población microbiana. Por lo que cabe destacar que se debe de tomar en cuenta todos estos factores para efectuar un análisis complementario en el desarrollo de los microorganismos.

En el cuadro 6.12 se presenta la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) sobre el factor B, es decir la comparación del mejorador M1 y del testigo M0 con respecto al número de UFC/gss de hongos al término del cultivo de maíz.

**Cuadro 6.12 Comparación de media sobre el factor B con respecto a UFC/gss de hongos al termino del cultivo de maíz.**

| COMPARACIÓN DE MEDIAS RESPECTO AL FACTOR B |       |       |
|--|-------|-------|
| TRATAMIENTO                                | GRUPO | MEDIA |
| <b>M1</b>                                  | A     | 97710 |
| <b>M0</b>                                  | A     | 84310 |



**Grafica 6.8 Comparación de medias del mejorador y testigo con respecto a UFC/gss de hongos en el cultivo de maíz.**

En esta comparación se puede deducir que no hay diferencia estadísticamente significativa en la cantidad poblacional de hongos en comparación del mejorador al testigo. Pero si continua propiciando mayor desarrollo poblacional la aplicación de un mejorador al suelo en este caso de algaenzima.

Por ello los abonos orgánicos se han utilizado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos ha sido demostrada (Piccinini *et al.*, 1991), aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo, varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo; además, sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la investigación realizada no existen cambios significativos en comparación de los sistemas de labranzas esto se debe a que el sitio experimental lleva solamente 2 años de estudio y aplicación de estas variables a considerar. Cabe destacar que a pesar del corto plazo analizado el sistema de labranza de conservación cero (NL) tiende a un efecto positivo sobre el contenido de población microbiana en el suelo manteniéndose dentro de los niveles óptimos para los suelos agrícolas.

La biota edáfica de bacterias en el presente estudio no presentó diferencias significativas en comparación a labranza, mejorador y cultivo establecidas, por el momento se encuentra en cada factor dentro de los parámetros deseados o que se emplean como benéficos para el suelo dentro de una población de  $1 \times 10^8$  UFC/gss. En comparación a la población fúngica en la que si hubo cambios significativos entre el número de UFC en comparación con la labranza convencional y cero, además de el aumento de estos microorganismos después del cultivo de leguminosa.

Se concluye que el cultivo de frijol o leguminosa en su caso, favorece el crecimiento de hongos en el suelo con una labranza cero en comparación con la labranza vertical se puede estimar que los resultados a un mediano o largo plazo serán considerados dentro de la comparación de la labranza cero con la labranza convencional.

En el manejo del cultivo de maíz disminuye la cantidad de UFC/gss de hongos en la labranza cero por lo que se concluye que las gramíneas no favorecen el desarrollo de la biota fúngica en el suelo pero mantiene los números deseables de estos microorganismos.

La aplicación de algaenzimas como mejorador de suelo en todos los sistemas de labranzas, y cultivos estudiados no influyó de manera significativa sobre el

contenido de hongos y bacterias por gramo de suelo pero si demostró mantener una mayor población en comparación al testigo.

Se recomienda realizar análisis de población microbiológica antes del establecimiento del cultivo y al finalizar para poder realizar una comparación de como se encuentra la población de microorganismos en estas diferentes condiciones y así poder comparar como afecta el cultivo directamente a la población de bacterias y hongos.

Determinar una comparación de la cantidad de Materia Orgánica por tratamiento ya que este es uno de los factores claves para el desarrollo de microorganismos en el suelo.

Realizar una identificación de los microorganismos más comunes dentro de toda la población para poder analizar cada uno de ellos y valorar los beneficios que aportan en la agricultura.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Acevedo, E., & Candia, P. D. C. S.** (2003). *Agronomía de la cero labranza*. Universidad de Chile, Departamento de Producción Agrícola.
- Andreu, E., Pérez, G., Mendt, R., Bravo, C., & Ordáz, J. R.** (1992). Prácticas de manejo a ser incorporadas al sistema de labranza mínima en el cultivo de maíz y soya en el Estado Guárico. Informe. Proyecto convenio UNERG-Fundación Polar. Estado Guárico, Venezuela.
- Baldani, V. L. D., Alvarez, M. D. B., Baldani, J. I., & Döbereiner, J.** (1986). Establishment of inoculated *Azospirillum* spp. in the rhizosphere and in roots of field grown wheat and sorghum. *Plant and Soil*, 90(1-3), 35-46.
- Barea, J. M., Pozo, M. J., Azcon, R., & Azcon-Aguilar, C.** (2005). Microbial cooperation in the rhizosphere. *Journal of experimental botany*, 56(417), 1761-1778. ATLAS, Ronald M. Diversity of microbial communities. En *Advances in microbial ecology*. Springer US, 1984. p. 1-47.
- Benintende, S., & Sánchez, C.** *Microorganismos del suelo*.
- Blunde, G.** 1973. Effects of liquid seaweed extracts as fertilizers. Proc. Seventh International Seaweed Symposium. In ref. 3. School of Pharmacy. Politecnico, Park Road, Portsmouth, Hants, England.
- Bravo, A. N., Sandoval, B. F., Chaparro, V. M. O., & 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.



- Camacho, A., M.Giles, A.Ortegón, M.Palao, B.Serrano y O.Velázquez.** 2009. Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México.
- De la Rosa García, S., & Angulo, M. M. G.** (2004). Microorganismos acuáticos: una farmacia por visitar. Universidad Autónoma del Estado de México, Programa Editorial Universitario.
- Dilly, O., & Munch, J. C.** (1996). Microbial biomass content, basal respiration and enzyme activities during the course of decomposition of leaf litter in a black alder (*Alnus glutinosa*(L.) Gaertn.) forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 28(8), 1073-1081.
- Doran, J. W.** 1980. Microbial changes associated with residue management with reduced tillage. *Soil Science Society. American Journal* 44:765-771.
- Doran, J. W., Elliott, E. T., & Paustian, K.** (1998). Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil and Tillage Research*, 49(1), 3-18.
- Espinoza, Yusmary; Lozano, Zenaida; Velásquez, Lorenzo.**2007 Efecto de la rotación de cultivos y prácticas de labranza sobre las fracciones de la materia orgánica del suelo. *Interciencia*, vol. 32, no 8, p. 554-559.
- Follett, R., & Schimel, D. S.** (1989). Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. *Soil Science Society of America Journal*, 53(4), 1091-1096.
- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., García-Hernández, J. L., & 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.

- Froni, L.** (1999). Procesos microbianos. Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Gerardo González López.** 2013. Efecto en el corto plazo de sistemas de labranza y mejoradores en los indicadores N, K y MO en un suelo franco arcilloso. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila México.
- Gutiérrez, M. M., Ch, V. O., Castellanos, J. Z., Santelises, A. A., Gavi, F., & Volke, V.** (2001). Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo. *Terra*, 19(1), 67-74.
- Hawksworth, D. L.** (2001). The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological research*, 105(12), 1422-1432.
- Hernández-Flores, L., Munive-Hernández, J. A., Sandoval-Castro, E., Martínez-Carrera, D., & Villegas-Hernández, M.** (2013). Efecto de las prácticas agrícolas sobre las poblaciones bacterianas del suelo en sistemas de cultivo en Chihuahua, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(3), 353-365.
- Hernández, R. M., & López-Hernández, D.** (1998). Efecto de la intensidad de la labranza sobre diversas fracciones de la materia orgánica y la estabilidad estructural de un suelo de sabana effect of tillage intensity on organic matter fractions and structural stability of a savanna soil. *ecotrópicos*, 11(2), 69-80.
- Hernández-Rodríguez, O. A., Ojeda-Barrios, D. L., López-Díaz, J. C., & Arras-Vota, A. M.** (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia Chihuahua*, 4(1), 1-6.

- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S.** (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49-61.
- López, Benito Canales.** Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra Latinoamericana*, 1999, vol. 17, no 3, p. 271-276.
- Loredo-Osti, C., López-Reyes, L., & Espinosa-Victoria, D.** (2004). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *Terra Latinoamericana*, 22(2), 225-239.
- Osuna, M., & Pérez-Amador, C.** (2003). Metabolitos primarios y secundarios en la descomposición. *Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México*, 123.
- Piccinini, S., & Bortone, G.** (1991). The fertilizer value of agricultural manure: simple rapid methods of assessment. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 49, 197-208.
- Portugal, V. O., & Gómez, L. A.** (1998). Microorganismos y biodiversidad. *Terra*, 16(3).
- Reis, F.; Silva, M.; Teixeira, K.; Urquiag, L e Reis, V.** 2004. Identificação de isolados de *Azospirillum amazonense* asociados a *Brachiariaspem* diferentes épocas e condições de cultivo e produção de fitormônio pela bactéria. *R. Bras. Cie. Sol.* 28:103-113.
- Rengel, Z.** (1997). Root exudation and microflora populations in rhizosphere of crop genotypes differing in tolerance to micronutrient deficiency. *Plant and Soil*, 196(2), 255-260.

- Reyes 1993. Reyes R., D. M.** 1993. Efecto de algas marinas y ácidos húmicos en un suelo arcilloso y otro arenoso. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coah. México.
- Samaniego-Gaxiola, J. A., & Chew-Madinaveitia, Y.** (2007). Diversidad de géneros de hongos del suelo en tres campos con diferente condición agrícola en La Laguna, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 78(2), 383-390.
- Sarmentero, J. P., Molina, A., & Colmenares, R.** (1994). Influencia del abonado con compost y fertilizantes solubles sobre la actividad enzimática del suelo y la calidad del cultivo avena-veza en una finca de la alta montaña madrileña. In congreso de la sociedad española de agricultura ecológica, Toledo (pp. 47-56).
- Seldin, L., R.A. Suarez, D. Cruz, A. Nobrega, J. E. Parva,** 1998. Comparison of *Paenibacillus azotofixans* strains isolated from rhizoplane rhizosphere an nonrsot. Associated soil from maize planted in tw different Brazilian soils. *Appl. Environ. Microbiol.*64.
- Senn, T. L.** 1987. Seaweed and plant growth. Traducido al Español por Benito Canales Lopez. *Crecimiento de algas y plantas*. Ed. Alpha Publishing Group, Houston Texas, USA.
- Stewart, W.D.P.** 1991. The importance to sustainable agriculture of biodiversity among invertebrates and microorganisms. pp. 3-5. In: D.L.Hawksworth. (ed.). *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: Its role in sustainable agriculture*. Redwood P.
- Villarreal, A. A.; Corlay, Ch. L.; Robledo, S. E.; Álvarez, S. M. E.; Vargas, H. M. y Pérez, N. J.** 2000. Poblaciones microbianas del suelo en la conversión a

labranza de conservación. La edafología y sus perspectivas al siglo XXI. Pp 429-43.

**Biología** (en línea) (fecha de consulta mayo 2014)  
<http://www.porquebiotecnologia.com/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1&note=87>

**FAO** (en línea) (fecha de consulta junio 2014)  
<http://www.fao.org/docrep/012/al298s/al298s.pdf>.