

**EFFECTO DE SISTEMAS DE LABRANZAS, MEJORADORES Y ROTACIÓN
DE CULTIVOS EN PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO FRANCO-
ARCILLOSO**

JUAN CARLOS RODRÍGUEZ NÚÑEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERIA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO

Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2015

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

EFFECTO DE SISTEMAS DE LABRANZAS, MEJORADORES Y ROTACIÓN DE
CULTIVOS EN PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO FRANCO-
ARCILLOSO

TESIS

JUAN CARLOS RODRIGUEZ NUÑEZ

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y Aprobada como
requisito parcial para optar al grado de:

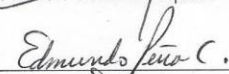
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERIA DE SISTEMAS DE PRODUCCION

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal:


Dr. Martin Cadena Zapata

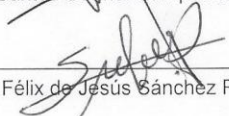
Asesor:


Dr. Edmundo Peña Cervantes

Asesor:


Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

Asesor:


Mc. Félix de Jesús Sánchez Pérez


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Subdirector de Postgrado

Saltillo, Coahuila, México, Junio, 2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado la oportunidad de estar aquí y por un logro más en mi vida.

A mis padres Alfonso Rodríguez y Bersabe Núñez por haberme dado la vida mis primeras enseñanzas y demostrarme que todo es posible cuando te fijas metas.

A mis hermanos Beatriz Adriana y Andrés Gustavo por apoyarme en todo y demostrarme que en la familia la unión hace la fuerza.

A Magda por su apoyo incondicional y por estar siempre en los momentos difíciles alentándome a nunca darme por vencido.

A MI ALMA TERRA MATER Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y al programa de posgrado Ingeniería en Sistemas de Producción, Por brindarme la oportunidad de estudiar una Maestría en Ciencias en ingeniería en sistemas de producción.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por apoyarme para poder realizar mis estudios de posgrados de Maestría en Ciencias en Ingeniería en sistemas de Producción.

Al Dr. Martin Cadena Zapata, por su confianza, creer en mí, impartirme sus conocimientos y brindarme la oportunidad de formar parte de sus proyectos de investigación.

A mi comité de asesoría: Dr. Santos Gabriel Campos Magaña, Dr. Edmundo Peña Cervantes y al MC. Félix de Jesús Sánchez Pérez. Por transmitirme parte de sus conocimientos, sus experiencias, dedicarme parte de sus tiempos y gracias por sus apoyos durante mi vida de estudiante.

DEDICATORIAS

Dios gracias por haberme dado el privilegio de esta etapa en mi vida, por esos momentos de tristeza y felicidad, por enseñarme que la vida no es fácil, pero que la humildad es la mejor herramienta que nos hace grandes y fuertes, “Gracias”.

A mis padres Alfonso Rodríguez y Bersabe Núñez gracias, por todo el apoyo incondicional que me brindaron, gracias por sus consejos que me orientaron a un bien como persona, por creer en mí y enseñarme desde niño a no rendirme nunca para cumplir lo que uno quiere.

A mis hermanos Beatriz y Andrés Rodríguez, gracias por sus consejos, cariño y toma de decisiones y principalmente a ti hermanita gracias por acordarte siempre de mí.

COMPENDIO

EFFECTO DE SISTEMAS DE LABRANZA, MEJORADORES Y ROTACIÓN DE CULTIVOS EN PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO FRANCO-ARCILLOSO

Por

Juan Carlos Rodríguez Núñez

Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas de Producción

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Saltillo, Coahuila.

Junio 2015

Dr. Martin Cadena Zapata – Asesor –

En este trabajo se evaluaron tres sistemas de labranza: Labranza convencional (LC), Labranza vertical (LV) y Cero labranza (NL). También se evaluó mejoradores de suelo: micorrizas, algaenzimas y composta miyaorganic. Se estudió la rotación de cultivos como: avena, frijol y maíz. Se observó cómo influyen los factores en las propiedades químicas, materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fosforo (P), potasio (k), conductividad eléctrica (CE) y el potencial de hidrogeno (pH) de un suelo franco arcilloso. La investigación fue llevada a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Se realizaron tres etapas de cultivo en el experimento, avena, frijol-maíz y avena. El diseño de experimento empleado fue un bloques al azar con arreglo factorial A* B. Las muestras en campo fueron recolectadas a una profundidad de 15 cm. Para el primer ciclo de avena, se observó que el suelo tenía significativamente ($p < 0.05$) mayor contenido de materia orgánica en la NL=2.30 %, en comparación a LV=1.94 y LC=1.81 en el caso de nitrógeno en NL= 0.115% en comparación a LV= 0.097 y LC=0.090, en el fosforo se reflejó una interacción mayor con respecto a la LC y el testigo, pero no hubo diferencia significativa entre labranzas o entre mejoradores. Para el caso del potasio se encontró diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) en la LV=2138.75 mg kg⁻¹ y NL=2064.58 en comparación a la LC=1993.33, no existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para la conductividad eléctrica, pero si para el potencial de hidrogeno significativamente en la NL=8.38 y LV=8.31 comparándolas con la LC=0.094, además se reflejó la interacción entre la LC con testigo. Los resultados del segundo ciclo analizados, maíz, frijol en monocultivo se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) en la materia orgánica en NL=2.31 % y LV=2.28 a diferencia de LC=1.89 se muestra que las labranzas (NL, LV) son

las mejores en cuanto a materia orgánica en el suelo, en el nitrógeno NL=0.115% y LV=0.114% en comparación con la LC=0.094%. Pero en el análisis del fosforo no se encontró diferencia alguna ($p < 0.05$) para las variables evaluadas, el potasio demostró diferencia mínima significativa siendo la LV=2167.5 mg kg⁻¹ la que obtuvo mayor contenido de potasio luego le sigue NL=2076.6 y LC=2001.6, en la conductividad eléctrica también se encontró una diferencia estadística ($p < 0.05$) en el caso de la labranza LV=0.87 dS/m, siendo la que obtuvo un valor más alto, sucesivamente le sigue NL=0.80 y con un valor menor LC=0.67, no encontrándose diferencia alguna para ninguna variable en el caso del potencial de hidrogeno. En la rotación al igual que en el monocultivo la materia orgánica se hizo notoria en la labranza NL=2.43 %, pero no diferente de LV=2.13 y LC=1.92, el análisis estadístico del nitrógeno demostró diferencia significativa ($p < 0.05$) NL=0.121%, LV=0.106 y LC=0.096, a diferencia del monocultivo, en la rotación el fosforo si mostro diferencia mínima significativa en NL=43.34 mg kg⁻¹, LV=38.57 y LC=27. Pero para el potasio, conductividad eléctrica y potencial de hidrogeno no se encontró diferencia estadística ($p < 0.05$) alguna con respecto a labranza y mejorador de suelo. El tercer ciclo avena, únicamente se analizaron materia orgánica, nitrógeno y potasio, el nitrógeno demostró diferencia significativa en labranzas al igual que los ciclos anteriores siendo las labranzas NL=0.115% y LV=0.112 las mejores en comparación con LC=0.090. En el análisis realizado para el potasio y potencial de hidrogeno no existió diferencia alguna en labranzas, mejorador y rotación de suelo. En un corto plazo donde ya se han analizado tres ciclos de cultivo en verano y cuatro ciclos en invierno las labranzas que han demostrado mayor contenido de nutrimentos fueron la (NL y le sigue LV), en un efecto positivo al suelo. Pero los mejoradores aun no muestran efecto alguno en el suelo.

Palabras claves: labranza, propiedades químicas del suelo, rotación de cultivos.

ABSTRACT

EFFECTO OF TILLAGE SYSTEMS, BREEDERS AND CROP ROTATION CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL CLAY LOAM

By

Juan Carlos Rodriguez Núñez

Master of Science in Production System Engineering

Antonio Narro Autonomus Agrarian University

Saltillo, Coahuila

June 2015

PhD. Martin Cadena Zapata – Advisor –

Three different tillage were evaluated together with conventional tillage (LC), vertical tillage (LV) and zero tillage (NL). Mycorrhizae, algaenzimas and miyaorganic compost: soil improvers were also evaluated. Oats, beans and corn: as crop rotation was studied. It was noted how the factors influence each on the chemical properties of soil organic matter (OM), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), electrical conductivity (EC) and the potential of hydrogen (pH) in a clay loam soil. The research was conducted in the experimental field of the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Three stages of culture were taken in the experiment, oats, corn-bean (2013) and oat (2014). The experimental design used was a randomized block factorial arrangement A * B with three levels for tillage and three factor levels for enhancing factor with three repetitions. The field samples were collected at a depth of 15 cm. Oats for the 2013 cycle was observed that the soil had significantly ($p < 0.05$) higher content of organic matter in the NL = 2.30%, compared to LC LV = 1.94 and = 1.81 in the case of nitrogen NL = 0.115% compared to LV = LC = 0.097 and 0.090, in the phosphor increased interaction was reflected with regard to the LC and the control, but no significant difference between crops or enhancers. In the case of potassium statistically significant difference ($p < 0.05$) was found in the LV = NL = 2138.75 and 2064.58 mg kg⁻¹ compared to LC = 1993.33, there is no significant difference ($p < 0.05$) for electrical conductivity, but if for Hydrogen potential significantly in NL LV = 8.38 and = 8.31 comparing with LC = 0.094, besides the interaction with control LC reflected. The results of the second analyzed corn, beans in monoculture

significant difference ($p < 0.05$) was found in the organic matter in NL = 2.31% and LV = 2.28 unlike LC = 1.89 shows that the crops (NL, LV) are best in terms of organic matter in the soil, in the NL = LV = 0.115% and 0.114% nitrogen compared to LC = 0.094%. But in the analysis of phosphorus no difference ($p < 0.05$) for the variables assessed, it was found potassium showed minimum significant difference being the LV = 2167.5 mg kg⁻¹ which won more potassium then follows NL = 2076.6 and LC = 2001.6 in electrical conductivity statistical difference ($p < 0.05$) was also found in the case of tillage LV = 0.87 dS / m, with which he won a higher value, successively followed NL = 0.80 and with a lower value LC = 0.67, no difference was found for any variable in the case of potential hydrogen. In the rotation as in monoculture organic matter it became notorious in tillage NL = 2.43%, but no different from LV = 2.13 and = 1.92 LC, nitrogen statistical analysis showed a significant difference ($p < 0.05$) NL = 0.121%, LV = LC = 0.106 and 0.096, unlike monoculture in rotation showed low phosphorus if significant difference in NL = 43.34 mg kg⁻¹, and 38.57 LV = LC = 27. But for potassium, electrical conductivity and hydrogen potential no statistical difference was found ($p < 0.05$) with respect to any tillage and soil improver. The third cycle oats winter 2014, only organic matter, nitrogen and potassium were analyzed, nitrogen showed significant difference in crops like previous cycles being the NL crops = 0.115% and LV = 0.112 the best compared to LC = 0.090. In the analysis for potassium and hydrogen potential there was no difference in tillage, rotation and soil improver. In the short term which already scanned three crop cycles in summer and winter four cycles in crops that have shown higher nutrient content they were (and still LV NL), a positive effect on the ground. But breeders still show no effect, so it is necessary to analyze these variables over time and thus determine if the time factor is the key to these chemical changes included in the ground.

Keywords: tillage, soil chemical properties, crop rotation.

Contenido

1	Introducción	1
2	Objetivo.....	5
2.1	Objetivos específicos	5
3	Hipótesis	5
4	Revisión de literatura	6
4.1	Suelo	6
4.2	Propiedades Químicas del Suelo	7
4.2.1	Nitrógeno	8
4.2.2	Potasio.....	8
4.2.3	Fosforo	9
4.2.4	Conductividad eléctrica.....	10
4.2.5	pH.....	12
4.3	Sistemas de labranzas e indicadores de la fertilidad de suelo	13
4.4	Labranza de conservación	15
4.5	Labranza Convencional.....	16
4.6	Labranza Vertical	17
4.7	Labranza Cero	18
4.8	Efectos de sistemas de labranzas en suelos agrícolas	18
4.9	Mejoradores de Suelos	19
4.9.1	Micorrizas	19
4.9.2	Algas Marinas.....	20
4.9.3	Composta	21
5	Materiales y Métodos.....	24
5.1	Localización geográfica.....	24
5.2	Textura	24
5.3	Características y establecimiento de las parcelas experimentales	24
5.4	Muestreo de suelo.....	25
5.5	Métodos para evaluar las propiedades fisicoquímicas del suelo.....	26
5.5.1	Determinación de la Materia Orgánica por el método de oxidación... 26	
5.5.2	Determinación del % de Nitrógeno Total por el método de estimado 26	

5.5.3	Determinación del fósforo por el Método de Olsen modificado	27
5.5.4	Determinación del potasio por el método de Morgan modificado	27
5.5.5	Determinación de la conductividad eléctrica por el método de conductivímetro.....	27
5.5.6	Determinación del pH por el método potenciómetro.....	28
5.6	Análisis estadístico.....	28
5.7	Modelo lineal.....	28
6	Resultados y discusiones	31
6.1	Ciclo invierno 2013 (Avena)	31
6.1.1	Análisis estadístico de la materia orgánica con respecto a la profundidad de 0-15 cm.....	31
6.1.2	Análisis estadísticos del Nitrógeno con respecto a la profundidad de 0-15 cm.	31
6.1.3	Análisis estadísticos del Fosforo con respecto a la profundidad de 0-15cm.	33
6.1.4	Análisis estadísticos del potasio con respecto a la profundidad de 0-15cm.	35
6.1.5	Análisis estadísticos de la conductividad eléctrica con respecto a la profundidad de 0-15cm.....	36
6.1.6	Análisis estadístico del pH con respecto a la profundidad de 0-15cm.	37
6.2	Cultivo de maíz-frijol verano periodo 2013 ciclo agosto-diciembre.	40
6.2.1	Análisis estadísticos de la materia orgánica con respecto al maíz a la profundidad de 0-15cm.....	40
6.2.2	Análisis estadísticos de la materia orgánica con respecto al frijol a la profundidad de 0-15cm.....	41
6.2.3	Análisis estadísticos del nitrógeno con respecto al maíz a la profundidad de 0-15cm.....	43
6.2.4	Análisis estadísticos del nitrógeno con respecto al frijol a la profundidad de 0-15cm.....	44
6.2.5	Análisis estadísticos del fosforo con respecto al maíz a la profundidad de 0-15cm.....	45
6.2.6	Análisis estadísticos del fosforo con respecto al frijol a la profundidad de 0-15cm.....	46

6.2.7	Análisis estadísticos del potasio con respecto al maíz a la profundidad de 0-15cm.....	48
6.2.8	Análisis estadísticos del potasio con respecto al frijol a la profundidad de 0-15cm.....	50
6.2.9	Análisis estadísticos de la conductividad eléctrica con respecto al maíz a la profundidad de 0-15cm.	50
6.2.10	Análisis estadísticos de la conductividad eléctrica con respecto al frijol a la profundidad de 0-15cm.	52
6.2.11	Análisis estadísticos del pH con respecto al maíz a la profundidad de 0-15cm.	52
6.2.12	Análisis estadísticos del pH con respecto al frijol a la profundidad de 0-15cm.	53
6.3	Ciclo invierno 2014 (Avena)	55
6.3.1	Análisis estadísticos de la materia orgánica con respecto a la profundidad de 0-15cm.....	55
6.3.2	Análisis estadísticos del nitrógeno con respecto a la profundidad de 0-15cm.	56
6.3.3	Análisis estadísticos del potasio con respecto a cultivo de avena a la profundidad de 0-15cm.....	58
7	CONCLUSIONES	31
8	LITERATURA	32

Índice de figuras

FIGURA 4. 1. COMPONENTES DEL RECURSO SUELO.	7
FIGURA 4. 2. FORMAS Y EVOLUCIÓN DEL POTASIO EN EL SUELO.	9
FIGURA 4. 3. CICLO DEL FOSFORO EN EL SUELO.	10
FIGURA 4. 4. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN SU SALINIDAD.	11
FIGURA 4. 5. EFECTO DEL (PH) SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE LOS ELEMENTOS.	13
FIGURA 5. 1. ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS PARA LOS CICLOS DE CADA CULTIVO.	25
FIGURA 5. 2. MUESTREO DE SUELO EN CAMPO.	26
FIGURA 6. 1. COMPARACIÓN DE MEDIAS CORRESPONDIENTES A MATERIA ORGÁNICA EN %.	31
FIGURA 6. 2. INTERACCIÓN DE LABRANZA Y MEJORADOR DE SUELO CON RESPECTO AL FOSFORO.	34
FIGURA 6. 3. COMPARACIÓN DE MEDIAS CORRESPONDIENTE AL POTASIO	36
FIGURA 6. 4. COMPARACIÓN DE MEDIAS CORRESPONDIENTE AL PH DEL SUELO.	38
FIGURA 6. 5. INTERACCIÓN LABRANZA Y MEJORADOR DE SUELOS CON RESPECTO AL PH.	39
FIGURA 6. 6. COMPARACIÓN DE MEDIAS CORRESPONDIENTES A MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO.	42
FIGURA 6. 7. COMPARACIÓN DE MEDIAS CORRESPONDIENTE AL NITRÓGENO EN CULTIVO DE FRIJOL EN %.....	45
FIGURA 6. 8. COMPARACIÓN DE MEDIAS CORRESPONDIENTE AL FOSFORO EN CULTIVO DE FRIJOL	47
FIGURA 6. 9. INTERACCIÓN ENTRE LABRANZA Y MEJORADOR DE SUELO CON RESPECTO AL POTASIO EN CULTIVO DE MAÍZ.	49
FIGURA 6. 10. COMPARA PARA LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN MAÍZ EN dS/M.....	51
FIGURA 6. 11. COMPARACIÓN DE MEDIAS RESPECTO A LA MATERIA ORGÁNICA EN CULTIVO DE AVENA EN %.....	56

Índice de cuadros

CUADRO 4. 1. CONJUNTO DE INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS PROPUESTO PARA MONITOREAR LOS CAMBIOS QUE OCURREN EN EL SUELO.	14
CUADRO 6. 1. ANÁLISIS DE VARIANZA DE PORCIENTO DE MATERIAL ORGÁNICA EN EL SUELO EN CULTIVO DE AVENA.....	31
CUADRO 6. 2. ANÁLISIS DE VARIANZA DE PORCIENTO DE NITRÓGENO EN EL SUELO EN CULTIVO DE AVENA.	32
CUADRO 6. 3. ANÁLISIS DE MEDIAS RESPECTO AL NITRÓGENO EN SUELO CON TRATAMIENTO DE LABRANZA.	32
CUADRO 6. 4. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL FOSFORO EN EL SUELO EN CULTIVO DE AVENA.	33
CUADRO 6. 5. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL POTASIO EN EL SUELO EN CULTIVO DE AVENA.	35
CUADRO 6. 6. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN EL SUELO PARA EL CULTIVO DE AVENA.....	37
CUADRO 6. 7. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PH EN EL SUELO PARA CULTIVO DE AVENA.....	38
CUADRO 6. 8. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCIENTO DE MATERIAL ORGÁNICA EN EL SUELO EN CULTIVO DE MAÍZ.	40
CUADRO 6. 9. COMPARACIÓN DE MEDIAS RESPECTO AL PORCIENTO DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO, CULTIVO DE MAÍZ.	41
CUADRO 6. 10. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCIENTO DE MATERIAL ORGÁNICA EN EL SUELO PARA CULTIVO DE FRIJOL.	42
CUADRO 6. 11. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCIENTO DE NITRÓGENO EN EL SUELO EN CULTIVO DE MAÍZ.	43
CUADRO 6. 12. COMPARACIÓN DE MEDIAS RESPECTO AL PORCIENTO DE NITRÓGENO EN CULTIVO DE MAÍZ.	44
CUADRO 6. 13. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PORCIENTO DE NITRÓGENO EN CULTIVO DE FRIJOL.	44
CUADRO 6. 14. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL FOSFORO EN SUELO EN CULTIVO DE MAÍZ. ...	46
CUADRO 6. 15. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL FOSFORO EN CULTIVO DE FRIJOL.	47
CUADRO 6. 16. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL POTASIO EN EL SUELO EN CULTIVO DE MAÍZ.	48
CUADRO 6. 17. COMPARACIÓN DE MEDIAS RESPECTO AL POTASIO EN EL SUELO, CULTIVO DE MAÍZ.	49
CUADRO 6. 18. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL POTASIO EN EL SUELO EN CULTIVO DE FRIJOL.	50
CUADRO 6. 19. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN EL SUELO EN CULTIVO DE MAÍZ.	51

CUADRO 6. 20. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN EL SUELO PARA CULTIVO DE FRIJOL.....	52
CUADRO 6. 21. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL pH EN EL SUELO EN CULTIVO DE MAÍZ.	53
CUADRO 6. 22. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL pH EN EL SUELO PARA CULTIVO DE FRIJOL...	54
CUADRO 6. 23. ANÁLISIS DE VARIANZA RESPECTO AL PORCIENTO DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO PARA CULTIVO DE AVENA.	55
CUADRO 6. 24. ANÁLISIS DE VARIANZA RESPECTO AL PORCIENTO DE NITRÓGENO DE SUELO EN CULTIVO DE AVENA.	57
CUADRO 6. 25. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL NITRÓGENO EN CULTIVO DE AVENA.....	57
CUADRO 6. 26. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL POTASIO EN SUELO PARA CULTIVO DE AVENA.	58

1 Introducción

La labranza, laboreo o mecanización en el suelo, son aquellas prácticas de manejo del suelo, cultivo o explotación del mismo, la cual puede ser llevada a cabo con animales de tiro o bien con máquinas como lo son los tractores (Jaramillo, 2002).

Las técnicas de preparación de tierra y de labranza inadecuada son las principales causas de la degradación del suelo, el mal uso de estas técnicas deteriora las propiedades físicas, químicas y biológicas causando baja productividad agrícola (FAO, 2000).

La población en el mundo se encuentra en constante crecimiento, requiriéndose más demanda de alimento, por tal motivo es consecuente un aumento en la producción agrícola requiriendo una intensificación del uso del suelo, ya que entre una explotación mayor del suelo trae consigo más problemas de erosión, compactación, asociadas a malas prácticas de labranza, acidez, salinidad del suelo debido al uso intensivo de insecticidas, por lo que día con día los científicos agrónomos realizan estrictas investigaciones sobre la sustentabilidad de los suelos agrícolas, (Acevedo, 2003).

Actualmente con los sistemas de labranza se debe permitir un ahorro máximo de energía y menor deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Figuerola y Ventura, 1990). Para ello es necesario la utilización de fertilización biológica (biofertilización) siendo esta una alternativa viable que puede complementar o sustituir la fertilización química (Alarcón y Ferrera, 2000).

El uso adecuado de labranzas de conservación pueden reducir las pérdidas del suelo y agua en un 20% y 50% respectivamente, incrementa el contenido del agua en el suelo en climas áridos y semiáridos, aumenta la resistencia a la erosión eólica e hídrica, mejoramiento de la estructura, rugosidad del suelo y los residuos sobre el mismo, así como el contenido de materia orgánica, además reduce los tiempos a la siembra y disminuye los costos de producción (Montes, 1991).

La labranza de conservación, es un sistema de laboreo que realiza la siembra sobre una superficie del suelo cubierta con residuos del cultivo anterior, con lo cual se conserva la humedad y se reduce la pérdida de suelo causada por la lluvia y el viento en suelos agrícolas con riesgo de erosión, ya que esta práctica incrementa la capacidad productiva del suelo, se aumenta los rendimientos y se reducen los costos de producción (SAGARPA, 2007).

Las investigaciones con diferentes niveles de labranza realizadas en el país se han limitado a evaluar la respuesta y comparación de resultados tecnológicos con diferentes implementos como lo son arado, rastra, cinceles, discos cortadores de residuos, utilización de mejoradores de suelo orgánicos y/o la combinación de estos, midiendo algunos parámetros como el tamaño de estructura final, demanda de combustible, demanda de potencia, etc., (Cadena *et al.*, 2004).

La necesidad de disminuir la dependencia del uso de productos sintéticos en la agricultura, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura orgánica, se le da gran importancia a los abonos orgánicos y cada vez más se están utilizando en cultivos de importancia económica a nivel mundial. Estos abonos mejoran diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo como la capacidad del suelo de absorber los nutrimentos y la estructura, entre otros. El uso de abonos orgánicos constituye una práctica de

manejo fundamental en la rehabilitación, de la capacidad productiva de suelos degradados (FAO 2002).

La degradación del suelo (pérdida de suelo por erosión) es una de las principales causa de la degradación química con 34.9 millones de hectáreas que representa el 17.9 % de la superficie nacional (SEMARNAT, 2009). La pérdida de la cobertura vegetal disminuye el contenido de materia orgánica, disponibilidad de agua y nutrimentos, principalmente nitrógeno (N) y Fosforo (P), (Bayer *et al.*, 2001 y Roldan *et al.*, 2005).

En la actualidad el uso de biofertilizantes es una de las alternativas para mejorar las condiciones de los campos mexicanos y todo el mundo. Los fertilizantes biológicos no contaminan el suelo, la atmósfera y ayudan a producir alimentos sanos (Villarreal *et al.*, 2003).

Los altos costos de fertilizantes orgánicos y el deterioro de la fertilidad natural del suelo por el empleo exclusivo de fertilizantes minerales sintéticos, han provocado últimamente un marcado interés por el uso de los residuos orgánicos en la fertilización de los diferentes cultivos agrícolas (Hernández y Martínez 1987).

Las tecnologías de labranza de conservación podrían reducir significativamente los costos de la preparación del suelo y del control de malezas. La reducción de la tasa de erosión y del riesgo de producción, y un aumento en la fertilidad del suelo son beneficios posibles en el largo plazo (Bravo *et al.*, 1992).

La degradación química de suelos es un problema que es necesario remediar, esto podría ser cambiando las prácticas de manejo de suelos. En este trabajo se pretende demostrar cuales son los efectos de sistemas de labranzas en combinación con el manejo de rotación de cultivos e incluyendo mejoradores de suelos. Se trata de ver la dinámica de los nutrimentos del suelo (nitrógeno, fosforo, potasio, materia orgánica) en función a lo mencionado anteriormente y determinar la salinidad o conductividad eléctrica del suelo y su pH.

2 Objetivo

Evaluar el efecto de tres sistemas de labranza, mejoradores y tipo de cultivo (gramínea-leguminosa) en las propiedades químicas de un suelo franco-arcilloso.

2.1 Objetivos específicos

Determinar qué sistema de labranza (convencional, vertical y cero) en conjunto con mejoradores de suelo y tipo de cultivo tiene efecto en los valores de:

% de nitrógeno a partir del contenido de materia orgánica.

Contenido de Fosforo.

Contenido de Potasio.

Conductividad Eléctrica del Suelo.

pH del Suelo.

3 Hipótesis

Los sistemas de labranza de conservación (vertical y cero) en combinación con un mejorador y rotación de cultivo presentan mayores contenidos de nutrimentos y valores deseables en otras propiedades químicas de un suelo con respecto a la labranza convencional.

4 Revisión de literatura

4.1 Suelo

El suelo es un cuerpo natural, tridimensional, no consolidado, producto de la interacción de los llamados factores formadores del suelo (clima, rocas, organismos, relieve, tiempo). Compuesto por sólidos (material mineral y orgánico), líquidos y gases, que se mezclan para formar los horizontes o capas diferenciales, resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia a través del tiempo, y cuyo espesor puede ir desde la superficie terrestre hasta varios metros de profundidad (Volke *et al.*, 2005).

El suelo desempeña funciones de gran importancia para el sustento de la vida en este planeta, es fuente de alimentos para la producción de biomásas, actúa como medio filtrante, amortiguador y transformador, es hábitat de miles de organismos, y el escenario donde ocurren los ciclos biogeoquímicos. En él se llevan a cabo la mayoría de las actividades humanas, sirviendo de soporte físico y de infraestructura para la agricultura, actividades forestales, recreativas, y agropecuarias, además la socioeconómica como vivienda, industria y carreteras (Volke *et al.*, 2005).

Contreras, (2005) menciona que el suelo tiene la propiedad de retener sustancias mecánicamente o fijarlas por adsorción; además actúa como

amortiguador y sirve de acopio de materiales. Pero todo esto dependerá del contenido de materia orgánica presente.

Dentro de los factores formadores del suelo los microorganismos juegan un papel muy importante pues son los encargados de la fertilidad del suelo y degradación de la materia orgánica; además, gracias al proceso de

degradación, se liberan ciertos elementos esenciales para la nutrición de las plantas; así, la fertilidad del suelo se puede ver incrementada por la presencia de azufre, fósforo, o manganeso entre otros, además de ser indispensable en los ciclos biogeoquímicos tanto del carbono, nitrógeno, mercurio como de muchos otros elementos (Porta *et al.*, 2003).

La gran mayoría de las definiciones encontradas en los textos consideran el suelo como un cuerpo natural y dinámico localizado en la superficie de la corteza terrestre, constituido de materiales minerales y orgánicos, agua y aire donde se desarrollan las raíces de las plantas, cuyas propiedades físicas, químicas y biológicas son el resultado de la interacción entre el material parental, los organismos vivientes (vegetales y animales), el clima (temperatura, lluviosidad, humedad vegetativa, vientos etc.) y el relieve a través del tiempo.

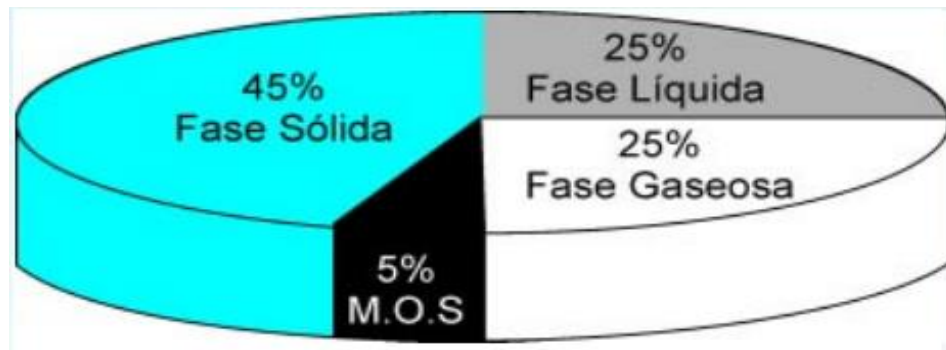


Figura 4. 1. Componentes del recurso suelo.

La variabilidad de los suelos es causada por interacciones entre procesos físicos, químicos y biológicos que actúan simultáneamente con diferente intensidad. El manejo uniforme de los lotes no es una estrategia de manejo eficiente ya que no tiene en cuenta la variabilidad existente (Moral *et al.*, 2010).

4.2 Propiedades Químicas del Suelo

4.2.1 Nitrógeno

El proceso de mineralización del nitrógeno orgánico del suelo durante la estación de crecimiento de los cultivos, es de importancia ya que puede contribuir en gran parte a la nutrición de los mismos (Dahnke y Johnson 1990).

El nitrógeno es un elemento fundamental para el metabolismo de los microorganismos debido a que es incorporado en las células bacterianas con el fin de producir aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos (Ferguson, 1998; Richardson y Watmough, 1999). Los suelos ricos en este nitrógeno tienen una marcada actividad metabólica y la capacidad de desarrollar biomasa (Bento *et al.*, 2005).

4.2.2 Potasio

En la agricultura intensiva el aporte de potasio (K) de los suelos no siempre es suficiente para satisfacer la demanda de los cultivos. Aun cuando el contenido de K total del suelo puede ser 4% o más (Mutscher, 1997).

Con base a su biodisponibilidad, el K del suelo se divide en cuatro fracciones: soluble; intercambiable; no intercambiable, pero potencialmente disponible para las plantas; y la presente en la matriz mineral o estructural (Sparks y Huang, 1985).

Rodríguez, (1990), menciona que el potasio intercambiable puede ser modificado por el manejo. El potasio intercambiable es considerado como fuente primaria de K para las plantas, puesto que reemplaza rápidamente al potasio soluble absorbido por las plantas desde la solución del suelo. Los procedimientos analíticos empleados para estimar las necesidades de fertilizante potásico se basan en extractantes que reemplazan una porción significativa de potasio intercambiable (Pratt *et al.*, 1982).



Figura 4. 2. Formas y evolución del potasio en el suelo.

Investigaciones confirman que el sistema agrícola no tiene otra vía de ingreso natural para el balance de K que la reposición primaria proveniente de la liberación de los minerales primarios y secundarios, siendo preponderante la participación de la fracción arcilla. Los minerales arcillosos son la fuente principal de K en el suelo (Sardi y Debreczeni, 1992; Buhman, 1993).

4.2.3 Fosforo

El fósforo (P) es esencial en todos los procesos metabólicos de los seres vivos. Procesos bioquímicos especializados como la respiración en los mamíferos, la fotosíntesis en las algas o el fitociclaje microbiano de la materia vegetal en descomposición no serían posibles sin unos niveles de P adecuados. Por esta razón, la distribución y el flujo de las diferentes formas del P podrían indicarnos los niveles y tipos de actividad bioquímica que tienen lugar en un ecosistema (Cole *et al.*, 1977).

Aunque la mayor parte del fósforo orgánico del suelo está considerado como inerte y su estructura lo haría no disponible por las plantas, recientes estudios

parecen indicar que el fosfato en la disolución del suelo está muy ligado a la fracción lábil del P orgánico debido a la rapidez con que transcurre el ciclo del P, atribuible en gran medida a la biomasa del suelo (McLaren y Cameron, 1990).

En los suelos, la existencia de diferentes formas de P está condicionada por los procesos edáficos que afectan a su disponibilidad; de esta manera, una gran variedad de procesos biológicos y geoquímicos interactuarán para controlar la cantidad de P disponible en el suelo (Tiessen *et al.*, 1984; Smeck, 1985).

La agricultura moderna depende del P derivado de roca fosfórica, la cual es considerado un recurso no renovable y cuyas reservas mundiales podrían agotarse en 50-100 años (Cordel *et al.*, 2009; Dawson y Hilton, 2011).

Es por eso que un manejo agrícola sostenible debe ir encaminado a utilizar mejor las fuentes de P del suelo, ya sea a través de la selección de cultivos más eficientes o de la utilización de estrategias de manejo para optimizar su biodisponibilidad (Vance, 2001; Lambers *et al.*, 2006).



Figura 4. 3. Ciclo del fósforo en el suelo.

4.2.4 Conductividad eléctrica

El grado de salinidad del suelo se determina mediante el valor de CE del extracto de la pasta de suelo saturado, está directamente influenciada por el

contenido de sales en la solución del suelo y tienen valores directamente proporcionales entre ambos.

En México, el problema de la salinidad se presenta fundamentalmente en las zonas áridas con riego y a lo largo de la costa. Los lugares donde se observa con más frecuencia son las cuencas cerradas que, a través de miles de años, han acumulado paulatinamente sales en el perfil del suelo. Se estima que la superficie afectada es del orden de 1 millón de ha (Fernández, 1990).

La conductividad eléctrica (CE) es influenciada por el contenido de arcilla, lo que refleja la capacidad de retención de agua del suelo y por lo tanto la variación espacial del rendimiento de grano de los cultivos (Kitchen *et al.*, 2003).

La CE del suelo se ha vuelto una de las medidas más confiables y usadas para caracterizar la variabilidad de los lotes a los que se va a aplicar agricultura de precisión debido a su fácil medición y confiabilidad (Rhoades *et al.*, 1999; Corwin y Lesch, 2003).

Las sales solubles se determinan midiendo la conductividad eléctrica (dS m^{-1}) del extracto de saturación del suelo, lo que permite determinar la tolerancia de los cultivos; sin embargo, esta técnica, no toma en cuenta la composición cualitativa de las soluciones salinas (Sánchez, 2008).

TIPO DE SUELO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
Suelo normal	< 2 dS/m
Suelo salino	> 2 dS/m
SALINIDAD LIGERA	2 – 4 dS/m
SALINIDAD MEDIANA	4 – 8 dS/m
SALINIDAD FUERTE	8 – 16 dS/m
SALINIDAD EXTREMA	> 16 dS/m

Figura 4. 4. Clasificación de los suelos según su salinidad.

4.2.5 pH

La característica del suelo más importante es su reacción, ésta es debidamente reconocida debido a que los microorganismos y plantas superiores responden notablemente tanto a su medio químico, como a la reacción del suelo y los factores asociados con ella. Tres condiciones son posibles: acidez, neutralidad, y alcalinidad (Buckman y Brady, 1966).

Algunas de las fluctuaciones de pH ocurren durante las diferentes estaciones del año, por ejemplo durante el verano el pH de los suelos minerales tiende a disminuir sobre todo bajo cultivo, debido a los ácidos producidos. En invierno y primavera se observa un aumento del pH, seguramente a causa de las actividades bióticas. Como resultado, la influencia de la alcalinización de la solución tenderá a aumentar el pH. Los microorganismos del suelo son influenciados por las fluctuaciones de la reacción de la solución del suelo. Las bacterias y los actinomicetos funcionan mejor en suelos minerales con pH intermedios y elevados, siendo su actividad muy reducida cuando el pH desciende por debajo de 5.5. Un suelo con pH intermedio, por ejemplo de 6 a 7, es el que presenta mejor régimen biológico, ya que las condiciones son favorables sin ser extremas y la asimilación del fósforo está en el máximo (Porta *et al.*, 2003).

Los valores de pH para clasificación de suelos puede variar entre los expertos de la ciencia del suelo, sin embargo, de manera general se dice que un suelo es fuertemente ácido si su pH es menor que 5.0 lo que indica que es muy deficiente en bases; moderadamente ácido, si el suelo tiene un pH que varía de 5.0 a 6.0, lo que indica moderada deficiencia de bases; ligeramente ácido cuando el suelo tiene un pH menor que 7.0 pero generalmente más que 6.0; neutro debido a que tiene un pH de aproximadamente 7.0; básico cuando el suelo tiene un pH mayor a 7.0 y alcalino cuando el pH es mayor a 8.5 cuando esto sucede indica la presencia de sodio. Esta clasificación del valor de pH se ve influenciado por los procesos antes mencionados (Porta *et al.*, 2003).

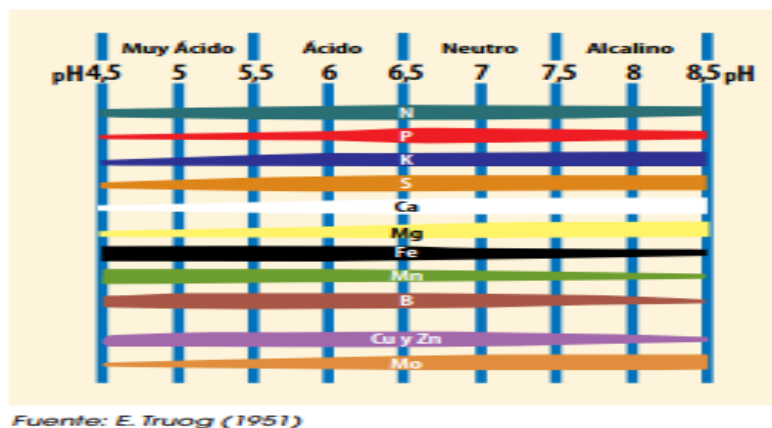


Figura 4. 5. Efecto del (pH) sobre la disponibilidad de los elementos.

4.3 Sistemas de labranzas e indicadores de la fertilidad de suelo

Blevins *et al.*, (1983) menciona que la labranza de conservación es una alternativa para incrementar la fertilidad del suelo, encontraron que a la profundidad de 0-15 cm de la superficie, el carbono orgánico y el nitrógeno en una labranza cero fueron dos veces más altos que en una labranza convencional en la labranza cero sin agregar cal el pH disminuyó en comparación con la labranza convencional.

Los sistemas agrícolas tradicionales a nivel mundial se han caracterizado por el mal uso de la tierra, principalmente en explotaciones hortícolas, provocando el deterioro de la calidad del suelo, manifestándose en problemas físicos y químicos, lo que repercute en la actividad biológica con la calidad del suelo (Torres *et al.*, 2006; Medina *et al.*, 2011).

La degradación es muy común en zonas altamente productivas, caracterizándose por la reducción en la continuidad de los poros del suelo, aumento de la densidad aparente y resistencia mecánica (Reyes, 2007).

El suelo, es un “organismo vivo”; en él se desarrollan fenómenos físicos, químicos y microbiológicos esenciales para la propia vida en el planeta; sin

embargo, el incremento en el uso de fertilizantes durante las últimas décadas, dio origen a procesos de transformación en el ambiente, que produjeron alteraciones de estos fenómenos (Brady y Weil, 2008).

El mal uso del suelo, provoca la pérdida en calidad y cantidad del mismo, tratándose de la pérdida parcial o total de la productividad del suelo, cualitativa y/o cuantitativa, como resultado de procesos tales como la erosión hídrica, erosión eólica, salinización, deterioro de la estructura, encostramiento, contaminación, pérdida de elementos nutritivos, pérdida de la materia orgánica y desertificación (López, 1994).

Santibáñez y Santibáñez (2007) señalan que la mayor causa de degradación de tierras en América Latina es debido a la salinidad, compactación y la pérdida de fertilidad, producto de las malas prácticas de cultivo del suelo.

Cuadro 4. 1. Conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos propuesto para monitorear los cambios que ocurren en el suelo (Larson y Pierce, 1991; Doran y Parkin, 1994; Seybold et al., 1997).

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

4.4 Labranza de conservación

La labranza mecánica tradicional contribuye a la degradación de los suelos de la región, para mitigar este problema, se han propuesto diferentes alternativas

para conservar y proteger este recurso; una de ellas es el empleo de labranza de conservación, que consiste en una serie de técnicas que permiten detener o revertir los efectos nocivos del exceso de laboreo sobre las características físicas y químicas del suelo, promoviendo los procesos biológicos, y permite conservar o recuperar la productividad del mismo. La labranza de conservación incluye labranza cero, labranza mínima y labranza reducida o siembra directa, cada una representa una opción y la decisión de usar alguna, dependerá del tipo de clima y suelo prevaleciente en el sitio donde se establecerá el cultivo (Galván, 2008).

Resultados exitosos de labranza de conservación se han obtenido en México principalmente bajo condiciones de riego; mientras que para temporal, donde son más necesarias las prácticas de recuperación o mantenimiento de los recursos naturales, poco se ha avanzado para incorporarla como una práctica agrícola común, la principal limitante es la escasa producción de rastrojos para la cobertura (Galván, 2008).

En México la labranza de conservación es una necesidad tecnológica, ya que más del 60% de nuestro territorio sufre diversos grados de desertificación que van de moderado a severo. El país pierde anualmente 530 millones de toneladas de suelo por erosión, según autoridades ambientales (Galeana *et al.*, 1999).

Las ventajas de labranza de conservación son las siguientes: reduce la erosión, aumenta la infiltración y conservación de agua en el suelo, disminuye la fuga de nutrientes del suelo, reduce la quema de residuos, disminuye el uso de energía, aumenta materia orgánica y microorganismos, evita la compactación, incrementa la productividad, baja el costo de producción y beneficia el ambiente (Figueroa y Morales, 1992).

4.5 Labranza Convencional

Son operaciones realizadas para preparar la cama de siembra para un cultivo dado y región determinada, de acuerdo a las costumbres, tradiciones o conocimientos residentes que generalmente se utilizan. La labranza convencional, consiste en la inversión de la capa superficial del suelo haciendo uso de arados y sucesivos rastreos (Acevedo, 2003).

Los sistemas de labranza convencionales controlan malezas que son sepultadas al invertirá la capa arable del suelo y el paso de los implementos, buscando con ello que el suelo de la cama de siembra sea más fino, además de mejorar suelos que se encuentran con malas condiciones de drenaje el paso excesivo de la maquinaria o incluso bien por el paso de animales que con el tiempo van compactando el suelo. (Garro, 2002).

4.6 Labranza Vertical

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

Los sistemas de laboreo mínimo y bajo cubierta responden a la técnica llamada labranza vertical. Se denomina así porque el suelo es empujado hacia adelante en sentido vertical ascendente mediante una reja montada bajo un brazo rígido, semirrígido, flexible o vibratorio. Este produce la fragmentación del suelo lateralmente en bandas cuya sección alterada tiene forma de 'V', igual que los subsoladores. Al solaparse con la acción de los brazos contiguos, la solera presenta la forma de bodegas pérelas. La única zona compactada en la parte inferior por donde se desliza la herramienta de trabajo (Ortiz, 2003).

4.7 Labranza Cero

La labranza cero, siembra directa o no labranza. Tiene efectos benéficos como: reducción de la erosión, maleza, fertilizantes químicos y la restauración de la fertilidad del suelo, debido fundamentalmente a los residuos de cosecha que no son removidos por la labranza convencional (Salinas *et al.*, 2002; Tiscareño *et al.*, 1999). Aunque 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).

La labranza cero es realizada directamente con el equipo de siembra sin disturbar el suelo; el uso indiscriminado de maquinaria ha provocado que, en algunas ocasiones, el agua subterránea se contamine con nitratos, los cuales pueden lixiviarse a través del suelo y penetrar en los mantos freáticos y aguas subterráneas (Castellanos y Peña-Cabriales, 1990).

La labranza cero y mínima son una opción viable para el productor en la región lagunera ya que disminuye los costos de producción, debido a la acumulación de residuos a través del tiempo que son una fuente de materia orgánica que puede reflejarse en una mayor concentración de nitrógeno inorgánico (Salazar *et al.*, 2003).

4.8 Efectos de sistemas de labranzas en suelos agrícolas

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).

La degradación es provocada por el exceso de preparación del suelo, principalmente por la utilización de arados de discos, provocando cambios en las propiedades físicas, químicas reflejándose en factores biológicos y la fertilidad del suelo (Macedo *et al.*, 2005).

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).

4.9 Mejoradores de Suelos

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 2000). Además ofrecen grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 1980).

Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Castellanos, 1982).

4.9.1 Micorrizas

Las micorrizas tienen un reconocimiento creciente en la simbiosis para los cultivos, debido a que aumenta la absorción de nutrimentos y agua, además mejora propiedades del suelo reflejándolos en rendimientos agrícolas.

Actualmente se estudia la combinación de ellos con fertilizantes en dosis bajas y medias, y se ha incorporado el enfoque sistémico (Rivera *et al.*, 2003; Rivera y Fernández, 2006).

La micorriza arbuscular se reporta en más de 200 familias botánicas y más de 1000 géneros de plantas, dentro de los cuales se incluyen muchas especies de cultivos importantes en la agricultura, principalmente en gramíneas y leguminosas (Daniell *et al.*, 2001).

4.9.2 Algas Marinas

La aplicación de algas directamente en el suelo incrementa las cosechas, mejora la calidad de los frutos administrando a los cultivos los macro y micro que requiere la planta. Dentro de los compuestos 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).

Cuando se aplican 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 silíceas 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 (Reyes, 1993).

También mencionan que, al aplicar al suelo 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 (López *et al.*, 1995).

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 escasas de agua, su actividad es menor (Canales, 1999).

4.9.3 Composta

Los abonos orgánicos reducen significativamente el uso de fertilizantes químicos, mejorando la característica de los vegetales consumidos y de suelos que han sido deteriorados por el excesivo uso de agroquímicos, además controlan la erosión (Dalzell *et al.*, 1991; Olivares *et al.*, 2012).

La composta es un producto estabilizado transformada mediante un proceso biológico, rico en sustancias húmicas. El compostaje es un tratamiento denominado “natural” y antiguo como la agricultura (Moreno y Moral, 2008).

La cantidad de MO acumulada en el suelo y el contenido de nutrimentos depende principalmente de la tasa de descomposición, el tipo de material utilizado y el manejo agronómico (Beltrán-Morales *et al.*, 2006).

La MO del suelo es una importante fuente de nutrimentos para el desarrollo vegetal que necesitan ser mantenidos para asegurar la sostenibilidad agrícola (Whitehead *et al.*, 2003).

La materia orgánica mejora las propiedades físicas del suelo, regula y estimula la nutrición mineral, favorece la actividad biológica del suelo y eleva la capacidad de intercambio del suelo, por lo tanto se convierte en una cualidad insustituible para un suelo (Ribo, 2004).

5 Materiales y Métodos

5.1 Localización geográfica

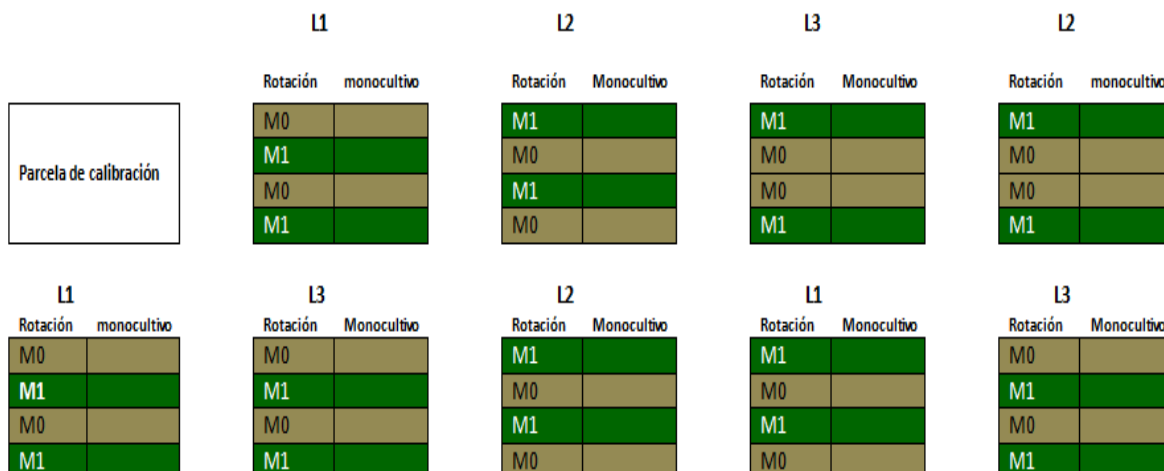
El experimento se realizó en el campo denominado el Bajío dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro a 7 kilómetros al sur de la ciudad de Saltillo cuyas coordenadas geográficas son 25°23'42 latitud norte y 100°59'57 longitud oeste con una altura de 1743 msnm. De acuerdo a la clasificación climática de Koppen modificado por García (1973) el clima de Buenavista se expresa bajo la siguiente fórmula: BS0kx' (w) (e'), que significa seco-árido, templado con verano fresco largo, con régimen de lluvias escasas todo el año tendiendo a llover más en el verano y clima extremo la temperatura media anual es de 16.9 °C, con una precipitación media anual de 435 milímetros, la evaporación media anual oscila entre los 1956 milímetros. Los vientos predominantes tienen una dirección noreste, con velocidades de 25.5 km h⁻¹.

5.2 Textura

El suelo tiene 40% de arcilla, 30% de arena y 30% de limo, por lo que su clasificación textural utilizando el (método de bouyoucos es franco-arcilloso, de acuerdo al triángulo de clasificación de partículas.

5.3 Características y establecimiento de las parcelas experimentales

El experimento se estableció bajo un diseño en bloques al azar con arreglo factorial A*B, con una superficie total de 7,500 m² dividida en 9 parcelas de 40 metros de largo por 12 metros de ancho. Se manejaron tres labranzas con tres repeticiones cada una: LC (Labranza Convencional), LV (Labranza Vertical) y NL (No Labranza o Labranza Cero). Cada labranza se dividió en dos subparcelas en una se establecieron cultivos de gramíneas en forma sucesiva y en el otro se estableció una rotación de gramínea-leguminosa; cada una de estas se dividió en cuatro franjas iguales de 3 por 20, se establecieron para el primer ciclo algaenzimas, micorrizas, composta y un testigo para cada franja, en el segundo y tercer ciclo se modificó la aplicación de mejoradores utilizando dos de estas franjas con mejorador de suelo M1 (Alga enzimas) y las otras dos sin mejorador como testigo (Figura 5.1). Se establecieron tres ciclos de cultivos, primer ciclo: Enero-Mayo 2013 cultivo de gramínea (Avena), segundo ciclo: Julio-Octubre 2013 cultivo gramínea en sucesión (maíz) y rotación con leguminosa (frijol). Para el tercer ciclo Enero-Mayo 2014 (Avena).



M0= Testigo

M1= Alga enzimas

L1= Labranza Convencional

L2= Labranza Vertical

L3= Labranza Cero

Figura 5. 1. Establecimiento de parcelas para los ciclos de cada cultivo.

5.4 Muestreo de suelo

Las franjas donde se aplicaron mejoradores de suelo fueron ubicadas al azar dentro de las parcelas de cada sistema de Labranza. Tomándose muestras al final de cada ciclo de cultivo en todas las franjas incluyendo al testigo. Las muestras fueron tomadas a una profundidad de (0-15 cm) y llevadas al laboratorio de mecánica de suelos del Departamento de Maquinaria Agrícola en donde se molieron y tamizaron a un tamaño de partícula de 2 mm, ya preparada las muestras se trasladaron al departamento de Ciencias del Suelo en los laboratorios de pedología y química del suelo para determinar las Materia orgánica y N, P, K así como la CE y el pH.



Figura 5. 2. Muestreo de suelo en campo.

5.5 Métodos para evaluar las propiedades físicas y químicas del suelo

5.5.1 Determinación de la Materia Orgánica

La materia orgánica se determinó por el método de oxidación parcial descrito por Walkley y Black (1934). El cual se basa en la oxidación de la materia orgánica humificada por medio de un oxidante fuerte (dicromato de potasio con ácido sulfúrico) y su posterior titulación con sulfato ferroso.

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

5.5.2 Determinación del % de Nitrógeno Total estimándolo del contenido de materia orgánica.

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

La fórmula para calcular el % de Nitrógeno Total es:

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

5.5.3 Determinación del fósforo por el Método de Olsen

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

Fundamento. El método se basa en la extracción del fósforo del suelo con bicarbonato de sodio y posteriormente reducir el complejo fosfomolibdico y se forma azul de molibdeno, cuya intensidad del color es proporcional a la concentración de fósforo (Jackson, 1976).

5.5.4 Determinación del potasio por emisión en los extractos del suelo

Para determinar K se usa el procedimiento de emisión de flama. La emisión es el opuesto de absorción. La muestra es atomizada en una llama de alta temperatura para excitar los átomos. Los átomos excitados emiten radiación a longitudes de ondas características. Esta radiación es aislada de la otra radiación emitida por los átomos y se mide la Intensidad.

Para llevar a cabo este procedimiento se extrajo el potasio del suelo haciendo intercambio entre potasio adsorbido por las partículas de arcilla, con nitrato de sodio, posteriormente se cuantifica con emisión de flama utilizando el equipo de adsorción atómica varian 5.

5.5.5 Determinación de la conductividad eléctrica por el método de conductímetro

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.

El procedimiento se basa en la disolución de las sales del suelo con agua destilada, para lo cual se prepara por medio de una pasta de suelo saturada,

filtrando al vacío para extraer la solución del suelo y leer en el puente de wheaston.

5.5.6 Determinación del pH por el método potenciométrico.

Para determinar el potencial de hidrogeno se utilizó suelo molido y tamizado a 2mm de diámetro, preparando el suelo con agua destilada a una relación 10:20, se agitaron las muestras durante 30 minutos y posteriormente se tomó la lectura con el potenciómetro una vez calibrado.

5.6 Análisis estadístico

Se tomaron muestras por todo el campo experimental de las variables ya mencionadas para determinar si existe variación en las mismas. Se utilizó un diseño en bloques al azar con arreglo factorial para probar la hipótesis planteada. Se trabajó con el programa R version 2.14.0. Para el procesamiento estadístico.

5.7 Modelo lineal

El modelo estadístico para un experimento en bloques al azar con arreglo factorial A y B es:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + \alpha_j + \tau_k + \alpha\tau_{jk} + e_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = ijk -ésima observación en el i -ésimo bloque que contiene el j -ésimo nivel del factor A y el k -ésimo nivel del factor B;

μ = media general

B_i = factor del i -ésimo bloque

α_j = efecto del j -ésimo nivel del factor A

τ_k = efecto del k -ésimo nivel del factor B

$\alpha\tau_{jk}$ = interacción del j -ésimo nivel del factor A con el k -ésimo nivel del factor B

e_{ijk} = error aleatorio que se distribuye normal independientemente con varianza sigma cuadrada

6 Resultados y discusiones

6.1 Ciclo invierno 2013 (Avena)

En este ciclo del cultivo se analizaron las siguientes propiedades químicas del suelo: materia orgánica, nitrógeno, fosforo, potasio, conductividad eléctrica y potencial de hidrogeno en muestras de suelo.

6.1.1 Materia orgánica con respecto a la profundidad de 0-15 cm.

Como se puede apreciar en el cuadro 6.1, existe diferencia significativa ($p < 0.05$) en el contenido de materia orgánica con respecto a labranzas.

Cuadro 6. 1. Análisis de varianza porcentaje de materia orgánica en el suelo en cultivo de avena.

Tabla de análisis de varianza

Response: Variable					
	Gl	Suma C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	1.0003	0.50015	2.3275	0.108924
Labranza	2	3.0142	1.50710	7.0134	0.002195 **
Mejorador	3	1.1515	0.38385	1.7863	0.163006
Rotacion	1	0.3830	0.38298	1.7822	0.188450
Labranza:Mejorador	6	0.3354	0.05589	0.2601	0.952553
Labranza:Rotacion	2	0.1262	0.06310	0.2936	0.746948
Mejorador:Rotacion	3	0.9595	0.31984	1.4884	0.230161
Labranza:Mejorador:Rotacion	6	2.2313	0.37188	1.7306	0.135263
Error	46	9.8849	0.21489		

CV=22.9

En la figura 6.1 se observa que estadísticamente existe diferencia significativa con respecto a labranzas, siendo la labranza cero (L3) la que contiene mayor contenido de materia orgánica en comparación a las labranzas vertical (L2) y convencional (L1). A comparación de González, (2013) quien evaluó la materia orgánica en labranzas, mejoradores y rotación de cultivos no encontró diferencia significativa en el segundo año del experimento, podemos decir que los cambios en materia orgánica se presentan a largo plazo.

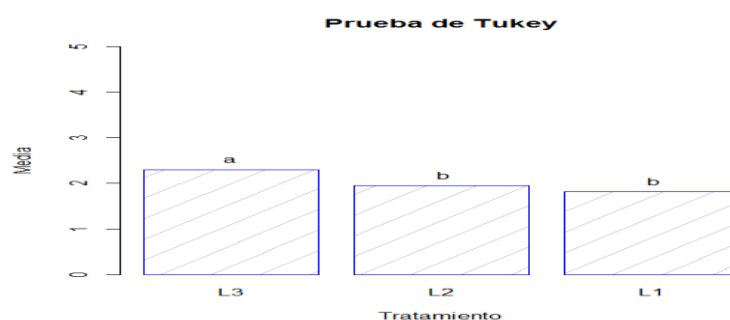


Figura 6. 1. Comparación de medias correspondientes a materia orgánica en %.

En un estudio realizado por Acevedo, (2003) observó que el principal efecto de la cero labranza sobre las propiedades químicas del suelo está vinculado al aumento de la materia orgánica, donde el cambio de materia orgánica después de cuatro años de cero labranza en un mollisol de Chile Central en que se cultiva una rotación trigo-maíz dejando los residuos de cosecha sobre el suelo, donde la mayor acumulación de materia orgánica ocurrió en los primeros dos centímetros del suelo, pero la diferencia fue significativamente superior hasta los cinco centímetros de profundidad entre los tratamientos de manejo.

6.1.2 Nitrógeno con respecto a la profundidad de 0-15 cm.

En Cuadro 6.2. Se puede observar en el análisis de varianza el porcentaje de Nitrógeno total en el estrato de 0-15 cm, como se aprecia existe una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los sistemas de labranza pero no en los mejoradores.

Cuadro 6. 2. Análisis de varianza de por ciento de nitrógeno en el suelo en cultivo de avena.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	Gl	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	0.0025008	0.0012504	2.1946	0.12294
Labranza	2	0.0075355	0.0037678	6.6129	0.00299 **
Mejorador	3	0.0010998	0.0003666	0.6434	0.59104
Rotacion	1	0.0006211	0.0006211	1.0900	0.30192
Labranza:Mejorador	6	0.0010822	0.0001804	0.3166	0.92507
Labranza:Rotacion	2	0.0004979	0.0002490	0.4370	0.64864
Mejorador:Rotacion	3	0.0018211	0.0006070	1.0654	0.37302
Labranza:Mejorador:Rotacion	6	0.0063485	0.0010581	1.8571	0.10888
Error	46	0.0262089	0.0005698		
CV= 23.6					

En el cuadro 6.3 la labranza cero (L3), mostro mayor diferencia significativa en comparación al contenido de nitrógeno en el suelo a comparación de las demás labranzas evaluadas vertical (L2) y convencional (L1).

Cuadro 6. 3. Análisis de medias respecto al nitrógeno en suelo con tratamiento de labranza.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	L3	0.115
b	L2	0.097
b	L1	0.090

Nota: Letras diferentes significan valores estadísticamente distintos.

Lo cual demuestra que en el tercer ciclo del proyecto comienza a reflejarse las diferencias entre los sistemas de labranza. A diferencia del segundo ciclo evaluado por González, (2013) donde muestreo el suelo a dos profundidades (0-15 y 15-30 cm) no encontrando diferencias significativas estadísticamente ($p < 0.05$) en relación al Nitrógeno total en ninguna de las profundidades y tratamientos. Por otra parte, los análisis de varianza no reflejaron resultados con respecto a mejoradores de suelo refiriéndose al N total, lo cual no existió diferencias significativas estadísticamente en ninguna de las dos profundidades.

Coincidiendo con Santiago (2012) donde menciona que no existe diferencia significativa con respecto a la aplicación de mejoradores de suelos en las unidades experimentales.

De acuerdo a otros estudios realizados mencionan que el principal elemento que se incrementa al aumentar la materia orgánica en el suelo, es el contenido de nitrógeno, ya que más del 95% se encuentra en estado orgánico formando parte de la materia orgánica (Sierra y Rojas, 2008).

6.1.3 Fosforo con respecto a la profundidad de 0-15cm.

Como podemos apreciar en el cuadro 6.4. No existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre niveles de labranza y en niveles de mejoradores. Pero si existe diferencia significativa en la interacción de los tratamientos labranza convencional (L1), con el testigo (M0).

Cuadro 6. 4. Análisis de varianza del fosforo en el suelo en cultivo de avena.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	Gl	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	3521.7	1760.86	11.0424	0.0001211 ***
Labranza	2	72.7	36.36	0.2280	0.7970087
Mejorador	3	358.7	119.56	0.7498	0.5281056
Rotacion	1	512.7	512.73	3.2154	0.0795262
Labranza:Mejorador	6	2603.4	433.90	2.7210	0.0240085 *
Labranza:Rotacion	2	266.1	133.05	0.8344	0.4406106
Mejorador:Rotacion	3	203.1	67.68	0.4245	0.7363744
Labranza:Mejorador:Rotacion	6	857.0	142.83	0.8957	0.5061075
Error	46	7335.3	159.46		
CV=23.4					

De acuerdo con Tabaglio *et al.*, (2009), quien evaluó el fosforo a dos profundidades, 0-5 y 5-10 al final de su experimento el contenido de P

disponible no fue significativa en ninguna de las profundidades, 0-5, 5-10 cm con respecto a la labranza.

También mencionan que los cambios netos en P orgánico son generalmente pequeños en relación al tamaño de los reservorios totales. Consecuentemente, se requieren observaciones durante varios años para detectar efectos significativos (Friesen y Blair, 1988).

Giuffré *et al.*, (1998) realizaron estudios con suelos incubados mostraron evidencias de mineralización del P orgánico, a través de la disminución de las formas orgánicas de P, en el tratamiento testigo y fertilizado.

En la figura 6.2. Existe una diferencia significativa del 95% para una labranza convencional (L1) y el testigo, aunque no se encontró diferencia significativa entre los mejoradores para la labranza cero y vertical. Siendo la labranza convencional la mejor trabajando con el testigo.

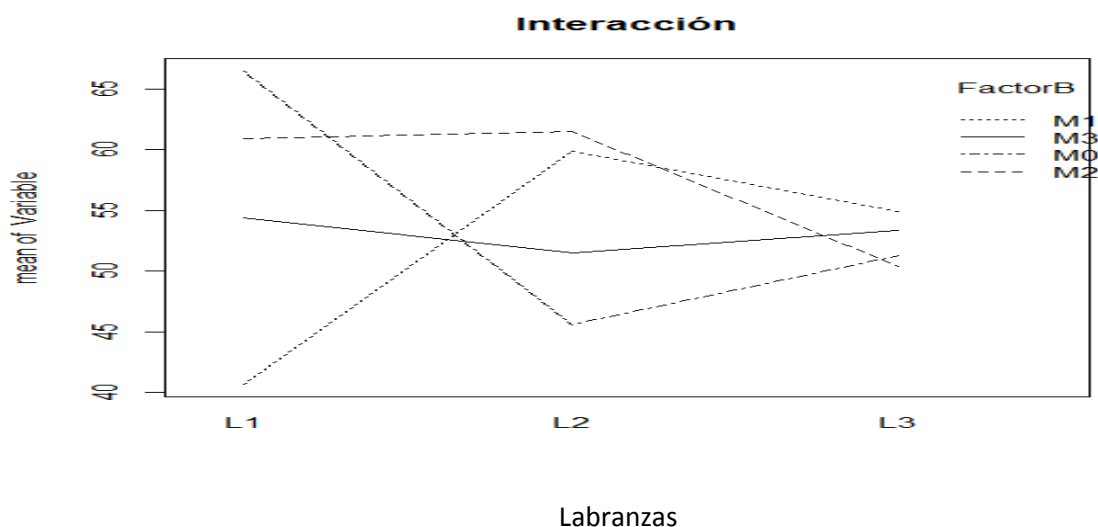


Figura 6. 2. Interacción de labranza y mejorador de suelo con respecto al fósforo.

6.1.4 Potasio con respecto a la profundidad de 0-15cm.

Para el potasio se encontró una diferencia mínima significativa ($p < 0.05$) entre labranzas (cuadro 6.5), en este análisis la labranza vertical fue la que obtuvo un mayor contenido de potasio en mg kg^{-1} , posteriormente le sigue la NL y la que obtuvo un mínimo contenido de potasio fue la labranza LC.

Cuadro 6. 5. Análisis de varianza de potasio en el suelo en cultivo de avena.

Tabla de análisis de varianza

Response: Variable					
	GI	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	155886	77943	1.9251	0.15744
Labranza	2	253786	126893	3.1340	0.05297 .
Mejorador	3	46076	15359	0.3793	0.76833
Rotacion	1	4518	4518	0.1116	0.73986
Labranza:Mejorador	6	272826	45471	1.1231	0.36399
Labranza:Rotacion	2	82485	41243	1.0186	0.36909
Mejorador:Rotacion	3	31962	10654	0.2631	0.85159
Labranza:Mejorador:Rotacion	6	334957	55826	1.3788	0.24334
Error	46	1862481	40489		
CV= 9.7					

Como se puede apreciar en la siguiente figura 6.3 la labranza vertical (L2), estadísticamente existe diferencia significativa en potasio, aunque no es diferente de la labranza cero (L3) y esta no es diferente de la labranza convencional (L1).

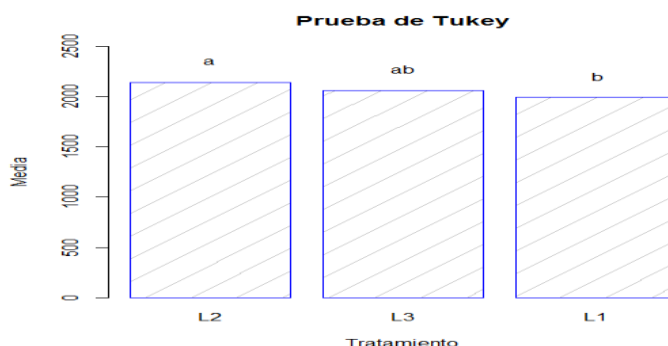


Figura 6. 3. Comparación de medias correspondiente al potasio.

Según investigaciones mencionan que la disponibilidad del K difiere también de acuerdo a la humedad del suelo (la mayor parte del K se mueve en el suelo hacia las raíces por difusión en la solución del suelo) de acuerdo con el tipo de cultivo o variedad. También la profundidad del suelo y el abastecimiento de capas del subsuelo pueden jugar un rol importante que debe ser tomado en cuenta. Debido a las limitaciones mencionadas y muchas otras, la interpretación de los resultados debe ser cuidadosamente realizada y debe considerar siempre rangos entre los bordes y no crear líneas artificiales de valores críticos. (Bazelet, M. y Feigenbaum, S.1988).

6.1.5 Conductividad eléctrica con respecto a la profundidad de 0-15cm.

En el Cuadro 6.6. Se muestra el análisis de varianza con respecto a CE. Los resultados muestran que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. Esto es debido a que el índice de salinidad que tiene el suelo en cada parcela del experimento no presenta problemas.

Cuadro 6. 6. Análisis de varianza de la conductividad eléctrica en el suelo para el cultivo de avena.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	GI	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repeticion	2	0.2770	0.13852	0.3630	0.6976
Labranza	2	1.2614	0.63070	1.6528	0.2027
Mejorador	3	1.3638	0.45458	1.1913	0.3235
Rotacion	1	0.0133	0.01327	0.0348	0.8529
Labranza:Mejorador	6	0.2755	0.04591	0.1203	0.9934
Labranza:Rotacion	2	0.7034	0.35172	0.9217	0.4051
Mejorador:Rotacion	3	0.0464	0.01548	0.0406	0.9890
Labranza:Mejorador:Rottacion	6	1.8081	0.30134	0.7897	0.5826
Error	46	17.5531	0.38159		
CV= 43.8					

Salazar *et al.*, (2004) menciona que el rango óptimo de salinidad para la producción agrícola se considera normal hasta un valor de 4 dS m⁻¹. La conductividad eléctrica aún no refleja cambios de incremento o disminución, es necesario seguir evaluando esta variable para observar algún cambio o diferencias.

6.1.6 pH con respecto a la profundidad de 0-15cm.

En Cuadro 6.7. Se observa los resultados del análisis de varianza del contenido de pH en el estrato de 0-15 cm, donde se observa que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los sistemas de labranza pero no en los mejoradores. También se puede apreciar que ya hubo interacción entre la labranza y la rotación de cultivos.

Cuadro 6. 7. Análisis de varianza del pH en el suelo para cultivo de avena.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	GI	Sum C	C Media	F value	Pr(>F)
Repeticion	2	0.18556	0.092779	10.2774	0.0002043 ***
Labranza	2	0.08743	0.043717	4.8426	0.0123427 *
Mejorador	3	0.02870	0.009567	1.0598	0.3753914
Rotacion	1	0.00011	0.000110	0.0122	0.9125341
Labranza:Mejorador	6	0.06475	0.010791	1.1954	0.3257377
Labranza:Rotacion	2	0.08892	0.044459	4.9248	0.0115333 *
Mejorador:Rotacion	3	0.05501	0.018338	2.0314	0.1226089
Labranza:Mejorador:Rotacion	6	0.09120	0.015200	1.6838	0.1464718
Error	46	0.41526	0.009027		
CV= 1.14					

En esta figura 6.4, se aprecia la diferencia estadística en el pH refiriéndose a labranzas y como se muestra la labranza cero (L3) obtuvo un pH mayor a 8 aunque no es tan diferente a la labranza vertical (L2) y está a la labranza convencional (L1).

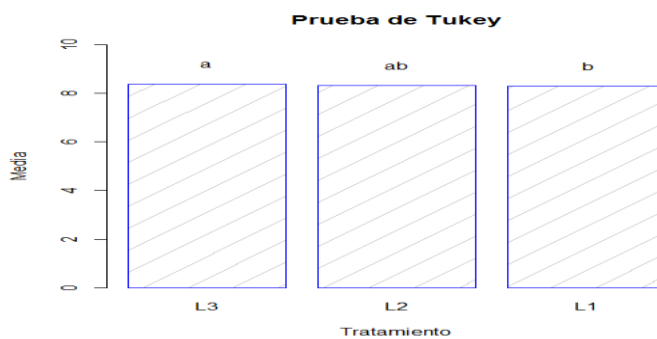


Figura 6. 4. Comparación de medias correspondiente al pH del suelo.

Nota: Letras diferentes significan valores estadísticamente distintos.

En la figura 6.5. Se tiene una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre mejorador para una labranza convencional (L1), no encontrándose diferencia significativa entre los mejoradores para la labranza cero y vertical. Por otro lado se tiene una confiabilidad del 95% que existe diferencia significativa entre las labranzas para el testigo (M0), siendo el mejor trabajando con la labranza (L1).

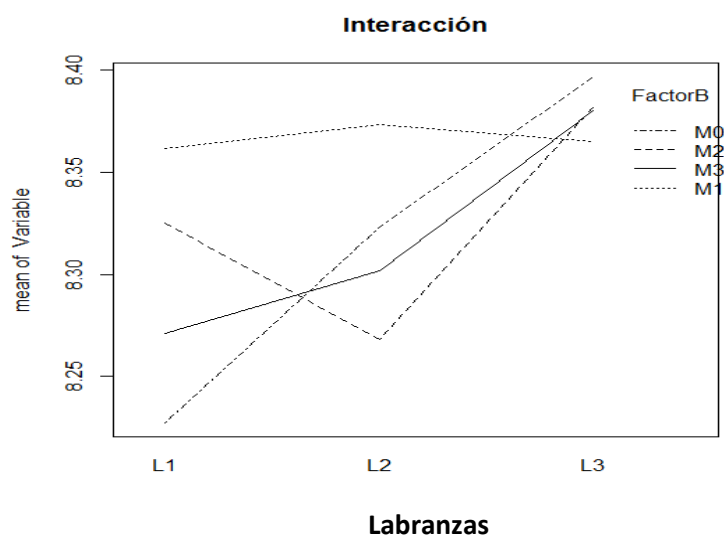


Figura 6. 5. Interacción labranza y mejorador de suelos con respecto al pH.

6.2 Cultivo de maíz-frijol verano periodo 2013 ciclo agosto-diciembre.

En este ciclo se determinó un nuevo arreglo de parcelas utilizando únicamente un mejorador (algaenzimas) y el testigo, los análisis fueron por separados tanto para el maíz, como para el frijol. Pero se analizaron todas las variables del ciclo anterior (MO, N, P, K, CE y pH).

6.2.1 Materia orgánica con respecto al maíz a la profundidad de 0-15cm.

En labranzas se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) para el caso de la materia orgánica, pero no en mejorador de suelo.

Cuadro 6. 8. Análisis de varianza del porcentaje de material orgánica en el suelo en cultivo de maíz.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	GI	Sum C	C Media	F value	Pr(>F)
Repetición	2	1.29127	0.64563	8.0585	0.001721 **
Labranza	2	1.29312	0.64656	8.0701	0.001708 **
Mejorador	1	0.08410	0.08410	1.0497	0.314346
Labranza:Mejorador	2	0.34012	0.17006	2.1226	0.138580
Error	28	2.24330	0.08012		
CV= 13.09					

Como se puede apreciar en el cuadro siguiente la labranza cero (L3) mayor contenido de materia orgánica, luego le sigue la labranza vertical (L2) quienes son las mejores estadísticamente en comparación con la labranza convencional (L1).

Cuadro 6. 9. Comparación de medias respecto al porcentaje de materia orgánica en el suelo, cultivo de maíz.

Grupos Tratamientos Medias		
a	L3	2.31
a	L2	2.28
b	L1	1.89

Nota: Letras diferentes significan valores estadísticamente distintos.

Resultados similares mencionan que la práctica continua de cero labranza más el manejo de cultivos que proporcionen altas cantidades de residuos de cosecha y su permanencia *in situ* como el maíz, promueve la recuperación sucesiva de la MO, su fertilidad natural y protege el ambiente mediante la reducción sustantiva de emisiones de CO² (Bayer *et al.*, 2000; Machado *et al.*, 2003).

Casas, (2001) también encontró contenidos de MO en siembra directa (SD) muy superiores a los de agricultura convencional en los primeros 5 cm superficiales, pero menciona que esta superior a los 15 cm de profundidad.

6.2.2 Materia orgánica con respecto al frijol a la profundidad de 0-15cm.

De acuerdo al análisis estadístico realizado para la materia orgánica del suelo en el frijol se observa en el cuadro 6.9 que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre labranzas mas no ha habido cambios en mejoradores.

Cuadro 6. 10. Análisis de varianza del porcentaje de material orgánica en el suelo para cultivo de frijol.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	GI	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	3.06232	1.53116	17.4815	1.183e-05 ***
Labranza	2	1.53712	0.76856	8.7747	0.0011 **
Mejorador	1	0.02250	0.02250	0.2569	0.6162
Labranza:Mejorador	2	0.06452	0.03226	0.3683	0.6952
Error	28	2.45245	0.08759		
CV= 13.66					

En la siguiente figura se observa que la labranza cero (L3) es la reflejo mayor contenido de materia orgánica en el suelo sucesivamente le sigue la labranza vertical (L2) que no es diferente estadísticamente de la cero y de la labranza convencional (L1).

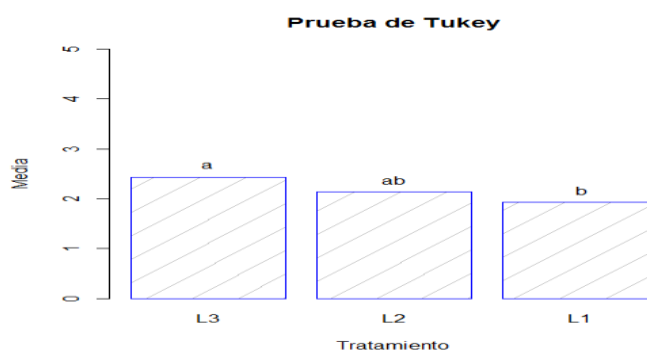


Figura 6. 6. Comparación de medias correspondientes a materia orgánica en el suelo.

Estudios desarrollados muestran contenidos totales de MO a la profundidad de 0-15 cm superiores en rotaciones con mayor frecuencia de maíz y trigo, comparadas con otras secuencias con mayor proporción de girasol y soja (Díaz Zorita; Grove, 2001).

Vicente, (2012) encontró diferencia significativa en materia orgánica al evaluar labranzas, mejoradores de suelos y rotación de cultivos a dos profundidades 0-15 y 15-30, demostrando que existe diferencia en las dos profundidades pero tiende a concentrarse mayor contenido de materia orgánica en la profundidad de 0-15 cm.

6.2.3 Nitrógeno con respecto al maíz a la profundidad de 0-15cm.

En el siguiente cuadro 6.11. Se muestra la diferencia estadística significativa que existe entre los sistemas de labranza, a excepción de los mejoradores que aún no muestran cambios en el suelo. Como puede apreciarse en el tercer año del proyecto la labranza cero mostro mayor contenido de nitrógeno.

Cuadro 6. 11. Análisis de varianza del porciento de nitrógeno en el suelo en cultivo de maíz.

Tabla de análisis de varianza

Response: Variable					
	Gl	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	0.0032194	0.00160971	8.0729	0.001705 **
Labranza	2	0.0032367	0.00161835	8.1162	0.001659 **
Mejorador	1	0.0002048	0.00020483	1.0272	0.319490
Labranza:Mejorador	2	0.0008700	0.00043502	2.1816	0.131666
Error	28	0.0055831	0.00019940		

CV= 13.05

El mayor porcentaje de nitrógeno total se muestra en la labranza cero (L3) y labranza vertical (L2) en el cuadro siguiente a comparación de la labranza convencional (L1).

Cuadro 6. 12. Comparación de medias respecto al por ciento de nitrógeno en cultivo de maíz.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	L3	0.11560
a	L2	0.11401
b	L1	0.09474

Nota: Letras diferentes significan valores estadísticamente distintos.

En comparación de Morrison *et al.* (1990) evaluaron la labranza cero y la labranza convencional y no encontró diferencias entre ellas al paso de tres años de manejo, podemos decir que los cambios entre labranzas se muestran con respecto al tiempo o más bien a largo plazo.

6.2.4 Nitrógeno con respecto al frijol a la profundidad de 0-15cm.

Se encontró una diferencia mínima significativa en el frijol respecto al porcentaje de nitrógeno en el suelo demostrando que la labranza cero NL obtuvo el mayor porcentaje, luego le sigue la labranza vertical LV y labranza convencional LC.

Cuadro 6. 13. Análisis de varianza para el por ciento de nitrógeno en cultivo de frijol.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	Gl	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	0.0076293	0.0038147	17.4125	1.22e-05 ***
Labranza	2	0.0038770	0.0019385	8.8485	0.001051 **
Mejorador	1	0.0000580	0.0000580	0.2646	0.611010
Labranza:Mejorador	2	0.0001625	0.0000812	0.3708	0.693527
Error	28	0.0061341	0.0002191		
CV= 13.6					

De acuerdo con Díaz y Reyes (1993) quien menciona que el frijol es una alternativa de producción dentro de una rotación de cultivos (gramínea-leguminosa) ya que reporta utilidades económicas y aporta nitrógeno al suelo.

Galeana De la Cruz (2000) menciona que el aumento del contenido de nitrógeno total en la superficie del suelo en la labranza cero, es debido del incremento en la acumulación de materia orgánica de 0-5 cm de profundidad; este contenido se reduce al incrementar la profundidad del suelo, aspecto asociado con la disminución del contenido de materia orgánica.

La figura siguiente (6.7) muestra la diferencia estadística entre labranzas demostrando que la labranza cero (L3) es la que obtuvo mayor contenido de nitrógeno total en suelo a comparación de las otras labranzas vertical y convencional.

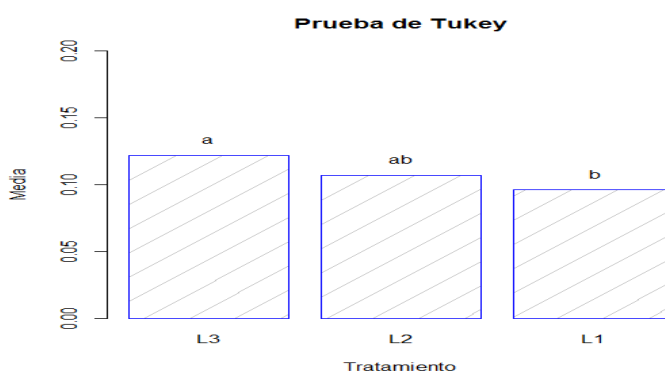


Figura 6. 7. Comparación de medias correspondiente al nitrógeno en cultivo de frijol en %.

Nota: Letras diferentes significan valores estadísticamente distintos.

6.2.5 Fosforo con respecto al maíz a la profundidad de 0-15cm.

Al realizar el análisis de varianza (cuadro 6.14), encontramos que no existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) en cuanto a labranza, ni en mejoradores de suelo.

Cuadro 6. 14. Análisis de varianza del fosforo en suelo en cultivo de maíz.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	GI	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	303.1	151.53	1.1076	0.34438
Labranza	2	752.2	376.10	2.7493	0.08125
Mejorador	1	3.3	3.32	0.0242	0.87740
Labranza:Mejorador	2	116.9	58.43	0.4271	0.65656
Error	28	3830.4	136.80		
CV= 31.1					

O'Halloran *et al.*, (1987), mencionan que el contenido de P es mayor en los horizontes superficiales, disminuyendo al aumentar la profundidad debido a la disminución en el contenido de materia orgánica. Asimismo, el contenido en P, sus formas y su distribución, parecen depender de la textura del suelo, de forma que cuanto más fina sea su textura mayor será su contenido en P y viceversa.

6.2.6 Fosforo con respecto al frijol a la profundidad de 0-15cm.

En el análisis de la comparación de medias entre tratamientos de labranza, se obtuvo una diferencia mínima significativa entre dichos tratamientos aportando mayor contenido de fósforo la labranza cero (L3) y la labranza vertical (L2), pero no es diferente de la L1. Esto significa que al tercer año del experimento el fosforo ya mostro resultados en cuanto a labranzas.

Cuadro 6. 15. Análisis de varianza del fosforo en cultivo de frijol.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	Gl	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	48.4	24.18	0.1509	0.86063
Labranza	2	1695.3	847.67	5.2909	0.01124 *
Mejorador	1	21.1	21.10	0.1317	0.71937
Labranza:Mejorador	2	63.3	31.65	0.1975	0.82189
Error	28	4485.9	160.21		
CV= 34.8					

Como observamos en la figura se observan los tratamientos (labranzas) y la media (mg kg^{-1}) se aprecia que la labranza cero demuestra mayor contenido de fosforo a comparación de las labranzas vertical y convencional.

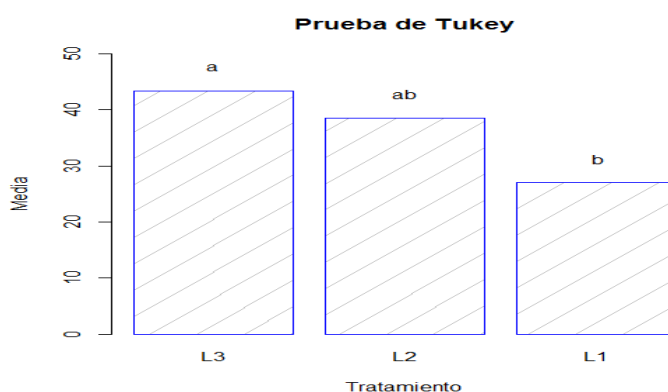


Figura 6. 8. Comparación de medias correspondiente al fosforo en cultivo de frijol.

Nota: Letras diferentes significan valores estadísticamente distintos.

A diferencia de la investigación de Lozano *et al.*, (1997) quienes mencionaron que a partir de los 5 cm de profundidad entre tratamientos de labranza no presentó ninguna diferencia en los contenidos de P que se puedan atribuir a los tratamientos de labranza en ninguna de las épocas evaluadas. Podemos decir

que ya se reflejaron cambios en este ciclo del proyecto y a la profundidad de 0-15 cm.

Los niveles extractables de fósforo (Pe) pueden ser modificados por el manejo de los suelos. Algunos estudios muestran que bajo prácticas continuas de cero labranza el fosforo extractable superficial de los suelos se incrementa, fundamentalmente por la acumulación de residuos orgánicos ricos en P y aportes por fertilización (Holanda *et al.* 1998; Lal *et al.* 1990).

6.2.7 Potasio con respecto al maíz a la profundidad de 0-15cm.

En el análisis correspondiente al potasio (cuadro 6.16), se encontró diferencia mínima significativa entre labranzas siendo la labranza vertical la que obtuvo el mayor contenido de potasio en mg kg^{-1} , la labranza cero no es diferente de la labranza vertical, pero sí de la labranza convencional.

Cuadro 6. 16. Análisis de varianza del potasio en el suelo en cultivo de maíz.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	Gl	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	55206	27603	2.5597	0.095295 .
Labranza	2	165506	82753	7.6739	0.002201 **
Mejorador	1	2669	2669	0.2475	0.622695
Labranza:Mejorador	2	88439	44219	4.1006	0.027422 *
Error	28	301944	10784		
CV: 4.98 mg kg^{-1}					

En este caso la diferencia estadística entre labranzas se ve reflejada en la labranza vertical (L2), posteriormente le sigue la labranza cero (L3) y podemos notar que la labranza convencional (L1) aún no ha habido cambios en labranzas (cuadro 6.17).

Cuadro 6. 17. Comparación de medias respecto al potasio en el suelo, cultivo de maíz.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	L2	2167.5
ab	L3	2076.6
b	L1	2001.6

Nota: Letras diferentes significan valores estadísticamente distintos.

Demostrando que ya existe diferencia entre labranzas y comparando resultados con López *et al.* (2001), evaluaron el efecto que causan los abonos orgánicos al suelo, mencionaron que no existieron cambios en cuanto al contenido de potasio en suelo al aplicar los abonos orgánicos en un cultivo de maíz forrajero.

En la figura 6.9. Se muestra que con una confiabilidad del 95% existe una diferencia significativa entre mejorador y una labranza vertical (L2), no encontrándose diferencia significativa entre los mejoradores para la labranza cero y convencional. Por otro lado se tiene una confiabilidad del 95% que existe diferencia significativa entre las labranzas para el mejorador algaenzimas (M1), siendo la mejor en contenido de potasio trabajando con la labranza vertical (L2).

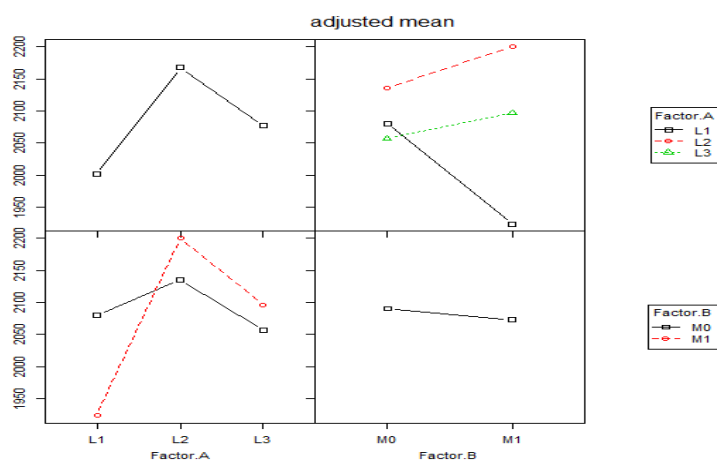


Figura 6. 9. Interacción entre labranza y mejorador de suelo con respecto al potasio en cultivo de maíz.

6.2.8 Potasio con respecto al frijol a la profundidad de 0-15cm.

El siguiente análisis correspondiente al potasio (cuadro 6.18), no mostro diferencia significativa debido a que el potasio es muy móvil dentro de la planta y el suelo se acumula con facilidad en las zonas de mayor actividad vegetativa. Por eso cuando hay escasez se traslada con facilidad a las hojas jóvenes, por cuyo motivo las deficiencias se manifiestan en primer lugar en las hojas viejas (Fuentes, 1994).

Cuadro 6. 18. Análisis de varianza del potasio en el suelo en cultivo de frijol.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	GI	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	79006	39503	1.6051	0.2188
Labranza	2	109672	54836	2.2282	0.1265
Mejorador	1	178	178	0.0072	0.9329
Labranza:Mejorador	2	14739	7369	0.2994	0.7436
Error	28	689094	24611		
CV= 7.6					

6.2.9 Conductividad eléctrica con respecto al maíz a la profundidad de 0-15cm.

Como se aprecia en el cuadro 6.19 existe diferencia significativa de ($p < 0.05$) para la conductividad eléctrica en maíz, para el factor labranza. Pero no se reflejaron cambios en el factor mejorador.

Cuadro 6. 19. Análisis de varianza para la conductividad eléctrica en el suelo en cultivo de maíz.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	Gl	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	0.31307	0.156536	4.2207	0.02500 *
Labranza	2	0.23648	0.118238	3.1881	0.05657 .
Mejorador	1	0.00593	0.005929	0.1599	0.69232
Labranza::Mejorador	2	0.12991	0.064956	1.7514	0.19201
Error	28	1.03845	0.037088		

CV= 24.5

La CE es importante debido a que nos permite saber la concentración de sales en la solución del suelo. Pero no indica que sales están presentes en dicha solución. La importancia se debe a que la cantidad de sales solubles en el suelo controlan la presión osmótica de la solución y esta perjudica el desarrollo de las plantas (Porta *et al.*, 1994).

La conductividad eléctrica en labranzas fue estadísticamente mayor en la labranza vertical (L2) como se aprecia en la figura (6.10) a comparación de la labranza cero (L3) y convencional (L1).

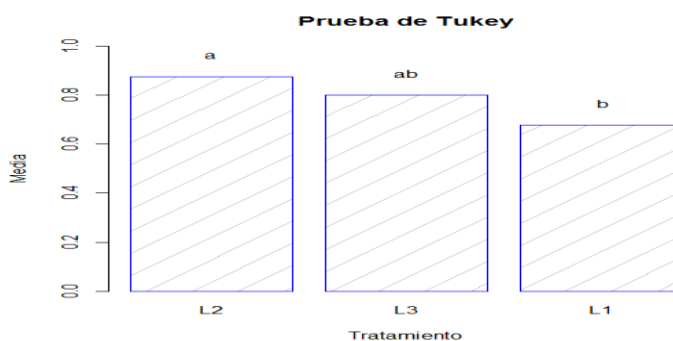


Figura 6. 10. Comparación para la conductividad eléctrica en maíz en dS/m.

6.2.10 Conductividad eléctrica con respecto al frijol a la profundidad de 0-15cm.

En el Cuadro 6.20 representa el análisis de varianza con respecto al frijol. Los resultados muestran que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. Pero cabe mencionar que el índice de salinidad que tiene el suelo en cada parcela del experimento no presenta problemas de salinidad.

Cuadro 6. 20. Análisis de varianza de la conductividad eléctrica en el suelo para cultivo de frijol.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	GI	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	0.35968	0.179840	3.5031	0.04387
Labranza	2	0.34486	0.172429	3.3588	0.04926
Mejorador	1	0.04264	0.042642	0.8306	0.36987
Labranza:Mejorador	2	0.05025	0.025126	0.4894	0.61812
Error	28	1.43744	0.051337		

CV= 28.7

Lucas (2011) concluyo que el suelo donde se cultivaron las plantas inoculadas con HMA mostró una menor variación de pH y CE con respecto a las características iniciales del suelo esto sucedió en un ciclo del cultivo.

6.2.11 pH con respecto al maíz a la profundidad de 0-15cm.

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, no se obtuvo diferencia significativa ($p < 0.05$), resultados similares con respecto al cultivo de frijol, como podemos observar

(cuadro 6.21) y (cuadro 6.22), lo cual demuestra que en este ciclo no hubieron cambios para el caso de la labranza y mejorador de suelo.

Cuadro 6. 21. Análisis de varianza del pH en el suelo en cultivo de maíz.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	Gl	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	0.66384	0.33192	12.5152	0.0001309
Labranza	2	0.09771	0.04885	1.8420	0.1771914
Mejorador	1	0.04134	0.04134	1.5589	0.2221628
Labranza:Mejorador	2	0.06187	0.03094	1.1665	0.3261452
Error	28	0.74259	0.02652		
CV= 1.9					

Coincidiendo con la investigación de Hussain *et al.*, (1999) donde concluyeron que el pH del suelo no presento diferencias entre los 3 sistemas de labranza en ninguno de los 8 años que tardo el experimento. Tabaglio *et al.*, (2009), demostraron que después de 4 años con tratamientos de labranza convencional y labranza cero el pH fue el mismo que en el comienzo.

6.2.12 pH con respecto al frijol a la profundidad de 0-15cm.

En Cuadro 6.22, se observa los resultados del análisis de varianza del contenido de pH en el estrato de 0-15 cm correspondiente al cultivo de frijol, donde se observa que no existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los sistemas de labranza y mejoradores.

Cuadro 6. 22. Análisis de varianza del pH en el suelo para cultivo de frijol.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	GI	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	1.18729	0.59364	12.8512	0.0001097
Labranza	2	0.16162	0.08081	1.7494	0.1923533
Mejorador	1	0.00203	0.00203	0.0438	0.8356730
Labranza:Mejorador	2	0.02987	0.01493	0.3233	0.7264400
Error	28	1.29343	0.04619		
CV= 2.5					

De acuerdo con Duiker y Beegle, (2006) quienes estudiaron el efecto de la labranza vertical (discos de cincel) en algunas propiedades químicas de un suelo franco limoso demostraron que no se obtuvo un efecto significativo en la labranza con respecto al pH durante el tiempo evaluado. Al igual que Karlen *et al.*, (1994) no encontraron diferencias significativas sobre el pH al estudiar diferentes sistemas de labranza.

6.3 Ciclo invierno 2014 (Avena)

6.3.1 Materia orgánica con respecto a la profundidad de 0-15cm.

Al igual que en los ciclos anteriores en la materia orgánica se presenta diferencia significativa ($p < 0.05$) en labranzas, pero aun los mejoradores no muestran diferencia alguna.

Cuadro 6. 23. Análisis de varianza respecto al porcentaje de materia orgánica en el suelo para cultivo de avena.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	Gl	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	1.8778	0.93888	8.9724	0.0004027 ***
Labranza	2	3.6223	1.81117	17.3084	1.275e-06 ***
Mejorador	1	0.0009	0.00087	0.0083	0.9276334
Rotación	1	0.2501	0.25007	2.3898	0.1275714
Labranza:Mejorador	2	0.1064	0.05318	0.5083	0.6041951
Labranza:Rotacion	2	0.6484	0.32419	3.0981	0.0526805 .
Mejorador:Rotacion	1	0.0117	0.01171	0.1119	0.7392334
Labranza:Mejorador:Rotacion	2	0.0284	0.01420	0.1357	0.8733891
Error	58	6.0692	0.10464		
CV= 15.2					

La materia orgánica en labranzas es estadísticamente diferente en las labranzas cero (L3) y vertical (L2) en comparación a la labranza convencional (L1). Pero como se aprecia en la figura 6.11 la labranza cero sigue reflejando mayor contenido de materia orgánica en el suelo.

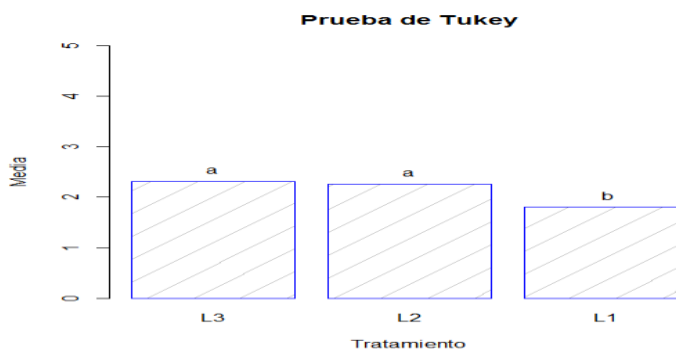


Figura 6. 11. Comparación de medias respecto a la materia orgánica en cultivo de avena en %.

Chagas *et al.*, (1994), mencionan que el contenido de materia orgánica es un factor importante para mantener una buena estabilidad de agregados, aunque su efecto dependerá de la cantidad, naturaleza del material y de la manera que es incorporado. La estabilidad de agregados varía con la labranza y los sistemas de cultivo y juega un papel importante en las relaciones suelo-planta. Comparando los sistemas de labranza convencional, labranza vertical y siembra directa en monocultivo de maíz se observan diferencias significativas en favor de la siembra directa con respecto a los restantes tratamientos en la estabilidad estructural.

Los efectos positivos de la SD sobre la fracción orgánica del suelo se observan también cuando se evalúan los contenidos de N orgánico (Moraes Sá, 1996).

6.3.2 Nitrógeno con respecto a la profundidad de 0-15cm.

Como se puede apreciar en el cuadro 6.24 existe diferencia significativa ($p < 0.05$) en la labranza cero siendo la que obtuvo mayor contenido de nitrógeno en por ciento, luego le sigue la labranza vertical siendo iguales estadísticamente con la cero a comparación de la labranza convencional.

Cuadro 6. 24. Análisis de varianza respecto al porcentaje de nitrógeno de suelo en cultivo de avena.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	Gl	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	0.0046944	0.0023472	8.9724	0.0004027 ***
Labranza	2	0.0090559	0.0045279	17.3084	1.275e-06 ***
Mejorador	1	0.0000022	0.0000022	0.0083	0.9276334
Rotacion	1	0.0006252	0.0006252	2.3898	0.1275714
Labranza:Mejorador	2	0.0002659	0.0001330	0.5083	0.6041951
Labranza:Rotacion	2	0.0016209	0.0008105	3.0981	0.0526805
Mejorador:Rotacion	1	0.0000293	0.0000293	0.1119	0.7392334
Labranza:Mejorador:Rotacion	2	0.0000710	0.0000355	0.1357	0.8733891
Error	58	0.0151729	0.0002616		
CV= 15.2					

La cantidad de nitrógeno total en el suelo estadísticamente podemos apreciar en el cuadro siguiente (6.25), es mayor en la labranza cero aunque la labranza vertical no es diferente de esta pero si en comparación con la labranza convencional.

Cuadro 6. 25. Comparación de medias del nitrógeno en cultivo de avena.

Grupos Tratamientos Medias		
a	L3	0.115
a	L2	0.112
b	L1	0.090

Nota: Letras diferentes significan valores estadísticamente distintos.

Blevins *et al.*, (1983), encontraron que a una profundidad de 0-15 cm de la superficie, el carbono orgánico y el N total con la labranza cero fueron dos veces más altos comparados con la labranza convencional. En relación al contenido de nitrógeno total (N), Ramírez *et al.*, (2006) observaron que el

contenido de N total en la capa superficial fue mayor en los sistemas de labranza cero.

También se han encontrado investigaciones que en la labranza en donde se practica la rotación de cultivos posterior a tres años en producción de trigo, la incorporación de los residuos de cosecha y la siembra de una leguminosa existe una mayor mineralización de nitrógeno (N) en el suelo en la labranza (LC), presentando una acumulación de N en la siembra hasta el ciclo del desarrollo del cultivo, mientras que en la labranza (L0) los resultados son aún mejores cuando hay restricciones hídricas durante el desarrollo del trigo (Vidal et al., 2002).

6.3.3 Potasio con respecto a cultivo de avena a la profundidad de 0-15cm.

Para el caso del potasio no hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) alguna en labranzas, mejoradores y rotación, lo cual se observa en el siguiente cuadro 6.26.

Cuadro 6. 26. Análisis de varianza del potasio en suelo para cultivo de avena.

Tabla de análisis de varianza					
Response: Variable					
	Gl	Sum C	C Medio	F value	Pr(>F)
Repetición	2	249086	124543	23.0355	4.334e-08 ***
Labranza	2	28211	14106	2.6090	0.08223
Mejorador	1	5689	5689	1.0522	0.30926
Rotacion	1	672	672	0.1243	0.72566
Labranza:Mejorador	2	17144	8572	1.5855	0.21359
Labarnza:Rotacion	2	2311	1156	0.2137	0.80820
Mejorador:Rotacion	1	139	139	0.0257	0.87322
Labranza:Mejorador:Rotacion	2	1144	572	0.1058	0.89974
Error	58	313581	5407		
CV= 8.4					

Estudios realizados por Prieto *et al.*, (2010), mencionan que al evaluar tres sistemas de labranza (convencional, vertical y cero) no registraron diferencias significativas sobre las propiedades físicas, químicas ni sobre los rendimientos de los cultivos de maíz y algodón demostrando que dos años no son suficientes para lograr mejoras significativas.

7 CONCLUSIONES

A cuatro años de establecidos los tratamientos de labranza han reflejado cambios significativos, principalmente en la materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. Por lo que podemos determinar que los sistemas de labranza de conservación, principalmente la labranza cero influyen en forma benéfica en la disponibilidad de nutrientes al suelo.

El pH y la conductividad eléctrica del suelo aun no reflejan cambios debido a que se encuentran en un rango óptimo, para el crecimiento de plantas y estos se han mantenido a través de los periodos analizados.

Los cambios de acuerdo a las propiedades químicas analizadas se reflejan en labranzas, pero aún no se tiene gran diferencia en mejoradores de suelos. Por lo cual es importante seguir analizando estas variables ya que algunas investigaciones mencionan que los cambios del suelo se presentan a largo plazo.

La labranza y mejoradores tiene un efecto en las propiedades químicas de suelos encontrándose diferencia estadística significativa, aunque en mejoradores los cambios reflejados han sido pocos en comparación a labranzas es necesario seguir evaluando estas variables porque investigaciones mencionan que los cambios se presentan a largo plazo.

8 LITERATURA

- Acevedo, E. 2003. Sustentabilidad en cultivos anuales: cero labranzas, manejo de rastrojos. Facultad de Ciencias Agronómicas. Serie Ciencias Agronómicas N° 8. Santiago, Universidad de Chile. 13-14, 18 y 29.
- Alarcón, A. y Ferrara-Cerrato, R. 2000. Biofertilizantes: Importancia y utilización en la agricultura. Agricultura Técnica en México 26(2), 191-203.
- Bayer, C., J. Mielniczuk, T. J. C. Amado, L. Martin-Neto, and S. V. Fernández. 2001. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. Soil Tillage Res. 54: 101-109.
- Bazelet, M. y Feigenbaum, S. 1988. Métodos para el análisis de potasio disponible en el suelo y su interpretación. Boletín especial. Instituto Internacional de la Potasa. CH-3048 Worblaufen – Berna. Suiza.
- Beltrán-Morales, F. A., J. L. García-Hernández, F. H. Ruiz-Espinoza, L. Fenech-Larios, B. Murillo-Amador, A. Palacios y E. Troyo-Dieguez. 2009. Nutritional potential of red dolichos, Brown dolichos and cowpea for Green manure produced under there tillage Systems. Trop. Subtrop. Agro ecosystems 10: 487-495.
- Bento, F., Camargo, F., Okeke, B. y Frankenberger W. 2005. Comparative bioremediation of soils contaminated with diesel oil by natural attenuation, biostimulation and bioaugmentation. Bioresour. Technol. 96: 1049-1055.

- Blevins, R. L., Thomas, G. W., Smith, M. S., Frye, W. W., y Cornelius, P. L. 1983. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. *Soil and Tillage Research*, 3(2), 135-146.
- Brady, N. and Weil, R. 2008. The nature and properties of soils. 14th edition. USA: Pearson.
- Bravo, E. M., Van, N. Martin., Contreras, J. R., Jiménez J. L., Morales, G. M. 1992. El potencial de la labranza de conservación en la Mixteca Oaxaqueña. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, D.F. México. Pag. 41.
- Buckman Harry and N.C. Brady, 1966. The Nature and Properties of Soils. The Macmillan company. 590 pp.
- Buhman, C. 1993. K-fixing phyllosilicates in soils, the role of in herieted componentes. *J. Soil Sci.* 44: 347-360.
- Cabrera C. Fernando, Oleschko L. 1995. Efecto de la labranza sobre la estructura interna de dos tipos de suelo. INIFAP. Vol. 21 No 2.
- Cadena-Zapata, M., T. Gaytán-Muñiz y A. Zermeño-González. 2004. Desempeño de implementos de labranza en términos de consumo de energía y calidad de trabajo. *Revista Agraria Nueva Época*. Vol. 1, N° 3, pp. 12- 17.
- 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.
- Casas R. 2001. La conservación de los suelos y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Académica Nacional de Agronomía y Veterinaria. Tomo 1. Buenos Aires.

- Castellanos R., J.Z. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. Seminarios Técnicos 5(13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
- Castellanos R., J.Z. 1982. La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. Seminarios Técnicos 7(8): 32. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
- Castellanos, J. Z., y J. J. Peña-Cabriales. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura: Una fuente de contaminación de los acuíferos. *Terra*, 8: 113-126.
- Cole, C.V.; Innis, G. S.; Stewart, J. W. B. 1977. Simulation of phosphorus cycling in semiarid grasslands. *Ecology* 58, 1-15.
- Contreras-Araneda P.A., 2005. Suelos Contaminados con Hidrocarburos: RNA 16S como Indicador de Impacto. Tesis Ingeniero Civil en Biotecnología, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología.
- Cordell D, Drangert JO, White S. 2009. The story of phosphorus: global food security and food for thought. *Global Env. Change* 19: 292-305.
- Corwin D. L. and S. M. Lesch. 2003. Application of Soil Electrical Conductivity to Precision Agriculture: Theory, Principles, and Guidelines. *Agron. J.* 95:455–471.
- Dahnke WC, Johnson GV. 1990. Testing soils for available nitrogen. En: Westerman RL et al. (Eds.). *Soil Testing and Plant Analysis*. N°3 Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, EEUU. 127-139 pp.

- Dalzell, H., Biddlestone, A., Gray, K., & Thurairajan, K. 1991. Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín de Suelos de la FAO*.
- Daniell TJ, Husband R, H Fitter A, Young JPW. 2001. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonizing arable crops. *FEMS Microbiology Ecology* 36: 203-209.
- Dawson CJ, Hilton J. 2011. Fertilizer availability in a resource-limited world: production and recycling of nitrogen and phosphorus. *Food Policy* 36: 14-22.
- Díaz, F., A.; Reyes M. C. A. 1993. Situación de la Agricultura en el Norte de Tamaulipas, pp 280-290. En: IV Encuentro Internacional de Investigadores en Economía Agrícola. UAT, México.
- Díaz-Zorita, M, Grove JH. 2001. Rotaciones de cultivos en siembra directa y las propiedades de suelos en la pampa arenosa. *Siembra Directa II*. Panigatti JL. Buzchiazzo D y Marelli H (editores). 377 pp.
- Duiker, S. W., y Beegle, D. B. 2006. Distribuciones de fertilidad del suelo a largo plazo en la siembra directa, sistemas de cincel / disco y la vertedera arado / disco. *Suelo y Laboreo Investigación*, 88 (1), 30-41.
- FAO. 2002. Los fertilizantes y su uso. Consultado el 8 de Mayo de 2009. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>.
- Fernández, G.R. 1990. Algunas experiencias y proposiciones sobre recuperación de suelos con problemas de sales en México. *Terra* 8: 226-240.

Figuroa, B. y F. Morales. 1992. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Colegio de Postgraduados. SAHR. 273 p.

Figuroa, S. B., y E. Ventura R. Jr. 1990. Instructivo para la evaluación del proyecto. Efecto de la labranza en la estructura del suelo y su relación con el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias. Salinas, San Luis Potosí, México.

Friesen D.K. y Blair G.J. 1988. A dual radiotracer study of transformations of organic, inorganic and plant residue phosphorus in soil in the presence and absence of plant. Aust. J. Soil Res. 26: 355-366.

Fuentes, J. 1994. El suelo y los fertilizantes. Ediciones Mundi-Prensa. 327 p.

Galeana, C.M., S.A. Trinidad, C.N.E. García y R.D. Flores. 1999. Labranza de conservación y fertilización en el rendimiento de maíz y su efecto en el suelo. TERRA Latinoamericana. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 4: 325-335.

Galeana, De la Cruz. M. 2000. Efecto de dos sistemas de labranza en las características físicas y químicas en un suelo. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México.

Galván, C. F. 2008. La labranza de conservación en Guanajuato. Nota Editorial. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Gobierno del Estado de Guanajuato. 3 p.

- Garro Alfaro, Jorge E. 2002. Plantas competidoras. Un componente más de los agro ecosistemas. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José Costa Rica. Pág. 145.
- Giuffré L; Zubillaga M.S; Heredia O.S. y Missart F. 1998. Mineralización de fosforo en molisoles pampeanos. *Ciencia del Suelo* 16:99-102.
- González, L. G. 2013. Efecto en el corto plazo de sistemas de labranza y mejoradores en los indicadores N, K Y MO en un suelo franco arcilloso. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Hernández y Martínez 1987. Efecto del encalado sobre las características biológicas y la productividad de un suelo Ferralítico Cuarcito Amarillo Lixiviado. III acción sobre la población microbiana del suelo. *Cienc. Agron.* 31, 68-74.
- Holanda FSR, Mengel DB, Paula MB, Carvaho JG, Bertoni JC. 1998. Influence of crop rotations and tillage systems on phosphorus and potassium stratification and root distribution in the soil profile. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 29: 2383-2394.
- Hussain, I., Olson, K. R., Wander, M. M., y Karlen, D. L. 1999. Adaptation of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois. *Soil and tillage Research*, 50(3), 237-249.
- Jackson, M.L. 1976. Análisis químico de suelos. Trad. al español por M.J. Beltran. 3a ed. Omega. Barcelona, España.
- Jaramillo Jaramillo, Daniel Francisco. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad de Colombia facultad de ciencias Medellín. Pp. 257-262.
- Johnston, A. E., P. R. Poulton, and K. Coleman. 2009. Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Adv. Agron.* 101: 1-57.

- Karlen, D. L., Wollenhaupt, N. C., Erbach, D. C., Berry, E. C., Swan, J. B., Eash, N. S., & Jordahl, J. L. 1994. Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. *Soil and Tillage Research*, 31(2), 149-167.
- Kitchen, N.R., S.T. Drummond, E.D. Lund, K.A. Sudduth, y K.A. Buchleiter. 2003. Soil Electrical Conductivity & Topography Related to Yield for Three Contrasting Soil-Crop Systems. *Agron. J.* 95:483-495.
- Lal R., Logan TJ, Fausey NR. 1990. Long-term tillage effects on Mollic Ochraqualf in North-West Ohio. III. Soil nutrient profile. *Soil Till. Res.* 15: 371-382.
- Lambers H, Shane MW, Cramer MD, Pearse S, Veneklas E. 2006. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: matching morphological and physiological traits. *Ann. Bot.* 98: 693-713.
- León- Agüero. 2001. Efecto de tipos de labranza sobre la población de malezas en caña de azúcar. *Agronomía mesoamericana* 12(1): 71-77.
- López, D. A., R. M. Williams, K. Miehlke y J. Mazana. 1995. Enzimas, fuente de vida. Fundación de Investigación Inmunológica (IERF), Monticello Place, Evanston, Illinois, USA. Ed. en español, EdikaMed., S. L., Barcelona, España.
- López, F. 1994. Degradación del suelo: ¿Fatalidad climática o mala gestión humana? Hacia una gestión sostenible del recurso en el contexto mediterráneo. *Papeles de Geografía.* 20:49-64.

- 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.
- Lozano, Z., Cabrera, S., Peña, J. y Adams, M. 1997. Efecto de los sistemas de labranza sobre dos inceptisoles de los llanos occidentales de Venezuela. i. propiedades químicas de los suelos. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). Araure, Edo. Portuguesa. 14 Vol. 5, N° 1 y 2.
- Lucas, S. L. G. 2011. Fertilización Fosfatada en Chile Guajillo (*Capsicum annum* L.) y su Interacción con Hongos Micorrízicos Arbusculares. Tesis de Postgrado. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- 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.
- Machado, P. L. O. A., S. P. Sohi, and J. L. Gaunt. 2003. Effect of no-tillage on turnover of organic matter in a Rhodic Ferralsol. *Soil Use Manage.* 19: 250-256.
- McLaren, R. G.; Cameron, K. C. 1990. *Soil Science: An introduction to the properties and management of New Zealand soils*. Oxford University Press, Auckland.
- Medina, S., M. López y J. Vilorio. 2011. Evaluación de la biofertilización en el cultivo maíz en suelo del estado Guárico. *Memorias XIX Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*.
- Montes, M. C. 1991. Los Sistemas de Labranza para la Agricultura de Secano. *Seminarios Técnicos* Vol. 8 N° 15. Pp. 231-233.

- Moraes, Sá J. C. 1996. Manejo de nitrogenio na cultura do milho no sistema plantio direto. Aldeia Norte Editora. Passo Fundo, RS, Brasil.
- Moral, F.J., J.M. Terrón, y J.R. Marques da Silva. 2010. Delineation of management zones using mobile measurements of soil apparent electrical conductivity and multivariate geostatistical techniques. *Soil and Tillage Research* 106:335-343.
- Moreno Casco, J., & Moral Herrero, R. 2008. Compostaje. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Morrison, J.E., T.J. Gerik, F.W. Chichester, J.R. Martin y J.M. Chandler. 1990. A no-tillage farming system for clay soils. *J. Prod. Agric.* 3: 219-227.
- Mutscher, H. 1997. Measurement and Assessment of Soil Potassium. International Potash Institute. Bern, Switzerland. 102 p.
- O'Halloran, I. P.; Stewart, J. W. B.; de Jong, E. 1987. Changes in P forms and availability as influenced by management practices. *Plant and Soil* 100, 113-126.
- Olivares-Campos, M., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J., & Ojeda-Barrios, D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y Ciencia*, 28 (1), 27-37.
- Ortiz Cañavate Jaime 2003. Las máquinas agrícolas y su aplicación. Sexta Edición, Editorial Aedos S.A. España. p 41.
- Porta, J., M. López y C. Roquero. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 645 p.

- Porta-Casanellas, J., López-Acevedo M., Roquero De Laburu C., 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente, Tercera edición; Impreso en España, Ediciones Mundi-prensa, pp.929.
- Pratt, P. F., D. Knudsen, and G. A. Peterson. 1982. Lithium, sodium, and potassium. In: Methods of Soil Analysis. Page A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney (eds.). Part 2. Agronomy 9. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin. USA. pp: 225-247.
- Prieto B, Peroza J. A. y Grandet G. 2010. Efecto de labranza y manejo de materiales orgánicos sobre algunas propiedades físicas y químicas de un VERTIC ENDOAQUEPT del valle del Sinú. Universidad de Córdoba. Montería, Córdoba, Colombia.
- Ramírez, B. C. E. Figueroa, S. B. Ordaz, C. V. M. Volke, H. V. H. 2006. Efecto del sistema de labranza cero en un vertisol. TERRA Latinoamericana, Universidad Autónoma Chapingo, México. Vol. 24 (1), Pp. 109-118.
- 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.
- Reyes, W. 2007. Evaluación de condiciones y riesgos de compactación en cuatro series de suelos bajo uso agrícola en Venezuela. Crozatia 8(1 y 2): 63-72.
- Rhoades J. D., F. Chanduvi and S. Lesch. 1999. Soil salinity assessment: Methods and interpretation of electrical measurements. FAO Rep. 57. FAO, Rome.

- Ribo, M. 2004. Balance de macronutrientes y materia orgánica en el suelo de agrosistemas hortícolas con manejo integrado y ecológico. Tesis Doctoral. Universitat de Valencia. Valencia, España.
- Richardson , D. y Watmough, N. 1999. Inorganic nitrogen metabolism in bacteria. *Curr. Opin. Chem. Biol.* 3: 207-219.
- Rivera, R. and F. Fernández. 2006: Chapter 33: Inoculation and management of mycorrhizal fungi within tropical agroecosystems. In: Biological approaches to sustainable soil systems. Norman Uphoff et *al.*, (Ed.) CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA. ISBN- 10: 1 – 57444-583-9; ISBN-13:978-1-57444-583-1.
- Rivera, R., F. Fernández, A. Hernández, J. R. Martín y K Fernández. 2003. Bases científico – técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. In: Rivera, R. Y Fernández, k. Eds. Manejo efectivo de la simbiosis micorrizica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. INCA. La Habana. 166 p.
- Rodríguez S., J. 1990. La Fertilización de los Cultivos: un Método Racional. Pontificia Universidad Católica. Santiago, Chile. 275 p.
- Roldán, A., Salinas-García, J. R., Alguacil, M. M., Díaz, E., y Caravaca, F. 2005. Soil enzyme activities suggest advantages of conservation tillage practices in sorghum cultivation under subtropical conditions. *Geoderma*, 129(3), 178-185.
- Salazar S. E., C. Vázquez V., J. A. Leos R., M. Fortis H., J. A. Montemayor T., R. Figueroa V., J. D. López M. 2004. Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo riego sub-superficial. *Revista Internacional de Botánica Experimental OYTON*. 53:259-273.

- Salazar, S. E. Beltrán, M. A. Fortis, H. M. Leos, R. J. A. Cueto, W. J. A. Vázquez, V. C. y Peña, C. J. J. 2003. Mineralización de Nitrógeno en el suelo y producción de maíz forrajero con tres sistemas de labranza. *Terra Latinoamericana*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Pp. 569-575.
- Salinas-García, J. R., Velázquez-García, J. D. J., Gallardo-Valdez, M., Díaz-Mederos, P., Caballero-Hernández, F., Tapia-Vargas, L. M., y Rosales-Robles, E. 2002. Tillage effects on microbial biomass and nutrient distribution in soils under rain-fed corn production in central-western Mexico. *Soil and Tillage Research*, 66(2), 143-152.
- Sánchez-B., E., M. Ortega-E., V. González-H., M. Camacho-E, y J. Kohashi-S. 2008. Crecimientos de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Alpha, inducidos por diversas soluciones salinas. *Interciencia* 33 (9): 1-9.
- Santiago, H. L. 2012. Efecto en el corto plazo de los mejoradores de suelo en indicadores de macro elementos. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Santibáñez, F. y Santibáñez, P. 2007. Cambio Climático y Degradación de Tierras en Latinoamérica y Chile. *Revista Ambiente y Desarrollo*. 23: 54-63.
- Sardi, K; De Breczeni, K.1992. Comparison of methods evaluating the plant available potassium content in soils of different types and potassium levels. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 23; 26: 13-2632.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2007. Labranza de conservación. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Montecillo, Estado de México. Pág. 2.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2009. Caracterización y diagnóstico para el ordenamiento ecológico general del territorio. México D.F. Pp. 29-57.

- 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.
- Sierra B., Carlos y Rojas W., Carlos. 2008. La materia orgánica y su efecto en las características físico-químicas y biológicas del suelo. INIA La Platina y La Serena. Pág. 11.
- Smeck, N. E. 1985. Phosphorus dynamics in soils and landscapes, *Geoderma* 36, 185– 199.
- Sparks, D. L., and P. M. Huang. 1985. Physical chemistry of soil potassium. *In: Potassium in Agriculture*. R. d. Munson (Ed). Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin. pp: 201-276.
- Tabaglio, V., Gavazzi, C., y Menta, C. 2009. Physico-chemical indicators and microarthropod communities as influenced by no-till, conventional tillage and nitrogen fertilisation after four years of continuous maize. *Soil and Tillage Research*, 105(1), 135-142.
- Tiessen, H.; Stewart, J. W. B.; Cole, C. V. 1984. Pathways of phosphorus transformations in soils of differing pedogenesis. *Soil Science Society of America Journal* 48, 853-858.
- Tiscareño-López, M., Báez-González, A. D., Valle, M. V., Potter, K. N., Stone, J. J., Vargas, M. T., y Alonso, R. C. 1999. Agricultural research for watershed restoration in central México. *Journal of soil and water conservation*, 54(4), 686-692.

- Torres, D., N. Rodríguez, H. Yendis, A. Florentino y F. Zamora. 2006. Cambios en algunas propiedades químicas del suelo según el uso de la tierra en el sector El Cebollal, estado Falcón, Venezuela. *Bioagro* 18(2): 123-128.
- Vance CP .2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. *Plant Physical*. 127: 390-397.
- 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.
- Vicente, H. Edrodes. 2012. Efecto de tratamientos de labranza, rotación de cultivos y mejoradores del suelo en indicadores químicos de la calidad. Tesis de maestría no publicada, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Vidal, Iván, Etchevers Jorge y Fischer Anthony. 2002. Dinámica del nitrógeno bajo diferentes rotaciones labranza y manejo de residuos en el cultivo de trigo. *Agricultura Técnica*. (62) 3.
- Volke-Sepúlveda, T., Velasco-Trejo, J.A., de la Rosa Pérez, D.A., 2005. Suelos Contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación, Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Impreso en México. pp 19-31.
- Whitehead, C. C., R. H. Fleming, and R. J. Julian. 2003. Skeletal problems associated with selection for increased production. pp. 29-52. In: W. M. Muir and S. E. Aggrey (Eds.). *Poultry Genetics, Breeding and Biotechnology*. CABI Publishing Wallingford, UK.