



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
AGRARIA**



“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA



**CUANTIFICACIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD QUÍMICA DE UN SUELO
FRANCO ARCILLOSO BAJO TRES SISTEMAS DE LABRANZA**

POR:

ALFREDO LÓPEZ VÁZQUEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

MARZO 2015

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

**CUANTIFICACIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD QUÍMICA DE UN SUELO
FRANCO ARCILLOSO BAJO TRES SISTEMAS DE LABRANZA**

POR:

ALFREDO LÓPEZ VÁZQUEZ


TESIS

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

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobado por el comité de tesis

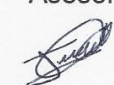
Asesor principal:


Dr. Martín Cadera Zapata

Asesor


M. C. Tomas Gaytan Muñiz

Asesor


Ing. Juan Carlos Rodríguez Núñez
Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

Coordinador de División de Ingeniería


Dr. Luis Samaniego Moreno



**Coordinación de
Ingeniería**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2015

DEDICATORIA

María Elizabeth y Oscar López: por haberme traído a este mundo. por ser las únicas personas que más quiero en esta vida, por el gran apoyo que me han brindado para lograr unas de mis metas, por lo buenos consejos que me han brindado siempre y los ánimos que me dan para seguir adelante y triunfar en esta vida, que a pesar de sus diferencias de cada uno , y por las muchas circunstancias que han pasado, siempre están ahí para apoyarme, haciendo lo posible para que yo tenga una vida mejor, a los dos los quiero mucho sin ustedes no hubiera logrado una de mis metas..

A mi tío Misael, mi abuelita Bertha, mi abuelito Roberto a ellos porque siempre me han animado y me han dado consejos para seguir adelante y ser una persona con buenos valores y actitudes positivas.

A mis hermanos: Sergio, Rudy y Marco Antonio que a pesar de nuestras diferencias y que no tengamos una excelente amistad, siempre me han apoyado cuando tienen las posibilidades y de una manera u otra siempre me han dado ejemplos a seguir para ser una mejor persona en esta vida.

Y a todos mis demás amigos por todos esos momentos divertidos y agradables que pase junto a ellos durante mi estancia en Saltillo, por sus buenos consejos y ejemplos a seguir. Por haberme brindado su valiosa amistad.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi Alma Terra Mater, la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por brindarme las puertas para culminar una etapa más en mi vida, siempre me sentiré orgulloso de ser parte de dichosa universidad.

A los maestros del departamento de maquinaria agrícola por las grandes enseñanzas, consejos y valores que me transmitieron durante el transcurso de la carrera.

A mis compañeros de la generación CXVIII de la carrera ingeniero mecánico agrícola con los que compartí muchas experiencias durante el transcurso de mi carrera, a los que siempre agradeceré por brindarme su amistad, en donde quiera que estén les deseo lo mejor en su vida profesional.

Al Dr. Martín por ser el asesor principal en esta investigación y por darme la oportunidad de realizar dicha investigación. Por el apoyo que me brinda en algunas ocasiones.

Al Ing. Juan Carlos Rodríguez Núñez por brindarme su apoyo en la realización de la investigación, por guiarme para concluir de una manera satisfactoria en dicho trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.	ix
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Importancia de los indicadores químicos del suelo.	1
1.3 Importancia de los sistemas de labranza en suelos cultivables.	2
1.4 Mejoradores del suelo.	2
1.5 OBJETIVO GENERAL.	3
1.5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.6 HIPÓTESIS.	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.	4
2.1 Composición fundamental de un suelo apto para actividades agrícolas.	4
2.1.1 Fase solida.....	5
4.1.2 Fase líquida.	5
2.1.3 Fase gaseosa del suelo.	6
2.2 Características generales del suelo.	6
2.2.1 Perfil del suelo.....	6
2.2.2 Textura y estructura del suelo.....	7
2.2.3 Color del suelo.	8
2.2.4 Porosidad.....	8
2.2.5 Profundidad efectiva.	8
2.3 Indicadores de calidad química de un suelo.	9
2.3.2 Algunos indicadores de calidad química.	10
2.3.3 Nitrógeno (N) en el suelo.	11
2.3.4 Fósforo (P).	13
2.3.5 Potasio en el suelo.....	14
2.3.6 Conductividad eléctrica en el suelo.....	15
2.3.7 PH en el suelo.....	17

2.4 Sistemas de labranza.....	18
2.4.1 Tipos de labranza.....	18
2.4.2. Clasificación de la labranza.	20
2.4.3 Efectos de los sistemas de labranza en un suelo agrícola.....	21
2.5 Mejoradores de suelo.....	22
2.5.1 Efecto de los mejoradores del suelo.	23
2.5.2. Abonos orgánicos.	24
2.5.3. Aplicación de las algas en la agricultura.	25
2.6 Materia orgánica del suelo.	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	28
3.1 Localización del sitio experimental.....	28
3.2 Materiales.....	28
3.3 Mediciones y Análisis.	29
3.3.1 Distribución de las parcelas.	29
3.4 Métodos utilizados para la determinación de las calidades químicas del suelo. ..	31
3.4.1 Determinación de la materia orgánica.....	31
3.4.2 Determinación del potasio.....	32
3.4.3 Determinación del % de Nitrógeno total por el método de estimado.....	33
3.4.4 Determinación del fósforo por el Método de Olsen modificado.	33
3.4.5 Determinación de la conductividad eléctrica por el método de conductivímetro.	35
3.4.6 Determinación del pH por el método potenciómetro.	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	39
4.1 Análisis estadístico de la conductividad eléctrica con respecto a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.....	39
4.1.1 Análisis estadístico de la conductividad eléctrica con respecto a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de Maíz.	42
4.2 Análisis estadístico del contenido de fósforo con respecto a la profundidad de 0- 15cm en el cultivo de frijol.	45
4.2.1 Análisis estadístico del contenido de fósforo con respecto a la profundidad de 0-15cm en el cultivo de maíz.	48

4.3.1 Análisis estadístico del contenido del nitrógeno con respecto a la profundidad de 0-15cm en el cultivo de maíz.	54
4.4 Análisis estadístico del contenido de pH con respecto a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.	56
4.5 Análisis estadístico del contenido de potasio con respecto a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.	61
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	69
VI. BIBLIOGRAFÍA.	71

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos para monitorear los cambios que ocurren en el suelo. -----	10
Cuadro 2. Nivel de potasio en el suelo de regiones semiáridas y templadas de México. -----	14
Cuadro 3. Clasificación de los abonos orgánicos. -----	25
Cuadro 4. Datos para la curva de calibración para cuantificar el Fósforo. -----	35
Cuadro 5. Clasificación de la conductividad eléctrica. -----	37
Cuadro 6. Escala de los valores de pH. -----	38
Cuadro 7. Análisis de varianza con respecto a la conductividad eléctrica total a una profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol. -----	40
Cuadro 8. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto a la conductividad eléctrica a una profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol. -----	40
Cuadro 9. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto a la conductividad eléctrica a una profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol. -----	41
Cuadro 10. Análisis de varianza con respecto a la conductividad eléctrica total a una profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. -----	43
Cuadro 11. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto a la conductividad eléctrica a una profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. -----	43
Cuadro 12. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto a la conductividad eléctrica a una profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. -----	44

Cuadro 13. Análisis de varianza con respecto al contenido de fósforo total a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol. -----	46
Cuadro 14. Análisis de varianza con respecto al contenido de fósforo total a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol. -----	47
Cuadro 15. Comparación de medias entre tratamientos de mejoradores en relación con el contenido de fósforo en el cultivo de frijol.-----	47
Cuadro 16. Análisis de varianza con respecto al contenido de fósforo en la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. -----	49
Cuadro 17. Comparación de medias de los sistemas de labranza en relación al contenido de fosforo en el cultivo de maíz a la profundidad de 0-15 cm. -----	49
Cuadro 18. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de fósforo a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. -----	50
Cuadro 19. Análisis de varianza con respecto al contenido de nitrógenos a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol. -----	52
Cuadro 20. Comparación de medias en relación con el contenido de nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol. -----	52
Cuadro 21. Análisis de varianza en relación con el contenido de nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. -----	54
Cuadro 22. Comparación de medias en relación con el contenido de nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. -----	55
Cuadro 23. Análisis de varianza en relación con el contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol. -----	57
Cuadro 24. Comparación de medias en relación con el contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol. -----	57
Cuadro 25. Análisis de varianza con respecto al contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. -----	59
Cuadro 26. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto al contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.-----	60
Cuadro 27. Análisis de varianza con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol. -----	62

Cuadro 28. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.-----	62
Cuadro 29. Análisis de varianza con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. -----	64
Cuadro 30. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. -----	65
Cuadro 31. Análisis de medias de los tratamientos de labranza y mejoradores con interacciones entre dichos tratamientos con respecto al contenido de potasio en el cultivo de maíz.-----	67

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Composición promedio del suelo.	4
Figura 2. Perfil y horizontes del suelo.....	6
Figura 3. Diagrama triangular de clases texturales del suelo.	7
Figura 4. Ciclo del nitrógeno.....	12
Figura 5. Diagrama de flujo de las actividades realizadas.....	29
Figura 6. Arreglo experimental de las parcelas y distribución de los tratamientos.	30
Figura 7. Comparación de medias entre tratamientos de labranza con respecto a la conductividad eléctrica, en el cultivo de frijol a la profundidad de 0-15 cm.	41
Figura 8. Comparación de medias entre mejoradores con respecto a la conductividad eléctrica en el cultivo de frijol a la profundidad de 0-15 cm.	42
Figura 9. Comparación de medias de los tratamientos de labranza con respecto a la conductividad eléctrica en el cultivo del maíz a la profundidad de 0-15 cm.	44
Figura 10. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto a la conductividad eléctrica en el cultivo de maíz a la profundidad de 0-15 cm.	45
Figura 11. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto al contenido de fósforo a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.	47
Figura 12. Comparación de medias entre tratamientos de mejoradores con respecto al contenido de fósforo en el cultivo de frijol.....	48

Figura 13. Comparación de medias de las labranzas en relación con el contenido de fósforo en el cultivo de maíz a una profundidad de 0-15cm. 50

Figura 14. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de fósforo a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. 51

Figura 15. Comparación de medias entre los sistemas de labranza con respecto al contenido de nitrógeno en el cultivo de frijol..... 53

Figura 16. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm. 53

Figura 17. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto al contenido de nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. 55

Figura 18. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz..... 56

Figura 19. Comparación de medias entre los sistemas de labranza con respecto al contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol..... 58

Figura 20. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol. 58

Figura 21. Comparación de medias entre los sistemas de labranza con respecto al contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. 60

Figura 22. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz..... 61

Figura 23. Comparación de medias entre los sistemas de labranza con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol..... 63

Figura 24. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol. 63

Figura 25. Comparación de medias entre los sistemas de labranza con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz. 66

Figura 26. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de Maíz..... 66

Figura 27. Interacción entre las medias de los tratamientos de labranza y mejoradores con respecto al contenido de potasio en el cultivo de maíz..... 68

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se hizo con la finalidad de cuantificar la calidad química de un suelo franco arcilloso bajo tres sistemas de labranza (labranza convencional, labranza vertical y labranza cero). Determinar el efecto que provocan los tres sistemas de labranza en las propiedades químicas del suelo en un periodo a corto plazo.

Primeramente se preparó el suelo, utilizando el diseño experimental de bloque al azar con factorial A y B, con tres repeticiones por tratamiento, teniendo 9 parcelas de 40 x 12 m, cada una dividida en 4 subparcelas, teniendo también una parcela de calibración.

Se realizó la preparación del suelo con labranza convencional (LC), labranza vertical (LV) y labranza cero (L0), seguidamente se llevo a cabo la aplicación del mejorador alga enzima 1 L ha^{-1} y posteriormente la siembra del cultivo. Se tomaron muestras a final del ciclo del cultivo a una profundidad de 0-15 cm en todas las subparcelas, las muestras fueron llevadas a los laboratorios del departamento de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y dichas muestras se analizaron para determinar el contenido de cada propiedad química del suelo (N, K, P, CE y pH).

Finalmente los datos obtenidos en el laboratorio fueron analizados y comparados en el software estadístico R versión 2.14.0, en el cual se encontraron diferencias significativas en contenido de nitrógeno, potasio, fósforo y conductividad eléctrica con respecto a los sistemas de labranza, en el caso del pH no se encontraron diferencias significativas, a partir de este ciclo la labranza vertical y cero fueron las que causaron mayores efectos en los indicadores de calidad química del suelo franco arcilloso. En el caso de lo mejoradores no se encontraron diferencias significativas.

Palabras claves: sistemas de labranza, mejoradores de suelo, indicadores de calidad química de un suelo, alga enzimas.

Correo electrónico: Alfredo lopez vazquez fred.max@live.com.mx

I. INTRODUCCIÓN.

1.1 Generalidades.

El suelo está compuesto por, minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Las propiedades de cada suelo dependen de varios factores, tales como el tipo de roca que los originó, su antigüedad, el relieve, el clima, la vegetación y los animales que habitan en el suelo, además de las modificaciones causadas por la actividad humana como es la labranza del suelo para la producción de cultivos. El suelo tiene propiedades químicas, biológicas y físicas, en cuanto a las propiedades químicas del suelo dependen de la proporción de los distintos minerales y sustancias orgánicas que lo componen el suelo (<http://www.fao.org/docrep/009/ah645s/ah645s04.htm>, búsqueda 2014).

1.2 Importancia de los indicadores químicos del suelo.

El contenido de los elementos químicos del suelo debe ser abundante y equilibrado. Las propiedades físicas y químicas del suelo, unidas a los factores climáticos, determinan los vegetales y animales que pueden desarrollarse y la forma en que se debe cultivar la tierra. Como sabemos que para que las plantas crezcan y tengan un crecimiento adecuado y favorable necesitan de agua y minerales, las plantas absorben estos minerales por medio de sus raíces, por lo tanto podemos concluir que un suelo es fértil cuando cuenta con los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas (Bertsch, 1995).

Los suelos varían en cuanto a su fertilidad y su capacidad de retener agua y nutrientes en cantidades correctas para la agricultura.

De acuerdo con la FAO (2010), sólo un 11% de la superficie de tierra del mundo tiene un suelo posible de ser cultivado sin necesidad de mejora. El resto es demasiado húmedo, seco o frío, demasiado poco profundo, químicamente inservible, o simplemente demasiado empinado. La mayor parte de las tierras más apropiadas para la agricultura se encuentra en el Hemisferio Norte — América del Norte, Europa, Rusia

y China. En el mundo como un todo, sólo un tercio del total de la tierra cultivable se halla en uso, pero esta proporción varía de región en región.

1.3 Importancia de los sistemas de labranza en suelos cultivables.

Los implementos de labranza bien empleados y en su debida oportunidad, son necesarios en algunos casos para mejorar las condiciones físicas del suelo (Florentino, 1989). La implementación de la labranza permite la penetración de las raíces de las plantas, que ayudará a unas mejores condiciones hidrológicas (Marcano *et al.*, 1994).

La conservación de los suelos depende que sean utilizados de acuerdo a con sus aptitudes naturales y que sea manejado técnicamente adecuado, de lo contrario se corre el riesgo de generar efectos físicos, químicos y biológicos que traen como consecuencia la perdida de la fertilidad del suelo, la perdida de humus y materia orgánica en general así como el agotamiento de sustancias que lo hacen productivo, tanto biológicas como químicas, en las que los principales componentes son el nitrógeno, el fosforo y el potasio (INEGI, 2002).

La preparación de tierras es un componente esencial en el proceso de establecimiento y desarrollo de cultivos y al mismo tiempo es parte vital en el manejo integrado de plagas y enfermedades (García- Hernández, 2005).

1.4 Mejoradores del suelo.

Resulta importante incrementar la eficiencia del uso de los fertilizantes para evitar la degradación de los suelos. Por lo tanto, es necesario implementar tecnologías que permitan la aplicación de los fertilizantes en el sitio y el cultivo específico con el objetivo de cumplir los nutrientes que demanda tal cultivo (Ramos-Terry, 2014).

En la actualidad, uno de los tipos de abonos que son más utilizados son el limbrocompost, compostaje, bokashi y los extractos vegetales, estos abonos requieren de un proceso de elaboración para ser aplicados al suelo y tienen en común el aporte

de nutrientes y la mejoría en las propiedades tanto físicas como químicas del suelo (López, 1994; Soto *et al.*, 2002).

La importancia que han tenido los abonos orgánicos, es que mejoran las condiciones tanto físicas como químicas del suelos, así como también ayudan a suelos con bajo contenido de materia orgánica, pobres en nutrientes y bajos en población microbiana (Salaya, 2010).

1.5 OBJETIVO GENERAL.

Determinar el efecto que causan los sistemas de labranza cuantificando los indicadores de calidad química de un suelo franco-arcilloso.

1.5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✓ Analizar los efectos de los sistemas de labranza hacia las propiedades químicas de un suelo arcilloso en un periodo a corto plazo.
- ✓ Cuantificar los indicadores de calidad química del suelo bajo los tres sistemas de labranza.
- ✓ Determinar si el mejorador (Alga enzima), incrementa la fertilidad mediante la liberación de nutrientes.

1.6 HIPOTESIS.

La combinación de un sistema de labranza y un mejorador, incrementarán la calidad química de un suelo franco-arcilloso en un periodo a corto plazo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 Composición fundamental de un suelo apto para actividades agrícolas.

Un suelo agrícola es un tipo especial de suelo que debe contar con ciertos elementos para que lo conviertan en suelo apto para el crecimiento de cultivos. Además de ser un suelo fértil, con una importante composición de humus.

Un suelo que se utiliza con fines de producción agrícola solo suelen considerarse el suelo y subsuelo en que se desarrollan las raíces de las plantas. Además de servir de soporte o anclaje a la planta, el suelo tiene que suministrar a las raíces unas cantidades equilibradas de aire, agua y nutrientes minerales (Anserona, 1994).

Como se muestra en la figura 1, el suelo se compone de tres fases que son, la fase solida, liquida y gaseosa, cuya composición y proporciones dependen de la naturaleza del suelo y de las condiciones ambientales (Anserona, 1994).

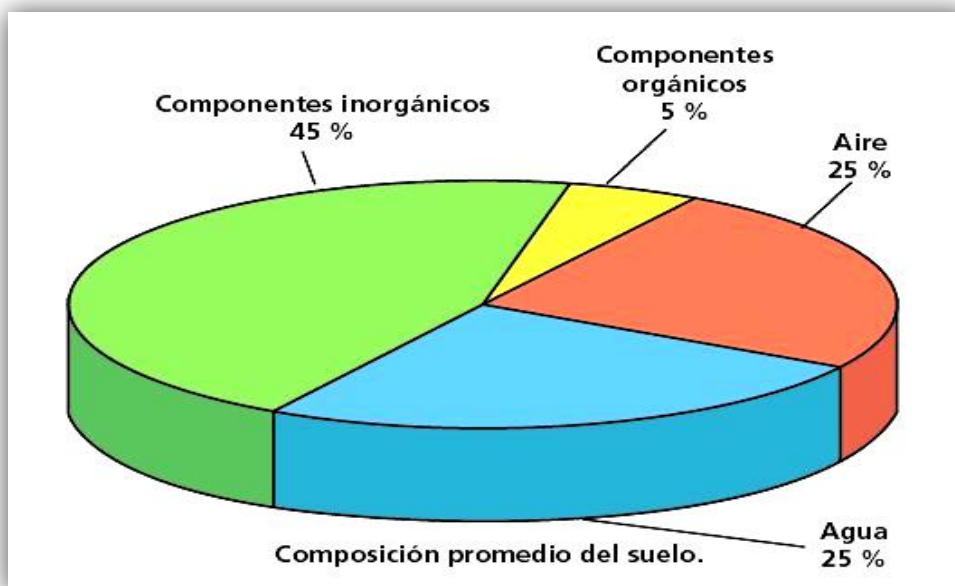


Figura 1. Composición promedio del suelo.

2.1.1 Fase solida.

La fase solida de un suelo natural contiene proporciones variables de componente mineral y orgánico. La fracción mineral procede de la meteorización o descomposición de la roca madre por acción de los agentes climáticos, mientras que la materia orgánica está constituida principalmente por residuos de organismos vegetales y animales, en diferentes estados de descomposición. Por término medio los suelos de cultivo suelen contener entre el 2 y el 10 % de materia orgánica, que influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Anserona, 1994).

La fase solida comprende una fracción mineral de 45 %. La porción mineral está constituida por partículas de diferentes tamaños denominadas, estas partículas se clasifican principalmente en tres grupos que son:

- Arcillas: Aquellas con diámetro menor de 0.002 mm
- Limos: cuyo diámetro de las partículas oscila entre 0.002 y 0.05 mm
- Arenas: con un diámetro de las partículas entre 0.05 y 2 mm

Los componentes sólidos inorgánicos del suelo poseen cargas electrostáticas en su superficie, las cuales pueden ser grandes, y lo son particularmente en las fracciones de arcilla y de materia orgánica (Barrios, 2012).

4.1.2 Fase liquida.

En la fase liquida, el agua del suelo puede contener elementos en la solución, así como partículas sólidas en suspensión material coloidal soluble o pseudosoluble. Los iones disueltos precipitan al secarse el suelo y al añadir agua vuelven a disolverse. Como resultado de la hidratación, una serie de moléculas de agua quedan rodeando a cada ion (Porta *et al.*, 2003).

La fase liquida del suelo o agua del suelo representa el 25% del volumen total del suelo y es importante porque garantiza el suministro de agua para que las plantas puedan llevar a cabo el proceso de la transpiración (Blanco, 2003).

2.1.3 Fase gaseosa del suelo.

Representa alrededor del 25% del volumen total del suelo y está formada por el espacio poroso que facilita la circulación del aire y el agua a través del perfil del suelo, para que las raíces de las plantas y los microorganismos puedan llevar a cabo el proceso de respiración (Blanco, 2003).

2.2 Características generales del suelo.

El suelo es una capa dinámica en la que tiene lugar numerosos y complejos procesos físicos, químicos y biológicos. Es cambiante y se encuentra en continuo desarrollo, sujeto a condiciones del clima, topografía y vegetación.

2.2.1 Perfil del suelo.

El perfil está dado por los horizontes de diferente textura, color y consistencia, como se puede observar en la figura 2, el perfil tiene tres partes; Los horizontes A y B son el suelo propiamente dicho, el horizonte C es el subsuelo o lecho madre erosionado; bajo ésta última se encuentra la roca madre erosionada u horizonte D.

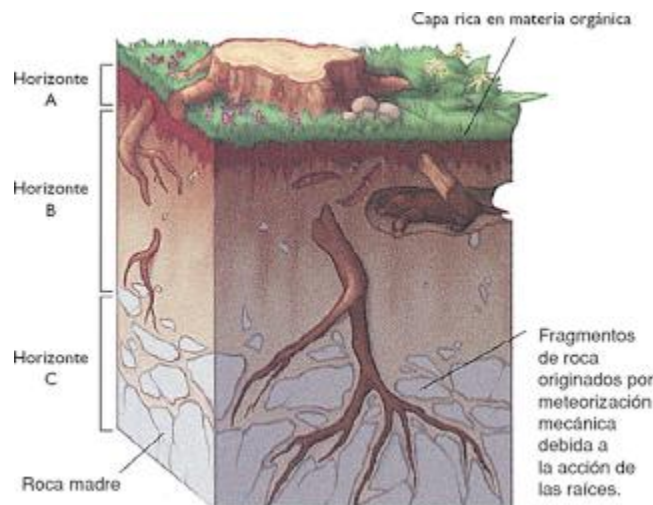


Figura 2. Perfil y horizontes del suelo.

2.2.2 Textura y estructura del suelo.

La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. El término textura se usa para representar la composición granulométrica del suelo. Cada término textural corresponde con una determinada composición cuantitativa de arena, limo y arcilla.

La composición granulométrica o textura del suelo se representa gráficamente por medio de diagramas triangulares. El triángulo de textura permite relacionar las propiedades de campo de un suelo con su distribución de tamaño de partícula, asignándole el nombre de una familia que refleja las fracciones que predominan: arenosa, arcillosa y limosa (Anserona, 1994).

La estructura del suelo está relacionada a la forma en que las partículas se agrupan en fragmentos mayores mantenidos juntos por los coloides del suelo (textura). La estructura puede ser en bloques, granular, prismática, laminar. La estructura influye en la proporción de agua que es absorbida (García, 2005).

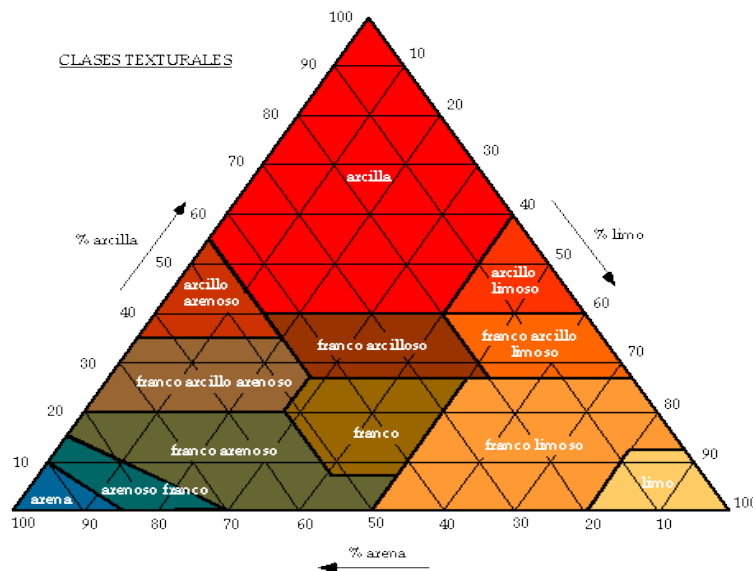


Figura 3. Diagrama triangular de clases texturales del suelo.

2.2.3 Color del suelo.

De acuerdo con García (2005), El color del suelo puede decir mucho acerca de cómo está formado y de sus componentes. Los horizontes se distinguen por sus diferentes coloraciones. Aumentan en intensidad desde el blanco al negro pasando por el pardo a medida que aumenta el porcentaje de humus que es materia orgánica. El color rojo indica que el agua se infiltra fácilmente a través del suelo (además que posee hierro). En los climas húmedos los suelos son grisáceos y azulados; suelos grises en climas secos es escasez de humus. El color blanco denota la presencia de sales.

2.2.4 Porosidad.

Menciona Santiago (2012), que la porosidad es el espacio poroso de un suelo ocupado por el aire y el agua. El aire fluye a través de los poros grandes y el agua a través de los más pequeños, creándose de esta manera un balance agua-aire en el sistema.

2.2.5 Profundidad efectiva.

La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrimentos indispensables.

Un suelo debe tener condiciones favorables para recibir, almacenar y hacer aprovechable el agua para las plantas, a una profundidad de por lo menos del mencionado metro. En un suelo profundo las plantas resisten mejor la sequía, ya que a más profundidad mayor capacidad de retención de humedad. De igual manera, la planta puede usar los nutrimentos almacenados en los horizontes profundos del subsuelo, si éstos están al alcance de las raíces. (<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/14/61286>, búsqueda 2014).

2.3 Indicadores de calidad química de un suelo.

La calidad del suelo debe definirse como la utilidad que tiene el suelo para un propósito en específico en una escala amplia del tiempo. El estado de las propiedades dinámicas de un suelo como son, el contenido de materia orgánica, diversidad de organismos y productos microbianos en un dicho periodo constituyen la calidad del suelo (Bautista *et al.*, 2004).

Bautista *et al.* (2004), mencionan que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo sean considerados indicadores de calidad deben cubrir las siguientes condiciones:

- a) Describir los procesos del ecosistema.
- b) Integrar propiedades físicas, químicas y biológicas.
- c) Ser accesibles a muchos usuarios y aplicables a condiciones de campo.
- f) Ser reproducibles y ser fáciles de entender, así como también ser sensitivas a los cambios en el suelo que ocurren por causa de la degradación antropogénica.

De acuerdo a Parr *et al.* (1992), la calidad del suelo, es la capacidad que dicho suelo tiene para producir cultivos sanos y nutritivos en forma sostenida a largo plazo y promover al mismo tiempo, la salud humana y animal sin deterioro de los recursos naturales.

Los indicadores son instrumentos de análisis que nos permiten simplificar, cuantificar e interpretar fenómenos complejos. Estos indicadores se aplican en muchos campos del conocimiento como son, la economía, salud, recursos naturales, etc. (Bautista *et al.*, 2004).

A continuación se presenta una tabla (cuadro1) que describe el conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos propuesto para monitorear los cambios que ocurren en el suelo (Bautista *et al.*, 2004).

Cuadro 1. Conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos para monitorear los cambios que ocurren en el suelo.

Propiedad	Relación con la condición y función del suelo	Valores o unidades relevantes ecológicamente; comparaciones para evaluación
Físicas		
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo	% de arena, limo y arcilla; pérdida del sitio o posición del paisaje
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión	cm o m
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad	minutos/2.5 cm de agua y g/cm ³
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica	% (cm ³ /cm ³), cm de humedad aprovechable/30 cm; intensidad de precipitación
Químicas		
Materia orgánica (N y C total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión	Kg de C o N ha ⁻¹
pH	Define la actividad química y biológica	comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana	dSm ⁻¹ ; comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental	Kg ha ⁻¹ ; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos
Biológicas		
C y N de la biomasa microbiana	Potencial microbiano catalítico y depósito para el C y N, cambios tempranos de los efectos del manejo sobre la materia orgánica	Kg de N o C ha ⁻¹ relativo al C y N total o CO ₂ producidos
Respiración, contenido de humedad y temperatura	Mide la actividad microbiana; estima la actividad de la biomasa	Kg de C ha ⁻¹ d ⁻¹ relativo a la actividad de la biomasa microbiana; pérdida de C contra entrada al reservorio total de C
N potencialmente mineralizable	Productividad del suelo y suministro potencial de N	Kg de N ha ⁻¹ d ⁻¹ relativo al contenido de C y N total

2.3.2 Algunos indicadores de calidad química.

Menciona Bautista *et al.* (2004), que los indicadores químicos propuestos en la tabla anterior (cuadro 1), se refieren al tipo que afectan las relaciones suelo-planta, calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos. Algunos indicadores son la disponibilidad de nutrientes, carbono orgánico total, carbono orgánico lábil, pH, conductividad eléctrica,

capacidad de absorción de fosfatos, capacidad de intercambio de cationes, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y potasio.

2.3.3 Nitrógeno (N) en el suelo.

El nitrógeno es un nutriente que es absorbido por la planta de dos maneras como ión amonio (+) y como ión nitrato (-), dos iones con cargas eléctricas diferentes, si se considera que la carga eléctrica del suelo es mayormente negativa, esto permitirá una mayor permanencia del amonio sobre la superficie de las partículas de suelo, mientras que por el otro lado el nitrato es rechazado por las cargas y por lo tanto estará en solución y a merced de ser lixiviados en caso de presencia de precipitaciones excesivas o por un exceso de riego; el nitrógeno es muy dinámico en el suelo y su permanencia en uno de los estados en que se presenta depende de varios factores, sin embargo la forma más estable en que se encuentra es como nitrato, por tal motivo se cuantifica la concentración en forma de nitrato para fines de nutrición (Alejo *et al.*, 2011).

2.3.3.1 Ciclo del nitrógeno.

Todas las formas de vida dependen del nitrógeno. Es el componente esencial de proteínas, ácidos nucleicos y otras macromoléculas fundamentales del metabolismo. Los organismos fotoautótrofos (plantas o algas) requieren por lo general de nitrato como forma de ingresar su nitrógeno, en la figura 4 se muestra el ciclo del nitrógeno (<http://www.iib.unsam.edu.ar/php/docencia/licenciatura/biotecnologia/2010/QuimicaBiol/ciclo.pdf>, búsqueda 2014).

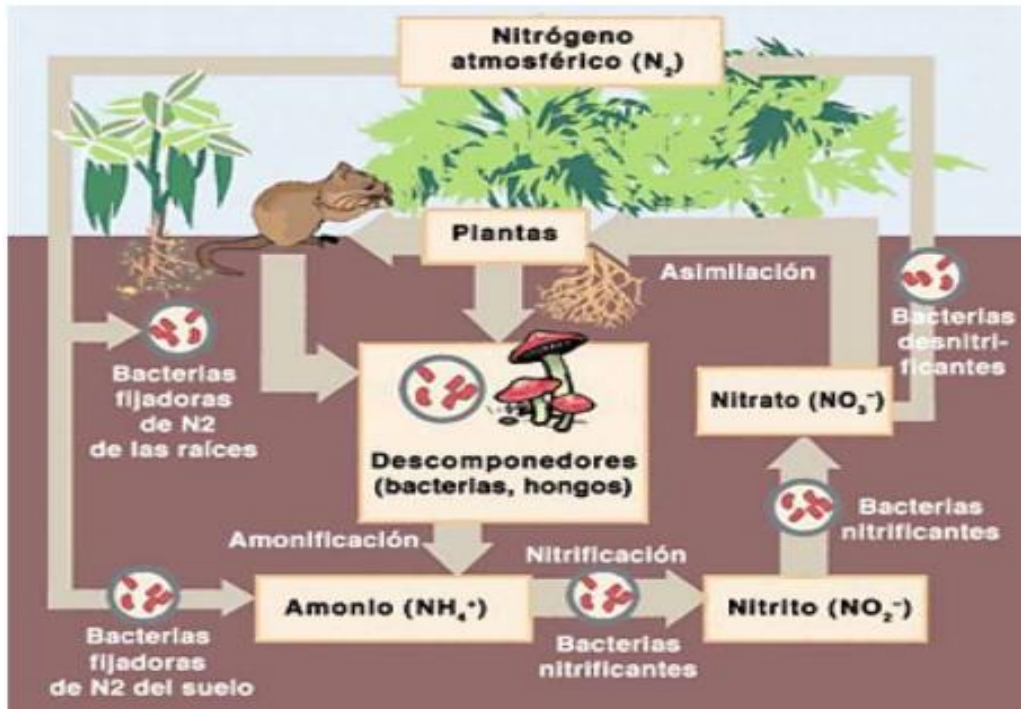


Figura 4. Ciclo del nitrógeno.

Los organismos autótrofos requieren típicamente un suministro de nitrógeno en forma de nitrato (NO_3^-), mientras que los heterótrofos lo necesitan en forma de grupos amino ($-NH_2$), y lo toman en sus alimentos formando parte de la composición de distintas biomoléculas. Los autótrofos reducen el nitrógeno oxidado que reciben como nitrato (NO_3^-) a grupos aminos reducidos (asimilación). Para volver a contar con nitrato hace falta que los descomponedores lo extraigan de la biomasa dejándolo en la forma reducida de ión amonio (NH_4^+), proceso llamado amonificación; y que luego el amonio sea oxidado a nitrato, proceso llamado nitrificación. El ciclo se completa con los procesos de fijación de nitrógeno, que origina compuestos solubles a partir del N_2 , y la desnitrificación que es una forma de respiración anaerobia que devuelve N_2 a la atmósfera completando el ciclo (figura 4) (<http://www.iib.unsam.edu.ar/php/docencia/licenciatura/biotecnologia/2010/QuimicaBiol/ciclo.pdf>, búsqueda 2014).

2.3.4 Fósforo (P).

La reducida disponibilidad de fósforo (P) en el suelo es uno de los principales factores que limita el crecimiento y rendimiento de los cultivos a nivel mundial, particularmente en los países en donde el acceso al fertilizante es restringido (Lynch, 2005).

El mejoramiento genético conducente al desarrollo de genotipos eficientes que mantengan o incrementen el crecimiento y rendimiento en condiciones de baja disponibilidad de P en el suelo, es una de las estrategias biológicas más atractivas para aumentar la productividad (Richardson *et al.*, 2011).

Menciona Jeanette *et al.* (2012), que el fósforo es relativamente inmóvil en el suelo y su disponibilidad decrece con la profundidad. Las plantas a través de las raíces, adquieren el fósforo (P) del suelo en forma de fosfato (P_i). Sin embargo, la concentración de fósforo en la solución del suelo es reducida (0.1 a 10 μM) y el acceso de fosfato hacia la superficie de las raíces por difusión es limitado. Las plantas han desarrollado diferentes estrategias fisiológicas y morfológicas para adaptarse a condiciones de escasas de fósforo disponible.

En etapa de plántula la mayor parte del sistema radical de maíz lo constituyen las raíces seminales, las cuales contribuyen eficazmente a aumentar la adquisición de P en condiciones restrictivas (Zhu *et al.*, 2006).

De acuerdo al estudio por Jeanette *et al.* (2012), se confirmó que el incremento de la longitud de las raíces seminales está correlacionado con la eficiencia a fósforo. En condiciones limitantes de fósforo es común que incremente la longitud de los pelos radicales. Los resultados de este estudio corroboraron que la deficiencia de fósforo estimuló el incremento en la densidad y longitud de pelos radicales en la raíz primaria y seminal de los genotipos eficientes.

Por otro lado Santiago (2012), Evaluó el efecto que causan tres mejoradores en la propiedades químicas de un suelo franco- arcilloso a dos diferentes profundidades de 0 a 15 cm y de 15 cm a 30 cm, y de acuerdo a sus resultados en relación con el fósforo,

el efecto que causan los mejoradores, numéricamente hay diferencia significativa, pero estadísticamente no hay diferencia significativa en un periodo a corto plazo.

2.3.5 Potasio en el suelo.

El potasio está presente en diferentes formas en el suelo, con distinta accesibilidad para las plantas pero con reversibilidad entre ellas. La capacidad de los suelos en la aportación de K para las plantas es diferente y determinante en la sustentabilidad de la producción agrícola y en el manejo de la fertilización con este nutriente (<http://noticias.universia.es/enportada/noticia/2012/06/07/941280/capacidad-aportacion-potasio-suelos-minas-gerais-brasil.html>, búsqueda 2014).

Bustamante (2012), da a conocer los niveles de potasio en suelos para regiones semiáridas y templadas de México (cuadro 2).

Cuadro 2. Nivel de potasio en el suelo de regiones semiáridas y templadas de México.

Nivel de potasio en el suelo de regiones semiáridas y templadas de México

K ppm	Nivel
< 100	Muy Bajo
100 – 150	Bajo
150 – 200	Mod. Bajo
200 – 300	Medio
300 – 600	Mod. Alto
600 – 1000	Alto
1000 – 1500	Muy Alto
> 1500	Excesivo

(Marco Antonio Bustamante = Análisis de uso balanceado de K₂O en ag. Extracción con acetato de amonio pH 7.0)

De acuerdo a los resultados obtenidos por Santiago (2012), en la evaluación del efecto que causan la aplicación de tres mejoradores en las calidades químicas de un suelo

franco arcilloso en un periodo a corto plazo. En relación con el potasio (k), no existen estadísticamente diferencias significativas en un periodo a corto plazo. Numéricamente interactuó mejor el mejorador composta, luego alga enzimas, y por último el testigo y la micorriza.

La absorción de potasio por las plantas está determinada por su concentración en la solución del suelo y por la capacidad de absorción radical. La relación entre la concentración en la solución externa y la tasa de absorción se conoce como isoterma, y la representación grafica es similar a una hipérbola (Salaya, 2010).

2.3.6 Conductividad eléctrica en el suelo.

2.3.6.1 Salinidad en el suelo.

En forma natural todos los suelos y aguas agrícolas contienen sales, que se utilizan como nutrimentos vegetales. Sin embargo, cuando exceden ciertos límites de contenido y/o forma en que se encuentran, pueden dañar a las plantas y animales. Estos daños se manifiestan en el desarrollo de las plantas y en el rendimiento de tales cultivos (González, 2004).

El problema de la salinidad en el suelo y el uso del agua con alta concentración salina en el riego, es uno de los problemas principales que deben estudiarse para evitar disminución de producción de cultivos, ya que por esta razón, en diversas zonas del mundo, importantes superficies de terreno cultivable se restringen para el cultivo (González, 2004).

2.3.6.2 Conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica es la propiedad química de un suelo que controla tanto la infiltración, la escorrentía superficial, el transporte de plaguicidas y la migración de contaminantes hacia las aguas subterráneas. El conocimiento de la conductividad eléctrica es necesario como dato inicial en modelos numéricos para predecir el comportamiento del flujo del agua o fluidos a través del suelo (Rojas *et al.*, 2008).

La acumulación de sales se produce en los horizontes superficiales (0-15 y 15-30 cm) encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$) que pueden ser debidas a una escasez de precipitaciones (Mudarra, 2013). En general puede decirse que aquellos suelos a los que se le aplican lodos de depuradora compostados reducen su CE en todo el perfil del suelo, aunque se acentúa más en aquellos horizontes más superficiales (Aguilar *et al.*, 2003).

En términos agronómicos, cuando medimos la CE del agua de riego, una disolución fertilizante, un extracto acuoso de un suelo, etc., determinamos la conductividad específica (k) de dicha disolución. Actualmente se emplea la unidad del SI, siemens (S), equivalente a mho; y para trabajar con números más manejables se emplean submúltiplos:

$$1 \text{ mS/cm} = 1 \text{ dS/m} = 1000 \text{ (S/cm} = 1 \text{ mmho/cm)}$$

La conductividad eléctrica es la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica, que generalmente se expresa en mmhos/cm o en mSiemens/m.

La NOM-021-RECNAT-2000 establece dSiemens/m a 25 °C. Es una propiedad de las soluciones que se encuentra muy relacionada con el tipo y valencia de los iones presentes, sus concentraciones total y relativa, su movilidad, la temperatura del líquido y su contenido de sólidos disueltos. La determinación de la conductividad eléctrica es por lo tanto una forma indirecta de medir la salinidad del agua o extractos de suelo.

De acuerdo con los valores de conductividad eléctrica, pH y porcentaje de sodio intercambiable, los suelos se pueden clasificar en las siguientes categorías:

a) Suelos salinos. Se caracterizan porque su extracto de saturación tiene un valor de conductividad eléctrica igual o superior que 4 mmhos/cm a 25 °C y la cantidad de sodio intercambiable es menor de 15%. Por lo general tienen una costra de sales blancas, que pueden ser cloruros, sulfatos y carbonatos de calcio, magnesio y sodio.

b) Suelos sódicos. Presentan un color negro debido a su contenido elevado de sodio. Su porcentaje de sodio intercambiable es mayor que 15, el pH se encuentra entre 8.5 y 10.0, y la conductividad eléctrica está por debajo de 4 mmhos/cm a 25°C.

c) Suelos salino-sódicos. Poseen una conductividad eléctrica de 4 mmhos/cm a 25°C, una concentración de sodio intercambiable de 15% y el pH es variable, comúnmente superior a 8.5 (Muñoz *et al.*, 2000).

2.3.7 PH en el suelo.

El pH es uno de los factores del suelo que controlan la disponibilidad de los minerales que las plantas requieren para su posterior desarrollo. La mayor parte de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, ya que al producirse un descenso del mismo se mejora tanto la solubilidad de los metales como su absorción por las raíces de las plantas.

En algunos casos, suele ocurrir que un incremento del pH del suelo no provoca necesariamente una disminución en la disponibilidad de los metales como ocurre con el As, Mo, Se y Cr, de tal forma que, el pH es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alcalino se produce la precipitación como hidróxidos. Sin embargo, en medios muy alcalinos estos hidróxidos pueden pasar de nuevo a la solución como hidroxicomplejos. Por otra parte, algunos metales como Se, V, As y Cr pueden estar en la disolución del suelo en forma de aniones solubles (Mударra, 2013).

Es un indicador químico del suelo que tiene una principal función y efecto en el desarrollo de las plantas y los demás seres vivos. El grado de acidez o alcalinidad de un suelo es determinado por medio de un electrodo de vidrio en un contenido de humedad específica o relación de suelo-agua, y expresado en términos de la escala de pH. El valor de pH es el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno, que se expresa por números positivos del 0 al 14. Tres son las condiciones posibles del pH en el suelo: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad (Muñoz *et al.*, 2000).

López (2010), menciona que el pH en el suelo es muy importante ya que los vegetales solo pueden absorber los minerales de forma disuelta, y la variabilidad del contenido de pH modifica el grado de solubilidad de los minerales. Algunas sales minerales que son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, como por ejemplo el calcio, estos minerales son menos solubles a un pH alto, por lo tanto hace que este menos disponible para dichas plantas.

2.4 Sistemas de labranza.

Sistema de labranza se define como el conjunto de operaciones mecánicas realizadas para preparar una cama de siembra, establecer, desarrollar y cosechar un cultivo dado. Dentro del sistema de labranza se consideran actividades como el barbecho, arado, surcado, aporque, deshierbe, entre otras actividades (López, 2010).

2.4.1 Tipos de labranza.

La labranza es la condición física del suelo en relación a la facilidad de labrado, facilidad de emergencia de las plántulas, y la penetración profunda de las raíces. La buena labranza depende de la agregación, proceso en el cual, las partículas individuales del suelo se juntan en racimos o “agregados”. Los agregados se forman en el suelo cuando las partículas individuales del suelo son orientadas y aglomeradas por la fuerza física de mojarse y secarse, o congelarse o descongelarse (López, 2010).

2.4.1.1 Labranza convencional.

Es el laboreo del suelo anterior a la siembra con maquinaria (arados) que corta e invierte total o parcialmente los primeros 15 cm de profundidad. El suelo se afloja, airea y mezcla, lo que facilita el ingreso de agua, la mineralización de nutrientes y la reducción de plagas animales y vegetales en superficie. Con la labranza convencional también se reduce rápidamente la cobertura de superficie, se aceleran los procesos de degradación de la materia orgánica y aumentan los riesgos de erosión. Generalmente, la labranza convencional implica más de una operación con corte e inversión del suelo (<http://www.cienciahoy.org.ar/ch/ln/hoy68/formasdelabranza.htm>, búsqueda 2014).

2.4.1.2 Efectos de la labranza convencional.

La maquinaria utilizada en los sistemas convencionales de labranza, sobre todo las rastras de discos, provocan la degradación del suelo y aceleran la oxidación de la materia orgánica, ocasionan además la aparición de capas de suelo pulverizado en la superficie para procurar una “cama apropiada” para las semillas, así como también forman capas endurecidas en niveles más profundos, principalmente por la presión que ejercen los implementos. Estas capas contribuyen a aumentar la degradación del suelo, limitando la penetración de las raíces, del agua y del aire, restringen la zona de nutrición de las plantas y por lo tanto, disminuyen la capacidad productiva de los suelos. Otro de los costos que se tiene a utilizar el sistema de labranza convencional es el incremento de los requerimientos de potencia (consumo de combustible) de las maquinas utilizadas para preparar los suelos. (Barzergar *et al.*, 2000).

2.4.1.3 Labranza mínima o conservacionista.

Implica el laboreo interior a la siembra con un mínimo de pasadas de maquinaria interior a su corte (rastra doble, rastra de dientes, cultivador de campo). Se provoca la aireación del suelo, pero hay menor inversión y mezclado de este. Se aceleran los procesos de mineralización de nutrientes pero a menor ritmo que en la labranza convencional. Quedan más residuos vegetales en superficie y anclados en la masa del suelo, por lo tanto, el riesgo de erosión es menor (Barzergar *et al.*, 2000).

2.4.1.4 Labranza cero o siembra directa.

No se laborea el suelo sino que se siembra directamente depositando la semilla en un corte vertical de pocos centímetros que se realiza con una cuchilla circular o zapata de corte. Una rueda compacta la semilla en el surco de siembra para permitir su contacto con el suelo húmedo. Esta técnica exige controlar las malezas con herbicidas antes de la siembra, y también fertilizar debido a que la mineralización natural de los nutrientes del suelo se toma muy lenta: Es el mejor sistema para evitar la erosión del suelo. Su mayor restricción radica en el uso de sustancias químicas que pueden contaminar las aguas (Venegas, 1990).

2.4.1.5 Labranza vertical.

La labranza vertical es aquella que se realiza con un arado de cincel con un efecto de roturación y fragmentación vertical hasta profundidades de unos 35 a 40 cm sin inversión de los horizontes quedando sobre la superficie un alto contenido de los rastrojos. El uso del arado de cincel es una práctica agronómica muy eficaz para preparar barbechos antes del rastraje, porque se evita que el suelo quede descubierto durante largas temporadas durante las cuales si hay lluvias, el agua se infiltra evitándose la erosión (Venegas, 1990).

2.4.2. Clasificación de la labranza.

Labranza primaria.

Es aquel sistema en donde se realizan todas las labores primarias o iniciales para preparar el suelo con la finalidad de llevar a cabo la producción de un cultivo. Las labores primarias son, como: el desmonte, el retiro de cepas, raíces, piedras de gran tamaño, troncos, aradas profundas, inversión del suelo, primeras rastrilladas y nivelación del terreno. En esta fase se llevan a cabo las mayores labores para la preparación del suelo y tiene como objetivo reducir la resistencia del suelo, retirar el material vegetal grande y redistribuir los agregados del suelo

Labranza secundaria.

Son el conjunto de labores que se realizan con el propósito de perfeccionar el laboreo que se realizó en la labranza primaria, haciendo los terrones más pequeños, puliendo la capa superficial para lograr una adecuada nivelación del suelo y refinar las condiciones del suelo antes de sembrar.

Labranza reducida.

Son los sistemas que en la primera labranza usan arado cincel o rastra, pero dejan por lo menos el 30% de la superficie del suelo cubierto con los residuos de las plantas (datateca.unad.edu.co/.../leccin_6__la_labranza_y_sus_clases.html, búsqueda 2014).

2.4.3 Efectos de los sistemas de labranza en un suelo agrícola.

La labranza del suelo, así como su ausencia tiene un efecto directo sobre las poblaciones de malezas, ya que define en gran parte la dinámica de éstas en el largo y corto plazo. En diferentes estudios se ha encontrado que los distintos sistemas de labranza afectan la emergencia de las malezas, su manejo y la producción de semillas; además, se dan cambios en la composición, distribución vertical y densidad de dicho banco (León-Agüero, 2001).

Relacionar el tipo de suelo con prácticas de laboreo específicas es lo más acertado, ya que cada sistema de labranza responde en forma distinta. Laborear un suelo arcilloso en estado seco se generan terrones grandes y mucho material fino; el tamaño de los terrones se disminuye por efecto de la labranza secundaria (rastreos) y se produce una capa arable compuesta de agregados variables de en tamaño y cantidad (Cabrera-Oleschko, 1995).

Pollacino *et al.* (2012), evaluaron el efecto que provoca la labranza vertical en las propiedades físicas del suelo y llegó al resultado de que la labranza vertical resulta útil para reducir la densidad aparente.

Demuner *et al.* (2012), evaluaron el efecto que causan tres sistemas de labranza en la disponibilidad de humedad en un suelo franco-arcilloso con la aplicación de tres mejoradores y llegaron a la conclusión de que el sistema de labranza cero favoreció en una mayor retención de humedad comparada con la labranza vertical y labranza convencional. Los mejoradores orgánicos aplicados no mostraron diferencia estadísticamente significativa en la retención de humedad de dicho suelo, tampoco hubo diferencia estadística en el rendimiento del cultivo y en el desarrollo radicular en un periodo a corto plazo. En el corto plazo la respuesta de que haya un mejor rendimiento de cultivo no se da en los sistemas de conservación como la cero labranza, aunque en la cero labranza hay una mayor disponibilidad de humedad.

Las estrategias de manejo de cultivos tales como las prácticas de labranza y rotación de cultivos incorporados pueden modificar la materia orgánica del suelo (MOS). La labranza

continua causa una disminución en la MOS debido a una aceleración de la descomposición de residuos de cultivos incorporados dentro del suelo. El mantenimiento de los residuos de cultivos sobre la superficie de la siembra directa modifica el ambiente físico, químico y biológico del suelo (Cairo y Fundora, 1994).

Macedo *et al.* (2005), mencionan que además de algunos factores biológicos y de fertilidad del suelo. La principal causa que provoca la degradación del suelo son los cambios de sus propiedades físicas y químicas, esto debido al exceso de preparación del suelo, principalmente por la utilización de arados de discos.

De acuerdo con López (2010), el uso de las prácticas de la preparación de un suelo para cultivos, provocan la formación de capas endurecidas, aumento de la densidad aparente, disminución de la capacidad de retención de la humedad y deterioro de la estructura del suelo, lo cual puede incrementar la escorrentía, la erosión y pérdida del potencial productivo de los suelos. La compactación de los suelos está asociada a los bajos contenidos de materia orgánica.

2.5 Mejoradores de suelo.

Los mejoradores de suelo son una alternativa para mejorar las propiedades químicas y físicas en suelos agrícolas. Esto permite predecir un mejor desarrollo de cultivo, teniendo en cuenta el método y tiempo de aplicación, propiedades del mejorador y del suelo (Santiago, 2012).

De acuerdo a Doran (1980) y Follet (2001), los mejoradores de suelo son productos que se añaden al suelo para influir de manera positiva en su estructura y en su fertilidad. Contrariamente a los fertilizantes, los mejoradores de suelos no contienen tantos componentes nutritivos para las plantas. Estos productos se pueden utilizar independientemente, o en combinación con fertilizantes y abonos. La utilización de estos va a lograr:

- suelos más fáciles de trabajar
- una mejor relación agua-aire
- optimización de la situación de nutrientes

- aumento de la cantidad de humus

Los mejoradores de suelo son recursos naturales de extraordinaria importancia para corregir limitantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos con vocación agrícola. De ahí la conveniencia que los productores conozcan los efectos benéficos de los abonos orgánicos, para mejorar la productividad de los suelos arcillosos, corregir problemas de acidez, compactación y corregir los desbalances nutricionales para obtener mayores rendimientos y mejor rentabilidad (Rice *et al*, 1987).

2.5.1 Efecto de los mejoradores del suelo.

La composición química, el aporte de nutrientes a los cultivos y el efecto de los abonos orgánicos en los suelos varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes orgánicos (López *et al.*, 2001).

El uso de los mejoradores orgánicos en la agricultura, ha contribuido en la reducción del uso de fertilizantes químicos al incrementar las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio. Otros beneficios que se han obtenido al utilizar mejoradores son:

1. Incrementar las poblaciones de los microorganismos presentes en el suelo.
2. Mejorar las condiciones físicas del suelo, en particular la estructura del suelo, ya que se considera que la estructura es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos.
3. Estabilización del pH e incremento de la capacidad de intercambio cationico y degradación de residuos de plaguicidas. Favorece la tasa de crecimiento de hojas y raíces y la formación de flores, frutos y semillas (Hernández *et al.*, 2010).

2.5.2. Abonos orgánicos.

Los abonos orgánicos han sido catalogados principalmente como enmiendas o mejoradores de suelo. Su capacidad de suplemento de nutrimentos a los cultivos depende del grado de mineralización de los materiales y está en función no solo de las propiedades de la materia prima y del proceso de fabricación, sino también de las condiciones imperantes en el campo para su subsecuente descomposición (Evanylo *et al.*, 2008).

Dentro de la producción de abonos orgánicos el compostaje es un proceso microbiológico que convierte residuo de materiales orgánicos en diferentes grados de descomposición en un producto estable e higiénico, que puede ser usado como un mejorador de suelo. El proceso de compostaje produce un material de interés agrícola y de comercialización viable: la composta, es un producto que puede tener diversas aplicaciones como abono, enmienda, sustrato o para la posterior obtención de extractos con probable actividad fungicida (Hernández *et al.*, 2010).

Los abonos orgánicos pueden ser una opción viable al uso de fertilizantes minerales para proveer los nutrimentos requeridos por un cultivo. Sin embargo, esta capacidad o potencial de un abono debe ser conocida para evitar deficiencias o excesos de los elementos que lo constituyen, resultantes de la adición del abono al suelo; además, son muy útiles y económicos cuando se pueden fabricar con residuos agrícolas locales, sin tener que transportarlos a grandes distancias.

Los abonos orgánicos tienen altos contenidos de nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas y dependiendo de la cantidad aplicada aumentan el contenido de materia orgánica del suelo, la capacidad de retención de humedad, el pH, potasio disponible, también mejoran las propiedades físicas como la infiltración de agua, la estructura del suelo y la conductividad hidráulica, disminución de la densidad aparente, en el cuadro 3 se muestra la clasificación de los abonos orgánicos de acuerdo a su grado de procesamiento (Ramos-Terry, 2014).

Cuadro 3. Clasificación de los abonos orgánicos.

Fuente de nutrimentos	Grado de procesamiento	Sólido	Líquidos
Materia orgánica	Sin procesar	<i>Residuos vegetales:</i> - Residuos de cosecha - Residuos de poda - Residuos de postcosecha <i>Residuos de animales:</i> - Estiércoles frescos - Residuos de mataderos y otros <i>Coberturas:</i> - abonos verdes y mulch	Efluentes: - Pulpa de café - Desechos de origen animal - Otros residuos líquidos
	Procesados	- Compost - Lombricompuesto - Bocashi - Ácidos húmicos	- Biofermentos - Té de compost - Ácidos húmicos - Té de estiércol - Extractos de algas

2.5.3. Aplicación de las algas en la agricultura.

Según Equaquímica (2011), el algasoil es un fertilizante orgánico granulado de algas marinas para su uso en cultivos de banano, cacao, hortaliza, maíz, arroz y maracuyá.

Beneficios:

- Promueve el crecimiento de los cultivos e Incrementa la materia orgánica del suelo y mejora su fertilidad.
- Mejora la calidad de los frutos, la estructura del suelo, su capacidad de fertilidad y retención de agua.
- Promueve el crecimiento del sistema radicular.
- Su presentación granulada permite un fácil manejo y aplicación uniforme. Ayuda a estabilizar la acidez del suelo.
- Actúa como agente quelatante del aluminio y de micronutrientes previniendo. su lixiviación y toxicidad.

- Regula los fenómenos de absorción especialmente la inactivación de plaguicidas
- Mejora la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Disminuye la densidad aparente.
- Es fuente energética de los microorganismos especialmente por sus compuestos de carbono.

2.5.3.1 Algas marinas.

La aplicación de algas al suelo hace que se incrementen las cosechas de los cultivos y también mejoran la calidad de los frutos, esto porque se administran a los cultivos los macro y micronutrientes que requiere la planta. Dentro de los compuestos de que constan las algas se tienen agentes quelatantes como ácidos alginicos fulvicos y manitol así como también vitaminas, cerca de 5000 enzimas y algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Senn, 1987).

Reyes (1993), menciona que 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 seres vivos que en él habitan e inclusive las raíces no son capaces de hacer en forma notoria de tal manera que, al reaccionar con las arcillas silícias o las arcillas de hidróxidos más arena, actúan del compuesto que se encuentra en mayor cantidad en favor del que se encuentra en menor proporción y tiende a llevarlo al equilibrio; o sea, al suelo franco ajustando también el pH. También hidroliza enzimáticamente los compuestos no solubles del suelo, desmineralizándolo, desintoxicándolo y desalinizándolo.

López *et al.* (1995), mencionan que, al aplicar al suelo foliarmente extractos de algas marinas, las enzimas que éstas contienen refuerzan en las plantas su sistema inmunitario y su sistema alimentario y activan sus funciones fisiológicas, es decir que mejoran sus defensas y su nutrición de las plantas.

Algunos efectos que causan los extractos de algas marinas en las plantas y en el suelo son como, fijar el nitrógeno del aire aun en las plantas no leguminosas, incrementan la

materia orgánica, mejoran la estructura y textura del suelo, ajusta el pH. Otros efectos de las algas marinas son; desmineraliza los suelos, ayuda en la absorción y en las funciones metabólicas de las plantas, controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas, ayudan al desarrollo de las plantas, les da precocidad y las vigoriza.

Uso de extractos de algas marinas en campos mexicanos. Después de 12 años de estudios e investigaciones, experimentos y pruebas, en 1990 se logró con tecnología mexicana obtener y llevar a nivel comercial el uso de un extracto de algas marinas mexicanas (macro y micro) denominado ALGAENZIMS, cuya dosis de aplicación en cultivos básicos es de 1 L/ha foliar y de 1 L/ha al suelo (Canales, 1999).

La aplicación de extractos de algas si considera aplicar únicamente en cultivos de riego y buen temporal, ya que las principales reacciones de dicho mejorador que se dan son de hidrólisis, ya que sin agua no tienen lugar o con escases de agua, su actividad es menor (Canales, 1999).

2.6 Materia orgánica del suelo.

La materia orgánica es esencial para la fertilidad y la buena producción agropecuaria. Los suelos sin materia orgánica son suelos pobres y de características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas. La materia orgánica bruta es descompuesta por microorganismos y transformada en materia adecuada para el crecimiento de las plantas y que se conoce como humus. El humus es un estado de descomposición de la materia orgánica, es decir, es materia orgánica no totalmente descompuesta.

El humus es material orgánico que ha alcanzado un punto de estabilidad en que deja de descomponerse si las circunstancias no cambian. Un alto contenido de humus mejora la estructura del suelo, fomentando la retención de humedad y la aireación (PNUMA, 2011).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Localización del sitio experimental.

La presente investigación se realizó en el campo experimental “el bajío”, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. La universidad se encuentra ubicada en el kilómetro 7 de la carretera Saltillo-Concepción de Oro, Zacatecas. El campo experimental se localiza entre las coordenadas geográficas 25° 22" de latitud norte y 101° 02" longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm.

El clima de Buenavista es “Bsohw”, que significa muy árido, semicalido, con régimen de lluvias de verano e invierno seco y extremoso. La temporada lluviosa es de junio a octubre. El mes con lluvias más abundante es julio y marzo es el mes más seco. La precipitación total anual media 350-400 mm,

La temperatura media anual es de 19.8 °C. Las heladas comienzan en noviembre, no son muy severas en noviembre y diciembre, son más intensas en enero (hasta -10°C).

El suelo es de textura franco-arcillosa, con bajos contenidos de materia orgánica y poseen una capa subyacente de carbonato de calcio.

3.2 Materiales.

En la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales:

- ❖ Tractor de doble tracción serie 6810 marca New Holland.
- ❖ Arado de cincel.
- ❖ Arado de discos.
- ❖ Rastra.
- ❖ Alga enzimas: tiene aplicación en la agricultura actual, estos se comercializan en forma de harina, de extractos o en forma de polvos solubles.
- ❖ Software R versión 2.14.0: este programa se utilizó para el análisis y comparación estadística de todos los datos obtenidos del mejorador y el testigo.

3.3 Mediciones y Análisis.

El experimento se realizó en los meses de enero a junio de 2014, primeramente se realizó la preparación del suelo con los tres sistemas de labranza, labranza convencional (L1), labranza vertical (L2) y labranza cero (L3). Posteriormente se hizo la aplicación del mejorador alga enzima aplicando 1 L/ha, seguidamente se hizo la siembra del cultivo maíz- frijol. Se aplicó riego en los primeros meses del ciclo del cultivo con sistema de riego rodante. Al final de la cosecha se tomaron muestras del suelo en las 9 parcelas, extrayendo 1 muestra por cada subparcela a una profundidad de 0 a 15 cm, por lo cual se tuvo un total de 72 muestras, de esta manera obteniendo 36 muestras para el cultivo de frijol y 36 para el maíz. A continuación estas muestras fueron llevadas a los laboratorios de pedagogía y química del departamento suelos, ubicado en la universidad autónoma agraria Antonio Narro para realizar la determinación de N, P, K, CE y pH. En la figura 5 se muestra un diagrama de las actividades realizadas.



Figura 5. Diagrama de flujo de las actividades realizadas.

3.3.1 Distribución de las parcelas.

Para la distribución de las parcelas se hizo el diseño experimental de bloques al azar con factorial a y b, teniendo un arreglo experimental de parcelas subdivididas. Se tuvieron 9 parcelas de 40 x 12 m, cada parcela subdividida en 4 subparcelas. En la figura 6 se muestra la distribución de las parcelas así como también la distribución de los tratamientos.

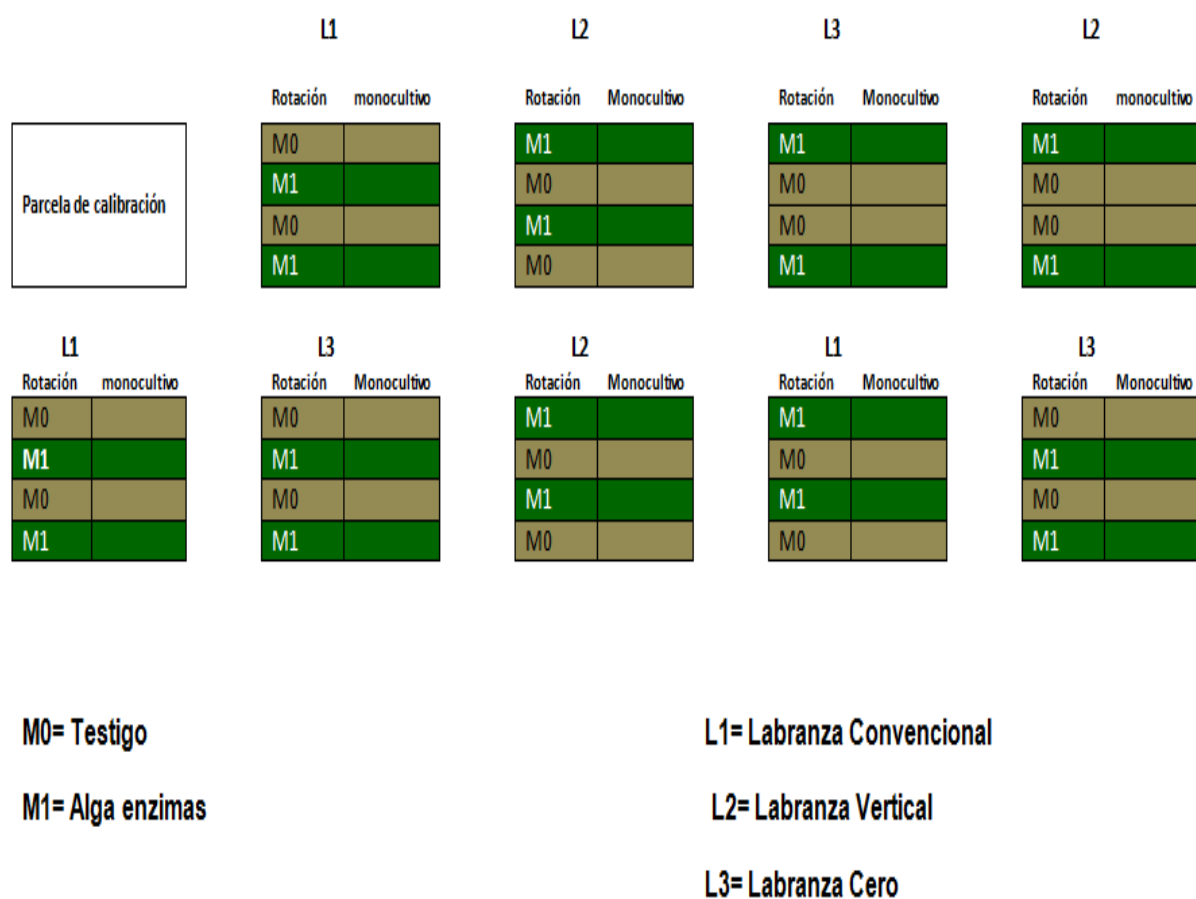


Figura 6. Arreglo experimental de las parcelas y distribución de los tratamientos.

3.4 Métodos utilizados para la determinación de las calidades químicas del suelo.

3.4.1 Determinación de la materia orgánica.

La materia orgánica se determinó por el método de oxidación parcial descrito por Walkley y Black (1934).

Procedimiento.

- Pesar 1 g de suelo seco tamizado a 2 mm y colocarlo en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Procesar un blanco con reactivos por triplicado.
- Adicionar exactamente 10 ml de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) 1 N girando el matraz cuidadosamente para que entre en contacto con todo el suelo.
- Agregar cuidadosamente con una pipeta 20 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado a la suspensión, girar nuevamente el matraz y agitar de esa forma durante un minuto.
- Dejar reposar durante 30 minutos sobre una lamina de asbesto o sobre una mesa de madera, evitando las mesas de acero o cemento.
- Añadir 200 ml de agua destilada (H_2O).
- Añadir 5 ml de ácido fosfórico (H_3PO_4) concentrado.
- Adicionar de 5 a 10 gotas del indicador de difenilamina ($C_{12}H_{11}N$).
- Titular con la disolución de sulfato ferroso ($FeSO_4$) gota a gota hasta un punto final verde claro.

Para obtener el porcentaje de materia orgánica, se hace el siguiente cálculo:

$$\% \text{ M. O. S.} = \left[\frac{(NK_2Cr_2O_7 * VK_2Cr_2O_7) - (NFeSO_4 * VFeSO_4) * 0.68}{\text{peso de la muestra}} \right] \quad \text{Donde:}$$

- a) N= Normalidad
- b) V= Volumen
- c) $K_2Cr_2O_7$ = Dicromato de Potasio
- d) $FeSO_4$ = Sulfato ferroso
- e) 0.68= Constante

3.4.2 Determinación del potasio.

Para la determinación del potasio en el suelo, se utilizó el método de emisión de flama. Este método se utiliza en el análisis del agua para determinar la concentración de los metales alcalinos o alcalinotérreos como el sodio, el potasio y el calcio. El espectro emitido por cada metal es diferente, y su intensidad depende de la concentración de los átomos en la flama.

Este método consiste en el análisis de la radiación emitida luego de que los átomos se han excitado por acción de la flama. La flama tiene tres funciones básicas: permite pasar la muestra a analizar del estado líquido a estado gaseoso; descompone los compuestos moleculares del elemento de interés en átomos individuales o en moléculas sencillas y excita estos átomos o moléculas. Este análisis se lleva a cabo con el aparato de absorción atómica, en donde el sistema quemador-nebulizador transforma a la sustancia problema de la solución en vapor atómico y, en emisión, excita a los átomos neutros (o moléculas) para que emitan su radiación característica. No deben existir efectos de memoria; es decir, el contenido de una muestra no debe afectar el resultado de otra muestra.

Procedimiento:

Paso 1.- Moler el suelo con un rodillo.

Paso 2.- Tamizar el suelo a 2mm.

Paso 3.- Pesar un gramo de cada muestra en tubos de ensayo.

Paso 4.- Aplicar 10 ml de nitrato de sodio (NaNO_3) al 25% para cada muestra.

Paso 5.- Agitar cada muestra con el nitrato de sodio por un minuto.

Paso 6.- Filtrar la muestra agitada en vasos precipitados utilizando filtros whatman.

Paso 7.- Ya que la muestra está filtrada se pasa la muestra en el aparato de absorción.

Paso 8.- Seguidamente se determina el contenido de potasio de las muestras por el método de emisión de flama, los datos son arrojados por el aparato de absorción atómica en $\frac{m}{ml}$, por lo tanto hay que pasarlos a partes por millón (ppm):

$$ppm = \frac{M}{ml} * 10$$

3.4.3 Determinación del % de Nitrógeno total por el método de estimado.

Es posible obtener una idea general del contenido total de nitrógeno en un suelo a partir del contenido en materia orgánica del mismo ($M.O.*0.05 = N$), (Jackson, 1976).

La fórmula para calcular el % de Nitrógeno Total es:

$$\%N = \frac{\%M.O}{20}$$

3.4.4 Determinación del fósforo por el Método de Olsen modificado.

Para el método de Olsen es recomendable en suelos con un pH mayor a 7.

Fundamento. El método se basa al reducir el ácido fosfomolibdico con el cloruro estanoso se forma azul de molibdeno, cuya intensidad del color es proporcional a la concentración de fósforo, el contenido de P_2O_3 se cuantifica comparando, a través de un colorímetro o un fotocolorímetro, el color de las soluciones analizadas con el de los patrones.

Procedimiento:

1. Extracción

La solución de Bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$ 0.5M) a pH de 8.5 disuelve cantidades de P del suelo parecida a la extraída por las plantas, según lo comprobó Olsen. La muestra debe estar tamizada y secada al aire.

- ♦ Pesar 2.5 gr de suelo y vaciarlo en un matraz Erlenmeyer, añadiendo 50 ml de la solución de bicarbonato de sodio y una cucharada de carbón activado.
- ♦ Ponerlo en el agitador mecánico durante 30 minutos.
- ♦ Filtrar a través del papel filtro.

2. Determinación.

Desarrollo del color y comparación; la formación de un color azul establece al reaccionar el P extraído con el molibdato, en presencia del cloruro estanoso (SnCl_2), lo cual servirá para la cuantificación del fósforo.

- ♦ Medir 20 ml del filtrado colocarlo en un matraz de aforación de 100ml.
- ♦ Añadir una gota del indicador p-nitrofenol. Eliminar el exceso de gases con agitación.
- ♦ A la mezcla descolorada se añaden 10ml del reactivo de molibdato de amonio.
- ♦ Llevar a volumen con agua destilada hasta la marea.
- ♦ Agregar una gota de SnCl_2 (reactivo de la reducción). La aparición de un color azul indica la presencia de P.
- ♦ Mezclar muy bien el contenido del matraz y esperar 5 minutos para que el color azul se desarrolle completamente.
- ♦ Leer en el fotocolorímetro con filtro rojo de 650 n, entre los 5 y 20 minutos (existe un lapso útil de 15 minutos). Las lecturas realizadas después de 20 minutos dan resultados erróneos.
- ♦ Muestra testigo; es la que se corre sin fósforo siguiendo los pasos anteriores.

Curva de calibración.

Se prepara de una sal pura de potasio KH_2PO_4 (fosfato mono potásico), tomando 0.2197 gr de sal y aforando con agua destilada a 1000 ml con agua destilada con un matraz volumétrico; teniendo una solución 10 veces concentrada (5 ppm). De la solución anterior se mide alícuotas para obtener las disoluciones del trabajo. En el cuadro 4 se muestra la cantidad de soluciones a tomar para determinar el contenido de fósforo.

Cuadro 4. Datos para la curva de calibración para cuantificar el Fósforo.

ml a tomar de la solución de 5ppm	Aforación con agua Destilada	Concentración final de las Soluciones patrón de trabajo
0.5 ml	100ml	0.025ppm=99
1.0 ml	100ml	0.05 ppm=89
2.0 ml	100ml	0.1 ppm=79
4.0 ml	100ml	0.2 ppm=64
6.0 ml	100ml	0.3 ppm=54
8.0 ml	100ml	0.4 ppm=42
10 ml	100ml	0.5 ppm=33

Las soluciones patrón sirven para situar los puntos que forman la curva de calibración, siguiendo el mismo procedimiento que para las muestras del suelo. Deben verificarse con frecuencia estos puntos de la curva, pues las condiciones de los reactivos y la operación pueden cambiar de un tiempo a otro.

Fórmula para el cálculo de P_{total} .

$$X = \frac{Y - .00558}{0.5095} * 100$$

Donde:

X= ppm de P_{total} .

Y= Absorbancia de cada muestra

3.4.5 Determinación de la conductividad eléctrica por el método de conductivímetro.

La conductividad eléctrica es la concentración aproximada de sales solubles en los extractos de suelo y agua, y es la inversa de la resistencia expresada en ohmios.

$$C = \frac{I}{R}$$

Donde:

- 1) I = intensidad de la corriente en amperes.
- 2) R = resistencia en ohmios.
- 3) C = conductividad eléctrica de una disolución en dS/m.

Procedimiento

- Se muestreara en cada parcela obteniendo 300 gr de suelo tamizado de malla de 2 mm, se pone en un vaso, se le agrega agua destilada mezclando muy bien hasta formar una pasta saturada, esto significa que se deslice fácilmente el suelo de la espátula y que en la parte superior del vaso se forme un espejo.
- Tomar en cuenta la cantidad de agua utilizada, para luego sacar el porcentaje de saturación que es: volumen del gasto de agua destilada entre el peso del suelo utilizado por 100.
- Después de saturar se deja reposar aproximadamente 24 horas para que el suelo libere las sales presentes en él. Pasada las 24 horas filtrar con un embudo Buchner (con un papel filtro sobre el embudo), un matraz de filtración y conectar al vacío, se deja conectado hasta obtener aproximadamente 30 ml de extracto.
- La conductividad eléctrica se lee en el conductivímetro y la lectura que nos da se expresa en dS/m. Seguidamente se busca en el cuadro de clasificación de los suelos en relación a la salinidad (cuadro 5) que tipo de suelo corresponde al resultado de la muestra.

Cuadro 5. Clasificación de la conductividad eléctrica.

Cuadro de clasificación de la conductividad eléctrica	
Suelo no salino	<2.5 dS/m
Suelo ligeramente salino	2.5-3.5 dS/m
Suelo medianamente salino	3.5-7.0 dS/m
Suelo altamente salino	7.0-15.0 dS/m
Suelo muy salino	>15 dS/m

3.4.6 Determinación del pH por el método potenciómetro.

Antes de conectar el aparato a la línea, se debe comprobar que los electrodos estén dentro de un vaso que contenga agua destilada. Se enciende el aparato, se calibra con la solución buffer de pH 7, tomando en cuenta la temperatura y se mide en la suspensión sobrenadante de una mezcla de relación suelo: agua 1:2.

Se introduce el electrodo en la solución que se va analizar, esperar a que actúe el electrodo y al emitir un sonido, tomar la lectura.

Procedimiento para calcular el pH de las parcelas:

- Pesar 10 g de suelo en un frasco de vidrio o plástico de boca ancha.
- Adicionar 20 ml. de agua destilada al frasco conteniendo el suelo.
- Con un agitador mecánico, agitar la mezcla de suelo durante 30 minutos.
- Dejar reposar durante 15 minutos.
- Calibrar el medidor de pH con las soluciones reguladores pH 4.00 y 7.00 ó 7.00 y 10.00 según el suelo, enjuagando con agua destilada los electrodos antes de iniciar las lecturas de las muestras.
- Agite nuevamente la suspensión e introduzca el electrodo en la suspensión.
- Registre el pH al momento en que la lectura se haya estabilizado.

En el cuadro 6 se muestra la clasificación de los suelos con respecto a la cantidad de pH.

Cuadro 6. Escala de los valores de pH.

Menos de 4.6	Extremadamente acido
4.6-5.19	Muy fuertemente acido
5.2-5.59	Fuertemente acido
5.6-6.19	Medianamente acido
6.19-6.59	Ligeramente acido
6.6-6.79	Muy ligeramente acido
6.8-7.19	Neutro
7.2-7.39	Muy ligeramente alcalino
7.4-7.79	Ligeramente alcalino
7.8-8.39	Mediana mente alcalino
8.4-8.79	Fuertemente alcalino
8.8-9.39	Muy fuertemente alcalino
Mas de 9.4	Extremadamente alcalino

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Se obtuvieron los resultados del ciclo enero-junio del 2014, de un cultivo de maíz- frijol, con respecto a las calidades químicas del suelo franco-arcilloso. Se hizo el análisis estadístico en el software R versión 2.14.0, de todas las variables, para que así de esta manera hacer comparaciones y discutir los resultados. Para poder hacer el análisis estadístico se hizo la separación de los datos obtenidos del cultivo del maíz con los datos obtenidos del frijol, ya que son dos cultivos diferentes no se podría hacer el análisis estadístico de los datos todos juntos, por lo tanto como se tuvieron 72 tratamientos, son 36 datos para el maíz y 36 para el frijol.

4.1 Análisis estadístico de la conductividad eléctrica con respecto a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

En el cuadro 7 se observan los resultados del análisis de varianza de la conductividad eléctrica y cómo podemos observar existe una diferencia pero numéricamente entre los tratamientos de labranza, en el caso de los mejoradores no existe diferencia. En relación con la interacción de sistemas de labranza y mejorador no existe una diferencia estadística significativa. Resultados similares obtenidos por Pinto (2013), concluyó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos y tampoco en la interacción entre dichos tratamientos. Pero de acuerdo a la clasificación de suelos en relación a su contenido de salinidad, dicho suelo donde se llevo a cabo la experimentación aun se mantiene dentro del rango de suelos no salinos.

Cuadro 7. Análisis de varianza con respecto a la conductividad eléctrica total a una profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

Análisis de varianza					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
Repetición	2	0.35968	0.179840	3.5031	0.04387 *
Factor.A	2	0.34486	0.172429	3.3588	0.04926 *
Factor.B	1	0.04264	0.042642	0.8306	0.36987
Factor.A:Factor.B	2	0.05025	0.025126	0.4894	0.61812
Residuales	28	1.43744	0.051337		

* Significado de códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 '.' 1

Después de hacer la prueba de normalidad al 5% de significancia, se obtuvo a partir de la prueba de tukey las diferencias de medias entre tratamientos de sistemas de labranza (figura 7 y cuadro 8), y como podemos observar no hay diferencia estadística significativa entre dichos tratamientos. Así como también en la comparación de medias de los tratamientos de los mejoradores tampoco existe una diferencia estadística significativa.

Cuadro 8. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto a la conductividad eléctrica a una profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

grupos	Tratamientos	Medias
a	L3	0.8826
a	L2	0.8301
a	L1	0.6537

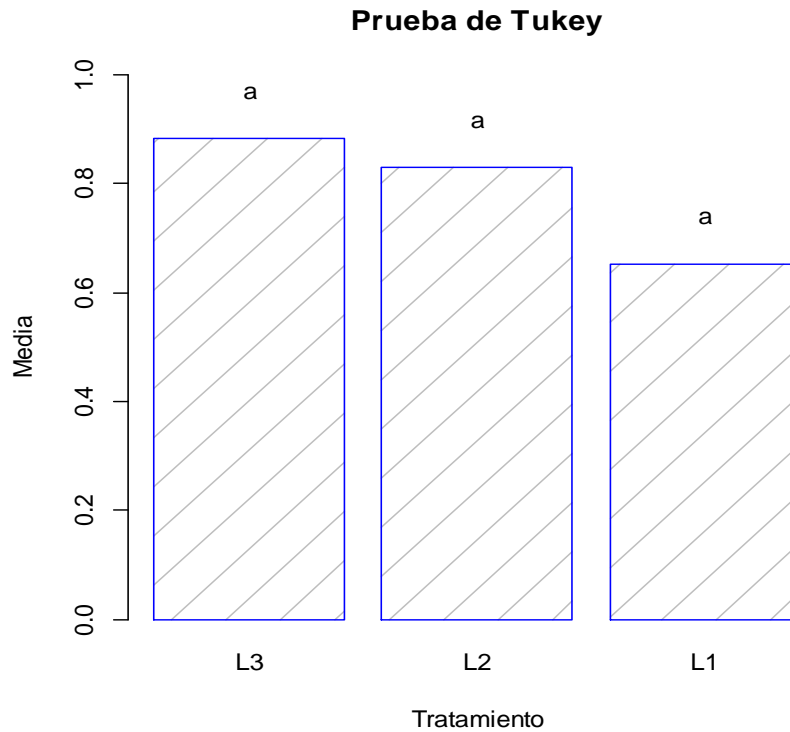


Figura 7. Comparación de medias entre tratamientos de labranza con respecto a la conductividad eléctrica, en el cultivo de frijol a la profundidad de 0-15 cm.

Con respecto a la comparación de medias de los tratamientos de mejoradores podemos darnos cuenta que no existe una diferencia estadística significativa (cuadro 9 y figura 8) entre dichos tratamientos.

Cuadro 9. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto a la conductividad eléctrica a una profundidad de 0-15cm en el cultivo de frijol.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	M1	0.8232
a	M0	0.7544

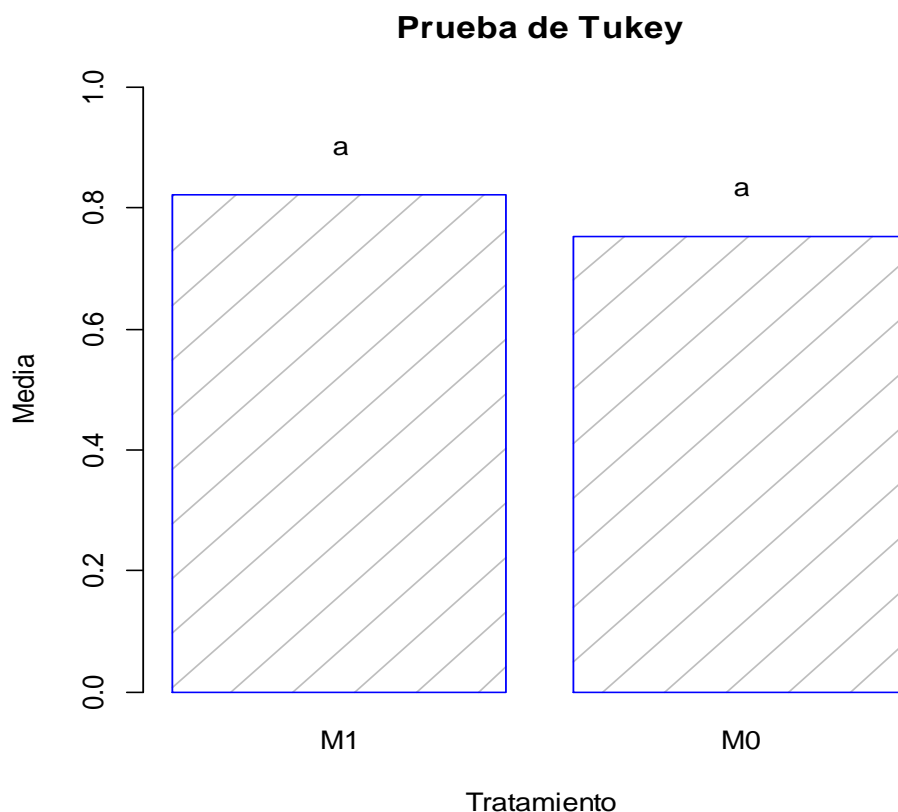


Figura 8. Comparación de medias entre mejoradores con respecto a la conductividad eléctrica en el cultivo de frijol a la profundidad de 0-15 cm.

*Tratamientos con letras iguales pertenecen al primer rango estadístico e indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey al 5% de significación.

4.1.1 Análisis estadístico de la conductividad eléctrica con respecto a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de Maíz.

De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis estadístico que se le realizó a los datos del cultivo de maíz con respecto a la conductividad eléctrica, podemos darnos cuenta que hay una diferencia significativa entre las repeticiones (cuadro 10), así como también si observamos la tabla de análisis de varianza, podemos observar que también existe una diferencia mínima estadística significativa en relación con los tratamientos de labranza.

Cuadro 10. Análisis de varianza con respecto a la conductividad eléctrica total a una profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

Análisis de varianza					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
Repeticion	2	0.31307	0.156536	4.2207	0.02500 *
Factor.A	2	0.23648	0.118238	3.1881	0.05657 .
Factor.B	1	0.00593	0.005929	0.1599	0.69232
Factor.A:Factor.B	2	0.12991	0.064956	1.7514	0.19201
Residuales	28	1.03845	0.037088		

Al realizar el análisis de la comparación entre medias de los tratamientos de labranza por medio de la prueba de tukey podemos darnos cuenta que numéricamente la labranza vertical es la que mantiene mayor contenido de salinidad y luego le sigue la labranza cero y por último la labranza convencional (cuadro 11 y figura 9). Y podemos darnos cuenta que existe una diferencia estadística mínima entre los tratamientos aportando mayor contenido de salinidad los tratamientos de labranza vertical y cero. Salazar *et al.* (2009), al evaluar la distribución de nitrógeno disponible en suelo abonado con estiércol bovino en maíz forrajero obtuvieron que para los tratamientos de estiércol en el estrato de 0.30 cm de profundidad la conductividad eléctrica supero los límites permisibles (4 dS/m), mientras que los estratos de 30 a 210 los valores se conservan por debajo del límite permisible para un suelo no salino.

Cuadro 11. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto a la conductividad eléctrica a una profundidad de 0-15cm en el cultivo de maíz.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	L2	0.8758
ab	L3	0.802
b	L1	0.6792

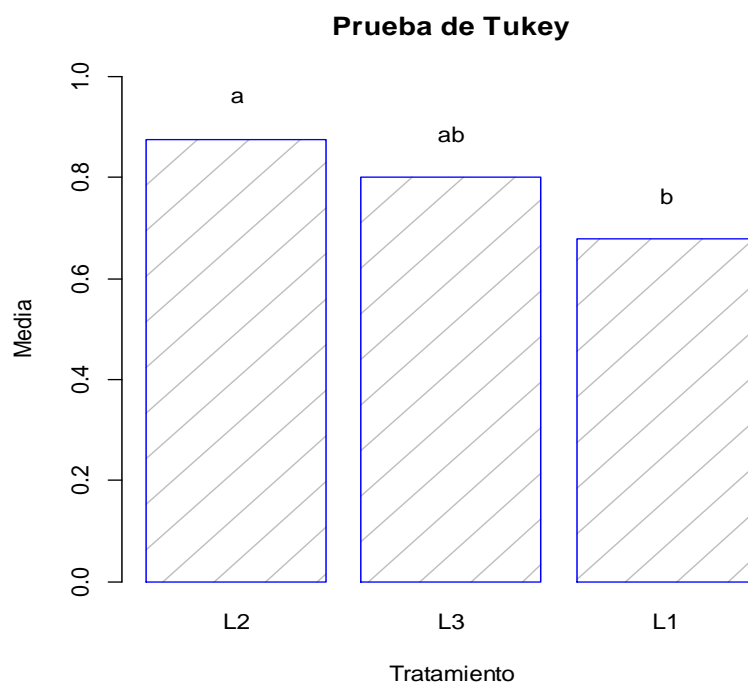


Figura 9. Comparación de medias de los tratamientos de labranza con respecto a la conductividad eléctrica en el cultivo del maíz a la profundidad de 0-15 cm.

De acuerdo a los resultados obtenidos al realizar la comparación de medias entre los tratamientos de mejoradores igualmente a través de la prueba de tukey de comparación entre medias. Podemos darnos cuenta que no existe una diferencia estadística significativa entre dicho mejorador alga enzima y mejorador testigo, pero numéricamente el mejorador testigo (M0) es el que aporta mayor contenido de salinidad (cuadro 12 y figura 10).

Cuadro 12. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto a la conductividad eléctrica a una profundidad de 0-15cm en el cultivo de maíz.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	M0	0.7985
a	M1	0.7728

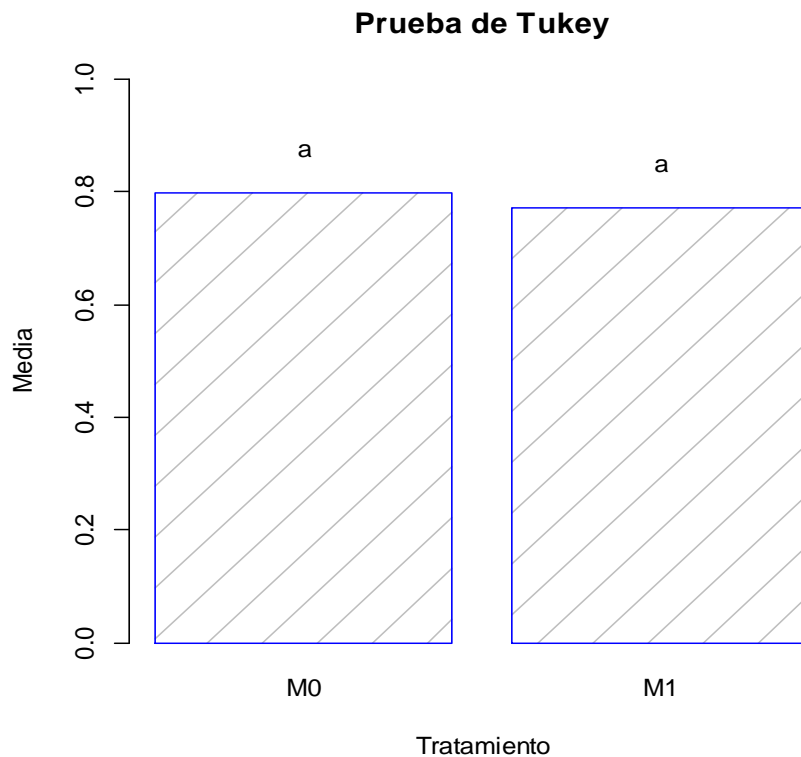


Figura 10. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto a la conductividad eléctrica en el cultivo de maíz a la profundidad de 0-15 cm.

4.2 Análisis estadístico del contenido de fósforo con respecto a la profundidad de 0-15cm en el cultivo de frijol.

De acuerdo a los resultados obtenidos al realizar el análisis de varianza con respecto al contenido de fósforo en el cultivo de frijol, podemos observar que hay una diferencia estadística significativa en cuanto los tratamientos de labranza (cuadro 13).

Porras (2006), encontró que la labranza convencional con rotaciones de maíz-frijol y maíz-maíz, se presento altos niveles de fósforo, siendo muy contrastante, ya que los valores de fósforo estaban alrededor de 104 hasta 375 ppm.

Por otro lado Pinto (2013), evaluó los efectos que provocan el manejo integrado de las labranzas y mejoradores en los indicadores de calidad química de un suelo franco

arcilloso y sus resultados fueron que no hubo una diferencia estadística significativa en ninguno de los tratamientos en relación con el contenido de fósforo, caso contrario con los resultados obtenidos en esta presente evaluación en donde vemos que los tratamientos de labranza están provocando cambios en cuanto al contenido de fósforo total en el suelo.

Cuadro 13. Análisis de varianza con respecto al contenido de fósforo total a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

Análisis de varianza					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
Repeticion	2	48.4	24.18	0.1509	0.86063
Factor.A	2	1695.3	847.67	5.2909	0.01124 *
Factor.B	1	21.1	21.10	0.1317	0.71937
Factor.A:Factor.B	2	63.3	31.65	0.1975	0.82189
Residuales	28	4485.9	160.21		

En el análisis de la comparación de medias entre tratamientos de labranza, se obtuvo que existe una diferencia entre dichos tratamientos aportando mayor contenido de fósforo la labranza cero (L3) y la labranza vertical (L2), (cuadro 14 y figura 11).

Pinto (2013), encontró que no existe una diferencia significativa entre los sistemas de labranza con respecto al contenido de fósforo, pero a una profundidad de 15-30 cm, en esta ocasión podemos darnos cuenta que si hubo una diferencia significativa entre dichos tratamientos pero a la profundidad de 0-15 cm. En cuanto a la comparación de medias entre los tratamiento de mejoradores podemos observar que no existe una diferencia estadística significativa entre dichos tratamientos (cuadro 15 y figura 12), esto concuerda con los resultados obtenidos por Santiago (2012), donde menciona que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los mejoradores en cuanto al contenido de fósforo al evaluar el efecto de tres mejoradores en las propiedades químicas de un suelo franco arcilloso.

Cuadro 14. Análisis de varianza con respecto al contenido de fósforo total a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	L3	43.35
ab	L2	38.58
b	L1	27

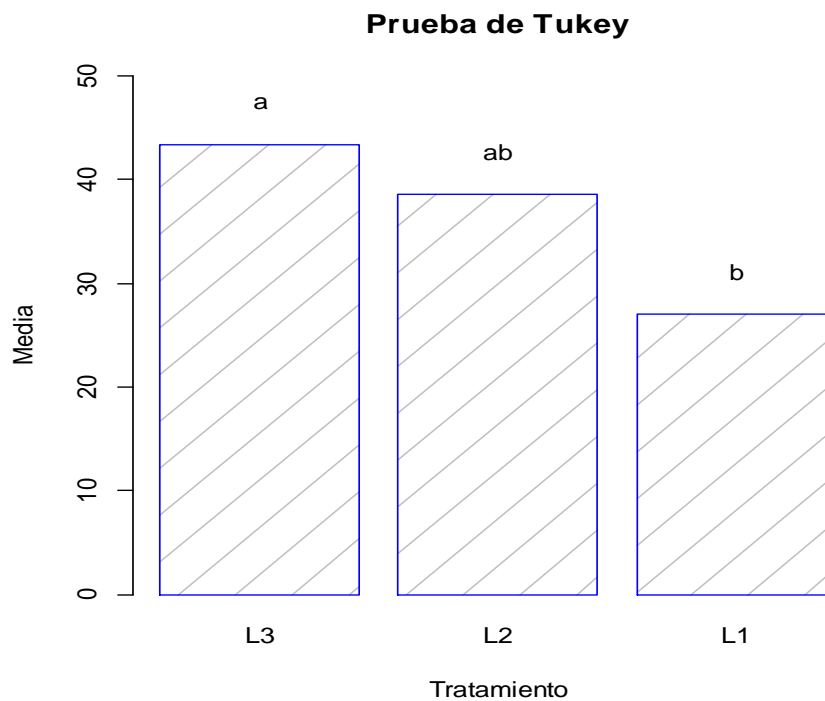


Figura 11. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto al contenido de fósforo a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

Cuadro 15. Comparación de medias entre tratamientos de mejoradores en relación con el contenido de fósforo en el cultivo de frijol.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	M0	37.08
a	M1	35.54

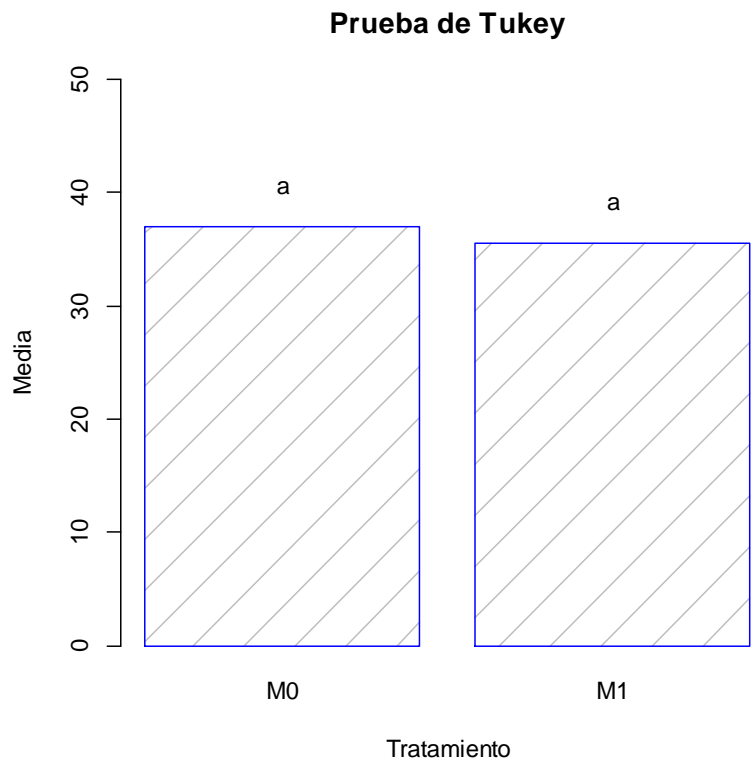


Figura 12. Comparación de medias entre tratamientos de mejoradores con respecto al contenido de fósforo en el cultivo de frijol.

4.2.1 Análisis estadístico del contenido de fósforo con respecto a la profundidad de 0-15cm en el cultivo de maíz.

De acuerdo al cuadro 16 sobre el análisis de varianza, vemos que no existe una diferencia estadística entre las repeticiones, en los tratamientos de mejoradores ni en la interacción entre las labranzas y mejoradores, pero si hay una diferencia numéricamente mínima entre los tratamientos de labranza.

Cuadro 16. Análisis de varianza con respecto al contenido de fósforo en la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

Análisis de varianza					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
Repeticion	2	303.1	151.53	1.1076	0.34438
Factor.A	2	752.2	376.10	2.7493	0.08125 .
Factor.B	1	3.3	3.32	0.0242	0.87740
Factor.A:Factor.B	2	116.9	58.43	0.4271	0.65656
Residuales	28	3830.4	136.80		

Al realizar el análisis de comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto al contenido de fósforo en el cultivo de maíz, se llegó al resultado de que no existe una diferencia estadística significativa entre dichos tratamientos (figura 13). Pero si observamos en el cuadro 17, vemos que numéricamente la labranza cero es la que mantiene mayor contenido de fósforo y seguidamente esta la labranza convencional, caso distinto con respecto a la comparación de medias de los sistemas de labranza en el cultivo de frijol en donde si hubo una diferencia estadística, esto conlleva a que son dos cultivos diferentes y por lo tanto demandan diferentes cantidades en nutrientes, de tal manera que no nos pueden dar resultados similares.

Cuadro 17. Comparación de medias de los sistemas de labranza en relación al contenido de fósforo en el cultivo de maíz a la profundidad de 0-15cm.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	L3	43.8
a	L1	35.92
a	L2	32.97

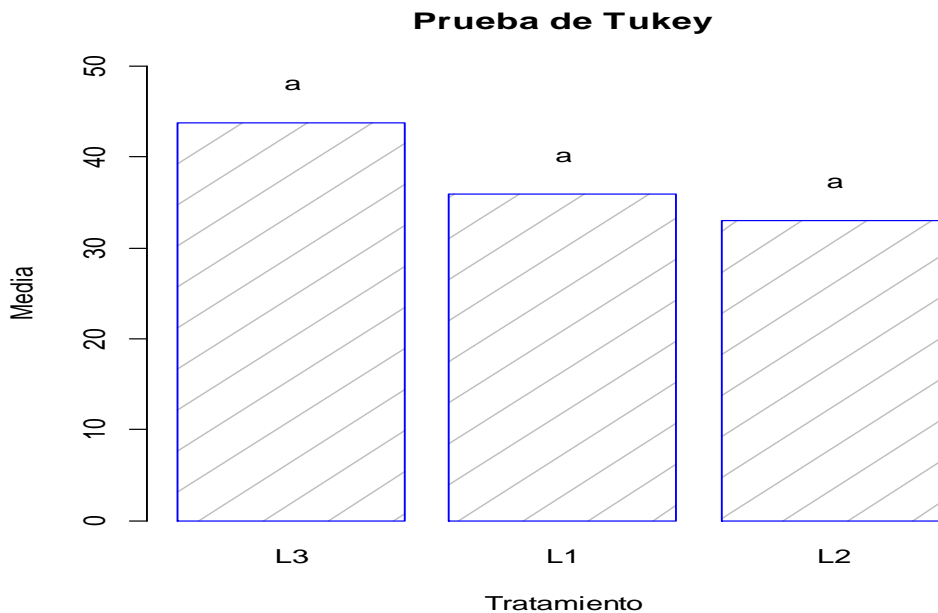


Figura 13. Comparación de medias de las labranzas en relación con el contenido de fósforo en el cultivo de maíz a una profundidad de 0-15cm.

En el caso de la comparación de medias entre los tratamiento de los mejoradores (cuadro 18 y figura 14) no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas. Santiago (2012), encontró resultados similares en cuanto los efectos de los mejoradores en el contenido de fósforo en donde obtuvo que ninguno de los mejoradores presentaron diferencia estadística significativa, pero en un cultivo de avena forrajera. Por otro lado Pinto (2013), en sus resultados encontró una diferencia estadística significativa en la interacción entre los tratamientos de labranza y mejoradores con respecto al contenido de fósforo, concluyendo que el sistema de labranza convencional con el mejorador testigo mantiene una mayor cantidad de fósforo, pero esto a una profundidad de 15-30 cm.

Cuadro 18. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de fósforo a la profundidad de 0-15cm en el cultivo de maíz.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	M1	37.87
a	M0	37.26

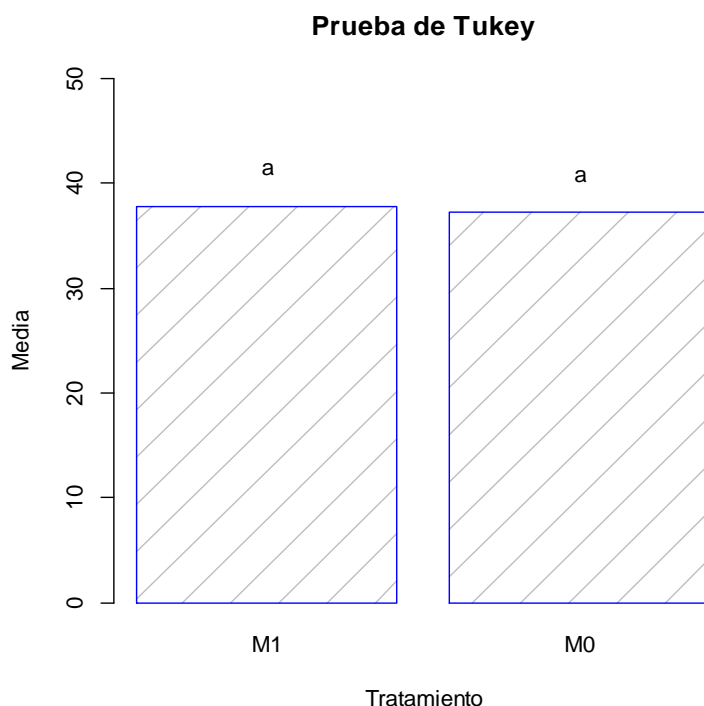


Figura 14. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de fósforo a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

4.3 Análisis estadístico del contenido del nitrógeno con respecto a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

Al hacer el análisis de varianza entre los factores en relación con el contenido de nitrógeno se encontró que existe una diferencia estadística significativa en cuanto a los tratamientos de labranza, pero no existe diferencia significativa en los tratamientos de los mejoradores y tampoco en la interacción entre los sistemas de labranza y mejoradores (cuadro 19). Esto coincide con los resultados obtenidos por Pinto (2013), en donde no encontró una diferencia altamente significativa en los sistemas de labranza, caso contrario con los resultados por González (2013), en donde concluyó que no hubo diferencia significativa en ninguno de los tratamientos en relación con el contenido de nitrógeno. Por lo tanto podemos decir que los sistemas de labranza están presentando cambios en cuanto al contenido de nitrógeno, ya que en las primeras investigaciones no se habían tenido diferencias significativas y a partir de la investigación de Pinto (2013) se empezaron a obtener dichos cambios.

Cuadro 19. Análisis de varianza con respecto al contenido de nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

Análisis de varianza					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
Factor.A	2	0.0038770	0.00193850	4.2253	0.02417 *
Factor.B	1	0.0000580	0.00005797	0.1264	0.72473
Factor.A:Factor.B	2	0.0001625	0.00008123	0.1771	0.83860
Residuales	30	0.0137635	0.00045878		

En el cuadro 20, al hacer la comparación de medias entre los tratamientos de labranza, se encontró que si existe diferencia estadística entre dichos tratamientos, manteniendo mayor contenido de nitrógeno la labranza cero (L3), seguidamente la labranza vertical (L2). Esto coincide con los datos obtenidos por Pinto (2013), en donde encontró que existe diferencia estadística significativa entre los sistemas de labranza, manteniendo mayor contenido de nitrógeno la labranza cero.

Cuadro 20. Comparación de medias en relación con el contenido de nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	L3	0.1216
ab	L2	0.107
b	L1	0.09625

En cuanto a los mejoradores al hacer la comparación múltiple de medias, resultó que no existe una diferencia estadística significativa entre dichos mejoradores, (figura 16). Esto coincide con Santiago (2012), en donde concluye que no existe diferencia significativa entre los mejoradores con respecto al contenido de nitrógeno, pero en el cultivo de avena forrajera. Por otro lado Beltran-Morales *et al.* (2005), concluyen que la incorporación de abono verde en un suelo yermosol háplico se incrementó el contenido de nutrientes, teniendo un incremento de 100 mg/kg de nitrógeno.

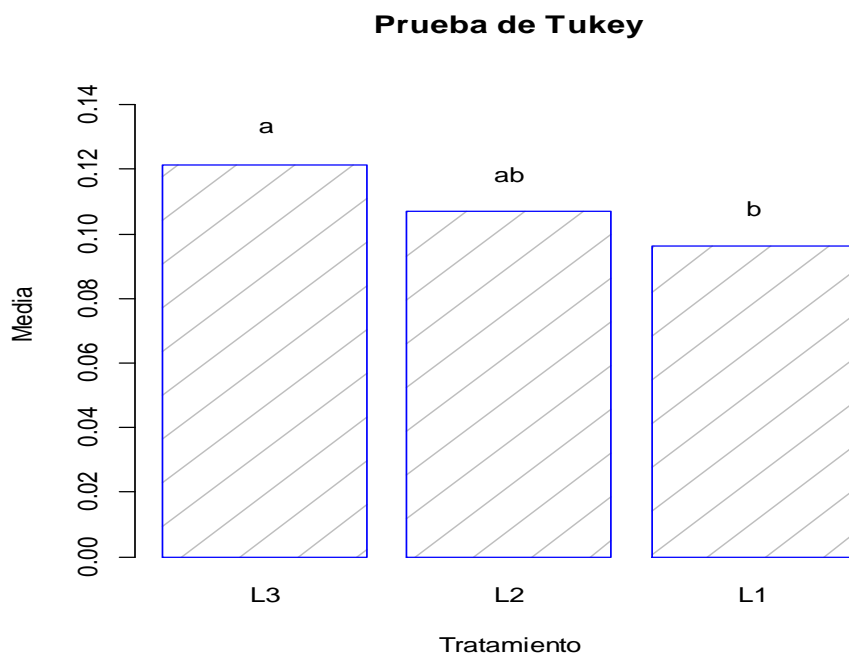


Figura 15. Comparación de medias entre los sistemas de labranza con respecto al contenido de nitrógeno en el cultivo de frijol.

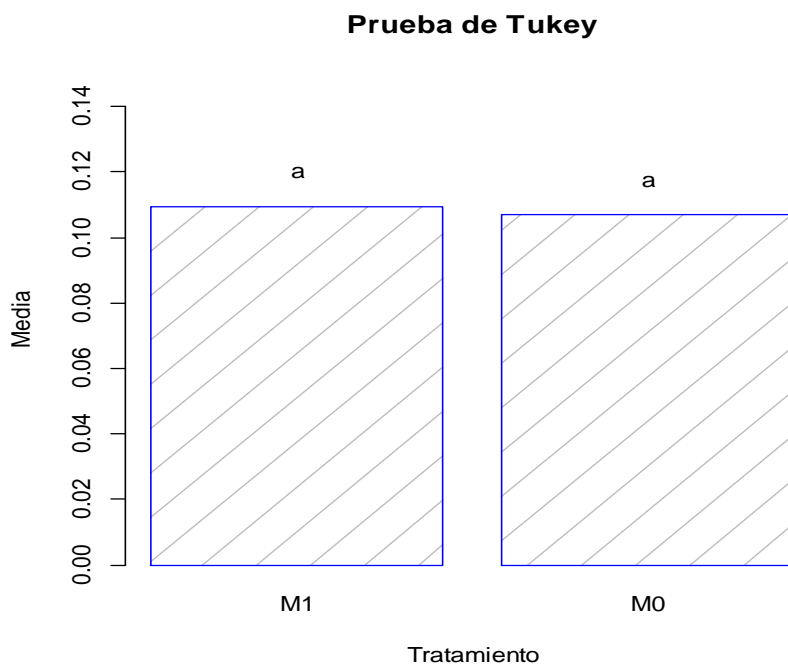


Figura16. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm.

4.3.1 Análisis estadístico del contenido del nitrógeno con respecto a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

En el cuadro 21 se muestran los resultados obtenidos al realizar el análisis de varianzas entre los tratamientos de labranza y mejoradores, y como podemos observar existe una diferencia estadística altamente significativa en cuanto las repeticiones y los tratamientos de labranza.

Cuadro 21. Análisis de varianza en relación con el contenido de nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

Análisis de varianza					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
Repeticion	2	0.0032194	0.00160971	8.0729	0.001705 **
Factor.A	2	0.0032367	0.00161835	8.1162	0.001659 **
Factor.B	1	0.0002048	0.00020483	1.0272	0.319490
Factor.A:Factor.B	2	0.0008700	0.00043502	2.1816	0.131666
Residuales	28	0.0055831	0.00019940		

Al realizarse la prueba de tukey de la comparación múltiple de medias a los tratamientos de labranza se obtuvo que si existe una diferencia estadística significativa entre dichos tratamientos así teniendo que, la labranza cero mantuvo mayor contenido de nitrógeno y seguidamente la labranza vertical, de manera similar ocurre en el caso del cultivo de frijol en donde la labranza cero mantiene mayor contenido de nitrógeno. En este caso existe una diferencia estadística significativa comparando L3 Y L2 con L1, ya que L3 Y L2 pertenecen al mismo grupo por lo tanto son iguales, pero diferentes a L1, (cuadro 22 y figura 17).

Cuadro 22. Comparación de medias en relación con el contenido de nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	L3	0.1156
a	L2	0.114
b	L1	0.09474

En cuanto a los mejoradores no existe una diferencia estadística significativa, pero numéricamente aportando mayor contenido de nitrógeno el mejorador testigo (figura 18).

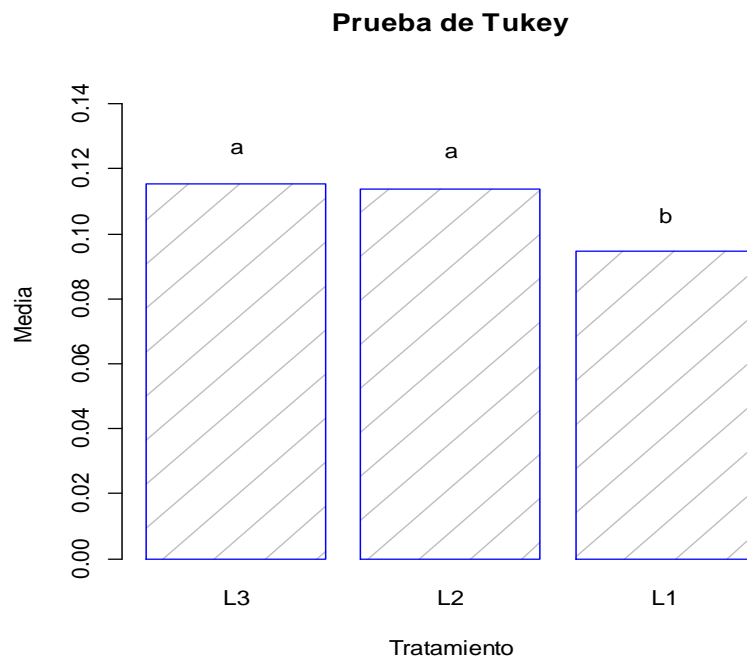


Figura 17. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto al contenido de nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

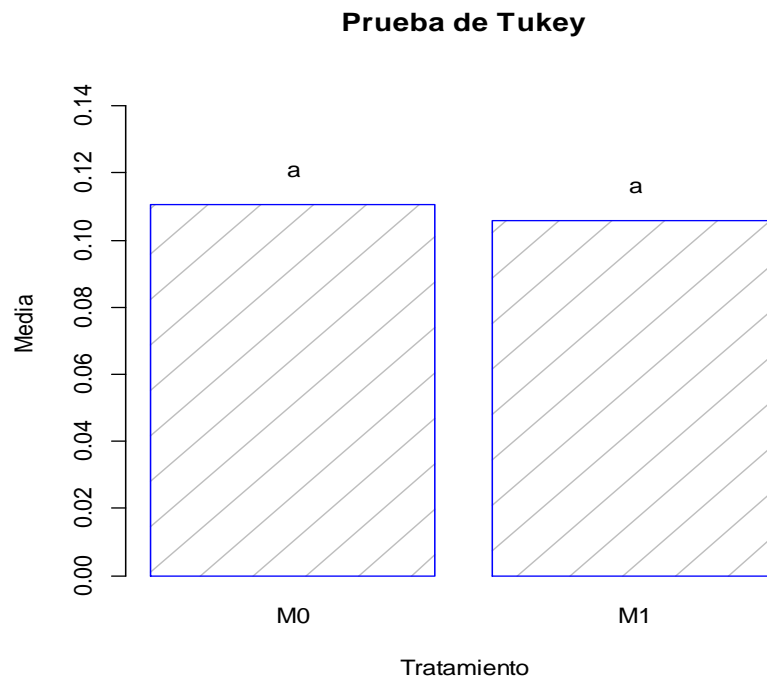


Figura 18. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de nitrógeno a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

4.4 Análisis estadístico del contenido de pH con respecto a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

Al realizar el análisis de varianza con respecto al contenido de pH (cuadro 23), podemos observar que existe una diferencia estadística altamente significativa entre las repeticiones, pero en cuanto los tratamientos no existe diferencia estadística significativa, tampoco en la interacción en tales tratamientos. De acuerdo a los resultados obtenidos por Pinto (2013), obtiene que no hay diferencias estadísticas entre las repeticiones así como también en ninguno de los tratamientos evaluados, ni en la interacción de dichos tratamientos. Por lo tanto en este ciclo vemos que se están dando cambios en cuanto al contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm.

Cuadro 23. Análisis de varianza en relación con el contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

Análisis de varianza					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
Repeticion	2	1.18729	0.59364	12.8512	0.0001097 ***
Factor.A	2	0.16162	0.08081	1.7494	0.1923533
Factor.B	1	0.00203	0.00203	0.0438	0.8356730
Factor.A:Factor.B	2	0.02987	0.01493	0.3233	0.7264400
Residuales	28	1.29343	0.04619		

En cuanto la comparación de medias entre los tratamientos de labranza, podemos observar que no existe diferencia estadística significativa entre dichos sistemas de labranza, pero numéricamente la que mantiene mayor contenido de pH en el suelo, es la labranza vertical y seguidamente la labranza cero y por último la labranza convencional (cuadro 24 y figura 19). Por otro lado al realizar la comparación de medias entre mejoradores de igual manera no se encontró diferencia estadística significativa en cuanto al contenido de pH (figura 20). Por otro lado Montero *et al.* (1999), al evaluar el efecto de la incorporación de diversas algas hacia suelos ácidos obtuvo que la incorporación de dichas algas mostraron una ligera disminución en cuanto al contenido de acidez. Observo que en los suelos tratados con las diversas especies de algas, mostraron un mayor pH residual en comparación con el suelo que no fue tratado con las diversas especies de algas.

Cuadro 24. Comparación de medias en relación con el contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	L2	8.372
a	L3	8.359
a	L1	8.224

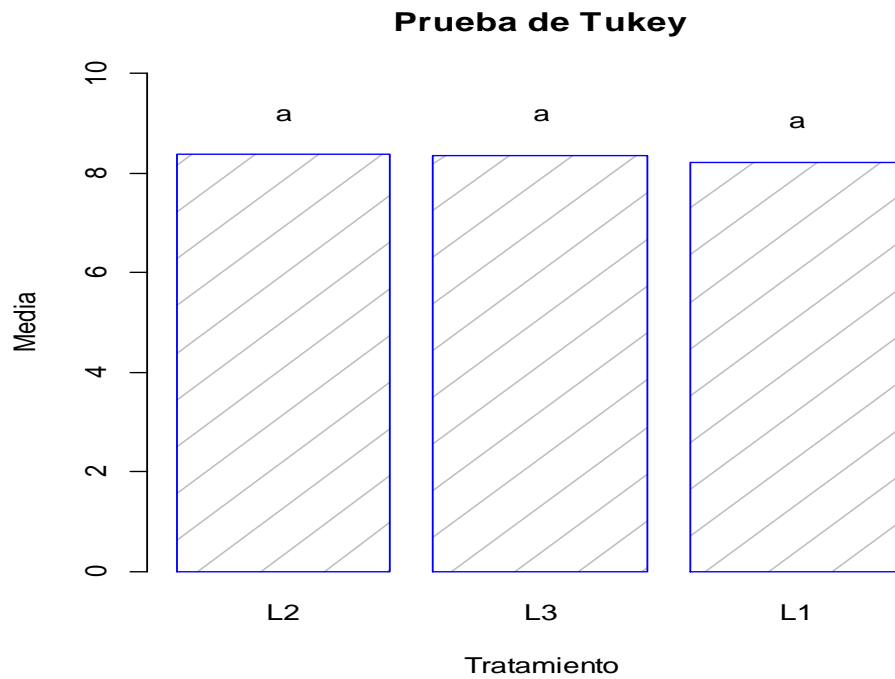


Figura 19. Comparación de medias entre los sistemas de labranza con respecto al contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

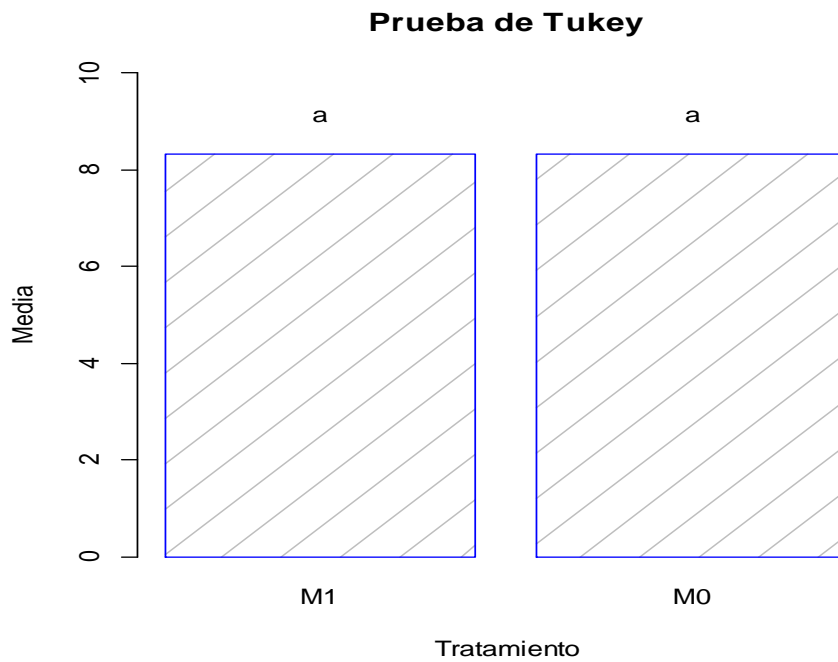


Figura 20. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

4.4.1 Análisis estadístico del contenido de pH con respecto a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

Al hacer el análisis de varianza entre los tratamientos de labranza y mejoradores para el caso del contenido de pH con respecto al cultivo de maíz a la profundidad de 0-15 cm, se obtuvo resultados similares con respecto al cultivo de frijol, como podemos observar (cuadro 25) existe una diferencia estadística altamente significativa entre las repeticiones, pero no en el caso de los tratamientos de labranza y mejoradores, tampoco en la interacción de tales tratamientos.

Cuadro 25. Análisis de varianza con respecto al contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

Análisis de varianza					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
Repeticion	2	0.66384	0.33192	12.5152	0.0001309 ***
Factor.A	2	0.09771	0.04885	1.8420	0.1771914
Factor.B	1	0.04134	0.04134	1.5589	0.2221628
Factor.A:Factor.B	2	0.06187	0.03094	1.1665	0.3261452
Residuales	28	0.74259	0.02652		

En cuanto a la comparación múltiple de medias de los tratamientos de labranza, no se encontró diferencia estadística significativa entre dichos sistemas de labranza (cuadro 26 y figura 21), pero numéricamente el sistema de labranza que mantuvo mayor contenido de pH fue el sistema de labranza cero (L3), siguiendo después la labranza vertical (L2), caso contrario en el cultivo de frijol (cuadro 24), en donde numéricamente la labranza vertical es la que mantiene mayor contenido de pH.

Cuadro 26. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto al contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	L3	8.411
a	L2	8.317
a	L1	8.289

Al realizar la comparación de medias entre los mejoradores (figura 22) se encontró que no existe diferencia estadística significativa entre tales mejoradores, pero numéricamente aportando mayor contenido de pH el mejorador alga enzima (M1), esto coincide con López *et al.* (2001), donde evaluó el efecto que provocan los abonos orgánicos en las propiedades químicas y físicas de un suelo en un cultivo de maíz y de acuerdo a sus resultados, encontró que no se registraron cambios significativos en cuanto el pH, CE, Ca, Mg, Na y K.

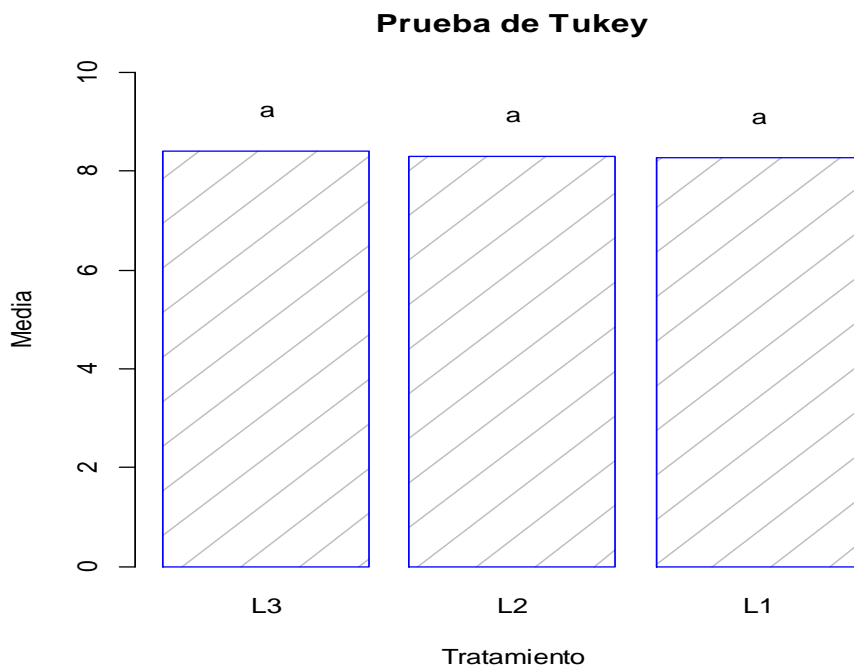


Figura 21. Comparación de medias entre los sistemas de labranza con respecto al contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

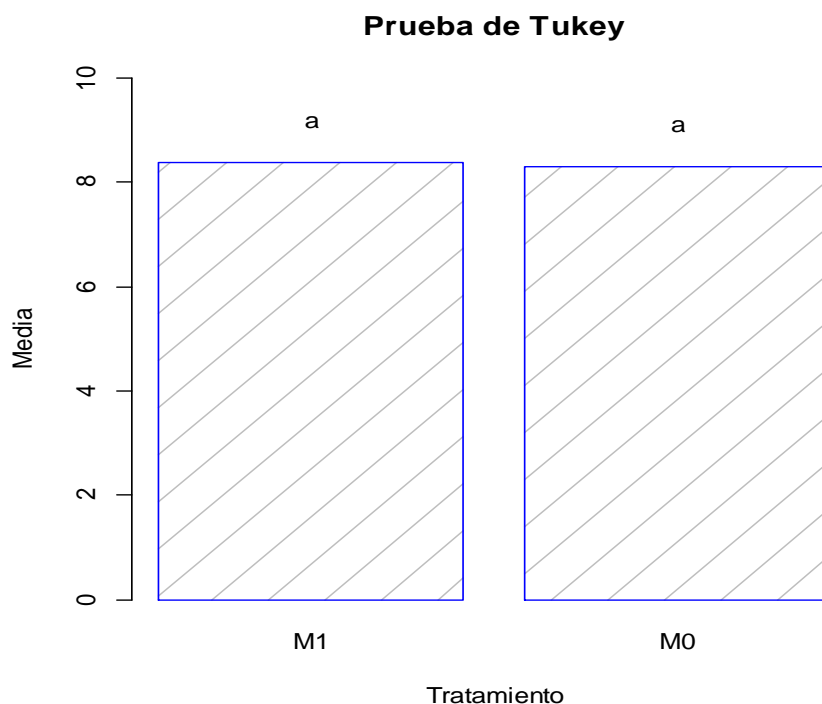


Figura 22. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de pH a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

4.5 Análisis estadístico del contenido de potasio con respecto a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

De acuerdo al análisis de varianza podemos observar que no existen diferencias estadísticas significativas en ninguno de los tratamientos, tampoco en la interacción de tales tratamientos (cuadro 27). De acuerdo a Jaurixje (2013), menciona que la disminución del contenido de potasio está relacionado con la textura del suelo, en donde dicho nutriente tiende a perderse por lixiviación.

Cuadro 27. Análisis de varianza con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

Análisis de varianza					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
Repetición	2	790096	39503	1.6051	0.2188
Factor.A	2	109672	54836	2.2282	0.1265
Factor.B	1	178	178	0.0072	0.9329
Factor.A:Factor.B	2	14739	7369	0.2994	0.7436
Residuales	28	689034	24611		

Como podemos observar en el cuadro 28 y figura 23, tenemos que no existe una diferencia estadística significativa entre los tratamientos de labranza, pero numéricamente en sistema de labranza que mantiene mayor contenido de potasio es la labranza vertical (L2). En el caso de los mejoradores al realizarse la comparación de medias entre dichos mejoradores, de igual manera, resulto que no existen diferencias estadística significativas entre los mejoradores, en este caso para el cultivo de frijol (figura 24). Resultados similares obtenidos por Santiago (2012), en donde evalúa el efecto de tres mejoradores hacia las calidades químicas de un suelo franco arcilloso (K, P y N), y los resultados que obtiene, es que no hubieron diferencias estadísticas entre dichos mejoradores con respecto al potasio, pero a una profundidad de 15-30 cm y en un cultivo de avena forrajera. De igual manera López *et al.* (2001), al evaluar el efecto que causan los abonos orgánicos al suelo, menciona que no existieron cambios en cuanto al contenido de potasio en suelo al aplicar los abonos orgánicos en un cultivo de maíz forrajero.

Cuadro 28. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	L2	2095
a	L3	2094
a	L1	1978

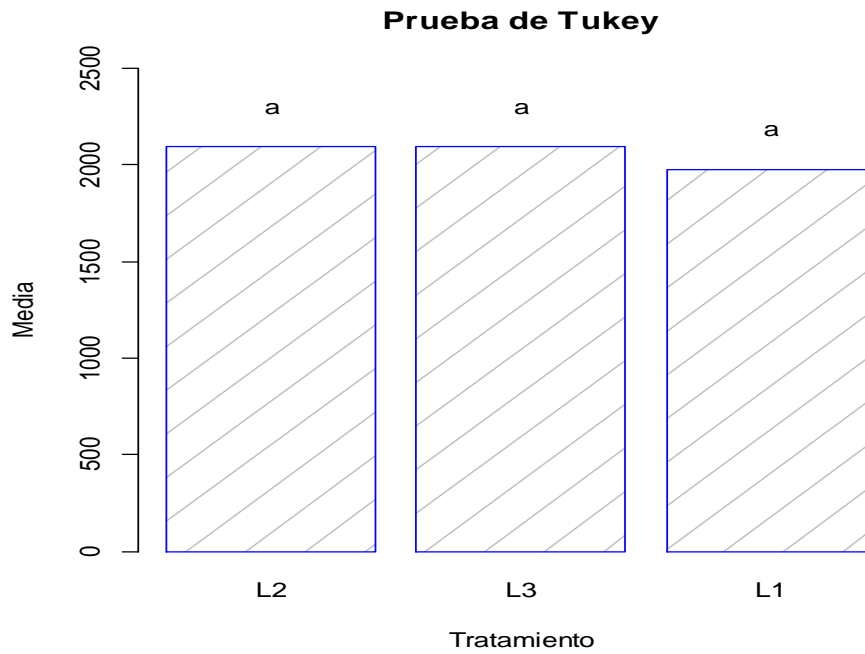


Figura 23. Comparación de medias entre los sistemas de labranza con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

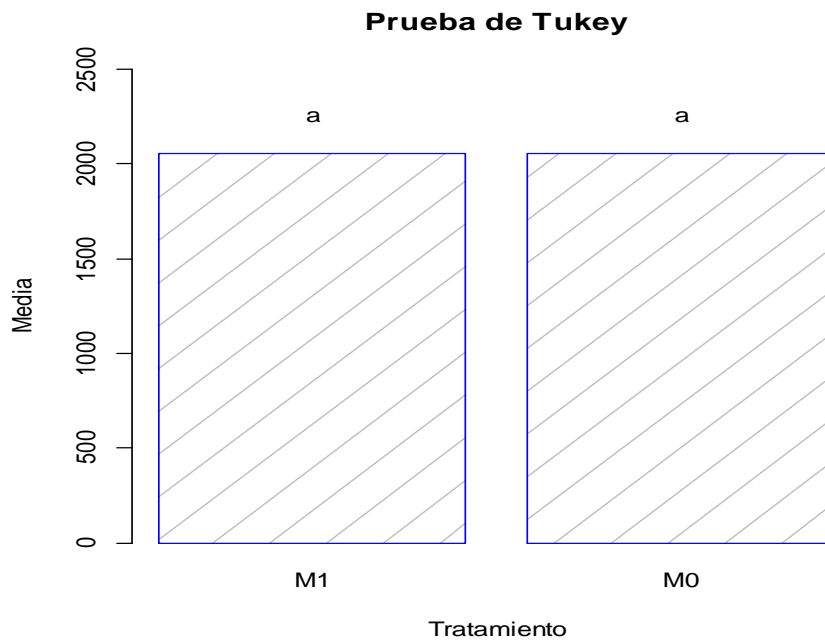


Figura 24. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de frijol.

4.5.1 Análisis estadístico del contenido de potasio con respecto a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

Al realizar el análisis de varianza (cuadro 29), podemos observar que existe una diferencia estadística mínima significativa entre las repeticiones, en cuanto los tratamientos de labranza existe una diferencia estadística altamente significativa y así como también, encontramos que hay una diferencia significativa en la interacción entre los dos tratamientos (sistemas de labranza y mejoradores). En este caso tanto los tratamientos de labranza como la interacción entre las labranzas y mejoradores si están causando efectos en el contenido de potasio en el cultivo de maíz, caso contrario lo que sucede con el cultivo de frijol en donde no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos. Esto podría ser por el motivo de que son dos cultivos diferentes y por lo tanto demandan diferentes cantidades de nutrientes y causan diferentes efectos hacia el suelo.

Cuadro 29. Análisis de varianza con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

Análisis de varianza					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
Repeticion	2	55206	27603	2.5597	0.095295 .
Factor.A	2	165506	82753	7.6739	0.002201 **
Factor.B	1	2669	2669	0.2475	0.622695
Factor.A:Factor.B	2	88439	44219	4.1006	0.027422 *
Residuales	28	301944	10784		

En el análisis de la comparación de medias entre los sistemas de labranza (cuadro 30 y figura 25), podemos ver que existe una diferencia estadística significativa entre los sistemas de labranza, en donde la labranza vertical es la que mantiene mayor contenido de potasio, y a continuación sigue la labranza cero y por último la labranza convencional.

Cuadro 30. Comparación de medias entre los tratamientos de labranza con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	L2	2168
ab	L3	2077
b	L1	2002

En cuanto a los mejoradores como podemos ver en la figura 26, no existe una diferencia estadística significativa, pero numéricamente el mejorador que aporta mayor contenido de potasio es el mejorador testigo (M0). En el caso del cultivo de frijol, numéricamente, el mejorador que aporta mayor contenido de potasio es el mejorador alga enzima (M1). Beltrán-Morales *et al.* (2003), obtuvieron que al aplicar sistemas de labranza reducida en un suelo yermosol háplico se tuvieron efectos significativos en cuanto el contenido de P y K, Así como también la incorporación de abono verde tuvo efectos significativos en el contenido de potasio. Aun así Beltrán-Morales *et al.* (2003), mencionan que la escasa diferencia significativa de los factores de labranza e incorporación de abonos verdes hacia las características físicas y químicas del suelo se debe por una parte a que la utilización de la labranza reducida y la incorporación de abonos verdes necesitan de varios años para presentar diferencias altamente significativa en dichas características del suelo.

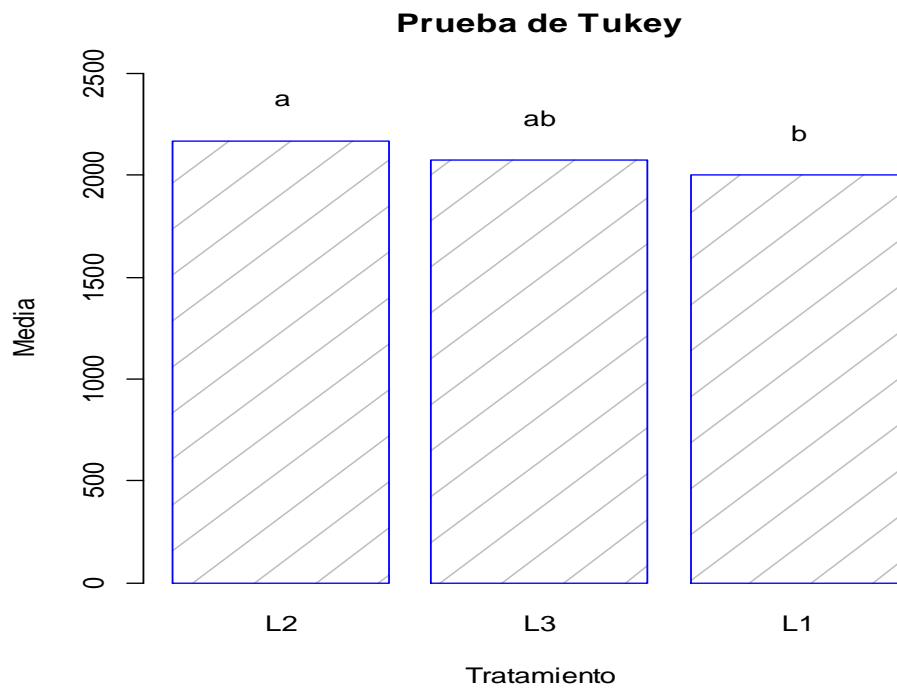


Figura 25. Comparación de medias entre los sistemas de labranza con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de maíz.

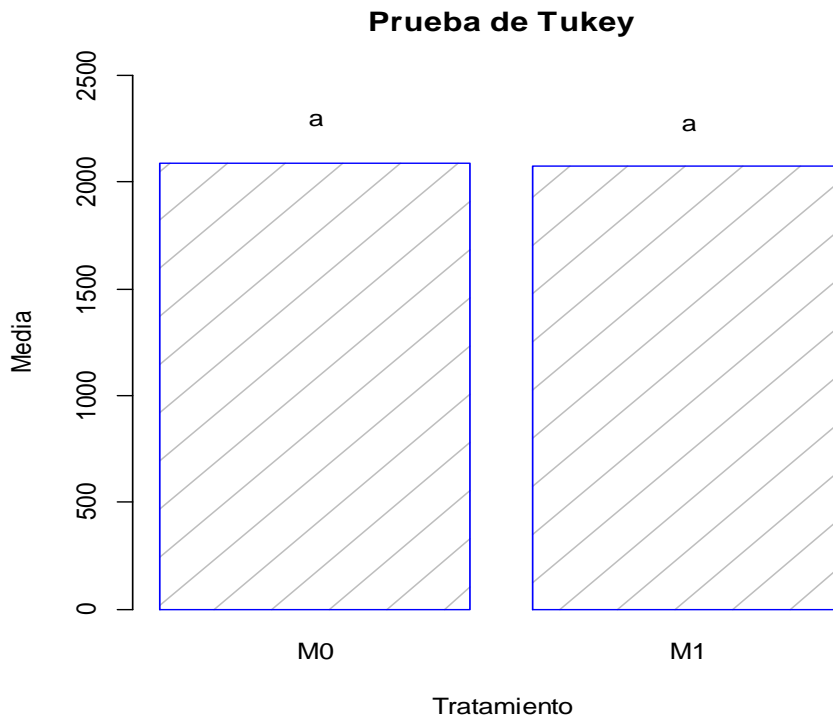


Figura 26. Comparación de medias entre los mejoradores con respecto al contenido de potasio a la profundidad de 0-15 cm en el cultivo de Maíz.

En el cuadro 31, podemos ver la interacción entre los tratamientos de labranza y los mejoradores y cómo podemos observar la interacción entre la labranza vertical (L2) con el mejorador Alga enzima (M1), es la interacción que aporta mayor contenido de potasio en dicho suelo.

Por otro lado si observamos la grafica de las interacciones (figura 27), al realizar la prueba de comparación múltiple de medias de dichas interacciones en relación con el potasio en el cultivo de maíz, a través del método de la DMS (diferencia de medias significativas), se llego al resultado que, al tener una confiabilidad del 95 % , se obtuvo una diferencia significativa entre los mejoradores para la labranza vertical , no encontrándose diferencia significativa entre los mejoradores para la labranza convencional y cero. Por otro lado se tiene una confiabilidad de 95 % y se llego al resultado que existe una diferencia estadística significativa entre las labranzas para el mejorador alga enzima, teniendo mayor contenido de potasio, trabajando con la labranza y seguidamente por la labranza cero.

Salaya (2010), concluyó que los abonos líquidos influyen en las propiedades físico-químicas (textura, densidad aparente, pH, N, P y K) en la germinación de las semillas de chile habanero, así como también en el desarrollo y crecimiento de dichas plantas. Esto al evaluar los efectos de los abonos líquidos fermentados en la producción de plántulas de chile habanero bajo condiciones del trópico-húmedo.

Cuadro 31. Análisis de medias de los tratamientos de labranza y mejoradores con interacciones entre dichos tratamientos con respecto al contenido de potasio en el cultivo de maíz.

Medias de la interacción			
	Factor. A	Factor. B	Medias ajustadas
1	L1	M0	2080.000
2	L2	M0	2135.000
3	L3	M0	2056.667
4	L1	M1	1923.333
5	L2	M1	2200.000
6	L3	M1	2096.667

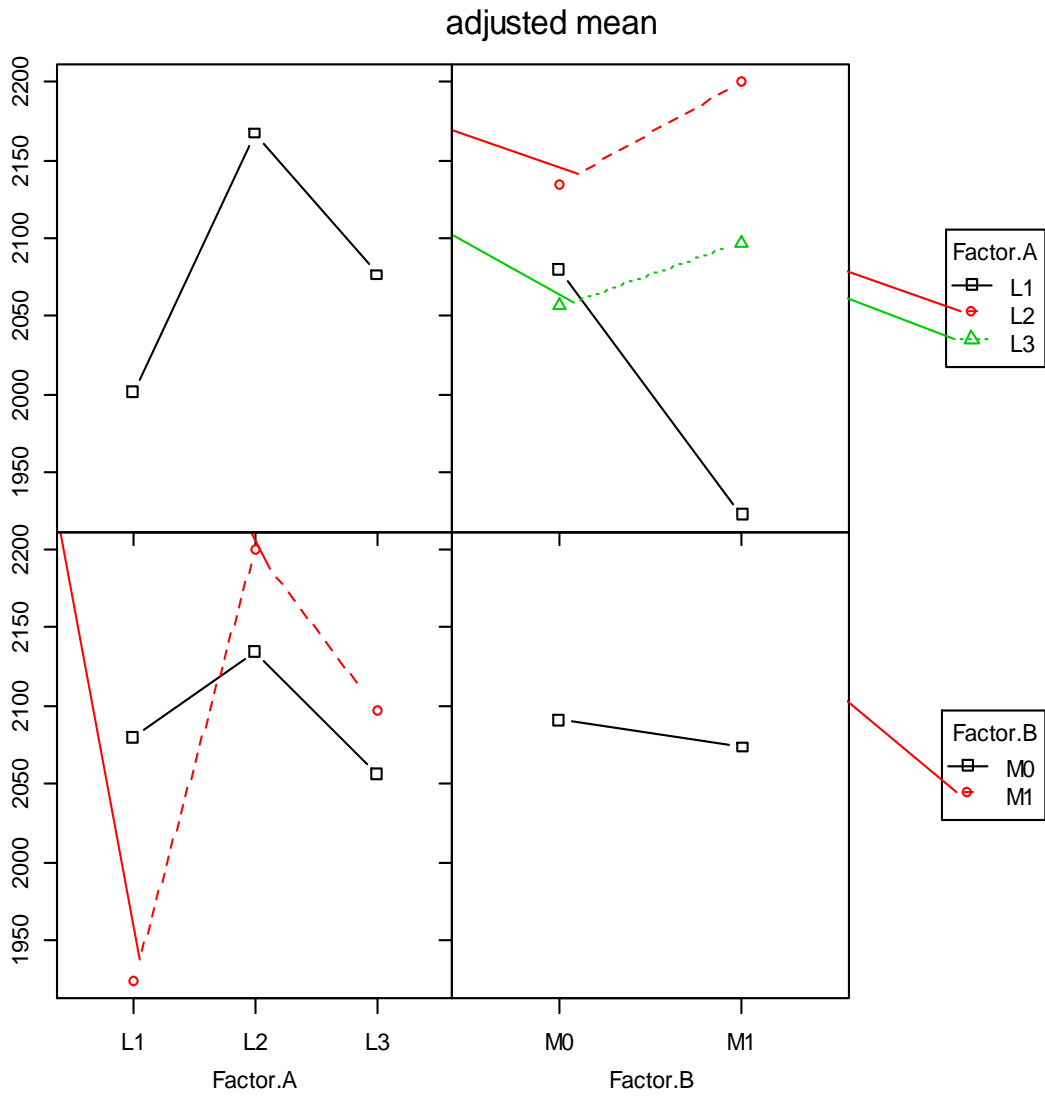


Figura 27. Interacción entre las medias de los tratamientos de labranza y mejoradores con respecto al contenido de potasio en el cultivo de maíz.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo con los resultados obtenidos podemos concluir que en la presente investigación que se realizó en el ciclo agosto- diciembre del 2013 se empiezan a dar cambios en las calidades químicas de un suelo franco arcilloso, se empiezan obtener efectos significativos de los sistemas de labranza con respecto al contenido de nitrógeno y fosforo, manteniendo mayor contenido de nitrógeno la labranza cero.

En el caso del potasio la labranza vertical es la que mantiene mayor contenido de dicho nutriente, seguidamente la labranza cero, en esta ocasión la interacción entre labranza y mejorador si hubo diferencias significativas, predominando la interacción labranza vertical con el mejorador alga enzima.

En cuanto a la conductividad eléctrica únicamente se encontró diferencia significativa en los sistemas de labranza en el cultivo de maíz, en cuanto a los mejoradores no se encontraron diferencias significativas.

Por otro lado en la conductividad eléctrica en un ciclo anterior, pero en cultivo de avena forrajera, no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos (sistemas de labranza y mejoradores) en ninguna de las dos profundidades (de 0-15 cm y 15-30 cm).

En cuanto los efectos de los sistemas de labranza y mejoradores con respecto al pH del suelo no influenciaron significativamente, pero numéricamente la labranza vertical mantuvo mayor contenido de pH en el caso del cultivo de frijol y en el caso del cultivo de maíz fue la labranza cero, esto coincide con los datos obtenidos en un ciclo anterior, pero en un cultivo de avena forrajera.

Por lo tanto podemos concluir que la labranza vertical y la labranza cero son las que influyen más en los indicadores de calidad química de un suelo franco arcilloso, de tal manera que manteniendo mayor contenido de dichos nutrientes del suelo.

Se recomienda seguir evaluando los efectos que provocan los sistemas de labranza y los mejoradores en las propiedades químicas. En el caso de los mejoradores, seguir evaluando pero con diferentes mejoradores para obtener diversos resultados de los efectos que provocan hacia las propiedades químicas del suelo.

Así como también evaluar los efectos de dichos tratamientos pero a un periodo a largo plazo. Evaluar el efecto de la rotación de cultivos en dichas propiedades químicas del suelo.

VI. BIBLIOGRAFÍA.

- Aguilar Torres. M.A., Ordóñez Fernández R. y González Fernández P. 2003. Utilización de compost de lodos de depuradora en olivar. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Alejo S. Santiago, Rubén Bugarin M., Margarito Ortiz C., Gregorio Luna E. y Víctor Jiménez M. 2011. Nutrición nitrogenada en cultivos importantes de Nayarit. Revista fuente.
- Anserona M. Javier. 1994. Composición y propiedades físicas del suelo. Laboratorio agrario, departamento de agricultura y especialidad natural. Diputación foral de Guipuzkoa. P 22-25.
- Barrios Botzoc, J. R. 2012. Determinación de la composición de la fase soluble del suelo y su impacto en la producción de caña de azúcar (*Saccharumofficinarum*). Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Valle de Cantarranas, Honduras.
- Barzergar A., M. Ansari. 2000. Effectiveness of sugarcane residue in corporation at different wáter contents and the proctor compaction loads in reducing soil compatibility. Soil and tillage Research 57: 167-172.
- Bautista A., et al. 2004. Calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas 13(2); PP 90-91.
- Beltrán-Morales, F. A. 2003. El nitrógeno. Su impacto en la agricultura y en el ambiente. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México.
- Beltrán-Morales, F. A.; García-Hernández, J. L.; Valdez-Cepeda, R. D.; Murillo-Amador, B.; Troyo-Dieguez, E.; Larrinaga-Mayoral, J.; Ruiz-Espinoza, F. H.; Fenech-Larios, L.; García-Rodríguez, F. 2005. Sistemas de labranza, incorporación de abono verde y recuperación de la fertilidad de un yermosol háplico. *Terra Latinoamericana*, vol. 23, núm. 3, Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, ACCS. P 164.
- Blanco S. José Orlando. 2003. Manejo integral de suelos con énfasis en el cultivo de arroz. Ministerio de agricultura y desarrollo rural programa nacional de transferencia de tecnología agropecuaria (PRONATA). Instituto colombiano agropecuario.

- Bustamante G. Marco Antonio. Importancia del potasio y su uso en México. 2012 Departamento de horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Cabrera C. Fernando, Oleschko L. 1995. Efecto de la labranza sobre la estructura interna de dos tipos de suelo. INIFAP. Vol. 21 No 2.
- Cairo C. P. y O. Fundora. 1994. Edafología. Ed. Pueblo y educación. Ciudad de la Habana. P 475.
- Canales L. Benito. 1999. Enzimas-Algas: posibilidades de uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Terra volumen 17 numero 3. PP: 2-4
- Demuner M. Genaro, M. C. Zapata, S. G. Campos Magaña, A. Zermeño Gonzales, F. J. Sánchez Pérez. 2012. Efectos de tres sistemas de labranza y mejoradores de suelo en la disponibilidad de humedad y volumen de exploración de raíces. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. p. 719-727.
- Doran J W .1980. Microbial changes associated with residue management with reduced tillage. *SoilSci. Soc. Am. J.*44: 765-771.
- Equaquimica, Algasoil, Ecuador, 2011.
- Evanylo, G; Sherony, C; Spargo, J; Starner, D; Brosius, M; Haering, K. 2008. Soil and water environmental effects of fertilizer- manure-, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127:50-58.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2010. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura.
- Florentino de Andreu, A. 1989. Efecto de la compactación sobre las relaciones hídricas en suelos representativos de la colonia agrícola de Turén. Tesis de posgrado en ciencia del suelo. Facultad de agronomía, universidad central de Venezuela, Maracay.
- Follet R .F. 2001. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. *SoilTill. Res.* 61: 77-92.
- García, C.; Roldán, A. & Hernández, T. 2005. Ability of different plant species to promote microbiological processes in semiarid soil. *Geoderma* 124: 193-202.
- Garcia-Hernandez, J. L.; manejo de plagas en la producción de hortalizas, en: memorial 5° simposio nacional de horticultura, pp 89-102, Saltillo, Coahuila; México, 26-28 de octubre 2005.

- García R. Juan Pablo. 2005. Recuperación de suelos en el Sudeste del Departamento Rawson. FFHA, UNSJ 2005.
- González L. Cynthia Patricia. 2004. Efecto de ácido fúlvico k-tionic en diferentes etapas del cultivo de maíz. Tesis de licenciatura. Universidad autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur
- González, L. Gerardo. 2013. Efecto en el corto plazo de sistemas de labranza y mejoradores en los indicadores N, K Y M.O. en un suelo franco arcilloso. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Hernández- Rodríguez O. Adriana, Damaris L. Ojeda-Barrios, Julio C. L. Díaz, Ana M. A. Vota. 2010. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Revista Tecnociencia Chihuahua. Vol. IV, No 1.
- INEGI: anuario estadístico del estado de baja california sur, México, 2002.
- Jackson, M. L. 1976. Análisis Químico de Suelos. Ediciones Omega. Pag.255.
- Jaurixje M., T. Duilio, M Betty, H. Manuel, C. Jorge. 2013. Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quibor, estado de Lara. Bioagro 25(1): 47-56.
- Jeannette S. Bayuelo-Jiménez, Iván Ochoa², Verónica A. Pérez-Decelis, Ma. De Lourdes Magdaleno-Armas y Raúl Cárdenas-Navarro. 2012. Eficiencia de fósforo en germoplasma de maíz de la Meseta P'urhépecha en etapa de plántula. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- León- Agüero. 2001. Efecto de tipos de labranza sobre la población de malezas en caña de azúcar. Agronomía mesoamericana 12(1): 71-77.
- López A. 1994. El biocompostaje de los residuos agroindustriales y el mejoramiento de la agricultura. Biocenosis.11(1). P 21-25.
- López, D. A., R. M. Williams, K. Miehlike y J. Mazana. 1995. Enzimas, fuente de vida. Fundación de Investigación Inmunológica (IERF), Monticelo Place, Evanson, Illinois, USA. Ed. en español, EdikaMed., S. L., Barcelona, España.
- López, M. J. D. Díaz, E. A. Martínez, R. E. Valdez, C. R. D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra Latinoamericana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. México. Vol. 19 Núm. 4. Pp. 293-299.

- López M. Moisés Caleb. 2010. Labranza y sostenibilidad de uso del suelo en agro ecosistemas del valle de Etna, Oaxaca. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR unidad Oaxaca.
- Lynch J P. M D H. 2005. Rhizoeconomic: Carbon costs of phosphorus acquisition in *Arabidopsis thaliana*: a modelling approach. *Plant soil* 236:221-235.
- Macedo M. C., A. H. Zimmer, C. Miranda y F. P. Costa. 2005. Agropastoril production in no tillage systems in the cerrado. Workshop "Advances in improving acid soil adaptation of tropical crops and forages, and management of acid soils" Brasilia, Brasil. Resúmenes. pp. 9.
- Marcano, F., C. Ohep y D. Francisco. 1994. Efecto de la labranza y del nitrógeno en algunos componentes del rendimiento, macro porosidad del suelo, densidad radical y producción del maíz (*Zea mays L.*). *Agricultura Tropical* 44(1). P 5-22.
- Mudarra C. Valeriano. 2013. Lodos de depuradora, sobre la lixiviación y biodisponibilidad de elementos traza, procedente de suelos contaminados en cultivos en bandejas de lechuga. Tesis de licenciatura. Universidad de Almería. Escuela politécnica superior y facultad de ciencias experimentales.
- Muñoz I. D. J., Mendoza C. A., López G. F., Soler A. A., Hernández M. M. 2000 Manual de análisis de suelo. Edafología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México.
- Montero M. J. Vilariño, P. Marcet Miramontes, M. L. Andrade Couce, J. Estevez SIO. 1999. Influencia de la adición de diversas especies de algas sobre algunas propiedades químicas de un suelo ácido y el crecimiento de *Hordeumvulgare L.*
- NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial, 31 de diciembre de 2002.
- Parr, J. F., Papendick, R. I., Hornick, S. B. y Meyer, R. E. 1992. Soil quality: attributes and relationships to alternative and sustainable agriculture. *American J. of Alternative Agriculture* 7: 5-11.
- Pinto G. Moices. 2013. Efecto del manejo integrado de la labranza y mejoradores en indicadores químicos en un suelo franco arcilloso de ambiente semiárido. Tesis para titulación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2011. Revista TUNZA.

- Pollacino, J. C.; Tesouro, M. O.; Romito, A.; D' Amico, J. P.; Roba, M. y Paredes, D. 2012. Labranza vertical: efecto sobre un suelo compactado y sobre el rendimiento de un cultivo de trigo. *Revista de la Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias* Vol. III, N° 6, p. 81-104.
- Porras P. Enrique. 2006. Evaluación de indicadores de calidad de suelos en tres sistemas de labranza en el trópico húmedo. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. PP: 72-73.
- Porta J., M. López Acevedo y C. Roquero. 2003. *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. 3era. edición. Mundi Prensa. Madrid, España. 960 p.
- Ramos A. David, Terry A. Elein. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Ministerio de educación superior, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Cuba.
- 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, Coahuila, México.
- Rice C W, Grove J H, Smith S. 1987. Estimating soil net nitrogen mineralization as affected by tillage and soil drainage due to topographic position. *Can. J. SoilSci.* 67: 513-520.
- Richardson E, J Lynch, P R Ryan, E Dehaize, F F A Smith, S E Smith, P Harvey, M H Ryan. 2011. Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency in agriculture. *Plant sol* 349: 121-156.
- Rojas, L. M., Rojas-Palacio, H., Menjívar Flórez, J. C. 2008. Estimación de la conductividad hidráulica saturada in situ en un suelo tratado con vinaza. *Acta Agron (Palmira)*. 57 (2): 125-128.
- Salaya D. Jotam. 2010. Elaboración artesanal de dos abonos líquidos fermentados y su efectividad en la producción de plántulas de chile habanero. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados, campus Tabasco. Tabasco, México. PP: 24, 25, 88-97.
- Salazar S. Enrique, T. Escareño Idilio, V. Vázquez J. Dimas, L. Martínez, Fortis H. Manuel, Zuñiga T. Rafael, Amado A. P. Jesús. 2009. Distribución de nitrógeno disponible en el suelo abonado con estiércol bobino en maíz forrajero.

Santiago L. Luis. 2012. Efecto en el corto plazo de los mejoradores de suelo en indicadores de macroelementos. Tesis para titulación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

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

Soto, G. 2002. Abonos orgánicos para la producción sostenible de tomate. Edición Literaria. CATIE. Turrialba, Costa rica. P 4-15.

Venegas, C. 1990. Labranza conservacionista. Una tecnología que llegó a la IX región para quedarse. Investigación y progreso Agropecuario. IPA, Carrillanca. Chile. p 3-10.

Walkley, A., y Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soils science*, 37(1), 29-38.

Zhu J, S M Mickelson, S M Kaepler, J P Lynch. 2006. Detection of quantitative trait loci for seminal root traits in maize (zea mays) seedlings grown under differential phosphorus levels. *Theor. Appl. Genet.* 113:1-10.

Páginas web consultadas:

<http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s04.htm>

<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/14/61286>

<http://www.iib.unsam.edu.ar/php/docencia/licenciatura/biotecnologia/2010/QuimicaBiol/ciclo.pdf>

<http://noticias.universia.es/enportada/noticia/2012/06/07/941280/capacidad-aportacion-potasio-suelos-minas-gerais-brasil.htm>

datateca.unad.edu.co/.../leccin_6_la_labranza_y_sus_clases.html