

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño y gestión de parcelas experimentales en el centro internacional para el mejoramiento de maíz y trigo

**INFORME DE SERVICIO
SOCIAL**

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGROFORESTAL



**INGENIERÍA
AGROFORESTAL**

FERNANDO ANTONIO GARCÍA LLAVEN

Villa Corzo, Chiapas; Marzo 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño y gestión de parcelas experimentales en el centro internacional para el mejoramiento de maíz y trigo

**INFORME DE SERVICIO
SOCIAL**

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGROFORESTAL



**INGENIERÍA
AGROFORESTAL**

FERNANDO ANTONIO GARCÍA LLAVEN

Director

Dr. Miguel Prado López

Villa Corzo, Chiapas; Marzo 2026





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES

DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Villa Corzo, Chiapas
12 de Febrero del 2026

C. Fernando Antonio García Llaven

Pasante del Programa Educativo de:

Ingeniería Agroforestal

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Diseño y gestión de parcelas experimentales en el Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo

En la modalidad de: **Informe de Servicio Social**

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Ing, Eliezer Elías Santizo Toledo

Dr. Vicente Pérez Madrigal

Mtro. Miguel Prado López

Firmas:

C.c.p. Expediente



**Diseño y gestión de parcelas
experimentales en el centro
internacional para el mejoramiento
de maíz y trigo**

Índice

1	<i>Introducción</i>	1
2	<i>Justificación</i>	2
3	<i>Antecedentes</i>	4
3.1	<i>Rotación</i>	6
3.2	<i>Labranza cero</i>	7
3.3	<i>Inclusión de leguminosa</i>	8
4	<i>Objetivo</i>	11
5	<i>Descripción de las funciones específicas y globales desarrolladas</i>	12
5.1	<i>Sitio de estudio</i>	14
6	<i>Presentación y análisis de las actividades</i>	15
6.1	<i>Realizar en campo el trazo de diseños de experimentos a establecer</i>	15
6.2	<i>Preparación del terreno</i>	17
6.3	<i>Acondicionar los tratamientos</i>	19
6.4	<i>Siembra</i>	20
6.5	<i>Tomar datos de germinación</i>	21
6.6	<i>Control de malezas</i>	22
6.7	<i>Fertilización</i>	23
6.8	<i>Control de plagas</i>	24
6.9	<i>Evaluación de rendimiento</i>	26
7	<i>Conclusiones, propuestas y recomendaciones</i>	28
7.1	<i>Conclusiones</i>	28
7.2	<i>Propuestas</i>	29
7.3	<i>Recomendaciones</i>	30
8	<i>Referencias</i>	31

Agradecimientos

Este trabajo representa mucho más que el cierre de una etapa académica; es el reflejo de todo el apoyo, la confianza y el cariño de las personas que caminaron conmigo en este proceso.

A Dios, por darme la fuerza, la salud y la serenidad necesarias para llegar hasta aquí.

A mi madre, por ser mi guía, mi inspiración, mi ejemplo de esfuerzo, por estar presente en cada paso, por su paciencia y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Gracias por tus sacrificios, por tu fe en mí y por enseñarme que todo se puede lograr con constancia y humildad. Este logro es tan tuyo como mío.

A mis compañeros, gracias por las risas, el apoyo, los desvelos y por compartir conmigo cada momento de este camino.

A mi asesor, el Dr. Miguel Prado López, le agradezco profundamente su guía, su tiempo y su confianza. Su acompañamiento constante y su compromiso con mi formación fueron fundamentales para la culminación de este trabajo. Gracias por su paciencia, por su orientación académica y por recordarme siempre la importancia de hacer las cosas con rigor, pero también con pasión.

Quiero dedicar un agradecimiento muy especial al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) por abrirme las puertas en la plataforma experimental de Villa Corzo, Chiapas.

Gracias por darme la oportunidad de aprender en el campo, de convivir con personas comprometidas con la ciencia y con la tierra, y por enseñarme que la investigación tiene verdadero sentido cuando mejora la vida de quienes producen los alimentos que nos sostienen.

A los ingenieros y al equipo de trabajo del CIMMYT-Villa Corzo, gracias por su calidez humana, por compartir sus conocimientos y por hacerme sentir parte de su equipo desde el primer día. Aprendí con ustedes mucho más de lo que imaginé, no solo sobre agricultura, sino sobre humildad, trabajo y respeto por la tierra.

Hoy concluye una etapa, pero me llevo conmigo todo lo aprendido, cada enseñanza y cada persona que hizo posible este camino.

Gracias por ser parte de esta historia, por inspirarme y por recordarme que los sueños sí se alcanzan cuando se trabaja con entrega, fe y gratitud.

1 Introducción

La agricultura es una de las actividades humanas más esenciales para la subsistencia, pero también una de las que más presión ejerce sobre los recursos naturales. En las últimas décadas, los sistemas convencionales de producción han logrado aumentar considerablemente los rendimientos agrícolas gracias al uso intensivo de maquinaria, fertilizantes químicos y pesticidas. Por otro lado, este modelo ha traído consigo consecuencias como la erosión del suelo, pérdida de biodiversidad, contaminación de agua y un acelerado deterioro de la fertilidad edáfica. Estas problemáticas generan un desafío mayúsculo para la seguridad alimentaria y para la sostenibilidad de los sistemas productivos en el mediano y largo plazo. Como menciona el CIMMYT (2024), la investigación aplicada y el trabajo directo con los productores son claves para acelerar la adopción de estas prácticas y garantizar un futuro agrícola más resiliente.

En contraste, la agricultura de conservación se presenta como una alternativa que busca conciliar productividad con el cuidado ambiental. Basada en tres principios fundamentales (labranza mínima, cobertura permanente del suelo y diversificación de cultivos), esta propuesta no solo contribuye a la regeneración del suelo y al control de la erosión, sino que además favorece la eficiencia en el uso del agua y los nutrientes. Algunos estudios desarrollados en parcelas experimentales del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) han demostrado que la inclusión de leguminosas en rotación, junto con la práctica de cero labranza, puede incrementar el rendimiento del maíz hasta en un 15% respecto al sistema

convencional, a la vez que mejora la fertilidad del suelo y reduce la dependencia de insumos externos (CIMMYT, 2023).

Este proyecto documenta las actividades de investigación que se llevan a cabo en la plataforma experimental CIMYT-Villa Corzo en donde se realizan investigaciones para aportar evidencia sobre los beneficios de la agricultura de conservación en comparación con el sistema convencional. Además, se realizan actividades para promover prácticas agrícolas más sostenibles que no solo incrementen la productividad, sino que también contribuyan a la regeneración de suelos y la preservación del medio ambiente.

2 Justificación

La agricultura convencional ha sido clave para aumentar la producción de alimentos, pero su enfoque intensivo basado en labranza profunda y uso excesivo de químicos ha generado problemas graves: erosión, pérdida de biodiversidad y degradación del suelo. Esto plantea un riesgo claro para la sostenibilidad a largo plazo (FAO, 2021; Lal, 2020).

En contraste, la agricultura de conservación ofrece una alternativa interesante al integrar principios como labranza mínima, rotación de cultivos con leguminosas y manejo de residuos vegetales. Estas prácticas mejoran la fertilidad del suelo y reducen la erosión, como se demostró en la plataforma experimental CIMMYT-Villa Corzo, donde tratamientos con rotación de maíz y leguminosas (*Canavalia ensiformis*) bajo cero labranza alcanzaron rendimientos de hasta 7.6 toneladas por hectárea, un 15% más que los sistemas convencionales (CIMMYT, 2023; INIFAP, 2017).

El éxito de estos sistemas se debe a factores como la fijación biológica de nitrógeno, la retención de humedad y la disminución de la compactación del suelo. Además, el manejo parcial del rastrojo (dejar restos vegetales en la superficie) ayuda a mantener la cobertura, regular temperaturas extremas y prevenir la pérdida de carbono. Esto no solo fortalece la resiliencia ante el cambio climático, sino que también crea condiciones favorables para bacterias fijadoras de nitrógeno, hongos micorrízicos y lombrices de tierra, que mejoran la estructura del suelo, incrementan la disponibilidad de nutrientes y promueven la infiltración de agua (FAO, 2021; Lal, 2020).

Lo importante aquí es que estos resultados no son solo números: respaldan un cambio real en cómo trabajamos la tierra. En campo, se observaron mejoras concretas como tasas de germinación más altas, una cobertura del suelo más uniforme, menor presencia de malezas y mayor retención de humedad en periodos secos. Los cultivos también mostraron mayor vigor en las etapas iniciales, lo que confirma que la integración de leguminosas y el manejo de rastrojo fortalecen la salud del suelo y la estabilidad productiva (FAO, 2021).

La idea es facilitar la transición hacia sistemas más sostenibles, donde la productividad y la conservación vayan de la mano. Esta transición se realiza de forma gradual, mediante parcelas demostrativas, talleres de capacitación, acompañamiento técnico y difusión de prácticas exitosas en comunidades rurales, lo que permite a los productores probar y adaptar las prácticas a sus propias condiciones antes de adoptarlas plenamente (CIMMYT, 2023).

3 Antecedentes

Los antecedentes de este trabajo se relacionan con la aplicación de prácticas de agricultura de conservación, un enfoque que busca mantener la productividad de los cultivos al mismo tiempo que protege y mejora los recursos naturales. Entre las prácticas más relevantes que fundamentan este proyecto se encuentran la rotación de cultivos, la labranza cero y la inclusión de leguminosas en sistemas de maíz.

La rotación de cultivos ha sido ampliamente estudiada como una estrategia para mejorar la sostenibilidad agrícola. Alternar maíz con especies como frijol, dolichos, sorgo o canavalia permite diversificar el sistema y reducir los problemas asociados al monocultivo, tales como la pérdida de nutrientes, el incremento de plagas y la degradación del suelo. Diversos autores señalan que la rotación con leguminosas incrementa la disponibilidad de nitrógeno mediante la fijación biológica, mejora la estructura del suelo y reduce la necesidad de fertilizantes químicos (Giller et al., 2021; FAO, 2021). En consecuencia, la rotación no solo favorece la salud edáfica, sino que también aporta estabilidad económica al diversificar la producción.

Por otra parte, la labranza cero constituye un pilar fundamental de la AC. Esta práctica consiste en sembrar directamente sobre los residuos del cultivo anterior, evitando el uso del arado y reduciendo la alteración del suelo. Se ha demostrado que la labranza cero disminuye significativamente la erosión, conserva la humedad, mejora la infiltración del agua y mantiene el carbono almacenado en el suelo, lo que contribuye a mitigar el cambio climático (Hobbs et al., 2008; Kassam et al., 2015). A nivel productivo, también reduce costos de preparación del terreno y tiempo de

siembra, lo que representa una ventaja importante para los agricultores de pequeña y mediana escala.

Finalmente, la inclusión de leguminosas de cobertura ha sido reconocida como una práctica clave para fortalecer los sistemas agrícolas. Especies como *Canavalia ensiformis* y *Lablab purpureus* producen gran cantidad de biomasa que funciona como cobertura, protegiendo el suelo contra la erosión y regulando la temperatura. Además, su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico aporta nutrientes al cultivo principal, mientras que la materia orgánica derivada de su descomposición mejora la fertilidad y la estructura del suelo (Páez, 1983; Beckett, 2004). En sistemas de rotación con maíz, estas leguminosas también ayudan a romper ciclos de plagas y malezas, reduciendo la dependencia de agroquímicos.

En conjunto, estos antecedentes demuestran que la integración de rotación de cultivos, labranza cero e inclusión de leguminosas es una alternativa viable al sistema convencional basado en monocultivo y laboreo intensivo. La evidencia científica respalda que estas prácticas contribuyen a mejorar la productividad, aumentar la resiliencia frente a sequías y favorecer la recuperación de suelos degradados, lo que justifica su evaluación en parcelas experimentales como la de Villa Corzo.

Además de todo lo anterior, también se estudian y promueven prácticas de manejo sostenible que aumentan la productividad agrícola, mejoran la salud del suelo y promueven la conservación del agua. Se enfocan en técnicas de agricultura de conservación y prácticas agroecológicas que ayudan a mitigar los efectos del cambio climático. En el caso de la plataforma experimental CIMYT - Villa Corzo, se

establecen parcelas demostrativas con prácticas de agricultura de conservación que incluyen rotación de cultivos, labranza cero y la incorporación de leguminosas.

3.1 Rotación

La rotación de cultivos es una práctica esencial promovida por el CIMMYT para mejorar la sostenibilidad y productividad de los sistemas agrícolas. Consiste en alternar diferentes cultivos en un mismo terreno a lo largo de varios ciclos agrícolas. Esta técnica se utiliza para prevenir los problemas asociados con el monocultivo, como el agotamiento de nutrientes, el aumento de plagas y enfermedades, y la pérdida de fertilidad del suelo.

Uno de los principales beneficios de la rotación de cultivos es la mejora de la fertilidad del suelo. Cultivos como las leguminosas (frijol, dolichos o canavalia) fijan nitrógeno en el suelo gracias a su asociación con bacterias simbióticas, reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos. Cuando estos cultivos se alternan con cereales como el maíz o el trigo, el suelo se enriquece de manera natural, permitiendo una producción sostenible a largo plazo.

La rotación también rompe los ciclos biológicos de plagas y enfermedades. Al alternar cultivos con diferentes características, se evita que plagas especializadas encuentren un ambiente constante para reproducirse. Esto disminuye la dependencia de pesticidas químicos, promoviendo sistemas agrícolas más saludables y ecológicos. Además, ayuda a controlar las malezas, ya que el cambio de cultivos dificulta su establecimiento y propagación.

Otro beneficio importante es la conservación de los nutrientes del suelo. Cada cultivo tiene distintas necesidades y demandas nutricionales. Alternar cultivos

permite que el suelo descanse de ciertos nutrientes y se aprovechen otros, evitando el agotamiento de elementos esenciales. Además, diferentes tipos de raíces mejoran la estructura del suelo, favoreciendo su aireación, retención de agua y capacidad para soportar cultivos a largo plazo.

Desde el punto de vista económico, la rotación de cultivos diversifica la producción agrícola, lo que permite a los agricultores obtener diferentes productos para consumo o venta. Esto reduce riesgos económicos asociados con la fluctuación de precios o pérdidas por enfermedades en un solo cultivo. Por ejemplo, en las estrategias del CIMMYT, se recomienda alternar cereales como maíz o trigo con leguminosas, lo que no solo mejora la calidad del suelo, sino también la seguridad alimentaria de las comunidades rurales. Esta práctica es clave para enfrentar la degradación del suelo y los desafíos del cambio climático, garantizando sistemas agrícolas sostenibles, productivos y resilientes.

3.2 Labranza cero

La labranza cero es una práctica clave promovida por el CIMMYT dentro de la agricultura de conservación. Consiste en sembrar directamente sobre los residuos de cultivos anteriores, eliminando el uso del arado y la preparación convencional del terreno. Este enfoque busca minimizar la alteración del suelo, conservando su estructura natural y cubriéndolo con restos vegetales para protegerlo. El CIMMYT impulsa la labranza cero debido a sus numerosos beneficios. En primer lugar, ayuda a conservar el suelo al reducir significativamente la erosión causada por viento y agua. Al mantener una cobertura permanente, se protege la superficie, se mejora la infiltración del agua y se evita la compactación. En términos económicos, esta práctica reduce los costos de producción al eliminar labores intensivas como el

arado, disminuyendo el consumo de combustible y el desgaste de maquinaria. Además, la labranza cero es más eficiente en tiempo, permitiendo a los agricultores realizar las siembras de manera más rápida.

Otro aspecto importante es su contribución a la sostenibilidad ambiental. Al no remover el suelo, se evita la liberación de carbono almacenado, lo que ayuda a mitigar el cambio climático. Asimismo, fomenta la biodiversidad del suelo al preservar microorganismos y lombrices, esenciales para la fertilidad. El CIMMYT promueve esta práctica como parte de estrategias integrales para enfrentar la degradación del suelo y el cambio climático, logrando sistemas agrícolas más resilientes, sostenibles y productivos, especialmente en regiones donde los recursos son limitados. La labranza cero no solo mejora la productividad a largo plazo, sino que también beneficia al medio ambiente y la economía de los agricultores.

3.3 Inclusión de leguminosa

3.3.1. *Canavalia ensiformis*

Perteneciente a la familia de las Papilionáceas y originaria del nuevo mundo, antiguamente se cultivaba en América Tropical y formaba parte de la dieta de las personas (CANALS, 1976). Posteriormente se redujo su cultivo, a pesar de las potencialidades que ofrece su utilización en los países tropicales. Es una planta anual o bianual, herbácea, de alrededor de un metro de altura y muy ramificada. Sus frutos miden aproximadamente 30 cm. de largo y 3,5 cm. de ancho y los granos son generalmente de color blanco, con un peso superior a un gramo cada uno. Su hábito de crecimiento puede ser recto o voluble, en dependencia de la variedad, y existe una gran variabilidad en la producción de forrajes y granos (VIERA, 1984).

Se conoce por los nombres vulgares de frijol machete, haba de burro, nescafé, poroto gigante, Jack bean, Pois sabre y otros (ROIG, 1965). Tiene un amplio uso, desde la alimentación de los rumiantes (planta entera, frutos, residuos de la cosecha, granos y vainas vacías), las aves, los cerdos y los humanos (granos), como cultivo de cobertura y abono verde, en la protección de los suelos y para la producción de ureasa (PAEZ, 1983.)

3.3.2. *Phaseolus vulgaris*

Planta herbácea perteneciente a la familia de las fabaceae, de tallos, delgados y débiles cuadrangulares, a veces rayados de púrpura, hojas, trifoliadas, ápice, acuminados laterales, más o menos tubos y estándar de redondeado(nacional, 2017). Alcanza una altura de 50 a 70 cm y sus raíces se desarrollan con una raíz pivotante principal y muchas ramificaciones. El fruto es una vaina suavemente curvada y dehiscente, lo que significa que se abre naturalmente cuando está madura. Esta vaina puede medir de 10 a 12 cm y es de color verde, morada o casi negra. En su interior las semillas pueden ser oblongas, ovales o redondeadas (según la variedad), poco comprimidas y de color café o negro, o moteadas café, rojo o negro (nacional, 2017). La siembra se realiza a mano o con sembradora, enterrando la semilla a una profundidad de 3 a 5 cm, con una distancia entre plantas de 6 cm y entre hileras de 60 a 60 cm. Antes de sembrar se debe de verificar que el suelo tenga suficiente humedad para garantizar una germinación uniforme.

3.3.3. *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Sorgo

El sorgo es una planta de ciclo anual, perteneciente a la familia de las poaceas. El sorgo tiene un hábito y una fisiología vegetal (metabolismo de las "C-4") similar al

del maíz, aunque con un sistema radicular más extenso y ramificado, de características fibrosas y hasta 12 cm de profundidad. El tallo es cilíndrico, de 1 a 3 m de altura, con una inflorescencia terminal en forma de espiga compuesta por flores bisexuales. El grano es una cariósida de alrededor de 4 mm de diámetro (Zamora, Gutiérrez, Gutiérrez, & ., 2006).

La planta de sorgo se adapta a una amplia gama de ambientes y produce grano bajo condiciones desfavorables para la mayoría de los otros cereales. Debido a su resistencia a la sequía se considera como el cultivo más apto para las regiones áridas con lluvia errática (purseglove, 1992).

3.3.4. *Dolichos lablab*

Es una leguminosa subtropical y tropical versátil fijadora de nitrógeno. Vale la pena señalar los muchos usos agrícolas y alimenticios. Dependiendo de la variedad y las prácticas regionales, el “lablab” puede usarse potencialmente para consumo humano, pienso para animales y forraje. Es una leguminosa de múltiples propósitos que puede usarse como cultivo de cobertura, abono verde, control de erosión y para eliminar maleza. El “lablab” se siembra más ampliamente en áreas subtropicales de África, Centro y Sudamérica, las Indias Occidentales, el Sudeste de Asia e Indonesia (Beckett, 2004).

Los lablabs también tienen un enorme potencial como material de pienso/forraje para el ganado. El ganado vacuno, ovejas, cabras y cerdos pastorean en el frijol. También puede hacerse un heno y un ensilaje palatable de las hojas. Los lablabs muchas veces se cultivan intercalados con maíz y sorgo o se utilizan como cultivo de cobertura entre bananos u otras plantas más altas. Los lablabs se dan en dos

tipos botánicos principales (aunque como muchas clasificaciones en la ciencia, las divisiones pueden ser borrosas, incluso dentro de la misma variedad dependiendo de cuándo ocurre la plantación). Se utilizan más comúnmente como hortalizas verdes y típicamente maduran más tarde (Beckett, 2004).

4 Objetivo

Realizar actividades de mejoramiento en la parcela experimental del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo.

5 Descripción de las funciones específicas y globales desarrolladas

Actividad	Descripción	Materiales	Participación
Realizar en campo el trazo de diseños de experimentos a establecer.	Delimitar y marcar las parcelas según el diseño experimental (bloques, repeticiones, tratamientos).	Cinta métrica, estacas, cuerdas, marcador.	Encargado del CIMMYT, Practicante del servicio social y técnico operativo de campo.
Preparación del terreno.	Labranza, limpieza y nivelación del terreno para asegurar buenas condiciones de siembra.	Azadones, rastrillos, machetes, maquinaria ligera.	Técnico operativo y practicante del servicio.
Acondicionar los tratamientos.	Aplicar o preparar los diferentes tratamientos.	herramientas de aplicación.	Encargado, técnico y practicante.
Siembra.	Sembrar las semillas en las parcelas de acuerdo con el diseño experimental.	Semillas, sembradora manual, marcadores, macana.	Trabajadores, técnico y practicante.
Tomar datos de germinación.	Registrar el porcentaje y tiempo de germinación en cada parcela para evaluar la emergencia.	Cuaderno de campo.	Practicante y técnico.
Control de malezas.	Eliminar malezas manual.	Herbicidas, herramientas manuales (azadón, machete, aspersor).	Trabajadores, practicante.

Fertilización.	Aplicar fertilizantes según el calendario y dosis establecidas para cada tratamiento.	Fertilizantes, equipo de aplicación.	Trabajadores, técnico y practicante.
Control de plagas.	Realizar monitoreo y aplicar métodos de control biológico o químico para plagas identificadas.	Insecticidas, trampas, equipo de protección personal.	Encargado, técnico y practicante.
Evaluación de rendimiento.	Medir variables como peso, cantidad y calidad del cultivo al finalizar el ciclo.	Balanza, cinta métrica, cuaderno de campo.	Practicante, técnico y encargado.

5.1 Sitio de estudio.

El proyecto se desarrolló en la plataforma experimental Villa Corzo del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo, ubicado en el municipio de Villa Corzo, Chiapas, con una altitud de 596 msnm y coordenadas geográficas 16°08'55.43" N y 93°17'21.97" O. (Figura 1). El sitio está ubicado en la región frailesca con una precipitación media anual de 1,150 mm, con clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano y tipo de suelo Arcilloso-Limoso. El tipo de vegetación circundante es un Bosque tropical caducifolio. Las parcelas se encuentran inmersas en una matriz de campos de cultivo de maíz y sitios destinados a la producción pecuaria.

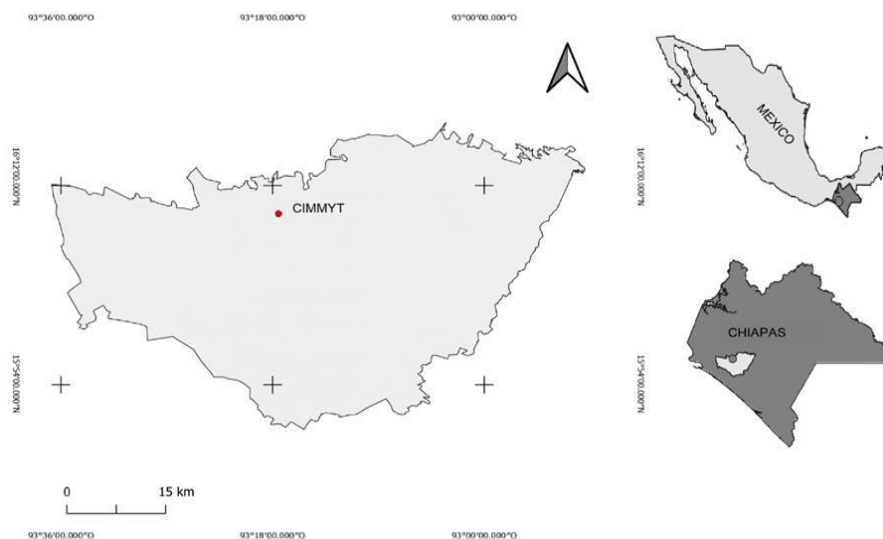


Figura 1. Ubicación de la plataforma Experimental Villa Corzo del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo.

6 Presentación y análisis de las actividades

6.1 Realizar en campo el trazo de diseños de experimentos a establecer.

El 1° de junio de 2024 se llevó a cabo el trazo del diseño experimental en la plataforma del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), ubicada en Villa Corzo, Chiapas. El diseño contempló la instalación de tres parcelas de 64 x 30 metros, donde se establecieron ensayos con el cultivo de maíz bajo diferentes combinaciones de manejo agronómico. En total, se evaluaron diez tratamientos experimentales, definidos por la interacción de tres factores clave: rotación de cultivos, práctica de labranza y manejo de rastrojo.

Los tratamientos incluyeron cinco esquemas de rotación: maíz (M), maíz-frijol (MF), maíz-sorgo (MS), maíz-dolichos (MD) y maíz-canavalia (MC); dos modalidades de labranza: labranza convencional (LC) y cero labranza (CL); y tres formas de manejo del rastrojo: remover (R), manejo parcial (P) y dejar (D).

Cada tratamiento fue replicado tres veces, distribuyéndose de manera aleatoria en el campo para asegurar la validez estadística del ensayo y reducir el sesgo ocasionado por factores ambientales como variaciones de suelo, exposición solar o humedad. Esta estructura experimental permite evaluar con precisión el impacto de cada combinación de manejo sobre la productividad del maíz y las condiciones del suelo, generando evidencia útil para promover prácticas agrícolas sostenibles (Figura 2).

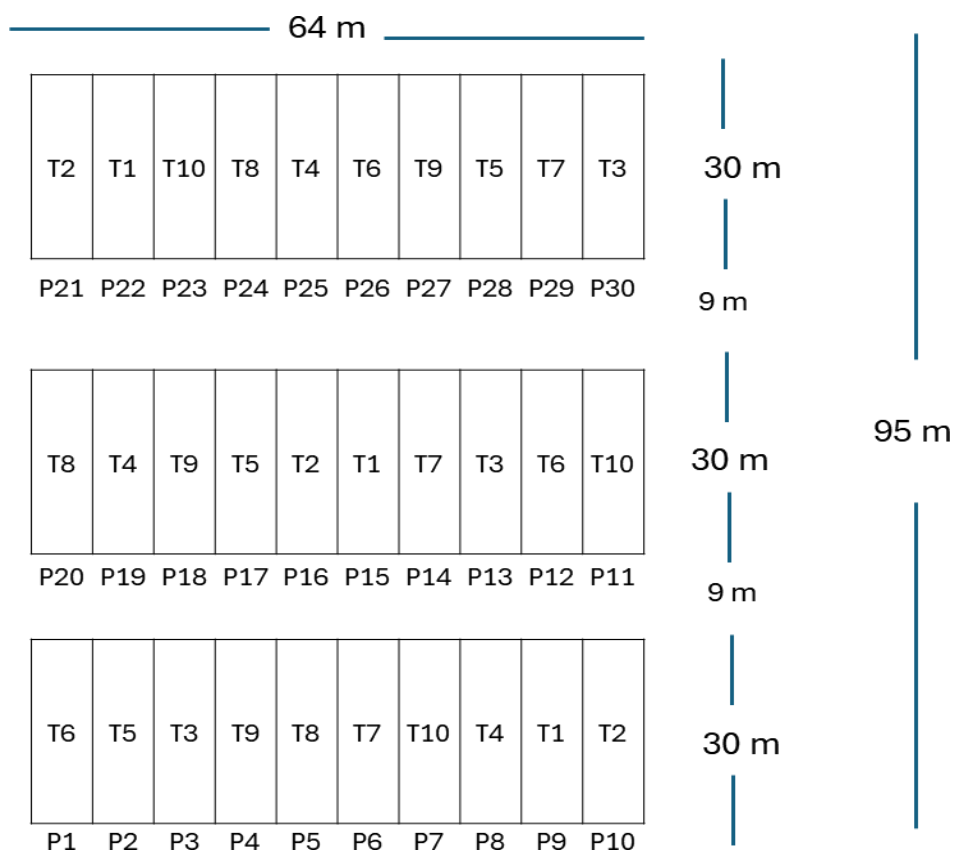


Figura 2. Croquis de ubicación e las parcelas establecidas en este proyecto

Tabla 2. Diferentes tratamientos establecidos en la plataforma CIMMYT

No.	Abreviación	Rotación	Práctica de labranza	Manejo de rastrojo
1	M, LC, R	Maíz	Labranza convencional	Remove
2	M, LC, P	Maíz	Labranza convencional	Parcial
3	M, CL, P	Maíz	Cero labranza	Parcial
4	M, CL, R	Maíz	Cero labranza	Remove
5	M, CL, D	Maíz	Cero labranza	Dejar
6	MF, CL, P	Maíz-frijol	Cero labranza	Parcial
7	MS, CL, P	Maíz-sorgo	Cero labranza	Parcial
8	MD, CL, P	Maíz-Dolichos	Cero labranza	Parcial
9	MC, CL, P	Maíz-Canavalia	Cero labranza	Parcial
10	MF, CL, P	Maíz-frijol	Cero labranza	Parcial

6.2 Preparación del terreno

Se inició eliminando cualquier residuo vegetal, piedras o ramas en el área donde se realizó el experimento (figura 3). Esto ayuda a que el suelo este limpio y sin obstáculos que puedan interferir con las herramientas de labranza y con la aplicación uniforme con los tratamientos. Se dio un primer paso de rastra del tratamiento uno en las tres repeticiones, esto ayuda a aflojar la tierra, mejora la aireación y elimina posibles malezas que estén en la superficie (figura 4). Una vez que el suelo ha sido removido y expuesto, se aplicó un herbicida preemergente para eliminar la maleza que podrían competir con el maíz al inicio del cultivo. Este

herbicida se aplicó uniformemente en toda el área experimental, la dosis empleada fue de 1 L de herbicida por hectárea, disuelto en 100 L de agua. La aplicación se realizó con mochila aspersora de 20 L de capacidad, utilizando 200 ml de herbicida por cada carga. Para cubrir una hectárea completa se requieren cinco cargas de mochila, equivalentes al volumen total de 100 L de agua con 1 L de herbicida, es lo que lleva un aspersor (bomba) lo que significa que una hectárea se necesita aplicar 5 dosis de 200ml de herbicida en una mochila de 20 litros de agua (figura 5).

$$\text{Dosis de herbicida} = \frac{1 \text{ litro de herbicida/ha (20 litros de agua)}}{100 \text{ de agua/ha}}$$



Figura 3. Terreno con cobertura de rastrojo antes de iniciar las labores de preparación.



Figura 4. Paso de rastra en el tratamiento de labranza convencional.



Figura 5. Aplicación de herbicida

6.3 Acondicionar los tratamientos

Una vez que el suelo está listo, se marcaron las parcelas correspondientes a cada tratamiento y repeticiones. Esto implica dividir el área en parcelas iguales y trazar los límites de cada una, ya sea con estacas o cuerdas, nosotros utilizamos las dos. Se debe de asegurar que el trazo sea claro y que se respeten la distancia entre parcelas para evitar la contaminación entre tratamientos. Cada tratamiento debe de repetirse tres veces en parcelas diferentes dentro del área experimental, estas repeticiones ayudan a reducir la influencia entre factores externos (como diferencias en el suelo o microclimas) y permitir obtener datos mas confiables. Este acondicionamiento asegura que cada tratamiento tenga condiciones comparables en todas las repeticiones y que los datos obtenidos reflejen los efectos reales de los tratamientos estudiados.

6.4 Siembra

Con el terreno preparado y las parcelas trazada, el área esta está lista para la siembra del maíz y para la aplicación de los tratamientos específicos en cada repetición y parcelas. La siembra se realizó de forma manual (Figura 6) el 05 de julio del 2024, siguiendo un marco de plantación con 6.4 cm entre surcos y 25 cm entre plantas para asegurar una distribución uniforme. En cada punto de siembra se colocaron dos semillas por hoyo, con una profundidad de 5 a 7 cm, buscando condiciones óptimas para la germinación y el desarrollo del cultivo.

La distancia entre surcos y plantas garantiza que cada planta tenga suficiente espacio para crecer sin competir excesivamente por luz, agua y nutrientes. La profundidad de 5-7 cm asegura que las semillas estén lo suficientemente cubiertas para retener humedad y protegerlas de depredadores, pero sin dificultar la emergencia. Colocar dos semillas por hoyo aumenta la probabilidad de emergencia uniforme y compensa posibles fallas en la germinación.



Figura 6. Siembra de forma manual en la plataforma experimental Villa corzo.

6.5 Tomar datos de germinación.

El porcentaje de germinación se calcula para evaluar la eficacia de la siembra y la calidad de la semilla. Se hace para determinar cuántas semillas han germinado correctamente en comparación con el total sembrado. Un porcentaje alto (como el 90%) indica que las condiciones de siembra fueron favorables y que las semillas eran de buena calidad, lo cual es crucial para asegurar el éxito inicial del cultivo y optimizar el rendimiento en las etapas posteriores. El porcentaje de germinación alcanzado fue del 90%, lo que indica una emergencia uniforme y favorable, demostrando que las condiciones de siembra, manejo y calidad de la semilla fueron adecuadas para el desarrollo inicial del cultivo (Figura 7).



Figura 7. Se realizó un conteo de plantas en cada parcela después de un periodo determinado (7-14 días).

6.6 Control de malezas.

Etapas 1 Preemergente:

Se aplicó un herbicida preemergente selectivo antes de la germinación, utilizando una bomba manual para cubrir uniformemente el terreno, evitando el contacto directo con las semillas de las leguminosas. Esto previno la germinación de las malezas sin afectar a las leguminosas, ya que el herbicida se aplicó solo sobre el suelo.

Etapas 2 Postemergente:

Después de la germinación, se utilizó un herbicida postemergente selectivo para controlar las malezas emergidas. La aplicación se hizo manualmente con la bomba, dirigiendo el spray únicamente hacia las malezas y evitando que el herbicida tocara las plantas de leguminosas. Esto permitió un control efectivo de las malezas sin dañar el cultivo de leguminosas en su fase de crecimiento. El control de malezas fue exitoso, con las leguminosas preservadas y sin daño, mientras que las malezas fueron eficientemente controladas en ambas etapas, contribuyendo al crecimiento óptimo del cultivo (Figura 8).

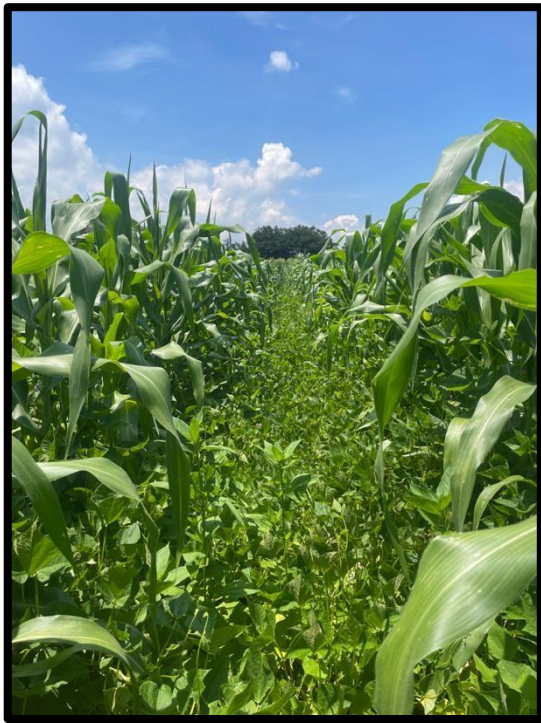


Figura 8. Control de malezas de manera pre emergente y post emergente

6.7 Fertilización.

Se aplicaron 180 kg/ha de sulfato de amonio, distribuidos uniformemente en el área experimental. Esto representa un suministro adecuado de nitrógeno (NH_4) y azufre (SO_4) para el cultivo de maíz. La dosificación asegura un aporte suficiente de nutrientes para el crecimiento vegetativo y mejora la síntesis de proteínas y clorofila, favoreciendo tanto la productividad como la calidad del grano, lo que garantiza que cada semilla reciba una dosis suficiente de nutrientes para su germinación y desarrollo inicial.

El sulfato de amonio es un fertilizante que aporta nitrógeno (NH_4) y azufre (SO_4). El Nitrógeno es esencial para el desarrollo vegetativo del maíz, promoviendo el crecimiento de hojas y tallos, y ayudando a la síntesis de proteínas y clorofila, lo que mejora la fotosíntesis. El Azufre ayuda en la síntesis de aminoácidos y proteínas, y contribuye al desarrollo general de la planta, especialmente en la formación de enzimas y compuestos que ayudan a resistir enfermedades.

Todos estos nutrientes estimulan el crecimiento vegetativo, el nitrógeno favorece el desarrollo de la parte aérea de la planta. Mejora la formación de proteínas y enzimas, el azufre es crucial para la síntesis de proteínas, lo que fortalece las plantas y mejora la calidad de los granos. Aumenta el rendimiento, al nutrir de manera óptima el maíz, puede incrementar la cantidad de grano producido por planta.

6.8 Control de plagas

El control de plagas en el cultivo de maíz se realizó de manera efectiva a lo largo de todas las etapas de desarrollo. En la etapa de germinación, se aplicó un insecticida sistémico para proteger las semillas. Durante la etapa vegetativa, se controlaron gusanos de la hoja y trips con insecticidas selectivos. En la etapa de floración, se utilizó un tratamiento foliar para proteger las mazorcas de plagas como el gusano cogollero, y se emplearon depredadores naturales para controlar las plagas sin químicos.

Finalmente, en la etapa de maduración, se aplicaron insecticidas específicos para proteger los granos de plagas como el gorgojo del maíz. El control fue continuo,

garantizando un cultivo sano y libre de plagas. El control de plagas evita que los insectos dañen las plantas, lo que podría comprometer su crecimiento y desarrollo, previene que las plagas afecten la calidad de los granos y las mazorcas, garantizando una cosecha de mayor valor. Al eliminar o reducir la población de plagas, se evita que afecten las plantas en sus etapas más críticas de crecimiento, ayuda a mantener las plantas libres de enfermedades y estrés causados por plagas, lo que favorece un crecimiento saludable, al controlar las plagas, los nutrientes, agua y otros insumos utilizados en el cultivo se aprovechan de manera más eficiente, ya que las plagas no compiten con la planta (Figura 9).

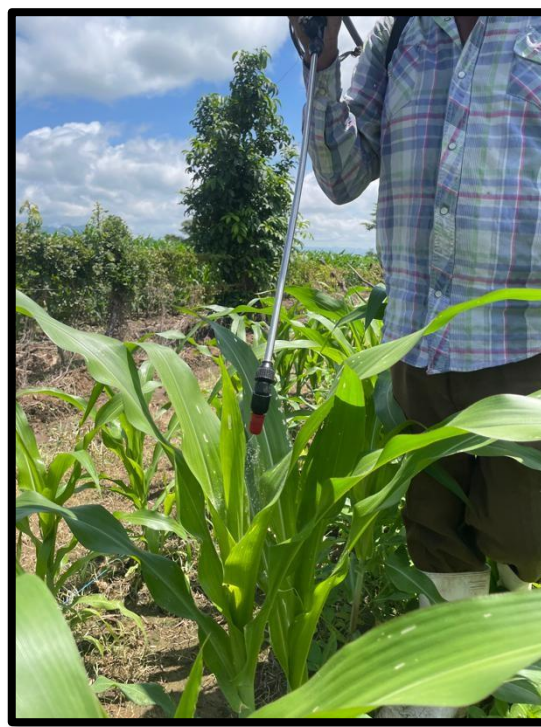


Figura 9. Control de plagas mediante la aplicación de insecticidas en diferentes etapas del cultivo de maíz, complementado con el uso de control biológico para reducir la incidencia de gusano cogollero y gorgojo del maíz.

6.9 Evaluación de rendimiento

La producción de maíz bajo diferentes tipos de manejo agronómico (Kg/Ha) fue de la siguiente manera. El tratamiento 9 (MC, CL, P), que corresponde a maíz-canavalia con cero labranza y manejo parcial del rastrojo, obtuvo el mayor rendimiento, alcanzando un promedio cercano a 7,600 Kg/Ha. Esto sugiere que la combinación de rotación con leguminosa (canavalia), labranza mínima y conservación parcial del rastrojo favorece con la productividad del cultivo, probablemente por su efecto en la mejora de la fertilidad del suelo y retención de humedad. Le siguen en productividad los tratamientos, Tratamiento 1 (M, LC, R), maíz con labranza convencional y rastrojo removido, buen rendimiento inicial (7,500 Kg/Ha), lo que indica que aún bajo manejo convencional se puede obtener buena productividad, Tratamiento 8 (MD, CL, P), maíz-Dolichos con cero labranza y rastrojo parcial, también con un rendimiento superior a los 7,400 Kg/Ha.

El tratamiento con menor rendimiento fue el número 4 (M, CL, R), correspondiente a maíz con cero labranza y rastrojo removido, con un rendimiento de 6,500 Kg/Ha. Esto demuestra que remover el rastrojo en condiciones de labranza cero, afecta negativamente al desarrollo del cultivo, probablemente por pérdida de cobertura del suelo, mayor exposición a la erosión y menor retención de humedad.

El uso de labranza cero junto con rotación de cultivos y manejo parcial del rastrojo muestra un efecto positivo en el rendimiento del maíz, Los tratamientos con leguminosas (como frijol, *Dolichos* y *canavalia*) mejoran la fertilidad del suelo gracias a la fijación de nitrógeno, lo cual se refleja en un mayor rendimiento, si removemos

completamente el rastrojo, especialmente bajo condiciones de cero labranza, no es recomendable ya que reduce significativamente la productividad (Figura 10).

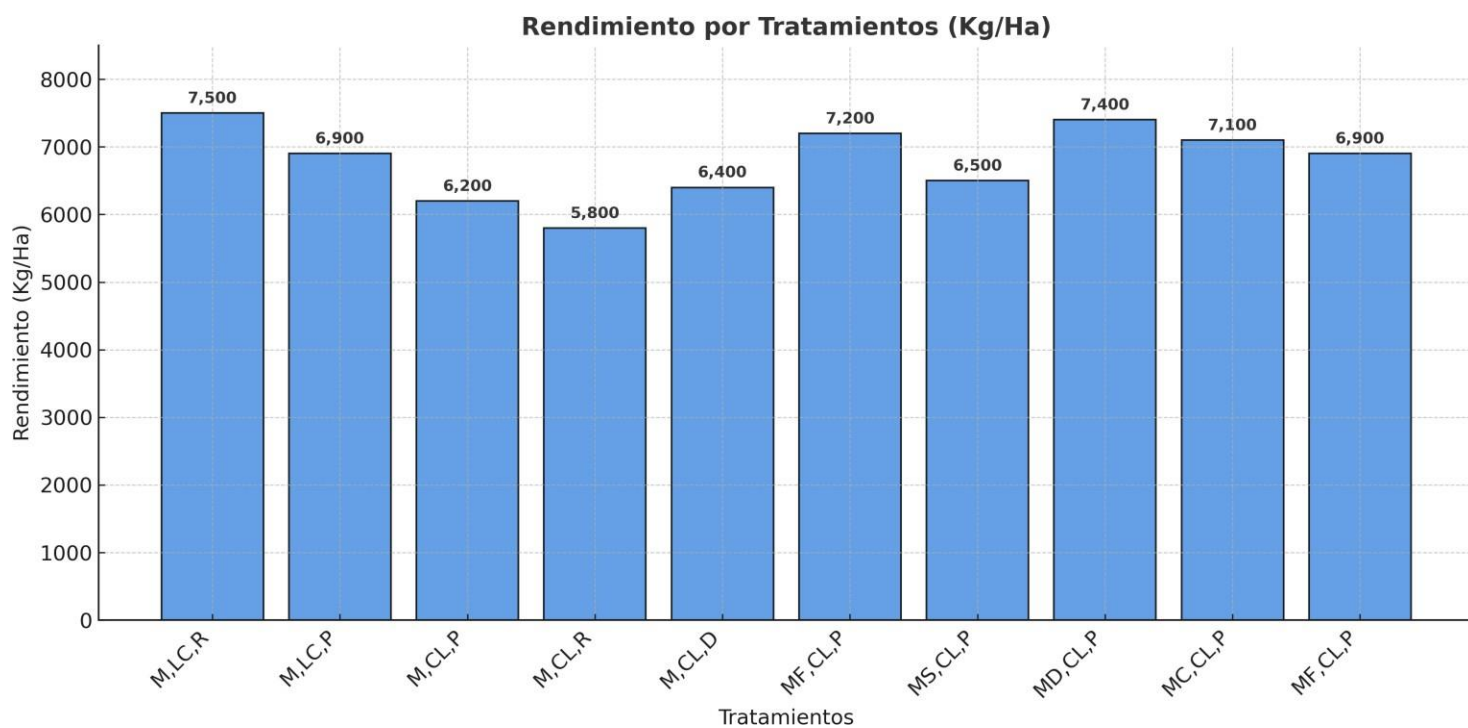


Figura 10. Gráfica del rendimiento de los 10 tratamientos

7. Conclusiones, propuestas y recomendaciones

7.1 Conclusiones

1. Se concluye que el tratamiento de Rotación + leguminosa es el que tiene mayor rendimiento. El manejo maíz-canavalia con cero labranza y rastrojo parcial rindió 7.6 t ha^{-1} , superó al manejo convencional en igual ambiente. Probablemente la fijación biológica de N y la cobertura vegetal explican la ventaja.
2. No existen seguros de vida en la producción agrícola, pero sí seguros productivos que protegen contra pérdidas por factores climáticos o biológicos. La cobertura de rastrojo en sistemas de labranza cero actúa como un “seguro natural”, ya que amortigua la temperatura, retiene humedad y reduce erosión, contribuyendo a la estabilidad del rendimiento.
3. Las leguminosas diversifican y nutren el suelo, Dolichos, frijol y canavalia aportaron N, rompieron ciclos de plaga y dejaron biomasa utilizable como forraje.

7.2 Propuestas

1. Transferir los hallazgos a productores mediante talleres prácticos y parcelas demostrativas, construyendo un paquete agroforestal basado en maíz + leguminosa de cobertura en filas alternas, cero labranza y manejo parcial de rastrojo.
2. Incluir en el paquete especies de conocimiento regional adaptadas a las condiciones locales (ej. canavalia, dolichos, frijol, sorgo), de acuerdo con las necesidades del productor.
3. Se recomienda mejorar el diseño de siembra para tener los tratamientos y repeticiones equilibradas de tal manera que permitan hacer análisis estadísticos robustos. Además se recomienda que se haga un monitoreo de suelo a cinco años. Medir MO, CIC y densidad aparente para probar recuperación edáfica.
4. Es necesario evaluar el modelo de costos reales, para identificar los compromisos entre la forma de producción y los beneficios económicos. Comparar por ejemplo el uso de diésel, jornales y rendimiento para convencer a productores con números claros.

7.3 Recomendaciones

1. Conservar al menos 30 % del rastrojo en superficie, debido a que el acolchado añade hasta 15 % de humedad disponible.
2. Incluir canavalia o Dolichos en la rotación anual; ambas prosperan sin riego y fijan $>100 \text{ kg N ha}^{-1}$.
3. Evitar labranza profunda, solo pasar rastra ligera donde el arraigue de raíces se vea limitado.
4. Usar herbicida preemergente solo en la primera fase; después implementar deshierbe mecánico o cobertura viva para reducir químicos.
5. Capacitar de manera práctica en la calibración y uso de sembradoras de siembra directa, especificando: densidad de siembra adecuada para maíz y leguminosas, profundidad de depósito de semilla; y uniformidad de aplicación de fertilizante. Una calibración incorrecta reduce la eficiencia y puede anular los beneficios de la agricultura de conservación.

8. Referencias

Beckett, T. S. (2004). *Lablab purpureus (L.) Sweet: A multipurpose legume for tropical and subtropical agriculture*. Australian Journal of Experimental Agriculture, 44(7), 625–635. <https://doi.org/10.1071/EA02235>

Canals, J. (1976). *Leguminosas tropicales: guía de campo*. Editorial Agrícola Tropical.

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (2017). *Historia y datos generales del CIMMYT* [Folleto]. <https://hdl.handle.net/10883/19419>

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (2023). *About CIMMYT*. <https://www.cimmyt.org/about/>

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (2024). *Nuestra historia*. <https://www.cimmyt.org/es/acerca-del-cimmyt/nuestra-historia/>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2017). *Guía técnica del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris)*. INIFAP.

Páez, F. (1983). *Uso de la Canavalia ensiformis en alimentación animal y cobertura vegetal*. Revista de Ciencias Agropecuarias, 12(1), 33–39.

Purseglove, J. W. (1992). **Tropical Crops: Monocotyledons** (Vol. 1). Longman Group UK.

Roig, J. T. (1965). **Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos**. La Habana: Editorial Ciencias Médicas.

Viera, R. (1984). **Potencial agronómico de Canavalia ensiformis en suelos tropicales**. *Revista de Agroecología*, 8(2), 22–28.

Zamora, J., Gutiérrez, H., Gutiérrez, L., & otros. (2006). **Manual técnico del cultivo de sorgo (Sorghum bicolor)**. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Agronomía.

CIMMYT. (2024). *Nuestra historia*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. <https://www.cimmyt.org/es/acerca-del-cimmyt/nuestra-historia/>

FAO. (2021). *La agricultura de conservación: Principios y beneficios*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/conservation-agriculture/es/>

Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R., & Kienzle, J. (2015). Overview of the worldwide spread of conservation agriculture. *Field Actions Science Reports*, 8, 1–8.

Giller, K. E., Andersson, J. A., Sumberg, J., & Thompson, J. (2021). Rotations, intercropping and the diversity of smallholder farming systems. *Experimental Agriculture*, 57(S1), 1–12. <https://doi.org/10.1017/S0014479720000120>

Hobbs, P. R., Sayre, K. D., & Gupta, R. (2008). The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 543–555. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2169>

Beckett, T. S. (2004). *Lablab purpureus* (L.) Sweet: A multipurpose legume for tropical and subtropical agriculture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(7), 625–635. <https://doi.org/10.1071/EA02235>

Páez, F. (1983). *Uso de la Canavalia ensiformis en alimentación animal y cobertura vegetal*. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 12(1), 33–39.

Zamora, J., Gutiérrez, H., Gutiérrez, L., & otros. (2006). *Manual técnico del cultivo de sorgo (Sorghum bicolor)*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Agronomía.