

EFFECTO DE SISTEMAS DE LABRANZAS, MEJORADOR ORGÁNICO Y
ROTACIÓN DE CULTIVO EN LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DE UN
SUELO FRANCO-ARCILLOSO.

ARIEL MÉNDEZ CIFUENTES

T E S I S

Presentada como requisito parcial

Para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias

En Ingeniería de Sistemas de Producción



Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"

Saltillo, Coahuila, México.
Abril de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCION DE POSTGRADO

T E S I S

**EFFECTO DE SISTEMAS DE LABRANZAS, MEJORADOR ORGÁNICO Y
ROTACIÓN DE CULTIVO EN LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DE UN
SUELO FRANCO-ARCILLOSO.**

POR

ARIEL MÉNDEZ CIFUENTES

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como
requisito parcial, para optar al grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal: _____
Dr. Martín Cadena Zapata

Asesor: _____
Dr. Oswaldo García Martínez

Asesor: _____
Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

Asesor: _____
MC. Félix de Jesús Sánchez Pérez

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Subdirector de Postgrado

Saltillo, Coahuila, México. Abril de 2015.

AGRADECIMIENTOS

A ti Dios padre todo poderoso te doy humildemente las gracias por darme la vida, salud y amor, por ser el principal motivo de todos mis logros.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, al Departamento de Postgrado y al programa de Ingeniería de Sistemas de Producción por brindarme la oportunidad de cursar la Maestría en Ciencias y seguir superándome en los profesional y también como persona.

A mi comité de asesores: principalmente al Dr. Martín Cadena Zapata, por haberme apoyado en toda esta etapa de mi vida, al Dr. Santos Gabriel Campos Magaña, Dr. Oswaldo Martínez García y MC. Félix de Jesús Sánchez Pérez. Por el apoyo brindado durante el transcurso del programa y mi formación.

También a todos mis maestros del programa de ingeniería de sistemas de producción.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo brindado para poder realizar los estudios correspondientes al programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas de Producción.

DEDICATORIA

A mis padres:

Lucila A. Cifuentes Pérez

J. Romeo Méndez Rivera

Con todo mi amor y respeto, por motivarme y darme la confianza para seguir con este sueño y por haberme legado de principios, de rectitud y conducta para ser un hombre de bien.

A mis hermanos con cariño y gratitud:

Eladio Limber, Rogelio Reynaldo, Aracely, Antonio Bladimir, Verónica Marbith, Rusbi Gudiel y Josman Darwin Méndez Cifuentes a quienes quiero mucho y respeto.

A todos mis sobrinos: Quienes son muchos y en verdad los quiero mucho.

A todos mis compañeros: Juan Carlos, Ricardo, Ana Karen, Gerardo Salas, Lety y chuy, gracias porque estuvieron en las buenas y en las malas.

COMPENDIO

EFFECTO DE SISTEMAS DE LABRANZAS, MEJORADOR ORGANICO Y ROTACIÓN DE CULTIVO EN LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DE UN SUELO FRANCO- ARCILLOSO

Por

Ariel Méndez Cifuentes

**Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas de Producción
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Saltillo, Coahuila, México. Abril 2015**

Dr. Martin Cadena Zapata – Asesor –

Se estableció tres sistemas de labranzas: Labranza Convencional (**LC**), Labranza Vertical (**LV**) y Labranza Cero (**NL**), en un sitio de rotación de cultivo (gramínea-leguminosa) con cultivos de avena-frijol y otro de un monocultivo (gramínea-gramínea) con cultivos de avena-maíz, dónde se aplicó mejoradores orgánicos al suelo, esto con el propósito de determinar a corto plazo el efecto de los sistemas de labranza y mejoradores orgánicos en los índices de calidad biológica; tal como la materia orgánica (**M.O**), meso y macro fauna del suelo, hongos, bacterias y lombrices de tierra. La investigación se llevó a cabo en el campo experimental denominado el “Bajío” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizado a 25° 23' 42" Norte y 100° 59' 57" Oeste. El experimento se realizó en cuatro periodos de cultivo; avena invierno 2013 y 2014 y frijol-maíz verano 2013 y 2014. Se empleó un diseño bloques al azar con arreglo factorial, considerando el factor labranzas, mejorador y profundidad. Tratamiento formado se le aplicó tres repeticiones. Para el periodo invierno 2013, se analizó la variable M.O en dos profundidades; 0-15 cm (**P1**) y 15-30 cm (**P2**), en próximos periodos solamente (**P1**). Resultados en el periodo invierno 2013 en el contenido de M.O se determinó por el método Walkley y Black, en el sitio de rotación y monocultivo se observó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el factor labranzas y en profundidad; rotación: **NL** tuvo una media de **2.16%** contrastándolo con **LC= 1.67%** y **LV= 1.75%** y se encontró mayor M.O en **P1=1.96 %** en comparación de **P2= 1.76%**. En sitio monocultivo: **NL** con media de **2.09%** contrastándolo con **LC= 1.75%** y **LV= 1.89%**, y mayor **M.O** en **P1=2.02 %** en comparación de **P2= 1.80%**. Para determinar la meso y macro fauna mediante método del

monolito y del embudo de Berlesse-Tullgren, resultando que no existe diferencias significativas entre labranzas y mejorador. Para cuantificar hongos y bacterias por el método de dilución en placas con vidrio acodado. Resultado para hongos demostró tener diferencias significativas en el sitio rotación en el factor labranzas, mayor número de hongos en **LC** con media de **5562.01 hongos/gramo de suelo** y diferente de **NL= 2979.81** y **LV= 2328.75 hongos /grs.** En cuanto a Bacterias existe diferencias significativas en monocultivo en factor labranzas donde tiene mayor número de bacterias con media de **LV=50710848.53 bacterias/ gr de suelo** diferente a **NL=34816124.47** e igual a la **LC=39905802.95 bacterias/grs.** Periodo verano 2013, en el cultivo Frijol tiene diferencias significativas en contenido de M.O en el factor labranzas, donde **NL** con media de **2.43 %** es diferente a **LC=1.93%** y **LV=2.14%**. En las variables de la meso y macrofauna, hongos, bacterias y lombrices no existe diferencias en los factores de labranzas y mejorador en este periodo. En el cultivo Maíz, existe diferencias significativas en contenido de M.O en factor Labranzas con media en **NL=2.31%** diferente a **LC=1.90%** y **LV=2.28%**; también en la variable Lombrices en factor labranzas donde **NL** tiene mayores lombrices con media de **12.33 individuos /m³** diferente a **LC=5.17 ind. /m³** y **LV=6.50 ind. /m³**. Periodo invierno 2014 en el sitio rotación se encuentra diferencias significativas en M.O en el factor labranzas, **NL** con media de **2.39%** es diferente a **LC=1.67%** pero igual a **LV=2.15%**, también en la variable lombrices existe diferencias significativas en **LC=4.00 ind. /m³** diferente a **LV= 0.83 ind. /m³** pero igual a **NL=2.00 ind. /m³**. En el sitio monocultivo existe diferencias significativas en M.O en Labranzas donde **LV=2.35%** es diferente a **LC=1.95%** pero igual a **NL=2.23%**. También existe diferencias en meso y macrofauna en factor labranzas: **LV= 23.33 ind. /m³** es diferente a **LC= 10.34 ind. / m³** y a **NL= 10.23 ind. /m³**. En el periodo verano 2014 se estudió la variable Lombrices pero no se encontró diferencias significativas en los cultivos para ninguno de los factores. Todavía no hay diferencias significativas en el factor mejorador. Los sistemas de labranzas cero (**NL**) tienen un efecto positivo sobre el contenido de materia orgánica en el suelo a través del tiempo y favorecen la abundancia de lombrices y microorganismos de tierra.

Palabras claves: Labranzas, mejorador, rotación de cultivo, propiedades biológicas del suelo.

ABSTRACT

EFFECT OF TILLAGE SYSTEMS, AMENDMENT ORGANIC AND CROP ROTATION IN THE BIOLOGICAL PROPERTIES OF A CLAY LOAM SOIL.

By

Ariel Méndez Cifuentes

Master of Science in Production Engineering System

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Saltillo, Coahuila, México. April 2015.

PhD. Martín Cadena Zapata – Advisor –

Three tillage systems were established: Conventional Tillage (LC), Vertical Tillage (LV) and Zero Tillage (NL), at a site rotation crop (grass-legume) crops oat-beans and other monocultures (grass -gramínea) with oat-maize crops. where amendment organic soil applied, this in order to determine the short-term effect of tillage systems and amendment organic in rates of biological quality; as the organic matter (OM), meso and macro-fauna, fungi, bacteria and earthworms. The research was conducted in the experimental field called the “Bajío” at the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, located at 25° 23' 42" North Latitude and 100° 59' 57" West. The experiment was conducted in four growing seasons; 2013 and 2014 winter oats and corn-bean summer 2013 and 2014. one block randomized design factorial arrangement was used, considering the factor tillages, amendments and depth. Treatment was applied formed three replications. For winter 2013 period, the MO variable was analyzed at two depths; 0-15 cm (P1) and 15 to 30 cm (P2), in future periods only (P1). Results in the winter period 2013, OM was determined by the Walkley and Black method, on the site of rotation and monoculture significant differences ($P < 0.05$) between the factor tillage and depth was observed; Rotation: NL had an average of 2.16% contrasting with LC= 1.67% and LV = 1.75% and MO was found higher in P1 = 1.96% compared to P2 = 1.76%. In monoculture site: NL average of 2.09% contrasting with LC= 1.75% and LV = 1.89%, and greater MO

P1 = 2.02% compared to P2 = 1.80%. To determine the meso and macrofauna through the monolith and the funnel Berlesse- Tullgren method, resulting that there is no significant difference between tillage and amendments. Quantifying fungi and bacteria by the plate dilution method with layered glass. Fungal result demonstrated significant differences in site in crops rotation tillage factor, as many fungi LC= 5562.01 fungi / g of soil average and different from NL = 2979.81 and LV = 2328.75 fungi / g. For bacteria exists significant differences in monoculture crops and tillage factor where has more bacteria with LV = 50710848.53 average bacteria / g of soil different NL = 34816124.47 and equal to LC = 39905802.95 bacteria / g. 2013 summer period, in growing bean has significant differences in content of MO in the tillage factor, where NL with mean 2.43% different from LC= 1.93% and LV = 2.14%. In the variables of the meso and macro fauna, fungi, bacteria and earthworms no differences in factors of tillage and amendment in this period. In growing corn, there are significant differences in OM content on Labranzas factor with average NL = 2.31% different from LC= 1.90% and LV = 2.28%; Earthworms also in the variable tillage factor where NL is more worms with mean 12.33 individuals / m³ different LC = 5.17 ind. / m³ and LV = 6.50 ind. / m³. Period Winter 2014 in the rotation site is significant difference in MO in tillage factor, NL with an average of 2.39% is different from LC = 1.67% but equal to LV = 2.15%, also in the worms variable exists significant differences in LC = 4.00 ind. / m³ different from LV = 0.83 ind. / m³ but equal to NL = 2.00 ind. / m³. In monoculture site exists significant differences in MO in tillages where LV = 2.35% is different LC = 1.95% but equal to NL = 2.23%. There are also differences in meso and macrofauna in tillage factor: LV = 23.33 ind. / m³ is different LC = 10.34 ind. / m³ and NL = 10.23 ind. / m³. In the summer 2014 period earthworms variable studied but there is no significant difference in crops for any of the factors. Still no significant differences in the amendments organic factor. Zero tillage systems (NL) have a positive effect on the content of organic matter in the soil over time and favor the abundance of earthworms and soil microorganisms.

Key words: Tillages, Amendments organic, Crop rotation, Soil biological properties.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
COMPENDIO.....	v
ABSTRACT.....	vii
INDICE DE CONTENIDO	ix
INDICE DE CUADROS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.- Identificación del problema.....	3
II.- OBJETIVOS.....	5
2.1.- Objetivos específicos.....	5
III.- HIPÓTESIS.....	6
IV.- REVISIÓN DE LITERATURA	7
4.1.- Sistemas de labranza	7
4.1.1.- Labranza convencional	8
4.1.2.- Labranza vertical	8
4.1.3.- Labranza Cero	9
4.2.- Materia Orgánica	10
4.3.- Mesofauna y Macrofauna del suelo.....	11
4.3.1- Como influye un suelo húmedo y seco en la meso y macrofauna ..	14
4.4.- Microorganismos de suelos agrícolas	15
4.4.1.- Bacterias	17
4.4.2.- Hongos.....	18
4.4.3.- Factores que influyen en el crecimiento de los microorganismos ..	19
4.4.3.1.- Materia Orgánica	20
4.4.3.2.- Humedad	21
4.4.3.3.- Temperatura	22
4.4.3.4.- pH	22
4.4.3.5.- Laboreo.....	22
4.5.- Cultivos en la agricultura	23

4.5.1.- Gramíneas	24
4.5.2.- Leguminosas.....	24
4.6.- Algaenzimas en la agricultura.....	25
4.7.- Lombrices de tierra.....	26
4.8.- Relaciones macrofauna hábitat	27
4.8.1.- Clima	28
V.- MATERIALES Y MÉTODOS	29
5.1.- Distribución del sitio experimental	30
5.2.- Determinación del contenido de Materia Orgánica.....	31
5.2.1.- Procedimiento en campo.....	31
5.2.2.- Procedimiento en laboratorio	32
5.2.3.- Cálculos	33
5.3.- Cuantificación de la Meso y Macrofauna del suelo.....	34
5.3.1.- Procedimiento en campo.....	34
5.3.2.- Procedimiento en laboratorio	36
5.4.- Determinación o cuantificación de Hongos y Bacterias.....	37
5.4.1.- Preparación del material de laboratorio.....	37
5.4.2.- Preparación de los medios de cultivo.....	39
5.4.3.- Preparación en el llenado de Cajas Petri de Medio de cultivo	40
5.4.4.- Recolección de muestras.....	40
5.4.5.- Preparación de la muestra	41
5.4.6.- Determinación de humedad del suelo a utilizar en la siembra de hongos y bacterias	41
5.4.7.- Preparación de Diluciones	42
5.4.8.- Siembra de bacterias y hongos.....	42
5.4.9.- Incubación y conteo	43
5.4.10.- Toma de datos	43
5.5.- Análisis estadístico.....	44
VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
6.1.- ANALISIS PARA EL CULTIVO AVENA (PERIODO INVIERNO 2013)..	47
6.1.1.- Análisis para la variable materia orgánica (Rotación).	47
6.1.2.- Análisis para la variable materia orgánica (Monocultivo).	51
6.1.3.- Análisis para la variable Hongos (Rotación).....	54

6.1.4.- Análisis para la variable Hongos (Monocultivo).....	56
6.1.5.- Análisis para la variable Bacterias (Rotación).	57
6.1.6.- Análisis para la variable Bacterias (Monocultivo).	58
6.1.8.- Análisis para la variable Meso y Macrofauna (Monocultivo).....	61
6.2.- ANALISIS PARA EL CULTIVO FRIJOL (PERIODO VERANO 2013).....	63
6.2.1.- Análisis para la variable materia orgánica (Frijol).	63
6.2.2.- Análisis para la variable Hongos (Frijol).	65
6.2.3.- Análisis para la variable Bacterias (Frijol).	66
6.2.4.- Análisis para la variable Meso y Macrofauna (Frijol).....	66
6.2.5.- Análisis para la variable Lombrices (Frijol).....	67
6.3.- ANALISIS PARA EL CULTIVO MAIZ (PERIODO VERANO 2013).	68
6.3.1.- Análisis para la variable materia orgánica (Maíz).	68
6.3.2.- Análisis para la variable Hongos (Maíz).	70
6.3.3.- Análisis para la variable Bacterias (Maíz).	71
6.3.4.- Análisis para la variable Meso y Macrofauna (Maíz).....	72
6.3.5.- Análisis para la variable Lombrices (Maíz).....	73
6.4.- ANALISIS PARA EL CULTIVO AVENA (PERIODO INVIERNO 2014)...	77
6.4.1.- Análisis para la variable Materia Orgánica (Rotación).....	77
6.4.2.- Análisis para la variable M.O (Monocultivo).	78
6.4.3.- Análisis para la variable Meso y Macrofauna (Rotación).....	80
6.4.4.- Análisis para la variable Meso y Macrofauna (Monocultivo).....	81
6.4.5.- Análisis para la variable Lombrices (Rotación).	83
6.4.6.- Análisis para la variable Lombrices (Monocultivo).....	86
6.5.- ANALISIS PARA EL CULTIVO FRIJOL (rotación) (PERIODO VERANO 2014).	87
6.5.1.- Análisis para la variable Lombrices (Frijol).	87
6.6.- ANALISIS PARA EL CULTIVO MAIZ (monocultivo) (PERIODO VERANO 2014).	88
6.6.1.- Análisis para la variable Lombrices (Maíz).....	88
VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
VIII.- LITERATURA CITADA.....	91
VIII.- ANEXO.....	98

INDICE DE CUADROS

CUADRO 4.1.- CLASIFICACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS SUELOS MINERALES Y VOLCÁNICOS.	11
CUADRO 4.2.- GRUPOS MICROBIANOS EN EL PERFIL DE UN SUELO.	20
CUADRO 4.3.- EFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA SOBRE LAS BACTERIAS.....	20
CUADRO 4.4.- HUMEDAD DEL SUELO Y NÚMERO DE BACTERIAS.	21
CUADRO 4.5.- CAMBIOS POBLACIONALES EN SUELOS A VARIOS NIVELES DE HUMEDAD.	21
CUADRO 4.6.- EFECTOS DEL TIPO DE SUELOS Y SU pH EN LOS MICROORGANISMOS. .	22
CUADRO 5.1.- COMPOSICIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO ROSA DE BENGALA PARA CONTEO DE HONGOS.	39
CUADRO 6.1.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE MATERIA ORGÁNICA (ROTACIÓN).	48
CUADRO 6.2.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (M.O) ENTRE LABRANZAS (ROTACIÓN).	48
CUADRO 6.3.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE M.O ENTRE MEJORADORES (ROTACIÓN).	49
CUADRO 6.4.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA ENTRE PROFUNDIDAD (ROTACIÓN).	50
CUADRO 6.5.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE M.O. (MONOCULTIVO).....	52
CUADRO 6.6.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE M.O ENTRE LABRANZAS (MONOCULTIVO).	52
CUADRO 6.7.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE M.O ENTRE PROFUNDIDAD (MONOCULTIVO).	53
CUADRO 6.8.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE HONGOS (ROTACIÓN).	54
CUADRO 6.9.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE No. DE HONGOS ENTRE LABRANZAS (ROTACIÓN).	55
CUADRO 6.10.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE BACTERIAS (ROTACIÓN)..	57
CUADRO 6.11.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE BACTERIAS (MONOCULTIVO).	58
CUADRO 6.12.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE No. DE BACTERIAS/ GR SUELO ENTRE LABRANZAS (MONOCULTIVO).....	59
CUADRO 6.13.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE MESO Y MACROFAUNA (ROTACIÓN).	60
CUADRO 6.14.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA VARIABLE MESO Y MACROFAUNA (MONOCULTIVO).	61
CUADRO 6.15.- NÚMERO DE INDIVIDUOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS GRUPOS TAXONÓMICOS DE ORDEN-CLASE DE LA MESO Y MACROFAUNA DEL SUELO (INVIERNO 2013).....	62
CUADRO 6.16.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA VARIABLE MATERIA ORGÁNICA (FRIJOL).	63

CUADRO 6.17.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL CONTENIDO DE M.O ENTRE LABRANZAS (FRIJOL).....	64
CUADRO 6.18.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE HONGOS (FRIJOL).....	65
CUADRO 6.19.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE BACTERIAS (FRIJOL).	66
CUADRO 6.20.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE MESO Y MACROFAUNA (FRIJOL).....	67
CUADRO 6.21.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LOMBRICES (FRIJOL).....	68
CUADRO 6.22.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE MATERIA ORGÁNICA (MAÍZ).	69
CUADRO 6.23.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL CONTENIDO DE M.O ENTRE LABRANZAS (MAÍZ).....	69
CUADRO 6.24.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE HONGOS (MAÍZ).	70
CUADRO 6.25.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE BACTERIAS (MAÍZ).....	71
CUADRO 6.26.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE MESO Y MACROFAUNA (MAÍZ).....	72
CUADRO 6.27.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LOMBRICES (MAÍZ).....	73
CUADRO 6.28.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE NO. DE LOMBRICES ENTRE LABRANZAS (MAÍZ).....	74
CUADRO 6.29.- CUADRO TAXONÓMICO DE LABRANZAS EN MAÍZ Y FRIJOL (VERANO 2013).....	76
CUADRO 6.30.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE M.O (ROTACIÓN).	77
CUADRO 6.31.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA ENTRE LABRANZAS (ROTACIÓN).	78
CUADRO 6.32.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE MATERIA ORGÁNICA (MONOCULTIVO).	79
CUADRO 6.33.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA ENTRE LABRANZAS (MONOCULTIVO).	79
CUADRO 6.34.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE MESO Y MACROFAUNA (ROTACIÓN).	81
CUADRO 6.35.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE MESO Y MACROFAUNA (MONOCULTIVO).	82
CUADRO 6.36.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LA MESO Y MACROFAUNA ENTRE LABRANZAS (MONOCULTIVO).....	82
CUADRO 6.37.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LOMBRICES (ROTACIÓN).	84
CUADRO 6.38.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE NO. DE LOMBRICES ENTRE LABRANZAS (ROTACIÓN).	84
CUADRO 6.39.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE NO. DE LOMBRICES ENTRE MEJORADORES (ROTACIÓN).....	85
CUADRO 6.40.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LOMBRICES (MONOCULTIVO).	86
CUADRO 6.41.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LOMBRICES (FRIJOL).....	87
CUADRO 6.42.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LOMBRICES (MAÍZ).....	88

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 5.1.- UBICACIÓN DE LA ZONA EXPERIMENTAL EL BAJÍO.	29
FIGURA 5.2.- ESQUEMA DE LA DISTRIBUCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL (ANTERIOR Y ACTUAL).	30
FIGURA 5.3.- IDENTIFICACIÓN DE FORMA MANUAL LA MACROFAUNA.	35
FIGURA 5.4.- FRASCOS CON LOS INSECTOS Y ETIQUETAS.	35
FIGURA 5.5.- MUESTRAS DE SUELO EN EL EMBUDO DE BERLESSE-TULLGREN.	36
FIGURA 5.6.- IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICOS DE MESO Y MACROFAUNA.	37
FIGURA 5.7.- CONTEO DE NÚMERO DE COLONIAS DE BACTERIAS Y HONGOS.	43
FIGURA 6.1.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA ENTRE LABRANZAS (ROTACIÓN).	49
FIGURA 6.2.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE M.O ENTRE MEJORADORES (ROTACIÓN).	50
FIGURA 6.3.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE M.O ENTRE PROFUNDIDAD (ROTACIÓN).	51
FIGURA 6.4.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE M.O ENTRE LABRANZAS (MONOCULTIVO).	52
FIGURA 6.5.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE M.O ENTRE PROFUNDIDAD (MONOCULTIVO).	53
FIGURA 6.6.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE NO. HONGOS/ GR SUELO ENTRE LABRANZAS (ROTACIÓN).	55
FIGURA 6.7.- INTERACCIÓN ENTRE LABRANZA-MEJORADOR SOBRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (ROTACIÓN).	56
FIGURA 6.8.- INTERACCIÓN ENTRE LABRANZA-MEJORADOR (MONOCULTIVO).	57
FIGURA 6.9.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE NO. BACTERIAS/ GR SUELO ENTRE LABRANZAS (MONOCULTIVO).	59
FIGURA 6.10.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL CONTENIDO DE M.O ENTRE LABRANZAS (FRIJOL).	64
FIGURA 6.11.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE M.O ENTRE LABRANZAS (MAÍZ).	69
FIGURA 6.12.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE NO. DE LOMBRICES ENTRE LABRANZAS (MAÍZ).	74
FIGURA 6.13.- INTERACCIÓN ENTRE LABRANZA- MEJORADOR DE NO. DE LOMBRICES (MAÍZ).	75
FIGURA 6.14.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA ENTRE LABRANZAS (ROTACIÓN).	78
FIGURA 6.15.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA ENTRE LABRANZAS (MONOCULTIVO).	80
FIGURA 6.16.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LA MESO Y MACROFAUNA ENTRE LABRANZAS (MONOCULTIVO).	83
FIGURA 6.17.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE NO. DE LOMBRICES ENTRE LABRANZAS (ROTACIÓN).	85
FIGURA 6.18.- COMPARACIÓN DE MEDIAS DE NO. DE LOMBRICES ENTRE MEJORADORES (ROTACIÓN).	86

I.- 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.

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

El laboreo del suelo son todas aquellas prácticas de manejo del suelo o del cultivo o explotación que tenga el mismo, que se realizan con máquinas que son los tractores o ya sea por tracción animal desplazándose sobre él (Jaramillo, 2002). Entonces la labranza tiene como ventajas aumentar la porosidad y la aireación, alterando las propiedades físicas del suelo, pero a la vez causan un efecto negativo a la fauna del suelo, debido a los cambios que causan los implementos agrícolas en él mismo (Giasson, 2000).

La posibilidad de mejorar los sistemas de manejo para una producción sostenible depende, en gran parte, del conocimiento de cómo los distintos cultivos y prácticas de manejo afectaran las distintas fracciones de la materia orgánica y como esto se traduce en la capacidad del suelo para proveer nutrientes.

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).

Según la FAO (2008), la macrofauna del suelo está compuesta por una gran diversidad de organismos que habitan en la superficie del suelo, en los espacios porosos y alrededor del sistema radicular. Todas las actividades fisiológicas de la macrofauna influyen directamente y regulan significativamente los procesos químicos y biológicos del suelo. Por tanto, 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 labranza de conservación mejora y preserva el suelo, permitiendo reducir costos de producción por los menores usos de maquinaria. Pero la cero labranza implica mantener las coberturas vegetales sobre el suelo en forma continua, para proteger de la erosión que causa la lluvia y los vientos, mantener la temperatura y humedad al interior de los suelos y favorecer la parte biológica del suelo multiplicándose los organismos que viven en el suelo (Romero, 2002).

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

Las lombrices de tierra (Annelida: Lumbricina) forman parte de la macrofauna (organismos mayores a 2 mm), y son las principales representantes del gremio funcional «ingenieros del ecosistema» (Lavelle, 1997; Jiménez *et al.*,

2001). Al mismo tiempo que producen estructuras físicas a través de las cuales pueden modificar la disponibilidad o accesibilidad de un recurso para otros organismos, (Lavelle *et al.*, 1994; Kladivko, 2001).

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

Los mejoradores de suelo como la Algaenzimas ayuda a incrementar la producción y mejora la calidad de los productos, como también favorecen las condiciones del suelo debido a la incorporación de materia orgánica (Canales, 2000). Y la composta tiene reacciones positivas en el suelo, tales como: incremento en la actividad de la fauna del suelo, reducción de microorganismos patógenos (Bulluck *et al.* 2002).

1.2.- Identificación del problema

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

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

Según SEMARNAT (2008), reporta las degradaciones de los suelos en México, encontrando 10.84 millones de hectáreas dañadas por degradaciones físicas del suelo, debido a la compactación por el excesivo laboreo con

maquinaria agrícola, 34.04 millones de hectáreas dañadas por degradación químicas, reflejándose en la baja fertilidad de los suelo, por consecuencia de estas degradaciones existe perdidas en el contenido de materia orgánica y micro organismos del suelo.

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.

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

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

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

II.- OBJETIVOS

Evaluar el efecto de tres sistemas de labranza, mejorador orgánico y rotación de cultivo en las propiedades biológicas de un suelo franco-arcilloso.

2.1.- Objetivos específicos

- Determinar la materia orgánica y componentes bióticos del suelo.
- Evaluar el efecto de mejorador orgánico (Algaenzimas) sobre los Índices de calidad biológica del suelo.
- Determinar el tipo de labranza (convencional, vertical y cero) que tiene mejor resultado en los índices de calidad biológica del suelo.
- Evaluar qué tipo de rotación de cultivo (gramínea-leguminosa) tiene mejor resultado sobre los índices de calidad biológica del suelo.

III.- HIPÓTESIS

Cualquier sistema de labranza en combinación con mejoradores de suelo y rotación de cultivo incrementan la calidad de las propiedades biológicas del suelo.

IV.- REVISIÓN DE LITERATURA

4.1.- Sistemas de labranza

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

El 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).

4.1.1.- 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).

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

Reiteradamente se ha señalado que el laboreo produce una disminución de la materia orgánica, 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 (Hernández, 1998).

4.1.2.- Labranza vertical

El sistema de laboreo mínimo y bajo cubierta responde a la 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 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).

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

4.1.3.- Labranza Cero

En la actualidad el sistema de cero labranzas 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).

(Hernández, 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.

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

4.2.- Materia Orgánica

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

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

labranza cero con 2.8% de 0-2 cm y 2.6% de 0-5 cm en comparación de la labranza tradicional con 1.9% de 0-2 cm y 2.0% de 0-5 cm de MO.

SEMARNAT (2002), muestra los valores de referencia para clasificar la concentración de la materia orgánica en los suelos minerales y volcánicos como se presenta en el cuadro 4.1.

Cuadro 4.1.- Clasificación de la materia orgánica en los suelos minerales y volcánicos.

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

Fuente: SEMARNAT, 2002.

El efecto de la siembra directa sobre la MO está relacionada con la secuencia de cultivos, manejo de residuos, textura del suelo y condiciones ambientales asociadas (Quiroga, *et al.*, 2000).

4.3.- Mesofauna y Macrofauna del suelo

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

principalmente a través de la depredación en sistemas de micro red alimentaria (Lavelle, 1997).

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

Lavelle (1997), menciona que la mesofauna y microfauna del suelo debido a su diversidad y abundancia, pueden influenciar en la estructuras significativamente de la dinámica de la materia orgánica y las propiedades físicas del suelo, especialmente la porosidad y la agregación que determinan el almacenamiento de agua y la circulación, pero en el cual puede tardar mucho tiempo para que surja los cambios.

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

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

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

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

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

Los macroinvertebrados crean galerías y huecos dentro del suelo que mejoran su aireación y su permeabilidad. Además, las termitas y las hormigas seleccionan materiales finos para hacer sus nidos en la superficie, con lo que van afinando la textura del suelo (Jaramillo, 2002).

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

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

La mesofauna, participa en los procesos de descomposición y mineralización de los residuos orgánicos y la macrofauna además, modifica la

estructura del suelo mediante la formación de macroporos y agregados (Gizzi *et al.*, 2002).

4.3.1- Como influye un suelo húmedo y seco en la meso y macrofauna

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

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

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

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

4.4.- Microorganismos de suelos agrícolas

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

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 (Portugal, 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 *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 (Portugal, 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 (Portugal, 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).

4.4.1.- Bacterias

Se estima que existen 300 mil a 1 millones de bacterias en la tierra de las cuales solo 6000 han sido identificadas (De la Rosa *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, 1999).

Las bacterias se caracterizan por presentar tamaños reducidos (0.5 – 1 μ m x 1.0 – 1 μ 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 amoniacaes.
- Bacterias nitrificadoras: oxidan el amoníaco hasta nitrato.
- Bacterias fijadoras de nitrógeno: toman el N atmosférico (N₂) 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.

4.4.2.- 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 *et al.*, 2004).

Están formados por un talo que a su vez está constituido por el micelio agregado de hifas con tubos de pares 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, 1999).

La diversidad de hongos en suelos desérticos o semidesérticos 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 (Samaniego, 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, 2007).

4.4.3.- 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, 1999).

4.4.3.1.- 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, 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 cuadro 4.2 y 4.3.

Cuadro 4.2.- Grupos microbianos en el perfil de un suelo.

HORIZONTE (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

Fuente: Frioni, 1999.

Cuadro 4.3.- Efecto de la materia orgánica sobre las bacterias.

HORIZONTE (cm)	M. O. %	BACTERIAS 10 ⁶ /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

Fuente: Frioni, 1999.

4.4.3.2.- 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 cuadros 4.4 y 4.5 se puede comparar el número de microorganismos de acuerdo al porcentaje de humedad (Osuna 2003).

Cuadro 4.4.- Humedad del suelo y número de bacterias.

%HUMEDAD	% CC	BACTERIAS TOTALES (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

Fuente: Frioni, 1999.

Cuadro 4.5.- Cambios poblacionales en suelos a varios niveles de humedad.

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

Fuente: Frioni, 1999.

4.4.3.3.- 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, 1999).

4.4.3.4.- pH

La acidez o alcalinidad inhibe a muchas bacterias del suelo, en comparación con los hongos estos son más tolerantes a la acidez; el óptimo de la mayoría de las especies es la neutralidad. El pH del medio actúa modificando la asimilación de compuestos nutritivos minerales u orgánicos (Loredo-Osti, 2004). En el cuadro 4.6 se muestra población de bacterias y hongos de acuerdo al pH de diversos suelos.

Cuadro 4.6.- Efectos del tipo de suelos y su pH en los microorganismos.

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

Fuente: Frioni, 1999.

4.4.3.5.- 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 prácticas de labranza mínima y cero en donde el desarrollo y actividad de los microorganismos es menos afectado (Frioni, 1999).

4.5.- Cultivos en la agricultura

La práctica de cultivar dos o más especies vegetales en una misma superficie se denomina generalmente policultivos (Kass, 1978) siendo una técnica de intensificar la agricultura que busca maximizar la productividad por unidad de superficie en cada temporada agrícola (ASA, 1976). 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 simbiótica 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.

4.5.1.- 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 (Loredo-Osti 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 nutrimentos en la rizosfera está controlada por los efectos que ejercen las propiedades del suelo sobre las interacciones de las raíces con los microorganismos.

4.5.2.- 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).

4.6.- Algaenzimas 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⁻¹ de maíz, trigo y arroz, los básicos más importantes, cuando se les ha aplicado de 1 a 3 L ha⁻¹ de ALGAENZIMS.

4.7.- Lombrices de tierra

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

del agua e inversamente la eliminación de las mismas reduce aquella a un tercio (Acosta *et al*, 2011).

En suelos con cultivos anuales las lombrices pueden mantenerse en un nivel similar al de los suelos con praderas. Numerosos autores han estudiado el efecto de la siembra directa y los resultados han sido resumidos por (Wild, 1992), donde las poblaciones de lombrices en diferentes condiciones en las que se compara la siembra directa con otros métodos de cultivo son afectadas por el laboreo tradicional sobre las poblaciones dando una mortalidad por el efecto mecánico del 25 % y el efecto de depredadores como son las aves al ser levantadas por el arado (Wild, 1992).

La labranza directa (SD) o cero labranzas (NL) son en general consideradas menos agresivas para las poblaciones de Lumbricina. Pueden señalarse numerosos estudios que indican mayores densidades de lombrices de tierra con respecto al sistema convencional de manejo (Kladivko *et al.*, 1997; Paoletti, 1999; Kladivko, 2001; Johnson-Maynard *et al.*, 2007).

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

4.8.- Relaciones macrofauna hábitat

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

4.8.1.- Clima

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

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

V.- MATERIALES Y MÉTODOS

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 (Figura 5.1). Las coordenadas geográficas que la delimitan son: 25° 23' 42" de latitud norte 100° 59' 57" de longitud oeste y una altitud de 1743 metros sobre el nivel del mar (msnm), el suelo presente es franco arcilloso (40% de arena, 29% de limo y 31% de arcilla). De acuerdo a la clasificación climática de Koppen, modificada por García (1973), el clima de Buenavista se expresa bajo la fórmula: BS0kx'(w)(e'), que significa seco-árido, templado con verano fresco largo, con régimen de lluvias escasas todo el año tendiendo a llover más en el verano y clima extremo. La temperatura media anual es de 16.9 °C, con una precipitación media anual de 443 milímetros, la evaporación media anual oscila entre los 1956 milímetros. Los vientos predominantes tienen una dirección noreste, con velocidades de 25.5 km h^{-1} (Servicio Meteorológico Nacional 2013).



Figura 5.1.- Ubicación de la zona experimental el bajío.

5.1.- Distribución del sitio experimental

Se estableció tres sistemas de labranza: Labranza Convencional (LC), Labranza Vertical (LV) y Labranza Cero (NL), en un arreglo de 9 parcelas, teniendo medidas para cada una de las parcelas de 40 metros de largo por 12 metros de ancho, donde a cada parcela se dividió en dos sub-parcelas de 20 metros de largo por 12 metros de ancho en el cual se estableció el sitio de rotación (gramínea-leguminosa) y otro de un monocultivo (gramínea-gramínea). Para cada sub-parcela se dividió en cuatro partes iguales de 3m x 20m, en las cuales se aplicaron mejoradores de suelo (Algaenzimas, Composta Miyaorganic y Micorrizas) y un testigo. Aplicando las siguientes dosis: 1 kg Ha⁻¹ de Micorriza, 1 L Ha⁻¹ en Algaenzimas y 3 ton Ha⁻¹ de composta Miyaorganic.

Es importante mencionar que solamente en el periodo de invierno 2013 se utilizaron los cuatro mejoradores; Testigo (M0), Micorriza (M1), Composta (M2), Algaenzimas (M3). Entonces, para los periodos verano 2013 e invierno y verano 2014 se reacomodo la distribución solamente en los mejoradores y en la figura 5.2 se observa el esquema actual (D) y el anterior (A) del sitio experimental.

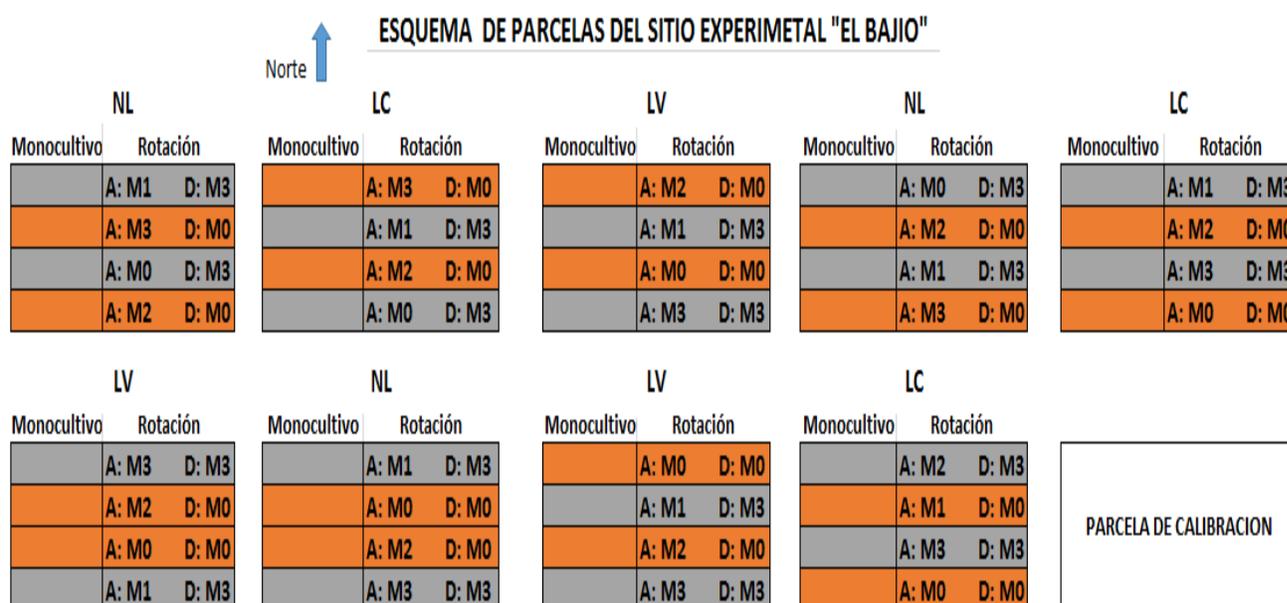


Figura 5.2.- Esquema de la Distribución del sitio experimental (anterior y actual).

Permaneciendo en el esquema, para las siguientes investigaciones, solamente con el mejorador Algaenzimas (M3) y testigo (M0).

Los Mejoradores se representaron como:

M0= Testigo

M1 = Micorriza

M2 = Composta Miyaorganic®

M3 = Algaenzimas®

Las labranzas se representaron de la siguiente manera:

LC = Labranza convencional

LV = Labranza vertical

NL = Labranza cero

A: Esquema anterior

D: Esquema Actual

En esta investigación, para cada uno de los periodos de cultivo se analizaron las variables: **Contenido de Materia Orgánica (MO), Meso y Macrofauna del suelo, Hongos, Bacterias y Lombrices de tierra.**

5.2.- Determinación del contenido de Materia Orgánica

Para determinar la cantidad de materia orgánica en el suelo se utilizó el método de oxidación parcial descrito por Walkley-Black (1934).

5.2.1.- Procedimiento en campo

1. Estando en el campo experimental se seleccionó el área de muestra al azar, se delimita y limpia el área de muestreo.

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

5.2.2.- Procedimiento en laboratorio

1. Las muestras de suelo se colocaron en recipientes para ser secadas a temperatura ambiente.
2. Una vez que se haya secado la muestra es pasada por un tamiz de 0.5 mm.
3. Pesar 0.1 g de suelo del que se obtuvo del paso del tamiz en una balanza de platillo superior.
4. Preparación de los reactivos:
 - Dicromato de potasio 0.166, 1 normal: Disolver 48.82 gramos de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en agua destilada y aforar a 1000 ml en un matraz volumétrico.
 - Indicador de difenilamina ($C_{12}H_{11}N$): Disolver 0.5 gramos de difenilamina ($C_{12}H_{11}N$) en una mezcla de 100 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y 20 ml de agua (H_2O).
 - Sulfato ferroso ($FeSO_4$) 1.0 M (aproximadamente). Disolver 278 gramos de heptahidrato del sulfato ferroso ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) en agua a la que previamente se le añadieron 80 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), dejar enfriar y diluir a un litro. Esta solución debe de ser valorada con dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) 1 normal antes de realizar la determinación.
 - Colocar el suelo seco pesado en un matraz Erlenmeyer de 500 ml y procesar un blanco con reactivos por triplicado.

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

5.2.3.- Cálculos

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

Dónde:

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

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

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

g: Peso de la muestra empleada (gramos).

mcf: Factor de corrección de humedad.

$$\% \text{Materia Organica} = (\%C \text{ Organico})(1.724)$$

5.3.- Cuantificación de la Meso y Macrofauna del suelo

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

5.3.1.- Procedimiento en campo

1. Estando en el campo experimental se selección el área de muestra al azar, se delimita y limpia el área de muestreo.
2. Se hizo uso del flexómetro para trazar 2 áreas de la superficie para el muestreo por unidad experimental, con las dimensiones de 15 cm x 15 cm x 15 cm, para obtener como referencia un kilogramo de suelo por cada monolito extraído.
3. Ya teniendo las medidas exactas trazadas en la superficie, con ayuda de un talache (pico) y una pala se escabó alrededor de las medidas marcadas para poder extraer el monolito.
4. Una vez obtenido los dos monolitos por parcela es depositado en un tamiz (figura 5.3) para cuantificar manualmente los números de insectos y de mayor tamaño que se logran ver a simple vista.



Figura 5.3.- Identificación de forma manual la macrofauna.

5. En seguida, como se observa en la figura 5.4 los insectos encontrados se depositaron en un frasco con alcohol al 70% y a la vez se etiquetan los frascos con respecto (labranza, mejorador y cultivo).



Figura 5.4.- Frascos con los insectos y etiquetas.

6. Una vez realizado los pasos anteriores 4 y 5 se vuelve a pasar el suelo en otro tamiz más pequeño de manera que se logre ver los insectos más pequeños que pasaron por desapercibido en el primer tamiz, hasta este procedimiento se realiza para la cuantificaciones de la macrofauna.
7. El suelo que se filtró por el segundo tamiz es recolectado en una bolsa de plástico de 1 kg para posteriormente ser transportado al laboratorio

de suelo donde se llevó acabo el procedimiento del método del embudo de Berlesse-Tullgren para tener mayor precisión en la diversidad de los insectos en el suelo ya que se encuentran muchos insectos pequeños, esto para determinar la mesofauna del suelo.

5.3.2.- Procedimiento en laboratorio

1. El suelo que fue recolectado en campo se colocó en los embudos cuidadosamente de manera que no se tire el suelo, como se observa en la figura.
2. Previamente al ser depositado el suelo a los embudos se colocó frascos con alcohol en la parte inferior del embudo.
3. Se colocó la tapa del embudo adecuadamente de manera que cierre totalmente.
4. En seguida se conecta los embudos a corriente para que esta le proporcione luz y calor a la muestras de suelo con focos eléctricos de 10 W a 40 W.
5. Una vez que se haya realizado los pasos anteriores como se muestra en la figura 5.5. se deja transcurrir un lapso de 24 horas. Para luego depositar cada frasco colocado en cada embudo en su respectivo frasco con etiqueta.



Figura 5.5.- Muestras de suelo en el embudo de Berlesse-Tullgren.

6. Finalmente los insectos obtenidos son contabilizados y analizados con un microscopio estereoscopio para determinar sus grupos taxonómicos (figura 5.6).



Figura 5.6.- Identificación taxonómicos de meso y macrofauna.

5.4.- Determinación o cuantificación de Hongos y Bacterias

5.4.1.- 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 estrasa. 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 de que cuando sea 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 estrasa 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 vuelva a reconocer donde se encuentra 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 o 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 mucho cuidado y se deja secar la envoltura del papel de estrasa, una vez seco está listo para la utilización.

5.4.2.- 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 de no quemarse, 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.**

En el cuadro 5.1 se muestra la composición del medio de cultivo de Rosa de Bengala para un litro, en el conteo de Hongos.

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 está 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 ácido 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 estrasa cerrar con cinta masking de registro y esterilizar por calor húmedo como se describió anteriormente.

5.4.3.- 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.

5.4.4.- Recolección de muestras

En este trabajo se tomaron tres sub-muestras completamente al azar de cada sub-parcela las cuales se homogenizaron y se formó una muestra en total se tomaron 216 sub-muestras formando 72 muestras colocadas en una bolsa de plástico todas previamente identificadas, el muestreo se realizó de 7 a 9 de la mañana, por día se tomaron 16 muestras en promedio, durante 5 días. Las muestras fueron colocadas en bolsa esterilizada. El muestreo se determinó al final de cada periodo de cultivo. La muestra se tomó a una profundidad de 10 a 12 cm 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.

5.4.5.- Preparación de la muestra

Inmediatamente después de llegar las muestras 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.

5.4.6.- Determinación de humedad del suelo a utilizar en la siembra de hongos y bacterias

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 más 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 más 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.

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

5.4.7.- 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.

5.4.8.- 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.

5.4.9.- Incubación y conteo

Una vez que se haya sembrado en las cajas Petri, se procede a incubar en posición invertida de las cajas a una temperatura de 28° C por 72 hrs. Después de la incubación, contar el número de colonias (figura 5.7) y reportar como Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/g de suelo seco con la ayuda de un contador de colonias.

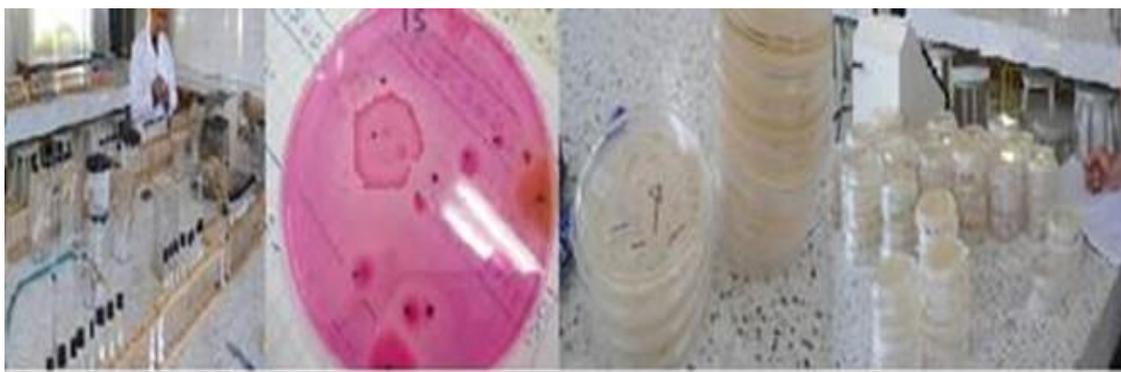


Figura 5.7.- Conteo de número de colonias de bacterias y hongos.

5.4.10.- 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 ($1 - (\% \text{humedad}/100)$).

5.5.- Análisis estadístico

En la presente investigación se empleó un diseño bloques al azar con arreglo factorial, considerando los factores: Labranzas (3 niveles) y el factor mejorador (2 niveles). Cada tratamiento formado se le aplicó tres repeticiones. Para el periodo invierno 2013, se utilizaron 3 mejoradores, teniendo como modelo estadístico el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + L_i + M_j + (LM)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde: (1)

Y_{ijk} = Denota la observación del nivel (i) del factor Labranza y al nivel (j) del factor Mejorador para la repetición k-ésima.

μ = Efecto constante denominado media global

- β_k = Efecto del k-ésimo bloque
- L_i = Efecto producido por el nivel i-ésimo del factor Labranza
- M_j = Efecto producido por el nivel j-ésimo del factor Mejorador
- $(LM)_{ij}$ = Efecto producido por la interacción entre Labranza- Mejorador
- ϵ_{ijk} = Error experimental, con el supuesto que se distribuyan normal, independientes y varianza común.

Para la variable materia orgánica (M.O) en el periodo invierno 2013 se determinó trabajar con el factor profundidad (2 niveles), para ello se empleó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk\ell} = \mu + \beta_\ell + L_i + M_j + P_k + (LM)_{ij} + (LP)_{ik} + (MP)_{jk} + (LMP)_{ijk} + \epsilon_{ijk\ell} \quad (2)$$

Dónde:

- $Y_{ijk\ell}$ = Denota la observación del nivel (i) del factor Labranza, del nivel (j) del factor Mejorador y del nivel (k) del factor Profundidad para la ℓ -ésima repetición.
- μ = Efecto constante denominado media global
- β_ℓ = Efecto de la k-ésimo bloque
- L_i = Efecto producido por el nivel i-ésimo del factor Labranza
- M_j = Efecto producido por el nivel j-ésimo del factor Mejorador
- P_k = Efecto producido por el nivel k-ésimo del factor Profundidad
- $(LM)_{ij}$ = Efecto producido por la interacción entre Labranza- Mejorador
- $(LP)_{ik}$ = Efecto producido por la interacción entre Labranza- Profundidad
- $(MP)_{jk}$ = Efecto producido por la interacción entre Mejorador- Profundidad
- $(LMP)_{ijk}$ = Efecto producido por la interacción entre Labranza-Mejorador- Profundidad

ϵ_{ijke} = Error experimental, con el supuesto que se distribuyan normal, independientes y varianza común.

Para cumplir con los supuestos del modelo antes definido, en que los errores se distribuyan normal con media cero y varianza común, para ciertas variables de estudio en el periodo verano 2013, invierno y verano 2014. Se realizaron transformaciones para que los errores cumplan con la distribución normal mediante la prueba Shapiro Wilk.

Para los ensayos donde se presentaba significancia en el análisis de varianza, se empleó la comparación múltiple de medias por el método de Tukey para establecer que niveles son significativos.

VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación se muestran para cada uno de los periodos de cultivo en el sitio de rotación y monocultivo durante los dos años de estudio, para una rotación se cultivó con una gramínea-leguminosa (Avena-Frijol) y para un monocultivo cultivado de gramínea-gramínea (Avena-Maíz). Es importante mencionar que solamente en el periodo de invierno 2013 se utilizaron cuatro mejoradores; Testigo (M0), Micorriza (M1), Composta (M2), Algaenzimas (M3), y se analizó la variable materia orgánica en dos profundidades (0-15 cm y 15-30 cm); los periodos siguientes se utilizó 1 mejorador (M3) contrastándolo con el testigo (M0) y se analizó a una sola profundidad (0-15 cm), empleando el modelo 1. Por tanto, en los diferentes periodos de cultivo se analizaron las variables: contenido de materia orgánica (MO), meso y macrofauna del suelo, hongos, bacterias y lombrices. Es también importante mencionar que en los periodos de invierno 2013 y 2014, que abarcaron los meses de Enero-Abril, se cultivó solamente de avena forrajera en todas las parcelas del experimento.

6.1.- ANALISIS PARA EL CULTIVO AVENA (PERIODO INVIERNO 2013).

6.1.1.- Análisis para la variable materia orgánica (Rotación).

En el cuadro 6.1 se muestra el resultado del análisis de varianza para la variable materia orgánica (M.O) en el sitio de rotación, cultivado en éste periodo de avena forrajera. Donde se observa que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el factor labranzas y en el factor profundidad, pero no existe diferencia entre mejoradores. Cabe mencionar que se realizó un diseño

factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 20.35 %.

Cuadro 6.1.- Análisis de varianza para la variable Materia Orgánica (rotación).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	0.9795	0.48975	3.4212	0.04119 *
Labranzas	2	3.2555	1.62774	11.3707	9.74e-05 ***
Mejoradores	3	1.1793	0.39310	2.7460	0.05362.
Profundidad	1	0.7321	0.73205	5.1138	0.02851 *
Residual	46	6.5850	0.14315		
C.V.= 20.35					

* , ** , *** = significativo, con un $P < 0.05$, altamente significativo, con un $P < 0.01$ y $P < 0.001$, respectivamente.

En el cuadro 6.2 y figura 6.1 se muestra los resultados de comparación de medias mediante la prueba de Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre labranzas, siendo la Labranza Cero (NL) con una media de 2.16 % diferente de la Labranza Vertical (LV) y la Labranza Convencional (LC).

Cuadro 6.2.- Comparación de medias del contenido de materia orgánica (M.O) entre labranzas (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (%)
NL	a †	2.16
LV	b	1.75
LC	b	1.67

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

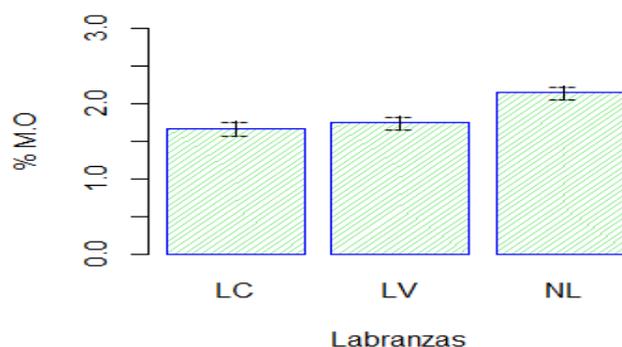


Figura 6.1.- Comparación de medias del contenido de materia orgánica entre labranzas (rotación).

Estos resultados coinciden con lo reportado por (Marín *et al.*, 2001), en el cual obtuvieron como resultado 4.15% de MO en labranza cero y mínima, y el 3.8% de MO en labranza convencional y cincel vibratorio.

Para el factor mejorador, en el cuadro 6.3 y figura 6.2 se observa que estadísticamente existe diferencia significativa entre mejoradores por la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Claramente el testigo (M0) al igual que Composta (M2) y Micorriza (M1) son estadísticamente iguales y no así con el mejorador algaenzimas (M3). Cabe aclarar, que la prueba de comparaciones múltiple de medias es un análisis independiente del análisis de varianza, no siempre coinciden en las conclusiones.

Cuadro 6.3.- Comparación de medias de M.O entre mejoradores (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (%)
M0	a †	2.06
M2	ab	1.84
M1	ab	1.82
M3	b	1.71

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

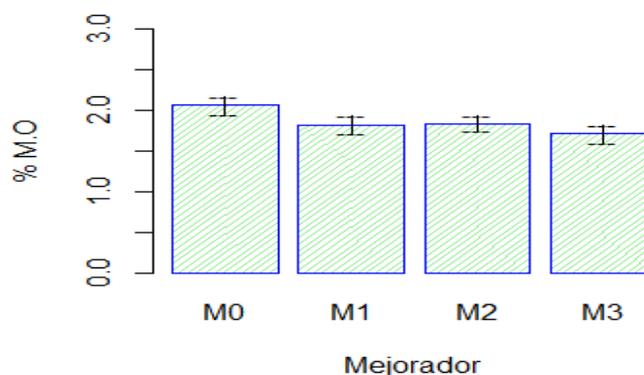


Figura 6.2.- Comparación de medias de M.O entre mejoradores (rotación).

Los mejoradores tiene una influencia positiva en el suelo a través del tiempo tal como lo menciona Romero (2000), mediante un estudio de comparación de tres mejoradores de suelo, en el cual los mejoradores demostraron cambios con respecto al rendimiento, pero no en materia orgánica.

Para el factor profundidad, en el cuadro 6.4 y figura 6.3, se observa que estadísticamente existe diferencia significativa entre profundidad por la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Siendo la mejor profundidad (P1) diferente de la profundidad (P2).

Cuadro 6.4.- Comparación de medias del contenido de materia orgánica entre profundidad (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (%)
P1 (0-15 cm)	a †	1.96
P2 (15-30 cm)	b	1.76

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

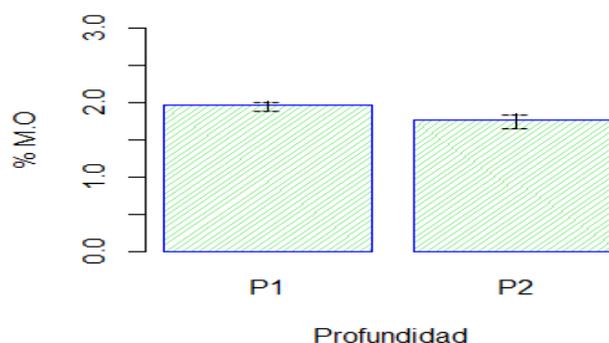


Figura 6.3.- Comparación de medias de M.O entre profundidad (rotación).

Lo que nos indica que la mayor cantidad de materia orgánica en el suelo, se encuentra en los primeros 15 cm; esto coincide con García (2007), mediante un estudio sobre la concentración de la MO a dos profundidades de 0-2 cm y 0-5 cm, en el cual encontró un mayor porcentaje de MO en la primera profundidad que fue de 2.8% en comparación de la segunda profundidad que fue de 2.6% de materia orgánica.

6.1.2.- Análisis para la variable materia orgánica (Monocultivo).

En el cuadro 6.5 se muestra el resultado del análisis de varianza para la variable materia orgánica (M.O) en el sitio de monocultivo. Donde se observa que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el factor labranzas y en profundidad, pero no existe diferencia entre mejoradores. Cabe mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 24.32 %.

Cuadro 6.5.- Análisis de varianza para la variable M.O. (monocultivo).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	1.7168	0.85839	3.9765	0.02553 *
Labranzas	2	1.4264	0.71318	3.3038	0.04564 *
Mejoradores	3	0.1613	0.05375	0.2490	0.86163
Profundidad	1	0.8889	0.88889	4.1178	0.04824 *
Residual	46	9.9298	0.21587		
C.V.= 24.32					

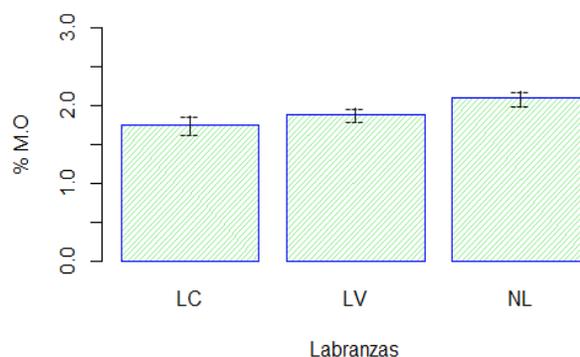
*= significativo, con un $P < 0.05$.

En el cuadro 6.6 y figura 6.4 se muestra los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre labranzas, siendo la Labranza Cero (NL) con una media de 2.09 % diferente de la Labranza Convencional (LC) pero estadísticamente igual a la Labranza Vertical (LV).

Cuadro 6.6.- Comparación de medias de M.O entre labranzas (monocultivo).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (%)
NL	a †	2.09
LV	ab	1.89
LC	b	1.75

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

**Figura 6.4.-** Comparación de medias de M.O entre labranzas (monocultivo)

Estos resultados son similares a los encontrados en el sitio de una rotación y también con lo que expresa Martínez (2003) donde encontró mayor cantidad de materia orgánica en la labranza cero, con un promedio de 3.6 %.

Para el factor mejorador, de acuerdo al análisis de varianza, no existen diferencias significativas entre los mejoradores (ver anexo A). Los mejoradores mostraron un cambio rápidamente con respecto al rendimiento López (2001) mas no reporta cambios de materia orgánica en un plazo corto, si no que se da a plazo largo.

Para el factor profundidad, en el cuadro 6.7 y figura 6.5 se observa que estadísticamente existe diferencia significativa entre profundidad por la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Siendo la mejor profundidad (P1) diferente de la profundidad (P2).

Cuadro 6.7.- Comparación de medias de M.O entre profundidad (monocultivo).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (%)
P1 (0-15 cm)	a †	2.02
P2 (15-30 cm)	b	1.80

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

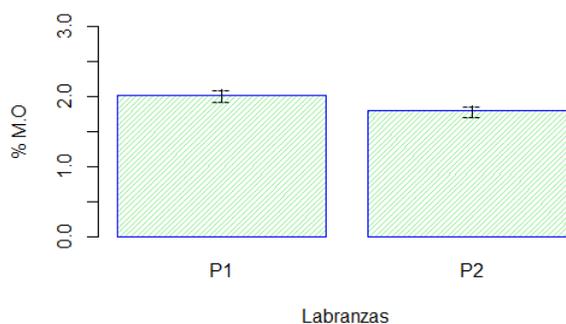


Figura 6.5.- Comparación de medias de M.O entre profundidad (monocultivo).

Tanto en el sitio de rotación como en el monocultivo, en la profundidad de 0-15 cm se encuentra la mayor cantidad de materia orgánica, conviniendo con varios autores que en los primeros centímetros se encuentra la mayor cantidad de materia orgánica. (Gracia, 2007).

6.1.3.- Análisis para la variable Hongos (Rotación).

En el cuadro 6.8 se muestra los resultados del análisis de varianza para la variable Hongos en el sitio de rotación. Se observa que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el factor labranzas y en la interacción, pero no existe diferencia entre mejorador. Es importante mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 20.19 %.

Cuadro 6.8.- Análisis de varianza para la variable Hongos (rotación).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	882.8	441.40	3.0892	0.06570
Labranzas	2	4503.3	2251.65	15.7585	5.666e-05 ***
Mejorador	3	585.7	195.22	1.3663	0.27912
Labranzas: Mejorador	6	2321.3	386.88	2.7077	0.04011 *
Residual	22	3143.5	142.88		
C.V.= 20.19					

*, *** = significativo, con un $P < 0.05$ y altamente significativo $P < 0.001$, respectivamente.

En el cuadro 6.9 y figura 6.6 se muestra el resultado de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre labranzas, siendo la Labranza Convencional (LC) con una media de 5562.01 No. Hongos/ gr de suelo diferente de la Labranza Cero (NL) y la Labranza Vertical (LV), éstos últimos iguales estadísticamente.

Cuadro 6.9.- Comparación de medias de No. de Hongos entre labranzas (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (No. de hongos/gr suelo)
LC	a †	5562.01
NL	b	2979.81
LV	b	2338.75

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

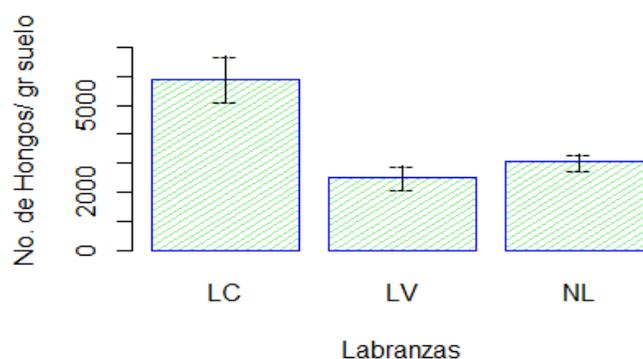


Figura 6.6.- Comparación de medias de No. Hongos/ gr suelo entre labranzas (rotación).

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.

Para el factor mejorador, de acuerdo al análisis de varianza no existe diferencia significativa para los mejoradores de suelo (Ver anexo B).

En la figura 6.7 se observa la interacción Labranza y Mejorador, en el indica que el mejor mejorador para la Labranza Convencional (LC) es la Micorriza (M1), para la Labranza Vertical (LV) el mejor es la Algaenzimas (M3) y para la Labranza Cero (NL) el mejor mejorador es la Micorriza (M1).

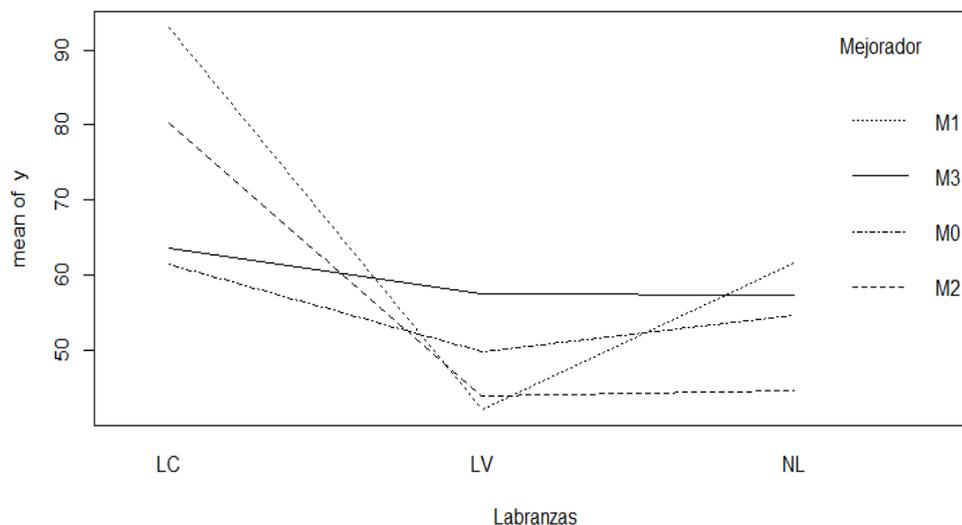


Figura 6.7.- Interacción entre labranza-mejorador sobre el contenido de materia orgánica (rotación).

6.1.4.- Análisis para la variable Hongos (Monocultivo).

Para el estudio de la variable Hongos en el cultivo Avena para el tipo de cultivo monocultivo en el periodo invierno 2013, no existe diferencia entre labranzas, tampoco existe diferencias significativas para el factor mejorador, solo existe diferencia en la interacción. En la figura 6.8 se observa que el mejor mejorador para la Labranza Convencional (LC) es el mejorador Testigo (M0), para la Labranza Vertical (LV) el mejor mejorador es la Algaenzimas (M3) y para la Labranza Cero (NL) el mejor mejorador es la Composta (M2).

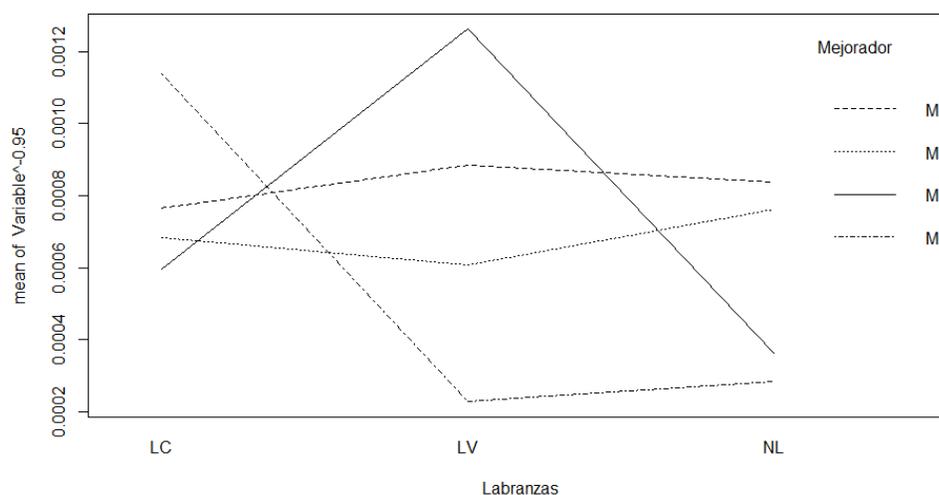


Figura 6.8.- Interacción entre labranza-mejorador (monocultivo).

6.1.5.- Análisis para la variable Bacterias (Rotación).

En el cuadro 6.10 se muestra el resultado del análisis de varianza para la variable Bacterias en el sitio de rotación. Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el factor labranzas y tampoco en el factor mejorador. Es importante mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 27.77 %.

Cuadro 6.10.- Análisis de varianza para la variable Bacterias (rotación).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	30357406	15178703	4.5978	0.02146 *
Labranzas	2	9622108	4811054	1.4573	0.25448
Mejoradores	3	2900256	966752	0.2928	0.83011
Residual	22	72628610	3301300		
C.V.= 27.77					

*= significativo, con un $P < 0.05$.

Para el resultado de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre labranzas y tampoco entre el factor mejoradores (ver anexo C).

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.

6.1.6.- Análisis para la variable Bacterias (Monocultivo).

Para el estudio de la variable Bacterias en el tipo de cultivo monocultivo, existe diferencias ($P < 0.05$) entre el factor labranzas y no así en mejorador, en el cuadro 6.11 se observa los resultados del análisis de varianza. Cabe mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 16.18 %.

Cuadro 6.11.- Análisis de varianza para la variable Bacterias (monocultivo).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	4312625	2156312	1.9805	0.16186
Labranzas	2	9239961	4619981	4.2432	0.02764 *
Mejoradores	3	10241455	3413818	3.1354	0.04600
Residual	22	23953432	1088792		
C.V.= 16.18					

*= significativo, con un $P < 0.05$.

En el cuadro 6.12 y figura 6.9 se muestra los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre labranzas, siendo la Labranza Vertical (LV),

el mejor y diferente de la Labranza Cero (NL), pero estadísticamente igual a la labranza Convencional (LC).

Cuadro 6.12.- Comparación de medias de No. de Bacterias/ gr suelo entre labranzas (monocultivo).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. Bacterias/ gr suelo
LV	a †	50710848.53
LC	ab	39905802.95
NL	b	34816124.47

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

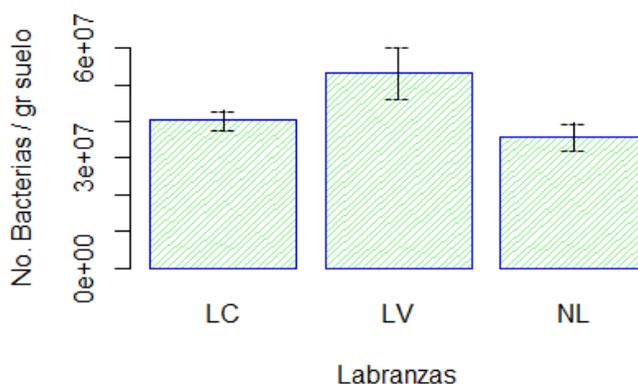


Figura 6.9.- Comparación de medias de No. Bacterias/ gr suelo entre labranzas (monocultivo).

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

Para el factor mejoradores, los resultados de comparación de medias del número de bacterias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) entre mejoradores (anexo D).

6.1.7.- Análisis para la variable Meso y Macrofauna (Rotación).

En el cuadro 6.13 se muestra los resultados del análisis de varianza para la variable meso y macrofauna en el sitio de rotación. Es importante mencionar que para ésta variable se utilizó solamente el mejorador Composta (M2) en comparación con el testigo (M0). Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el factor labranzas y entre mejoradores. Cabe mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos con un coeficiente de variación de 83.90 %.

Cuadro 6.13.- Análisis de varianza para la variable meso y macrofauna (rotación).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	9.333	4.6667	1.0606	0.3822
Labranzas	2	2.333	1.1667	0.2652	0.7723
Mejoradores	1	0.500	0.5000	0.1136	0.7430
Residual	10	44.000	4.4000		
C.V.= 83.90					

Para los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) entre labranzas y tampoco entre el factor mejoradores (ver anexo E).

Marín y Feijoo (2007), al realizar una investigación sobre cuatro sistemas de labranzas, encontraron que en los suelos perturbados por la labranza tiene un mayor número de insectos aunque menor diversidad y abundancia de macroinvertebrados en comparación de la cero labranza que se encontró un menor número de insectos pero mayor abundancia de macroinvertebrados.

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

6.1.8.- Análisis para la variable Meso y Macrofauna (Monocultivo).

En el cuadro 6.14 se muestra los resultados del análisis de varianza para la variable meso y macrofauna en el sitio de monocultivo. Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el factor labranzas y entre mejoradores. Cabe mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos con un coeficiente de variación de 77.62 %.

Cuadro 6.14.- Análisis de varianza para variable meso y macrofauna (monocultivo).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	10.778	5.3889	0.8615	0.4517
Labranzas	2	15.444	7.7222	1.2345	0.3318
Mejoradores	1	2.000	2.0000	0.3197	0.5842
Residual	10	62.556	6.2556		
C.V.= 77.62					

Se muestra el resultado de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) entre labranzas y tampoco entre el factor mejoradores (ver anexo F).

López (2001), menciona que la composta tiene ventajas positivas en el suelo como rendimiento en el cultivo y el incremento de actividad de la fauna del suelo.

En el cuadro 6.15 se observan la concentración de los grupos taxonómicos de meso y macrofauna en las distintas labranzas en el cultivo de Avena, en el periodo invierno 2013.

Cuadro 6.15.- Número de individuos en la distribución de los grupos taxonómicos de orden-clase de la meso y macrofauna del suelo (invierno 2013).

Orden	Clase	LC	LV	NL	Total de Individuos
Coleoptera	Hexapoda	8	7	3	18
Hemíptera	Hexapoda	4	3	1	8
Aranea	Arachnida	6	7	6	19
Isopoda	Malacostraca	4	4	3	11
Collémbola	Hexapoda	7	0	1	8
Lepidoptera	Hexapoda	1	1	0	2
Hymenoptera	Hexapoda	10	5	10	25
Dermaptera	Hexapoda	2	2	0	4
Homoptera	Hexapoda	0	1	1	2
Thysanoptera	Hexapoda	0	0	1	1
Diplura	Hexapoda	0	2	0	2
Díptera	Hexapoda	0	1	0	1
TOTAL		42	33	26	101

Se observa la presencia de doce órdenes taxonómicos de los cuales predominan los órdenes de Hymenoptera (25 individuos), Coleoptera (18 individuos), Aranea (19 individuos), Isopoda (11 individuos), Collémbola (8 individuos) y Hemíptera (8 individuos); esto demuestra que a futuro tendrá buena influencia sobre el suelo, ya que cumplen funciones como la descomposición de la materia orgánica y mejoran la porosidad y aireación del suelo (Bracho *et al.*, 1999). También demuestra tener mayor cantidad de insectos LC y LV debido a que contiene mayor número de coleopteros, hormigas, arañas, hemípteros y lepidópteros, ya que estos insectos tal como lo menciona Marín y Feijoo (2007), tienen una gran capacidad de adaptación en suelos alterados por la labranza y a la vez sirven como indicadores de ambientes perturbados.

6.2.- ANALISIS PARA EL CULTIVO FRIJOL (PERIODO VERANO 2013).

Es importante mencionar que para éste y los siguientes periodos se utilizaron solamente el mejorador Algaenzimas (M3) en comparación con el testigo (M0).

6.2.1.- Análisis para la variable materia orgánica (Frijol).

En el cuadro 6.16 se muestra el resultado del análisis de varianza para la variable materia orgánica (M.O). Donde se observa que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el factor labranzas, pero no existe diferencia entre mejoradores. Es importante mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 11.69 %.

Cuadro 6.16.- Análisis de varianza para variable Materia Orgánica (frijol).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	1.53116	0.76558	11.9384	0.002241 **
Labranzas	2	0.76856	0.38428	5.9924	0.019471 *
Mejoradores	1	0.01125	0.01125	0.1754	0.684183
Residual	10	0.64127	0.06413		
C.V.= 11.69					

*, ** = significativo, con un $P < 0.05$ y altamente significativo, con un $P < 0.01$

En el cuadro 6.17 y figura 6.10 se muestra los resultados de comparación de medias mediante la prueba de Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre labranzas, siendo la Labranza Cero (NL) con una media de 2.43 % diferente de la Labranza Convencional (LC) y la Labranza Vertical (LV).

Cuadro 6.17.- Comparación de medias del contenido de M.O entre labranzas (frijol).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (%)
NL	a †	2.43
LV	ab	2.14
LC	b	1.93

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

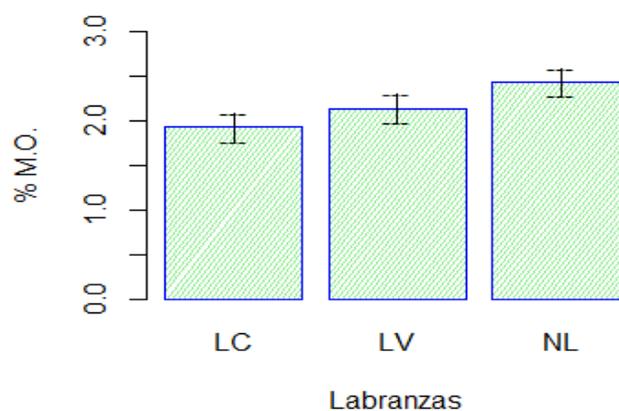


Figura 6.10.- Comparación de medias del contenido de M.O entre labranzas (frijol).

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

Para el factor mejorador, como se observa en el resultado del análisis de varianza, no existen diferencias significativas para los tratamientos estudiados (Anexo G).

Para el mejorador algaenzimas, Canales (2000) encuentra diferencias en cuanto a rendimientos, pero no así en aportación de materia orgánica en un plazo corto, ya que la cantidad de biomasa que aportan las plantas al suelo es en pocas proporciones.

6.2.2.- Análisis para la variable Hongos (Frijol).

En el cuadro 6.18 se muestra el resultado del análisis de varianza para la variable Hongos en el cultivo frijol. Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) entre el factor labranzas y tampoco entre mejorador. Cabe mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores tampoco fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 19.66 %.

Cuadro 6.18.- Análisis de varianza para la variable Hongos (frijol).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	1675280600	837640300	2.8491	0.10490
Labranzas	2	2123691241	1061845621	3.6117	0.06598
Mejoradores	1	177142688	177142688	0.6025	0.45559
Residual	10	2940042576	294004258		
C.V.= 19.66					

Los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) entre labranzas y tampoco entre el factor mejoradores (ver anexo H).

Al observar estos resultados no significativos se deduce que lo esperado en dicha investigación puede llegar a formarse en un plazo mayor de tiempo.

6.2.3.- Análisis para la variable Bacterias (Frijol).

En el cuadro 6.19 se muestra el resultado del análisis de varianza para la variable Bacterias en el cultivo frijol. Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P>0.05$) entre el factor labranzas y tampoco en el factor mejorador. Cabe mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 22.29 %.

Cuadro 6.19.- Análisis de varianza para la variable Bacterias (frijol).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	1.0825	0.54125	0.3834	0.6912
Labranzas	2	4.5956	2.29781	1.6276	0.2444
Mejorador	1	1.4028	1.40281	0.9936	0.3424
Residual	10	14.1179	1.41179		
C.V.= 22.29					

Para los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P<0.05$) entre labranzas y tampoco entre el factor mejoradores (ver anexo I).

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.

6.2.4.- Análisis para la variable Meso y Macrofauna (Frijol).

En el cuadro 6.20 se muestra los resultados del análisis de varianza para la variable meso y macrofauna en el cultivo frijol. Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P>0.05$) entre el factor

labranzas y entre mejoradores. Cabe mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 30.37 %.

Cuadro 6.20.- Análisis de varianza para la variable meso y macrofauna (frijol).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	13.5638	6.7819	3.7674	0.06032
Labranzas	2	1.1904	0.5952	0.3306	0.72603
Mejoradores	1	0.2247	0.2247	0.1248	0.73120
Residual	10	18.0014	1.8001		
C.V.= 30.37					

Se muestran los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P>0.05$) entre labranzas y tampoco entre el factor mejoradores (ver anexo J).

Tal como lo expresa Gizzi *et al.*, (2009), que en la siembra directa y labranza convencional encontraron resultados similares en cuanto a la composición taxonómica de la macrofauna y grupos dominantes.

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

6.2.5.- Análisis para la variable Lombrices (Frijol).

En el cuadro 6.21 se muestra los resultados del análisis de varianza para la variable lombrices en el cultivo frijol. Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P>0.05$) entre el factor labranzas y entre mejoradores. Es importante mencionar que se realizó un diseño factorial, por

tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 36.58 %.

Cuadro 6.21.- Análisis de varianza para la variable Lombrices (frijol).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	13.4232	6.7116	5.5603	0.02379 *
Labranzas	2	1.3934	0.6967	0.5772	0.57914
Mejorador	1	1.6016	1.6016	1.3268	0.27616
Residual	10	12.0707	1.2071		
C.V.= 36.58					

*= significativo, con un $P < 0.05$.

Por tanto, se le atribuye a la cero labranza (NL) un efecto más favorable en la cantidad de lombrices del suelo del cultivo frijol. Puricelli & Kleine (2001) observo que no existen diferencias entre labranzas, pero son favorables en la siembra directa, esto comparado con la labranza convencional.

6.3.- ANALISIS PARA EL CULTIVO MAIZ (PERIODO VERANO 2013).

6.3.1.- Análisis para la variable materia orgánica (Maíz).

En el cuadro 6.22 se muestra el resultado del análisis de varianza para la variable materia orgánica (M.O). Donde se observa que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el factor labranzas, pero no existe diferencia entre mejoradores. Es importante mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 11.94 %.

Cuadro 6.22.- Análisis de varianza para la variable Materia Orgánica (maíz).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	0.64088	0.32044	4.7947	0.03467 *
Labranzas	2	0.64508	0.32254	4.8261	0.03411 *
Mejoradores	1	0.04014	0.04014	0.6006	0.45629
Residual	10	0.66832	0.06683		
C.V.= 11.94					

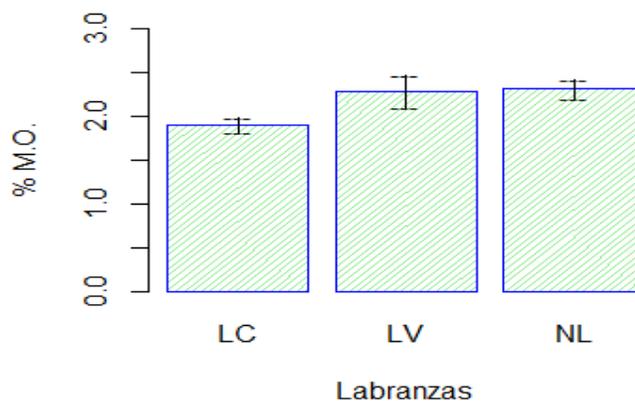
* = significativo, con un $P < 0.05$.

En el cuadro 6.23 y figura 6.11 se muestra los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre labranzas. Siendo la Labranza Cero (NL) con una media de 2.31 % diferente de la Labranza Convencional (LC) pero estadísticamente igual a la Labranza Vertical (LV).

Cuadro 6.23.- Comparación de medias del contenido de M.O entre labranzas (maíz).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (%)
NL	a †	2.31
LV	ab	2.28
LC	b	1.90

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

**Figura 6.11.-** Comparación de medias de M.O entre labranzas (maíz).

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

Para el factor mejorador, como se observa en el resultado del análisis de varianza, no existen diferencias significativas para los tratamientos estudiados (Anexo L).

6.3.2.- Análisis para la variable Hongos (Maíz).

En el cuadro 6.24 se muestra el resultado del análisis de varianza para Hongos. Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P>0.05$) entre el factor labranzas y tampoco entre mejorador. Cabe mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 8.36 %.

Cuadro 6.24.- Análisis de varianza para la Variable Hongos (maíz).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	745.7	372.86	0.5912	0.57192
Labranzas	2	4592.0	2296.01	3.6403	0.06489
Mejoradores	1	1946.6	1946.57	3.0863	0.10947
Residual	10	6307.2	630.72		
C.V.= 8.36					

Se muestran los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P>0.05$) entre labranzas y tampoco entre el factor mejoradores (ver anexo M).

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 se debe de tomar en cuenta todos estos factores para efectuar un análisis complementario en el desarrollo de los microorganismos.

Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo; además, sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo (Piccinini *et al.*, 1991).

6.3.3.- Análisis para la variable Bacterias (Maíz).

En el cuadro 6.25 se muestra el resultado del análisis de varianza para la variable Bacterias en el cultivo maíz. Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) entre el factor labranzas y tampoco en el factor mejorador. Cabe mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 26.22 %.

Cuadro 6.25.- Análisis de varianza para la variable Bacterias (Maíz).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	5.2803	2.6401	1.4534	0.27919
Labranzas	2	10.9051	5.4525	3.0016	0.09527
Mejorador	1	0.8668	0.8668	0.4772	0.50542
Residual	10	18.1651	1.8165		
C.V.= 26.22					

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. Por lo que se puede deducir que en esta etapa del proyecto aún no se ve reflejado el cambio en la población microbiana del suelo.

La utilización de productos orgánicos en la agricultura optimiza el crecimiento de la población de microorganismos benéficos para las propiedades físicas y químicas del suelo, así pueden proporcionar a las plantas los nutrientes disponibles, ya que las bacterias forman parte de los microorganismos que participan en los procesos biogeoquímicos del suelo.

6.3.4.- Análisis para la variable Meso y Macrofauna (Maíz).

En el cuadro 6.26 se muestra los resultados del análisis de varianza para la variable meso y macrofauna en el cultivo maíz. Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) entre el factor labranzas y entre mejoradores. Es importante mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 16.67 %.

Cuadro 6.26.- Análisis de varianza para la variable de meso y macrofauna (maíz).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	12.2999	6.1499	10.3215	0.003701**
Labranzas	2	4.1866	2.0933	3.5132	0.069885
Mejoradores	1	0.0193	0.0193	0.0324	0.860715
Residual	10	5.9583	0.5958		
C.V.= 16.67					

** = altamente significativo, con un $P < 0.01$

La labranza cero o de conservación tienen efectos positivos para la meso y macrofauna del suelo en el cultivo de maíz, García *et al.*, (2000). García (2002) en sus estudios no encontró ninguna diferencia entre los mejoradores de Algaenzimas en comparación con ácido húmico.

6.3.5.- Análisis para la variable Lombrices (Maíz).

En el cuadro 6.27 se muestra los resultados del análisis de varianza para lombrices en el cultivo maíz. Donde se observa que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el factor labranzas y en la interacción labranza-mejorador, pero no entre el factor mejorador. Obteniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 28.41 %.

Cuadro 6.27.- Análisis de varianza para la variable Lombrices (maíz).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	226.333	113.167	21.9032	0.0002217 ***
Labranzas	2	174.333	87.167	16.871	0.0006245 ***
Mejoradores	1	3.556	3.556	0.6882	0.426146
Labranzas: mejorador	2	114.111	57.056	11.043	0.0029405 **
Residual	10	51.667	5.167		
C.V.= 28.41					

** , *** = altamente significativo, con un $P < 0.01$ y $P < 0.001$, respectivamente.

En el cuadro 6.28 y figura 6.12 se muestra los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre labranzas, siendo la Labranza Cero (NL) el de mayor valor con una media de 12.33 lombrices en un volumen de 0.0135 m^3 y diferente de la Labranza Vertical (LV) y Labranza Convencional (LC); pero éstas últimas estadísticamente iguales.

Cuadro 6.28.- Comparación de medias de No. de Lombrices entre labranzas (maíz).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA
		No. Lombrices/ 0.0135 m ³
NL	a †	12.33
LV	b	6.50
LC	b	5.17

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

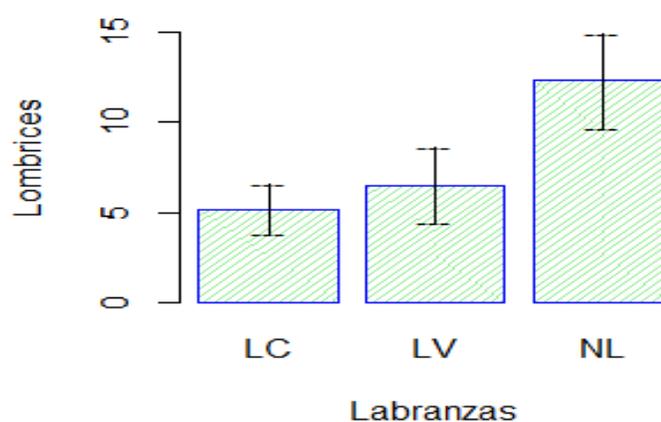


Figura 6.12.- Comparación de medias de No. de Lombrices entre labranzas (maíz).

Estos resultados coinciden con los datos obtenidos por (Espejo-Pérez, *et al.*, 2006; Cantero *et al.*, 2004) en el cual obtuvieron una mayor población de lombrices en el muestreo con cubierta vegetal en comparación de la labranza convencional. Según Acosta (2011) La siembra directa obtiene mayor cantidad de lombrices lo que conlleva a obtener valores altos en la macrofauna.

El la figura 6.13 se muestra la interacción labranza-mejorador y nos indica que el mejor mejorador para la Labranza Cero (NL) es el Testigo (M0) y para las Labranzas Vertical (LV) y Convencional (LC) el mejor es la Algaenzimas.

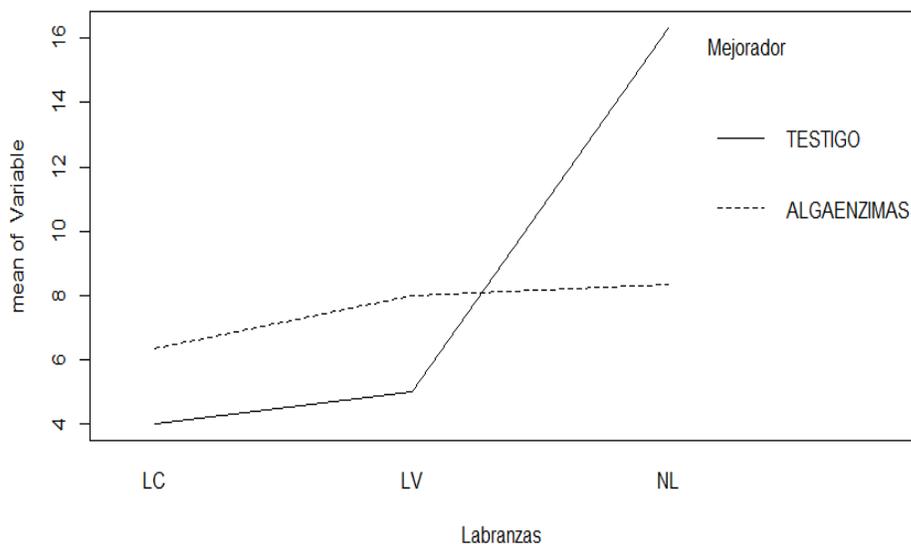


Figura 6.13.- Interacción entre labranza- mejorador de No. de lombrices (maíz).

Para el factor mejorador, como se observa en el resultado del análisis de varianza, no existen diferencias significativas para los tratamientos estudiados (Anexo P).

En el cuadro 6.29 se observan la concentración de los grupos taxonómicos de meso y macrofauna en las distintas labranzas en los cultivos de maíz-frijol, en el periodo verano 2013.

Cuadro 6.29.- Cuadro taxonómico de labranzas en maíz y frijol (verano 2013).

Unidad taxonómica											
Orden	Familia	LC			LV			NL			T-insecto
		Maíz	Frijol	Total	Maíz	Frijol	Total	Maíz	Frijol	Total	
Coleoptera	Anthicidae	0	0	0	2	0	2	1	0	1	3
Coleoptera	Larva de Coleóptera	11	17	28	3	6	9	10	6	16	53
Collembola	Entomobryidae	38	10	48	6	5	11	4	1	5	64
Coleoptera	Cryptophagidae	1	1	2	1	0	1	1	0	1	4
Coleoptera	Chrysomelidae	3	3	6	0	0	0	0	1	1	7
Hymenoptera	Formicidae	1	3	4	6	11	17	9	11	20	41
Hymenoptera	Megaspilidae	0	0	0	1	0	1	1	0	1	2
Isoptera	Termitidae	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3
Coleoptera	Lathridiidae	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Lepidoptera	Noctuidae	5	3	8	2	0	2	3	2	5	15
Thysanoptera	Thripidae	0	4	4	4	4	8	1	1	2	14
Dermaptera	Forficulidae	4	1	5	5	5	10	1	1	2	17
Diptera	?	2	0	2	1	2	3	3	0	3	8
Isopoda	Armadillidae	4	9	13	13	10	23	16	8	24	60
Haplotaxida	Lumbricidae	30	71	101	39	44	83	74	76	150	334
Coleoptera	Scarabaeidae	1	0	1	0	0	0	1	0	1	2
Coleoptera	Tenebrionidae	0	1	1	2	0	2	0	0	0	3
Ácari	?	23	20	43	9	5	14	8	9	17	74
Aranea	?	3	1	4	3	2	5	7	0	7	16
Homoptera	Aphididae	2	3	5	2	1	3	1	0	1	9
Chilopoda	Scolopendridae	1	2	3	1	3	4	1	2	3	10
Hemiptera	?	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
Coleoptera	Staphylinidae	10	4	14	3	9	12	21	4	25	51
	TOTAL	139	154	293	103	107	210	167	123	290	793

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

Es válido referir, en general, que en esta investigación, tal como lo menciona, Menéndez (2010), el orden Coleóptera fue el de mayor variedad de los insectos. Pero también hay que observar que el orden Haplotaxida (Lumbricidae) muestra tener el valor más alto de la cantidad de individuos.

6.4.- ANALISIS PARA EL CULTIVO AVENA (PERIODO INVIERNO 2014).

6.4.1.- Análisis para la variable Materia Orgánica (Rotación).

En el cuadro 6.30 se muestra el resultado del análisis de varianza para materia orgánica (M.O) en el sitio de rotación, cultivado en éste periodo de Avena forrajera. Donde se observa que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el factor labranzas, pero no existe diferencia entre mejoradores. Es importante mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 11.34 %.

Cuadro 6.30.- Análisis de varianza para la variable M.O (rotación).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	0.58848	0.29424	5.3519	0.026288 *
Labranzas	2	1.59684	0.79842	14.5223	0.001102 **
Mejoradores	1	0.00534	0.00534	0.0971	0.761728
Residual	10	0.54979	0.05498		
C.V.= 11.34					

* , ** = significativo, con un $P < 0.05$ y altamente significativo, con un $P < 0.01$

En el cuadro 6.31 y figura 6.14 se muestra el resultado de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre labranzas, siendo la Labranza Cero (NL) con una media de 2.38 % diferente de la Labranza Convencional (LC) pero estadísticamente igual a la Labranza Vertical (LV).

Cuadro 6.31.- Comparación de medias del contenido de materia orgánica entre labranzas (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (%)
NL	a †	2.39
LV	a	2.15
LC	b	1.67

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

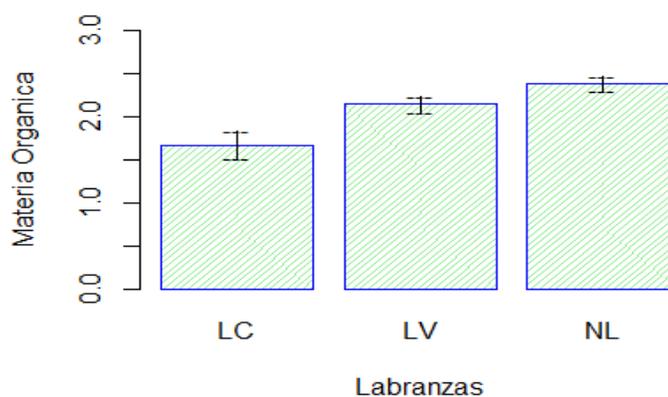


Figura 6.14.- Comparación de medias del contenido de materia orgánica entre labranzas (rotación).

Tal como lo expresa (Martínez, 2003) que en un suelo franco arenoso la labranza cero tiene como ventajas el aumento en el contenido de materia orgánica en un periodo de 7 años estabilizándose en un promedio cercano al 3.6% MO y a la vez teniendo influencia en la modificación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. La NL tiene ventaja el aumento en el contenido de materia orgánica en un periodo de más de 4 a 7 años (Martínez, 2003) y (Marín *et al.*, 2001).

6.4.2.- Análisis para la variable M.O (Monocultivo).

En el cuadro 6.32 se muestra el resultado del análisis de varianza para materia orgánica (M.O) en el sitio de monocultivo. Donde se observa que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el factor labranzas,

pero no existe diferencia entre mejoradores orgánicos. Cabe mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 4.71 %.

Cuadro 6.32.- Análisis de varianza para la variable Materia Orgánica (monocultivo).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	0.049923	0.024961	5.1641	0.02881 *
Labranzas	2	0.059438	0.029719	6.1484	0.01815 *
Mejoradores	1	0.000254	0.000254	0.0526	0.82329
Residual	10	0.048336	0.0048336		
C.V.= 4.71					

* = significativo, con un $P < 0.05$.

En el cuadro 6.33 y figura 6.15 se muestra el resultado de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre labranzas, siendo la Labranza Vertical (NL) con una media de 2.35 % y labranza cero con 2.23% estadísticamente iguales pero diferentes a la Labranza Convencional (LC).

Cuadro 6.33.- Comparación de medias del contenido de materia orgánica entre labranzas (monocultivo).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (%)
LV	a †	2.35
NL	ab	2.23
LC	b	1.95

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

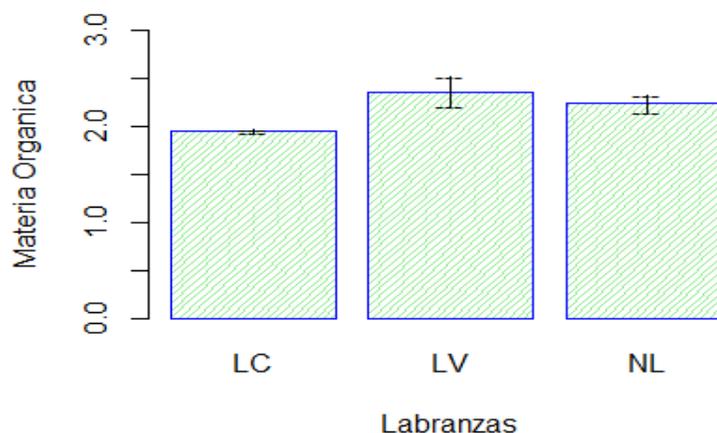


Figura 6.15.- Comparación de medias del contenido de materia orgánica entre labranzas (monocultivo).

La labranza de conservación a largo plazo en conjunto de una rotación de leguminosas, se sugieren como una alternativa viable para recuperar la fertilidad física, química y biológica del suelo. Este sistema ayudara a incrementar el contenido de materia orgánica, N y C orgánico, así como la biomasa microbiana, teniendo como resultado, a través del tiempo, una mejor fertilidad y agregación de los suelos (Mora *et al.*, 2001). Los mejoradores tiene una influencia positiva en el suelo a través del tiempo tal como lo menciona Romero (2000).

Para el factor mejorador, como se observa en el resultado del análisis de varianza, no existen diferencias significativas para los tratamientos estudiados (Anexo Q).

6.4.3.- Análisis para la variable Meso y Macrofauna (Rotación).

En el cuadro 6.34 se muestra los resultados del análisis de varianza para la variable meso y macrofauna en el sitio de rotación, cultivado en éste periodo de Avena forrajera. Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) entre el factor labranzas, tampoco entre mejoradores. Es importante mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las

interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 35.35 %.

Cuadro 6.34.- Análisis de varianza para la variable meso y macrofauna (rotación).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	3.000	1.500	0.0811	0.9227
Labranzas	2	49.333	24.667	1.3333	0.3067
Mejoradores	1	20.056	20.056	1.0841	0.3223
Residual	10	185.000	18.500		
C.V.= 35.35					

Para los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P>0.05$) entre labranzas y tampoco entre el factor mejoradores (ver anexo R).

Marín y Feijoo (2007) reportaron que en suelos perturbados tiene un mayor número de insectos aunque menor diversidad y abundancia de macroinvertebrados en comparación de la cero.

6.4.4.- Análisis para la variable Meso y Macrofauna (Monocultivo).

En el cuadro 6.35 se muestra los resultados del análisis de varianza para la variable meso y macrofauna en el sitio de monocultivo. Donde se observa que estadísticamente existe diferencia significativa ($P<0.05$) entre el factor labranzas, pero no entre mejoradores. Es importante mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 19.82%.

Cuadro 6.35.- Análisis de varianza para la variable meso y macrofauna (monocultivo).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	3.1917	1.5959	2.8892	0.102255
Labranzas	2	10.5347	5.2673	9.5362	0.004815 **
Mejoradores	1	0.3437	0.3437	0.6223	0.448496
Residual	10	5.5235	0.5523		
C.V.= 19.82					

** = altamente significativo, con un $P < 0.01$

En el cuadro 6.36 y figura 6.16 se muestra los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente existe diferencia significativa ($P > 0.05$) entre labranzas. Siendo la Labranza Vertical (NL) con una media de 23.33 insectos en un volumen de 0.0135 m^3 , diferente de la Labranza Convencional (LC) y Labranza Cero (NL); pero, éstas últimas, estadísticamente iguales.

Cuadro 6.36.- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre labranzas (monocultivo).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA Individuos / m³
LV	a †	23.33
LC	b	10.34
NL	b	10.23

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

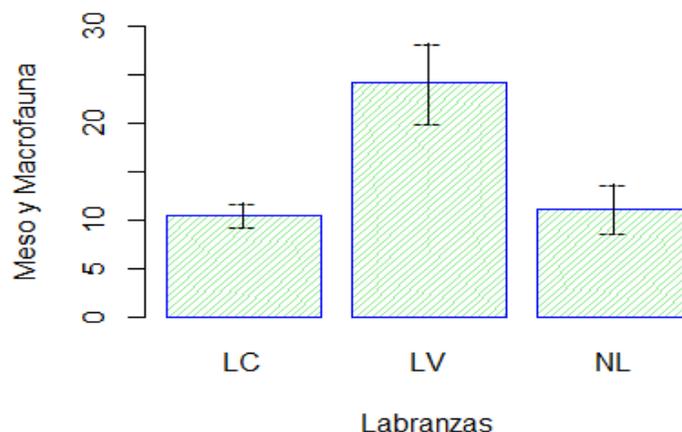


Figura 6.16.- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre labranzas (monocultivo).

La LC y LV tienen mayor cantidad de insectos, debido a mayor número de Coleopteros, Hormigas, Hemipteras, Collembola y Lepidoptera tal como lo menciona Marín y Feijoo (2007).

Para el factor mejorador, como se observa en el resultado del análisis de varianza, no existen diferencias significativas para los tratamientos estudiados (Anexo S).

6.4.5.- Análisis para la variable Lombrices (Rotación).

En el cuadro 6.37 se muestra el resultado del análisis de varianza para lombrices en el sitio de rotación, cultivado en éste periodo de Avena forrajera. Donde se observa que estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el factor labranzas y entre mejoradores. Es importante mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos con un coeficiente de variación de 55.73 %.

Cuadro 6.37.- Análisis de varianza para la variable Lombrices (rotación).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	1.337	0.66841	1.4187	0.28683
Labranzas	2	4.195	2.09768	4.4523	0.04142 *
Mejoradores	1	2.934	2.93412	6.2276	0.03169 *
Residual	10	4.7115	0.47115		
C.V.= 55.73					

*= significativo, con un $P < 0.05$.

En el cuadro 6.38 y figura 6.17 se muestra el resultado de comparación de medias mediante la prueba de Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente existe diferencias significativa ($P < 0.05$) entre labranzas. Siendo la Labranza Convencional (LC) con una media de 3.31 Lombrices en un volumen de 0.0135 m³., diferente de la Labranza Vertical (LV), pero estadísticamente igual a la Labranza Cero (NL).

Cuadro 6.38.- Comparación de medias de No. de lombrices entre labranzas (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA Lombrices/ 0.0135 m³
LC	a †	4.00
NL	ab	2.00
LV	b	0.83

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

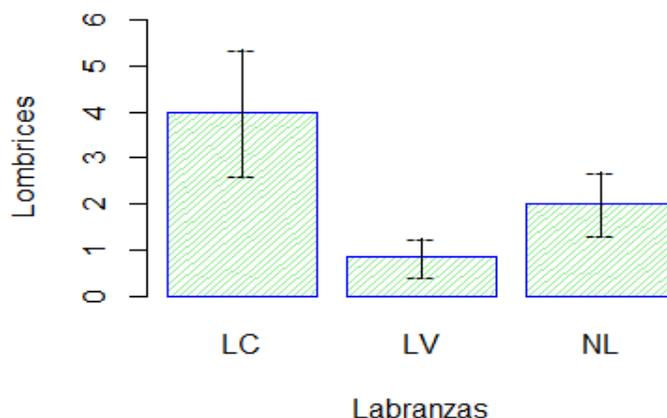


Figura 6.17.- Comparación de medias de No. de lombrices entre labranzas (rotación).

Demostrando que en los primeros dos y tres años la labranza convencional logra tener un mayor número de lombrices en comparación de la labranza cero (Kladivko, 2001). Marín y Feijoo (2007) reportaron que en suelos perturbados tiene un mayor número de insectos aunque menor diversidad y abundancia de macroinvertebrados en comparación de la cero.

Para el factor mejorador, en el cuadro 6.39 y figura 6.18 se observa que estadísticamente existe diferencia significativa entre mejoradores por la prueba de Tukey ($P > 0.05$). Siendo la Algaenzimas (M3) el mejor tratamiento y diferente del testigo.

Cuadro 6.39.- Comparación de medias de No. de lombrices entre mejoradores (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA Lombrices/ 0.0135 m ³
M3	a †	3.11
M0	b	1.44

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

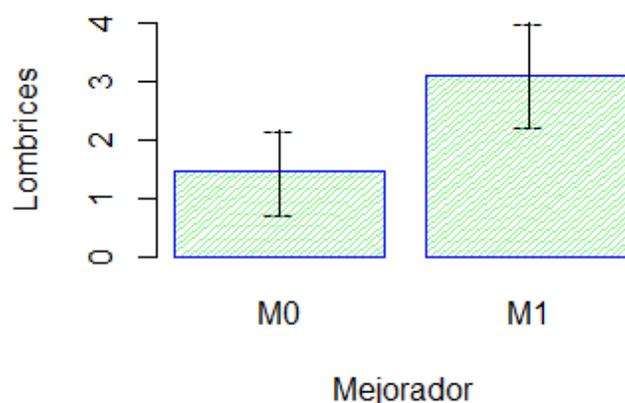


Figura 6.18.- Comparación de medias de No. de lombrices entre mejoradores (rotación).

6.4.6.- Análisis para la variable Lombrices (Monocultivo).

En el cuadro 6.40 se muestra el resultado del análisis de varianza para la variable lombrices en el sitio de monocultivo. Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el factor labranzas y tampoco en el factor mejoradores. Cabe mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos con un coeficiente de variación de 60.11%.

Cuadro 6.40.- Análisis de varianza para la variable Lombrices (monocultivo).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	11.462	5.731	12.4911	0.001909 **
Labranzas	2	1.0067	0.5034	1.0971	0.370882
Mejoradores	1	0.0062	0.0062	0.0135	0.909816
Residual	10	4.5880	0.4588		
C.V.= 60.11					

** = altamente significativo, con un $P < 0.01$

Para los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P>0.05$) entre labranzas y tampoco entre el factor mejoradores (ver anexo T).

6.5.- ANALISIS PARA EL CULTIVO FRIJOL (rotación) (PERIODO VERANO 2014).

6.5.1.- Análisis para la variable Lombrices (Frijol).

En el cuadro 6.41 se muestra el resultado del análisis de varianza para lombrices. Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P<0.05$) entre el factor labranzas y tampoco para el factor mejoradores. Es importante mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos confiables con un coeficiente de variación de 43.33 %.

Cuadro 6.41.- Análisis de varianza para la variable Lombrices (frijol).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	105.861	52.931	15.2075	0.0009274 ***
Labranzas	2	12.694	6.347	1.8236	0.211239
Mejoradores	1	11.681	11.681	3.3559	0.096871
Residual	10	34.806	3.481		
C.V.= 43.33					

*** = altamente significativo, con un $P<0.001$.

Se muestran los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P>0.05$) entre labranzas y tampoco entre el factor mejoradores (ver anexo U).

6.6.- ANALISIS PARA EL CULTIVO MAIZ (monocultivo) (PERIODO VERANO 2014).

6.6.1.- Análisis para la variable Lombrices (Maíz).

En el cuadro 6.42 se muestra el resultado del análisis de varianza para lombrices. Donde se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el factor labranzas y tampoco para el factor mejoradores. Es importante mencionar que se realizó un diseño factorial, por tanto en las interacciones entre los factores no fue significativo, teniendo datos con un coeficiente de variación de 55.46 %.

Cuadro 6.42.- Análisis de varianza para la variable Lombrices (maíz).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	2	6.75	3.375	0.6318	0.5516
Labranzas	2	6.333	3.1667	0.5928	0.5711
Mejoradores	1	2.722	2.7222	0.5096	0.4916
Residual	10	53.417	5.3417		
C.V.= 55.46					

Se muestran los resultados de comparación de medias mediante Tukey, en el cual se muestra que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) entre labranzas y tampoco entre el factor mejoradores (ver anexo V).

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

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos en esta investigación y de acuerdo a los objetivos e hipótesis planteados se concluye lo siguiente:

- Para el tercer año los sistemas de labranzas de conservación cero (NL) presentan un efecto positivo sobre el contenido de materia orgánica en el suelo a través del tiempo.
- La aplicación de micorriza (M1), composta (M2) y algaenzimas (M3) como mejoradores de suelo en todos los sistemas de labranzas estudiados no influyeron de manera significativa sobre el contenido de materia orgánica en el suelo.
- La actividad biológica de la meso y macrofauna del suelo en los sistemas de labranzas es baja, pero el sistema convencional (LC) demuestra tener mayor números de individuos en el suelo dentro de los tres primeros años para los factores estudiados.
- La aplicación de composta (M2) dentro de los tres primeros años no demostró ningún cambio significativo en la actividad biológica del suelo.
- Los órdenes predominantes fueron Collembola, Isopoda, Hymenoptera, Coleoptera y Haplotaxida (Lumbricidae), lo cual demuestra que a futuro estos insectos tendrán buena influencia en el suelo, porque la mayoría de las especies cumplen funciones de descomposición de la materia orgánica y mejoran las propiedades del suelo.

- Se descubrió que varios grupos de insectos como los Coleopteros, Hymenopteros, Collembolos y Hemipteros tienen capacidad para adaptarse a suelos perturbados por las labranzas, que hace posible su utilidad como indicadores de suelos perturbados.
- En función a los resultados obtenidos se recomienda desarrollar una investigación con mayor frecuencia de muestreo a lo largo del año, para observar el comportamiento de las diferentes especies de insectos y en qué condiciones del suelo ocurre la máxima población de insectos.
- Es importante mencionar que no hubo cambios significativos en los sistemas de labranzas, 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 no presentó diferencias significativas en comparación a labranza, mejorador y cultivo establecidas, por tanto es importante mencionar que hasta la fecha se encuentran dentro de los parámetros deseados o que se emplean como benéficos para el suelo dentro de una población de 1×10^8 UFC/gss.
- 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 sí demostró mantener una mayor población numéricamente en comparación al testigo.
- 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.

Aguilera, S. S.M., Borie, B. G., Rouanet, M. J. L. y Peirano, V. P. 1998. Evaluación de carbono orgánico y bioactividad en un andisol sometido a distintos manejos agronómicos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Casilla 233, Santiago, Chile. Agricultura técnica (Chile) 58-D, Temuco, Chile.

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.

Baloriani, G. I., Paleólogos, M. F., Marasas, M. E. y Sarandón, S. J. 2009. Abundancia y Riqueza de la Macrofauna Edáfica (Coleóptera y Araneae), en Invernáculos Convencionales y en Transición Agroecológica. Arana, Argentina. *Revista Brasileira De Agroecología*, 4(2).

Barea, J. M., Pozo, M. J., Azcon, R., & Azcon-Aguilar, C. (2005). Microbial co-operation 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

Barrer, B. S. E. 2009. El uso de hongos micorrizicos Arbusculares como una alternativa para la agricultura. Bióloga, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Industrial de Santander, Calle 9, Carrera 27, ciudad universitaria, Bucaramanga, Colombia. *Facultad de Ciencias Agropecuarias* 124 Vol. 7 No. 1

Blunde, G. 1973. Effects of liquid seaweed extracts as fertilizers. *Proc. Seventh International Seaweed Symposium*. In ref. 3. School of Pharmacy. Politecnic, Park Road, Portsmouth, Hants, England.

Black, W. 1934. Recommended Soil Organic Matter Tests E.E. Schulte. Chapter 8

Bracho, A., Contreras, M., Villalobos, Y., Bracho, B., Quirós, M., Jiménez, L. y Larreal, M. 1999. Cambios en la cantidad y la biodiversidad de la mesofauna en un suelo degradado con aplicación de abono orgánico. (CONDES) de La Universidad del Zulia. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 16 Supl. 1: 187-195

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.

Bot, A. Y Benítez, J. 2005. The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food and production. FAO Soils bulletin 80. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 2005.

Brown, G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, C. J., Bueno, J., Moreno, G. A., Lavelle, P., Ordaz, V. y Rodríguez, C. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Depto. Biología de Suelos, Instituto de Ecología, A.C., A.P. 63, Xalapa, Ver., 91000, México.

Bulluck, L. R., Brosius, M., Evanylo, G. K. y Ristaino, J. B. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial physical and chemical properties on organic and conventional farms. Applied Soil Ecology 19: 147-160.

Camacho, A., M. Giles, A. Ortégón, M. Palao, B. Serrano y O. Velázquez. 2009. Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México.

Canales, L. B. 2000. Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. México. Terra Latinoamericana, vol. 17, núm. 3.

Canales, L. B. 2000. Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Seaweed-Enzymes: Possibilities for Stimulating Crop Yield and Improving Soil Quality. Terra volumen 17 número 3.

Canales, L. B. 2001. Uso de Derivados de Algas Marinas en la Producción de Tomate, Papa, Chile y Tomatillo. Resultados de Investigación. UAAAN-PalauBioquim, S.A. de C.V.

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.

Fernández, P. R. 2001. Las hormigas del suelo en México: diversidad, distribución e importancia (Hymenóptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana*. (n.s) Número especial 1: 189-238.

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.

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

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

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

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

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.

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

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

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

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.

Kattan, G.H., Correa, D., Escobar, F. y Medina, C. 2006. Los artrópodos de la hojarasca en bosques restaurados en los Andes colombianos: una comparación entre los bosques secundarios y plantaciones de árboles. *Ecología de la Restauración*, 14 (1): 95-102.

Kladivko, E. J. 2006. Tillage systems and soil ecology. Department of Agronomy, Purdue University, 1150 LILY, West Lafayette, IN 47907-1150, USA.

Lavelle, P. 1997. Faunal Activities and Soil Processes: Adaptive Strategies That Determine Ecosystem Function. *Avd. Ecol. Res.* 24: 93-132.

López, 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.

López, M. D. J., Díaz, E. A., Martínez, R. E. Y Valdez, C. R. D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Apartado Postal 142, 35000 Gómez Palacio, Durango, México. *Terra* volumen 19 numero 4, 2001.

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.

Marín, E. P., Feijoo, A., Peña, J. J. 2001. Cuantificación de la macrofauna en un vertisol bajo diferentes sistemas de manejo en el valle del Cauca, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. A. A. 237. *Revista Suelos Ecuatoriales*. Volumen 31-2

Marín, P. E. y Feijoo, M. A. 2007. Efecto de la labranza sobre macroinvertebrados del suelo en vertisoles de un área de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. *Terra Latinoamericana*, 25(3), 297-310.

Martelotto, H. E., Salas, E. y Lovera, E. 2001. El monocultivo de soja y la sustentabilidad de la agricultura cordobesa. Buenos Aires: Estación Experimental Agropecuaria Manfredi, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Martínez, E. S., Valle, P. S. y E. Acevedo. 2003. Evaluación de algunas propiedades físicas y químicas de un molisol asociadas a manejo en cero labranzas. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. PHI No 71 (1): 96-100.

Mogollón P. J., Torres, D. y Martínez, A. 2010. Cambios en algunas propiedades biológicas del suelo según el uso de la tierra en el sector el Cebollal, Falcón. Valenzuela, *Biagro* 22(3):217-222.

Mora, G. M., Ordaz, Ch. V., Castellano, J. Z., Aguilar, S. A., Gavi, f. y Volke, H. V. 2001. Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Campo Experimental Querétaro, México.

Navarro, B. A., Figueroa, S. B., Ordaz, C. V. M. y González, C. F. V. 2000. Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo de maíz y frijol. Colegio de Postgraduados. Montecillo México. *Terra Latinoamericana*, ISSN (Versión impresa): 1870-9982

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2008. Soil macro fauna field manual technical level. Institut de recherche pour le développement (IRD), Roma, Italia. P.13-17

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

Osuna, M., & Pérez-Amador, C. (2003). Metabolitos primarios y secundarios en la descomposición. *Ecología del Suelo en la Selva Tropical Húmeda de México*, 123.

Peña, V. C. P., Cardona, G. I., Arguelles, J. H. y Arcos A. L. 2007. Micorrizas arbusculares del Sur de la Amazonia Colombiana y su relación con algunos factores físico-químicos y biológicos del suelo. *Acta Amazónica*. Vol. 37(3) 2007: 327 – 326

Piccinini, S., & Bortone, G. (1991). The fertilizer value of agricultural manure: simple rapid methods of assessment. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 49, 197-208.

Pitti, A. 1997. Introducción a la biología, ecología y manejo de las malezas. Tegucigalpa, Honduras, HN, Zamorano Academic Press. 300p

Portugal, V. O., & Gómez, L. A. (1998). Microorganismos y biodiversidad. *Terra*, 16(3).

Reis, F.; Silva, M.; Teixeira, K.; Urquiaga, 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.

Rojas, F. P. 2001.Las hormigas del suelo en México: diversidad, distribución e importancia (himenóptera: formicidae). Departamento Biología de Suelos. Congregación El Haya 91070, Xalapa, Veracruz. México. *Acta Zool. Mex. (n.s)* Número especial 1: 189-238.

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

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

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

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.

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

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. InCONGRESO DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE AGRICULTURA ECOLÓGICA, Toledo (pp. 47-56).

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

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

Seldin, L., R.A. Suarez, D. Cruz, A. Nobrega, J. E. Parva, 1998. Comparison of *Paenibacillus azotofixans* strains isolated from rhizoplane rhizosphere annonsot. Associated soil from maize planted in two 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.

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

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

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.

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

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

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

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*. Pp429-43.

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

VIII.- ANEXO

A.- Comparación de medias del contenido de M.O entre mejoradores (monocultivo). Para el cultivo de avena en el periodo invierno 2013.

- Comparación de medias del contenido de M.O entre mejoradores (monocultivo).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (%)
M0	a †	1.99
M2	a	1.90
M3	a	1.89
M1	a	1.86

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

B.- Comparación de medias de No. de Hongos entre mejoradores (rotación). Para el cultivo de avena en el periodo invierno 2013.

- Comparación de medias de No. de Hongos entre mejoradores (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (No. de hongos/gr suelo)
M1	a †	4305.55
M3	a	3541.85
M2	a	3167.97
M0	a	3056.75

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

C.- Comparación de medias de No. de Bacterias entre Labranzas y entre mejoradores (Rotación). Para el cultivo de avena en el periodo invierno 2013.

- Comparación de medias de No. de Bacterias entre labranzas (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (No. de Bacterias/gr suelo)
LV	a †	49018845.81
LC	a	46331232.96
NL	a	33876485.76

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias de No. de Bacterias entre mejoradores (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (No. de Bacterias/gr suelo)
M1	a †	46834737.78
M2	a	46107617.29
M3	a	40568033.44
M0	a	38044828.47

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

D.- Comparación de medias de No. de Bacterias entre mejoradores (Monocultivo). Para el cultivo de avena en el periodo invierno 2013.

- Comparación de medias de No. de Bacterias entre mejoradores (monocultivo).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. Bacterias/ gr suelo
M1	a †	49553954.85
M2	a	47744810.90
M3	a	35979171.01
M0	a	34077048.38

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

E.- Comparación de medias de meso y macrofauna entre labranzas y entre mejoradores (Rotación). Para el cultivo de avena en el periodo invierno 2013.

- Comparación de medias de meso y macrofauna entre labranzas (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA Individuos / m ³
LC	a †	2.83
LV	a	2.67
NL	a	2.00

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias de meso y macrofauna entre mejoradores (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA Individuos / m ³
M2	a †	2.67
M0	a	2.33

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

F.- Comparación de medias de meso y macrofauna entre labranzas y entre mejoradores (Monocultivo). Para el cultivo de avena en el periodo invierno 2013.

- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre labranzas (monocultivo).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA Individuos / m ³
LC	a †	4.50
LV	a	2.83
NL	a	2.33

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre mejoradores (monocultivo).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA Individuos / m ³
M0	a †	3.56
M2	a	2.89

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

G.- Comparación de medias del contenido de materia orgánica entre mejoradores. Para el cultivo de frijol en el periodo verano 2013.

- Comparación de medias del contenido de materia orgánica entre mejoradores (frijol).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (%)
M3	a †	2.19
M0	a	2.14

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

H.- Comparación de medias del No. de Hongos/ gr suelo entre Labranzas y entre mejoradores. Para el cultivo de frijol en el periodo verano 2013.

- Comparación de medias de No. de hongos/ gr de suelo entre labranzas (frijol).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. Hongos/ gr de suelo
LC	a †	101257.85
NL	a	85443.96
LV	a	74820.84

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias de No. de hongos/ gr de suelo entre mejoradores (frijol).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. Hongos/ gr de suelo
M3	a †	90311.30
M0	a	84037.14

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

I.- Comparación de medias del No. de Bacterias entre Labranzas y entre mejoradores. Para el cultivo de frijol en el periodo verano 2013.

- Comparación de medias de UFC de Bacterias/ gr de suelo entre labranzas (frijol).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA UFC de bacterias/gss.
LC	a †	6.02
NL	a	5.15
LV	a	4.82

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias de UFC de Bacterias/ gr de suelo entre mejoradores (frijol).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA UFC de Bacterias/ gss
M3	a	5.61
M0	a	5.05

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Tiende a sobresalir el tratamiento Algaenzimas (M3). Por tanto, tiende a ser favorable para que se desarrolle más población bacteriana y fúngica en el suelo.

J.- Comparación de medias de la meso y macrofauna del suelo entre Labranzas y entre mejoradores. Para el cultivo de frijol en el periodo verano 2013.

- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre labranzas (frijol).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA Individuos/m ³
LC	a †	22.56
NL	a	19.18
LV	a	17.00

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre mejoradores (frijol).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA Individuos/m ³
M3	a †	20.52
M0	a	18.54

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

K.- Comparación de medias del No. de Lombrices Labranzas y entre mejoradores. Para el cultivo de frijol en el periodo verano 2013.

- Comparación de medias del No. de Lombrices entre labranzas (frijol).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. de lombrices/ 0.0138 m ³
NL	a †	3.30
LC	a	3.08
LV	a	2.63

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias del No. de Lombrices entre mejoradores (frijol).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. de lombrices/ 0.0138 m ³
M3	a †	3.30
M0	a	2.71

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

L.- Comparación de medias del contenido de materia orgánica entre mejoradores. Para el cultivo de Maíz en el periodo verano 2013.

- Comparación de medias del contenido de M.O. entre mejoradores (frijol).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (%)
M0	a †	2.21
M3	a	2.12

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

M.- Comparación de medias del No. de Hongos/ gr suelo Labranzas y entre mejoradores. Para el cultivo de Maíz en el periodo verano 2013.

- Comparación de medias del No. de Hongos/ gr suelo entre labranzas (maíz).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. Hongos/ gr de suelo
LC	a †	104164.40
LV	a	85215.89
NL	a	82064.32

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias del No. de Hongos / gr suelo entre mejoradores (maíz).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA
		No. Hongos/ gr de suelo
M0	a †	97382.75
M3	a	83343.13

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

N.- Comparación de medias del No. de Unidad Formadoras de Colonia (UFC) de Bacterias / gr suelo entre Labranzas y entre mejoradores. Para el cultivo de Maíz en el periodo verano 2013.

- Comparación de medias de UFC/ gr de suelo de Bacterias entre labranzas (maíz)

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA
		UFC/ gr de suelo
LC	a †	6.21
LV	a	4.81
NL	a	4.39

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias de UFC/ gr de suelo de bacterias entre mejoradores (maíz).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA
		UFC/ gr de suelo
M3	a †	5.36
M0	a	4.92

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

O.- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre Labranzas y entre mejoradores. Para el cultivo de Maíz en el periodo verano 2013.

- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre labranzas (Maíz).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. individuos / 0.0135 m ³
NL	a †	26.75
LC	a	22.21
LV	a	16.00

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre mejoradores (maíz).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. individuos / 0.0135 m ³
M3	a	21.72
M0	a	21.11

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

P.- Comparación de medias del No. de Lombrices entre mejoradores. Para el cultivo de Maíz en el periodo verano 2013.

- Comparación de medias del No. de Lombrices entre mejoradores (maíz).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. Lombrices/ 0.0135 m ³
M0	a †	8.44
M3	a	7.56

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Q.- Comparación de medias del contenido de materia orgánica entre mejoradores (Monocultivo). Para el cultivo de Avena en el periodo invierno 2014.

- Comparación de medias del contenido de M.O. entre mejoradores (Monocultivo).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA (%)
M3	a †	2.19
M0	a	2.16

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

R.- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre Labranzas y entre Mejoradores (Rotación). Para el cultivo de Avena en el periodo invierno 2014.

- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre labranzas (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. individuos/ 0.0135 m ³
NL	a †	13.50
LC	a	13.17
LV	a	9.83

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre mejoradores (rotación).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. individuos/ 0.0135 m ³
M0	a †	13.22
M3	a	11.11

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

S.- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre Mejoradores (Monocultivo). Para el cultivo de Avena en el periodo invierno 2014.

- Comparación de medias de la meso y macrofauna entre mejoradores (monocultivo).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. individuos/ 0.0135 m ³
M3	a †	15.11
M0	a	13.04

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

T.- Comparación de medias del No. de Lombrices entre Labranzas y entre Mejoradores (Monocultivo). Para el cultivo de Avena en el periodo invierno 2014.

- Comparación de medias del No. de Lombrices entre labranzas (monocultivo).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. Lombrices/ 0.0135 m ³
LV	a †	2.11
LC	a	1.05
NL	a	0.81

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias del No. de Lombrices entre mejoradores (monocultivo).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. Lombrices/ 0.0135 m ³
M3	a †	1.31
M1	a	1.23

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

U.- Comparación de medias del No. de Lombrices entre Labranzas y entre Mejoradores. Para el cultivo de Frijol en el periodo verano 2014.

- Comparación de medias del No. de Lombrices entre labranzas (frijol).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. Lombrices/ 0.0135 m ³
LC	a †	5.17
NL	a	4.58
LV	a	3.17

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias del No. de Lombrices entre mejoradores (frijol).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. Lombrices/ 0.0135 m ³
M3	a †	5.11
M0	a	3.50

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

V- Comparación de medias del No. de Lombrices entre Labranzas y entre Mejoradores. Para el cultivo de Maíz en el periodo verano 2014.

- Comparación de medias del No. de Lombrices entre labranzas (maíz).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. Lombrices/ 0.0135 m ³
LV	a †	4.67
NL	a	4.50
LC	a	3.33

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

- Comparación de medias del No. de Lombrices entre mejoradores (maíz).

COMPARACION DE MEDIAS		
TRATAMIENTO	GRUPO	MEDIA No. Lombrices/ 0.0135 m ³
M0	a †	4.56
M3	a	3.78

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.