

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Efectos de la labranza convencional y labranza de conservación en la
producción agrícola: Revisión de literatura

Estudiante

Marco Antonio Mendoza Moreno

Asesores

José Adrián Ordoñez, Mtr.

Gloria E. Arévalo, Dra.

Honduras, noviembre 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA ODILA TREJO RAMOS

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y métodos	13
Revisión de fuentes.....	13
Selección de fuentes a utilizar	13
Criterios de inclusión y exclusión.....	13
Extracción de datos.....	14
Análisis de datos	14
Desarrollo de la discusión	14
Estructura de la revisión	14
Resultados y discusión	15
Comparación del efecto en los rendimientos.....	15
Comparación del efecto en propiedades del suelo	18
Comparación del efecto en plagas y malezas	26
Comparaciones de costos de producción	31
Conclusiones	35
Recomendaciones	36

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Efecto del tipo de labranza de suelos en variables agronómicas y rendimientos de maíz, en el Valle de Quimistan, Santa Bárbara, Honduras, 2004.....	15
Cuadro 2 Comparación del rendimiento en grano, en labranza cero y convencional, en la finca experimental la compañía, del municipio de San Marcos, Carazo, Nicaragua.....	16
Cuadro 3 Comparación de altura y diámetro del maíz, en labranza convencional y labranza cero, en la finca experimental la compañía, del municipio de San Marcos, Carazo.	17
Cuadro 4 Rendimiento del grano en tres sistemas de labranza durante periodos del 2010-2012, en campo experimental de la facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del estado de México.....	18
<i>Cuadro 5 Comparación en el porcentaje de humedad antes y después de la labranza, en Huexotla y Nativitas del municipio de Texcoco, México.</i>	<i>19</i>
Cuadro 6 Comparación de la pérdida potencial de suelo y variables de la Ecuación Universal de Erosión del Suelo para labranza convencional y de conservación, Valle de Quimistan, Santa Bárbara, Honduras, 2004.	21
Cuadro 7 Tratamientos con los implementos de cincel y arado de discos en labranza, en el Centro Agropecuario Marengo de la Universidad de Colombia.....	23
Cuadro 8 Valores de resistencia a la penetración (Mpa) del arado de cincel y arado de discos, en el Centro Agropecuario Marengo de la Universidad de Colombia.....	23
Cuadro 9 Valores promedios de materia orgánica en labranza convencional y de conservación, en suelos de la serie Tizón, Provincia del Chaco, Argentina.	25
Cuadro 10 Comparación de porcentaje de humedad entre labranzas en establecimientos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro, Coahuila, México.	26
Cuadro 11 Comparación de la población de malezas en labranza de conservación y labranza convencional, en Zamorano, Honduras, 1998.....	28
Cuadro 12 Malezas predominantes en campo y en casa malla según el tipo de labranza, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), ubicado en Turrialba, Costa Rica.....	29
Cuadro 13 Número de plantas brotadas y número de semillas por metro en labranza convencional, reducida y cero, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), ubicado en Turrialba, Costa Rica.	30
Cuadro 14 Horas maquinaria utilizadas con los sistemas de siembra directa y siembra convencional, en finca Sevilla, Masagua Escuintla, Guatemala.....	32
Cuadro 15 Consumo de combustible (L) con los sistemas de siembra directa y siembra convencional, en finca Sevilla, Masagua Escuintla, Guatemala.....	32

Cuadro 16 Consolidado de Costos directos e indirectos para el cultivo de maíz en los dos tipos de labranza, en los terrenos pertenecientes a la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. ...33

Resumen

La labranza juega un papel muy importante en la producción agrícola, ya que brinda las condiciones óptimas para la emergencia y desarrollo a la planta. Las labranzas más conocidas son la convencional y de conservación. La labranza convencional ha sido criticada por las pérdidas de suelo, ocasionadas por la excesiva mecanización y pase de maquinaria y por lo que surge la labranza de conservación. El objetivo de esta revisión de literatura fue investigar el efecto del tipo de labranza en el rendimiento, las características físicas del suelo, el comportamiento de plagas y malezas y conocer los costos de producción asociados. Se realizó una revisión de literatura en diferentes bases de datos tanto en español como en inglés, se seleccionaron las de años recientes y las que contenían información relevante para el estudio. Se encontró que en labranza de conservación se obtiene un mejor rendimiento en cosecha y un mejor desarrollo del cultivo después de cuatro años de implementación en maíz. Da un mejor resultado en la incorporación y retención de materia orgánica y agua en el suelo. La pérdida de suelo es menor en la labranza de conservación. Con respecto a malezas, la labranza convencional ofrece condiciones óptimas para la propagación y la de conservación es lo contrario. En los primeros años no se encuentra diferencia entre las plagas que predominan en cada una de las labranzas. Sobre los costos, se determinó que hay costos menores asociados a la labranza de conservación.

Palabras claves: Comparación de labranzas, labranza cero, labranza mínima, labranza tradicional, rendimiento de labranzas.

Abstract

Tillage, plays a very important role in agricultural production since it provides optimal conditions for the development of the plant. The best-known tillage is the conventional and the conservational. It is known that conventional tillage has been criticized for the loss of soil, caused by excessive mechanization and machinery passing. That is why conservation tillage arise. The objective of this literature review is to research the effect of the type of tillage on yield, physical characteristics of the soil, behavior of weeds and pests and know the cost of production. The literature review was carried out in different databases in both Spanish and English, to evaluate the results obtained in various investigations, those of recent years and those that contained relevant information for the study were selected. It was found that conservation tillage gives a better yield in harvest and a better development of the crop after four years in corn crop, it also gives a better result in the incorporation and retention of organic matter and water in the soil. Regarding the loss of soil, the conservation tillage is less. About weeds, conventional tillage offers optimal conditions for propagation and conservation is the opposite. In the first years there is no difference between the pests that predominate in each of the tillage. Regarding costs, it was determined that conservation tillage requires less investment

Keywords: Minimum tillage, zero tillage, traditional tillage, tillage comparison, tillage yield.

Introducción

El desarrollo de la agricultura es muy importante, ya que, abastece de alimento a toda la población, esto gracias a los avances de fitomejoramiento, nuevas tecnologías en el campo agrícola y al efecto positivo de la labranza (Leverón Sosa 2020). La labranza, es la técnica más utilizada para la preparación del terreno por medio de implementos, para lograr la descompactación del suelo para poder ser cultivado. Existen diferentes métodos de labranza, los cuales se han ido desarrollando gracias a los avances tecnológicos. Durante la época colonial, con la llegada de los españoles en 1524, se introdujo en América el laboreo del suelo con el arado de palo. Con el cual se comenzó a aprovechar la capacidad de tiro de los bueyes para obtener una mayor fuerza y así mismo mejor tracción con el suelo (Nava et al. 2015). En los siguientes siglos, la economía mundial giró en torno al desarrollo de diferentes variedades de maquinarias y herramientas agrícolas, que facilitaron el laboreo del suelo (Castellanos 2012). Actualmente se han desarrollado diferentes procedimientos con respecto a la labranza, tales como la convencional, mínima y labranza cero.

En Centro América, la preparación de los suelos para la gran mayoría de los cultivos se realiza con base en la labranza convencional. Así mismo, durante los últimos años, debido a los problemas del deterioro del suelo provocado por la labranza convencional, es necesario implementar y desarrollar los sistemas de manejo de suelos, que sean económicos, productivos y contribuyan a controlar la salud del suelo (Muñoz 2016). Es por esto que se ha tratado de implementar conocimientos a los productores sobre la labranza de conservación (Galeana et al. 1999).

La labranza, es una práctica cultural muy importante al momento de la preparación del suelo antes de la siembra. Es la manipulación mecánica del suelo, con el objetivo de mejorar algún impedimento físico para el cultivo (Romero 2002). Consta del rompimiento de la capa superficial del suelo, para poder darle una estructura apropiada antes de realizar la siembra. El laboreo del suelo trae muchas ventajas, una de ellas es que remueve el suelo y lo mezcla, permite que las raíces de la planta puedan explorar el mayor volumen de suelo y que los nutrientes estén disponibles para el cultivo (Caicedo Guerrero 2004). Por otra parte, también ayuda a la penetración de la semilla al suelo y así

facilitar su desarrollo. Tiende a causar un gran impacto sobre el control de plagas y malezas, de igual forma le da más facilidad al suelo de poder absorber más cantidad de agua y así favorecer a la germinación de las semillas (López Alcocer 1987). La roturación ayuda a mejorar la porosidad del suelo y la aireación. Al momento de realizar esto, se está aportando material que se puede convertir en materia orgánica mediante la descomposición y también se puede incorporar toda aquella materia orgánica que esta sobre la superficie.

Entre la labranza convencional y de conservación, se caracterizan que la convencional hace uso de un número mayor de implementos y realizan una mayor mecanización al suelo. Se entiende por labranza convencional al uso de los implementos que se acoplan al tractor, en una secuencia lógica, para la preparación del suelo, con los cuales una vez realizada la labor, el suelo queda libremente desnudo, ya que el área queda totalmente labrada y con una mínima cantidad de residuos de la vegetación que se encontraba en ese lugar (Cháves et al. 2017). Este sistema de labranza es muy conocido por que consta de varios pases de maquinaria en un mismo lote dejando poco residuo en la superficie. Cabe destacar que se puede implementar el uso del subsolador al comenzar esta labranza, esta práctica se recomienda para romper la compactación de suelo y así ayudar a que las raíces penetren con mucha más facilidad. Gracias a este rompimiento el agua tiene una infiltración más profunda, al mismo tiempo mejora la extracción de nutrientes. También el subsolador puede crear drenajes internos en suelos con problemas de acumulación de agua en el perfil del suelo (Carrasco et al. 2008). El subsolador es un implemento que fragmenta el suelo para mejorar las condiciones de este, cuando ha sido abusado debido a la preparación que se le ha dado durante varios años y el uso de maquinaria agrícola sobre el mismo (Herrera 2017).

En la labranza convencional se realizan dos pases de maquinaria las cuales tienen objetivos distintos. La labranza primaria tiene como objetivo cortar y volear el suelo, así poder darle una mejor aireación y agregarle toda la materia orgánica que se encontraba en la capa superficial, pero también se puede incorporar simultáneamente algunos correctivos y fertilizantes que necesitan en el suelo para la nutrición de los cultivos esta acción ronda de los 20-30 cm de profundidad (Romero 2002).

Generalmente, es realizada con arados de reja, vertedera y discos, se caracteriza como la más agresiva de las labores agrícolas (Bomden 2010). Por otra parte, la labranza secundaria, su función es cortar y romper, en varias pasadas del implemento, los terrones o bloques del suelo hasta hacerlos pequeños (Romero 2002). Tiene como objetivo poder dar al suelo la estructura deseada, lista para la siembra. En esta labranza puede hacerse uso de implementos como una rastra de discos, un cultivador, un vibro cultor, una rastra de púas o un implemento combinado (Chávez et al. 2017). Una de las ventajas que ofrece la labranza convencional es el control de malezas, por lo que, al invertir el suelo, las semillas de malezas situadas en la superficie quedan bajo suelo y se les impide germinar. De la misma forma, facilita los labores posteriores, por esto el suelo queda sin terrones grandes y sin residuos en la superficie, de la misma manera ayuda a la aireación del perfil del suelo (Camacho 2020).

La labranza de conservación, es un concepto que incluye una serie de técnicas, que permiten detener o revertir los efectos nocivos del exceso laboreo sobre las características físicas y químicas del suelo (Galván Castillo 2006). Las operaciones pueden causar efectos buenos o malos, dependiendo de cuándo y cómo se realicen. Debe entenderse que cuando un suelo es afectado en sus propiedades físicas, también se perjudica las propiedades químicas y biológicas y es de aquí donde se deriva la degradación de los suelos (Romero 2002).

La labranza de conservación está destinada a evitar el deterioro del suelo, por lo cual, se hace un uso reducido de implementos. La labranza de conservación incluye variantes como ser: labranza cero (LC) y labranza mínima o reducida (LM). La LC es aquella actividad donde se siembra directamente sin necesidad de remover el suelo, la característica comúnmente identificada de la labranza cero, es que la superficie del suelo permanece recubierta con residuos intactos del último cultivo tanto tiempo como sea posible (Baker y Saxton 2008). En cuanto a la siembra en la LC, esta consiste en hacer una hendidura de 5 cm donde se coloca la semilla, fuera de esta fractura, el suelo no recibe ninguna otra alteración y el 95% de los rastros queda en la superficie (Chávez et al. 2017). Por su parte, la LM, es un sistema donde para la preparación del suelo, se utiliza principalmente un arado con el cual no se voltea el suelo (Torrentes Vilches y Rizo Zeledón 1999). De la misma forma, se considera que en la LM,

se realiza una mínima perturbación al suelo, quedando una parte del rastrojo del cultivo anterior sobre la superficie, protegiendo al mismo. Hernández Escobar et al. (2013), manifiestan que este tipo de labranza se realiza con un mínimo pase de maquinaria, por lo cual, es uno de los métodos más eficaces para evitar la erosión del suelo. Para el caso de la siembra, se realiza similar al caso de la LC. La labranza de conservación en sus diferentes modalidades es una alternativa viable a largo plazo para recuperar la fertilidad física, biológica y química del suelo (Gutiérrez et al. 2003). En esta labranza, la superficie cubierta por residuos vegetales es como mínimo el 30% para lograr reducir en aproximadamente un 50% la erosión del suelo (Martínez Gamiño et al. 2014).

Dentro de los implementos que se utilizan para la labranza de conservación están el arado de cincel, que no corta los terrones naturales del suelo solo los fractura, la cual es su principal ventaja sobre los arados de discos (Romero 2002). También la sembradora directa, esta máquina realiza la apertura del surco deposita la semilla y vuelve a cerrar el curco, también ayuda a la incorporación de los rastrojos del cultivo anterior. En muchas ocasiones deposita fertilizantes, de esta forma logra realizar de una sola vez todas las labores que son necesarias para la siembra (Ramos 2019). El suelo es el mejor indicador que se tiene para saber qué tipo de labranza se debe de realizar en el campo. Siempre se deben de diagnosticar todas las limitantes físicas del suelo a trabajar.

Los sistemas de labranza ejercen diferentes efectos en el rendimiento de los cultivos y en las características físicas y químicas de los suelos, también ayuda al control de malezas, evitando su propagación. Actualmente, existen evidencias que la labranza convencional, mediante el uso intensivo de la rastra y el arado, modifica la capa superficial del suelo. También se ha notado una gran diferencia en las características físicas del suelo, como ser la densidad aparente, la porosidad y la estructura del suelo, ya que en la labranza cero suele ser mayor comparado con los sistemas de labranza convencional (Delgado et al. 2010).

La mayoría de los agricultores comúnmente hacen uso de labranza convencional, la cual por mucho tiempo ha estado sujeta a muchas críticas y se le culpa de servir como detonante de los procesos de degradación de los suelos, por medio de la erosión hídrica, eólica y generación de pie de arado, el cual bajo condiciones extremas, puede impedir la penetración de las raíces (Forsythe et al. 2005).

La investigación con relación a la comparación de labranzas resulta ser de mucha ayuda, ya que nos permite obtener más conocimientos sobre las ventajas y desventajas que brinda cada una de las labranzas y nos informa sobre cómo deben de manejarse, a partir de casos reales estudiados. Los objetivos de esta revisión de literatura son: determinar los efectos de la labranza convencional y labranza de conservación en el rendimiento de cultivos, así mismo conocer las diferencias que presentan en relación con el efecto producido en las propiedades físicas y químicas del suelo, también analizar el comportamiento de la propagación de las plagas y malezas y comparar los costos de producción asociados a cada una de las labranzas.

Materiales y Métodos

Revisión de Fuentes

La revisión de literatura se realizó de los meses de enero a junio de 2021, empezando desde la búsqueda en base de datos como ser Google escolar, la biblioteca digital Wilson Popenoe, Scielo, Redalyc, la biblioteca de la Universidad Nacional de Nicaragua y Science Direct. Para realizar la búsqueda, se utilizaron frases o palabras claves como: labranza convencional, labranza de conservación, efectos de la labranza al suelo, implementos de labranza, labranza mínima, labranza cero y comparaciones de labranza, también se buscó investigaciones en español como en inglés.

Selección de Fuentes a Utilizar

Luego de obtener nuestras fuentes de información, se procedió a la selección de las fuentes que tuvieron información que eran relevantes para el estudio. Se realizó una división dependiendo sobre el tipo de labranza que se relacionaba en cada investigación. No se hizo excepción a ninguna investigación por el año de publicación, sin embargo, tomó preferencia a las que fueron realizadas en los últimos 30 años. Pero cabe mencionar, que es importante tomar en cuenta investigaciones antiguas, porque así da una referencia de desde hace cuánto se ha investigado sobre estos temas y cómo han evolucionado.

Criterios de Inclusión y Exclusión

En la revisión bibliográfica, se incluyeron todos aquellos documentos que después de analizarlos, sean de relevancia para el estudio, los cuales brinden información adecuada al tema y permitan realizar comparaciones entre las ventajas y/o desventajas entre un sistema y otro. El principal criterio que se utilizó para excluir un documento fue, que no hablara sobre los métodos de labranza en cuestión.

Extracción de Datos

Tras la búsqueda inicial de los documentos con información del tema en interés, luego de analizar cada uno de los documentos encontrados, finalmente se seleccionaron aquellas revisiones bibliográficas y tesis que sean completas en las cuales se encuentre la información necesaria.

Análisis de Datos

La información encontrada y analizada, se presenta hablando sobre los pros y los contras que nos brindan la labranza convencional y de conservación, los altos y bajos rendimientos en producción de las labranzas, su efecto en el suelo y en el desarrollo y propagación de malezas.

Desarrollo de la Discusión

Al tener la información detallada, se realizó la comparación y determinaciones entre los dos tipos de labranza hablados anteriormente, incluyendo los implementos utilizados en cada una, sus características y los efectos en diferentes aspectos de la producción agrícola.

Estructura de la Revisión

Se realizó una estructura encabezada por la comparación del efecto en los rendimientos, luego una comparación en las propiedades físicas del suelo, seguida por los efectos provocados en plagas y malezas, culminando con una comparación de costos de producción.

Resultados y Discusión

Comparación del Efecto en los Rendimientos

Según la investigación realizada por López Cintrón (2004), donde comparo labranza cero y labranza convencional. Con los resultados de la prueba Student-Newman-Keuls (SNK), el maíz obtuvo mayor porcentaje de raíces en labranza de conservación por lo cual esta pudo asimilar una mayor cantidad de nutrientes y esto le ayudo a obtener una mayor altura y mejor rendimiento en grano. El rendimiento por hectárea fue similar debido a la alta población plantas/hectárea en labranza convencional, Sin embargo, en el rendimiento por planta hay una diferencia del 30% a favor de la labranza cero (Cuadro 1).

Cuadro 1

Efecto del tipo de labranza de suelos en variables agronómicas y rendimientos de maíz, en el Valle de Quimistan, Santa Bárbara, Honduras, 2004

Sistema de labranza	Densidad (p/ha)	Altura (m)	Raíces	Rendimiento (t/ha)
Convencional	69,400 a*	2.17 b	40.5 b	5.45 a
Cero	58,600 b	2.45 a	45.3 a	5.96 a

Nota. Tomado de López Cintrón (2004)*Letras con diferentes letras tiene significancia estadística ($P < 0.05$). p: plantas. M. metros. T.

toneladas. Ha. hectáreas.

Gutiérrez Mariscal (2014), evaluó el rendimiento del maíz en tres diferentes labranzas como ser las labranzas de conservación (cincel y vertical) y la labranza convencional, donde utilizó la rastra pesada y la liviana. Determinó que el mayor rendimiento se obtuvo de las labranzas de conservación en comparación con labranza convencional. Así mismo, en los estudios realizados por Olguín López et al. (2017), declaró que el rendimiento del maíz en labranza de conservación es superior a largo plazo comparándolo con labranza convencional.

Para lograr una productividad óptima de un cultivo, se necesita trabajar en condiciones agroecológicas adecuadas para el crecimiento de la especie. Disponer de la humedad adecuada en el suelo, proveer a la planta los nutrientes que necesite y protegerlos contra daños que ocasionan las

malezas, insectos otras plagas que haces reducir el rendimiento (Córdon Suárez y Gaitán Bellorin 1993).

En la investigación realizada por Rodríguez (1997), se realizó un experimento comparando dos sistemas de labranza, las cuales eran convencional y de conservación, para evaluar el crecimiento, rendimiento del cultivo maíz y el rendimiento del grano (Cuadro 2). Según Rodríguez (1997), el análisis de varianza a la variable del rendimiento y peso en grano, no obtuvo una diferencia significativa entre las dos labranzas.

Cuadro 2

Comparación del rendimiento en grano, en labranza cero y convencional, en la finca experimental la compañía, del municipio de San Marcos, Carazo, Nicaragua.

Sistema de labranza	Rendimiento (kg/ha)	Peso de 100 granos (g)
Labranza conservación	6,169	24.75
Labranza convencional	5,068	25.06
ANDEVA	NS	NS

Nota: Tomado de Rodríguez (1997), kg: kilogramos. ha: hectárea. g: gramos. NS. No significativo.

Ureste y Campos (1995), indican que, en los sistemas de labranza de conservación, se conserva mayor humedad disponible en el suelo y los cultivos son más eficientes en su uso que en el sistema de labranza convencional, por esto, se determina que, en estos sistemas de labranza de conservación, se conserva mayor humedad en el suelo, lo cual da más beneficio en el rendimiento de grano. También, Méndez-Natera et al. (2002), dicen que se encuentra un mayor rendimiento de grano a largo plazo en los tratamientos de labranza de conservación.

Es muy importante medir la altura de la planta, ya que es el parámetro que determina el desarrollo foliar y el tamaño final de la planta (Zamora Albán 2018). Por lo cual, el experimento hecho por Torrentes Vilches y Rizo Zeledón (1999), demuestra que las plantas en labranza de conservación obtienen una mayor altura y un mayor grosor de diámetro, comparado con las de labranza convencional (Cuadro 3). Este estudio se llevó a cabo en suelos francos arenosos, con buen drenaje y con un pH de 6.5. Basado en el análisis de varianza Torrentes Vilches y Rizo Zeledón (1999), mostraron diferencias significativas para los datos de altura de planta, las poblaciones que manejaron fueron de

35,757 plantas/hectárea, donde las plantas que obtuvieron mayor altura fueron la de labranza de conservación. En el caso del diámetro del tallo quien obtuvo un mayor diámetro igualmente fue la labranza mínima, sin embargo, el diámetro del tallo puede verse influenciado por varios factores entre ellos destaca el nitrógeno disponible en el suelo y la densidad poblacional usada (Cuadra Romano 1988).

Cuadro 3

Comparación de altura y diámetro del maíz, en labranza convencional y labranza cero, en la finca experimental la compañía, del municipio de San Marcos, Carazo, Nicaragua.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)
Labranza conservación	100.1 a	2.26 a
Labranza convencional	92.5 b	1.78 b
EE %	2.68	0.17

Nota. Tomado de Torrentes Vilches y Rizo Zeledón (1999). Cm. centímetros. EE. Error Estándar.

En el estudio de Olguín López et al. (2017), comprobaron que la altura y el diámetro del maíz se ven más influenciados en labranzas de conservación. Por otra parte Jaramillo (2015), evaluó el cultivo del maíz en diferentes sistemas de labranza y concluyó que los sistemas de labranza de conservación presentaron mejor vigor que las plantas testigo (labranza convencional).

Se encontró otra investigación realizada por Vaca et al. (2014), donde su propósito principal era evaluar la compactación de un vertisol bajo los sistemas de labranza como ser labranza cero, mínima y convencional, pudo evaluar el rendimiento del cultivo en cada uno de los sistemas de labranza. Se estableció en las parcelas experimentales un cultivar de maíz híbrido, bajo un arreglo de doble hilera y condiciones de secano, en la primera semana de abril de cada ciclo agrícola del periodo experimental. La densidad de siembra que utilizó fue de 50 kg ha⁻¹ con una distancia entre plantas de 0.15 m. El tratamiento de fertilización para todos los sistemas consistió en una dosis de 120-60-30 (N, P, K) unidades, aplicadas en la siembra. Como componente del rendimiento (t ha⁻¹), se consideró el peso de mil granos de la parcela útil (cuatro surcos centrales de 10 m) en cada ciclo agrícola (Cuadro 4). Vaca et al. (2014), Determinaron que los sistemas de labranza tuvieron un efecto significativo en los valores de rendimiento. En todos los ciclos de cultivo, los rendimientos más altos los obtuvieron

con Labranza mínima, aunque para 2010 y 2012 estos fueron estadísticamente similares a los de la labranza tradicional. La pérdida de rendimiento que observaron en 2012 en todos los sistemas se debió a una escasa germinación ocasionada por severos encharcamientos en el área experimental. La obtención en Labranza mínima de rendimientos superiores a Labranza convencional anualmente (10% en promedio anual y 14% durante todo el periodo experimental) (Vaca et al. 2014).

Cuadro 4

Rendimiento del grano en tres sistemas de labranza durante periodos del 2010-2012, en campo experimental de la facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del estado de México.

Sistema de labranza	Rendimiento (t/ha)		
	2010	2011	2012
Labranza mínima	6.2 a	6.4 a	3.4 a
Labranza cero	3.9 b	4.5 c	1.9 b
Labranza convencional	5.6 a	5.2 b	3.0 a

Nota. Tomado de Vaca et al. (2014). T. toneladas. ha: hectárea. Las medias en las mismas columnas seguidas por distintas letras son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por la prueba Tukey.

Comparación del Efecto en Propiedades del Suelo

Uno de los puntos más críticos que posee la labranza, es sobre el efecto que causa en el suelo. La labranza en las propiedades físicas del suelo constituye una de las características más importantes del mismo, debido a que define el comportamiento físico de la estructura del suelo (Navarro et al. 2000). La estructura del suelo juega un rol muy importante porque controla la distribución, flujo, retención de agua, sustancias disueltas y gases; su perturbación dirige a procesos de degradación que se asocian con diversas causas como la compactación y cementación, entre otros (Osuna-Cejas et al. 2006). Se debe de mencionar, que al momento de hacer una comparación de diferentes tipos de labranza, el porcentaje de humedad y la densidad aparente del suelo, presentan una tendencia generalizada a tener mayor contenido de humedad en los sistemas que ocasionan menor disturbio en el suelo y dejan residuos en la superficie (Navarro et al. 2000).

En el año 2000 realizaron una investigación donde comparan dos tipos de labranza (convencional y conservacionista) en dos tipos distintos de suelos. Aquí calcularon el porcentaje de

humedad y densidad aparente que estas tenían antes y después del laboreo (Cuadro 5). Navarro et al. (2000), pudieron observar que la labranza cero tuvo un menor porcentaje de pérdida de humedad, debido por el 70% de rastrojo en la superficie. Esto evitó que el suelo estuviera expuesto al sol y ayudó a retener humedad. Otro factor que ayudó fue que se mantuvo la estructura natural del suelo lo cual disminuye la velocidad de percolación del agua. Mientras que en la labranza tradicional la pérdida fue mayor del 50% en el suelo arcilloso, debido que el suelo queda completamente expuesto al sol sin ninguna cobertura y fue removido de su estructura natural. Así mismo para la densidad aparente, esta se ve influenciada por la estructura del suelo, ya que, a mayor granulación, se encuentra más espacio poroso y disminuye la densidad aparente. También cuando el suelo cuenta con compactación, la densidad aparente aumenta.

Cuadro 5

Comparación en el porcentaje de humedad antes y después de la labranza, en Huexotla y Nativitas del municipio de Texcoco, México.

Tratamiento	Suelo Arcilloso				Suelo Arenoso			
	Humedad		Densidad Aparente		Humedad		Densidad Aparente	
	%		g /cm		%		g /cm	
	Antes	después	Antes	después	Antes	después	Antes	después
Labranza convencional	32.28	12.25 b	1.18	0.92 b	14.86	7.97 b	1.24	1.12 b
Labranza Cero	33.52	31.29 a	1.11	1.12 a	13.36	12.72 a	1.26	1.25 a

Nota. Tomado de Navarro et al. (2000). Tratamientos con distintas letras son diferentes. Tukey (p<0.05).

Castillo Cerna (2005), Observo que en labranza cero se obtiene una mayor densidad aparente y en el suelo arenoso. De igual forma, Uribe C y Rouanét M (2002), mencionan que la labranza de conservación mejora consistentemente la humedad en el suelo comparado con labranza convencional. Ceballos V et al. (2018), afirman que al evaluar la densidad aparente sobre dos sistemas de laboreo del suelo durante un año, no se encuentran diferencias significativas, sin embargo el tipo de suelo va influir bastante en estos resultados.

En el sistema de labranza convencional, se estima que la cantidad de materia orgánica en el suelo se ven reducidos hasta un 2%, ya que, aquí no se deja ningún residuo en el suelo. Los bajos contenidos de materia orgánica tienen dos efectos importantes los cuales son: disminución de la

fertilidad del suelo y una degradación física de este mismo. El primer caso, tiene como efecto la disminución de nutrientes disponibles en el suelo. La degradación física ocurre a más largo plazo y es debido a que en la labranza convencional no se incorporan los residuos de cosecha y se acelera la oxidación de la materia orgánica que existe, provocando que disminuya la agregación de los suelos (Galván Castillo 2006).

La erosión del suelo es uno de los mayores procesos de la degradación de suelos, derivado de las labores agrícolas. Afectando la calidad de infiltración de agua, capacidad de retención, disponibilidad de nutrientes y su productividad (Gómez-Calderón et al. 2018). Se sabe que existe una gran diferencia entre la labranza convencional y labranza cero, con respecto a la pérdida de suelo. En la investigación de López Cintrón (2004), calculó la pérdida de suelo con la ayuda de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS). Determinó que la labranza convencional contribuye a una mayor pérdida de suelo, en comparación con la labranza cero (Cuadro 6). López Cintrón (2004), Determinó que existe una gran diferencia entre los dos sistemas de labranza con respecto a la pérdida de suelo. Para labranza convencional, encontró una tasa potencial de pérdida de suelo de $34.43 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Los factores fueron similares, la diferencia fue en la falta de cobertura sobre el suelo. En labranza cero, la tasa de pérdida de suelo es de $16.2 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ se reduce bastante a comparación de labranza convencional gracias al mulch de rastrojos que deja del cultivo anterior.

Cuadro 6

Comparación de la pérdida potencial de suelo y variables de la Ecuación Universal de Erosión del Suelo para labranza convencional y de conservación, Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

Variablen	Labranza Convencional	Labranza Cero
Factor R	600.0	600.0
Factor K	0.3	0.3
Factor LS	0.3	0.4
Factor C	0.5	0.4
Factor P	0.5	0.3
t/ha/año	34.4	16.2

Nota. Tomado de López Cintrón (2004). R. factor de erosividad según la lluvia. K. factor de erodabilidad. LS. relación entre la pendiente y el largo de la pendiente. C. cobertura del suelo según el cultivo. P. prácticas de conservación utilizadas en los cultivos.

Estos datos concuerdan con la investigación de Bernal et al. (2007), donde definen que las labranzas de conservación preservan las propiedades físicas del suelo, generando un menor porcentaje de erosividad y al mismo tiempo menor pérdida de suelo. Así mismo, Martínez Herrera (2007), señala que la labranza convencional aumenta la erosión del suelo debido al uso de maquinaria y que la labranza de conservación reduce grandemente la erosión debido por la cobertura de residuos dejada por las cosechas anteriores.

Recientemente se ha venido tomando conciencia sobre el grave daño causado en suelos agrícolas. González et al. (2009), afirman que el tráfico de la maquinaria agrícola es la principal causa de compactación del suelo, la cual tiene carácter acumulativo. Estas prácticas generalmente conllevan a compactar el suelo, repercutiendo negativamente sobre los rendimientos del cultivo (Jiménez et al. 1992). Bajo condiciones extremas, la compactación de suelo puede impedir la penetración de las raíces (Forsythe et al. 2005).

La resistencia a la penetración es un parámetro que se relaciona directamente con la compactación del suelo, que es resultado del aumento en densidad y disminución de la porosidad, que tiene como resultado la pérdida de estructura y esta limita el crecimiento de las plantas y el rendimiento del cultivo (Campos Magaña et al. 2015). Una medida objetiva de la resistencia a la

penetración de un suelo puede ser obtenida por un instrumento llamado penetrómetro. Este es un dispositivo que puede ser introducido en el suelo o en una muestra de éste y medir la resistencia que ofrece a la penetración (Denoia y Giubileo 2008). Existen varios tipos de penetrómetros, pero el penetrómetro de cono se considera como el método más satisfactorio porque es un ensayo estático donde interactúan las fuerzas de corte del suelo (Rodríguez Carbajal et al. 2017).

En el estudio realizado por Jiménez et al. (1992), evaluó el efecto sobre la resistencia a la penetración a dos tipos de implementos, los cuales eran el arado de cincel el cual representa a labranza mínima y el arado de discos y rastrillo californiano que representa la labranza convencional. Para la determinación de la resistencia a la penetración Jiménez et al. (1992) utilizaron el penetrómetro registrador digital Bush Recording Soil Penetrometer, Mark Model 1976

Jiménez et al. (1992), pudieron determinar que sin el pase de maquinaria, no encontraron diferencias significativas en la resistencia a la penetración del suelo a diferentes profundidades, sin embargo, con un pase de arado de cincel, la resistencia disminuyó en los primeros 10.5 cm, comparado sin pase de maquinaria. Al realizar dos pases de arado de cincel, encontraron menor resistencia a la penetración en los primeros siete cm y a mayor profundidad, no hubo diferencia estadística significativa (Cuadro 7).

Cuadro 7

Resistencia a la penetración del suelo a diferentes profundidades por efecto de la labranza con el arado de cincel, en el Centro Agropecuario Marengo de la Universidad de Colombia.

Tratamiento	Profundidad (cm)	Resistencia a la penetración (Mpa)
Sin pase de maquinaria	3.5	2.02 a
	7.0	2.63 a
	10.5	2.60 a
	14.0	2.65 a
Un pase de arado de cincel	3.5	0.71 b
	7.0	1.47 b
	10.5	1.86 b
	14.0	2.48 a
Dos pases de arado de cincel	3.5	0.57 b
	7.0	1.28 b
	10.5	2.13 a
	14.0	2.94 a

Nota. Tomado de Jiménez et al. (1992). Adaptado por el autor

Los mismos autores (Jiménez et al. (1992), evaluaron el efecto del arado de discos a una profundidad de aproximadamente 24 cm, notándose que los tratamientos de uno y dos pases de arado y rastrillo, hasta una profundidad de 21 cm, muestran diferencias comparado sin el pase de maquinaria. Al comparar uno y dos pases con este arado y rastrillo, no se encontraron diferencias significativas de resistencia a la penetración en los primeros 14 cm. Los valores de resistencia a dos pases de arado y rastrillo fueron superiores a los de un pase de arado y rastrillo, sin diferencias estadística significativa (Cuadro 8).

Cuadro 8

Resistencia a la penetración del suelo a diferentes profundidades por efecto de la labranza con el arado de disco y rastrillo, en el Centro Agropecuario Marengo de la Universidad de Colombia.

Profundidad (cm)		3.5	7.0	10.5	14.0	17.5	21.0	24.5	28.0
Tratamiento	Sin pase de maquinaria	1.8	2.1	2.2	2.3	2.5	2.4	2.8	2.8
	Un pase de arado de disco + rastrillo	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1.1	1.8	2.4
	Dos pases de arado de disco + rastrillo	0.2	0.3	0.6	0.9	1.3	1.5	1.9	2.7

Nota. Adaptado de Jiménez et al. (1992).

En la investigación realizada por Martínez Herrera (2007), donde evaluó diferentes sistemas de labranzas, pudo concluir que en los primeros centímetros la labranza de conservación presentó penetración pero a partir de los 25cm esta iba disminuyendo, así mismo para la labranza de conservación la cual presentó un menor porcentaje de penetración en los primeros centímetros pero a partir de los 30 cm, aumentaba debido al pase de maquinaria. Demuner Molina et al. (2013), menciona que la labranza convencional tiende a presentar mayor grado de resistencia a la penetración a largo plazo comparado con labranza de conservación.

La materia orgánica, tiene efectos positivos en el suelo, por lo cual, lo ideal es que los suelos tengan desde 2.5 a 5%, para que favorezca a las propiedades químicas y físicas del suelo (Julca et al. 2006). La materia orgánica del suelo está formada por compuestos que provienen de desechos de animales y plantas. Su permanencia en el suelo es muy variable, que puede durar desde semanas a hasta siglos, la materia orgánica se conforma por dos fracciones: a lábil, que consta de la materia que se encuentra en transición y por otra parte, se encuentra la estable, la cual, la materia está más transformada (Julca et al. 2006).

En la investigación realizada por Gutierrez NC et al. (2002), tuvo como objetivo evaluar los niveles de materia orgánica que se encontraban en los suelos, donde se practicaba la labranza convencional y labranza cero. Las situaciones estudiadas, corresponden a suelos que se han estado trabajando durante 26 años bajo labranza convencional en monocultivos de algodón, sorgo y maíz y

los de labranza cero se trabajó durante 4 años en cultivos de rotación de maíz- soja. Cabe destacar que se realizaron muestro en profundidades de 0.00 – 0.06 m y 0.06 – 0.12 m y no se realizaron repeticiones para la investigación. Gutierrez NC et al. (2002), pudieron determinar que en la labranza convencional, los porcentajes de materia orgánica total son menores en relación con los de labranza cero. De igual forma, los niveles de materia orgánica joven y vieja, son menores comparados con los de labranza cero, sin embargo, no obtuvieron diferencias estadísticas significativas (cuadro 9).

Cuadro 9

Valores promedios de materia orgánica en labranza convencional y de conservación, en suelos de la serie Tizón, Provincia del Chaco, Argentina.

Labranza	Espesor de suelo de 0.00 - 0.06 (m)			Espesor de suelo de 0.06 - 0.12 (m)		
	MOT %	MOV %	MOJ %	MOT %	MOV %	MOJ %
Cero	2.75	2.31	0.44	2.39	2.11	0.28
Convencional	2.11	1.46	0.65	2.04	1.54	0.5

Nota. Tomado de Gutierrez NC et al. (2002). Mot. Materia Orgánica Total. Mov. Materia orgánica Vieja. Moj. Materia Orgánica Joven.

Los resultados de esta investigación fueron similar a los encontrados por Rodríguez Gonzáles et al. (2015), quienes evaluaron el efecto de labranzas sobre la materia orgánica y encontró que el porcentaje era mayor en diferentes profundidades para la labranza cero. Así mismo, Diovisalvi et al. (2006), dicen que los sistemas de labranza alteran la materia orgánica del suelo, la labranza convencional dado a que deja el suelo al descubierto, deja a la materia orgánica expuesta al oxígeno y de esta forma se oxida y va disminuyendo en el suelo. Mientras que en la labranza cero ofrece lo contrario, ya que deja el suelo cubierto.

Uno de los propósitos que tiene la labranza, es garantizar la buena circulación de agua, oxígeno y nutrientes para los cultivos, porque no debe ser ni deficiente, ni excesivo, pero si debe de efectuarse en el momento que el cultivo lo requiera. Por ese motivo, es que la humedad del suelo juega un papel muy importante para el crecimiento y desarrollo del cultivo (Olivet et al. 2019). Se considera que la humedad almacenada en el suelo, es muy importante para los cultivos, pues estos la aprovechan en momentos críticos de su desarrollo (Demuner Molina et al. 2012).

Demuner-Molina et al. (2014), realizaron un experimento donde evaluaron el efecto ocasionado por labranza vertical, labranza cero y convencional, en un suelo franco arcilloso, para determinar su porcentaje de humedad (Cuadro 10). Pudieron determinar la humedad del suelo utilizando una sonda TDR Fieldscout 300. Demuner-Molina et al. (2014), demostraron que la labranza cero tuvo una mejor retención de humedad que las demás labranzas, en cambio, la diferencia entre labranza convencional y labranza vertical fue mínima a favor de labranza convencional, aunque no muestran indicadores estadísticos.

Cuadro 10

Comparación de porcentaje de humedad entre labranzas en establecimientos de la Universidad

Autónoma Agraria Antonio Navarro, Coahuila, México.

Tratamientos	Humedad %
Labranza vertical	15.53
Labranza convencional	16.40
Labranza cero	21.32

Nota. Tomado de Demuner-Molina et al. (2014)

Querejeta et al. (2000), describen que los mejores resultados sobre de la retención de humedad en diferentes labranzas, se observan en un lapso de 4 años y también dependerá del tipo de textura del suelo. Los datos de esta investigación, son similares a los encontrados por Catañeda et al. (2010), estudiaron la humedad del suelo en sistemas de labranzas, donde encontraron el mayor porcentaje de humedad a favor de las labranzas de conservación comparado con labranza convencional. En el caso de la investigación realizada por Draghi et al. (2005) y Rodríguez Gonzáles et al. (2015) no encontraron diferencia entre las labranzas.

Comparación del Efecto en Plagas y Malezas

La preparación de suelo es un factor de suma importancia en el comportamiento y proliferación de malezas y plagas. También los sistemas de labranzas influyen en la composición de las comunidades de malezas en los cultivos (Gúnera López y Díaz Pérez 2000). La comunidad de malezas en los campos de producción se mantiene en constante cambio debido al manejo que se

someten y el sistema de labranza es el que percute más este cambio (Samadiego Sánchez 1998). Las semillas de malezas, se acumulan en el suelo y se localizan sobre la superficie del suelo, donde están expuestas a la luz solar, altas temperaturas y humedad o están enterradas a distintas profundidades (Vargas y La Cruz 1990).

En la investigación realiza por Samadiego Sánchez (1998), comparó la población de malezas encontradas en labranza de conservación y convencional, sacando el índice de diversidad (Cuadro 11). determinó que la labranza convencional ayuda a la propagación de las malezas, debido a que los implementos incorporan y distribuyen la semilla hasta donde penetra el implemento y en labranza de conservación las semillas son incorporadas de manera natural, por grietas en el suelo o por los canales dejados por animales, raíces del cultivo anterior o malezas (Pareja y Staniforth 1985). Samadiego Sánchez (1998), realizó la prueba Student-Newman-Keuls y concluyo que el índice máximo de diversidad fue similar para ambas labranzas y el de equidad fue mayor para labranza convencional.

Cuadro 11

Comparación de la población de malezas en labranza de conservación y labranza convencional, en Zamorano, Honduras, 1998

Parámetro	Labranza convencional	Labranza de conservación
Número total de malezas	1226.000	1760.000
Número total de especies	30.000	30.000
Índice de diversidad	3.220	1.901
Índice máximo de diversidad	4.907	4.907
Índice de equidad	0.657	0.388
Malezas ciperáceas		
Número total de malezas	62	8
Número total de especies	1	1
Índice de diversidad	0	0
Índice máximo de diversidad	0	0
Índice de equidad	0	0
Malezas gramíneas		
Número total de malezas	109.000	1292.000
Número total de especies	5.000	3.000
Índice de diversidad	0.818	0.245
Índice máximo de diversidad	2.320	1.585
Índice de equidad	0.350	0.155
Malezas hojas anchas		
Número total de malezas	1055.000	460.000
Número total de especies	24.00	26.000
Índice de diversidad	2.820	3.208
Índice máximo de diversidad	4.585	4.700
Índice de equidad	0.616	0.683

Nota. Tomado de Samadiego Sánchez (1998).

Godoy et al. (1995), determinaron que la labranza convencional es más factible al momento de la eliminación de malezas, ya que en esta se entierra las semillas a 10 - 15 cm. Según Vargas y Blanco (2012), la labranza de conservación deja las malezas enterrada en los primeros 5 cm del suelo, al mismo tiempo gracias al rastrojo que queda en la superficie, esto se convierte en barrera física y afecta a la temperatura, humedad y penetración de luz por lo cual limita la germinación y el crecimiento de malezas.

Vargas y La Cruz (1990), realizaron una investigación donde se pretendió conocer el efecto que ocasionaba la labranza, sobre la distribución y germinación de las semillas y plántulas de malezas en el perfil del suelo. Se realizaron experimentos tanto en el campo como en casa malla, los sistemas de labranza evaluados fueron la convencional, reducida y labranza cero. Se obtuvo una mayor incidencia de malezas en labranza convencional, debido a que en esta labranza se entierran los restos y semillas de maleza, mientras que, en labranza reducida y cero, no se propaga en el perfil del suelo (Cuadro 12).

Cuadro 12

Malezas predominantes en campo y en casa malla según el tipo de labranza, Centro Agronómico

Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), ubicado en Turrialba, Costa Rica

Genero	Campo			Casa de Malla		
	Convencional	Reducida	Cero	Convencional	Reducida	Cero
<i>E. Indica</i>	xxx	x	x	xxx	x	x
<i>Cyperus sp.</i>	x	x	x	x	xx	xx
<i>Digitaria</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Drimaria</i>						
<i>Chordata</i>	xx	x	x	xxx	x	x
<i>Commelina</i>	xx	x	x	xx	x	x
<i>Borreria</i>	xx	x	x	xx	x	x

Nota. Tomado de Vargas y La Cruz (1990). XXX. Alta incidencia. XX. Mediana Incidencia. X. Baja Incidencia

Los mismos autores (Vargas y La Cruz 1990), pudieron observar que la labranza reducida, promueve la germinación de maleza en los primeros 10 cm y que, a mayor profundidad del suelo, se va encontrando menor cantidad de semillas. El porcentaje de germinación de 0 - 5 cm de suelo en los sistemas de labranza cero y convencional no presentó diferencias significativas; sin embargo, observaron un mayor número de semillas extraídas en labranza cero que labranza convencional, debido a la acumulación que hay en la superficie del suelo. A pesar de esto, el porcentaje de germinación respecto al número de semillas/metro en el sistema de cero labranzas, fue de un 19%, mientras que en el de labranza convencional fue del 25%. Esto se puede llevar a cabo por la pérdida de viabilidad que sufren las semillas al quedar expuestas a condiciones ambientales extremas (cuadro 13).

Cuadro 13

Número de plantas brotadas y número de semillas por metro en labranza convencional, reducida y cero, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), ubicado en Turrialba, Costa Rica.

Profundidad de suelo (cm)	Sistemas de labranza					
	Convencional		Reducida		Cero	
	1	2	1	2	1	2
0 - 5 cm	8,200 a	32,000 a	4,867 b	36,000 a	8,267 a	44,000 a
5 - 10 cm	8,267 a	36,000 a	4,133 b	41,000 a	6,400 a	25,000 b
10 - 15 cm	6,667 a	47,000 a	3,800 b	32,000 b	4,667 b	22,000 b

Nota. Tomado de Vargas y La Cruz (1990). 1 número de plántulas de malezas / m. 2 número de semillas / m. * Medias con igual letra no presentan diferencias significativas según la Prueba de Duncan 5%.

Estos datos concuerdan con la investigación realizada por Valdivia Ruiz y López Carcache (1997), quienes igualmente encontraron menor cantidad de semillas a mayor profundidad en un suelo bajo labranza cero.

El tipo de labranza tiene efecto sobre el comportamiento de plagas en el suelo, aumentando o disminuyendo la incidencia de estas. En la investigación realizada por Dejub Caballero (1992), donde comparo dos sistemas de labranza para el control de plagas, encontró que, en el primer año de estudio, las labranzas no influyen sobre las poblaciones de gallina ciega (*Phyllophaga spp*). De igual manera, Valdivia Torres (1988), determina que la incidencia de gallina ciega es mayor en labranza cero que en labranza convencional, debido a que en la convencional se destruyen huevos, larvas y adultos de esta plaga durante el pase de maquinaria. Con respecto al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) Dejub Caballero (1992), encontró que, en el primer año de estudio, las poblaciones fueron similares en ambas labranzas. Posteriormente encontró mayor población de cogollero en labranza convencional, así mismo lo afirma (Valdivia Torres 1988). Existen otras plagas para el maíz, como ser el gusano medidor (*Mocis latipes Guenee*), pero estas no dependen del tipo de labranza, si no del control de malezas, así lo afirma (Dejub Caballero 1992).

En el caso de las plagas del cultivo del frijol, también influye el tipo de labranza. Una de las principales plagas de este cultivo es la babosa del frijol (*Sarasinula plebeia Fischer*). Estudios realizados por Valdivia Torres (1988), demostraron que existe una mayor infestación de babosa en labranza cero, debido a que esta labranza crea mejores condiciones de humedad por el rastreo, ya que sirve como hábitat y de alimento. Otra plaga muy importante es el lorito verde (*Empoasca kraemeri Ross & Moore*), según Valdivia Torres (1988), demostró que la labranza cero y convencional, no afecta la población de ninfas ni de adultos de lorito verde. De igual forma existen plagas como ser la mosca blanca (*Bemisia spp.*), el picudo de la vaina del frijol (*Apion godmani Wagner*), no se ven perjudicados por el tipo de labranza que se realice (Dejúb Caballero 1992). Es importante recalcar que no se encontró muchas referencias con relación al comportamiento de plagas sobre el tipo de labranza.

Comparaciones de Costos de Producción

La economía a largo plazo de la labranza cero, estará determinada más por la maximización del rendimiento de los cultivos que por la minimización del costo de los insumos (Reicosky y Saxton 2008). Los agricultores consideran cambiar de labranza convencional a labranza de conservación solamente con realizar una comparación de costos y rendimientos. Según Fernández y Morales (2013), la mayor parte de las investigaciones económicas realizadas enfatizan los altos costos de los insumos usados en labranza cero, lo cual se compensa con los menores costos operativos (maquinaria y mano de obra) y los altos rendimientos obtenidos.

Muchas comparaciones penalizan a la labranza cero, al imponer ciertas reducciones esperadas en el rendimiento de los cultivos. Las experiencias recientes han demostrado repetidamente que el uso de máquinas y sistemas avanzados para labranza cero, se produce rendimientos de cultivos que en el año uno, son al menos comparables con labranza convencional y tienen el potencial de mejorar con la edad posterior (Reicosky y Saxton 2008).

En el estudio de Echeverría Reyes (2014), realizó una siembra de maíz bajo los sistemas de labranza convencional y labranza cero. En dicho estudio se compararon las horas de trabajo que realizó la maquinaria sobre el terreno, donde Echeverría Reyes (2014), determinó que el sistema

de labranza cero requirió de 5.5 horas menos de maquinaria, comparado con las horas utilizadas en labranza convencional (Cuadro 14).

Cuadro 14

Horas maquinaria utilizadas con los sistemas de siembra directa y siembra convencional, en finca Sevilla, Masagua Escuintla, Guatemala.

Sistema de labranza	Arado	Rastra	Siembra	Fumigación	Cosecha	Total
Convencional	2.0	4.0	1.0	2.0	1.5	10.5
Cero	0.0	0.0	1.5	2.0	1.5	5.0

Nota. Tomado de Echeverría Reyes (2014).

En el mismo estudio, el mismo autor determino el consumo de combustible de cada labranza (Cuadro 15), ligado al resultado de las horas de trabajo (Cuadro 14), donde La labranza convencional hizo uso de una cantidad de 96 L de combustible durante las 10.5 horas de trabajo, mientras que labranza cero solamente utilizó 43 L en 5 horas de trabajo, teniendo un ahorro de 53 L comparado con el sistema convencional.

Cuadro 15

Consumo de combustible (L) con los sistemas de siembra directa y siembra convencional, en finca Sevilla, Masagua Escuintla, Guatemala.

Sistema de labranza	Arado	Rastra	Siembra	Fumigación	Cosecha	Total
labranza Convencional	24	32	6	10	24	96
Labranza cero	0	0	9	10	24	43

Nota. Tomado de Echeverría Reyes (2014).

Estos datos concuerdan con Ruiz-Espinoza et al. (2009), quienes realizaron una investigación donde se determinó que el consumo de combustible es notablemente más bajo en el manejo del suelo con labranza de conservación, debido al poco uso de maquinaria. Así mismo, Paneque Rondón et al. (2005), evaluaron tres sistemas de labranza donde se pudo observar que el consumo de combustible fue mayor en labranza convencional y el menor consumo se obtuvo en labranza de conservación.

En las comparaciones en la labranza cero, se deberían de tomar en cuenta las reducciones de mano de obra, numero de tractores, las horas de trabajo y el consumo de combustible, debido que la

labranza cero tiene un costo energético menor comparado con el de labranza convencional. Aquí los tractores solo trabajan un cuarto o la mitad comparado con labranza convencional (Rondón et al. 2005). Un agricultor estadounidense que recientemente se convirtió de la labranza convencional a labranza cero, informa que con equipo avanzado para labranza cero se llega siempre a una situación positiva. No solo obtuvo sus mejores rendimientos con labranza cero, sino que ahora usa menos combustible para las tareas del cultivo que para las tareas de la cosecha (Reicosky y Saxton 2008).

En el estudio realizado por Navarro Garay (2016), realizó una comparación tomando en cuenta los costos directos e indirectos entre la labranza convencional y labranza de conservación, para poder saber cuál implica mayores costos (Cuadro 16). La labranza convencional tuvo los costos más altos, dado a la mayor cantidad de mano de obra y el costo de la utilización de la maquinaria. Por esto se puede determinar, que la labranza de conservación puede resultar más rentable.

Cuadro 16

Consolidado de Costos directos e indirectos para el cultivo de maíz en los dos tipos de labranza, en los terrenos pertenecientes a la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Costos Directos	Tipo de Labranza			
	Convencional		Conservación	
	Valor S/.	%	Valor S/.	%
A. Mano de Obra	457.50	39.94	367.50	58.32
B. Maquinaria	480.00	41.90	160.00	25.39
C. Insumos	103.87	9.06	45.30	7.19
Sub Total	1,041.37	90.90	572.80	90.90
Costos Indirectos				
D. Administrativos	52.07	4.55	28.64	4.55
E. Costos Financieros	52.07	4.55	28.64	4.55
Sub Total	104.14	9.10	57.28	9.10
Total	1,145.51	100.00	630.08	100.00

Nota. Tomado de Navarro Garay (2016). S/. sol. Unidad monetaria de Perú.

En el informe realizado por Valverde et al. (2004), se estableció, que la rentabilidad en labranzas de conservación es mayor, debido a que los costos de preparación del suelo disminuyen

comparado con labranza convencional. Estos datos se relacionan con el estudio de Dejub Caballero (1992), quien utilizó estas dos labranzas para producción de maíz y se concluyó que la producción fue mayor y los costos de producción fueron menor en la labranza de conservación. Así mismo, Ochoa Neira (2011), analizó los costos de producción de sorgo y maíz bajo dos sistemas de labranza y pudo concluir que la rentabilidad fue mayor en labranza de conservación y también aquí mismo se obtuvieron los menores costos.

Conclusiones

La labranza de conservación genera un mejor rendimiento en cosecha y así mismo da un mejor desarrollo de la zona radicular, una mayor altura y diámetro de tallo en el maíz. La labranza de conservación aporta y acumula más materia orgánica, así mismo retiene más humedad y mejora la densidad aparente del suelo. La pérdida de suelo es mayor en labranza convencional, debido a que el suelo queda expuesto luego de ser laboreado y es susceptible a la erosión. La resistencia a la penetración es mayor en los primeros centímetros del suelo en labranza de conservación, pero a medida va aumentando la profundidad, es mayor para labranza convencional debido al tránsito y peso de la maquinaria.

La labranza de conservación evita la alta incidencia de malezas gracias al rastrojo en la superficie, así mismo, la labranza convencional promueve una mayor cantidad de semillas de maleza a una mayor profundidad. La incidencia de plagas es similar en los primeros años para las dos labranzas, a medida pasan los años, la incidencia varía. Los costos de producción para la labranza de conservación son menores dado a que se trabaja menos horas y se gasta menos combustible y mano de obra.

Recomendaciones

Realizar una investigación experimental sobre los efectos producidos por labranza convencional y labranza de conservación, evaluando el rendimiento en cosecha, los cambios sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y sus costos de producción. Investigar más a profundidad sobre el comportamiento de plagas de suelo según el tipo de labranza, ya que, no se encuentra información actualizada de esta variable.

Referencias

- Baker CJ, Saxton KE, editores. 2008. Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación. 1ª ed. Roma, Italia: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ISBN: 978-92-5-305389-6; [consultado el 10 de abr. de 2021]. <http://www.fao.org/3/al298s/al298s.pdf>.
- Bernal N, Montealegre G, Ipaz S, Chaparro O, Ramírez L. 2007. Efecto de cuatro métodos de labranza sobre las propiedades físicas y pérdida de suelo en la rotación de papas-pasto en áreas de ladera en una región alto andina de Colombia. *Acta Agronómica*; [consultado el 19 de jun. de 2021]. 57(1):35–42. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v57n1/v57n1a05.pdf>.
- Bomden M. 2010. Evaluación económica y financiera de un proyecto de inversión para el reemplazo de un sistema de labranza convencional por el de siembra directa [Tesis de postgrado]. La Pampa, Argentina: Universidad Nacional De La Pampa; [consultado el 20 de may. de 2021]. https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/945/e_bomeva118.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Caicedo Guerrero S. 2004. Labranza Mínima. En: Caicedo Guerrero S, Bernal Riobo JH, Navas Ríos GE, Salamanca Solís CR, Guevara Agudelo EJ, Botero Quintero RJ, editores. *Labranza de conservación para la producción de cultivos semestrales en el piedemonte llanero: Labranza mínima*. Villavicencio, Meta, Colombia: [sin editorial]. p. 12–14. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11348/6675>.
- Camacho GA. ago. 2020. Efecto de dos métodos de labranza y tres densidades de siembra sobre la producción de maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) en el valle del medio Piura. [Tesis de Postgrado]. Piura, Perú: Universidad Nacional De Piura; [consultado el 30 de jul. de 2021]. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2684/CSAGRA-CAM-LAZ-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Campos Magaña SG, López López JA, Cadena Zapata M, Reynolds Chávez MA, Cuervo Piña N, Ramírez Fuentes G. 2015. Desarrollo de un penetrometro integrado con tecnología GPS-RTK para la generación de mapas de resistencia a la penetración del suelo. *Terra Latinoamericana*; [consultado el 15 de jun. de 2021]. 33(2):119–128. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000200119.
- Carrasco J, Felmer S, Lemus G, Pasten J. 2008. *Frutales: Labor del subsuelo de suelos compactados*. Chile: Instituto de averiguaciones agropecuarias. *Frutales y Viñas*; [consultado el 12 de jun. de 2021]. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/6384/NR34851.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Castellanos M. 2012. *Manual de Preparación de suelos con Tracción Animal*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano; [consultado el 12 de jun. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1358/1/01.pdf>.
- Castillo Cerna CM. sep. 2005. Selección y calibración de indicadores locales y técnicos para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca cusamá el tuma-ladalia Matagalpa. [Tesis de Pregrado]. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria; [consultado el 14 de jun. de 2021]. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp35c352.pdf>.
- Catañeda M, Osinaga R, Arzeno J. 2010. Evaluación de la Humedad del Suelo en Cuatro Sistemas de Labranza y a dos distancias de siembra. Bolivia: [sin editorial]; [consultado el 6 de ago. de 2021].

- http://appweb.inta.gov.ar/w3/prorenea/zonadescarga/Sist_prod_sost/48-Evaluac-Hum_suelo-Sist-Labranza.pdf.
- Ceballos V D, Hernández I O, Vélez L J. nov. 2018. Efecto de la labranza sobre las propiedades físicas en un andisol del departamento de Nariño [Monografía]. Colombia: Universidad de Nariño; [consultado el 19 de jun. de 2021]. <http://sired.udenar.edu.co/5531/>.
- Cháves AA, Rojas L, Mora A. 2017. Métodos de labranza conservacionista y maquinaria para la conservación de suelos en el establecimiento de plantaciones dendroenergéticas. [sin lugar]: Banco Centroamericano de Integración Económica; [consultado el 3 de nov. de 2021]. https://fondohondurasespana.bcie.org/fileadmin/fhe/espanol/archivos/publicaciones/Educacion_Superior/1_Metodos_Labranza_Conservacionista_Maquinaria_Dendroenerg.pdf.
- Córdon Suáres EP, Gaitán Bellorin IE. 1993. Efecto de la rotación de cultivo y metodos de control de malezas sobre la cenosis de malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento en los cultivos maíz [Tesis de Pregrado]. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria; [consultado el 18 de mar. de 2021]. <https://repositorio.una.edu.ni/1477/1/tnf08c796.pdf>.
- Cuadra Romano M. 1988. Efectos de diferentes niveles de nitrógeno, espaciamientos y poblaciones sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (Zea mays L.) [Tesis de pregrado]. Managua, Nicaragua: Instituto Superior De Ciencias Agropecuarias; [consultado el 9 de abr. de 2021]. <https://repositorio.una.edu.ni/2492/1/tnf04c961e.pdf>.
- Dejub Caballero IF. ago. 1992. Labranza convencional y cero: evaluación agronómica y económica, dinámica de plagas y factores de mortalidad del maíz y frijol en relevo [Tesis de Pregrado]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano; [consultado el 19 de abr. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5015/1/CPA-1992-T021.pdf>.
- Delgado R, Cabrera de Bisbal E, Gamez F, Navarro L. 2010. Efecto del tipo de labranza sobre el suministro del agua y el crecimiento del frijol en un suelo mollisol de Venezuela. *Agronomía Tropical*; [consultado el 17 de abr. de 2021]. 60(2):177–191. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2010000200007&script=sci_arttext&tlng=en.
- Demuner Molina G, Cadena Zapata M, Campos Magaña SG. 2013. Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*; [consultado el 19 de jun. de 2021]. 22(1):68–71. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542013000500012&script=sci_arttext&tlng=pt.
- Demuner Molina G, Cadena Zapata M, Campos Magaña SG, Zermeño Gonzales A, Sánchez Pérez FdJ. 2012. Efectos de tres sistemas de labranza y mejoradores de suelo en la disponibilidad de humedad y volumen de exploración de raíces. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*; [consultado el 5 de ago. de 2021]. 3(4):719–727. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342012000900014&script=sci_arttext.
- Demuner-Molina G, Cadena-Zapata M, Campos-Magaña SG, Zermeño-Gonzales A, Sánchez-Pérez FdJ. 2014. Efecto de labranza y mejoradores de suelo en humedad y desarrollo radicular. *Tecnología y ciencias del agua*; [consultado el 5 de ago. de 2021]. 5(2):123–130. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222014000200008.
- Denoia J, Giubileo G. 2008. Penetrómetro para el estudio de costras de suelo en laboratorio. *Ciencia, Docencia y Tecnología*; [consultado el 15 de jun. de 2021]. XIX(37):191–204. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14511370009>.

- Diovisalvi N, Studdert G, Dominguez G. 2006. Materia orgánica total y particulada en un molisol de balcarce bajo dos sistemas de labranza. Balcarce, Argentina.: [sin editorial]; [consultado el 5 de ago. de 2021]. <https://cutt.ly/VRMt6aH>.
- Draghi LM, Botta GF, Balbuena RH, Claverie JA, Rosatto H. 2005. Diferencias de las condiciones mecánicas de un suelo arcilloso sometido a diferentes sistemas de labranza. *Rev. bras. eng. agríc. ambient*; [consultado el 6 de ago. de 2021]. 9(1):120–124. <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/rbwLKxctfxxWtGXzGd64jmS/?lang=es>. doi:10.1590/S1415-43662005000100018.
- Echeverría Reyes NM. 2014. Comparación del costo beneficio de siembra directa vrs. siembra convencional en el cultivo de maíz (zea mays; poaceae) en finca Sevilla, Masagua, Escuintla, durante el año 2003 [Tesis de pregrado]. Quetzaltenango, Guatemala: Universidad Rafael Landívar; [consultado el 14 de jun. de 2021]. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/04/Echeverria-Nery.pdf>.
- Fernández JM, Morales FJ. 2013. Determinación del costo de labranza y siembra en un establecimiento del departamento capital en la provincia de la Pampa [Tesis de Pregrado]. La Pampa, Argentina: Universidad Nacional De La Pampa; [consultado el 14 de jun. de 2021]. https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/1504/a_ferdet364.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Forsythe W, Sancho F, Villatoro M. 2005. Efecto de la compactación de suelos sobre el rendimiento del maíz en tres localidades de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*; [consultado el 22 de abr. de 2021]. 29(3):175–185. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43626961021>.
- Galeana M, Trinidad Santos A, García Calderón NE, Flores Román D. 1999. Labranza de conservación y fertilización en el rendimiento de maíz y su efecto en el suelo. *Terra Latinoamericana*; [consultado el 12 de jun. de 2021]. 17(4):325–335. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317407>.
- Galván Castillo F. 2006. Ideas Concyteg: Labranza de concervacion. <https://sices.guanajuato.gob.mx/resources/ideas/ebooks/15/descargas.pdf>.
- Godoy G, Vega J, Pitty A. 1995. El tipo de labranza afecta la flora y distribución vertical del banco de semillas de maleza [Tesis de Pregrado]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano; [consultado el 26 de abr. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3675/1/04.pdf>.
- Gómez-Calderón N, Villagra-Mendoza K, Solorzano-Quintana M. 2018. La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Tecnología en Marcha*. 31(1):167–177. doi:10.18845/tm.v31i1.3506.
- González O, Iglesias CE, Herrera Suárez M. 2009. Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*; [consultado el 15 de jun. de 2021]. 18(2):57–63. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93215937011>.
- Gúnera López JA, Díaz Pérez JL. 2000. Efecto de labranza y manejo de malezas sobre el comportamiento de la cenosis y el rendimiento del frijol comun (Phaseolus vulgaris L.) [Tesis de Pregrado]. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria; [consultado el 3 de mar. de 2021]. <https://repositorio.una.edu.ni/1785/1/tnf07g975.pdf>.
- Gutierrez NC, Venialgo C, Gutierrez JR. 2002. Materia orgánica en sistemas de labranza y cultivos en la Serie Tizón. *Agrotecnia*. (9). doi:10.30972/agr.09468.

- Gutiérrez M, Ordaz Chaparro V, Castellanos Ramos JZ. 2003. Rendimiento de maíz y frijol en dos tipos de labranza en un suelo vertisol. *Agricultura Técnica en México*; [consultado el 28 de abr. de 2021]. 29(2):179–192. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60829208>.
- Gutiérrez Mariscal J. 2014. Efecto de tres sistemas de labranza y rotación de cultivo en las propiedades físicas de un suelo franco-arcilloso. [Tesis de Postgrado]. Saltillo, Coahuila, Mexico: Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro; [consultado el 18 de jun. de 2021]. <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/7548/Guti%C3%A9rrez%20Mariscal%2C%20Jes%C3%BA.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Hernández Escobar I, Urra Zayas I, Díaz Viruliche L, Pérez Petiton J, Hernández Cuello G. 2013. Labranza mínima y efecto alelopático en la producción de frijol común en la empresa agropecuaria 19 de Abril de la provincia Mayabeque. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*; [consultado el 31 de jul. de 2021]. 22(3):46–48. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000300008.
- Herrera G. mar. 2017. Efecto de prácticas de labranza sobre la compactación del suelo, el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz, en la Frailesca, Chiapas [Tesis de pregrado]. Chiapas, Mexico: Universidad Autónoma de Chiapas; [consultado el 13 de jun. de 2021]. <http://148.222.11.200/jspui/bitstream/123456789/3104/1/RIBC149036.pdf>.
- Jaramillo J. 2015. Evaluación de cuatro sistemas de labranza en maíz (Zea maíz L.) en el valle del río Portoviejo [Tesis]. Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí; [consultado el 18 de jun. de 2021]. <https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/sathiri/article/download/75/111/420>.
- Jiménez J, Puentes H, Leiva FR. 1992. Efectos de tratamientos de labranza sobre la resistencia a la penetración de un Andisol. *Agronomía Colombiana*; [consultado el 6 de mar. de 2021]. 9(1):30–39. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21135>.
- Julca A, Meneces, Liliana, Sevillano R, Bello S. 2006. La Materia Orgánica, Importancia y Experiencia De Su Uso En La Agricultura. *Indesia*. 24(1):49–61. doi:10.4067/S0718-34292006000100009.
- Leverón Sosa ER. 2020. Análisis de los beneficios de la utilización de cultivos de cobertura: Revisión de literatura [Tesis de Pregrado]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano; [consultado el 12 de jun. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6893/1/CPA-2020-T066.pdf>.
- López Alcocer F. 1987. Evaluación sobre el efecto de dos sistemas de labranza en el cultivo de maíz en la zona del plan montaña de tlapa. [Tesis de Pregrado]. Las Agujas, municipio de Zapotán: Universidad De Guadalajara; [consultado el 17 de abr. de 2021]. http://repositorio.cucba.udg.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/1253/Lopez_Alcocer_Fernando.pdf?sequence=1.
- López Cintrón A. 2004. Características del suelo en el cultivo del maíz bajo labranza cero y labranza convencional en suelos típicos del Valle de Quimistán, Honduras. [Tesis de Pregrado]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano; [consultado el 20 de mar. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2052/3/CPA-2004-T031.pdf>.
- Martínez Gamiño MA, Jasso Chaverria C, Osuna Ceja ES, Reyes Muro L, Huerta Díaz J, Figueroa Sandoval B. 2014. Efecto del fertirriego y labranza de conservación en propiedades del suelo y el rendimiento de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*; [consultado el 11 de abr. de 2021]. 5(6):937–949. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342014000600003&script=sci_arttext.

- Martínez Herrera EE. 2007. Cero labranza, carbono y capacidad productiva de un suelo aluvial en la zona central de Chile. [Tesis de Postgrado]. Santiago, Chile: Universidad de Chile; [consultado el 19 de jun. de 2021]. <https://cutt.ly/uRMMygPu>.
- Méndez-Natera JR, Medina OH, Fendel JE, Merazo JF. 2002. Efecto de diferentes métodos de labranza y de la forma de aplicación de urea sobre el rendimiento de semillas y sus componentes en tres cultivares de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). Revista de la facultad de agronomía; [consultado el 18 de jun. de 2021]. 19(1):34–47. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182002000100004.
- Muñoz DA. 2016. Diagnóstico de la degradación de los suelos en cultivos de arroz riego intermitente y seco bajo el sistema de labranza tradicional aplicado, en los llanos del Casanare [Tesis de postgrado]. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia; [consultado el 31 de jul. de 2021]. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57887/2016-David_Alejandro_Mu%C3%B1oz.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Nava FD, Herrera Suárez M, García de la Figal AE, Martínez JR. 2015. Análisis de los sistemas de fuerza surgidos durante la operación del Arado de palo tradicional mexicano. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias; [consultado 30.07.21]. 24(1):29–37. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000100004.
- Navarro A, Figueroa Sandoval B, Ordaz Chaparro VM, González Cossio FV. 2000. Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frijol. Terra Latinoamericana; [consultado 21-10-21]. 18(1):61–69. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57318107>.
- Navarro Garay FH. 2016. Comparación de costos de producción empleando dos sembradoras sembradoras de precisión en agricultura de conservación y convencional. [Tesis de pregrado]. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina; [consultado el 14 de jun. de 2021]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2719/E16-N38-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ochoa Neira MG. dic. 2011. Labranza de conservación una alternativa tecnológica [Tesis de pregrado]. Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro; [consultado el 19 de jun. de 2021]. <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/795/62044%20s.pdf?sequence=1>.
- Olguín López JL, Guevara Gutiérrez RD, Carranza Montaña JA, Scopel E, Barreto OA, Mancilla Villa OR, Talavera Villareal A. 2017. Producción y rendimiento de maíz en cuatro tipos de labranza bajo condiciones de temporal. Idesia; [consultado el 18 de jun. de 2021]. 35(1):51–61. https://www.researchgate.net/publication/318976887_Produccion_y_rendimiento_de_maiz_en_cuatro_tipos_de_labranza_bajo_condiciones_de_temporal. doi:10.4067/S0718-34292017005000018.
- Olivet YE, Rodríguez AO, Hernández DC. 2019. Efecto de dos sistemas de labranza mínima sobre la humedad de un suelo Fluvisol para cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Centro Agrícola; [consultado el 5 de ago. de 2021]. 46(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852019000100018&script=sci_arttext&tlng=en.
- Osuna-Cejas ES, Figueroa-Sandoval B, Oleschko K, Flores-Delgadillo MdL, Martínez-Menez MR, González-Cossio FV. 2006. Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas; [consultado el 14 de jun. de 2021]. 40(1):27–38. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952006000100027&script=sci_arttext.

- Paneque Rondón P, León Noguera P, Morales AA. 2005. Costo energético de tres sistemas de labranza en el cultivo de maíz. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 14(2):23–27. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93214204>.
- Pareja M, Staniforth D. 1985. Seed-Soil Microsite Characteristics in Relation to Weed Seed Germination. *Weed Science*. 33(2):190–195. <http://www.jstor.org/stable/4044331>.
- Querejeta JI, Roldan A, Albaladejo J, Castillo V. 2000. Soil Physical Properties and Moisture Content Affected by Site Preparation in the Afforestation of a Semiarid Rangeland. *Soil Sci. Soc. Am. J*; [consultado el 6 de ago. de 2021]. 64(6):2087–2096. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2136/sssaj2000.6462087x>. doi:10.2136/sssaj2000.6462087x.
- Ramos E. 2019. Tipos de Sembradoras Agrícolas. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España; [consultado 12.062021]. <https://www.tractoresymaquinas.com/tipos-de-sembradoras-agricolas/>.
- Reicosky DC, Saxton KE. 2008. Reducción de las emisiones ambientales y secuestro de carbono. En: Baker CJ, Saxton KE, editores. *Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación*. 1ª ed. Roma, Italia: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). p. 311–323 ; [consultado 2021]. <http://www.fao.org/3/al298s/al298s.pdf>.
- Rodríguez T. 1997. producción de maíz (Zea mays L.) bajo dos sistemas de labranza y tres métodos de control de malezas efecto sobre la dinámica de las malezas y el crecimiento y rendimiento del cultivo [Tesis de pregrado]. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria; [consultado el 5 de abr. de 2021]. <https://repositorio.una.edu.ni/1669/1/tnf01r696p.pdf>.
- Rodríguez Carbajal MC, Benavides L, Gil Reuto DA. 2017. Diseño, ensamble y calibración del equipo para obtención del límite líquido y plástico mediante el penetrometro de cono modificado para la norma BS-1377- [Artículo]. Colombia: Universidad Piloto de Colombia; [consultado el 15 de jun. de 2021]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/1476>.
- Rodríguez Gonzáles A, Martínez Cañizares JA, Arcia Porrua J, García Lamas J, Hernández Gómez A, Cid Lazo G. 2015. Propiedades del suelo bajo la acción de dos sistemas de labranza en el maíz. *Revista Ingeniería Agrícola*; [consultado el 5 de ago. de 2021]. 5(4):52–57. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586261427010>.
- Romero G. 2002. Fundamentos básicos en la utilización de máquinas y equipos para laboreo del suelo, establecimiento y mantenimiento de cultivos. Puerto Carreño Vichada: [sin editorial]. http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4731/2/2006719104256_Utilizacion%20de%20maquina%20y%20equipos%20de%20laboreo.pdf.
- Rondón P, León P, González Oliva N. 2005. Reducción del costo energético utilizando labranza cero en el cultivo del frijol. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*; [consultado el 13 de jun. de 2021]. 14(1):33–36. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93214108>.
- Ruiz-Espinoza FH, Vázquez-Vázquez C, García-Hernández JL, Salazar-Sosa E, Orona-Castillo I, Zuñiga-Tarango R, Murillo-Amador B, Jerez-Mompies E, Beltran-Morales FA. 2009. Comparación del costo energético de dos manejos del suelo para albahaca. *Terra Latinoamericana*; [consultado el 18 de jun. de 2021]. 27(4):383–389. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792009000400013&script=sci_arttext.
- Samadiego Sánchez RD. 1998. Efecto de dos sistemas de labranza sobre la dinámica de las poblaciones de malezas en El Zamorano, Honduras [Tesis de pregrado]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano; [consultado el 16 de mar. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2656/1/CPA-1998-T096.pdf>.

- Torrenes Vilches LR, Rizo Zeledón ME. 1999. Evaluación de diferentes practicas de labranza de suelo en el crecimiento y rendimiento de maíz (Zea mays L.) y la extraccion de nutrientes del cultivo y las malezas [Tesis de pregrado]. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria; [consultado el 17 de mar. de 2021]. <https://repositorio.una.edu.ni/1710/1/tnf07t692.pdf>.
- Ureste J, Campos S. 1995. Respuesta del cultivo de maíz a la labranza de conservación en cuatro diferentes suelos tropicales. *Agronomía Mesoamericana*; [consultado el 20 de jun. de 2021]. (6):80–87. http://www.mag.go.cr/rev_meso/v06n01_080.pdf.
- Uribe C H, Rouanét M JL. 2002. Effect of three tillage systems on moisture content in the soil profile. *Agricultura Técnica*; [consultado el 14 de jun. de 2021]. 62(4):555–564. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0365-28072002000400007&script=sci_arttext&tlng=en. doi:10.4067/S0365-28072002000400007.
- Vaca V, Martinez JJ, Huerta A, Morales E, Gonzáles B, Rodríguez f. 2014. Compactación de un vertizol bajo tres sistemas de labranza en maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*; [consultado el 15 de mar. de 2021]. 5(8):1495–1507. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000800013&lang=es.
- Valdivia Ruiz MJ, López Carcache J. 1997. Efecto de tres sistemas de labranza y métodos de control de maleza, sobre genosis, plagas y enfermedades en el cultivo de maiz. [Tesis de pregrado]. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria; [consultado 21-10-21]. <https://repositorio.una.edu.ni/1677/1/tnf07v146e.pdf>.
- Valdivia Torres AI. 1988. Evaluación de dos tipos de labranza y dos manejos de rastrojo en el sistema maíz y frijol en relevo. [Tesis de pregrado]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano; [consultado 06.10.21]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4025/1/CPA-1988-T042.pdf>.
- Valverde F, Ramos M, Esrada S, Silva J, Ruales W, Parra R. 2004. Evaluación de sistemas de labranza de suelo y fertilizacion en la asociacion de maíz y frijol. Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias. Boletin Tecnico Informe no. 121; [consultado el 19 de jun. de 2021]. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2528/1/iniapscbt121.pdf>.
- Vargas M, Blanco H. 2012. Efecto de prácticas de manejo del suelo sobre el banco de semillas de malezas, Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*; [consultado el 7 de ago. de 2021]. XIII(26):43–57. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66624662003>.
- Vargas M, La Cruz R. 1990. Germination response of weed seeds under the evironments and tilling systems [Articulo científico]. Costa Rica: Universidad de Costa Rica; [consultado 13.09.21]. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/78717>.
- Zamora Albán CI. 2018. Determinación del efecto de la densidad de siembra y estructura del dosel de híbridos de maíz (Zea mays L.), en el nivel de productividad, época lluviosa [Tesis de pregrado]. Quevedo – Los Ríos – Ecuador: Universidad Técnica Estatal De Quevedo; [consultado el 11 de mar. de 2021]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3312/1/T-UTEQ-0142.pdf>.