



**TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO**



---

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**  
**Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca**  
**Subdirección de Posgrado e Investigación**  
**Maestría en Producción Pecuaria Tropical**

**TESIS**

**PRODUCCIÓN DE BIOMASA, COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y  
COSTOS DE PREPARACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ BAJO CUATRO  
MECANISMOS DE LABRANZA**

**PRESENTA**

**DULCE MILAGROS CRUZ HERNÁNDEZ**

**DIRECTORA DE TESIS**

**DRA. ERIKA ANDREA HERNÁNDEZ**

**CODIRECTOR DE TESIS**

**DR. JUAN PATISHTAN PÉREZ**

**TANTOYUCA, VERACRUZ.**

**AGOSTO DEL 2024**



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



VERACRUZ  
GOBIERNO  
DEL ESTADO



SEV  
Secretaría  
de Educación



DET  
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN  
TANTOYUCA



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FORMATO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN  
DE TESIS DE POSGRADO

Tantoyuca, Ver., a 13 de agosto de 2024.

C. Dulce Milagros Cruz Hernandez

PRESENTE:

De acuerdo al dictamen emitido por el jurado asignado para la revisión de su Trabajo Profesional, integrado por los siguientes catedráticos:

PRESIDENTE: Dra. Erika Andrea Hernandez

SECRETARIO: Dr. Juan Patishtan Pérez

VOCAL: Dra. Karla Lissette Silva Martínez

SUPLENTE: Dr. Armando Arrieta González

Y considerando que cumple con todos los requisitos del reglamento de titulación en vigor del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, doy a usted la autorización para que proceda a imprimir su Trabajo de Posgrado para titulación por la:

Opción de "TESIS" cuyo nombre del trabajo es:

"Producción de biomasa, composición nutricional y costos de preparación del cultivo de maíz bajo  
cuatro mecanismos de labranza"

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los fines correspondientes a su Examen de Grado de **Maestro en Producción Pecuaria Tropical**, por lo cual deberá entregar al encargado de Titulación de Posgrado un ejemplar de su documento final de tesis empastado en color vino con letras doradas y cuatro CD's (debidamente rotulados) en archivo PDF, así como donar un libro (nuevo) de su LGAC al Centro de Información (Biblioteca).

Esperando que el logro del mismo sea congruente con sus deseos profesionales.

ATENTAMENTE

Director Académico



C.c.p. Servicios Escolares.  
Titulación de Posgrado



## INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

### CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Tantoyuca, Veracruz a 13 de agosto de 2024

Yo, **Dulce Milagros Cruz Hernandez**, alumno (a) de la carrera de **Maestría en Producción Pecuaria Tropical**, con numero de control **M223S0015**, por medio del presente declaro mi conformidad para ceder los derechos del proyecto: **Producción de biomasa, composición nutricional y costos de preparación del cultivo de maíz bajo cuatro mecanismos de labranza**, desarrollado en: INIFAP Sitio Experimental Ébano SLP, durante el periodo comprendido del 15 de septiembre del año 2022 al 15 de mayo del año 2023 del cual declaro:

- Que es inédito
- Que es de mi autoría y me hago responsable por su contenido
- Que autorizo al Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca para que, en el caso de que sea o divulgado en cualquier medio impreso o electrónico.
- El presente instrumento no contempla remuneración alguna por la transferencia de los derechos sobre dicho} proyecto.

Lo anterior con el fin de que quede expresamente asentado mi consentimiento total a favor del instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca en todo lo relativo al proyecto en mención.

Para constancia firma:

Vo. Bo.

**Dulce Milagros Cruz Hernandez**

**Dra. Erika Andrea Hernandez**

## DEDICATORIA

A mi amado hijo Isaías:

Desde el momento en que llegaste a mi vida supe que todo valía la pena. Cada sacrificio, cada esfuerzo y cada desvelo tiene un propósito claro, brindarte un futuro lleno de oportunidades y amor. Esta tesis es dedicada a ti. Tu eres mi inspiración constante y mi mayor motivación. Con cada página de este trabajo quiero mostrarte que con esfuerzo y a pesar de las circunstancias, todo es posible. Eres mi orgullo y la luz que ilumina mis días.

Espero que, algún día al leer estas palabras comprendas cuanto te amo y cuanto significo tu llegada para mí.

Con amor, mamá.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de este viaje académico y personal.

En primer lugar, a la Dra. Erika Andrea Hernández por su guía y apoyo incondicional. Sus consejos y conocimientos han sido vitales para el desarrollo de esta tesis. Gracias por creer en mí y por impulsarme a dar lo mejor de mí en cada momento.

A mis compañeros de la maestría, por compartir conmigo esta experiencia única. Juntos hemos superado retos y disfrutado de logros, creando recuerdos que atesoraré siempre.

A mis maestros y asesores de tesis Dra. Karla Lissette Silva Martínez y el Dr. Juan Patishtan Pérez, por su dedicación y compromiso en nuestra formación. Cada lección impartida ha sido una pieza clave en mi crecimiento académico y profesional.

Al Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca (ITSTa), por brindarme la oportunidad de ser parte de la Maestría de Producción Pecuaria Tropical.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), por la beca otorgada para realizar el trabajo de investigación.

Al Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental “Las Huastecas” y al CENID F y MA, Querétaro, que me brindaron las herramientas y el entorno necesario para desarrollar esta investigación. Su apoyo fue esencial para llevar a cabo este trabajo.

Y, por último, a mi familia, por su amor y comprensión. Gracias por estar a mi lado en todo momento. Su apoyo incondicional ha sido la base sobre la cual he construido este logro.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

## RESUMEN

A nivel mundial, la preocupación por la degradación del suelo y su impacto en la producción de cultivos, la salud del suelo y la sostenibilidad de los recursos naturales es creciente, por tal motivo la implementación de la agricultura de conservación pretende incluir prácticas agrícolas que beneficien tanto la producción del cultivo como el medio ambiente. El objetivo del presente estudio consistió en determinar el rendimiento de biomasa verde, composición nutricional y costos de preparación de terreno en maíz como cultivo forrajero empleando prácticas agrícolas de conservación. El experimento se estableció en el Sitio Experimental Ébano, San Luis Potosí, perteneciente al Campo Experimental “Las Huastecas” del INIFAP. Se ocupó un área total de 3072 m<sup>2</sup>, dividida en cuatro unidades de 128 m<sup>2</sup>, cada una, con dimensiones de 20 x 6.4 m. La siembra de maíz híbrido MX-775 se llevó a cabo en la segunda semana de diciembre de 2022, con una densidad de 50,000 semillas ha<sup>-1</sup>. Se evaluaron cuatro mecanismos de labranza: Labranza Convencional, Labranza Mínima, Labranza Con Multiarado y Siembra Directa. Se tomaron datos agronómicos como altura de la planta y diámetro de tallo, así como muestras de lámina foliar, tallo y mazorca a los 90 días de siembra para estimar Rendimiento de Forraje Verde, Rendimiento de Materia Seca, Rendimiento Lámina Foliar, Rendimiento Tallo, Rendimiento Mazorca, estas mismas muestras se utilizaron para determinar el contenido nutricional de Proteína cruda, Fibra en detergente neutro y ácido, Lignina y Cenizas. Se recolectaron datos de costo de preparación del terreno para estimar la inversión de cada una de las labranzas. Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con 6 repeticiones, obteniendo en total 24 unidades experimentales. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey P<0.05), empleando el paquete estadístico Statistical Analsys System (SAS) versión 9.3. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los mecanismos de labranza y las variables agronómicas sin embargo la labranza con multiarado presentó una tendencia superior en rendimiento comparada con las demás labranzas. La composición nutricional no presentó diferencias significativas, sin embargo, las concentraciones de las variables evaluadas estuvieron dentro del rango óptimo para la ingesta de los rumiantes. El costo de preparación de terreno demostró que la siembra directa permite un notable ahorro en costos de producción. Se recomienda un transcurso entre cinco y siete años para que un sistema de agricultura de conservación alcance su equilibrio, ya que, en los primeros años, los rendimientos pueden ser inferiores a los que se obtienen bajo agricultura convencional.

**Palabras clave:** Forraje, costos, sustentabilidad

## ABSTRACT

Globally, there is growing concern about soil degradation and its impact on crop production, soil health, and the sustainability of natural resources. For this reason, the implementation of conservation agriculture aims to include agricultural practices that benefit both crop production and the environment. The objective of this study was to determine the green biomass yield, nutritional composition, and land preparation costs of corn as a forage crop using conservation agricultural practices. The experiment was established at the Ébano Experimental Site, San Luis Potosí, belonging to the INIFAP “Las Huastecas” Experimental Field. A total area of 3072 m<sup>2</sup> was occupied, divided into four units of 128 m<sup>2</sup> each, with dimensions of 20 x 6.4 m. The sowing of hybrid corn MX-775 was carried out in the second week of December 2022, with a density of 50,000 seeds ha<sup>-1</sup>. Four tillage mechanisms were evaluated: Conventional Tillage, Minimum Tillage, Tillage with Multi-plow and Direct Seeding. Agronomic data such as plant height and stem diameter were taken, as well as samples of leaf blade, stem and cob at 90 days of sowing to estimate Green Forage Yield, Dry Matter Yield, Leaf Blade Yield, Stem Yield, Cob Yield. These same samples were used to determine the nutritional content of Crude Protein, Fiber in neutral and acid detergent, Lignin and Ash. Data on the cost of land preparation were collected to estimate the investment of each of the tillages. A completely randomized block design with 6 repetitions was used, obtaining a total of 24 experimental units. The data obtained were analyzed using an analysis of variance (ANOVA) and a multiple comparison test of means (Tukey P<0.05), using the Statistical Analysis System (SAS) version 9.3. No statistically significant differences were found between the tillage mechanisms and the agronomic variables, however, multi-plow tillage showed a higher yield trend compared to the other tillage methods. The nutritional composition did not show significant differences, however, the concentrations of the variables evaluated were within the optimal range for ruminant intake. The cost of land preparation showed that direct sowing allows significant savings in production costs. A period of five to seven years is recommended for a conservation agriculture system to reach its equilibrium, since, in the first years, yields may be lower than those obtained under conventional agriculture.

**Keywords:** Forage, costs, sustainability





## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	4
<b>RESUMEN</b> .....	5
<b>ABSTRACT</b> .....	6
<b>1. Introducción</b> .....	9
<b>2. Objetivos</b> .....	12
2.1 General .....	12
2.2 Específicos.....	12
<b>3. Hipótesis</b> .....	12
<b>4. Marco teórico</b> .....	13
4.1 Antecedentes .....	13
4.2 Estado del arte.....	15
<b>5. Metodología</b> .....	38
5.1 Área y periodo de estudio .....	38
5.2 Descripción de los tratamientos .....	38
5.4 Descripción y manejo del objeto de estudio.....	41
5.5 Diseño experimental y análisis estadístico.....	42
<b>6. Resultados y discusión</b> .....	43
6.1 Variables agronómicas.....	43
6.2 Composición nutricional.....	47
6.3 Costos de preparación del terreno.....	49
<b>7. Conclusiones</b> .....	51
<b>8. Recomendaciones</b> .....	52
<b>9. Literatura citada</b> .....	53
<b>ANEXOS</b> .....	68



## ÍNDICE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Rango de temperaturas en el cultivo de maíz amarillo .....	29
<b>Cuadro 2.</b> Preparación del terreno con cuatro sistemas de labranza.....	39
<b>Cuadro 3.</b> Riegos realizados en el periodo del cultivo.....	40
<b>Cuadro 4.</b> Variables agronómicas de maíz bajo cuatro mecanismos de labranza. ....	45
<b>Cuadro 5.</b> Composición nutricional del maíz bajo cuatro mecanismos de labranza.....	47
<b>Cuadro 6.</b> Costos de preparación de terreno por hectárea .....	49
<b>Cuadro 7.</b> Diésel utilizado por horas.....	49

## ÍNDICE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Precipitación mensual y temperaturas máximas y mínimas del sitio experimental durante diciembre 2022 a mayo 2023. ....	38
<b>Figura 2.</b> Lote experimental en el Sitio Experimental Ébano, San Luis Potosí. Mapa Digital de México V6 1 (inegi.org.mx).....	39

## 1. Introducción

Las prácticas de conservación del suelo representan una estrategia crucial para contrarrestar la degradación continua que puede ocurrir al establecer cultivos. La labranza reducida se refiere a métodos de preparación del terreno donde se minimiza el uso frecuente de varios implementos de labranza convencional. Por lo tanto, la cero labranza se define como un sistema de preparación del terreno en el cual la siembra se realiza directamente en el suelo no mecanizado (Díaz et al., 2023).

Las prácticas de labranza de conservación, en su enfoque más amplio, abarcan sistemas de labranza mínima que emplean diversos implementos agrícolas, como el arado de cincel, al utilizar las prácticas de labranza cero que prescinden de la labranza del suelo, pero esto pueden implicar el uso de herbicidas antes de la siembra. La elección entre estos enfoques alternativos de labranza puede influir en diversas condiciones del suelo, tales como la humedad, el contenido de oxígeno y el nivel de carbono orgánico (Villora et al., 2019).

Las prácticas agrícolas convencionales, que incluyen labranza tradicional, monocultivo y una gestión limitada de residuos de cultivos, junto con la creciente presión de la población humana y ganadera, han contribuido a la degradación del suelo, los recursos hídricos y el medio ambiente en la región de Medio Oriente y el Norte de África. En contraste, la Agricultura de Conservación, vista como una forma de agricultura inteligente, busca lograr rendimientos aceptables manteniendo niveles de producción elevados y sostenibles. Simultáneamente, la agricultura de conservación se enfoca en preservar y regenerar los suelos, así como en proteger el entorno natural (Devkota et al., 2022).

A nivel mundial, la agricultura se enfrenta a desafíos significativos en relación con el cambio climático, la seguridad alimentaria, la conservación de la biodiversidad y la mitigación de impactos ambientales. En este contexto, la agricultura de conservación y la agricultura regenerativa son consideradas ampliamente como enfoques esenciales para abordar estos desafíos actuales y futuros. Estos enfoques buscan no solo garantizar la producción de alimentos de manera sostenible, sino también promover la resiliencia

de los sistemas agrícolas frente a las amenazas ambientales y climáticas en curso (Rehberger et al., 2023).

La agricultura de conservación es una práctica agrícola sostenible que implica la combinación de varias técnicas, incluida la labranza mínima o nula, la cobertura permanente del suelo utilizando residuos de cultivos y la rotación de cultivos. Este enfoque se centra en mantener la salud del suelo, minimizar la erosión y mejorar la productividad a largo plazo (Wekesah et al., 2019).

El estudio resalta de manera evidente los beneficios de la agricultura de conservación en comparación con el método convencional empleado en el sistema de cultivo arroz-trigo. Un aspecto destacado incluye la modificación positiva del suelo subterráneo, que implica un aumento en la porosidad y un mayor volumen de microporos al adoptar la agricultura de conservación. Este cambio favoreció la retención de agua a lo largo del tiempo. La mayor humedad en el suelo redujo la resistencia del suelo subterráneo y facilitó el crecimiento de las raíces (Mondal et al., 2019).

El creciente requerimiento de alimentos resalta la necesidad crucial de mejorar las prácticas de gestión para la conservación del suelo, con el propósito de maximizar la eficiencia en el uso del agua de lluvia y los fertilizantes. No obstante, esta creciente inquietud está directamente vinculada a las pérdidas de agua y suelo en áreas agrícolas, las cuales pueden ser atribuidas a prácticas de gestión ineficientes o inadecuadas, así como al desperdicio de recursos no renovables o de renovación lenta, como el agua, el suelo y los fertilizantes, entre otros factores. A pesar de la reconocida importancia de las prácticas de conservación del suelo para los sistemas de producción, la erosión persiste como el principal mecanismo de degradación del suelo (Utzig et al., 2023).

En México, se han implementado diversas estrategias para conservar los suelos, como incentivos económicos, planificación participativa, la creación de módulos demostrativos con infraestructura hidráulica y obras estructurales, y la adopción de prácticas agronómicas sostenibles. A pesar de estos esfuerzos, aproximadamente la mitad de los suelos del país muestran signos de degradación, lo que conlleva impactos socioambientales significativos. Esta situación indica la necesidad de revisar de manera

crítica las experiencias y programas existentes para redirigir la política de conservación de suelos en México (Cotler et al., 2016).

En la actualidad, los eventos ambientales significativos han tenido un impacto considerable en la población en diversos estratos económicos y sociales, y particularmente en el ámbito de la producción agrícola. Este escenario ha puesto la necesidad de priorizar la sostenibilidad, la cual no se limita únicamente a la preservación de los recursos naturales, sino que también abarca aspectos económicos y sociales ya que implica no solo asegurar la salud y estabilidad de los ecosistemas, sino también garantizar la equidad y el bienestar de las comunidades humanas (González Flores et al., 2020). Por tal motivo el objetivo de la investigación es determinar el rendimiento de biomasa verde y costos de preparación de terreno en maíz como cultivo forrajero empleando prácticas agrícolas de conservación.

## 2. Objetivos

### 2.1 General

- ✓ De Determinar el rendimiento de biomasa, valor nutricional y costos de preparación de terreno en maíz (*Zea mays*) como cultivo forrajero empleando prácticas agrícolas de conservación

### 2.2 Específicos

- ✓ Evaluar el rendimiento de biomasa de maíz forrajero sobre tres prácticas de agricultura de conservación y un testigo
- ✓ Determinar la composición nutricional de maíz forrajero bajo el esquema de agricultura de conservación
- ✓ Estimar costos de inversión de las prácticas de agricultura de conservación en el cultivo de maíz

## 3. Hipótesis

Las prácticas de agricultura de conservación agrícola contribuyen a mejorar la producción y composición nutricional de maíz y a reducir los costos de preparación del terreno.

## 4. Marco teórico

### 4.1 Antecedentes

Komolafe, (2022) evaluó el impacto de labranza cero y labranza convencional en las propiedades del suelo así como en el crecimiento y rendimiento del maíz, observando que la práctica de labranza cero resultó en una mayor altura de las plantas de maíz y valores del suelo superiores en comparación con la labranza convencional, por otra parte, el rendimiento de grano fue mayor en la labranza cero con 1,71 t/ha en comparación con la labranza convencional con 0,97 t/ha.

Yang et al, (2021) evaluaron el efecto de la labranza cero y la labranza convencional en la producción de biomasa y la mitigación de carbono observando que la implementación de la labranza cero demostró mejorar tanto la producción de cultivos como la capacidad de mitigar el carbono en el suelo. Aunque el aumento en la densidad de plantas de maíz podría potencialmente mejorar el rendimiento en cultivos intercalados de maíz y guisantes, también resultó en un aumento de las emisiones de carbono. Sin embargo, durante un período de tres años, la combinación de labranza cero con una densidad media de plantas logró un incremento del 14,5 % en el rendimiento total de grano y una reducción del 3,5 % en las emisiones de carbono en comparación con la labranza convencional con baja densidad de maíz.

González et al, (2020) evaluaron el uso de la agricultura de conservación para mantener la estabilidad de los atributos morfológicos y de rendimiento del maíz, con el fin de aplicar métodos agrícolas que mejoren estos aspectos y beneficien tanto la producción del cultivo como el medio ambiente. Los resultados del estudio mostraron que la práctica de la siembra directa conserva las características morfológicas y de rendimiento del maíz, al mismo tiempo que contribuye a la conservación del suelo y a la reducción de la erosión. Se confirmó que el uso de buenas prácticas agrícolas como la siembra directa en la producción de maíz mantiene las propiedades morfológicas del cultivo, mientras se adopta una tecnología que beneficia al medio ambiente.

Montesdeoca et al, (2023) evaluaron dos ciclos, otoño-invierno y primavera-verano en los cuales se concluyó que la siembra directa resulta más rentable que la labranza

convencional para el cultivo de maíz. Esto se explica por la mejor adaptación del maíz al sistema de labranza conservacionista, que requiere menos mano de obra y maquinaria agrícola, y, por ende, un menor consumo de combustible. Los agricultores encuentran más rentable vender su producción de maíz en estado verde en lugar de en estado seco, ya que el maíz fresco es un alimento habitual en la dieta ecuatoriana, lo que garantiza una demanda constante. Además, en esta etapa de crecimiento de la planta, se pueden aprovechar otras partes como los tallos y las hojas para alimentar animales de granja, lo que agrega valor al cultivo de maíz en este sistema agrícola.

Andrade et al, (2023) evaluaron diferentes métodos de siembra de maíz verde y sus efectos en varios aspectos, como altura de la planta, contenido de clorofila, rendimiento de biomasa, contenido de materia seca, proteína y fibra. Se encontró que la siembra directa favoreció un mayor crecimiento y contenido de clorofila, mientras que la remoción mínima mostró el mejor rendimiento en biomasa. La siembra convencional tuvo el mayor contenido de materia seca. Además, se observaron diferencias en la calidad del forraje entre los métodos de siembra, con la siembra directa siendo más favorable para la proteína cruda y la fibra detergente neutra.

Kolapo y Kolapo, (2023) señalaron que la aceptación y aplicación de un conjunto alternativo de prácticas agrícolas de conservación están fuertemente influenciadas por diversos factores, tales como la edad, género, experiencia agrícola, tamaño de la finca, educación formal, acceso a servicios de extensión y membresía en asociaciones agrícolas. Además, se evidenció que la adopción de este paquete alternativo de prácticas de conservación tiene un impacto positivo en la productividad de los agricultores, manifestándose en mejoras tanto en el rendimiento de los cultivos como en los ingresos agrícolas netos. Estos resultados destacan la importancia de considerar factores socioeconómicos y demográficos al promover prácticas agrícolas sostenibles para maximizar los beneficios tanto para los agricultores como para el medio ambiente.

Omulo et al, (2024) resaltan la importancia de las percepciones de los agricultores emergentes respecto a la agricultura de conservación como una vía esencial para alcanzar la seguridad alimentaria, un requisito clave para la comercialización agrícola.





La formación técnica, la influencia social, los servicios de extensión y los medios de comunicación desempeñan roles cruciales en la formación de las intenciones de los agricultores emergentes de adoptar la agricultura de conservación. Por ende, optimizar las intervenciones tanto del sector público como del privado puede elevar el rendimiento, las habilidades y los conocimientos de estos agricultores. Aprovechar las normas subjetivas, que incluyen la formación técnica, la influencia mediática, el respaldo social y los servicios de extensión, se presenta como una estrategia efectiva para fomentar prácticas agrícolas sostenibles como la agricultura de conservación.

## 4.2 Estado del arte

### **Agricultura convencional**

La agricultura convencional o tradicional se basa en la labranza del suelo como la operación principal de remover la capa arable previamente a la siembra, la herramienta más ampliamente utilizada para llevar a cabo esta operación es el arado de discos que corta, afloja e invierte total o parcialmente los primeros 15cm de suelo. Generalmente, la labranza convencional implica más de una operación para la preparación del suelo. Así, la mayoría de los suelos manejados bajo una agricultura arable, intensiva y prolongada se degradan constantemente. Esta degradación estructural del suelo resulta en la compactación y en la erosión del suelo. Los procesos de erosión y disminución de la fertilidad del suelo son dramáticos en ambientes cultivados de forma intensiva y se pueden observar en casi todas las regiones agrícolas del mundo. La mecanización de la labranza del suelo, que si bien es cierto permite mayores profundidades de trabajo, hace uso de ciertos implementos como arados, rastras de discos y cultivadores rotativos que a largo plazo tienen efectos muy perjudiciales sobre la estructura del suelo (Baker et al., 2008).

Bajo estas consideraciones se asume que los sistemas de labranza convencional, que incluyen un intenso y continuo laboreo del suelo, son a menudo responsables de la degradación de los suelos y de la caída en la productividad de los cultivos (Feng et al., 2020).



Para mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas de cultivo se han sugerido una serie de innovaciones técnicas, por ejemplo, la rotación de los cultivos, la cual permite romper los ciclos de patógenos del suelo y reducir la presión de malezas (Castillo-Valdez et al., 2021); la reducción de las prácticas de labranza, en combinación con la retención de residuos de los cultivos sobre la superficie del suelo, que puede propiciar una mayor infiltración de agua e incrementar la cantidad y duración de la humedad disponible durante el crecimiento de los cultivos (Caicedo-Rosero et al., 2021), aumentando la eficiencia del uso del agua y reduciendo la erosión del suelo (Arias et al., 2018). De igual forma, la acumulación de los residuos sobre la superficie del suelo forma una barrera natural contra la pérdida de agua por evaporación y conserva la temperatura del suelo.

### **Impacto de la labranza convencional en las propiedades fisicoquímicas del suelo**

La actividad agrícola convencional, especialmente aquella que implica labranza intensiva utilizando herramientas como el arado de vertedera y la rastra de discos, puede tener impactos negativos significativos en el medio ambiente, incluido el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y la degradación del suelo (Martínez-Gamiño et al., 2023). Por otra parte, puede liberar grandes cantidades de carbono almacenado en el suelo a la atmósfera en forma de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Esto se debe a que la labranza perturba la capa superficial del suelo, exponiendo la materia orgánica al aire y acelerando su descomposición, lo que libera carbono. Además, la exposición del suelo a la erosión puede liberar carbono orgánico adicional (Aguilera et al., 2020). Además, labranza intensiva puede alterar la estructura del suelo y reducir su capacidad para retener nutrientes, agua y carbono. Esto puede conducir a la erosión del suelo, la pérdida de la fertilidad y la disminución de la productividad agrícola a largo plazo (Bernal et al., 2020).

A nivel mundial, la preocupación por la degradación del suelo y su impacto en la producción de cultivos, la salud del suelo y la sostenibilidad de los recursos naturales es creciente. En las prácticas agrícolas convencionales, la pérdida de la capa superior del suelo fértil debido a la escorrentía y la erosión de las tierras cultivables es una

preocupación significativa. Esta pérdida de suelo fértil compromete la capacidad de producción agrícola y agrava los problemas de seguridad alimentaria y ambientales (Jayaraman y Dalal, 2022).

La degradación del suelo conlleva a una serie de consecuencias directas que incluyen la pérdida de biodiversidad, la emisión de gases de efecto invernadero y el desequilibrio en el ciclo hidrológico del agua. Esto resulta en una disminución de la capacidad productiva del suelo y su respuesta a las enmiendas y prácticas de conservación. Como resultado, se observan rendimientos agrícolas más bajos y un aumento en los requerimientos hídricos y nutricionales para mantener la productividad del suelo (Vargas et al., 2023).

### **Agricultura de conservación**

La agricultura de conservación (AC) ha sido ampliamente utilizada en las últimas décadas en varias partes del mundo. Se le considera una valiosa alternativa, ante la agricultura convencional, debido a su potencial para proteger los suelos de la erosión y compactación, para conservar la humedad del suelo, y para reducir los costos de producción. Con la AC se logran importantes ahorros en combustible, mano de obra, maquinaria y otros gastos, debidos principalmente un menor número de labores culturales para la preparación del terreno (Sayre y Hobbs, 2004)

Las prácticas de labranza de conservación, en su enfoque más amplio, abarcan sistemas de labranza mínima que emplean diversos implementos agrícolas, como el arado de cincel, al utilizar las prácticas de labranza cero que prescinden de la labranza del suelo, pero esto pueden implicar el uso de herbicidas antes de la siembra. La elección entre estos enfoques alternativos de labranza puede influir en diversas condiciones del suelo, tales como la humedad, el contenido de oxígeno y el nivel de carbono orgánico (Villora et al., 2019).

En Grecia, la agricultura de conservación ha sido probada en forma limitada por una minoría de agricultores, sobre una base empírica, o en fase experimental por los institutos de investigación. La investigación hasta ahora ha demostrado que, a pesar de algunos inconvenientes como la maquinaria adecuada, dejar el rastrojo, y los resultados a largo plazo, la AC puede resultar atractiva para los agricultores, ya que puede generar

igual o incluso mayor rendimiento que la agricultura convencional y también por su potencial para reducir los costos de producción (Lithourgidis et al., 2009).

Las prácticas de agricultura de conservación tienen el potencial de incrementar la producción de cultivos, por lo que su gestión se considera un conjunto de prácticas de labranza específicas que buscan mejorar el rendimiento y reducir las emisiones de carbono. Sin embargo, la efectividad de estas prácticas puede variar significativamente según la región, las condiciones climáticas y los tipos de cultivos involucrados. Por lo tanto, es crucial adaptar las estrategias de agricultura de conservación a las características específicas de cada área para lograr los mejores resultados (Xiao et al., 2020).

Desde 2006 hasta 2017, Brasil experimentó un notable aumento del 84,9% en la extensión de tierras dedicadas a cultivos anuales mediante la práctica de siembra directa, pasando de 17,9 a 33,0 millones de hectáreas. Este crecimiento en la superficie cultivada se manifestó de manera consistente en las cinco regiones principales del país: Sur, Sudeste, Medio Oeste, Norte y Noreste. Además, el número de explotaciones agrícolas que adoptaron la práctica de siembra directa aumentó, pasando de 507,000 a más de 553,000, lo que representa un incremento del 9,2%. Este fenómeno refleja una tendencia generalizada hacia la adopción de la siembra directa en la agricultura brasileña, impulsada por consideraciones de sostenibilidad, conservación del suelo y eficiencia en el uso de recursos (Fuentes-Llanillo et al., 2021).

### **Sistemas de labranzas**

La labranza es una técnica fundamental en la agricultura para preparar el suelo, utilizando diversas herramientas que descompactan el terreno y lo acondicionan para el cultivo. A lo largo de los años, diferentes métodos de labranza han sido desarrollados, impulsados por los avances en la tecnología agrícola. Esta evolución ha permitido optimizar el proceso, mejorando la eficiencia y efectividad de la preparación del suelo, durante la época colonial, en 1524, los españoles introdujeron en América el arado de palo, una herramienta que revolucionó las prácticas agrícolas de la región. Este arado, que se empleaba junto con bueyes para aprovechar su fuerza de tiro, permitió a los

agricultores aumentar significativamente la tracción y la capacidad de labranza del suelo (Nava et al., 2015).

En los siglos que siguieron, la economía global se vio dominada por el avance continuo de diversas máquinas y herramientas agrícolas, las cuales jugaron un papel crucial en la mejora y eficiencia del trabajo de la tierra. Estos desarrollos permitieron transformar radicalmente las prácticas agrícolas, facilitando tanto la preparación como el cultivo del suelo. Hoy en día, se han adoptado y perfeccionado varios métodos de labranza, incluyendo la labranza convencional, la mínima y la labranza cero, cada uno diseñado para optimizar recursos y minimizar el impacto ambiental (Castellanos, 2012).

La labranza del suelo son todas aquellas prácticas de manejo o explotación del suelo o del cultivo, que se llevan a cabo de diferentes formas sobre el (Jaramillo et al., 2011).

La fragmentación del suelo es el objetivo principal de la mayoría de las operaciones de labranza, para crear en el suelo un ambiente favorable para el establecimiento y el crecimiento del cultivo (Ávila et al., 2016).

Las operaciones de labranza pueden ser buenas o malas, dependiendo de cuando se realicen y como se realicen, es decir, si un suelo se ha deteriorado en sus características físicas; esta compactado y los cultivos no se desarrollan, quizás es necesario ayudar a recuperar esas características físicas pasando implementos que básicamente rompen el suelo y en algunos casos lo voltean, para así permitir la entrada y almacenamiento de agua, aire, fertilizantes y abonos; que se pueda colocar allí una semilla y que esta germine al permitir que sus raíces crezcan y se desarrolle la planta, por lo tanto cuando un suelo es afectado en sus propiedades físicas, se afecta también sus propiedades químicas y biológicas (Torres-Guerrero et al., 2013).

## Labranza convencional

El objetivo principal de la labranza convencional es preparar un suelo uniforme y suelto para facilitar la siembra, esto se logra a través de varios pasos: Primer paso: El arado principal corta y voltea el suelo, descomponiendo la capa superficial y enterrando residuos. Segundo paso: Se utiliza una grada o cultivador para romper los terrones grandes de tierra y nivelar el campo, creando una superficie más fina y adecuada para la siembra. Paso de rastra: A menudo, una tercera pasada con una grada de discos ligera se emplea para refinar aún más el suelo de siembra, asegurando que esté libre de terrones grandes y malezas (Crittenden & de Goede, 2016).

Esta práctica 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 las lluvias que frecuentemente ocasionan la erosión del suelo (Robles et al., 2020).

La labranza convencional tiene a su vez una gran influencia respecto a la compactación, pero de forma positiva esto porque los cultivos que se comprenden en una rotación generan un mayor sistema radicular diferente esto permitiéndoles explorar a distintas profundidades del perfil del suelo conllevándolo a la disminución de la compactación del suelo. Esto en comparación con la labranza cero la cual produce un aumento de la densidad aparente y la resistencia a la penetración (Moro et al., 2004).

La remoción intensiva del suelo puede aumentar la erosión de este, especialmente en pendientes pronunciadas o suelos con baja cobertura vegetal. A largo plazo, el uso frecuente de maquinaria pesada puede provocar compactación del suelo, reduciendo su capacidad de infiltración de agua y aire. La labranza intensiva puede degradar la estructura del suelo, disminuir la materia orgánica y la biodiversidad microbiana, afectando negativamente la fertilidad a largo plazo (Seitz et al., 2018).

Una ventaja significativa de la labranza convencional es su efectividad en el control de malezas. Al invertir la tierra, las semillas de malezas situadas en la superficie se entierran, impidiendo así su germinación. Este método también simplifica las tareas agrícolas posteriores, ya que deja el suelo sin grandes terrones ni residuos en la

superficie. Además, mejora la aireación del suelo, beneficiando su estructura y permitiendo un mejor crecimiento de los cultivos (Camacho, 2021).

### **Labranza vertical**

La roturación vertical de los suelos es una práctica conocida desde 1860, cuando se comenzaron a usar las cultivadoras de cincel; lamentablemente este sistema fue desplazado por la labranza horizontal en virtud de la popularidad que alcanzaron los implementos de discos y vertederas (Camacho-Tamayo y Rodríguez, 2007).

La 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 normalmente con una buena cobertura de rastrojo de más de 30% sobre la superficie (Demuner-Molina et al., 2014).

Castillo-Valdez et al., (2021) el sistema de manejo de suelo donde se busca alterar al mínimo la condición del suelo, para que se desarrolle el cultivo con el objetivo de reducir los gastos de energía y conservar humedad y disminuir la erosión del suelo, y reducir el tráfico de máquinas sobre el campo.

### **Labranza cero**

La labranza cero, también conocida como siembra directa, se diferencia de la labranza convencional en que busca minimizar la alteración del suelo al máximo para conservar su estructura natural. En este método, las semillas se siembran directamente en los residuos de la cosecha anterior, sin realizar ningún tipo de labranza previa. Este enfoque resulta especialmente beneficioso en regiones susceptibles a la erosión del suelo (UE et al., 2023).

La siembra directa tiene un impacto significativo en la diversidad microbiana mejorando el estado nutricional del suelo, una mayor capacidad de captura de carbono. y a largo plazo una mejora en las relaciones entre carbono, nitrógeno y fósforo, sugiriendo que estas prácticas pueden contribuir a la sostenibilidad agrícola (Ren et al., 2024).

Los beneficios de la labranza cero para la mitigación de la compactación y la mejora de la estructura del suelo han sido evidentes a largo plazo. Los cambios en las propiedades





físicas del suelo parecen concentrarse principalmente en los primeros 10 cm de profundidad. Se ha observado que la labranza cero induce cierto grado de repelencia al agua, lo que puede contribuir a la preservación de los agregados del suelo y al aumento del almacenamiento de carbono. Además, se ha registrado una disminución en la densidad aparente del suelo y la resistencia a la penetración, lo que ha reducido la compactibilidad del suelo en un rango del 4 al 13 % en la capa superficial de 0 a 15 cm de profundidad (Blanco-Canqui & Ruis, 2018).

Ramírez-Barrientos et al., (2006) Mencionan que la cero labranza del suelo modifica la dinámica y la conservación del agua en el suelo, de igual manera el desarrollo de plagas, malezas y enfermedades.

Los sistemas de labranza directa se han considerado como un manejo efectivo de los suelos agrícolas para el control de la erosión en donde se demuestra que hay una reducción en la pérdida del suelo de tal manera genera una ganancia de sedimentos de hasta 78.0 y el 78.2% que se pueden esperar en el suelo cultivada con este tipo de práctica (Ciarlo et al., 2020).

El ahorro de combustibles, hasta en un 80 por ciento usado para el establecimiento de cultivos comerciales. En esta práctica al igual se tiene un mayor ahorro de tiempo en comparación de la preparación con la labranza convencional principalmente en los periodos de barbecho. Existen varias ventajas, como lo es el incremento de materia orgánica, mejor infiltración, prevención de la erosión del suelo, conservación de la humedad, mejor aireación, preservación de las lombrices de tierra y otras faunas del suelo y disminución de la necesidad de riego (Sandoval-Estrada et al., 2008).

La siembra directa incrementa las reservas orgánicas, al tiempo que causa una reducción en el pH, especialmente notable en la capa superficial de 0-5 cm. Este fenómeno contribuye significativamente a mejorar la fertilidad del suelo. Se observó un aumento significativo en la acumulación de materia y carbono orgánicos, especialmente en la capa de 0-5 cm, con aumentos del 1 al 2% y del 0.5 al 1.5%, respectivamente. Sin embargo, a medida que se profundizaba en el suelo, la acumulación de materia orgánica disminuyó (Báez et al., 2017).



## Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es una estrategia agrícola que implica alternar diferentes tipos de cultivos en una misma parcela de tierra durante ciclos de siembra sucesivos, es una estrategia clave para aumentar la resiliencia climática en la agricultura, ya que diversifica la producción, mejora la salud del suelo, controla enfermedades y plagas, y optimiza el uso de los recursos hídricos. Esto ayuda a los agricultores a adaptarse mejor a las condiciones climáticas cambiantes y a mantener la productividad a largo plazo (Yu et al., 2022).

La rotación de cultivos es una práctica agrícola beneficiosa que alterna diferentes cultivos en el mismo terreno a lo largo de varias temporadas. Esta técnica ayuda a mejorar las propiedades físicas del suelo, como la estructura y la capacidad de retención de agua, reduce la pérdida de suelo debido a la erosión al mantener una cobertura vegetal continua, y controla naturalmente plagas y enfermedades al interrumpir sus ciclos de vida específicos. Además, fomenta la conservación de nutrientes al equilibrar los requerimientos del suelo entre cultivos sucesivos, promoviendo así sistemas agrícolas más sostenibles y resilientes (Bernal et al., 2008).

La rotación de gramíneas es una práctica agrícola que implica alternar cultivos de gramíneas, como el maíz, el trigo, el arroz o el sorgo, en una misma parcela de tierra durante ciclos de siembra sucesivos, la rotación de gramíneas es una práctica agrícola beneficiosa que contribuye a mantener la salud del suelo, controlar las malezas, diversificar la producción y mejorar el ciclo de nutrientes en el agroecosistema (Garbelini et al., 2022).

Eze et al., (2020) concluyeron que tras un período de 10 a 12 años implementando sistemas de agricultura de conservación centrados en el cultivo de maíz asociado o en rotación con otros cultivos en tres ubicaciones de prueba en el centro y sur de Malawi, se evidenciaron mejoras notables en las propiedades hidráulicas del suelo. Estas mejoras abarcaban la capacidad de retención de agua en los poros del suelo, así como la transmisión y retención de agua dentro de la zona de raíces, específicamente a una profundidad de 0-30 cm. Estos resultados sugieren que la adopción de prácticas

agrícolas de conservación en el cultivo de maíz ha generado beneficios significativos para la calidad del suelo en estas regiones.

Madembo et al, (2020) Exploraron las estrategias de cultivos intercalados de maíz y leguminosas para pequeños agricultores de agricultura de conservación al comparar entre el cultivo intercalado y el cultivo único revelaron que en todos los entornos de la granja el maíz cultivado de manera exclusiva superó en rendimiento a todas las estrategias de cultivo intercalado. Sin embargo, la estrategia de cultivo intercalado de maíz/paloma superó al maíz cultivado de manera exclusiva en casi todos los entornos de la estación. En términos generales, el rendimiento total del sistema de cultivos intercalados fue superior al del maíz en la mayoría de los ambientes, indicando la capacidad de los cultivos intercalados para mejorar los rendimientos del sistema de cultivo.

### **Principales razones para utilizar los sistemas de labranza de conservación**

Se estima que a nivel mundial se manejan alrededor de 105 millones de ha bajo labranza de conservación. Desde 1987 al 2008 la tecnología ha experimentado un aumento de 74 veces en América Latina, de 670.000 ha a 49,6 millones ha, contra un aumento de apenas 6,5 veces en EE. UU. Las razones más importantes del por qué los agricultores han optado por utilizar este nuevo sistema de producción son: menos trabajo, mayores ingresos, control de la erosión, ambientalmente deseable y mejor nivel de vida (Busari et al., 2015).

**Conservación del suelo:** Los sistemas de labranza de conservación mantienen la cobertura del suelo con residuos de cultivos y vegetación, lo cual protege la capa superior del suelo de la erosión causada por el viento y el agua. Esto es especialmente crucial en regiones con pendientes pronunciadas o suelos susceptibles a la erosión. Al no invertir el suelo con labranza profunda, se preserva la estructura agregada del suelo, evitando la compactación y permitiendo una mejor infiltración de agua y aire (Sithole et al., 2016).



**Retención del agua:** La cobertura del suelo proporcionada por los residuos de cultivos y vegetación actúa como una barrera física que reduce la evaporación del agua del suelo, manteniendo una mayor humedad disponible para las plantas durante períodos secos. La estructura del suelo mejor conservada permite una mayor capacidad de retención de agua, ayudando a mitigar los efectos de la sequía y reduciendo la necesidad de riego frecuente (TerAvest et al., 2015).

**Mejora de la calidad del suelo:** Al mantener la materia orgánica en la superficie del suelo, se proporciona un hábitat óptimo para la actividad de microorganismos beneficiosos, que descomponen los residuos y liberan nutrientes disponibles para las plantas. La acumulación de materia orgánica mejora la estructura del suelo, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y promueve la disponibilidad de nutrientes esenciales, favoreciendo el crecimiento saludable de las plantas (Li et al., 2020).

**Menor consumo de energía:** Al eliminar o reducir la necesidad de labranza intensiva, se reduce el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la operación de maquinaria agrícola. Los sistemas de labranza de conservación permiten a los agricultores utilizar métodos menos intensivos en energía para preparar el suelo y gestionar los cultivos, mejorando así la eficiencia general de la producción agrícola (Kumar et al., 2021).

### **Ventajas de la agricultura de conservación**

- Los residuos de cultivos dejados sobre la superficie del suelo inhiben la evaporación y, al mismo tiempo, favorecen una mayor infiltración de agua en el perfil reduciendo la erosión. El porcentaje de la lluvia que se infiltra depende de la cantidad de cobertura provista. Además, con los residuos se logra una cobertura del suelo que contribuye al control en la emergencia de malezas (FAO, 2008).
- La cubierta vegetal protege el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia, mantiene el suelo bajo sombra y con el más alto nivel de humedad posible y, por ende, propicia el reciclado de los nutrimentos y provoca efectos alelopáticos sobre las malezas. Consecuentemente se reduce el uso de agroquímicos, disminuye el riesgo de contaminación y los costos de producción.



- Los residuos de rastrojo actúan como una cubierta protectora que atenúa la presión ejercida sobre la superficie del suelo por los tractores y los equipos agrícolas, disminuyendo así problemas de compactación. De igual forma, conserva y mejora los recursos naturales e incrementa la variedad de biota, fauna y flora del suelo sin sacrificar rendimientos a niveles de producción altas (FAO, 2008).
- Permite rendimientos comparables con la agricultura moderna intensiva, pero de una manera sostenible. Los rendimientos tienden a aumentar con el paso de los años.
- Permite una reducción de los costos de producción, tiempo y mano de obra, sobre todo en los periodos de alta demanda, tales como la preparación del terreno; en sistemas mecanizados, se reduce los costos de inversión y el mantenimiento de la maquinaria a largo (Organization y Development, 2008).

### **Desventajas de la agricultura de conservación**

- Falta de conocimientos previos, ya que no existe un prototipo que pudiera generalizarse para todos los ambientes (Crovetto y Mirta, 2002)
- Debe transcurrir un período de transición de entre cinco y siete años para obtener un equilibrio ya que, en los primeros años, los rendimientos pueden ser inferiores a los que se obtienen bajo agricultura convencional.
- A corto plazo, los costos iniciales para el equipo especializado de siembra podrían ser altos; además, se requiere habilidades más sofisticadas de manejo, y un proceso de aprendizaje por parte del agricultor (Organization y Development, 2008).
- Los agricultores necesitan entrenamiento, para comprender la importancia que tiene el dejar los residuos sobre la superficie del suelo, aunque estos tengan un alto valor económico como forraje (Govaerts et al., 2005).



- Resistencia de los agricultores para adoptar estas prácticas, pues ellos quieren que los efectos sobre su bienestar puedan demostrarse a corto plazo.
- Falta de implementos apropiados, especialmente el equipo de siembra (Sayre y Hobbs, 2004).

### **Origen y distribución geográfica del maíz**

Según Salvadores et al., (2007) en general, se cree que la principal zona de producción de maíz se encuentra en América Central (las montañas de México y Guatemala), y los Andes centrales son el segundo centro de diversificación.

Vargas, (2014) menciona 2 posiciones antagónicas sobre los principios del maíz; la primera habla del origen de México-Centroamérica, donde se encontraron granos de maíz y fragmentos de mazorcas. La razón del origen distante son los restos de granos de polen fósil hallados en México, edad 80,000 En el año, ha sido reconocido como maíz silvestre. En segundo sitio, muestra que los principios es Perú, Ecuador y Bolivia, en consonancia con Grobman, quien además adelantó esta postura. Por cierto, el maíz silvestre se halló primero en las formaciones arqueológicas de México, y después se encontró el maíz de la casa, que es muchísimo más antiguo que el encontrado en los Andes.

Massieu, (2000) menciona que el maíz fue domesticado en México hace 6 u 8 mil años. En la región mesoamericana llegaron a existir miles de variedades. El modelo de agricultura industrial de la Revolución Verde implicó la pérdida de una considerable parte de esta diversidad, se calcula que de las variedades que se conocían en 1930 hoy queda un 20%.

### **Morfología de la planta de maíz**

El maíz es una planta de hábito anual, dependiendo de la pluralidad, su periodo nutricional va a partir de unos 80 días hasta los últimos 200 días.

**Raíz:** el sistema de raíces del maíz está representado por 3 tipos de raíces finas y raíces bastante extensas (Osuna-Ceja et al., 2006):

Raíces primordiales del embrión: dan nutrientes a las semillas a lo largo de ambas primeras semanas.

Raíces de apoyo: se originan en los nudos cercanos a el área del suelo, que ayudan a mejorar el equilibrio y disminuyen los inconvenientes de encamado.

Raíces aéreas o adventicias: son las últimas que crecen dando seguridad a la planta además de ayudar a mejorar la eficiencia del uso del agua y los nutrientes en el suelo.

**Tallo:** Presentan tallo leñoso y cilíndrico, formado por catorce entrenudos separados por nudos distantes, los entrenudos cercanos al suelo son cortos y de allí crecen raíces aéreas. El diámetro del entrenudo inferior es mayor que el del entrenudo superior, y su sección transversal es redonda, pero a partir del pedúnculo que sostiene la mazorca, se vuelve más delgado y redondo hasta llegar a la panícula de la inflorescencia masculina (Llanos 1985).

**Hoja:** Cada tallo tiene de 8 a 25 hojas delgadas y estrechas en promedio. Las hojas tienen nervios nerviosos paralelos y consisten en vainas cilíndricas (4 a 10 cm y 35 a 50 cm de ancho) que envuelven los entrenudos. bordes, cilios, un poco ondulados) (Prado-Martínez et al., 2012).

**Inflorescencia:** Es una planta monoica al presentar flores masculinas y femeninas en la misma planta. Las flores masculinas miden de 6 a 8 mm de largo y aparecen en pares a lo largo de muchas ramas finas y plumosas en pares. Al final de la parte superior tallo, cada flor masculina tiene 3 estambres filamentosos. Las espiguillas femeninas en forma de aguja (espiguillas) están agrupadas en ramas laterales cilíndricas gruesas y están cubiertas por copos en forma de hojas. Sus patrones sobresalen de los copos de brotes y alcanzan de 12 a 20 cm de longitud, formando un conjunto único de pelos. finalmente aparece en la mazorca llamada bigote o bigote de maíz (Prado-Martínez et al., 2012).

**Fruto:** El fruto está compuesto por un 6% de pericarpio y una gran cantidad de almidón, que puede producir el endospermo. blando, harinoso y con 80% de endospermo El germen o germen es 11%, o duro y vítreo, y los frutos están dispuestos en hileras a lo largo del eje grueso o copa (Prado-Martínez et al., 2012).



## Requerimientos climáticos

**Temperatura:** Para obtener un óptimo rendimiento de maíz, la temperatura debe fluctuar entre 20°C y 30°C, dependiendo del estado de incremento de los cultivos que se muestra en la Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Rango de temperaturas en el cultivo de maíz amarillo

Época	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura optima (°C)
Germinación	10	20-25	40
Crecimiento vegetativo	15	20-30	40
Floración	20	21-31	30

**Fuente.** Peña-Datoli et al., (2016)

Además, se afectará la temperatura por el período de floración, las temperaturas superiores a 30°C a menudo hacen que las inflorescencias masculinas sean más tempranas que las inflorescencias femeninas, y cuando las temperaturas son inferiores a 20°C, las inflorescencias femeninas serán más tempranas que las masculinas. En la etapa de formación del grano, la alta temperatura tiende a provocar una madurez más temprana, a partir de los 95 días después de la siembra, su madurez fisiológica.

**Radiación solar:** El maíz es una de las plantas cultivadas con más contestación a la luz, y su elevado potencial de producción es dependiente primordialmente del maíz. Por otro lado, la ausencia o reducción de luz perjudicará su incremento y producción. A los pocos días de la fase de polinización, minimizar la magnitud de la luz de 90 a 100 minimizará el rendimiento de grano. A partir del punto de vista de la producción de grano, el lapso reproductivo es más sensible a las diferencias en la magnitud de la luz (Albino-Garduño et al., 2015).

## Requerimientos edáficos

requiere de suelos neutros con pH de 5,5 a 7,5, tiene tolerancia moderada a la alcalinidad, es más del 60% de toxicidad por aluminio y tiene baja implementación de fósforo (Peña-Datoli et al., 2016).

**Humedad en el suelo:** A lo largo del periodo de nutrición del maíz, el aporte del riego o la lluvia es esencial para el incremento, desarrollo, salud y rendimiento del maíz, debido a que el requerimiento de agua a lo largo de todo el periodo es mayor a 550 mm. En el periodo de aumento de las plantas, en especial en suelos pesados (arcilla), las lluvias desmesuradas perjudicarán el desarrollo usual y el rendimiento de las plantas (Ruiz y López, 2020).

**Textura del suelo:** El maíz forrajero se adapta bien a suelos con diferentes texturas, pero prefiere aquellos que proporcionan un buen equilibrio entre aireación, retención de agua y drenaje. Los suelos francos, franco-arenosos y franco-arcillosos cumplen bien con estos requisitos. Los suelos arenosos tienden a drenar demasiado rápido, lo que puede requerir riegos más frecuentes, mientras que los suelos arcillosos pueden retener demasiada agua, lo que puede llevar a problemas de encharcamiento si no se manejan adecuadamente. Una textura de suelo adecuada asegura que las raíces del maíz puedan desarrollarse libremente y acceder a los nutrientes y al agua necesarios para el crecimiento (Jalota et al., 2010).

## Requerimiento nutricional

El maíz (*Zea mays*) requiere una adecuada nutrición para su óptimo crecimiento y rendimiento, incluyendo macronutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, y potasio, así como micronutrientes como hierro, zinc y manganeso. La gestión de estos nutrientes es crucial, con prácticas recomendadas que incluyen análisis de suelo y aplicaciones balanceadas de fertilizantes (Maryam, 2023).

Para maximizar la producción agrícola, es fundamental conocer tanto las necesidades de nutrientes del cultivo como el suministro de nutrientes del suelo. El análisis de suelo es una herramienta esencial para evaluar estos niveles. Es crucial realizar un muestreo

de suelo adecuado, siguiendo ciertas recomendaciones debido a la estratificación de nutrientes y materia orgánica que se produce tras varios años de siembra directa. Considerar factores como la profundidad, el momento y la frecuencia del muestreo es vital para obtener una estimación precisa de la disponibilidad de nutrientes (Folorunso et al., 2023).

## Fenología del maíz

**Germinación:** El estado fenológico de germinación del maíz es el primer paso en su ciclo de vida. Comienza cuando la semilla de maíz, al entrar en contacto con agua, absorbe humedad y se activan procesos metabólicos internos. Este proceso de germinación implica la ruptura de la cubierta seminal y la salida de la raíz primaria (radícula) y del coleóptilo (la primera estructura visible de la plántula). Durante la germinación, la semilla utiliza las reservas de nutrientes almacenadas en su interior para proporcionar energía a la plántula emergente hasta que sea capaz de realizar la fotosíntesis por sí misma. El desarrollo de la radícula permite a la plántula anclar en el suelo y absorber agua y nutrientes de este para su crecimiento y desarrollo posteriores (Estrada-Urbina et al., 2023).

**Desarrollo vegetativo:** El desarrollo vegetativo del maíz abarca una serie de etapas en las cuales la planta experimenta un crecimiento significativo de sus tejidos vegetativos, como hojas, tallos y raíces, durante el desarrollo vegetativo, la planta de maíz también puede experimentar otros procesos fisiológicos importantes, como la fotosíntesis, la respiración y la transpiración, que contribuyen al crecimiento y la acumulación de biomasa. La duración y el ritmo de este estado fenológico pueden variar dependiendo de factores como la variedad de maíz, las condiciones climáticas y las prácticas de manejo agrícola (Walne & Reddy, 2022).

**Floración:** La floración del maíz es una fase clave en el ciclo de vida del maíz, donde se desarrollan las estructuras reproductivas masculinas (estambres) y femeninas (pistilos). Durante la floración masculina, se produce polen que es liberado al aire para la polinización. En la floración femenina, el polen depositado en las sedas viaja hacia el óvulo para fertilizarlo, dando lugar a la formación de los granos de maíz en el interior de

la mazorca. La duración y éxito de la floración son influenciados por factores como la variedad de maíz, el clima y las prácticas agronómicas (Su et al., 2021).

**Formación de grano:** La formación del grano en el maíz es un proceso esencial que sigue a la polinización exitosa. Durante este proceso, el óvulo fertilizado se convierte en un embrión, mientras que el endospermo comienza a acumular nutrientes. El grano crece en tamaño y peso a medida que se acumulan almidón y proteínas en el endospermo. Finalmente, durante la maduración, el grano se deshidrata y acumula compuestos de almacenamiento. Este proceso está influenciado por factores como el agua, los nutrientes y las condiciones ambientales. Un manejo adecuado durante este período es esencial para maximizar el rendimiento y la calidad del maíz (Akdemir et al., 2024).

**Grano lechoso:** El grano lechoso a los 90 días de siembra, el maíz ha pasado por varias etapas importantes de su ciclo de crecimiento. Después de la germinación y emergencia inicial, el maíz experimenta un crecimiento vegetativo vigoroso, desarrollando hojas y un sistema radicular robusto. Después de la polinización exitosa, las mazorcas comienzan a formarse y los granos en su interior inician el proceso de llenado de grano, acumulando almidón y otros nutrientes esenciales para su desarrollo. En esta etapa el maíz está en plena fase de llenado de grano, con las mazorcas desarrolladas y los granos en proceso de maduración. Dependiendo de la variedad y las condiciones de crecimiento, algunos campos pueden estar cerca de la madurez fisiológica y listos para la cosecha, mientras que otros pueden necesitar más tiempo para completar su desarrollo (Mikhailova & Talanov, 2020).

### **Labores agronómicas para el cultivo de maíz**

**Selección del terreno:** Tucuch-Cauich et al, (2011) mencionan que el terreno ideal para el cultivo de maíz forrajero debe ser profundo, bien drenado y con buena capacidad de retención de humedad. El pH del suelo debe estar entre 6 y 7.5, lo que facilita la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Además, es importante que el terreno tenga buena fertilidad natural o sea fácilmente enmendable para asegurar un buen desarrollo del cultivo.

**Preparación del suelo:** la preparación del suelo para garantiza una buena germinación y crecimiento del maíz forrajero. Esta incluye la limpieza del terreno, eliminando residuos de cultivos anteriores y malezas, seguido por una labranza profunda para mejorar la aireación y drenaje. Una labranza secundaria con rastra ayuda a desmenuzar los terrones y nivelar el terreno, facilitando una siembra uniforme (Martínez-Gamiño et al, 2019)

**Selección de semillas:** La elección de semillas es crucial para el éxito del cultivo. Se deben seleccionar variedades específicas para forraje que ofrezcan alto rendimiento en biomasa y buen contenido nutritivo. Las semillas deben ser certificadas para garantizar su calidad y estar libres de plagas y enfermedades, lo que ayuda a asegurar una buena germinación y desarrollo del cultivo (Márquez-Sánchez, 2009).

**Siembra:** La siembra del maíz forrajero debe ser uniforme y a la densidad adecuada para maximizar el rendimiento. La densidad recomendada es de entre 70,000 y 90,000 plantas por hectárea, y las semillas deben colocarse a una profundidad de 4 a 5 cm. Una siembra adecuada asegura una germinación uniforme y un buen establecimiento del cultivo (García-López & Hernández, 2023).

**Fertilización:** La fertilización adecuada es esencial para el crecimiento y desarrollo del maíz forrajero. Antes de la siembra, se debe aplicar una fertilización de fondo basada en un análisis de suelo, generalmente con nitrógeno, fósforo y potasio. Durante el ciclo del cultivo, es recomendable realizar fertilizaciones complementarias, especialmente de nitrógeno, en etapas clave como el crecimiento vegetativo y la prefloración (Escalona-Sánchez et al., 2021).

**Riego:** El riego es crucial para el cultivo de maíz forrajero, especialmente en etapas críticas como la germinación, crecimiento vegetativo y llenado de granos. Se debe mantener un régimen de riego adecuado para asegurar suficiente agua sin causar encharcamiento, lo cual podría llevar a problemas de enfermedades y reducir la calidad del forraje (Domini, 2022).

**Control de malezas:** Mantener el cultivo libre de malezas es fundamental para reducir la competencia por nutrientes, agua y luz. El control puede realizarse mediante

deshierbes manuales, mecánicos o químicos, utilizando herbicidas selectivos en pre-emergencia y post-emergencia. Un manejo adecuado de malezas contribuye a un mejor crecimiento y desarrollo del cultivo (Tamo Zegarra, 2023).

El 2,4-D actúa como una auxina sintética, imitando la hormona de crecimiento vegetal y provocando un crecimiento descontrolado que lleva a la muerte de la planta objetivo. Es selectivo para las malezas de hoja ancha, lo que significa que afecta principalmente a estas sin dañar las gramíneas. Se puede aplicar en forma líquida mediante pulverización, y es eficaz tanto en pre-emergencia como en post-emergencia de las malezas. Es importante seguir las dosis recomendadas para evitar daños en los cultivos y minimizar el impacto ambiental. (Zhu et al., 2019)

**Manejo de plagas y enfermedades:** El manejo integrado de plagas y enfermedades es esencial para mantener el cultivo sano y productivo. Esto incluye la inspección regular del cultivo, el uso de controles biológicos y químicos según sea necesario, y la implementación de prácticas culturales que reduzcan la incidencia de plagas y enfermedades (Ruiz Díaz et al., 2018).

El ingrediente activo de CORAGEN es el clorantraniliprol, que pertenece a la clase de insecticidas antranilamidas. Este compuesto actúa sobre los receptores de rianodina en los insectos, causando parálisis muscular y eventual muerte de las plagas. CORAGEN es efectivo contra una amplia gama de plagas, incluyendo orugas, gusanos y otros insectos masticadores. Es utilizado en diversos cultivos como maíz, tomate, papa, y frutas, entre otros. Se puede aplicar mediante pulverización foliar y se recomienda su uso preventivo o en las primeras etapas de infestación. Tiene un perfil ambiental favorable debido a su baja toxicidad para organismos no objetivo y una degradación rápida en el medio ambiente (Ismail, 2021).

### **Rendimiento de maíz**

El uso de prácticas basadas en agricultura de conservación llevó a un aumento en el rendimiento del maíz, que se cuantifica como el rendimiento equivalente. Este aumento puede ser significativo, ya que varía entre un 4% y un 15%. Los sistemas de cultivo bajo

agricultura de conservación pueden llegar a generar rendimientos netos entre un 31% y un 34% más altos en comparación con los sistemas convencionales (Dutta et al., 2023).

El valor nutricional del maíz forrajero está influenciado por el tipo de híbrido utilizado, la densidad de la plantación, las condiciones de crecimiento, el grado de madurez y la humedad en el momento de la cosecha, así como por las condiciones en las que se realiza el ensilaje (Satter y Reis, 2012).

Para lograr un cultivo de maíz con alto valor nutritivo y gran producción de materia seca, es esencial elegir adecuadamente el híbrido o variedad a plantar, al seleccionar los genotipos de maíz forrajero apropiados para forraje, se pueden obtener los mejores rendimientos y una calidad superior. Esto se debe a que existen diferencias significativas entre los híbridos de maíz en términos de contenido de proteína cruda, fibra y digestibilidad de la materia seca (Reta-Sánchez et al., 2000).

El forraje verde de maíz es especialmente útil durante la temporada de crecimiento del maíz, cuando las plantas están en su etapa vegetativa y tienen un alto contenido de humedad y nutrientes. Se puede utilizar tanto para la alimentación directa del ganado en el pastoreo como para la producción de ensilaje, en el cual se fermenta y se conserva para su uso posterior (Xu et al., 2021).

El rendimiento del maíz forrajero, es decir, la cantidad de biomasa o materia seca producida por unidad de área está influenciado por una serie de factores clave. Entre ellos se encuentran las condiciones climáticas locales, como la temperatura y la precipitación, que afectan el crecimiento y desarrollo del cultivo a lo largo de la temporada de crecimiento. Además, la fertilización juega un papel crucial, ya que la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio influye directamente en la salud y productividad de las plantas de maíz (Iqbal et al., 2015).

### **Importancia del maíz en la alimentación animal**

El maíz (*Zea mays L.*) es un cultivo que exhibe una eficiente captación de la energía solar, generando una notable cantidad de materia seca. Su destacada importancia en la alimentación del ganado se debe a su elevado contenido de materia seca y rendimiento



de forraje verde. Además, el maíz es especialmente adecuado para la producción de ensilaje, ya que posee la capacidad de ser ensilado sin requerir la adición de aditivos. Este atributo lo convierte en una opción valiosa para la alimentación animal y la conservación de forraje en la ganadería (Keskin et al., 2018).

El maíz es una excelente fuente de energía debido a su alto contenido de almidón, que constituye aproximadamente el 70-72% del grano. Este almidón es fácilmente digerible por los animales, proporcionando una liberación rápida de glucosa que es esencial para sus necesidades energéticas, en rumiantes, el maíz favorece una fermentación eficiente en el rumen, produciendo ácidos grasos volátiles que son fundamentales para la producción de energía. Por lo tanto, conlleva a una mejor conversión alimenticia y un mayor crecimiento y aumento de peso (Noulas et al., 2023).

El forraje de maíz se destaca como una opción económica para proporcionar fibra y energía a las vacas lecheras. Por lo general, contiene alrededor del 25 al 35 % de almidón y del 40 al 50 % de fibra detergente neutra (FDN). Por lo tanto, la cantidad y la digestibilidad de la FDN y el almidón presente en el forraje influyen significativamente en la ingesta de energía y, en consecuencia, en la producción de leche de las vacas lecheras que se alimentan con dietas basadas en maíz (Tharangani et al., 2021).

El maíz forrajero, utilizado principalmente para alimentar rumiantes, tiene un contenido proteico que oscila entre el 8-12%, dependiendo de la variedad y las condiciones de cultivo. Aunque el contenido de proteína es relativamente modesto, sigue siendo una fuente valiosa de nutrientes para los rumiantes (Núñez et al., 2010).

Las proteínas en el maíz forrajero son cruciales para la fermentación en el rumen. Los microorganismos del rumen descomponen estas proteínas y sintetizan nuevas proteínas microbianas, que son esenciales para el crecimiento y la producción de leche y carne en rumiantes. Esta proteína microbiana de alta calidad es fundamental para la salud y productividad del ganado (Soto et al., 2004).

## Costos de inversión en la preparación del terreno

Anderson et al., (2020) determinaron que al dedicar considerable atención a examinar los impactos de diversas prácticas para conservar y mantener la salud del suelo sobre el rendimiento promedio de cultivos subsiguientes. La disminución de riesgos posee un valor económico significativo, y entender cómo la labranza y otras prácticas de conservación del suelo influyen en el riesgo de rendimiento resulta crucial para la gestión financiera agrícola y la evaluación de riesgos en seguros para cultivos lo que indica que tanto la labranza cero como los cultivos de cobertura pueden contribuir a reducir el riesgo de rendimiento para los agricultores en la región del Medio Oeste, al mismo tiempo que mitigan la pérdida de suelo y nutrientes.

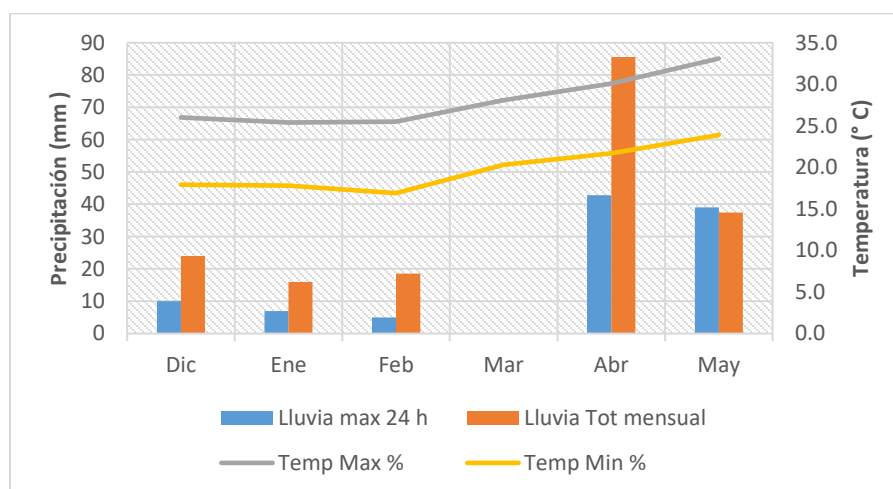
La práctica de Siembra Directa debería ser considerada como una contribución positiva al sistema productivo, ya que reduce los gastos relacionados con el uso de maquinaria y asegura un rendimiento adecuado de grano por hectárea. En los sistemas de siembra (siembra directa, siembra convencional, siembra directa con quema de residuos y siembra directa con leguminosas) analizados, la relación Beneficio/Costo superó \$1.0, indicando ganancias monetarias. El sistema de siembra directa de menor costo mostró la mejor relación Beneficio/Costo, con una ganancia de USD 0.8 por cada dólar invertido (Moran et al., 2022).

(Cadena-Zapata et al., 2022) concluyeron que el sistema de labranza convencional presenta los mayores costos de operación de maquinaria. Le sigue el sistema de labranza vertical, que reduce los costos operativos en un 28% en comparación con el sistema convencional. Por último, el sistema de cero labranza muestra una reducción del 53% en los costos de operación en comparación con el sistema convencional.

## 5. Metodología

### 5.1 Área y periodo de estudio

El experimento se estableció en la segunda semana del mes de diciembre del 2022, en el Sitio Experimental Ébano, San Luis Potosí, perteneciente al Campo Experimental “Las Huastecas” del INIFAP, con una precipitación anual mínima de 259.5 mm y máxima de 1318.3 mm y una temperatura promedio anual máxima de 31°C y una mínima de 20.3°C (CONAGUA, 2020). Las coordenadas del lote experimental fueron 22° 09' 52" LN y 98° 28' 15" LO. Los climas predominantes en la zona son árido, semiárido, subhúmedo y húmedo, y el tipo de suelo es vertisol con base en su textura (INEGI, 2010). La precipitación mensual y las temperaturas máximas y mínimas durante el período de evaluación se reportan en la Figura 1.

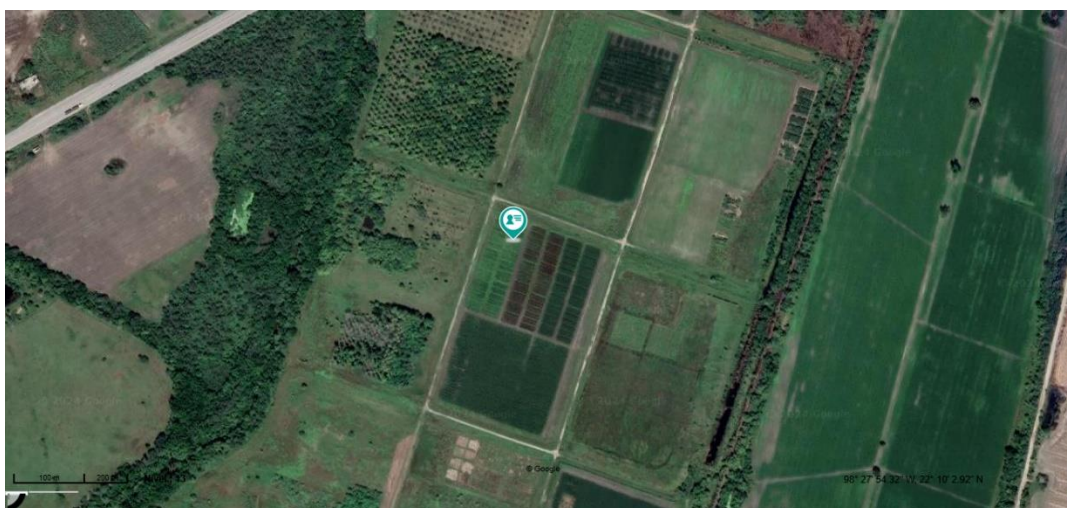


**Figura 1.** Precipitación mensual y temperaturas máximas y mínimas del sitio experimental durante diciembre 2022 a mayo 2023.

### 5.2 Descripción de los tratamientos

#### Establecimiento del experimento

El área del experimento fue de 3072 m<sup>2</sup>, dividida en cuatro tratamientos de 128 m<sup>2</sup> cada una con dimensiones de 20 m de largo por 6.4 m de ancho (Figura 2). Cada unidad contenía cuatro camas con surcos dobles. El ancho entre las camas fue de 1.60 m y de 80 cm entre surcos.



**Figura 2.** Lote experimental en el Sitio Experimental Ébano, San Luis Potosí. [Mapa Digital de México V6 1 \(inegi.org.mx\)](https://inegi.org.mx)

### Tipos de labranza

Se emplearon cuatro niveles de labranza, convencional como testigo, mínima solo utilizando el implemento de discos para rastra, el multiarado abarca una mayor superficie, el implemento no voltea el suelo a profundidad, siembra directa no se utilizan implementos mecánicos (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Preparación del terreno con cuatro sistemas de labranza.

Labranza	Abreviación	Preparación del terreno
Labranza convencional	LC	Un barbecho y dos pasos de rastra
Labranza mínima	LM	Dos pasos de rastra
Labranza con multiarado	LCM	Un paso de cinceles y dos pasos de rastra
Siembra directa	SD	Sin laboreo mecánico

### Siembra y fertilización

La siembra de maíz se llevó a cabo en la segunda semana de diciembre de 2022, con una densidad de 50,000 semillas ha<sup>-1</sup>. Se utilizó el híbrido MX-775. Se aplicó una única fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) en una dosis de 90-40-00, respectivamente (Álvarez et al., 2013). Se pesaron respectivamente las dosis de

fertilización, para colocarse en la fertilizadora, se realizaron pruebas con los engranes para distribuir correctamente el fertilizante en cada surco priorizando su efectividad.

### Riego

En el lote experimental se implementó un sistema de riego rodado. Para ello, se formaron canales principales utilizando el implemento mariposa, a una profundidad entre 40 y 50 cm y con un ancho de 1.10 m. En los canales secundarios, se colocaron lonas sostenidas por tres varas horizontales de 1.5 m y una vara vertical de 3.0 m. El propósito de las lonas era acumular agua y regar un conjunto de surcos y posteriormente, de esta forma se fueron regando completamente la parcela experimental. La lámina de riego fue aproximadamente 15 cm, equivalente a 150000 litros ha<sup>-1</sup>. Las parcelas SD presentaron dificultades para el riego debido a la compactación del suelo, debido a esto se requirió más tiempo de riego en sus unidades experimentales. Los riegos se describen en la Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Riegos realizados en el periodo del cultivo

Riego	Época
Pre- siembra	15 días antes de la siembra
1er. Riego de auxilio	40 días después de la siembra
2do. Riego de auxilio	60 días después de la siembra
3er. Riego de auxilio	85 días después de la siembra

### Control de malezas

Para el control de malezas, se utilizaron los herbicidas Faena (2.250 L ha<sup>-1</sup>) y 2,4-D (1.2 L ha<sup>-1</sup>), aplicados a 15 días después del primer riego y un día antes de la siembra, utilizando una aspersora con capacidad de 300 L. Posteriormente, a los 30 días después de la siembra, el control de malezas se realizó de manera mecánica con una cultivadora.

### Control de plagas y enfermedades

En etapa de floración del maíz se observó la presencia de gusanos defoliadores, para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se aplicaron 125 mL ha<sup>-1</sup> de



clorantraniliprol, y en la etapa de llenado de grano se registró la presencia de la chinche verde (*Nezara viridula Linnaeus*), para su control se aplicó 500-700 mL ha<sup>-1</sup> de cipermetrina.

### 5.3 Variables de estudio

Producción de biomasa

Costos de preparación del terreno

### 5.4 Descripción y manejo del objeto de estudio

#### Producción de biomasa

Se cosecharon dos metros lineales por unidad experimental, de los cuales se registró el peso fresco total. Una muestra aleatoria de cinco plantas completas se separó en tres componentes: mazorca, tallo y hojas. Cada componente se pesó en fresco y se conservaron en bolsas de papel las cuales fueron puestas en un horno de aire forzado a una temperatura de 55°C hasta obtener un peso constante. Con los datos resultantes se estimó el rendimiento de materia seca por hectárea. La altura de la planta se midió con una regla de dos metros desde la base de la planta, al nivel del suelo, hasta la punta de la espiga más alta. El diámetro de tallo se midió en el centro de la planta con un vernier de precisión de acero inoxidable.

#### Análisis composición química

Las muestras de maíz recolectadas en campo fueron secadas en un horno de aire forzado a 55°C hasta obtener un peso constante y posteriormente molidas en un molino Wiley (Model 4, Arthur H. Thomas Co. Philadelphia, PA) con malla de 1 mm. Una vez procesadas las muestras se procedió a determinar Proteína Cruda (PC) y Cenizas (CEN) siguiendo el método AOAC (2005) mientras que el contenido de Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA) y Lignina (LIG) se estableció mediante el método Van Soest et al. (1991). Lo anterior se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria de Fisiología y Mejoramiento Animal CENID F Y MA del INIFAP.

### Análisis económico

Se estimó el costo de preparación de terreno de acuerdo con el precio del diésel en el municipio de Ébano San Luis potosí en diciembre del 2022 ,el cual fue de \$24.74 MXN, y a los implementos utilizados en cada labranza, labranza convencional (LC) con un barbecho y dos pasos de rastra, labranza mínima (LM) dos pasos de rastra, labranza multiarado (LCM) un paso de cinceles y dos pasos de rastra y siembra directa (SD) sin laboreo mecánico, aproximadamente para cada paso de implemento se utilizaron 27 L ha<sup>-1</sup>.

### 5.5 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con 6 repeticiones, obteniendo en total 24 unidades experimentales. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey  $P < 0.05$ ), empleando el paquete estadístico Statistical Analsys System (SAS) versión 9.3, 2012 (Statistical Analysis System, Institute Inc., Cary, NC), (SAS, 2012).



## 6. Resultados y discusión

### 6.1 Variables agronómicas

En los datos de rendimiento mostrados en el Cuadro 4, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, lo que indica que los tratamientos no afectaron las características analizadas. Sin embargo, la labranza con multiarado (LCM) mostró un rendimiento superior en comparación con las demás labranzas evaluadas. Ramírez et al., en 2010, demostraron que al utilizar dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> aumenta la producción de maíz al emplear el método multiarado-rastra. El tratamiento LCM registró 42.62 t ha<sup>-1</sup> en RMV, mientras que la labranza convencional registró 37.93 t ha<sup>-1</sup>, y la labranza cero registró el menor rendimiento con 32.93 t ha<sup>-1</sup>. Los resultados obtenidos se muestran menores a los de Martínez et al. (2010) los cuales registraron resultados en labranza convencional 90.5 t ha<sup>-1</sup> mientras que en labranza de conservación registraron 77.6 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde bajo condiciones de clima seco desértico, con un riego de láminas de 13 cm. Ronzoni-Rebelino et al.; (2023) indicaron que la aradura sin volteo (multiarado) mantiene el suelo descompactado, también mantiene los restos de las cosechas en la capa superficial donde se descomponen rápidamente. Esto protege el suelo de la erosión y conserva la humedad en las capas inferiores. El clima y el suelo afectan el rendimiento, lo que significa que la labranza de conservación no siempre es la mejor opción para obtener los mejores rendimientos, ya que la labranza con arado de discos también alcanza valores superiores en otros lugares, como lo demostraron Olguín et al., 2017. Así mismo Kemolafe (2022) concluyó que la labranza cero era una mejor opción para el mantenimiento del suelo de Ultisol y el crecimiento de los cultivos. Según Vaca et al. (2014), durante el período de su estudio, el uso del sistema de cosecha cero para el cultivo de maíz no mostró beneficios en términos de rendimiento o remediación de la compactación del suelo en comparación con los sistemas de cosecha mínima y tradicional. Lo anterior no coincide con lo reportado por Ledesma et al. (2010) quienes reportan en su estudio, que el método de siembra no afectó el rendimiento de las variedades de sorgo. Las diferentes prácticas de labranza tienen un impacto positivo en las propiedades del suelo y el rendimiento de diversos cultivos. La labranza cero mostró resultados favorables en términos de propiedades físicas y químicas del suelo, así como





en el rendimiento del maíz en un Ultisol de Nigeria, en este estudio se demostró que el rendimiento de grano mostró una diferencia significativa entre las prácticas de labranza. La labranza cero tuvo un mayor rendimiento (1.71 t/ha) en comparación con la labranza convencional (0.97 t/ha). (Komolafe, 2022).

Los métodos de siembra y labranza tienen un impacto significativo en el rendimiento y el rendimiento de los cultivos. En comparación con la labor tradicional, la labor cero o mínima puede aumentar el porcentaje de emergencia y generar beneficios económicos (Gurvinder et al., 2015; Afzalinia et al., 2012). La labranza sin labranza previa a la siembra aumentó significativamente el porcentaje de emergencia sobre la labranza convencional lo que ha demostrado ser el método de siembra con el mejor rendimiento de caña de azúcar y los mayores retornos económicos. En el caso del trigo, labranza con discos y siembra con una sembradora de granos con abridor ondulado produjeron el rendimiento más alto.

Las diversas técnicas de labranza afectan las propiedades del suelo y el rendimiento de los cultivos. Según los estudios, labranza reducida puede mantener la productividad de los cultivos y la calidad del suelo comparables a labranza convencional. Se pueden crear modelos de labranza utilizando variables del suelo para optimizar las decisiones de labranza. Al elegir los métodos de labranza correctos para mantener la salud del suelo y maximizar el rendimiento de los cultivos en diferentes sistemas agrícolas, estos estudios resaltan la importancia de tener en cuenta una variedad de variables agronómicas (Vargas et al., 2023). Diversas técnicas de labranza tienen un impacto en las variables agronómicas y las propiedades del suelo. Los métodos de labranza de conservación, como la siembra directa y la labranza reducida, mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en comparación con la labranza convencional. Estos estudios indican que las prácticas de labranza de conservación pueden mejorar la salud del suelo sin afectar negativamente el rendimiento de los cultivos, lo que las convierte en alternativas viables a la labranza convencional en varios sistemas agrícolas. De acuerdo con lo reportado por García et al. (2018) la labranza reducida y labranza convencional en el cultivo de caña de azúcar, mejora las propiedades de los suelos como la densidad aparente, la porosidad, la materia orgánica del suelo y la actividad microbiana, sin

embargo, en términos de desarrollo de la planta y calidad del jugo para la producción de panela, no se observaron diferencias significativas.

**Cuadro 4.** Variables agronómicas de maíz bajo cuatro mecanismos de labranza.

Variables	Tratamientos			
	LM	LC	LCM	SD
<b>AP (m)</b>	1.76 <sup>a</sup>	1.73 <sup>a</sup>	1.80 <sup>a</sup>	1.73 <sup>a</sup>
<b>DT (cm)</b>	1.15 <sup>a</sup>	1.08 <sup>a</sup>	1.31 <sup>a</sup>	1.21 <sup>a</sup>
<b>RMV (t/ha)</b>	34.06 <sup>a</sup>	37.93 <sup>a</sup>	42.62 <sup>a</sup>	32.93 <sup>a</sup>
<b>RMS (t/ha)</b>	12.13 <sup>a</sup>	11.87 <sup>a</sup>	14.25 <sup>a</sup>	12.78 <sup>a</sup>
<b>RLF (t/ha)</b>	3.22 <sup>a</sup>	3.01 <sup>a</sup>	3.25 <sup>a</sup>	3.04 <sup>a</sup>
<b>RTA (t/ha)</b>	2.53 <sup>a</sup>	2.72 <sup>a</sup>	2.85 <sup>a</sup>	2.72 <sup>a</sup>
<b>RMA (t/ha)</b>	6.36 <sup>a</sup>	6.13 <sup>a</sup>	8.15 <sup>a</sup>	7.02 <sup>a</sup>

AP (Altura de planta), DT (diámetro de tallo), RMV (rendimiento de forraje), RMS (rendimiento de forraje seco), RLF (rendimiento de lámina foliar), RTA (rendimiento de tallo), RMA (rendimiento de mazorca). LM: Labranza Mínima, LC: Labranza convencional, LCM: Labranza con multiarado, SD: Siembra directa

Los resultados de AP muestran resultados iguales para la labranza cero y labranza convencional, ambas con 1.73 m. y LCM el resultado más alto con 1.80 m. En DT el resultado más bajo lo obtuvo LC con 1.08 m, mientras que LCM tuvo el registro más alto 1.31 m. Es crucial medir la altura de la planta, ya que este parámetro indica el desarrollo foliar y el tamaño final de la planta (Zamora Albán, 2018). En este sentido, el experimento realizado por Torrentes Vilches y Rizo Zeledón (1999) muestra que las plantas cultivadas con labranza de conservación alcanzan una mayor altura y un diámetro más grueso en comparación con las cultivadas con labranza convencional.

Los resultados de rendimiento de materia seca muestran que en LCM existe una tendencia superior a los demás tratamientos con 14.25 t ha<sup>-1</sup>. Estadísticamente, no existen diferencias significativas entre los tratamientos, pero si se obtuvieron resultados mayores a los evaluados por Trevizan Rispoli y Challapa Moscoso.; (2020) los cuales registraron valores de 5.8 t ha<sup>-1</sup> bajo condiciones de clima desértico con un sistema de riego por goteo. En cuanto a RLF, RT Y RM los resultados fueron similares entre todos



los tratamientos, excepto RM donde LCM fue superior a los otros tratamientos con  $8.15 \text{ t ha}^{-1}$ . Aunque no existieron diferencias significativas entre los resultados de RLF, RTA Y RMA es importante evaluar estos aspectos ya que al evaluar cada componente se puede estimar los valores específicos de la planta forrajera como lo evaluaron Joaquín Cancino et al.; (2022). Realizar estudios adicionales a largo plazo podría revelar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, especialmente considerando el observado incremento en el tratamiento LCM en comparación con los demás. A medida que se extiende el período de observación, factores como las interacciones suelo-planta, el ciclo de nutrientes y las respuestas diferenciadas a condiciones climáticas cambiantes podrían manifestar variaciones más claras en variables agronómicas clave como el rendimiento y la composición nutricional del forraje. Estos estudios como por ejemplo índices de calidad prolongados permitirían una evaluación más profunda de la estabilidad y el impacto a largo plazo de los tratamientos agronómicos en la producción de forraje (Amorim et al., 2020).

## 6.2 Composición nutricional

En el Cuadro 5 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de composición nutricional. No se encontraron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) entre los mecanismos de labranza.

**Cuadro 5.** Composición nutricional del maíz bajo cuatro mecanismos de labranza.

Variables	Tratamientos			
	LM	LC	LCM	SD
	g/Kg MS			
<b>PC</b>	59.77 <sup>a</sup>	54.33 <sup>a</sup>	65.11 <sup>a</sup>	62.78 <sup>a</sup>
<b>FDN</b>	528.0 <sup>a</sup>	523.0 <sup>a</sup>	552.67 <sup>a</sup>	540.22 <sup>a</sup>
<b>FDA</b>	297.78 <sup>a</sup>	291.11 <sup>a</sup>	302.67 <sup>a</sup>	302.33 <sup>a</sup>
<b>LIG</b>	60.89 <sup>a</sup>	63.33 <sup>a</sup>	66.78 <sup>a</sup>	58.22 <sup>a</sup>
<b>CEN</b>	53.67 <sup>a</sup>	52.55 <sup>a</sup>	58.11 <sup>a</sup>	50.11 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Medias con distinta literal en la misma hilera son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ). PC: Proteína Cruda, FDN: Fibra Detergente Neutra, FDA: Fibra Detergente Acida, LIG: Lignina, CEN: Cenizas. LM: Labranza Mínima, LC: Labranza convencional, LCM: Labranza con multiarado, SD: Siembra directa.

El contenido de PC fue mayor en la LCM con 65.11 % y el más bajo se presentó en la LC con 54.33%. Estos resultados son similares a los reportados por Cancino et al., 2022, los cuales observaron una concentración de 7.5 % en cinco genotipos de maíz. Esta variación podría deberse a la tendencia de LMC a mejorar la estructura del suelo y aumentar la retención de humedad, lo que puede mejorar la disponibilidad de los nutrientes necesarios para la planta (Lal, 2015). Este tipo de labranza aumenta la aireación del suelo, las temperaturas del suelo y las tasas de difusión de oxígeno, lo que a su vez favorece la degradación de la materia orgánica que resulta en un consecuente aumento del N mineral (Ingraffia et al., 2023). Además, al incorporar y mezclar los residuos de cultivo con el suelo, también aumenta su accesibilidad a los microorganismos del suelo, acelerando aún más su mineralización (Dungait et al., 2012; Badagliacca et al., 2021). La labranza mínima con multiarado puede tener efectos positivos en el contenido de proteína cruda en las hojas, tallos y mazorcas de maíz al mejorar la

disponibilidad de nutrientes y la eficiencia en su absorción. Sin embargo, estos efectos pueden variar según las condiciones específicas del suelo y del ambiente

El contenido de FDN, FDA, Lig y Cen fueron muy similares entre los tipos de labranza (Cuadro 5). Estos resultados presentan similitud con lo observado por Nuñez et al., 2003 los cuales reportan un valor medio de 53.80 y 29.90 % para FDN y FDA, respectivamente, en híbridos de maíz para forraje, con Nuñez et al 2004, los cuales reportan un valor medio de 6.4 % para Lig en híbridos de maíz de origen tropical y con Cancino et al 2022, los cuales reportan un valor promedio de 5.5 % de Cen en cinco genotipos de maíz. Estos componentes son cruciales para determinar la calidad forrajera del maíz, y su contenido puede variar dependiendo del tipo de labranza aplicado. Lal, 2004 menciona que la labranza mínima, al reducir la perturbación del suelo, puede resultar en un mayor contenido de materia orgánica y mejorar la estructura del suelo, lo cual podría verse reflejado en el contenido de fibras, lignina y cenizas en las plantas. En un estudio realizado por Toth et al 2024, donde evaluaron los efectos físicos, químicos y biológicos del suelo de tres prácticas de labranza diferentes: labranza convencional (LC), labranza con mantillo (LM) y labranza cero (L0) durante dos décadas observaron en particular que las prácticas de conservación (LM y L0) mejoraron la calidad del suelo, predominantemente el carbono orgánico del suelo, así como la capacidad de retención de agua. El carbono orgánico del suelo es importante para la composición química y la productividad biológica, incluida la fertilidad y la capacidad de retención de nutrientes de un campo (Sadeghpour et al., 2016).

Futuras investigaciones en México podrían centrarse en evaluar el efecto de las prácticas de labranza en términos de composición nutricional del maíz y sostenibilidad agrícola. De este modo, se podría lograr un equilibrio entre la reducción de la labranza y la mejora de la calidad del maíz, promoviendo una agricultura más eficiente y sostenible (Pimentel et al., 2005).



### 6.3 Costos de preparación del terreno

Singh & Meena, (2013) concluyeron que las prácticas de agricultura de conservación ofrecen una oportunidad para detener e invertir la espiral descendente de degradación de los recursos, disminuyendo los costos de cultivo y haciendo que la agricultura sea más eficiente en el uso de los recursos, competitiva y sostenible. "Conservar los recursos y mejorar la productividad" tiene que ser una nueva misión.

**Cuadro 6.** Costos de preparación de terreno por hectárea

Preparación de terreno	Barbecho 27 L ha <sup>-1</sup>	Rastra 13.5 L ha <sup>-1</sup>	Multiarado 13.5 L ha <sup>-1</sup>	Diésel L ha <sup>-1</sup>	Diésel \$24.74
LC	1	2	0	54	\$1,335.26
LM	0	2	0	27	\$667.98
LCM	0	2	1	54	\$1,335.26
SD	0	0	0	0	\$0

Consumo de litros de diésel por hectárea, costos de diésel en el municipio de Ébano SLP

**Cuadro 7.** Diésel utilizado por horas

Preparación de terreno	Horas/ha-1	L Diesel/Hora	Total
Barbecho	3	9	27
Rastra	1.5	9	13.5
Multiarado	1.5	9	13.5

(Rondón et al., 2005) realizaron un experimento de siembra del maíz durante dos años consecutivos, con un diseño de bloques al azar, utilizando cuatro bloques con cuatro parcelas experimentales donde se implementó el sistema labranza cero no consumió combustible y el sistema de labranza convencional tuvo un gasto de diesel 14,90 L ha<sup>-1</sup>.

El costo de preparación de terreno por hectárea demostró que en siembra directa al no realizar ningún laboreo mecánico permite un notable ahorro en costos de producción en comparación con las otras técnicas de preparación de terreno (Tabla 5). Moran et al.; (2022) determinaron que la siembra directa debe ser tomada en cuenta dentro del sistema productivo como una práctica sustentable y económicamente rentable debido a que reduce los costos de producción y el uso de maquinarias sin que se vean afectados los rendimientos por hectárea. De acuerdo con los precios de gasolinas y diésel reportados en línea de conformidad en obligación establecida en el acuerdo Num.

A/41/2018 de la comisión reguladora de energía, el costo del diésel en el municipio de Ébano SLP es de \$24.74 (Energía, 2024).

El rendimiento de forraje verde por hectárea fue similar en todos los sistemas de labranza, pero en el sistema de labranza cero no se realizó preparación del terreno por lo tanto se obtuvo una mejor ganancia al no realizar el gasto de preparación de terreno. Weersink et al., (1992) evaluaron los costos de tres sistemas de labranza de conservación (arado de cincel, labranza de convencional y labranza cero) y determinaron que los costos totales de la preparación de terreno por hectárea fueron más altos para los sistemas de labranza de arado de convencional y arado de cincel en comparación con el sistema de labranza cero debido al mayor uso de maquinaria. Por lo tanto, el operador podría utilizar el tiempo y la mano de obra ahorrados para la producción de otros cultivos, aumentando así los ingresos generales de los agricultores (Huggins & Reganold, 2008).

## 7. Conclusiones

La labranza con multiarado presentó el mayor rendimiento de forraje verde con 42.62 t ha<sup>-1</sup>, esto posiblemente se debe a que esta práctica mantiene el suelo descompactado facilitando el movimiento vertical del agua, el aumento de las reservas hídricas en el suelo y la porosidad de aireación, lo que permite el desarrollo de las plantas.

Al evaluar la composición nutricional del maíz no se encontraron diferencias significativas con los mecanismos de labranza. Sin embargo, PC, FDN, FDA, LIG y CEN mostraron concentraciones nutricionales dentro del rango óptimo para la ingesta de los rumiantes.

En la comparación de siembra directa con labranza convencional obtuvo resultados similares en rendimiento de forraje verde por lo cual se determina que es factible utilizar siembra directa ya que no requiere laboreo mecánico así que no existen costos de preparación de terreno, mientras que en labranza convencional se requiere un gasto de \$1,335.26 ha<sup>-1</sup>.

Las evaluaciones y resultados del presente proyecto abren la pauta para ser explorados a largo plazo con distintas preparaciones de terreno en la producción de forraje verde permitiendo a los agricultores optimizar sus prácticas, el rendimiento, la calidad del forraje y los costos de producción mientras mantienen la salud del suelo y reducen los impactos ambientales negativos.



## 8. Recomendaciones

Continuar con la investigación en Agricultura de conservación a largo plazo, aplicando diferentes tipos de preparación del terreno y utilizando las diferentes prácticas de AC.

Analizar la importancia que tiene la agricultura de conservación para mejorar la producción de forraje y costos de preparación del terreno en los diferentes ciclos de cultivo.

Organizar espacios para comunicar las investigaciones generadas para motivar y capacitar a los agricultores sobre las alternativas tecnológicas que promueven la agricultura de conservación y así para poder contribuir con el medio ambiente.



## 9. Literatura citada

- Afzalnia, S., Khosravani, A. M., Javadi, A., Mohammadi, D., & Alavimanesh, S. M. (2012). Effect of Tillage and Planting Methods on the Soil Properties, Grain Drill Performance, and Wheat Yield. *Journal of Agricultural Science and Technology: B*, 2, 537-543. [https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-Tillage-and-Planting-Methods-on-the-Soil-Afzalnia-Khosravani/3a7e0069d37ef3ea2af4087109ced9370384dee1?utm\\_source=direct\\_link&sort=relevance&pdf=true](https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-Tillage-and-Planting-Methods-on-the-Soil-Afzalnia-Khosravani/3a7e0069d37ef3ea2af4087109ced9370384dee1?utm_source=direct_link&sort=relevance&pdf=true)
- Aguilera, E., Piñero, P., Infante Amate, J., González de Molina, M., Lassaletta, L., & Sanz Cobeña, A. (2020). Emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema agroalimentario y huella de carbono de la alimentación en España. *Real Academia de Ingeniería: Madrid, Spain*. [https://www.researchgate.net/profile/Alberto-Sanz-Cobena/publication/344774813\\_Emisiones\\_de\\_gases\\_de\\_efecto\\_invernadero\\_en\\_el\\_sistema\\_agroalimentario\\_y\\_huella\\_de\\_carbono\\_de\\_la\\_alimentacion\\_en\\_Espana/links/5f93f1d592851c14bce1ad50/Emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-en-el-sistema-agroalimentario-y-huella-de-carbono-de-la-alimentacion-en-Espana.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alberto-Sanz-Cobena/publication/344774813_Emisiones_de_gases_de_efecto_invernadero_en_el_sistema_agroalimentario_y_huella_de_carbono_de_la_alimentacion_en_Espana/links/5f93f1d592851c14bce1ad50/Emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-en-el-sistema-agroalimentario-y-huella-de-carbono-de-la-alimentacion-en-Espana.pdf)
- Akdemir Evrendilek, G., Atmaca, B., & Uzuner, S. (2024). Corn processing by pulsed electric fields with respect to microbial inactivation and improvement of seed vigour. *Computers and Electronics in Agriculture*, 219, 108830. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108830>
- Albino-Garduño, R., Turrent-Fernández, A., Cortés-Flores, J. I., Livera-Muñoz, M., & Mendoza-Castillo, M. C. (2015). Distribución de raíces y de radiación solar en el dosel de maíz y frijol intercalados. *Agrociencia*, 49(5), 513-531. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952015000500004](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000500004)
- Amorim, H. C. S., Ashworth, A. J., Moore, P. A., Wienhold, B. J., Savin, M. C., Owens, P. R., Jagadamma, S., Carvalho, T. S., & Xu, S. (2020). Soil quality indices following long-term conservation pasture management practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 301, 107060. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107060>
- Anderson, A. E., Hammac, W. A., Stott, D. E., & Tyner, W. E. (2020). An analysis of yield variation under soil conservation practices. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(1), 103-111. <https://doi.org/https://doi.org/10.2489/jswc.75.1.103>
- Andrade, B. M. d. S., Pedrotti, A., Sousa, B. M. d. L., Holanda, F. S. R., Villwock, A. P. S., & de Santana, A. P. S. (2023). Technical efficiency of forage production from



- residues of green corn (*Zea mays* L.) in Sergipe, Brazil.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.5039/agraria.v18i2a2971>
- Arias, N. M. M., Rangel, M. d. C. N., López, I. C. P., Sánchez, E. C., & de la Cruz, J. M. (2018). El suelo y su multifuncionalidad: ¿ qué ocurre ahí abajo? *CIENCIA ergo-sum*, 25(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a9>
- Ávila, E. A., Darghan, A. E., & Leiva, F. R. (2016). Influencia de la mineralogía de arcillas, textura y contenido de carbono orgánico sobre el índice de friabilidad de suelos cultivados con caña de azúcar. *Agronomía Costarricense*.  
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v40n2/0377-9424-ac-40-02-00019.pdf>
- Badagliacca, G., Laudicina, V. A., Amato, G., Badalucco, L., Frenda, A. S., Giambalvo, D., Ingrassia, R., Plaia, A., & Ruisi, P. (2021). Long-term effects of contrasting tillage systems on soil C and N pools and on main microbial groups differ by crop sequence. *Soil and Tillage Research*, 211, 104995.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2021.104995>
- Báez Pérez, A., Limón Ortega, A., González Molina, L., Ramírez Barrientos, C. E., & Bautista-Cruz, A. (2017). Efecto de las prácticas de agricultura de conservación en algunas propiedades químicas de los Vertisoles. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(4), 759-772.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v8i4.5>
- Baker, C. J., Saxton, K. E., Ritchie, W., Chamen, W., Reicosky, D., & Ribeiro, M. (2008). Los «¿ qué?» y los «¿ por qué?» de la agricultura con labranza cero. *Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Editorial Acrabia SA, Zaragoza, España*, 1-12. <https://www.fao.org/4/al298s/al298s01.pdf>
- Bernal, J. L. C., Cuenca, L. A. B., & Ortega, Y. B. S. (2020). Producción ganadera: la deforestación y degradación del suelo, una estrategia para el desarrollo sostenible. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(1), 77-82.  
<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/389>
- Bernal, N., Montealegre, G., Ipaz, S. N., Chaparro, O., & Ramírez, L. M. (2008). Efecto de cuatro métodos de labranza sobre las propiedades físicas y la pérdida de suelo en la rotación papa-pastos en áreas de ladera en una región alto andina de Colombia. *Acta Agronómica*, 57(1), 35-42.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122008000100005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122008000100005&script=sci_arttext)
- Blanco-Canqui, H., & Ruis, S. J. (2018). No-tillage and soil physical environment. *Geoderma*, 326, 164-200.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011>



- Busari, M. A., Kukal, S. S., Kaur, A., Bhatt, R., & Dulazi, A. A. (2015). Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(2), 119-129.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.002>
- Cadena-Zapata, M., López-López, J. A., López-López, G. F., Valenzuela-García, J. R., & de Jesús Vargas-Arellano, J. (2022). Índice de costo-beneficio de sistemas de labranza. *Revista Agraria*(SE1), 55-55.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.59741/agraria.v19iSE1.27>
- Caicedo-Rosero, L. C., de Jesús Méndez-Ávila, F., Gutiérrez-Zeferino, E., & Flores-Cuautle, J. d. J. A. (2021). Medición de humedad en suelos, revisión de métodos y características. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 9(17), 1-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.29057/icbi.v9i17.7035>
- Camacho-Tamayo, J. H., & Rodríguez, G. A. (2007). Evaluación de implementos de labranza a diferentes velocidades de operación y contenidos de agua del suelo. *Agricultura técnica*, 67(1), 60-67. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072007000100007>
- Camacho Lázaro, G. A. (2021). 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-2019. *Repositorio UNP*.  
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2684>
- Castellanos, M. (2012). Manual de preparación de suelos con tracción animal. *Zamorano*. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/09f3d434-9320-4c72-9093-fdac9fdeb907/content>
- Castillo-Valdez, X., Etchevers, J., Hidalgo-Moreno, C. M. I., & Aguirre-Gómez, A. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores. *Terra Latinoamericana*, 39.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.698>
- Ciarlo, E. A., Muschietti, M. d. P., Peralta, N., Comparín, M., Gregorini, F., Cipriotti, P. A., & Giuffre, L. (2020). Variabilidad espacial de propiedades del suelo: efecto del uso y tipo. *Ciencia del suelo*, 38(2), 249-261.  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672020000200249&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672020000200249&script=sci_arttext)
- CONAGUA. (2020). *Normales climatológicas 1991-2020 Ebanos San Luis Potosí*  
[https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales\\_Climatologicas/Normales9120/slp/nor9120\\_24015.TXT](https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales_Climatologicas/Normales9120/slp/nor9120_24015.TXT)
- Cotler, H., Martínez, M., & Etchevers, J. D. (2016). Carbono orgánico en suelos agrícolas de México: Investigación y políticas públicas. *Terra Latinoamericana*,



34(1), 125-138. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792016000100125&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792016000100125&script=sci_arttext)

Crittenden, S. J., & de Goede, R. G. M. (2016). Integrating soil physical and biological properties in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. *European Journal of Soil Biology*, 77, 26-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.09.003>

Crovetto, M., & Mirta, M. (2002). Cambios en la estructura alimentaria y consumo aparente de nutrientes de los hogares del Gran Santiago 1988-1997. *Revista chilena de nutrición*, 29(1), 24-32. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182002000100004>

Demuner-Molina, G., Cadena-Zapata, M., Campos-Magaña, S. G., Zermeño-González, A., & Sánchez-Pérez, F. d. J. (2014). Efecto de labranza y mejoradores de suelo en humedad y desarrollo radicular. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(2), 123-130. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s2007-24222014000200008&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s2007-24222014000200008&script=sci_arttext)

Devkota, M., Devkota, K. P., & Kumar, S. (2022). Conservation agriculture improves agronomic, economic, and soil fertility indicators for a clay soil in a rainfed Mediterranean climate in Morocco. *Agricultural Systems*, 201, 103470. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103470>

Díaz, R. V., Suárez, J. L., Ramírez, V. V., Rodríguez, A. B., Menjura, O. M., & Florez, C. F. (2023). Evaluación de variables agronómicas y calidad de la caña de azúcar sobre diferentes prácticas de labranza. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 4(2), 48-55. <https://doi.org/https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v4i2.198>

Diego Nava, F., Herrera Suárez, M., García de la Figal Costales, A. E., & Martínez y Cárdenas, J. R. (2015). Análisis de los sistemas de fuerza surgidos durante la operación del Arado de palo tradicional mexicano. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1), 29-37. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542015000100004&script=sci\\_arttext&lng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542015000100004&script=sci_arttext&lng=pt)

Domini, S. (2022). *Recomendaciones básicas para la implantación y el manejo del maíz bajo riego*. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/14545>

Dungait, J. A. J., Hopkins, D. W., Gregory, A. S., & Whitmore, A. P. (2012). Soil organic matter turnover is governed by accessibility not recalcitrance. *Global Change Biology*, 18(6), 1781-1796. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02665.x>

Dutta, S. K., Laing, A., Kumar, S., Shambhavi, S., Kumar, S., Kumar, B., Verma, D. K., Kumar, A., Singh, R. G., & Gathala, M. (2023). Sustainability, productivity,



profitability and nutritional diversity of six cropping systems under conservation agriculture: A long term study in eastern India. *Agricultural Systems*, 207, 103641. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103641>

Energía, C. R. d. (2024). *Precios de gasolinas y diésel reportados por los permisionarios*.  
<https://www.cre.gob.mx/ConsultaPrecios/GasolinasyDiesel/GasolinasyDiesel.htm>  
!

Escalona-Sánchez, A., Gavilanez-Buñay, T., Francisco-Yépez, A., & Ramírez-Guerrero, H. O. (2021). Uso de enmiendas en la producción de maíz para ensilaje con riego orgánico mineral. *Agronomía Costarricense*, 45(1), 177-192.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/rac.v45i1.45769>

Estrada-Urbina, J., Cantú-López, E., Molina-Moreno, J. C., & Estrada-Gómez, J. A. (2023). Physiological maturity in maize (*Zea mays* L.) seeds through morphological markers and moisture content. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3).  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/am.2023.53269>

Eze, S., Dougill, A. J., Banwart, S. A., Hermans, T. D., Ligowe, I. S., & Thierfelder, C. (2020). Impacts of conservation agriculture on soil structure and hydraulic properties of Malawian agricultural systems. *Soil and Tillage Research*, 201, 104639. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104639>

Feng, Q., An, C., Chen, Z., & Wang, Z. (2020). Can deep tillage enhance carbon sequestration in soils? A meta-analysis towards GHG mitigation and sustainable agricultural management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 110293. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110293>

Folorunso, O., Ojo, O., Busari, M., Adebayo, M., Joshua, A., Folorunso, D., Ugwunna, C. O., Olabanjo, O., & Olabanjo, O. (2023). Exploring Machine Learning Models for Soil Nutrient Properties Prediction: A Systematic Review. *Big Data and Cognitive Computing*, 7(2).

Fuentes-Llanillo, R., Telles, T. S., Soares Junior, D., de Melo, T. R., Friedrich, T., & Kassam, A. (2021). Expansion of no-tillage practice in conservation agriculture in Brazil. *Soil and Tillage Research*, 208, 104877.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104877>

Garbelini, L. G., Debiassi, H., Junior, A. A. B., Franchini, J. C., Coelho, A. E., & Telles, T. S. (2022). Diversified crop rotations increase the yield and economic efficiency of grain production systems. *European Journal of Agronomy*, 137, 126528.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126528>





- García-López, D. A., & Hernández, R. A. (2023). Estudio de altas densidades de siembra en la producción de maíz (*Zea mays*) híbrido. *Revista Tecnología en Marcha*, 36(4), 160-168. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18845/tm.v36i4.6427>
- García, D. Y., Cárdenas, J. F., & Parra, A. S. (2018). Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un Inceptisol. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 16-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.22267/rcia.183501.79>
- González, E. C., Tielves, R. V., Valdés, E. M. F., Pérez, M. A. G., Maqueira, Y. M., García, D. L., & Ruíz, A. R. (2020). Prácticas de Agricultura de Conservación para la producción de maíz (*Zea mays* Lin.) ecológico. *Revista ECOVIDA*, 10(2), 134-147. <http://revistaecovida.upr.edu.cu/index.php/ecovida/article/view/200>
- González Flores, S., Guajardo Hernández, L. G., Almeraya-Quintero, S. X., Pérez-Hernández, L. M., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2020). Evaluación de la sustentabilidad del cultivo de maíz en Villaflores y La Trinitaria, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(7), 1565-1578. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2673>
- Govaerts, B., Sayre, K. D., & Deckers, J. (2005). Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting? *Field Crops Research*, 94(1), 33-42. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.11.003>
- Huggins, D. R., & Reganold, J. P. (2008). No-till: the quiet revolution. *Scientific American*, 299(1), 70-77. <https://www.jstor.org/estable/26000723>
- INEGI. (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010 Ebano, San Luis Potosí* [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/24/24016.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/24/24016.pdf)
- Ingraffia, R., Lo Porto, A., Ruisi, P., Amato, G., Giambalvo, D., & Frenda, A. S. (2023). Conventional tillage versus no-tillage: Nitrogen use efficiency component analysis of contrasting durum wheat genotypes grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 296, 108904. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108904>
- Iqbal, M., Asif Iqbal, A. I., Zahoor Ahmad, Z. A., Ali Raza, A. R., & Faisal Nabeel, F. N. (2015). Overviewing forage maize yield and quality attributes enhancement with plant nutrition management. [http://www.idosi.org/wjas/wjas11\(3\)15/3.pdf](http://www.idosi.org/wjas/wjas11(3)15/3.pdf)
- Ismail, S. M. (2021). Field persistence of certain new insecticides and their efficacy against black cutworm, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel). *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00481-y>



- Jalota, S. K., Singh, S., Chahal, G. B. S., Ray, S. S., Panigrahy, S., Bhupinder, S., & Singh, K. B. (2010). Soil texture, climate and management effects on plant growth, grain yield and water use by rainfed maize–wheat cropping system: Field and simulation study. *Agricultural Water Management*, 97(1), 83-90.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.08.012>
- Jaramillo, D. F. J., Gómez, M. L. A., Moná, C. A. R., Sánchez, H. A. G., & Mejía, F. Á. (2011). Variables físicas que explican la variabilidad de suelo aluvial y su comportamiento espacial. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 46, 1707-1715.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001200017>
- Jayaraman, S., & Dalal, R. C. (2022). No-till farming: prospects, challenges–productivity, soil health, and ecosystem services. In (Vol. 60, pp. 435-441): CSIRO Publishing.
- Joaquín Cancino, S., Rocandio Rodríguez, M., Álvarez Vázquez, P., Hernández Guzmán, F. J., Limas Martínez, A. G., & Garay Martínez, J. R. (2022). Rendimiento y valor nutritivo del forraje y ensilado de maíces nativos en condiciones subtropicales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(5), 873-881. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v13i5.3231>
- Keskin, B., Akdeniz, H., Temel, S., & Eren, B. (2018). Determination of feeding values of different grain corn (*Zea mays* L.) varieties. *Ziraat Fakültesi Dergisi, Atatürk Üniversitesi*, 49(1), 15-19. <http://e-dergi.atauni.edu.tr/.../index>
- Kolapo, A., & Kolapo, A. J. (2023). Implementation of conservation agricultural practices as an effective response to mitigate climate change impact and boost crop productivity in Nigeria. *Journal of Agriculture and Food Research*, 12, 100557.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100557>
- Komolafe, O. (2022). Impacto de dos prácticas de labranza en determinadas propiedades del suelo, crecimiento y rendimiento del maíz en un Ultisol de Nigeria. *Peruvian Journal of Agronomy*, 6(2), 123-131.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.21704/pja.v6i2.1933>
- Kumar, R., Sarkar, B., Bhatt, B. P., Mali, S. S., Mondal, S., Mishra, J. S., Jat, R. K., Meena, R. S., Anurag, A. P., & Raman, R. K. (2021). Comparative assessment of energy flow, carbon auditing and eco-efficiency of diverse tillage systems for cleaner and sustainable crop production in eastern India. *Journal of Cleaner Production*, 293, 126162.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126162>
- Lal, R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1126/science.1097396>



- Lal, R. (2015). Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875-5895.
- Li, Y., Zhang, Q., Cai, Y., Yang, Q., & Chang, S. X. (2020). Minimum tillage and residue retention increase soil microbial population size and diversity: Implications for conservation tillage. *Science of the Total Environment*, 716, 137164.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137164>
- Lithourgidis, A. S., Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2009). Conservation tillage: A promising perspective for sustainable agriculture in Greece. *Journal of Sustainable Agriculture*, 33(1), 85-95.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10440040802587280>
- Luna Robles, E. O., Cantú Silva, I., Yáñez Díaz, M. I., González Rodríguez, H., Marmolejo Monsiváis, J. G., & Béjar Pulido, S. J. (2020). Ajuste de modelos empíricos de infiltración en un Umbrisol bajo diferentes tratamientos silvícolas. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(57), 132-152.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i57.643>
- Madembo, C., Mhlanga, B., & Thierfelder, C. (2020). Productivity or stability? Exploring maize-legume intercropping strategies for smallholder Conservation Agriculture farmers in Zimbabwe. *Agricultural Systems*, 185, 102921.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102921>
- Márquez-Sánchez, F. (2009). De las variedades criollas de maíz a los híbridos transgénicos. II: la hibridación. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 6(2), 161-176.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-54722009000200002&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-54722009000200002&script=sci_arttext)
- Martínez-Gamiño, M. Á., Osuna-Ceja, E. S., Padilla Ramírez, J. S., & Pimentel-López, J. (2023). Agricultura de conservación: alternativa para la mitigación del cambio climático en el altiplano semiárido de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v14i6.2957>
- Martínez-Gamiño, M. Á., Osuna Ceja, E. S., & Espinosa Ramírez, M. (2019). Impacto acumulado de la agricultura de conservación en propiedades del suelo y rendimiento de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 765-778.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1640>
- Maryam, B. (2023). Nutrient Management of Maize. In K. Prashant (Ed.), *New Prospects of Maize* (pp. Ch. 3). IntechOpen.  
<https://doi.org/10.5772/intechopen.112484>
- Massieu, Y. C. (2000). Bioseguridad global: el mundo y su protocolo internacional. *El cotidiano*, 17(104), 76-88. <https://www.redalyc.org/pdf/325/32510409.pdf>



- Mikhailova, M. Y., & Talanov, I. P. (2020). The effect of nutritional backgrounds on the formation of leaf surface and yield and green mass of corn. *BIO Web of Conferences*,
- Mondal, S., Chakraborty, D., Das, T. K., Shrivastava, M., Mishra, A. K., Bandyopadhyay, K. K., Aggarwal, P., & Chaudhari, S. K. (2019). Conservation agriculture had a strong impact on the sub-surface soil strength and root growth in wheat after a 7-year transition period. *Soil and Tillage Research*, 195, 104385. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104385>
- Montesdeoca Montesdeoca, F. H. S., Quishpe Sacancela, J. A., Oña Ñacata, J. S., López, J. R., Herrera Santillán, M. V., González Carrera, E. G., Bueno Quezada, J. D., Miranda Yupanqui, S. S., Arcos Saravia, L. L., & Armendáriz Serrano, A. B. (2023). Rentabilidad de cultivos en rotación bajo dos sistemas de labranza de suelo en el valle de Tumbaco, Ecuador. *Siembra*, 10(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.04552>
- Moran, E. S. H., Bendezú, S. J. G., Zenteno, M. D. C., Cabanilla, W. D. D., Litardo, R. C. M., & García, E. D. L. (2022). Evaluación de sistemas productivos de maíz, sobre la sostenibilidad económica. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 27(1), 18-30. <https://doi.org/https://doi.org/10.32480/rscp.2022.27.1.18>
- Moro, E. C., Venialgo, C. A., Gutierrez, N. C., Drganc, D., Asselborn, A., & Oleszczuk, J. D. (2004). Efecto de las labranzas y rotaciones sobre la compactación de suelos en distintos sistemas productivos de la Provincia del Chaco-República Argentina. *Agrotecnia*(12), 4-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.30972/agr.012449>
- Noulas, C., Torabian, S., & Qin, R. (2023). Crop Nutrient Requirements and Advanced Fertilizer Management Strategies. *Agronomy*, 13(8).
- Núñez Hernández, G., Payán García, J. A., Pena Ramos, A., González Castañeda, F., Ruiz Barrera, O., & Arzola Alvarez, C. (2010). Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(2), 85-98. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242010000200001&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242010000200001&script=sci_abstract&tlng=pt)
- Núñez, H. G., Contreras, G. F., & Faz, C. R. (2004). Producción, composición química y digestibilidad in vitro de híbridos de maíz de origen tropical y templado en la región árida de México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 8(1), 0. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83780108> (IN FILE)



- Olguín López, J. L., Guevara Gutiérrez, R. D., Carranza Montaña, J. A., Scopel, E., Barreto García, O. A., Mancilla Villa, O. R., & Talavera Villareal, A. (2017). Producción y rendimiento de maíz en cuatro tipos de labranza bajo condiciones de temporal. *Idesia (Arica)*, 35(1), 51-61.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017005000018>
- Omulo, G., Daum, T., Köller, K., & Birner, R. (2024). Unpacking the behavioral intentions of 'emergent farmers' towards mechanized conservation agriculture in Zambia. *Land Use Policy*, 136, 106979.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106979>
- Organization, A., & Development, I. F. f. A. (2008). *Gender in agriculture sourcebook*. World Bank Publications.  
[https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=XxBrq6hTs\\_UC&oi=fnd&pg=PR5&dq=fao+2008&ots=12dqwFat9E&sig=kE3197w2loLC1Fxt-CjrP35l0EA#v=onepage&q=fao%202008&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=XxBrq6hTs_UC&oi=fnd&pg=PR5&dq=fao+2008&ots=12dqwFat9E&sig=kE3197w2loLC1Fxt-CjrP35l0EA#v=onepage&q=fao%202008&f=false)
- Osuna-Ceja, E. S., Figueroa-Sandoval, B., Oleschko, K., Flores-Delgadillo, M. d. L., Martínez-Menes, M. R., & González-Cossío, F. V. (2006). Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza. *Agrociencia*, 40(1), 27-38. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952006000100027&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952006000100027&script=sci_arttext)
- Peña-Datoli, M., Hidalgo-Moreno, C., González-Hernández, V. A., Alcántar-González, E. G., & Etchevers-Barra, J. D. (2016). Recubrimiento de semillas de maíz (*Zea mays* L.) con quitosano y alginato de sodio y su efecto en el desarrollo radical. *Agrociencia*, 50(8), 1091-1106. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952016000801091&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952016000801091&script=sci_arttext)
- Prado-Martínez, M., Anzaldo-Hernández, J., Becerra-Aguilar, B., Palacios-Juárez, H., Vargas-Radillo, J. d. J., & Rentería-Urquiza, M. (2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. *Madera y bosques*, 18(3), 37-51.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s1405-04712012000300004&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s1405-04712012000300004&script=sci_arttext)
- Ramírez-Barrientos, C. E., Figueroa-Sandoval, B., Ordaz-Chaparro, V. M., & Volke-Haller, V. H. (2006). Efecto del sistema de labranza cero en un vertisol. *Terra Latinoamericana*, 24(1), 109-118.  
<https://www.redalyc.org/pdf/573/57311494013.pdf>
- Rehberger, E., West, P. C., Spillane, C., & McKeown, P. C. (2023). What climate and environmental benefits of regenerative agriculture practices? an evidence review. *Environmental Research Communications*, 5(5), 052001.  
<https://dx.doi.org/10.1088/2515-7620/acd6dc>



- Ren, Z., Han, X., Feng, H., Wang, L., Ma, G., Li, J., Lv, J., Tian, W., He, X., Zhao, Y., & Wang, C. (2024). Long-term conservation tillage improves soil stoichiometry balance and crop productivity based on a 17-year experiment in a semi-arid area of northern China. *Science of the Total Environment*, 908, 168283. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168283>
- Reta-Sánchez, D. G., Gaytán-Mascorro, A., & Carrillo-Amaya, J. S. (2000). Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 23(1), 37-37. <https://doi.org/https://doi.org/10.35196/rfm.2000.1.37>
- Rondón, P. P., Noguera, P. L., & Morales, A. A. (2005). Costo energético de tres sistemas de labranza en el cultivo de maíz. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(2), 23-27. <https://www.redalyc.org/pdf/932/93214204.pdf>
- Ronzoni-Rebelino, C. D., Ronzoni-Galindo, V., & Rios-Hernández, A. (2023). Resultados del uso en Uruguay de los multirados para tracción motorizada y tracción animal. *Revista Ingeniería Agrícola*, 13(3), 23-28. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586275623004>
- Ruiz, A. M., & López, E. D. (2020). Influencia de la temperatura, precipitación y radiación solar en el rendimiento de maíz en el Valle de Toluca, México. *Agrociencia*, 54(3), 377-385. <https://doi.org/https://doi.org/10.47163/agrociencia.v54i3.1933>
- Ruiz Diaz, Á. A., Malacara Herrera, I. d. R., Cerna Chávez, E., Ochoa Fuentes, Y. M., Aguirre Uribe, L. A., & Landeros Flores, J. (2018). Tratamiento químico a la semilla de maíz para control de trips (*Frankliniella occidentalis*) Pergande (Thysanoptera: Thripidae). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(3), 565-576. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.1215>
- Sadeghpour, A., Ketterings, Q. M., Vermeylen, F., Godwin, G. S., & Czymmek, K. J. (2016). Soil Properties under Nitrogen- vs. Phosphorus-Based Manure and Compost Management of Corn. *Soil Science Society of America Journal*, 80(5), 1272-1282. <https://doi.org/https://doi.org/10.2136/sssaj2016.03.0086>
- Salvadores, Y., Silva, G., Tapia, M., & Hepp, R. (2007). Polvos de especias aromáticas para el control del gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, en trigo almacenado. *Agricultura técnica*, 67(2), 147-154. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072007000200004>
- Sandoval-Estrada, M., Stolpe-Lau, N., Zagal-Venegas, E., Mardones-Flores, M., & Celis-Hidalgo, J. (2008). Aporte de carbono orgánico de la labranza cero y su impacto en la estructura de un Andisol de la Precordillera Andina Chilena.



*Agrociencia*, 42(2), 139-149. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952008000200001&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952008000200001&script=sci_arttext)

SAS (2012) Statistical Analytical Systems. SAS Version 9.2 user's guide. Carry, NY: SAS Institute.

Satter, L. D., & Reis, R. B. (2012). Milk production under confinement conditions. *US Dairy Forage Research Center, USDA-ARS and Dairy Science Department, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, USA*.  
<https://www.sbz.org.br/admin/pdfs/1997/pdf/palest10.pdf>

Sayre, K. D., & Hobbs, P. R. (2004). The raised bed system of cultivation for irrigated production conditions. In *Sustainable agriculture and the international rice-wheat system* (pp. 354-372). CRC press.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9780203026472>

Seitz, S., Goebes, P., Puerta, V. L., Pereira, E. I. P., Wittwer, R., Six, J., van der Heijden, M. G. A., & Scholten, T. (2018). Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(1), 4.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13593-018-0545-z>

Singh, G., Kumar, L., Chandra, S., Bhatnagar, A., & Raverkar, K. (2015). Response of summer planted sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) to tillage practices and planting methods. *MADRAS Agricultural Journal*, 102(jan-mar), 1.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.29321/MAJ.10.001065>

Singh, K. M., & Meena, M. (2013). Economics of conservation agriculture: An overview. Available at SSRN 2318983.  
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2318983>

Sithole, N. J., Magwaza, L. S., & Mafongoya, P. L. (2016). Conservation agriculture and its impact on soil quality and maize yield: A South African perspective. *Soil and Tillage Research*, 162, 55-67.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2016.04.014>

Soto, P., Jahn, E., & Arredondo, S. (2004). Mejoramiento del porcentaje de proteína en maíz para ensilaje con el aumento y parcialización de la fertilización nitrogenada. *Agricultura técnica*, 64(2), 156-162.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072004000200004>

Su, H., Chen, Z., Dong, Y., Ku, L., Abou-Elwafa, S. F., Ren, Z., Cao, Y., Dou, D., Liu, Z., & Liu, H. (2021). Identification of ZmNF-YC2 and its regulatory network for maize flowering time. *Journal of Experimental Botany*, 72(22), 7792-7807.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jxb/erab364>





- Tamo Zegarra, J. J. (2023). Control químico y su influencia en el índice de valor de importancia de malezas en rendimiento de maíz forrajero (*Zea mays* L.) variedad marginal 28 tropical en la irrigación Majes. <https://hdl.handle.net/20.500.12773/16527>
- TerAvest, D., Carpenter-Boggs, L., Thierfelder, C., & Reganold, J. P. (2015). Crop production and soil water management in conservation agriculture, no-till, and conventional tillage systems in Malawi. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 212, 285-296. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.07.011>
- Tharangani, R. M. H., Yakun, C., Zhao, L. S., Ma, L., Liu, H. L., Su, S. L., Shan, L., Yang, Z. N., Kononoff, P. J., Weiss, W. P., & Bu, D. P. (2021). Corn silage quality index: An index combining milk yield, silage nutritional and fermentation parameters. *Animal Feed Science and Technology*, 273, 114817. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114817>
- Torrentes Vilchez, L. R., & Rizo Zeledón, M. E. (1999). *Evaluación de diferentes prácticas de labranza de suelos en el crecimiento y rendimiento de maíz (Zea mays L.) y la extracción de nutrientes del cultivo y las malezas* Universidad Nacional Agraria, UNA]. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1710>
- Torres-Guerrero, C. A., Etchevers, J. D., Fuentes-Ponce, M. H., Govaerts, B., León-González, F. D., & Herrera, J. M. (2013). Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. *Terra Latinoamericana*, 31(1), 71-84. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792013000100071&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792013000100071&script=sci_arttext)
- Toth, M., Stumpp, C., Klik, A., Strauss, P., Mehdi-Schulz, B., Liebhard, G., & Strohmeier, S. (2024). Long-term effects of tillage systems on soil health of a silt loam in Lower Austria. *Soil and Tillage Research*, 241, 106120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106120>
- Trevizan Rispoli, J. F., & Challapa Moscoso, G. A. (2020). Comparación del rendimiento de forraje verde hidropónico con maíz lluteño y maíz comercial, utilizando cuatro calidades de agua. Arica, Chile. *Idesia (Arica)*, 38(3), 113-122. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000300113>
- Tucuch-Cauich, C. A., Rodríguez-Herrera, S. A., Reyes-Valdés, M. H., Pat-Fernández, J. M., Tucuch-Cauich, F. M., & Córdova-Orellana, H. S. (2011). Índices de selección para producción de maíz forrajero. *Agronomía Mesoamericana*, 22(1), 123-132. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212011000100015](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212011000100015)
- UE, U. E., para el Corredor, S. A. A., & Centroamericano, S. (2023). Preparación de Suelos y Elaboración de Semilleros.



<http://52.165.25.198/bitstream/handle/11324/22191/Preparaci%C3%B3n%20de%20suelos%20y%20elaboraci%C3%B3n%20de%20semilleros.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Utzig, D. L., Minella, J. P. G., Schneider, F. J. A., Londero, A. L., Dambroz, A. B. P., Barros, C. A. P., Tiecher, T., & Kaiser, D. R. (2023). Nutrient transport in surface runoff and sediment yield on macroplots and zero-order catchments under no-tillage. *CATENA*, 231, 107333.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107333>

Vaca García, V. M., Martínez Villanueva, J. J., González Huerta, A., Morales Rosales, E. J., Zamudio González, B., & Gutiérrez Rodríguez, F. (2014). Compactación de un vertisol bajo tres sistemas de labranza en maíz (*Zea mays* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(8), 1495-1507.

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342014000800013&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342014000800013&script=sci_arttext)

Vargas Diaz, R. E., Varón Ramírez, V. M., Estupiñan Casallas, J. M., Lesmes Suárez, J. C., Barona Rodríguez, A. F., & Florez, F. (2023). Cuantificación de la pérdida de suelo por escorrentía bajo dos metodologías de labranza en la producción de caña de azúcar para la elaboración de panela. *Siembra*, 10(2).

<https://doi.org/https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.5435>

Vargas, L. A. (2014). El maíz, viajero sin equipaje 11 Trabajo modificado a partir de su presentación en el simposio “Somos de maíz: principio y destino”, con motivo del vigésimo quinto aniversario de la revista Cuadernos de Nutrición, en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán”, 24 de julio de 2007. *Anales de Antropología*, 48(1), 123-137.

[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0185-1225\(14\)70492-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0185-1225(14)70492-8)

Víllora, R. A., Plaza, E. H., Navarrete, L., Sánchez, M., & Sánchez, A. (2019). Climate and tillage system drive weed communities' functional diversity in a Mediterranean cereal-legume rotation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 283, 106574. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106574>

Walne, C. H., & Reddy, K. R. (2022). Temperature effects on the shoot and root growth, development, and biomass accumulation of corn (*Zea mays* L.). *Agriculture*, 12(4), 443. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture12040443>

Weersink, A., Walker, M., Swanton, C., & Shaw, J. E. (1992). Costs of conventional and conservation tillage systems. *Journal of Soil and Water Conservation*, 47(4), 328. <http://www.jswconline.org/content/47/4/328.abstract>

Wekesah, F. M., Mutua, E. N., & Izugbara, C. O. (2019). Gender and conservation agriculture in sub-Saharan Africa: a systematic review. *International Journal of*



*Agricultural Sustainability*, 17(1), 78-91.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14735903.2019.1567245>

Xiao, L., Zhao, R., & Zhang, X. (2020). Crop cleaner production improvement potential under conservation agriculture in China: A meta-analysis. *Journal of Cleaner Production*, 269, 122262.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122262>

Xu, R., Zhao, H., Liu, G., You, Y., Ma, L., Liu, N., & Zhang, Y. (2021). Effects of nitrogen and maize plant density on forage yield and nitrogen uptake in an alfalfa–silage maize relay intercropping system in the North China Plain. *Field Crops Research*, 263, 108068. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108068>

Yang, H., Hu, F., Yin, W., Chai, Q., Zhao, C., Yu, A., Fan, Z., Fan, H., & Ren, X. (2021). Integration of tillage and planting density improves crop production and carbon mitigation of maize/pea intercropping in the oasis irrigation area of northwestern China. *Field Crops Research*, 272, 108281.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108281>

Yu, T., Mahe, L., Li, Y., Wei, X., Deng, X., & Zhang, D. (2022). Benefits of crop rotation on climate resilience and its prospects in China. *Agronomy*, 12(2), 436.

<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy12020436>

Zamora Albán, C. I. (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.

<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e407de37-e25e-4f5a-8a0e-0585883e9914/content>

Zhu, M., Xu, X., Hou, Y., Han, J., Wang, J., Zheng, Q., & Hao, H. (2019). Boronic Derivatization of Monoacylglycerol and Monitoring in Biofluids. *Anal Chem*, 91(10), 6724-6729. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b00805>





# ANEXOS

## Anexo 1. Artículo: Carta de aceptación artículo de divulgación



Saber Más: Revista de Divulgación  
Año 13  
Revista con Arbitraje y Comité Editorial  
Registro ISSN: 2007-7041

Morelia, Michoacán a 18 de febrero de 2024

**Estimadas Dulce Milagros Cruz-Hernández y Karla Lissette Silva-Martínez:**

Nos resulta muy grato comunicarles que el comité editorial de la **Revista Saber Más** ha tomado la decisión de **ACEPTAR** el artículo de divulgación científica **“Agricultura sostenible en acción”** que será publicado en un próximo número de Saber Más. Agradecemos su colaboración y les invitamos a seguir colaborando, así como a ayudarnos a difundir Saber Más.



Dr. Horacio Cano Camacho  
Editor

**REVISTA DE DIVULGACIÓN Saber Más**, ES UNA REVISTA SIN FINES DE LUCRO. LAS EXPRESIONES SON RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES. **COMITÉ EDITORIAL:** DR. RAFAEL SALGADO GARCIGLIA (DIRECTOR), DR. HORACIO CANO CAMACHO (EDITOR), DR. JESÚS CAMPOS GARCÍA, DR. CEDERIK LEÓN DE LEÓN ACUÑA, DRA. EK DEL VAL DE GORTARI, M.C. ANA CLAUDIA NEPOTE GONZÁLEZ, DR. LUIS MANUEL VILLASEÑOR CENDEJAS Y DR. JUAN CARLOS ARTEAGA VELÁZQUEZ.

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

Edificio C2 ° Ciudad Universitaria ° C.P. 58030 ° Morelia, Michoacán ° [www.sabermas.umich.mx](http://www.sabermas.umich.mx)  
sabermasumich@gmail.com ° Tel. (443) 322 3500



## Anexo 2. Congreso: aceptación de resumen en el congreso Mesoamericano de Investigación UNACH 2024.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS  
Congreso Mesoamericano de Investigación UNACH



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México  
08 de Julio de 2024

**Dulce Milagros Cruz Hernández**

Erika Andrea Hernández

Juan Patishtan Pérez

Karla Lissette Silva Martínez

Diego Vázquez Aguilar

En nombre del Comité Científico Evaluador de la 16a edición del Congreso Mesoamericano de Investigación UNACH (CMIU), informamos a usted que la contribución denominada **“Rendimiento de forraje de maíz en sistemas de labranza”**, registrada en la categoría 6. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias, después de las evaluaciones a doble ciego realizada por pares académicos, fue dictaminada como **APROBADA** para su presentación en el marco del CMIU, a realizarse en modalidad a distancia del 02 al 06 de septiembre del año en curso.

Es importante señalar que la contribución se integrará a la publicación “Congreso Mesoamericano de Investigación UNACH”, la cual estará disponible en la página <http://www.congreso.mesoamericano.unach.mx>, a partir del mes de octubre del presente año.

Sin otro particular, a nombre del Comité Científico Evaluador y las instituciones Organizadoras de la 16a edición del Congreso Mesoamericano de Investigación UNACH, enviamos a usted un cordial saludo.

**Dra. Gabriela Palacios Pola**  
Universidad Politécnica de Chiapas



**Dra. María de Lourdes Zaragoza Martínez**  
Universidad Autónoma de Chiapas

Coordinadoras de la categoría 6. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias

C.c.p. Archivo





### Anexo 3. Estancia: Finalización de estancia CENID F y MA, INIFAP Querétaro



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

**inifap**  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN  
DISCIPLINARIA EN FISIOLÓGIA  
Y MEJORAMIENTO ANIMAL

Oficio No.: JAG.QRO.002.1.099-2023.  
Asunto: Finalización estancia.  
Ajuchitlán, Colón, Qro. a 08 de diciembre del 2023.

**Dr. Daniel Ángeles Herrera**

Encargado de la Subdirección de Posgrado e Investigación  
Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca  
Presente.

Por este conducto se hace constar que la estudiante **IA. DULCE MILAGROS CRUZ HERNÁNDEZ**, realizó una estancia de investigación en este Centro, del 9 de octubre al 8 de diciembre del 2023 con la finalidad de realizar los análisis de composición nutricional de las muestras de forraje pertenecientes a su trabajo de investigación y a la vez capacitarse en las técnicas de laboratorio de nutrición animal.

La alumna **DULCE MILAGROS CRUZ HERNÁNDEZ**, estuvo bajo la asesoría del Dr. Ricardo Basurto Gutiérrez y la Q.A. Ericka Ramirez Rodríguez investigadores de este centro.

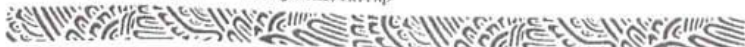
Sin más por el momento, reciba saludos cordiales.

**Atentamente**

**Dr. Miguel Enrique Arechavaleta Velasco**  
Director del CENID Fisiología y Mejoramiento Animal



**CENID  
FISIOLOGÍA**





Anexo 4. Retribución social: Participación en el Foro Regional de Cambio Climático

VERACRUZ GOBIERNO DEL ESTADO | SEDEMA Secretaría de Medio Ambiente | VERA CRUZ ME LLENA DE ORGULLO | Chicontepec | INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CHICONTEPEC

La Secretaría de Medio Ambiente otorga el presente

# RECONOCIMIENTO

Al: **ING. DULCE MILAGROS CRUZ HERNÁNDEZ**

Por su destacada Ponencia en el **Foro Regional de Cambio Climático** realizado en el Instituto Tecnológico Superior de Chicontepec. 05 de junio de 2023

Ing. Juan Carlos Contreras Bautista  
Secretario de Medio Ambiente

Dr. Horacio Bautista Santos  
Director General del Instituto Tecnológico Superior de Chicontepec

Lic. Armando Fernández de la Cruz  
Presidente Municipal de Chicontepec, Ver.

SEMANA DEL MEDIO AMBIENTE 2023 | SIN CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS | DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE | ONU programa para el medio ambiente





### Anexo 5. Inglés: Aprobación del examen TOEFL ITP

TOEFL ITP Score Report			
Name of Institution: CELLAP TAMPICO			
Name: CRUZ HERNANDEZ DULCE MILAGROS		Student Number: 20439	
DOB: 08/20/1999	Sex: F	Degree:	Times Taken TOEFL: None
Native Country: Mexico			
Native Language: Spanish			
Scaled Scores:		Listening Comprehension: 53	Test Date: 10/09/2022
		Structure & Written Expression: 55	Form: TOEFL ITP
		Reading Comprehension: 50	
		Total Score: 526	

**ETS TOEFL ITP**

The face of this document has a security background. The back contains a watermark. Hold at an angle to view.

The TOEFL ITP Assessment Series is designed to be used for placement, progress monitoring, and exit purposes. TOEFL ITP scores can also be used for admissions to programs and institutions where English is not the dominant language of instruction for content courses. Learn more at [www.ets.org/toefl\\_itp/use](http://www.ets.org/toefl_itp/use).

119631-16573 • FB317C100 • Printed in U.S.A. I.N. 770462

Student's File Copy  
Do Not Copy

Copyright © 2012 by Educational Testing Services.