

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCION DE POSGRADO



TRATAMIENTOS DE LABRANZAS, USO DE UN MEJORADOR Y SUCESIÓN
DE CULTIVOS EN LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA, DENSIDAD
APARENTE Y POROSIDAD DE UN SUELO EN UN AMBIENTE SEMIÁRIDO

Tesis

Que presenta: KAREN DENISSE ORDOÑEZ MORALES

Como requisito parcial para obtener el Grado de:
MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

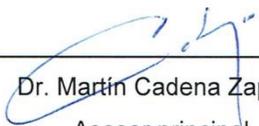
Saltillo, Coahuila

Mayo, 2017

TRATAMIENTOS DE LABRANZAS, USO DE UN MEJORADOR Y SUCESIÓN
DE CULTIVOS EN LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA, DENSIDAD
APARENTE Y POROSIDAD DE UN SUELO EN UN AMBIENTE SEMIÁRIDO

TESIS

Elaborada por KAREN DENISSE ORDOÑEZ MORALES como requisito parcial
para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería de Sistemas de
Producción con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Martín Cadena Zapata

Asesor principal



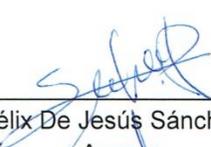
Dr. Alejandro Zermeño González

Asesor



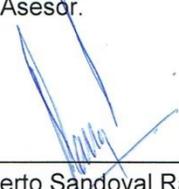
Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

Asesor



MC. Félix De Jesús Sánchez Pérez

Asesor.



Dr. Alberto Sandoval Rangel

Subdirector de Postgrado
UAAAN

Saltillo, Coahuila

Mayo, 2017

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecerle a Dios por darme la dicha, bendición y sabiduría para poder cumplir esta meta y sobre todo brindarme salud y gente que estuvo conmigo en las buenas y malas, así como también darme la paciencia para poder vencer los obstáculos que se presentaron durante el trabajo y poder superarlos.

A MIS PADRES Y HERMANAS:

Julio Antonio Ordoñez Ruiz, Antonia Morales Molina e hijas; Liliana Paola Ordoñez Morales, Kenia Citlalli Ordoñez Morales y Julieta Ziomara Ordoñez Morales, por darme los ánimos y creer en mí para concluir este objetivo; enseñarme que todo esfuerzo tiene su recompensa y que hay que tener humildad para poder llegar a las cosas que queremos y ser agradecidos por las cosas que nos pasen ya sean buenas o malas pues es por algo que pasan.

Al **Dr. Martin Cadena Zapata** por brindarme la oportunidad de formar parte del proyecto y darme los conocimientos que hoy tengo con respecto en el área de campo, gracias por su paciencia y atención.

A mi compañero y amigo el **Ing. Bersain Vázquez López** por su ayuda para poder realizar las prácticas culturales de este proyecto y los conocimientos sobre estas mismas le agradezco de todo corazón y sobre todo por brindarme su amistad.

Agradezco a mis asesores: **Dr. Alejandro Zermeño González, M.C. Félix de Jesús Sánchez Pérez y el Dr. Santos Gabriel Campos Magaña** por ayudarme en la revisión de mi tesis y brindarme de su conocimiento y el tiempo invertido para este proyecto, lo cual me ayudo para forjarme y para ser una persona más preparada para el ámbito laboral.

DEDICATORIA

A mi hijo: Romer Joaquín Álvarez Ordoñez, a ti por darme la dicha de ser tu madre y amiga quien por día a día lucho para poder brindarte y darte el mejor ejemplo y para poder estar juntos y superar más metas estando juntos, que a pesar de la distancia nuestro amor es más fuerte, único y sincero, te amo hijo.

A mi familia: ya que ustedes estuvieron siempre apoyándome, ayudándome, dando ánimos y sobre todo creyeron en mí, estando lejos siempre hemos estado unidos y su amor siempre está presente, gracias por enseñarme a enfrentarme al mundo y sus obstáculos y a no tenerle miedo a los fracasos ya que de ellos se aprende y se valoran más las cosas.

A la familia Ramos Hernández: les dedico también este triunfo y meta pues esto significo mucho para mí ya que ustedes y en especial Doña Carmen Hernández me brindó su apoyo, ánimos, motivaba y daba consejos cuando más los necesite, GRACIAS, siempre le estaré eternamente agradecida por todo lo que hizo por mí, por permitirme formar y hacerme sentirme parte de su familia.

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
INTRODUCCION	1
Objetivo general:.....	3
Objetivos específicos:	3
HIPOTESIS.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
El suelo.	4
Labranza y sus características.....	5
Tipos de labranza.	7
Labranza convencional.	7
Labranza vertical.....	7
Labranza cero.	8
Sucesión de cultivos.	9
Mejoradores de suelo.	9
Conductividad hidráulica.....	10
Métodos para determinar la conductividad.	11
Determinación de la conductividad hidráulica en laboratorio	12
Carga constante de agua.....	13
Carga Variable de agua.	13
Densidad aparente.....	14
Porosidad.....	15
MATERIALES Y METODOS.....	17
Ubicación.	17

Características iniciales de las parcelas experimentales	18
Materiales de campo.....	18
Material experimental.....	18
METODOLOGIA.	18
Factor de estudio.	18
Especificaciones del campo experimental.	18
Niveles del factor labranza.....	19
Diseño Experimental.....	19
Análisis estadístico.	20
Metodos de Evaluacion y Datos a Registrarse.	20
Conductividad hidráulica (mm h-1).	20
Pasos para utilizar el permeámetro en campo.....	21
Análisis de Conductividad Hidraulica en laboratorio.....	27
Densidad aparente.....	28
Porosidad.....	29
RESULTADOS.....	30
Conductividad hidráulica.....	30
Densidad Aparente	33
Porosidad.....	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
CONCLUSIONES.....	41
REFERENCIAS	42

Índice de Tablas

Tabla 1. Análisis de varianza con respecto a la conductividad hidráulica (K) de maíz 2015	30
Tabla 2. Análisis de varianza con respecto a la conductividad hidráulica (K) maíz 2016	31
Tabla 3 . Análisis de varianza con respecto a la conductividad hidráulica (K) para el cultivo de frijol 2016.	32
Tabla 4. Análisis de varianza con respecto a la Densidad aparente para el cultivo de maíz 2015.	34
Tabla 5 . Análisis de varianza con respecto a la Densidad Aparente en maíz 2016.....	35
Tabla 6. Análisis de varianza con respecto a la Densidad Aparente de frijol 2016.....	36
Tabla 7. Análisis de varianza con respecto a Porosidad de maíz 2015.....	37
Tabla 8. Análisis de varianza para Porosidad en maíz del 2016.	38
Tabla 9. Análisis de varianza de porosidad para frijol 2016.	39

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Clase de conductividad del suelo saturado (tomadas de SSDS 1993)	11
Cuadro 2. Rangos de densidad aparente para cada tipo de suelo.	15
Cuadro 3. Valores orientativos de porosidad total de un suelo y su interpretación.	16
Cuadro 4. Instrumentos para perforación y su función.....	22
Cuadro 5. Partes del permeámetro	24

Índice de Figuras.

Figura 1. Ubicación del sitio experimental	17
Figura 2. Distribucion del terreno	19
Figura 3 . Permeametro de Guelph.....	21
Figura 4 . Barrenas (Instrumentos para perforar).....	21
Figura 5 . Elementos del Tripoide	23
Figura 6. Cuerpo del Permeametro.....	23
Figura 7. Llenado del Permeametro.....	25
Figura 8. Configuracion del Permeametro.	25
Figura 9. Altura de recoleccion.	26
Figura 10. Formato para el registro de datos para Conductividad Hidraulica ..	27
Figura 11. Permeametro y lectura en laboratorio	27
Figura 12. Material para el muestreo de Densidad Aparente	28
Figura 13 . Muestreo de Densidad Aparente.	28
Figura 14 . Toma de muestra para Densidad Aparente y Porosidad	29

Figura 15 .Pesado y secado de las muestras en la estufa.....	29
Figura 16. Grafica de analisis de medias con respecto a Conductividad Hidraulica de maiz 2015.	30
Figura 17. Grafica de analisis de medias con respecto a Conductividad Hidraulica de maiz 2016	31
Figura 18. Grafica de analisis de medias con respecto a Conductividad Hidraulica de frijol 2016.	32
Figura 19. Grafica de analisis de medias con respecto a Densidad Aparente de maiz 2015.	33
Figura 20. Grafica de analisis de medias con respecto a Densidad Aparente de maiz 2016.	34
Figura 21. Grafica de analisis de medias con respecto Densidad Aparente de frijol 2016	35
Figura 22. Grafica de analisis de medias con respecto a Porosidad de maiz 2015.....	37
Figura 23. Grafica de analisis de medias con respecto a Porosidad de maiz 2016.....	38
Figura 24. Grafica de analisis de medias con respecto a Porosidad de frijol 2016.....	39

RESUMEN

TRATAMIENTOS DE LABRANZAS, USO DE UN MEJORADOR Y SUCESIÓN
DE CULTIVOS EN LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA, DENSIDAD
APARENTE Y POROSIDAD DE UN SUELO EN UN AMBIENTE SEMIÁRIDO

POR

KAREN DENISSE ORDOÑEZ MORALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DR. MARTIN CADENA ZAPATA.-ASESOR

Saltillo, Coahuila

Mayo, 2017

Se evaluaron tres sistemas de labranza: Labranza vertical (LV), Labranza cero (NL) y el testigo Labranza convencional (LC)), en parcelas de 40 m de largo por 12 m de ancho y un mejorador (Algaenzimas) en un suelo franco arcilloso para un cultivo de maíz (*Zea mais*) y Frijol (*P. vulgaris*), para determinar la Conductividad Hidráulica (CH), Densidad Aparente (DA) y Porosidad (P) en un suelo franco arcilloso. La investigación se realizó en el campo experimental “el Bajío” de la universidad autónoma Agraria Antonio Narro a 1743 m.s.n.m. Esta investigación se realizó en la temporada de verano 2015 y 2016 utilizando como cultivo maíz-frijol el cual se estableció con un arreglo experimental de tres uno, para la evaluación de la variable CH de labranza con tres repeticiones para la variable C.H el diseño experimental empleado fue un anidado de efectos fijos. Para el estudio de DA y P se trabajó con un diseño completamente al azar con arreglo de parcelas subdivididas. Los valores de conductividad del 2015 se encontró significancia estadística para la NL la cual mostro mayor conductividad con un resultado de 20.10 mm/h y en comparación con la LV y LC (6.34mm/h y 4.95 mm/h), de manera que la hipótesis sobre las labranzas de conservación (LV y NL) con una secuencia de rotación de cultivos en conjunto con un mejorador de suelos aumentan la conductividad hidráulica del suelo es aceptada ya que las labranzas de conservación influyen positivamente en esta propiedad. Los valores de densidad aparente para el año 2015 en la LC mostraron una $P < 0.05$ en las tres últimas profundidades (5-10: 1.58 g/cm³, 10-15: 1.49 g/cm³ y 15-20: 1.43 g/cm³) los cuales estos valores están un poco arriba del rango de DA para un suelo franco arcilloso (1.3 g/cm³–1.4 g/cm³), en comparación con la NL y LV las cuales no obtuvieron diferencia significativa y no sobre pasan el rango antes mencionado. Po lo tanto para los valores de la P. valor en Porosidad para los dos años fue de $P < 0.05$, en consecuencia la media para cada tratamiento oscila entre 43 a 52%. Para el año 2016 la conductividad hidráulica la LC obtuvo mayor conductividad tanto en frijol (8.72 mm/h) como en maíz (7.99 mm/h) en comparación con la LV y NL, en la densidad aparente y porosidad se observó diferencia significativa para la

labranza cero en la primer profundidad (1.25 g/cm^3 ; 52.94%) y ultima profundidad (1.52 g/cm^3 : 42.66 %) para la labranza convencional en comparación con la LV y demás profundidades. Los mejoradores no muestran incidencia (mayor o menor resultados en las propiedades estudiadas) en ninguna de las parcelas para los diferentes ciclos y no existe efecto influyente en los diferentes tratamientos con un $P < 0.05$ para conductividad, densidad y porosidad.

Palabra clave: labranza, mejorador, Conductividad Hidráulica, Densidad Aparente, Porosidad.

ABSTRACT

TREATMENTS OF TILES, USE OF AN IMPROVEMENT AND CROP
SWELLING IN HYDRAULIC CONDUCTIVITY, APPARENT DENSITY AND
POROSITY OF A FLOOR IN A SEMIARID ENVIRONMENT

BY

KAREN DENISSE ORDOÑEZ MORALES

MASTER OF SCIENCE IN PRODUCTION SYSTEM ENGINEERING
ANTONIO NARRO AUTONOMOUS AGRARIAN UNIVERSITY

PHD. MARTIN CADENA ZAPATA-ADVISER

Saltillo, Coahuila

May 2017.

Three tillage systems were evaluated: Vertical tillage (LV), Zero tillage (NL) and conventional tillage (LC), in plots of 40 m long by 12 m wide and an improver (Algaenzimas) in a free soil Clay for a maize (*Zea plus*) and Bean (*P. vulgaris*) crop, to determine the Hydraulic Conductivity (CH), Apparent Density (DA) and Porosity (P) in a clay loam soil. The research was carried out in the experimental field "El Bajío" of the Agraria Antonio Narro autonomous university at 1743 m.s.n.m. This research was carried out in the summer season of 2015 and 2016 using as corn-bean crop, which was established with an experimental set of three one, for the evaluation of the variable CH of tillage with three repetitions for the variable CH the design Experimental design was a nested fixed effects. For the study of DA and P we worked with a completely randomized design with subdivided plots arrangement. The conductivity values of 2015 were found to be statistically significant for NL, which showed higher conductivity with a result of 20.10 mm / h compared to LV and LC (6.34 mm / h and 4.95 mm / h), so that the hypothesis about The conservation tillage (LV and NL) with a crop rotation sequence in conjunction with a soil improver increase soil hydraulic conductivity is accepted since conservation tillage has a positive influence on this property. The apparent density values for the year 2015 in the LC showed a $P < 0.05$ in the last three depths (5-10: 1.58 g / cm³, 10-15: 1.49 g / cm³ and 15-20: 1.43 g / cm³) (1.3 g / cm³-1.4 g / cm³), compared to NL and LV, which did not obtain a significant difference and did not exceed the aforementioned range. Po values for the P value in Porosity for the two years was $P < 0.05$, consequently the average for each treatment oscillates between 43 and 52%. For the year 2016 the hydraulic conductivity LC obtained higher conductivity in both bean (8.72 mm / h) and maize (7.99 mm / h) compared to LV and NL, in the bulk density and porosity was observed significant difference for the Tillage at the first depth (1.25 g / cm³; 52.94%) and last depth (1.52 g / cm³: 42.66%) for conventional tillage compared to LV and other depths. The improvers do not show any incidence (higher or lower results in the studied properties) in any of the plots for the different cycles and there is no influent effect in the different treatments with a $P < 0.05$ for conductivity, density and porosity.

Keys words: Tillage systems, improver, Hydraulic Conductivity, Apparent Density, and Porosity.

INTRODUCCIÓN

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

La disminución de los rendimientos en los cultivos es por la degradación del suelo debido a la sobreexplotación, la eliminación de la cobertura vegetal y el exceso laboreo del suelo (Navarro *et al*, 2000).

El laboreo del suelo con los implementos tradicionales (arado de discos o de vertederas), es una práctica agrícola que es posible la causa de erosión, compactación, pérdida de humedad y aumento en los costos de producción cuando se usa con exceso. Por lo tanto, es difícil asegurar si los métodos tecnificados de labranza más recomendados en algunas zonas son adecuados para los suelos y condiciones climáticas y socioeconómicas de otra zona particular, y mucho más difícil resulta precisar si esta misma tecnología puede tener ventajas sobre aquélla tradicional desarrollada por los agricultores en áreas marginadas (Navarro *et al*, 2000).

En los últimos años, se ha tomado conciencia de que los factores que limitan la capacidad agro-productiva de los suelos se derivan del fenómeno de degradación del suelo. Esto último es consecuencia de la aplicación excesiva de manejo de sistemas intensivos con tecnologías altamente productivas como la mecanización. El conocimiento de las propiedades físicas del suelo permite evaluar los efectos de estos sistemas y también para saber darle un manejo adecuado al suelo y agua principalmente desde el punto de vista de sostenibilidad (Ohep, *et al*, 2002)

Los sistemas de labranza tiene como finalidad crear condiciones favorables en el suelo para un mejor desarrollo de los cultivos, lo cual con el paso de los años estas prácticas generan problemas desde el punto de vista estructural del suelo (Rivas et al, 2004). Estos sistemas afectan la calidad física del mismo las cuales tienen que ver con los valores adecuados de propiedades como la densidad aparente, la porosidad, la resistencia al corte y a la penetración, estos afectan la emergencia de plántulas y el crecimiento de raíces; estas últimas está sujeto a estrés principalmente por impedimento mecánico por altas densidades (compactación del suelo) baja retención de humedad y deficiencia de oxígeno (Logsdon y Karlen, 2004).

La Conductividad Hidráulica tiene un papel muy importante en el suelo ya que en ella se ve la capacidad de infiltración de agua en el suelo, así mismo esto nos indica cuál es su grado de infiltración y si afecta en la germinación, desarrollo y rendimiento del cultivo (López-Santos *et al*, 2012).

El efecto de la labranza primaria sobre un suelo arcilloso produce efectos importantes en la Conductividad Hidráulica y en las características de porosidad los cuales debido a la ruptura la aumentan. Indicando el movimiento del agua en el suelo está estrechamente relacionado con porosidad del suelo (López-Santos *et al*, 2012).

La Densidad Aparente es una de las mediciones más comúnmente usadas para caracterizar las condiciones físicas de los suelos por la aplicación de prácticas de labranza. También es frecuentemente usada para caracterizar el estado de compactación del suelo y sus propiedades hidráulicas (Paredes, 2003).

La rotación de cultivos involucra la alternancia temporal de diferentes cultivos en el mismo espacio, lo cual tiene varios efectos positivos en el sistema productivo. Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, la rotación hace un uso balanceado de nutrientes comparado con el monocultivo, evitando desequilibrios químicos de importancia, aunque se complemente con fertilización química que contemple las diferentes necesidades de cada cultivo (Bending *et al.*, 2002).

Objetivo General

Evaluar el efecto de tres sistemas de labranza (Labranza convencional LC, labranza vertical LV y labranza cero NL), sucesión de cultivos y un mejorador sobre la conductividad hidráulica, densidad aparente y porosidad en un ambiente semiárido.

Objetivos Específicos

1. Medir los cambios en la Densidad Aparente y Porosidad para los distintos tratamientos (LC, LV y NL).
2. Determinar los valores de Conductividad Hidráulica de un suelo franco-arcilloso en las labranzas de conservación (cero y vertical).

Hipótesis

La utilización de los sistemas de labranza de conservación: vertical y cero con una secuencia de rotación de cultivos en conjunto con un mejorador de suelos aumentan la conductividad hidráulica del suelo.

REVISION DE LITERATURA

El suelo.

El suelo es la capa externa de la corteza terrestre que, sometida a las influencias meteorológicas y biológicas, se ha descompuesto hasta tal punto que permite el establecimiento en ellas de las plantas superiores. Por sus poros penetran las raíces de aquellas, lo que equivale a un anclaje, su fase sólida suministra nutrientes directa o indirectamente mediante los microorganismos, y en el volumen de poros se establece un intercambio líquido y gaseoso esencial para el crecimiento y desarrollo vegetal (Rubio, 2010).

Los suelos desarrollan capas (llamadas horizontes) de distintas características físicas y químicas a diversas profundidades bajo la superficie (Rubio, 2010).

El suelo está compuesto por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La proporción idealizada en que deben estar las tres fases del suelo, para ofrecer un medio adecuado al crecimiento de las plantas (Rubio, 2010).

En la conceptualización clásica de la edafología se cuantifica a la fase sólida un valor de 50% del volumen del suelo, repartido en 45% de componente mineral y 5% de componente orgánico; el volumen restante se reparte en cantidades iguales entre las fases líquida y gaseosa (Jaramillo, 2002).

Para tener una adecuada fertilidad física en el suelo, no sólo se requiere estar cerca de la composición ideal mencionada, sino que, además, los diferentes componentes deben estar distribuidos equilibradamente en el espacio (Jaramillo, 2002).

La textura del suelo es una de las características físicas más importantes, pues a través de ella, se puede predecir el comportamiento físico del suelo, haciendo inferencias acerca del movimiento del agua en el perfil, la facilidad de manejo y la cantidad de nutrientes. La textura indica la proporción de partículas fundamentales en el suelo: arcilla, limo y arena, que se agrupan en suelos de textura fina, media y gruesa. Con la proporción relativa de estas fracciones minerales se puede obtener un gran número de combinaciones que dan origen a las clases texturales (Flores y Alcalá, 2010).

Labranza y sus características.

La labranza del suelo es hecha con el propósito de alterar las propiedades físicas y posibilitar a las plantas la expresión de todo su potencial. Las técnicas de labranza del suelo son utilizadas con el fin de proporcionar una buena cama y facilitar el desarrollo de las raíces, controlar las malas hierbas, manejar los residuos de cultivos, reducir la erosión, nivelar la superficie para el plantío, riego, drenaje, trabajos culturales y operaciones de cosecha e incorporar fertilizantes y pesticidas. La labranza incorrecta del suelo, causada por la falta de conocimientos de objetivos y de las limitaciones técnicas de la labranza, puede resultar negativa para el mismo. La labranza incorrecta del suelo es una de las causas de erosión y degradación del mismo (Juna, 2009).

Los principales objetivos de la labranza son: 1. Control de malezas, 2. Preparación de la cama de siembre y 3. Acondicionamiento de las propiedades del suelo (Juna, 2009).

1. Control de malezas: el propósito es eliminar especies que compiten con el cultivo por el agua, luz y nutrientes del suelo, el control puede ser mecánico (con arados, rastras, cultivadores, rastras rotativas, escardillos, etc.).
2. Preparación de la cama de siembre: el propósito es que las semillas logren germinar y las plántulas tengan condiciones favorables para el desarrollo de su sistema radicular rápidamente. Antes la preparación de la cama de siembra, se consideraba el conjunto de operaciones posteriores a la primera labranza, pero en la actualidad implica el tratamiento de rastrojo del cultivo anterior.

Una buena cama debe poseer las siguientes condiciones (Juna, 2009):

- Permitir la infiltración del agua de lluvia y retención de agua útil;
- Adecuada aireación;
- Baja resistencia a la penetración de las raíces;
- Resistencia a la erosión y
- Mantener residuos en la superficie.

3. Acondicionamiento de las propiedades físicas: consiste en favorecer el cumplimiento de las propiedades físicas-químicas y biológicas que permitan incrementar el contenido de materia orgánica, mejorando la aireación e infiltración del agua, exploración radicular y resistencia a la erosión (Juna, 2009).

La labranza es la manipulación mecánica del suelo con el objetivo de reducir o eliminar algún impedimento físico para el desarrollo del cultivo. Las operaciones de la labranza pueden ser buenas o malas dependiendo de cómo y cuándo se realicen, es decir, cuando un suelo se ha deteriorado en sus características físicas; esta compactando y los cultivos no se desarrollan, quizás es necesario ayudar a estas características físicas pasando implementos que básicamente rompen el suelo y en algunos casos los voltean para así permitir la entrada de aire, agua, fertilizantes, abonos para que la semilla germine y se desarrolle el cultivo (Romero, 2002).

La labranza es de gran importancia puesto que se altera las propiedades físicas del suelo directa e indirectamente las propiedades químicas y biológicas. Estos cambios deben favorecer la producción de cultivos y mantener la calidad del suelo, pero debido al uso inadecuado la labranza causa degradación del mismo (Camacho y Rodríguez, 2007).

Algunos investigadores señalan que el método de labranza escogido debe ser capaz de ajustarse ampliamente al sistema de manejo del suelo y al desarrollo radicular de los cultivos, pensado siempre en conservar efectivamente los recursos de suelo y agua. También coinciden que en los sistemas donde se perturba el suelo mejores propiedades físicas (mayor macroporosidad y conductividad hidráulica y menor densidad aparente) en la capa sometida a laboreo que en los sistemas conservacionistas, pero puede ser contradictorio debido a la compactación por las gotas de lluvia el suelo puede recompactarse y disminuir la macro porosidad la cual tiene mayor influencia en el comportamiento del agua (Bravo y Florentino, 1997).

Tipos de labranza.

Labranza convencional.

Esta labranza deja al descubierto el suelo por un largo periodo de días antes de que la cobertura del suelo se desarrolle, donde los suelos desnudos pueden ser objeto de erosión que es provocada principalmente por la lluvia y el viento (Schuller et al, 2007).

En la agricultura convencional, la remoción del suelo con labranza es considerada una de las operaciones más importantes para crear una estructura favorable del suelo, preparar el lecho de las semillas y controlar las malezas. Pero los implementos mecánicos, especialmente son aquellos arrastrados por los tractores destruyen la estructura del suelo al destruir el tamaño de los agregados; actualmente los métodos de labranza convencional son la mayor causa de la pérdida del suelo y de desertificación de muchos países (FAO, 2001).

Labranza vertical.

Se refiere a un sistema donde toda la tierra está preparada con implementos que no invierten el suelo y causan poca compactación. Por lo tanto el suelo queda con buena cobertura de rastrojos del cultivo anterior más del 30% de la superficie. Esta cobertura de rastrojo también impide la formación de costras superficiales que pueden provocar una baja emergencia de los cultivos (FAO, 2001).

A este tipo de labranza también se le conoce como labranza mínima y en ella se realiza el mínimo laboreo indispensable en el cual se provoca la aireación del suelo en el cual una menor inversión y mezcla del suelo (FAO, 2001).

El rastrojo en el suelo ejerce una protección directa al suelo de la erosión ya sea eólica, hidráulica y esto es de suma importancia ya que estos efectos año con año afectan al mismo. Así como también ayuda a disminuir la evaporación del agua ya que en esta región las temperaturas son mayores en verano, estas son algunas de sus ventajas de este tipo de labranza, pero también tiene sus desventajas las cuales son: debido a la poca ruptura del suelo el nitrógeno no se

libera con facilidad y tampoco hay una exposición de materia orgánica (FAO, 2001).

Labranza cero.

Es una opción importante para el control, de la erosión del suelo y prevenir la compactación del suelo que reduce grandemente la incidencia del contacto del metal con el suelo. Esta práctica es aquella en la que las semillas son enterradas en el suelo con la menor alteración posible (Benites y Bot, 2013).

Esta labranza es una forma de cultivar sin arar, no se perturba el suelo, el cual favorece a la conservación del suelo y el agua en el mismo y también reduce la incidencia de malezas, enfermedades y plagas (Galantini y Kleine, 2013).

En esta labranza se ahorra hasta un 80% del uso de combustible del usado para establecimientos de cultivos comerciales, al igual se tiene un mayor ahorro de tiempo en preparación comparado con la preparación de la labranza convencional, principalmente en los periodos de barbecho, aunque también tiene sus ventajas este tipo de labranza las cuales son: el incremento de materia orgánica, mejor infiltración de agua, mayor retención de agua (humedad), prevención de la erosión, preservación de la fauna y flora y disminución del riego (Baker y Saxton, 2008).

Los sistemas de labranza de conservación (labranza reducida y cero), ofrecen varias ventajas al compararlos con la labranza convencional, entre las cuales sobresalen la reducción hasta en 90% de la pérdida de suelo, mayor humedad disponible para los cultivos, 25% de reducción de los costos de producción y obtención de rendimientos iguales o superiores que en la labranza convencional (Ureste y Campos, 1995).

Debido a estas ventajas, a partir de la década pasada estos sistemas de labranza de conservación están siendo recomendadas y adoptados rápidamente.

Sucesión de cultivos.

Una rotación y asociación de cultivos tiene como objetivo el desarrollo de sistemas de producción diversificada que aseguren la sostenibilidad del suelo promoviendo cultivos que se alternen cada año, con una sucesión recurrente y sistemática en el mismo terreno para que mantengan la fertilidad del suelo y reduzcan los niveles de erosión. Incrementar los rendimientos de los cultivos en relación a los monocultivos, en esta práctica se mejora el drenaje, la aireación del suelo, el tamaño y la estabilidad de agregados (SAGARPA, 2014).

Al igual que la rotación y la alternativa, el policultivo es otra forma de restaurar la biodiversidad en un agroecosistema. Se llama policultivo al crecimiento en la misma parcela de dos o más cultivos, coincidiendo al menos durante parte del ciclo. Dentro del policultivo existen cuatro tipos en función de su distribución en el espacio y en el tiempo (Guzmán y Alonso).

Los Cultivos asociados o mezclados. Crecen dos o más cultivos simultáneamente en la parcela sin un arreglo "ordenado". Sería el caso de una pradera donde crece una mezcla de plantas (leguminosas, gramíneas...) sin seguir ningún patrón espacial predeterminado (Guzmán y Alonso).

Mejoradores de suelo.

Los mejoradores son materiales, que al ser aplicados al suelo ayudan a desempeñar más eficientemente sus funciones fisicoquímicas y biológicas, los cuales dan energía al crecimiento y desarrollo de las plantas (Narro, 1985).

Los mejoradores de suelo son de material de diferente naturaleza que sirven para ayudar al suelo a desempeñar más eficientemente sus funciones de anclaje de plantas, suministro de agua, nutrimentos y oxígeno en las raíces, proporcionar una temperatura adecuada para el crecimiento vegetal y/o estar libre de problemas de sales, iones tóxicos, parásitos o patógenos. Los mejoradores no se consideran suministro directo de las plantas, como es el caso de los fertilizantes (Narro, 1985).

En la agricultura se aplican las algas marinas tal cual en forma de harina, de extractos y de polvos solubles. Si los derivados son elaborados en la forma

apropiada, los organismos vivos que contienen se conservan estado viable y se propagan por un tiempo en donde se aplican potenciando su acción lo que hace posible la aplicación de dosis muy bajas es factible usarlo en áreas distantes al mar (Senn, 1987).

Las alagas marinas y sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas incrementando los rendimientos y calidad de las cosechas. Su uso ya es muy común en muchos países del mundo, y a medida que esta práctica se extienda, ira sustituyendo el uso de los insumos químicos por orgánicos, favoreciendo así la agricultura sustentable (Canales, 1999).

Conductividad hidráulica.

Este parámetro o cualidad es el que define la movilidad del agua en el suelo, a esta propiedad se le conoce con el nombre de conductividad hidráulica del suelo y se representa K_s o simplemente K ; por su definición es una cualidad que se relaciona estrechamente con el drenaje del suelo (Gutiérrez, 2014).

Esta cualidad es fuertemente dependientemente del contenido de humedad y puede disminuir varios órdenes de magnitud al pasar del estado de saturación a marchitez permanente. La conductividad hidráulica del suelo es máxima cuando el suelo está saturado puesto que todos los poros están llenos de agua y actúan como conductores; además a mayor tamaño de poros mayor conductividad por lo cual es una propiedad que depende de la estructura, textura y la composición mineralógica de las arcillas (Gutiérrez, 2014).

En una investigación realizada utilizando la labranza de conservación y aplicación de residuos vegetales produjo modificaciones importantes, disminuyendo los valores de densidad aparente e incremento de aireación y la conductividad hidráulica del suelo. Los efectos de la labranza con el paso de rastra de discos provoco efectos adversos a los atributos físicos del suelo (Ohep et al, 2002).

Para fines de interpretación de los valores de K_{sat} que se obtengan, el Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993) recomienda el uso de los límites críticos que se presentan en el (cuadro 1).

Cuadro 1. Clase de conductividad del suelo saturado (tomadas de SSDS 1993)

Conductividad hidráulica	
Clase	(mm.h ⁻¹)
Muy alta	> 360
Alta	36 – 360
Moderadamente alta	3.6 – 36
Moderadamente baja	0.0036 – 3.6
Baja	0.00036 - 0.0036
Muy baja	< 0.00036

Mederey et al, 2005, destacan que la infiltración es el movimiento del agua de la superficie hasta el interior del suelo, este proceso se divide en tres fases: 1. Intercambio que es cuando el agua puede retornar a la atmosfera del suelo por medio de la evaporación; 2. Transmisión ocurre cuando la gravedad supera a la capilaridad y el agua se filtra hasta una capa permeable y por ultimo 3. La circulación se da por medio del paso de las capas del suelo por acción de las leyes del escurrimiento subterráneo.

Métodos para determinar la conductividad

La medición de esta variable por cualquier valor produce un valor equivalente para cada patrón particular de flujo producido en un suelo uniforme por las condiciones de frontera del método utilizado. Este valor será diferente para cada condición de frontera si los suelos varían especialmente (Youngs, 2010).

La conductividad hidráulica es una propiedad clave en la descripción de los procesos de infiltración y distribución de agua en el suelo, los métodos que utilizan para determinarla son diversos y muy variados y estos se agrupan de la siguiente manera:

a) Métodos de laboratorio.

En este caso, se realiza mediante la utilización de permeámetros para muestras alteradas y para muestras inalteradas.

b) Métodos de campo:

Este grupo se puede dividir en dos:

1. Métodos que se realizan a nivel freático: se incluyen los métodos como piezómetro, dos, cuatro y multi-pozos, tubo, agujero de barreno, descarga de pozos y descarga de drenes.
2. Métodos que se realizan en ausencia del nivel freático: se incluyen los elementos tales como infiltrometro, permeámetro de inclusión, de cilindro, inyección de pozos someros, gradiente de infiltración y doble tubo.

c) Métodos indirectos

Que se realizan a través de evaluación de textura, composición granular y distribución del tamaño de poros.

De todos los métodos enumerados, la selección del método e instrumento para medir la conductividad hidráulica va a depender del propósito de la medición y el objetivo que se persigue, de la precisión requerida de los resultados, de los materiales y equipo disponible, y del tipo de suelo donde se realizan las pruebas.

Los métodos de laboratorio e indirectos tienen la particularidad de medir la conductividad hidráulica en cualquier dirección. Los métodos que se realizan en campo se pueden agrupar en superficiales y subterráneos. Dentro del primer grupo aparece el infiltrometro y el permeámetro de inclusión que miden la conductividad hidráulica verticalmente. Dentro del segundo grupo se encuentra los que se realizan con presencia o ausencia de nivel freático, a excepción del piezómetro que mide la conductividad hidráulica a diferentes direcciones, los métodos que se realizan a nivel freático.

Determinación de la conductividad hidráulica en laboratorio

Los métodos de laboratorio para medir la conductividad hidráulica han estado disponibles desde los primeros experimentos de Henri Darcy en 1856 (Stephens, 1996), los cuales utilizan muestras cilíndricas no alterados o cilindros de suelo empacados. Para medir la conductividad hidráulica en el

laboratorio se utilizan permeámetros tanto de carga constante como de carga variada (Reynolds et al, 2002).

Carga constante de agua.

De acuerdo a Klute y Dirksen (1986) el método de carga constante es más exacto en el rango de conductividad hidráulica entre 10^{-3} a 10^{-7} cm s^{-1} , mientras que el permeámetro de carga constante es mejor para suelos con conductividad hidráulica en el rango desde mayor de 1 cm s^{-1} a $10^{-5} \text{ cm s}^{-1}$. Como referencia se presentan valores de conductividad hidráulica saturada (Cuadro 1) para diferentes texturas. La determinación de la conductividad hidráulica saturada mediante muestras cilíndricas tiene algunas ventajas, ya que la misma muestra puede ser usada para medir otras propiedades físicas, tales como: retención de humedad, conductividad hidráulica no saturada, densidad aparente, porosidad total y distribución de tamaños de poros, y otros índices.

Carga Variable de agua.

El permeámetro de carga variable es similar al de carga constante, excepto que de mantener una carga constante sobre la superficie de la muestra del suelo no se agrega más agua y al cambiar en nivel de carga de agua se observa como percola el agua en la muestra.

Los cilindros del suelo previamente preparados se humedecen desde la parte inferior hasta alcanzar la saturación. Se toman dos lecturas sucesivas en un mismo descenso del nivel de agua en la bureta para iguales intervalos de tiempo, luego se aplica agua con la bureta y se anota el tiempo y el nivel del agua sobre el punto de salida después de percolarse (h_0), cuando se observe un descenso de nivel de 40-50 cm o a las 24 horas debe anotarse el nivel del agua sobre el punto de desagüe. Se toma el volumen percolado y el tiempo transcurrido. Cada pequeño descenso en la altura de la columna de agua por unidad de tiempo representa un flujo de la misma cantidad de agua por unidad de área, por unidad de tiempo a través de la columna.

Densidad Aparente.

La densidad de volumen o densidad aparente se define como el peso del suelo seco por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso (Rubio, 2010).

La Densidad Aparente es un valor necesario para diferentes cálculos, entre ellos, el contenido volumétrico de humedad en el suelo, el espacio poroso, lamina de riego, suelo perdido por erosión, cantidad de nutrimentos presentes en el suelo, etc.

Para medir la Densidad Aparente se retira del campo una muestra de suelo de volumen conocido y seco al horno hasta una temperatura de 105 ° C, hasta que alcanza un peso constante La densidad aparente se calcula dividiendo el peso seco del suelo por el volumen que ocupaba en el campo (Rubio, 2010):

$$\text{Da. (g cm}^{-3} \text{ o Mg/m}^{-3}) = \frac{\text{Peso de los sólidos de la muestra o peso seco}}{\text{Volumen de los sólidos + Volumen de los poros}}$$

Dependiendo del uso que vayan a tener los datos de densidad aparente del suelo cabe distinguir dos medidas de Densidad Aparente: la Densidad Aparente global y la Densidad Aparente de la tierra fina (Rubio, 2010).

La primera de ellas corresponde al peso seco total de un volumen dado de suelo, incluyendo todos sus elementos (piedras, raíces y tierra fina). Este valor es muy importante cuando se trata de trabajos relacionados con excavaciones, movimientos de tierras y obras de ingeniería (Rubio, 2010).

Los valores que puede tomar la densidad aparente dependen de muchos factores, Incluyendo la textura, estructura y contenido de materia orgánica del suelo, así como del manejo del mismo. En contraste con la densidad real, que es más o menos constante, la densidad aparente es altamente variable debido a variaciones en la cantidad / calidad del espacio poroso (Rubio, 2010).

Los suelos de textura fina, bien estructurados y con altos contenidos de materia orgánica presentan valores más bajos de densidad aparente que los suelos de textura gruesa, poco estructurados y con bajos contenidos de materia orgánica. Algunos valores de referencia, con relación a la textura son los siguientes (Schargel y Delgado, 1990).

La Densidad aparente (D_a) es una propiedad ampliamente utilizada en la agricultura, es la característica que en mayor grado influye en la productividad, así como también tiene una estrecha relación con otras propiedades físicas del suelo. Esta es afectada por las partículas sólidas y por el espacio poroso, el cual a su vez está determinado por la materia orgánica del suelo (MO).

Cuando la DA aumenta se incrementa la compactación y se afecta las condiciones de retención de humedad. En suelos de textura fina la D_a varía entre 1 y 1.2 gr/cm³ y en suelos arenosos es mayor y oscila entre 1.2 a 1.9 gr/cm³ y en cuanto a suelos de textura franco arcillosa oscila de 1.3 a 1.4 gr/cm³. (Salamanca y Sadeghian, 2005).

Cuadro 2. Rangos de Densidad Aparente para cada tipo de suelo.

Textura	Densidad aparente (g / cm ³)
Arenoso	1.50 - 1.80
Franco arenoso	1.40 - 1.60
Franco	1.30 - 1.50
Franco arcilloso	1.30 - 1.40
Arcilloso	1.20 - 1.30

Porosidad.

Por definición el espacio poroso del suelo es aquel espacio o volumen del suelo que no está ocupado por sólidos y contienen simultáneamente agua y aire, en otras palabras todos los espacios abiertos (poros) entre sólidos del suelo y su importancia radica en la definición del volumen del agua que puede ser retenida y renovar el aire para para la correcta respiración de las raíces de las plantas (Gutiérrez, 2014).

Estudios anteriores han mostrado que la cero labranza es en la que se muestra niveles bajos de porosidad y distribución de tamaños de agregados en comparación de la utilización del arado a la profundidad de 20 cm. Y la que presenta mayor porosidad superficial es en la labranza convencional (Sasal et al, 2006).

Para el cálculo del espacio poroso se utilizó la siguiente formula:

$$EP = \left[1 - \frac{Da}{Dr} \right] * 100$$

Generalmente, los suelos bajo sistemas de producción agrícola intensiva tienden a compactarse, y al reducir su porosidad pierden parte de su potencialidad de producción (Flores y Alcalá, 2010).

Cuadro 3. Valores orientativos de Porosidad total de un suelo y su interpretación.

Porosidad total (%)	Interpretación
<30	Muy baja
30-40	Baja
40-50	Media
50-60	Alta
>60	Muy alta

MATERIALES Y METODOS

Ubicación.

La presente investigación se realizó dentro del campo experimental denominado el “Bajío” ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), la cual está ubicada en la ex hacienda de Buenavista, localizada a siete kilómetros al sur de la Ciudad de Saltillo, Coahuila, México. Las coordenadas geográficas extremas que la delimitan son: 100°59'57” de longitud oeste, 25°23'42” de latitud Norte y una altitud de 1743 metros sobre el nivel del mar (msnm), el suelo del sitio tiene características de textura franco-arcillosos, con un clima seco-árido, templado con verano fresco largo, con un régimen de lluvias en verano y una precipitación media anual de 435 mm, y un clima extremoso con una temperatura media anual de 16.9°C.

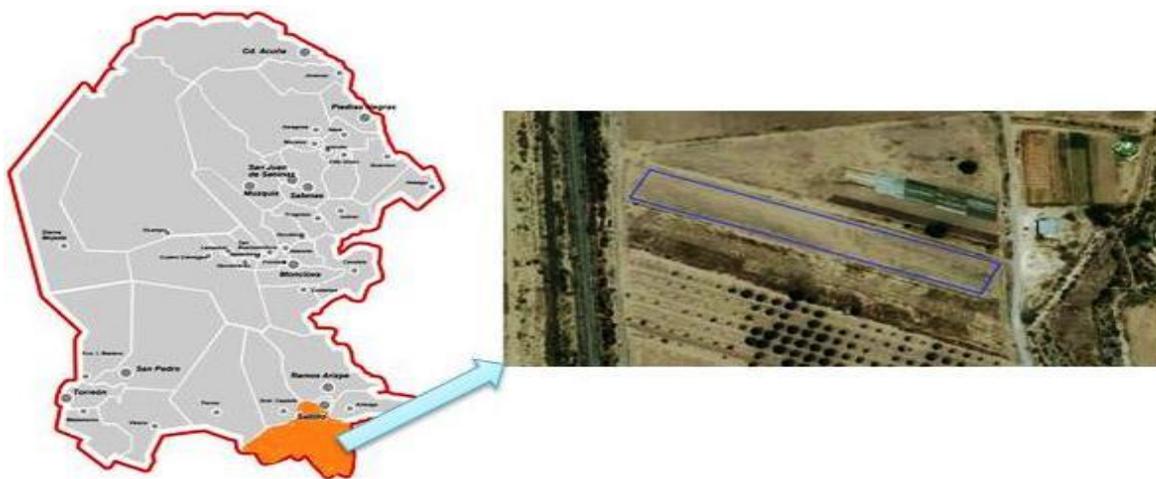


Figura 1. Ubicación del sitio experimental.

Características iniciales de las parcelas experimentales

Las características iniciales del sitio experimental son las siguientes: suelo xerosol de textura franco-arcillosa; Densidad Aparente de 1.28 g/cm^3 , velocidad de infiltración de 3.98 cmh^{-1} , con una retención de humedad de 230 mm m^{-1} a capacidad de campo; suelo con más de dos metros de profundidad; contenido de materia orgánica bajo (2.5%), y una resistencia a la penetración de $3\ 768.5 \text{ kPa}$.

Materiales de campo.

Tractor, rastra de discos, arado de cinceles, arado de discos, surcadora, sembradora, entre otros.

Material experimental.

Semillas de frijol (*Phaseolus Vulgaris*) de la variedad pinto de saltillo y maíz (*Zea mais*), Algaenzimas, sistemas de labranza y riegos.

METODOLOGÍA.

Factor de estudio

Sistemas de labranza con respectivos niveles.

- Labranza convencional (LC).
- Labranza vertical (LV).
- Labranza cero (NL)

Especificaciones del campo experimental.

En cada parcela se estableció un tratamiento de $12\text{m} \times 40\text{m}$ que fueron repetidas tres veces. En cada parcela se sembró Frijol y Maíz.

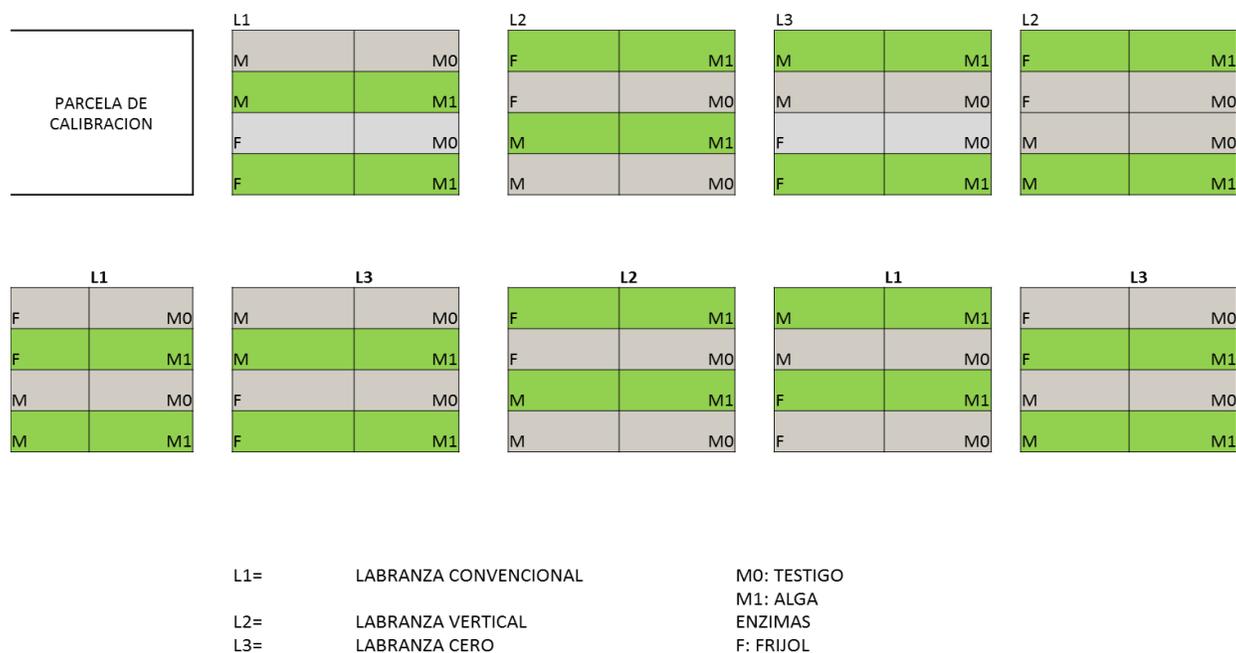


Figura 2. Distribución del Terreno Experimental.

Niveles del factor Labranza

Los niveles de labranza de conservación son:

- Labranza Vertical en el que las labores de acondicionamiento de suelo se realizan con arado de cinceles, rastra de discos y sembradora y,
- Cero Labranza en la que la única labor es la siembra sin ninguna labor previa.

Estos sistemas se compararan con un tratamiento testigo de Labranza Convencional en el que las labores se realizan con arado de discos, rastra de discos y sembradora.

Diseño Experimental.

Los diseños utilizados debido al tipo de investigación fueron dos:

- Diseño anidados en la toma de muestras de Conductividad Hidráulica.
- Diseño completamente al azar con arreglo de parcelas subdivididas para el caso de Densidad y Porosidad.

Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico de los datos se empleó el programa R, versión 3.3.1, así mismo se trabajó con el análisis de varianza (ANOVA) de cada diseño y la comparación de medias de acuerdo a TUKEY.

Métodos de evaluación y datos a registrarse.

En cada Unidad Experimental y al final de cada ciclo del cultivo (Mayo), se realizó mediciones en campo para dar seguimiento a los cambios en las siguientes variables físicas del suelo:

Conductividad hidráulica (mm h⁻¹).

El procedimiento para el uso del permeámetro en campo se muestra más adelante, en el cual la CH se determinó en cada una de las parcelas en los tres diferentes sistemas de labranza, con aplicación de mejorador de suelo en dos franjas y dos sin mejorador en los dos tipos de cultivos utilizados para esta investigación. Esta medición se realizó después de la cosecha de los cultivos, el tamaño de la muestra para cada cultivo (*frijol* y *maíz*) fue de 18 mediciones en la primer lectura la cual se tomó al azar una parcela por cada tratamiento y en las cuales se realizó tres repeticiones, con y sin mejorador para cada parcela, las cuales se realizaron con el permeámetro de Guelph, para el año 2015 y para el 2016, se recolectaron el mismo número de muestras para ambos cultivos y el procedimiento se realizó en el laboratorio de RASPA del departamento de Riego.

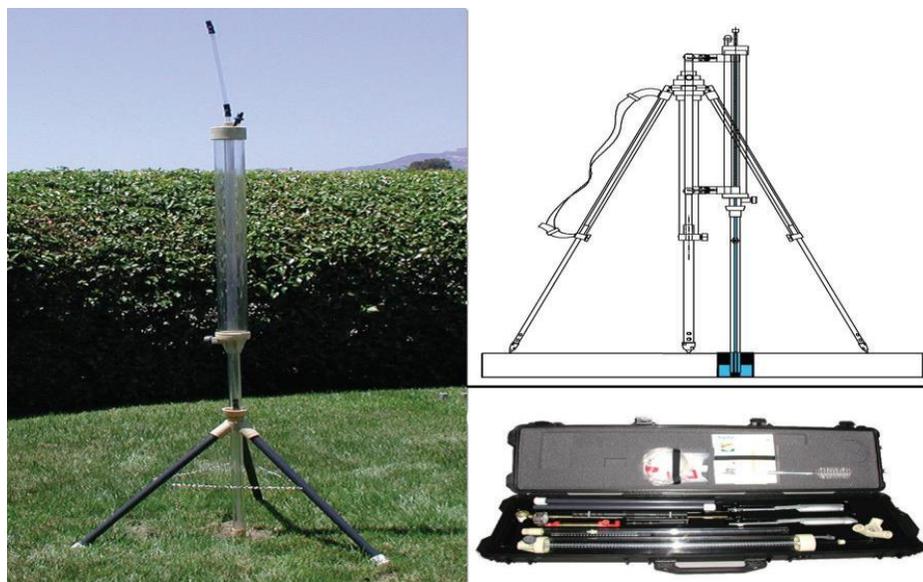


Figura 3. Permeámetro de Guelph

Pasos para utilizar el permeámetro en campo.

Paso 1.

Utilizando la barrena de suelo se hace la perforación con una profundidad de 20 cm, una vez que se tenga el pozo se utiliza la barrena de entallado para obtener una geometría uniforme de 6 centímetros de diámetro con un fondo plano en la perforación. Al momento de realizar los procesos anteriores puede crear una capa de barrillo que puede bloquear el flujo natural del agua del pozo en el suelo circundante, esta capa debe ser eliminada con el cepillo ya que está diseñado para remover la capa compactada del suelo.



Figura 4. Barrenas (instrumentos para perforar).

Cuadro 4. Instrumentos para perforación y su función

Nº	Instrumento	Descripción
1	Perforador	Permite realizar una perforación manualmente
2	Cilindro Nº1	Funciona como un taladro, removiendo el suelo más firme, se recomienda perforar con este cilindro hasta una profundidad tal que queden 15 cm para llegar al fondo del agujero proyectado.
3	Cepillo	Una vez que ha finalizado la perforación del agujero, este instrumento se utiliza para remover la capa compactada que se genera durante la perforación en suelos húmedos.
4	Cilindro Nº2	Se utiliza para perforar los últimos 15 cm. del agujero y para obtener una geometría uniforme en la perforación (un fondo parejo y un diámetro de 6 cm. aproximadamente)
5	Espátula	Se utiliza para extraer parte del suelo que se encuentre retenido en el interior de los cilindros

.Pasó 2.

- ❖ Se monta el trípode, para esto se inserta la patas del trípode en la base del mismo, y posteriormente se inserta el seguro a través de los orificios que se encuentra en cada una de las patas.
- ❖ Se instala el permeámetro en el pozo con ayuda del trípode, el tubo de aire inferior se conecta con el tubo de aire medio hasta quedar lo más firme posible.
- ❖ El tubo de soporte se une con los recipientes interior y exterior del tubo de aire medio, procurando que quede firmemente unido, para evitar la entrada y salida de aire. Se inserta firmemente la regleta para medir el nivel de agua sobre la tapa de los recipientes.
- ❖ Se monta el permeámetro dentro del trípode y se lleva el soporte deslizante hasta ajustarlo con la base del trípode y fondo del pozo (figura 4.). para instalar el equipo en el pozo de infiltración, simplemente se debe bajar lentamente el permeámetro a través del trípode procurando que el tubo de soporte no golpee las paredes del pozo.



Figura 5 .Elementos del trípode.

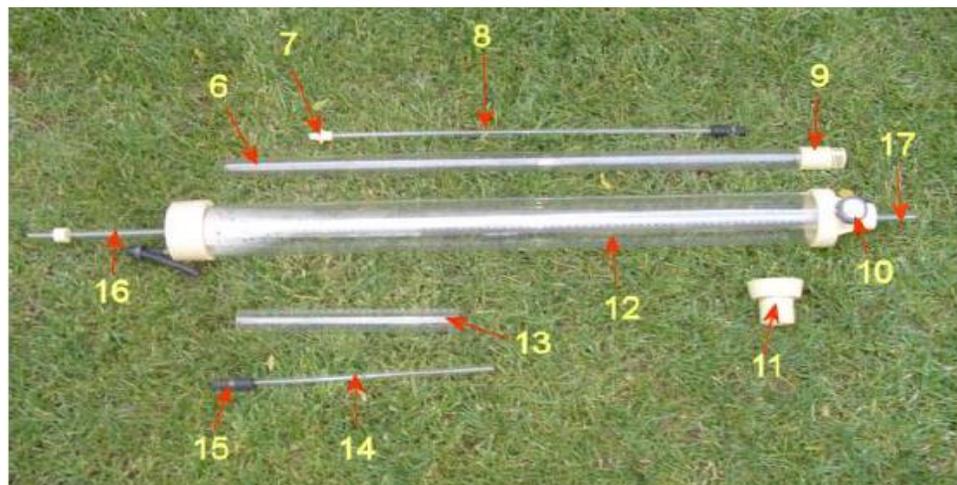


Figura 6. Cuerpo del permeámetro.

Cuadro 5. Partes del cuerpo del permeámetro.

Nº	Instrumento	Descripción
6	Tubo de Soporte	Sirve de soporte para la estructura del permeámetro y permite conducir el agua desde los reservorios principales hacia el punto de salida.
7	Punto para entrada de aire	Se utiliza para regular el nivel de agua dentro del agujero y permite o impide el flujo de agua desde los recipientes.
8	Tubo de Aire Inferior	Permite el flujo de aire en el permeámetro
9	Punto para salida de agua	Se encuentra en la base del permeámetro, contiene una rejilla de goma que permite dispersar la energía de la salida del agua, para evitar la erosión en el agujero.
10	Válvula de Recipientes	Si el indicador de la válvula apunta hacia arriba el flujo de agua sale desde ambos reservorios y si apunta hacia abajo el flujo sólo proviene desde el reservorio interior
11	Soporte deslizante	Permite ajustar la estructura del permeámetro (Tubo de Soporte) al trípode para montar el equipo en terreno.
12	Reservorios Interior y Exterior	Almacenan el agua dentro del permeámetro
13	Regleta	Su escala se encuentra en centímetros y permite medir el nivel de agua dentro del agujero
14	Tubo de Aire Superior	Permite el flujo de aire en el permeámetro
15	Union para los tubos	Dispositivo de goma que permite unir todos los tubos de aire internos.
16-17	Tubo de Aire Medio	Permite el flujo de aire en el permeámetro

Paso 3.

- ❖ Para llenar el permeámetro se debe retirar el tapón presente de la tapa del reservorio superior, asegurándose que la válvula reguladora del flujo este con su indicador hacia arriba para mantener conectados los reservorios interior y exterior.
- ❖ Utilizando un recipiente para llenar el permeámetro.



Figura 7. Llenado del permeámetro.

Paso 4.

Para determinar la tasa de infiltración en el suelo se verifica la configuración del permeámetro:

- ❖ La válvula de la base del recipiente debe de estar con su indicador hacia arriba.
- ❖ El indicador de agua de nivel debe estar asentado a la base del permeámetro.
- ❖ El orificio para llenar el permeámetro debe estar tapado.
- ❖ El tubo de vacío debe estar correctamente sellado.

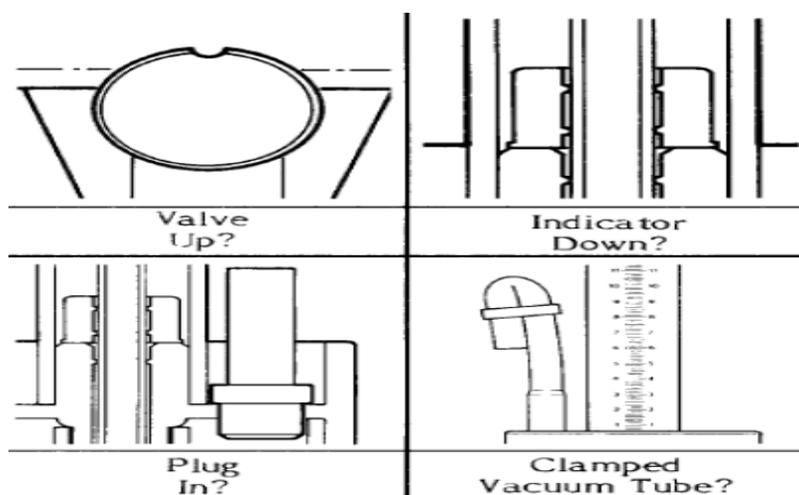


Figura 8. Configuración del permeámetro.

Paso 5.

- ❖ Se establece la altura del nivel de agua en el pozo levantado suavemente el tubo de aire superior que el indicador marque la altura de 5 cm.
- ❖ Se determina la tasa de infiltración registrando el comportamiento del nivel de agua dentro del permeámetro en un intervalo de 2 minutos, el tiempo es tomado con un cronometro. La tasa de infiltración se determina hasta que existan al menos tres tasas sucesivas iguales, lo que indica que el sistema se encuentra en régimen permanente.
- ❖ Se establece una segunda lectura de nivel de agua en el pozo de 10 cm determinando la tasa de infiltración mediante el descenso de niveles en un intervalo de 1 minuto, de igual manera hasta que existan al menos tres tasas sucesivas en régimen permanente.
- ❖ El descenso de los niveles que se da en cada intervalo de tiempo se anota en el formato correspondiente para el registro de datos (figura 9.).

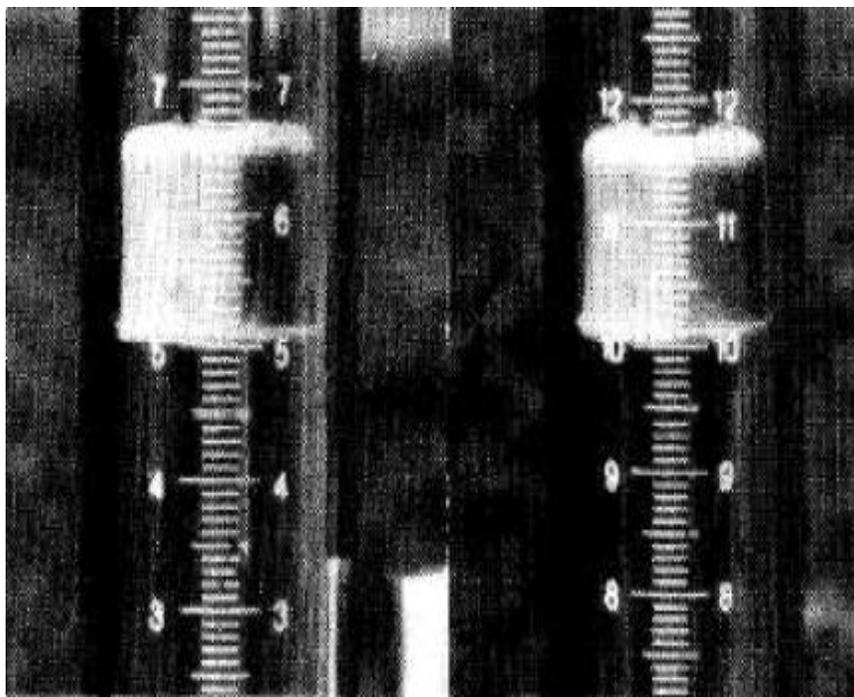


Figura 9. Altura para la recolección de datos.

Date: 13 de enero de 2015
 Location: Bajío de la UIAAN
 Trat y Rep: LV M₁ B₃
 H1 = 5 cm

Depth of well: 20 cm
 Comb. Reserv. (X) = 35.22 cm³
 Inner Reserv. (Y) = 2.16 cm³
 H2 = 10 cm

Reading number	[1] Time (min)	[2] Δtime (min)	[3] Water level (cm)	[4] Δ Water level (cm)	[5]=[4]/[2] Rate of change (cm/min)
1	0	-	38.0		
2	2	2	38.3	0.3	0.15
3	4	2	38.7	0.4	0.2
4	6	2	39.1	0.4	0.2
5	8	2	39.5	0.4	0.2
6	10	2	39.9	0.4	0.2
7	12	2			
8	14	2			X = 0.2
9	16	2			
10	18	2			
11	20	2			
12	22	2			
13	24	2			
14	26	2			
15	28	2			
16	30	2			

Reading number	[1] Time (min)	[2] Δtime (min)	[3] Water level (cm)	[4] Δ Water level (cm)	[5]=[4]/[2] Rate of change (cm/min)
1	0	-	43.4		
2	1	1	43.5	0.1	0.1
3	2	1	43.7	0.2	0.2
4	3	1	43.9	0.2	0.2
5	4	1	44.1	0.2	0.2
6	5	1	44.4	0.3	0.3
7	6	1			
8	7	1			X = 0.23
9	8	1			
10	9	1			
11	10	1			
12	11	1			
13	12	1			
14	13	1			
15	14	1			
16	15	1			

Note: Rate of change for H1 (cm/min) = R1

Figura 10. Formato para el registro de datos de Conductividad Hidráulica.

Análisis de Conductividad Hidráulica en laboratorio.



Figura 11. Permeámetros y lecturas en laboratorio.

Densidad Aparente (DA)

Se determinó por el método de cilindros de volumen conocido, para lo cual se hizo un muestreo simple aleatorio al final del ciclo del cultivo a cuatro profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 cm. Se efectuaron dos muestreos para cada franja por unidad experimental con tres repeticiones, obteniéndose 48 observaciones por tratamiento. Las muestras se pesaron en húmedo y luego se secaron en estufa a una temperatura de 105 °C durante 24 h; se determinó el peso en seco, el cual se empleó para obtener la densidad aparente con la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{\text{peso del suelo seco}}{\text{volumen del suelo humedo}}$$



Figura 12. Material para el muestreo de Densidad Aparente



Figura 13. Muestreo de Densidad Aparente



Figura 14. Toma de muestras para Densidad y Porosidad.



Figura 15. Pesado y secado de las muestras en la estufa.

Porosidad.

Por definición el espacio poroso del suelo es aquel espacio o volumen del suelo que no está ocupado por sólidos y contiene simultáneamente agua y aire, en otras palabras todos los espacio abiertos (poros) entre solidos del suelo y su importancia radica en la definición del volumen de agua que puede ser retenida y en la respiración de las raíces de las plantas.

Para obtener la porosidad del suelo se utilizó la siguiente formula:

$$EP = \left[1 - \frac{Da}{Dr} \right] * 100$$

RESULTADOS

Conductividad hidráulica.

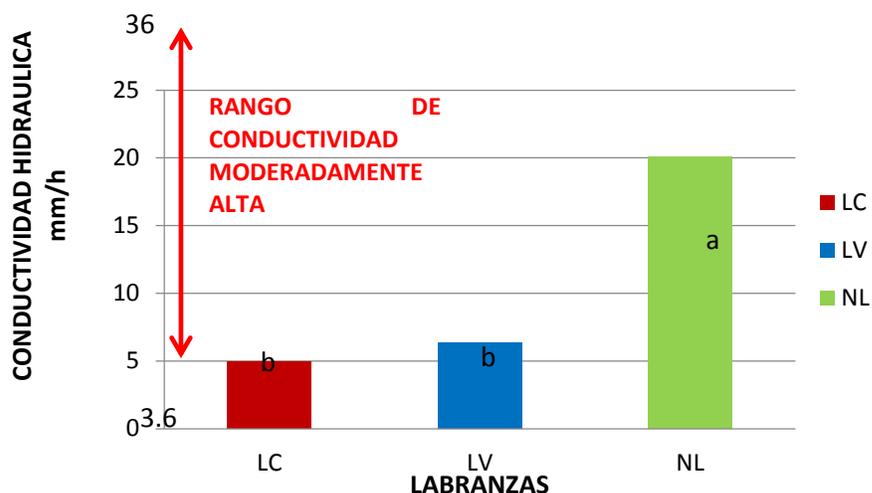


Figura 16. Grafica de análisis de medias con respecto a Conductividad Hidráulica de maíz del 2015.

En la figura 16. Se evaluaron los resultados obtenidos con el permeámetro de Guelph, los diferentes sistemas de labranza el cual mostraron diferencia estadística significativa con un P-valor < 0.05 para la labranza cero la cual tiene mayor flujo del movimiento del agua a comparación de la labranza vertical y convencional.

Tabla 1. Análisis de varianza con respecto a la conductividad hidráulica (K) de maíz 2015

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)
FactorA	2	841.75	420.88	4.3478	0.03399*
FactorB	1	142.25	142.25	1.4695	0.24549
Residuales	14	1355.24	96.8		

Nota: Factor A: labranza y Factor B: mejorador.

En la tabla anterior se presenta diferencia significativa en las diferentes labranzas que es el factor A y su p- value es de $P < 0.05$, lo cual en la figura 16. Se observa esa diferencia de medias para cada tratamiento.

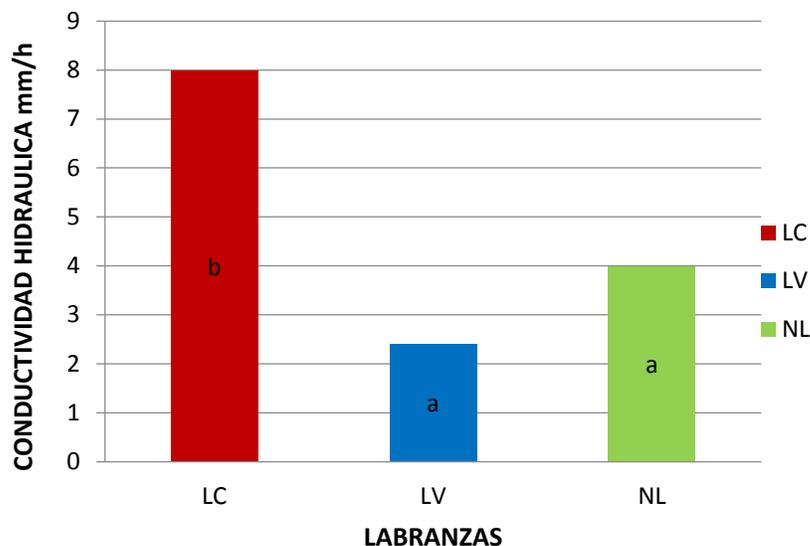


Figura 17. Grafica de análisis de medias con respecto a conductividad hidráulica de maíz del 2016

En la figura 17. Los valores de Conductividad Hidráulica en esta grafica indica la facilidad que el flujo de agua puede moverse, en el (grafica 2) mostro el análisis de las medias las cuales indican que hay diferencia significativa, $P < 0.05$ para la labranza convencional, en comparación con la labranza cero y vertical.

Tabla 2 Análisis de varianza con respecto a la conductividad hidráulica (K) maíz 2016

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)
FactorA	2	91.84	45.92	9.8451	0.00214**
FactorB	1	9.074	9.074	1.9454	0.18482
Residuales	14	65.3	4.664		

En la tabla 2 se presenta alta diferencia significativa en las diferentes labranzas que es el factor A= 0.00214** y su $P < 0.05$, lo cual en la figura 17, se observa esa diferencia para cada tratamiento.

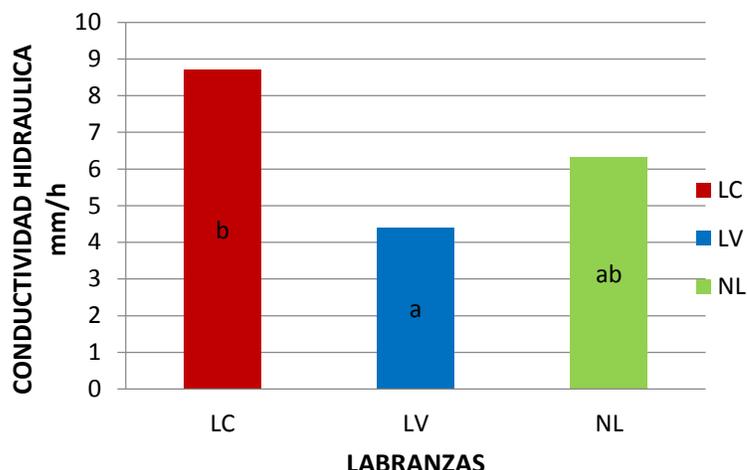


Figura 18. Grafica de análisis de medias con respecto a conductividad hidráulica de frijol 2016.

En la figura 18. Para el periodo 2016 en el cultivo de frijol, la conductividad hidráulica se comportó de mejor forma para la labranza convencional y cero en la cual la primera tiene mayor conductividad y le sigue la NL la en comparación con la labranza vertical.

Tabla 3 . Análisis de varianza con respecto a la conductividad hidráulica (K) para el cultivo de frijol 2016.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)
FactorA	2	50.429	25.21	7.6792	0.005608**
FactorB	1	0.002	0.0002	0.0007	0.97859
Residuales	14	45.969	3.284		

En la tabla 3 se presenta alta diferencia significativa en las diferentes labranzas que es el factor A con un valor de 0.005608** y su $P < 0.05$, lo cual en la figura 18. Se observa esa diferencia para cada tratamiento.

El flujo del agua en las parcelas o terrenos excesivamente labrados se relaciona con la conductividad hidráulica saturada (K_{sat}) en donde esta aumenta (Blanco et al 2004). Pero también se encontró que la labranza convencional tuvo el mayor efecto sobre las propiedades del suelo al disminuir su K_{sat} , densidad aparente, y materia orgánica que contrastan con los tratamientos de la labranza cero, labranza convencional y labranza vertical. No obstante se ha determinado que la cero labranza puede tener consecuencias contrastantes a la conservación del agua en el suelo y el rendimiento, debido al paso de la maquinaria para realizar la siembra (Khaleidan et al, 2012). La labranza cero su

reducción se puede deber a la menor porosidad del suelo ya que no se realiza ninguna labor para tener mayor aeración, este efecto negativo puede ser contrastado con la presencia de residuos.

De acuerdo a la clases de conductividad SSSS (1993), los valores obtenidos de conductividad del suelo del sitio experimental para los diferentes tratamientos de labranza se encuentra dentro de la clase moderadamente alta que es de 3.6 a 36 mm/h

Densidad Aparente

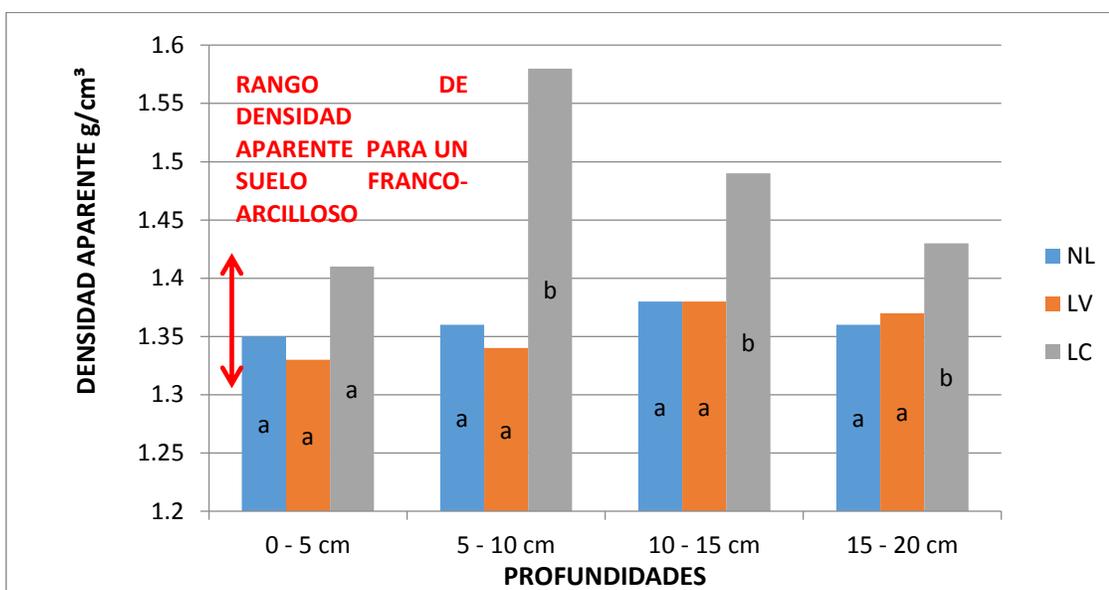


Figura 19. Análisis de medias con respecto a densidad aparente de maíz del 2015.

Los resultados de densidad aparente se realizaron para observar los efectos de cada labranza y así saber la relación que hay entre la conductividad y porosidad que estas presenten en cada ciclo para cada cultivo. En la figura 19 se observó diferencia estadística significativa para el tratamiento de LC en las tres últimas profundidades (5-10, 10-15 y 15-20 centímetros) por lo tanto se observaron valores de hasta 1.58 gr/cm³ en comparación con la LV y NL sus resultados fueron menores en las profundidades muestreadas.

Los valores obtenidos de la LV y NL a la 0-15 centímetros de profundidad están dentro de los valores del rango que establecen en cuanto a suelos de textura franco arcillosa oscila de 1.3 a 1.4 gr/cm³ (Salamanca y Sadeghian, 2005).

La densidad aparente de un suelo tiende a limitar el desarrollo de las raíces de las plantas, por lo cual se pretende modificar la densidad al utilizar los mejoradores orgánicos.

Nota: Factor A: Labranza, Factor b: Mejorador y Factor C: Profundidad

Tabla 4 . Análisis de varianza con respecto a la Densidad aparente para el cultivo de maíz 2015.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
FactorA	2	0.22707	0.113534	4.0290	0.11005.
Ea	4	0.11272	0.02818		
FactorB	1	0.00076	0.000762	0.1773	0.68838
FactorA:FactorB	2	0.01136	0.005681	1.3212	0.33461
Eb	6	0.0258	0.0043		
FactorC	3	0.04331	0.014436	1.5519	0.21791
FactorC:FactorA	6	0.7765	0.012942	1.3913	0.24478
FactorC:FactorB	3	0.00173	0.000577	0.062	0.97949
FactorA:Factor:aFactorB	6	0.01927	0.003211	0.3452	0.90801
Ec	36	0.33489	0.009302		

En la tabla cuatro se observa poco diferencia significativa en el factor A con respecto a la labranza con un valor de 0.11005., el cual esto se observa en la figura 19, en las profundidades de 5-10, 10-15 y 15-20 centímetros en la labranza convencional.

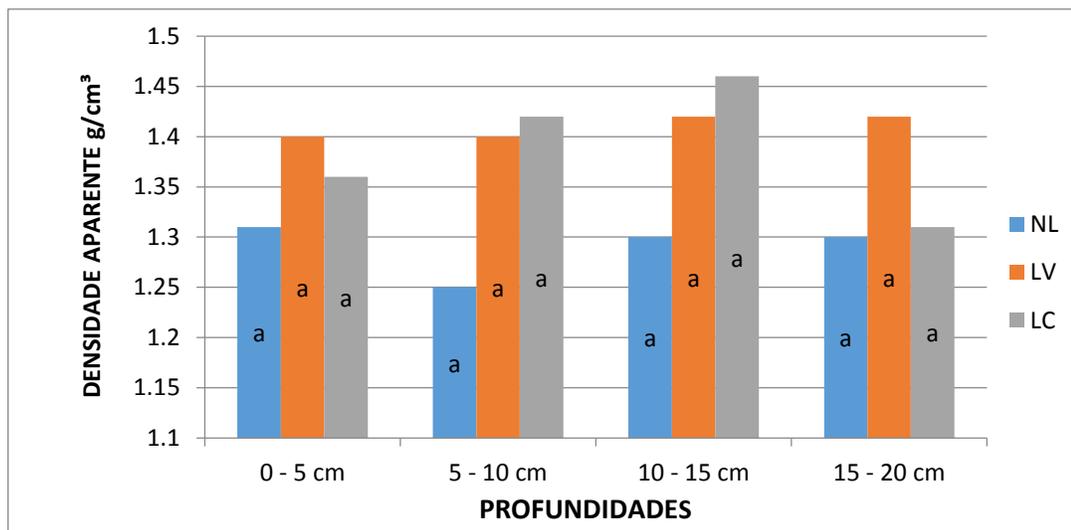


Figura 20. Análisis de medias con respecto a densidad aparente de maíz del 2016.

En la figura 20 se observa las variaciones de densidad en el año 2016, las cuales estadísticamente no muestran diferencia significativa en cada labranza en las profundidades muestreadas de cada una de estas. Esto nos indica que los sistemas y mejorador no influyen positiva o negativamente en esta variable.

Los suelos de una textura fina alcanzan una densidad de hasta 1.90 gr/cm^3 y los suelos de textura arenosa se pueden obtener densidades aparentes de hasta 1.65 gr/cm^3 (Canillas y Salokhe, 2002).

Tabla 5 . Análisis de varianza con respecto a la Densidad Aparente en maíz 2016.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
FactorA	2	0.189455	0.094727	5.6246	0.06881.
Ea	4	0.067367	0.016842		
FactorB	1	0.020065	0.020065	3.6642	0.1041
FactorA:FactorB	2	0.018332	0.009166	1.6739	0.26443
Eb	6	0.032855	0.005476		
FactorC	3	0.022647	0.007549	1.0767	0.37122
FactorC:FactorA	6	0.064600	0.010767	1.5356	0.19469
FactorC:FactorB	3	0.015453	0.005151	0.7347	0.5382
FactorA:Factor:aFactor					
B	6	0.019848	0.003308	0.4718	0.82463
Ec	36	0.252412	0.007011		

En la tabla de análisis de varianza se observó que hay diferencia significativa en cuanto a labranza y no se observa diferencia en cuanto a profundidades. Y su es de $P < 0.05$.

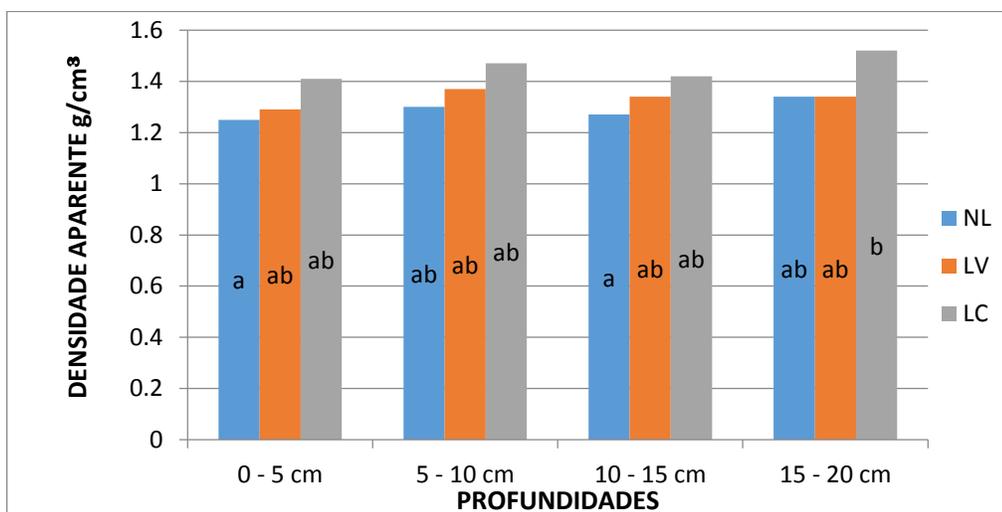


Figura 21. Grafica de Análisis de medias con respecto a densidad aparente de frijol 2016

En la figura 21 en el análisis estadístico muestra diferencia significativa para la labranza cero la cual obtuvo la menor densidad a la profundidad de 0-5 centímetros y la mayor fue en la labranza convencional en la profundidad de 15-20 centímetros, y en las profundidades no mencionadas no hay diferencia estadística para cada labranza. En la LC se debe al paso de maquinaria para la preparación del suelo y crear condiciones según favorables para el cultivo, en la NL se debe al sistema radicular de este cultivo ya que este ayuda a sostener a la planta y crea espacio en el suelo para el aire y el agua.

Nota: letras iguales indican que los tratamientos son estadísticamente iguales

Tabla 6 Análisis de varianza con respecto a la Densidad Aparente de frijol 2016.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
			0.17710		0.0003130**
FactorA	2	0.35421	0.17710	111.0386	*
Ea	4	0.00638	0.00159		
FactorB	1	0.00138	0.00138	0.4384	0.5324819
FactorA:FactorB	2	0.00084	0.00042	0.1332	0.8777979
Eb	6	0.01895	0.00315		
FactorC	3	0.07599	0.02532	2.5090	0.0742508
FactorC:FactorA	6	0.01753	0.00292	0.2895	0.938087
FactorC:FactorB	3	0.0152	0.00506	0.5018	0.6834138
FactorA:Factor:aFactor			0.01550		
B	6	0.09302	0.01550	1.5357	0.1946545
Ec	36	0.36343	0.10095		

El análisis estadístico de esta variable mostró diferencias significativas entre tratamientos de labranza, se observó una disminución de densidad aparente en el tratamiento de labranza cero a la profundidad de 0 a 15 cm comparado con labranza convencional la cual mostró mayor densidad en los dos años analizados. Esto se debe al laboreo que se realiza en el suelo ya que el paso de maquinaria año con año se compacta, aunque la variación no es mayor con respecto a otros trabajos ya que este es a corto plazo.

Aase y Pikul (1995) observaron diferencias en densidad aparente después de siete años de manejo, siendo menor la densidad en labranza cero. Morrison *et al.* (1990) no encontraron diferencias entre labranza cero y convencional en la densidad aparente después de tres años de manejo. En relación a esto nos

indica que para observar una variación altamente significativa tiene que ser a largo plazo la investigación ya se de 10 o más años.

Porosidad.

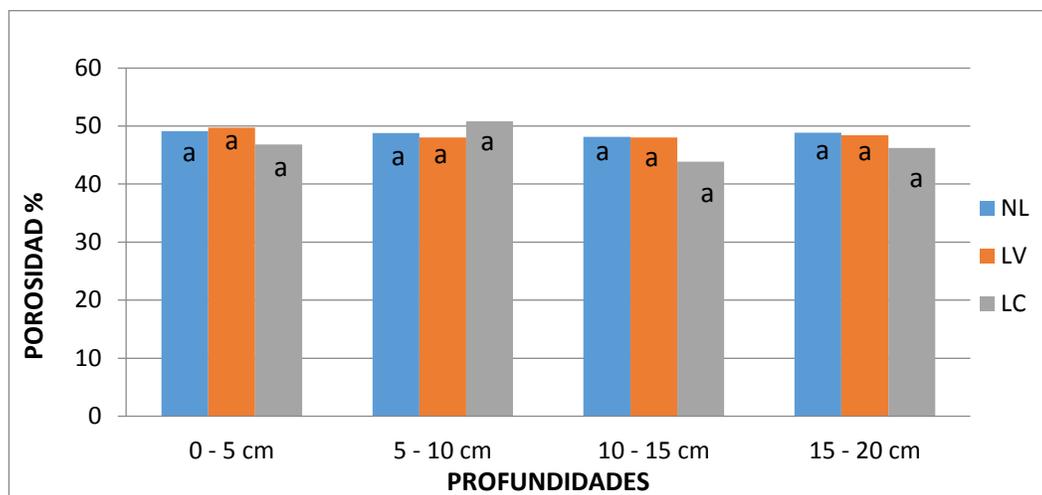


Figura 22. Graficas de análisis de medias con respecto a porosidad del maíz del 2015

La porosidad que se obtuvo para las diferentes labranzas en las cuatro profundidades muestreadas no se encontró ninguna diferencia significativa para el año 2015, obteniendo como resultado un P-valor <0.05 . Esto se debió a que la porosidad depende del resultado que se obtenga en la Densidad aparente lo cual no se mostraron valores altamente significativos. No se observó diferencia para cada tratamiento en la Figura 22 que corresponde al año 2015 para el cultivo de maíz.

No existe diferencia significativa para este años ya que la porosidad depende de la **DA** y estos resultados están dentro del rango establecido para un suelo Franco arcilloso lo cual nos indica que los sistemas de labranza no tiene incidencia en la porosidad.

Nota: Factor A: Labranza, Factor b: Mejorador y Factor C: Profundidad.

Tabla 7 Análisis de varianza con respecto a Porosidad de maíz 2015.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
FactorA	2	46.95	23.474	0.1714	0.8484
Ea	4	547.96	136.990		
FactorB	1	4.03	4.032	0.2694	0.6223
FactorA:FactorB	2	50.60	25.301	1.6904	0.2617
Eb	6	89.80	14.967000		
FactorC	3	63.98	21.328	0.5306	0.6642
FactorC:FactorA	6	100.92	16.82	0.4184	0.8618
FactorC:FactorB	3	4.85	1.617	0.0402	0.9891
FactorA:Factor:aFactorB	6	90.57	15.095	0.3755	0.8897
Ec	36	1447.03	40.195		

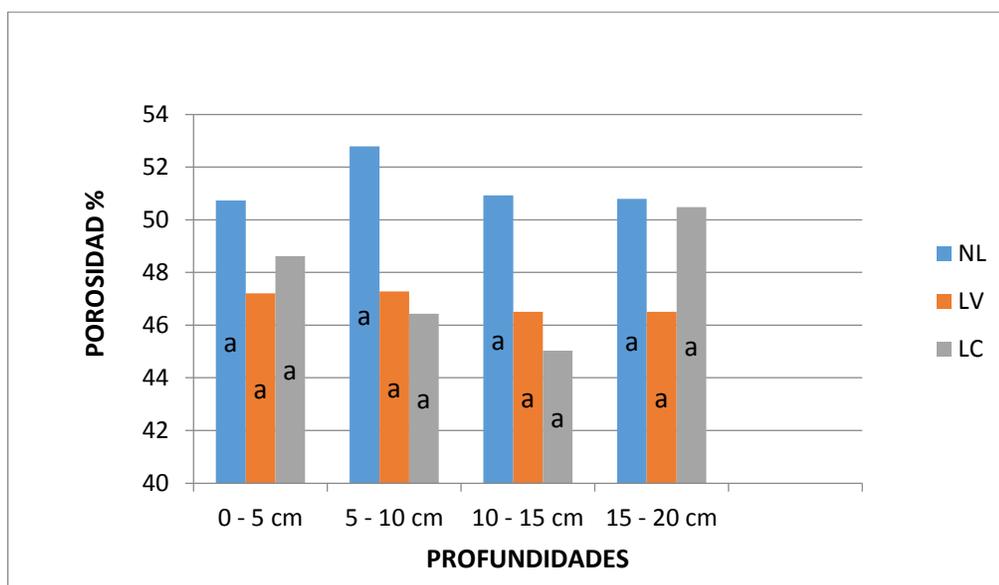


Figura 23. Graficas de análisis de medias con respecto a porosidad de maíz del 2016.

Los resultados obtenidos y que se muestran en la figura 23 del año 2016 nos indica que no existe diferencia estadística significativa para cada labranza las cuales tienen un valor promedio para cada profundidad y labranza de 46-52 % de porosidad. Ya que en densidad aparente de este mismo año no se muestra diferencia en cada profundidad muestreada.

Tabla 8. Análisis de varianza para Porosidad en maíz del 2016.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
FactorA	2	269.78	134.891	5.6246	0.06881.
Ea	4	95.93	23.983		
FactorB	1	28.57	28.572	3.6642	0.10410
FactorA:FactorB	2	26.11	13.053	1.6739	0.26443
Eb	6	46.79	7.798		
FactorC	3	32.25	10.750	1.0767	0.37122
FactorC:FactorA	6	91.99	15.332	1.5356	0.19469
FactorC:FactorB	3	22.01	7.335	0.7347	0.53820
FactorA:Factor:aFactorB	6	28.26	4.711	0.4718	0.82463
Ec	36	359.43	9.984		

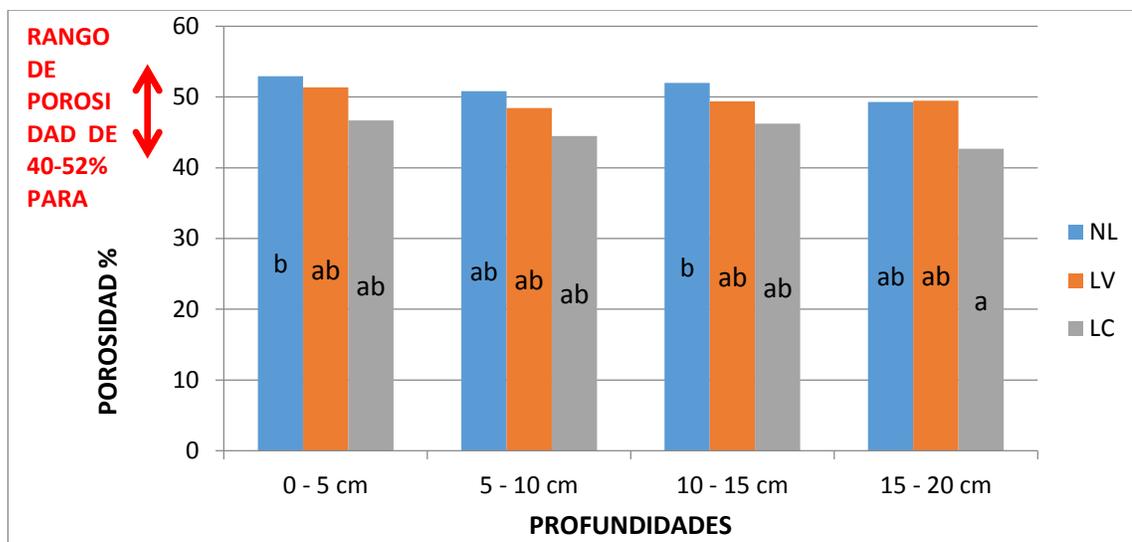


Figura 24. Graficas de análisis de medias con respecto a porosidad de frijol del 2016

En la figura 24 la labranza cero obtuvo el valor mayor de porcentaje de porosidad de 52.94% en la profundidad de 0-5 centímetros en comparación con las labranzas convencional y vertical, la cual se observa en la figura 24. Y en las demás profundidades no hay diferencia significativa en las tres labranzas. Y la labranza convencional obtuvo en la profundidad de 15-20 centímetros 42.66 % de porosidad, este valor fue el menor en comparación con LV y NL. Esta variación se puede ver a que el suelo estudiado es altamente heterogéneo y las muestras analizadas son de diferentes puntos.

Tabla 9. Análisis de varianza de porosidad para frijol 2016.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
FactorA	2	269.78	134.891	5.6246	0.06881.
Ea	4	95.93	23.983		
FactorB	1	28.57	28.572	3.6642	0.10410
FactorA:FactorB	2	26.11	13.053	1.6739	0.26443
Eb	6	46.79	7.798		
FactorC	3	32.25	10.750	1.0767	0.37122
FactorC:FactorA	6	91.99	15.332	1.5356	0.19469
FactorC:FactorB	3	22.01	7.335	0.7347	0.53820
FactorA:Factor:aFactorB	6	28.26	4.711	0.4718	0.82463
Ec	36	359.43	9.984		

En la tabla 9 se observa poca diferencia estadística en cuanto a labranza con un P-valor de 0.06881., lo cual se observa en la figura24, en las profundidades mencionadas.

Nota: Factor A: Labranza, Factor b: Mejorador y Factor C: Profundidad

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las variables que influyen en la conductividad se observa que en la densidad la variación de los valores de un año a otro varía mucho y dentro del rango de conductividad que es de 3.6 a 36 mm/h⁻¹. Y en la labranzas de conservación como en la labranza cero no se efectúa ninguna actividad mecánica y el paso de la maquinaria al momento de realizar la siembra se compacte más y con ello la densidad aumente y su espacio poroso disminuya y el mejorador que se está utilizando no tiene mucha influencia en estas propiedades.

De un año a otro se encuentra poca variación en las variables de densidad ya que esta aumenta un poco y sobre pasa un poco el rango para un suelo franco arcilloso y se pueden ver afectadas las otras propiedades, pero como son muy poco el tiempo de mecanización en el suelo aún no se pueden apreciar los efectos de la maquinaria pesada, esto también se debe a que el suelo del sitio experimental es muy heterogéneo y las muestras analizadas son tomadas al azar y los valores estadísticamente son significativos.

Aase y Pikul (1995) observaron diferencias en densidad aparente después de siete años de manejo, siendo menor la densidad en labranza cero. Morrison et al. (1990) no encontraron diferencias entre labranza cero y convencional en la densidad aparente después de tres años de manejo. Como se aprecia, los cambios en este parámetro son muy variables, dependiendo del tipo de suelo y del tiempo de manejo bajo el mismo sistema.

CONCLUSIONES

El mejorador aplicado durante el desarrollo del cultivo no mostró influencia positiva en las variables de Densidad aparente, porosidad y conductividad hidráulica durante los dos años.

El efecto obtenido en cuanto a la conductividad hidráulica es mayor en la NL para el año 2015, aunque varía en el año 2016 se observa mayor conductividad en la labranza convencional lo cual se rechaza la hipótesis ya que las labranzas de conservación no influyen positiva o negativamente en las variables de estudio.

Los factores que pueden influir en la conductividad hidráulica como son la densidad y porosidad los cuales tienen poca diferencia significativa en sus valores en un mismo ciclo ni tampoco grandes cambios de un año a otro.

Respecto a esta investigación se concluye que los sistemas de labranza de conservación (NL y LV) y la labranza convencional no hay efecto negativo y positivo para las propiedades físicas estudiadas. Lo cual nos indica que no hay incidencia alguna para cada labranza en corto plazo.

REFERENCIAS.

- Acevedo, E., y Martínez, E. 2003 Sistema de labranza y conductividad de los suelos en Seminario sustentabilidad en cultivos anuales: Cero Labranza, Manejo de Rastrojos. Santiago, Chile. 13-27.
- Alarcón, A., y Cerrato, R.F. 2012. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 26(2): 191-203.
- Altieri, M.A. 1995. Rotación de cultivos y labranza mínima. *Agroecología*. Editorial Nordan-Comunidad. Lima, Perú. 338Pp.
- Aase, J.K. y J.L. Pikul. 1995. Crop and soil response to long-term tillage practices in the North Great Plains. *Agron. J.* 87: 652-656.
- Baker, C.J. y K.E. Saxton. 2008. In: Siembra con labranza cero en la Agricultura de conservación. *Acriba*. 1-391 Pp.
- Barbecho, C.J., Calle, O.J.E. 2012. Caracterización de la conductividad hidráulica de los suelos de la subcuenca del río Tarquí. Cuenca, Ecuador. 25-28.
- Blanco-Canqui, H., Gantzer, C.J., Anderson, S.H. and Alberts, E.E. 2004. Tillage and crop influences on physical properties for on Epiqualf. *Soil Sci Soc Am J.* 68: 567-576.
- Bending, GD; MK Turner & JE Jones. 2002. Interactions between crop residue and soil organic matter quality and the functional of soil microbial communities. *Soil Biol. Biochem.* 34: 1073-1082.
- Benites, J.J.R. y Bot, A, 2013. Agricultura de una Practica Innovadora con beneficios económicos y ambientales. Editorial Agrosaber. Lima, Perú. 79-83.
- Bravo, C.A. y A., Florentino.1997. Efecto de diferentes sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y su influencia sobre el rendimiento de algodón. *Revista Bioagro*. Maracay, Venezuela. Vol. (9): 67-75.
- Camacho-Tamayo, J.H. y Rodríguez. G.A. 2007. Evaluación de implementos de labranzas de diferentes velocidades de operación y contenido de agua en el suelo. *Agricultura técnica*. 67(1), 60-67.
- Canales, L.B. 2001. Uso de Derivados de Algas Marinas en la producción de Tomate, Chile, Papa y Tomatillo. *Palau Bioquim.* Saltillo, Coah. 24p.
- Canillas, E.C and V.M. Salokhe. 2002. A decision support system for compaction assessment in agricultural soils. *Soil & Tillage Research*, 65: 221-230.

- Díaz-Zorita, M. 1999. Efecto de seis años de labranzas en hapludol del noreste de buenos aires, argentina. *Ciencia del suelo*. 17 (1).
- FAO. 2001. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO. 8: 220p.
- FAO. 2007. Principales sistemas integrados de cultivos-ganadería con labranza cero. 5: 27-28Pp.
- Flores, D. J y Alcalá, M. J. 2010. Manual de procedimientos Analíticos. Departamento de Edafología. UNAM. 56p.
- Galantini, J.A. y Kleine Cristian. 2013. Efecto de largo plazo en la siembra directa en el SO Bonaerense: Producción de los cultivos y balances de nutrientes. Comisión de Investigación Científicas de Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. 10-16.
- Gutiérrez, M.J. 2014. Efecto de tres sistemas de labranza y rotación de cultivos en las propiedades físicas de un suelo Franco-Arcilloso. Saltillo, Coahuila, México. 14-15 Pp.
- Hazma, M.A. y Anderson, W.K. 2005. Soil Compaction cropping systems A review of nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research*. 82: 121-145.
- Jaramillo, J.D.F. 2002. Introduccion a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Medellín. 613p.
- Juna, Q.W.C. 2009. Efecto de tres sistemas de labranza y dos métodos de siembra en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum L.*) en la estación Experimental Tunshi. Robiama, Ecuador. 82 Pp.
- Khaledian, M., Mailhol J.C., y Ruelle, P. 2012. Yield and energy requerirement of durum wheat under tillage and convencional tillage in the mediterranean climate. *Journal or Biological and Environmental Sciences*. 6: 59-65.
- Logsdon, S.D. y Karlen, D. L. 2004. Bulk density as a soil quality indicator during conversion to no-tillage. *Soil and Tillage Research* 78: 143-149.
- López-Martínez, J.D., Gutiérrez-Puente, G. y Berume-Padilla, S. 2000. Labranza de conservación usando coberturas de abono orgánico en alfalfa. *Terra Latinoamericana*. 18: (2). 161-171.
- López-Santos, A., González-Cervantes, G., Cadena-Zapata, M. y González-Barrios, J.L. 2012. Effect of primary Tillage on the Physical Quality of soil, as Evaluated by Disk Permeameter. *Water Technology and Sciences*. 3(4): 127141.

- Mora, Gutiérrez M., Ordas. Ch.V., Castellanos, J.Z., Aguilar, S.A., Gavi, F., y Volke, H.V. 2001. Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un Vertisol, después de cuatro años de manejo. Terra Latinoamérica, Enero-Marzo, Vol. 19 numero 0001. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 67-74.
- 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.
- Narro, F. A. 1985. Mejoradores de suelos calcáreos y fertilización fosfatada en el cultivo de papa. Agraria1 (1): 57-70.
- Navarro, braco, A. Figueroa Sandoval, B., Ordaz, Chaparro, V.M. y González, Cossío, F. V. 2000. Efecto sobre la estructura del suelo, la germinación y desarrollo de maíz y frijol. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. Terra. 18(1): 61-69.
- Ohep, C.F., Marcano, P., Spiridione, y C., Colenarez. 2002. Efectos de la labranza conservacionista en los atributos físicos del suelo que influyen sobre el rendimiento de maíz. Bioagro. Barquisimeto. Venezuela. 14(1): 37-45.
- Salamanca, J.A., Sadeghaink, S. 2004. La densidad aparente en suelos de la zona cafetalera y su efecto sobre el crecimiento del cafeto. Avances Técnicos Cenicafe. 326: 1-8.
- Sasal, M.C., A.E. Andriulo., M.A. Toboada. 2006. Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinian pampas. Soil & Tillage Research, 87: 9-18.
- Schargel, R. y Delgado, F. 1990. Características y uso de manejo de suelos utilizados en la producción de carne en Venezuela. En Plasse, D., Peña, de Borsotti, N., eds. VI Cursillo sobre Bovinos de Carne. FCV-UCV, Maracay. 187-220
- Schuller, P., D.E. Walling, A. Sepulveda, A. Castillo and I. Pino. 2007. Changes in soil erosion associate with the shift from conventional tillage to an no-tillage system documented using 137 Cs measurements. Soil & Tillage Rsearch. 94: 183-192.
- Senn, T.L. 1987 Seawedd and plant Growth. Traducido al Español por Canales López Benito. Crecimiento de Alga y Planta. Ed. Alpha Publishing Group, Houston, Texas, USA. (1994).
- SSDS. 1993. Soil Survey manual. Handbook No. 18. United States Departament of Agriculture (USDA). Washington, D.C. 437 P.
- Sustaita, Rivera, F., V. Ordez, Chaparro, C. Ortiz, y F. de León, González. 2000. Cambios en las propiedades físicas de dos suelos en una región semiárida debido al uso agrícola. Agrociencia. 34(4): 379-386.

- Rivas, E.J., Velázquez, E. y Tenias, J. 2004. Efectos de sistemas de preparación de suelos sobre algunas propiedades físicas del suelo y biométricas en yuca (*Manihot esculenta Cranz*) en llanos altos de Monaga. Revista UDO Agrícola 4 (1): 36-41.
- Rivero, C., Lobo. D y Pérez, A.L. 2011. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades físicas de un Alfisol degradado. Venesuelos, 6(1 y 2), 29-33.
- Romero, C.G. 2002. Fundamentos básicos en la utilización de máquinas y equipos para el laboreo del suelo, establecimiento y mantenimiento de cultivos. Puerto Carreño, Vichada, Colombia. 34 y 37.
- Rubio, G.A.M. 2010. La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los Alcornocales. Universidad de Sevilla. 88 Pp.
- Ureste, J y Campos S.1995. Respuesta del cultivo de maíz a la labranza de conservación en cuatro diferentes suelos tropicales. Agronomía Mesoamericana. 6: 80-87.