

Universidad Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



**Universidad
Zamorano[®]**

Proyecto Especial de Graduación
Efecto de Dos Sistemas de Labranza y de Frijol Terciopelo (*Mucuna Pruriens L.*) como Cultivo de Cobertura Sobre el Manejo de Malezas, Mejoramiento del Suelo y Desarrollo del Cultivo de Maíz (*Zea Mays L.*)

Estudiante

Ariel Mauricio Muñoz González

Asesores

Rony Francisco Muñoz Molina, M.Sc.

Ricardo Alexander Peña Venegas, Ph.D.

Honduras, octubre 2025

Autoridades

KEITH L. ANDREWS

Rector a.i.

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos.....	7
Resumen	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Materiales y Métodos	14
Localización del Estudio	14
Diseño Experimental y Establecimiento del Experimento	14
Manejo de los Cultivos.....	15
VARIABLES A EVALUAR	16
Densidad de Siembra	17
Análisis Químico del Suelo	17
Altura y Número de Hojas.....	17
Muestreo de Malezas	18
Índice de Shannon-Wiener	18
Raíces	19
Rendimiento.....	19
Análisis Estadístico	19
Resultados y Discusión.....	21
Densidad de Siembra	21
Análisis Químico del Suelo	22
Altura y Número de Hojas.....	25
Muestreo de Malezas	28

	4
Biomasa de Malezas.....	30
Índice de Shannon-Wiener	32
Profundidad y Número de Raíces en Maíz.....	34
Rendimiento.....	36
Conclusiones	38
Recomendaciones.....	39
Referencias.....	40
Anexos.....	42

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Descripción de los tratamientos en función de los sistemas de labranza y cultivo de cobertura, <i>Mucuna Pruriens</i> L. para determinar el efecto sobre el control de malezas, mejoramiento de suelo y desarrollo del cultivo de maíz, Lote Parcela, Universidad Zamorano, Honduras.....	15
Cuadro 2 Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre la densidad de siembra del maíz, en Zamorano, Honduras.	22
Cuadro 3 Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre el análisis químico, en Zamorano, Honduras.....	25
Cuadro 4 Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre la altura de las plantas de maíz en centímetros, a los 15, 30, 45 y 60 DDS, en Zamorano, Honduras.	27
Cuadro 5 Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre el número de hojas de las plantas de maíz a los 15, 30, 45 y 60 DDS, en Zamorano, Honduras.....	28
Cuadro 6 Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre la población de malezas a los 60 DDS, en Zamorano, Honduras.	30
Cuadro 7 Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre el peso fresco y peso seco de malezas a los 60 DDS, en Zamorano, Honduras.....	32
Cuadro 8 Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre la diversidad de malezas, expresado por el Índice de Shannon-Wiener, en Zamorano, Honduras.	34
Cuadro 9 Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre el número y profundidad de raíces de maíz, en Zamorano, Honduras.	36
Cuadro 10 Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre e rendimiento del cultivo de maíz, en Zamorano, Honduras.	37

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación del experimento donde se evaluó el efecto de <i>Mucuna pruriens</i> como cultivo de cobertura y dos sistemas de labranza, sobre el control de malezas, mejoramiento del suelo y desarrollo del cultivo de maíz, Lote Parcela, Universidad Zamorano, Honduras.	14
---	----

Índice de Anexos

Anexo A Gráfico sobre el efecto de Labranza x cobertura sobre la densidad de siembra (plantas/ha).	42
Anexo B Gráfica del efecto de Labranza sobre la densidad de siembra (plantas/ha).	43
Anexo C Gráfica del efecto de la cobertura sobre la densidad de siembra (plantas/ha).	44
Anexo D Gráfica del efecto de Labranza x cobertura sobre la altura de la planta (cm) a los 60 DDS.	45
Anexo E Gráfica del efecto de Labranza sobre la altura de la planta (cm) a los 60 DDS.	46
Anexo F Gráfica del efecto de la cobertura sobre la altura de la planta (cm) a los 60 DDS.	47
Anexo G Gráfica del efecto de Labranza x cobertura sobre la población de <i>Cyperus rotundus</i> , a los 60 DDS.....	48
Anexo H Gráfica del efecto de Labranza sobre la población de <i>Cyperus rotundus</i> , a los 60 DDS.	49
Anexo I Gráfica del efecto de la cobertura sobre la población de <i>Cyperus rotundus</i> , a los 60 DDS. ...	50
Anexo J Gráfica del efecto de Labranza x cobertura sobre la población de <i>Sclerocarpus phyllocephallus</i> , a los 60 DDS.	51
Anexo K Gráfica del efecto de Labranza sobre la población de <i>Sclerocarpus phyllocephalus</i> , a los 60 DDS.....	52
Anexo L Gráfica del efecto de cobertura sobre la población de <i>Sclerocarpus phyllocephalus</i> , a los 60 DDS.....	53
Anexo M Gráfica del efecto de Labranza x cobertura sobre la biomasa de malezas, peso fresco (ton/ha), a los 60 DDS.	54
Anexo N Gráfico del efecto de Labranza sobre la biomasa de malezas, peso fresco (ton/ha), a los 60 DDS.....	55
Anexo O Gráfico del efecto de la cobertura sobre la biomasa de malezas, peso fresco (ton/ha), a los 60 DDS.....	56

Anexo P Gráfico del efecto del sistema de labranza x cobertura sobre la diversidad de malezas, expresado por el índice de Shannon-Wiener.	57
Anexo Q Gráfico del efecto del sistema de labranza sobre la diversidad de malezas, expresado por el índice de Shannon-Wiener.....	58
Anexo R Gráfico del efecto del sistema de cobertura sobre la diversidad de malezas, expresado por el índice de Shannon-Wiener.....	59
Anexo S Gráfico del efecto del sistema de labranza x cobertura sobre la profundidad de raíces de maíz.....	60
Anexo T Gráfico del efecto del sistema de labranza sobre la profundidad de raíces de maíz.	61
Anexo U Gráfico del efecto del sistema de cobertura sobre la profundidad de raíces de maíz.....	62
Anexo V Gráfico del efecto del sistema de labranza x cobertura sobre el rendimiento (ton/ha), de maíz.....	63
Anexo W Gráfico del efecto del sistema de labranza sobre el rendimiento (ton/ha), de maíz.....	64
Anexo X Gráfico del efecto del sistema de cobertura sobre el rendimiento (ton/ha), de maíz.....	65
Anexo Y Muestreo de maleza a los 60 días después de siembra para determinar el efecto de dos sistemas de labranza y <i>Mucuna pruriens</i> sobre el manejo de malezas, mejoramiento del suelo y desarrollo del cultivo de maíz, Lote Parcela, EAP Zamorano, Honduras	66
Anexo Z Análisis de suelo a los 90 días después de la siembra para determinar el efecto de dos sistemas de labranza y <i>Mucuna pruriens</i> sobre el manejo de malezas, mejoramiento del suelo y desarrollo del cultivo de maíz, Lote Parcela, EAP Zamorano, Honduras	67

Resumen

La degradación del suelo en América Latina se ha intensificado por prácticas agrícolas como la labranza convencional, que favorece la erosión y la pérdida de fertilidad. Alternativas como la labranza cero y el uso de cultivos de cobertura, especialmente *Mucuna pruriens*, se proponen para mejorar la calidad del suelo y controlar malezas, contribuyendo a sistemas más sostenibles. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos sistemas de labranza (cero y convencional) y de *Mucuna pruriens* como cultivo de cobertura sobre el manejo de malezas, las propiedades químicas del suelo y el desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). La investigación se realizó en el lote "Parcelas" de Zamorano, Honduras, entre agosto de 2024 y enero de 2025, bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 2×2 en parcelas divididas, con cuatro y tres repeticiones cada uno. Se evaluaron variables como densidad de siembra, propiedades químicas del suelo, crecimiento vegetativo, densidad y biomasa de malezas, índice de Shannon-Wiener, raíces y rendimiento. Los resultados mostraron que la labranza convencional incrementó el rendimiento (3.98 t ha⁻¹), la altura de plantas y la disponibilidad de N y Mg, mientras que la labranza cero promovió mayor diversidad de malezas (índice Shannon-Wiener = 1.4). La cobertura con *Mucuna pruriens* mejoró el pH y los niveles de K, Ca y P. Se concluye que la labranza convencional ofrece ventajas productivas a corto plazo, mientras que la labranza cero y la cobertura con *Mucuna* favorecen la diversidad y la calidad química del suelo, por lo que su integración puede contribuir a sistemas agrícolas sostenibles.

Palabras clave: labranza cero, labranza convencional, *Mucuna pruriens*, malezas, propiedades del suelo, rendimiento de cultivo s.

Abstract

Soil degradation in Latin America has intensified due to agricultural practices such as conventional tillage, which promotes erosion and fertility loss. Alternatives such as zero tillage and cover crops, especially *Mucuna pruriens*, are proposed to improve soil quality and weed control, contributing to more sustainable systems. The objective of this study was to evaluate the effect of two tillage systems (zero and conventional) and *Mucuna pruriens* as a cover crop on weed management, soil chemical properties, and maize (*Zea mays* L.) growth and yield. The research was conducted in the “Parcelas” plot at Zamorano, Honduras, from August to December 2024, using a randomized complete block design with a 2×2 factorial arrangement in split plots, with four treatments and three replications each. Variables evaluated included sowing density, soil chemical properties, vegetative growth, weed density and biomass, Shannon-Wiener index, root traits, and yield. Results showed that conventional tillage increased yield (3.98 t ha⁻¹), plant height, and the availability of N and Mg, while zero tillage promoted greater weed diversity (Shannon-Wiener index = 1.4). *Mucuna pruriens* cover improved soil pH and the levels of K, Ca, and P. It is concluded that conventional tillage offers short-term productive advantages, whereas zero tillage and *Mucuna* cover enhance weed diversity and soil chemical quality, suggesting that their integration may contribute to sustainable agricultural systems.

Keywords: conventional tillage, crop yield, *Mucuna pruriens*, soil properties, weeds, zero tillage.

Introducción

Las tierras de América Latina enfrentan un proceso acelerado de degradación, impulsado principalmente por prácticas de manejo inadecuadas. Este fenómeno se manifiesta en la pérdida de la capa superficial del suelo, rica en nutrientes, su compactación —que deriva en encharcamientos y escorrentía— y el avance de la desertificación en zonas áridas. La magnitud del problema es global: aproximadamente 1660 millones de hectáreas, que representan más del 10% de la superficie terrestre, presentan signos de degradación. De esta área, más del 60% corresponde a tierras agrícolas, lo que amenaza directamente la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios y la seguridad alimentaria (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2025).

Entre las prácticas que contribuyen a esta degradación destaca la labranza convencional, la cual, mediante su intensidad, deteriora la estructura física del suelo y lo hace vulnerable a la erosión. Como alternativa surge la labranza cero, un pilar fundamental de la agricultura de conservación. Esta práctica consiste en sembrar directamente sobre los residuos del cultivo anterior, con el objetivo de preservar y mejorar la calidad de los recursos naturales sin comprometer la productividad (Acevedo y Silva, 2003). Un complemento esencial para este sistema son los cultivos de cobertura, los cuales han demostrado ser una tecnología efectiva para suprimir malezas, reducir la dependencia de agroquímicos y mantener la fertilidad del suelo (Leisa, 2004).

La especie *Mucuna pruriens* (L.) se destaca como un cultivo de cobertura promisorio debido a su capacidad de fijar nitrógeno en el suelo, su alta densidad foliar, su efecto sobre la disminución de la erosión y la retención de humedad en el suelo (Osorio et al., 2020). Su incorporación en los agroecosistemas modifica la biota edáfica, favoreciendo el desarrollo de organismos que mejoran la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes. No obstante, se requiere más investigación para comprender a fondo los mecanismos detrás de estas modificaciones, considerando parámetros como la calidad y cantidad de materia orgánica, la disponibilidad de nitrógeno y el microclima, así como el

impacto de una comunidad específica de fauna asociada con *Mucuna* en la productividad del maíz (Blanchart et al., 2006).

Uno de los principales problemas al momento de producir son las malezas, debido a su competencia por agua, luz, nutrientes y debido a que son hospederos de plagas. Para el control de estas malezas se usan diferentes métodos como, el control químico, biológico, mecánico, físico, cultural, entre otros. Algunos de estos métodos de control de malezas, pueden llegar a afectar el suelo, como el uso desmedido de herbicidas, el cual hace que los suelos queden a merced de los factores climáticos, ocasionando erosión y, por ende, degradando el suelo.

El maíz es el cereal de mayor importancia a nivel mundial, ya que se utiliza en varias aplicaciones, tales como: alimento, forraje, materia prima para la industria, entre otros. En el caso de la alimentación se usa todo el grano o bien se elabora un amplio número de productos por diferentes medios. Por otra parte, en los países desarrollados, más del 60 % de la producción se destina a la elaboración de alimentos balanceados para aves, cerdos y rumiantes. En los últimos años, incluso en los países en desarrollo donde el maíz es un alimento esencial, se ha incrementado el uso de un mayor porcentaje de la producción como ingrediente para la fabricación de piensos, de igual manera, en el campo de la industria encontramos múltiples aplicaciones en biocombustibles, bioplásticos, construcción, farmacéutica e industria textil (FAO, 2023).

Ante este escenario, la presente investigación aplicada, realizada en Zamorano, se enmarca en la búsqueda de sistemas agrícolas sostenibles y regenerativos, mediante la aplicación de métodos que ayudan a reducir la degradación y contribuyen a la mejora del suelo. El estudio evaluó la influencia de dos sistemas de labranza, labranza cero (LCE) y labranza convencional (LCO), combinados con el uso de *Mucuna pruriens* como cultivo de cobertura, sobre el control de malezas, la mejora de las propiedades del suelo y el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz. Este trabajo dio continuidad a una serie de investigaciones en el mismo lote experimental (Barrios y Durón, 2021; Chavarría Montenegro et al., 2022; Flores y Huanca, 2023), permitiendo analizar el impacto acumulativo de los

tratamientos a lo largo del tiempo. Con base en estos antecedentes se propusieron los siguientes objetivos: 1. Evaluar el efecto de dos sistemas de labranza (cero y convencional) y de *Mucuna pruriens* como cultivo de cobertura sobre el control de malezas, las propiedades del suelo y el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) 2. Determinar el efecto de los sistemas de labranza y la cobertura con *Mucuna* sobre la densidad, biomasa y diversidad de malezas en distintas etapas fenológicas del cultivo de maíz. 3 Evaluar los cambios en las propiedades químicas del suelo como respuesta a la implementación de los tratamientos. 4 Cuantificar el crecimiento y el rendimiento del maíz bajo los diferentes manejos evaluados.

Materiales y Métodos

Localización del Estudio

El estudio se realizó en el lote denominado "Parcelas", de la Universidad Zamorano, Ubicada en el Valle del Yegure, Municipio San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, 30 Km al oeste de Tegucigalpa, Honduras. Ubicado en la latitud 14°0'47.04" N y longitud 87°0'22.93" O, a 800 msnm. El experimento se condujo en campo desde el 30 de agosto hasta el 5 de diciembre del 2024.

Figura 1

*Ubicación del experimento donde se evaluó el efecto de *Mucuna pruriens* como cultivo de cobertura y dos sistemas de labranza, sobre el control de malezas, mejoramiento del suelo y desarrollo del cultivo de maíz, Lote Parcela, Universidad Zamorano, Honduras.*



Nota. Tomado de Google Earth Pro (2025).

Diseño Experimental y Establecimiento del Experimento

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA), con un arreglo factorial 2x2 en parcelas divididas, donde la parcela principal esta representada por el sistema de labranza y la sub-parcela por el cultivo de cobertura, debido a la naturaleza de las operaciones de labranza que hacen difícil manejar de la misma manera todas las combinaciones posibles de los factores involucrados y se sacrifica la precisión de la parcela principal por las sub-parcelas. Los sistemas de labranza evaluados

fueron labranza convencional y labranza cero, y la especie *Mucuna pruriens* como cultivo de cobertura. Por lo tanto, el estudio comprendió de cuatro tratamientos: labranza cero con cobertura, labranza cero sin cobertura, labranza convencional con cobertura y labranza convencional sin cobertura (Cuadro 1).

Cuadro 1

Descripción de los tratamientos en función de los sistemas de labranza y cultivo de cobertura, Mucuna Pruriens L. para determinar el efecto sobre el control de malezas, mejoramiento de suelo y desarrollo del cultivo de maíz, Lote Parcela, Universidad Zamorano, Honduras

Tratamientos	Sistema de labranza	Cultivo de Cobertura
LCO-Con	Labranza convencional	Con cobertura
LCO-Sin	Labranza convencional	Sin cobertura
LCE-Con	Labranza cero	Con cobertura
LCE-Sin	Labranza cero	Sin cobertura

Nota. Tratamientos: LCO-Con: Labranza convencional con cobertura, LCO-Sin: Labranza convencional sin cobertura, LCE-Con: Labranza cero con cobertura, LCE-Sin: Labranza cero sin cobertura.

El experimento se realizó en un área de 1298 m², en los cuales se distribuyeron los cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, obteniendo un total de 12 unidades experimentales (UE) de 10 m de largo por 10.82 m de ancho, lo que resulta en un área aproximada de 108.2 m² por cada una. En las cuales se dejará dos metros de distancia de las delimitaciones de cada UE para evitar el efecto borde.

Manejo de los Cultivos

El estudio contó con dos fases, la primera consistió en el establecimiento y desarrollo del cultivo de cobertura. La segunda fase estuvo enfocada en el establecimiento del maíz, de variedad Tuxpeño, variedad de polinización abierta, bajo un sistema de riego por goteo, para suplir el requerimiento hídrico del cultivo. La siembra del cultivo de cobertura *Mucuna pruriens* se realizó en septiembre de 2023, con un distanciamiento de siembra de 1.2 m entre hileras y 0.25 m entre plantas,

obteniendo una densidad de 33,333 plantas por hectárea, posteriormente se cortó a los 90 días después de siembra (DDS), antes de que llegara a floración. El cultivo de cobertura se incorporó mediante 2 pases de rastra pesada en las áreas donde se realizó labranza convencional con cobertura (LCO-con), mientras que, en el tratamiento de labranza cero con cobertura (LCE-con) solamente se cortó y se dejó en la superficie del suelo.

Por otra parte, el establecimiento del cultivo (Maíz) se realizó el 6 de septiembre de 2024. En los tratamientos de labranza convencional se realizó un pase de rastra pesada, para acondicionar el suelo antes de la siembra del maíz. Se realizó una aplicación de herbicidas pre emergentes, atrazina (Gesaprim 90 WDG) y de pendimetalina (Prowl 45.5 CS), con el propósito de controlar las malezas durante el establecimiento del cultivo. El lote se dividió en cuatro parcelas iguales, de 30 m de largo y 10.8 m de ancho, con un área de 324.6 m² por tratamiento. A su vez, cada parcela se dividió en 3 subparcelas, generando 3 repeticiones por tratamiento, por ende, se tuvieron 12 unidades experimentales, con dimensiones de 10 m de ancho y 10.8 m de largo. En cada unidad experimental se sembraron 13 líneas de maíz, con un distanciamiento de 20 cm entre plantas y 80 cm entre hileras de maíz. Posteriormente, se realizaron dos fertilizaciones, a los 7 y 40 DDS, con el fin de simular un escenario normal de un productor de maíz. A los 7 DDS, se aplicó una dosis de 42.14 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (DAP) y a los 40 DDS, se aplicó 324 Kg Ha⁻¹ de Urea, lo que equivale a una dosis de (N-157, P-8.5 Kg ha⁻¹). Se usaron estas dosis para evitar que esta práctica enmascare el efecto del cultivo de cobertura y la labranza.

Variables a Evaluar

Las variables que se plantearon para evaluar fueron densidad de siembra, análisis químico del suelo, altura y número de hojas, muestreo de malezas, índice de Shannon-Wiener, raíces y rendimiento. A continuación, se presenta una descripción de cada variable.

Densidad de Siembra

Se usó un arreglo de siembra con un espaciamiento entre hilera de 0.8 m y entre planta de 0.20 m, obteniendo una distribución de 5 plantas por metro cuadrado, resultando en 13 hileras por unidad experimental (UE). Se eligieron dos hileras al azar sin tomar en cuenta las hileras de los costados, en cada unidad experimental, donde se realizó el conteo de las plantas en cinco metros para determinar la densidad poblacional en cada tratamiento.

Análisis Químico del Suelo

Se recolectaron muestras de suelo, a las profundidades de 0 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 cm, posteriormente, se homogenizaron en una sola muestra por cada repetición, en cada unidad experimental.

Las cuales fueron enviadas al laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, donde se realizó el análisis químico del suelo, para determinar el contenido de Materia Orgánica (MO), pH y nutrientes presentes en cada tratamiento (LCO: con cobertura y sin cobertura; LCE: con cobertura y sin cobertura).

El pH se determinó con relación suelo – agua ; 1:1 por el método AOAC 994.16 rango de 4,00 a 10,00. Los macronutrientes nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na) por medio de solución extractora Mehlich 3, determinados por espectrofotometría de absorción atómica, el fósforo (P), fue analizado mediante solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría; y para obtener el porcentaje de MO, se utilizó el método de Walkely & Black para suelos minerales no salinos.

Altura y Número de Hojas

Se eligió una hilera al azar en cada unidad experimental, donde se contó el número de hojas desde la base de la planta, sin tomar en cuenta el coleóptilo, hasta la última hoja abierta, entendida como aquella que presenta visible el collar foliar (ligula o banda clara en la base de la hoja). La

medición de la altura se realizó desde el suelo, hasta esta hoja. Tanto el conteo de hojas, como, la medición de la altura, se realizaron en un tramo de cinco metros por unidad experimental. Se realizó cada 15 días, hasta llegar a la floración, correspondientes a los 15, 30, 45 y 60 DDS, en cada unidad experimental.

Muestreo de Malezas

Se realizó un muestreo a los 60 DDS, para estimar la población de malezas, tomando 1 punto al azar por cada UE, ayudándose de un marco de madera de 0.5x0.5 m. En cada punto se identificaron y contabilizaron las malezas según su género y especie, utilizando como referencia la "Guía Fotográfica para la Identificación de Malezas. Parte I" de Muñoz y Pitty (1994). Posteriormente se tomó el peso fresco y peso seco de las malezas presentes en cada UE, para esto, se cortaron todas las malezas dentro del marco de 0.5 x 0.5m, en cada UE y se pesaron. Posteriormente, se llevaron al laboratorio para ser secados en hornos a por 24 horas. Al finalizar del secado se tomó el peso, para obtener el dato de peso seco.

Índice de Shannon-Wiener

Para cuantificar la diversidad específica de malezas presentes en cada tratamiento se utilizó el índice de Shannon-Wiener, el cual, es una medida de diversidad utilizada comúnmente en ecología, que, proviene de la teoría matemática de la comunicación, en la que, se define la entropía como una medida de la incertidumbre en la ocurrencia de eventos (Shannon, 1948). Este índice se usa, para cuantificar la biodiversidad de una comunidad, cuanto más alto sea el índice, mayor será la diversidad, ya que hay más especies y están más equilibradas en abundancia (Claude y Warren, 1949).

Como indica la fórmula 1:

$$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad [1]$$

Donde el símbolo Σ indica, como es habitual en matemáticas, que se deben sumar todos los términos, es decir, $p_i \log p_i$, escrito como una muestra definitoria, S , representa la riqueza de especies. Donde cada p_i es una cantidad no negativa que, en la medición de la biodiversidad, representa la abundancia relativa de la especie i en una comunidad. La suma de p_i es 1 y $H = -\sum_{i=1}^S p_i \log p_i$. Utilizamos el logaritmo en base e (o logaritmo natural) y adoptamos la convención de definir que $-0 \log 0 = 0$ (Rahman et al., 2021)

Utilizando los datos obtenidos en la variable Muestreo de malezas, se calculó la proporción relativa de cada especie respecto al total de individuos observados. El índice fue calculado para cada UE y posteriormente se comparó los valores obtenidos entre tratamientos.

Raíces

Se realizaron tres cajuelas en cada UE, de 50x50x50 cm, para medir la distribución de raíces y la profundidad. Extrayendo cuidadosamente las raíces de las plantas dentro de las cajuelas, para realizar el conteo y posteriormente medirlas.

Rendimiento

Posteriormente a los 150 DDS se midió el rendimiento de grano, tomando muestras por cada UE. Escogiendo las mejores plantas, considerando su tamaño, vigor, buen color y desarrollo de mazorcas. Se seleccionó un área representativa, de cada UE para obtener las muestras, abarcando 4 hileras, con una longitud de 8 metros. Por último, se procedió a desgranar el maíz cosechado de cada tratamiento y se pesó los granos en una báscula. Se registró los pesos y se cuantificó el rendimiento de grano en tn ha⁻¹ de cada tratamiento.

Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando los softwares SAS (versión 9.4) y RStudio (versión 2025.05.1+513). Se efectuó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar los efectos de los factores y su interacción sobre las variables evaluadas. Cuando se detectaron diferencias significativas,

se aplicó la prueba de comparación múltiple de Duncan ($p \leq 0.05$) para la separación de medias entre tratamientos.

Resultados y Discusión

Densidad de Siembra

Los resultados mostraron que el sistema de labranza y el uso de cobertura no tuvieron un efecto significativo sobre la germinación y el establecimiento del cultivo de maíz (Cuadro 2). Aunque se observaron ligeras variaciones en el número de plantas por hectárea, estas no fueron estadísticamente diferentes, manteniéndose una densidad poblacional uniforme en todos los tratamientos. En cuanto a la cobertura, tampoco se evidenció un efecto sobre esta variable. Respecto a la labranza, no se observó un efecto, manteniéndose valores similares entre labranza convencional y cero. Lo que indica que, ni el sistema de labranza ni la presencia de cobertura, influyeron de manera significativa en la emergencia y establecimiento inicial del maíz.

Estos resultados coinciden con lo reportado Hauser et al. (2008) quienes señalaron que el uso de *Mucuna pruriens* no afectaron significativamente la densidad de plantas al establecimiento del cultivo. En dicho estudio la densidad fue uniforme en todos los tratamientos, lo cual, respalda que el uso de coberturas vegetales no afecta significativamente la emergencia y establecimiento del maíz. Al igual que en el presente estudio, que se observaron ligeras variaciones en el número de plantas por hectáreas entre tratamientos, pero sin tener diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 2

Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre la densidad de siembra del maíz, en Zamorano,

Honduras.

Tratamientos	Densidad de plantas (plantas/ha)
LCO-Con	56666
LCO-Sin	51666
LCE-Con	44166
LCE-Sin	50000
Valor P	0.15 ns
Labranza	
Convencional	54166
Cero	47083
Valor P	0.07 ns
Cobertura	
Con	50416
Sin	50833
Valor P	0.90 ns
Labranza × Cobertura	
Valor P	0.15 ns
CV	11.49

Nota. Tratamientos: LCE-Con: Labranza cero con cobertura, LCE-Sin: Labranza cero sin cobertura, LCO-con: Labranza convencional con cobertura, LCO-sin: Labranza cero sin cobertura. Valores en la misma columna con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba LSMEANS ($P \leq 0.05$). ns No significativo ($P > 0.05$), ** Muy significativo ($P < 0.01$), *Significativo ($P 0.05-0.1$), CV: Coeficiente de variación.

Análisis Químico del Suelo

De acuerdo con los resultados del análisis químico de las muestras de suelo, realizado a los 90 DDS, se encontró que el uso de Cobertura tuvo un efecto significativo sobre el pH, el contenido de potasio (K), calcio (Ca) y fósforo (P). No se observó efecto en los demás parámetros

Se observó un aumento del pH en los tratamientos con cobertura, respecto a los tratamientos sin cobertura, lo que sugiere una disminución en la acidez del suelo. Esto ya que, la incorporación del

cultivo de cobertura al suelo aporta MO, la cual actúa como un buffer, es decir genera un efecto estabilizador en el pH (Matos et al., 2022).

De igual manera, los niveles de potasio (K) y calcio (Ca) fueron mayores en los tratamientos con cobertura. Estos nutrientes se liberan durante el proceso de descomposición de leguminosas, lo que concuerda con Ramos et al. (2023) los cuales mencionan que, especies como *Mucuna pruriens*, además de liberar N, aportan biomasa con alto contenido nutrientes, como potasio (K) y calcio (Ca), además de que su baja relación C/N, permite la descomposición y liberación rápida de estos nutrientes.

El contenido de fósforo (P) también fue mayor, al evaluar individualmente el efecto de la cobertura. Hizrel (2002), menciona que la absorción de fósforo suele verse limitada, debido a que el aluminio y hierro forman compuestos con el fósforo, lo que limita la absorción de este nutriente, la materia orgánica del suelo, a través de sus grupos funcionales (carboxilos, hidroxilos fenólicos), puede quelar o complejar estos iones metálicos. Esto disminuye la concentración de Al^{3+} y Fe^{3+} libres en la solución del suelo, con lo cual se reduce la formación de fosfatos insolubles y se aumenta la disponibilidad de fósforo para las plantas

Respecto a la labranza, se observó un efecto sobre el contenido de nitrógeno (N) y magnesio (Mg), siendo mayores en los tratamientos con labranza convencional. Vidal et al. (2002), mencionan que la labranza convencional aumenta la mineralización del nitrógeno en las capas superficiales del suelo debido a la mayor exposición de materia orgánica y microorganismos al oxígeno. Esto provoca un mayor N acumulado y mineralizado incrementando la disponibilidad de nitrógeno para las plantas, sin embargo, esta mayor mineralización ocasiona una reducción de la materia orgánica y del nitrógeno a largo plazo, lo que puede comprometer la sostenibilidad del sistema. De igual manera, para el Mg, este aumento en la disponibilidad tiende a ser transitorio.

La interacción labranza × cobertura mostró que los valores de pH fueron más altos en la combinación de labranza cero con cobertura, mientras que la labranza cero sin cobertura presentó el

menor valor de pH, para los demás nutrientes, la interacción no evidenció efectos relevantes. El pH más bajo en LCE-Sin se debe a la combinación, de falta de cobertura vegetal y labranza cero. La ausencia de un cultivo de cobertura limita el aporte de materia orgánica, la cual actúa como buffer, estabilizando el pH y reduciendo la acidez del suelo (Liu et al., 2022).

Aunque no todas las variables mostraron diferencias estadísticas, los datos sugieren que el uso de coberturas vegetales como *Mucuna pruriens*, en combinación con un sistema de labranza adecuado, puede mejorar la calidad química del suelo en sistemas agrícolas sostenibles.

Cuadro 3

Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre el análisis químico, en Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Análisis químico							
	pH	MO (%)	N (%)	Na (%)	K (%)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	P (mg/kg)
LCO-Con	6.12 a	2.52	0.13	0.09	1.82	10.54	1.44	33.67
LCO-Sin	6.10 a	1.96	0.10	0.09	1.59	9.57	1.41	19.00
LCE-Con	6.23 a	2.05	0.11	0.11	1.62	10.29	1.27	29.33
LCE-Sin	5.79 b	1.80	0.09	0.09	1.41	8.46	1.21	18.33
Valor P	0.02 *	0.16 ns	0.20 ns	0.81 ns	0.77 ns	0.33 ns	0.62 ns	0.67 ns
Labranza								
Convencional	6.11	2.24	0.11 a	0.09	1.69	10.05	1.43 a	26.33
Cero	6.01	1.79	0.09 b	0.07	1.52	9.38	1.24 b	23.83
Valor P	0.21 ns	0.05 ns	0.04 *	0.21 ns	0.06 ns	0.14 ns	0.004 **	0.56 ns
Cobertura								
Con	6.18 a	2.15	0.10	0.10	1.72 a	10.42 a	1.36	31.50 a
Sin	5.94 b	1.88	0.09	0.06	1.48 b	8.99 b	1.22	18.67 b
Valor P	0.01 *	0.19 ns	0.20 ns	0.45 ns	0.02 *	0.01*	0.32 ns	0.02 *
Labranza × Cobertura								
Valor P	0.02 *	0.16 ns	0.20 ns	0.21 ns	0.77 ns	0.33 ns	0.62 ns	0.67 ns
CV	2.03	15.86	16.06	110.37	8.35	7.34	5.45	28.32

Nota. Tratamientos: LCE-Con: Labranza cero con cobertura, LCE-Sin: Labranza cero sin cobertura, LCO-con: Labranza convencional con cobertura, LCO-sin: Labranza cero sin cobertura. Valores en la misma columna con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba LSMEANS ($P \leq 0.05$). ns No significativo ($P > 0.05$), ** Muy significativo ($P < 0.01$), *Significativo ($P 0.05-0.1$), CV: Coeficiente de variación.

Altura y Número de Hojas

Se encontraron diferencias estadísticas en todas las fechas de evaluación, observándose un crecimiento progresivo en la altura hasta los 60 DDS, donde la altura se estabilizó en casi todos los

tratamientos. En general, las plantas cultivadas bajo labranza convencional, presentaron mayores alturas, comparadas con labranza cero. Cabe recalcar, que esta variable fue influenciada tanto por el sistema de labranza como por la cobertura, ya que al analizar ambos factores de forma independiente también se encontraron diferencias.

Este comportamiento coincide con lo reportado por Shah et al. (2016), quienes afirman que la altura de la planta de maíz fue significativamente mayor bajo labranza convecional, en comparación con labranza cero, además, destacan que, al igual que en el presente estudio, la altura aumentó constantemente hasta alcanzar un valor estable en etapas finales del cultivo.

De manera similar, Barrios y Durón (2021), reportaron una tendencia mayor de crecimientos en los tratamientos con labranza convencional durante los primeros 45 DDS, alcanzando valores similares entre tratamientos hacia los 60 DDS.

Cuadro 4

Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre la altura de las plantas de maíz en centímetros, a los 15, 30, 45 y 60 DDS, en Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Altura de planta (cm)			
	15 DDS	30 DDS	45 DDS	60 DDS
LCO-Con	14.33 b	42.67 a	63.33 ab	166.00 ab
LCO-Sin	23.00 a	53.00 a	88.33 a	200.67 a
LCE-Con	16.33 ab	31.67 b	58.67 b	167.67 ab
LCE-Sin	15.67 ab	32.33 b	61.33 ab	166.33 ab
Valor P	0.0003 **	0.035 *	<.0001 **	0.0056 **
Labranza				
Convencional	18.66 a	47.83 a	75.83 a	183.33 a
Cero	16.00 b	32.00 b	60.00 b	167.00 b
Valor P	0.0033 **	<.0001 **	<.0001 **	0.0062 **
Cobertura				
Con	15.00 b	37.50	62.33 b	166.16 b
Sin	19.67 a	42.33	73.33 a	184.17 a
Valor P	<.0001 **	0.05 ns	<.0001 **	0.0036 **
Labranza × Cobertura				
Valor P	0.0003 **	<.0001 **	<.0001 **	0.0056 **
CV	6.45	9.45	3.56	4.38

Nota. Tratamientos: LCE-Con: Labranza cero con cobertura, LCE-Sin: Labranza cero sin cobertura, LCO-con: Labranza convencional con cobertura, LCO-sin: Labranza cero sin cobertura. Valores en la misma columna con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba LSMEANS ($P \leq 0.05$). ns No significativo ($P > 0.05$), ** Muy significativo ($P < 0.01$), *Significativo ($P 0.05-0.1$)

No se encontraron diferencias en el número de hojas a los 15, 30, 45 y 60 DDS, entre los tratamientos evaluados (Cuadro 5). Respecto a la labranza, no se observó un efecto sobre el número de hojas del maíz. En cuanto a la cobertura, se evidenció un efecto parcial, con ligeras diferencias en algunas fechas, sin un patrón consistente. Mientras que, la interacción labranza × cobertura no mostró efectos relevantes sobre el número de hojas. A los 30 DDS no se observaron diferencias ni variación entre tratamientos para número de hojas, por lo tanto, no se generaron valores de significancia estadística ni coeficiente de variación. Esto, ya que, según Wanmao et al. (2020), el número de hojas

del maíz es una característica morfológica de la planta que está más relacionada con la genética de la planta y las condiciones ambientales, que por el tipo de labranza o cobertura.

Cuadro 5

Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre el número de hojas de las plantas de maíz a los 15, 30, 45 y 60 DDS, en Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Número de hojas			
	15 DDS	30 DDS	45 DDS	60 DDS
LCO-Con	3.67	5.00	5.00	10.00
LCO-Sin	5.00	5.00	6.00	10.67
LCE-Con	4.67	5.00	5.67	9.33
LCE-Sin	4.00	5.00	5.33	10.33
Valor P	0.19 ns	-----	0.19 ns	0.36 ns
Labranza				
Convencional	4.33	5.00	5.50	10.33
Cero	4.33	5.00	5.67	9.33
Valor P	1.00 ns	-----	1.00 ns	0.57 ns
Cobertura				
Con	3.83 b	5.00	5.11 a	10.11
Sin	4.83 a	5.00	5.83 b	10.00
Valor P	0.0028 *	-----	0.02 *	0.85 ns
Labranza × Cobertura				
Valor P	0.19 ns	0.11 ns	0.19 ns	0.36 ns
CV	9.42	-----	7.42	14.87

Nota. Tratamientos: LCE-Con: Labranza cero con cobertura, LCE-Sin: Labranza cero sin cobertura, LCO-con: Labranza convencional con cobertura, LCO-sin: Labranza cero sin cobertura. Valores en la misma columna con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba LSMEANS ($P \leq 0.05$). ns No significativo ($P > 0.05$), ** Muy significativo ($P < 0.01$), *Significativo ($P 0.05-0.1$), CV: Coeficiente de variación
DDS: Días después de siembra.

Muestreo de Malezas

En el muestreo realizado a los 60 DDS (Cuadro 8), la interacción labranza × cobertura no mostró efectos relevantes sobre la población de malezas, para *Cyperus rotundus* ni para *Sclerocarpus phyllocephalus*. No obstante, al analizar por separado el factor labranza, se evidenciaron diferencias en la población de *Cyperus rotundus*, con una mayor presencia en labranza convencional. Aunque

Sclerocarpus phyllocephalus mostró una mayor tendencia en labranza cero, esta no fue estadísticamente significativa. Lo que coincide con Monroy et al. (1990) los cuales mencionan que, las malezas como *Cyperus rotundus*, son predominantes en LCO, esto debido al arado que favorece la introducción de esta maleza, ya que, al fragmentar algunas partes de estas plantas, se favorece su diseminación y establecimiento. De igual manera, Samaniego y Pitty (1999), afirman que Las poblaciones de *Cyperus rotundus* son mayores en LCO, que en LCE, debido al paso del arado en LCO, lo cual, rompe la dominancia apical y forma nuevas plantas.

En cuanto a la cobertura, no se evidenció efecto sobre la población de malezas, esto puede deberse al intervalo entre la incorporación del cultivo de cobertura al suelo, con el momento de siembra del maíz, ya que, la supresión de malezas por cultivos de cobertura opera por competencia directa por recursos (luz, agua, nutrientes) y por la cobertura física que los residuos recientes y densos generan sobre el suelo, lo que dificulta la emergencia de semillas de malezas. (Cerritos García y Josue Daniel, 2021)

Cuadro 6

Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre la población de malezas a los 60 DDS, en Zamorano, Honduras.

Tratamientos	<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Sclerocarpus phyllocephalus</i>
LCO-Con	24.66	1.66
LCO-Sin	16.33	1.33
LCE-Con	1.33	2.66
LCE-Sin	3	8.66
Valor P	0.48 ns	0.20 ns
Labranza		
Convencional	20.5 a	1.5
Cero	2.16 b	5.66
Valor P	0.02 *	0.10 ns
Cobertura		
Con	13	2.16
Sin	9.67	5.00
Valor P	0.64 ns	0.24 ns
Labranza × Cobertura		
Valor P	0.48 ns	0.20 ns
CV	105.05	110.16

Nota. Tratamientos: LCE-Con: Labranza cero con cobertura, LCE-Sin: Labranza cero sin cobertura, LCO-con: Labranza convencional con cobertura, LCO-sin: Labranza cero sin cobertura. Valores en la misma columna con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba LSMEANS ($P \leq 0.05$). ns No significativo ($P > 0.05$), ** Muy significativo ($P < 0.01$), *Significativo ($P 0.05-0.1$), CV: Coeficiente de variación DDS: Días después de siembra.

Biomasa de Malezas

De acuerdo con los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los valores de peso fresco y peso seco de la biomasa de malezas, entre los tratamientos evaluados (Cuadro 7). Tanto al analizar a interacción labranza x cobertura, como, al evaluar de forma independiente cada uno de los factores.

En el presente estudio, es posible, que el cultivo de cobertura *Mucuna pruriens*, el haber sido establecido previo al cultivo haya influido negativamente en su efectividad para inhibir el desarrollo de malezas. Esto ya que, el momento en que se incorporan los cultivos de cobertura es clave para una buena supresión de malezas, la supresión suele ser mayor cuando los residuos son recientes, densos y cubren superficialmente el suelo (Teasdale, 2004).

Es decir que, si la incorporación ocurre demasiado temprano, el efecto benéfico disminuye, esto puede deberse a que los residuos se descomponen demasiado rápido, debido a su baja relación C/N. La baja relación C/N promueve una actividad microbiana más intensa, acelerando la descomposición de la biomasa y la liberación de nutrientes especialmente nitrógeno (Villarreal, 2014).

Rinehart (2025), menciona que la relación C/N óptima, 24:1, las proporciones de C/N superiores a 24:1 pueden resultar en que el nitrógeno sea atado por los microbios del suelo en la descomposición de los residuos de cultivos ricos en carbono, alejando el nitrógeno de las plantas de cultivo.

Cuadro 7

Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre el peso fresco y peso seco de malezas a los 60 DDS, en Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Peso fresco (ton/ha)	Peso seco (ton/ha)
LCO-Con	8.10	1.62
LCO-Sin	2.9	0.47
LCE-Con	6.25	0.87
LCE-Sin	9.22	1.47
Valor P	0.11 ns	0.12 ns
Labranza		
Convencional	5.50	1.05
Cero	7.73	1.17
Valor P	0.34 ns	0.80 ns
Cobertura		
Con	7.17	1.25
Sin	6.06	0.97
Valor P	0.62 ns	0.58 ns
Labranza × Cobertura		
Valor P	0.11 ns	0.12 ns
CV	57.21	75.46

Nota. Tratamientos: LCE-Con: Labranza cero con cobertura, LCE-Sin: Labranza cero sin cobertura, LCO-con: Labranza convencional con cobertura, LCO-sin: Labranza cero sin cobertura. Valores en la misma columna con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba LSMEANS ($P \leq 0.05$). ns No significativo ($P > 0.05$), ** Muy significativo ($P < 0.01$), *Significativo ($P 0.05-0.1$), CV: Coeficiente de variación DDS: Días después de siembra.

Índice de Shannon-Wiener

De acuerdo con los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en la interacción labranza x cobertura sobre el índice de diversidad de malezas (Cuadro 6). Sin embargo, al evaluar individualmente los factores, se encontraron diferencias significativas entre los sistemas de labranza. El sistema de labranza convencional (LCO) presentó valores menores del índice de diversidad (0.81), en comparación con la labranza cero (LCE) (1.4). Esto, sugiere que la labranza cero favorece a una mayor diversidad de malezas. El índice de diversidad bajo en LCO, indica que hubo más malezas, pero con pocas especies dominantes.

Estos resultados concuerdan con Godoy et al., (1995), quienes encontraron que, la diversidad de malezas fue significativamente mayor bajo labranza cero (LCE) que bajo labranza convencional (LCO), lo que respalda que los sistemas menos perturbadores favorecen una flora de malezas más diversa. Además, esta mayor diversidad puede contribuir a un mayor equilibrio en el ecosistema agrícola, representando un escenario ideal para la sostenibilidad de los sistemas de cultivo. Específicamente, un ecosistema con mayor diversidad puede promover beneficios ecológicos clave, como la regulación natural de plagas, ya que puede atraer insectos benéficos que actúan como depredadores o parasitoides de plagas agrícolas, reduciendo la necesidad de usar pesticidas.

De igual manera Samaniego (1998), reportó que, en sistemas de labranza cero, se encontraron menores concentraciones de semillas en los primeros 5 cm de suelo, obteniendo valores significativamente mayores a los observados en labranza convencional. Esta condición favorece la diversidad de malezas, en labranza cero, pero puede generar problemas iniciales de control. Sin embargo, a largo plazo, al no incorporar semillas a las capas más profundas, las cuales funcionan como bancos de semillas persistente, puede llegar a contribuir a una reducción progresiva del número de malezas.

Por otra parte, el factor cobertura no mostró diferencias estadísticamente significativas, esto podría deberse a la diferencia entre el momento que se estableció e incorporó la cobertura al suelo, con el establecimiento del cultivo, ya que la *Mucuna pruriens* fue sembrada e incorporada varios meses antes de, establecimiento del cultivo.

Cuadro 8

Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre la diversidad de malezas, expresado por el Índice de Shannon-Wiener, en Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Índice de Shannon-Wiener
LCO-Con	0.63
LCO-Sin	1.00
LCE-Con	1.31
LCE-Sin	1.49
Valor P	0.54 ns
Labranza	
Convencional	0.81 b
Cero	1.4 a
Valor P	0.008 *
Cobertura	
Con	0.97
Sin	1.24
Valor P	0.12 ns
Labranza × Cobertura	
Valor P	0.54 ns
CV	23.6

Nota. Tratamientos: LCE-Con: Labranza cero con cobertura, LCE-Sin: Labranza cero sin cobertura, LCO-con: Labranza convencional con cobertura, LCO-sin: Labranza cero sin cobertura. Valores en la misma columna con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba LSMEANS ($P \leq 0.05$). ns No significativo ($P > 0.05$), ** Muy significativo ($P < 0.01$), *Significativo ($P 0.05-0.1$), CV: Coeficiente de variación DDS: Días después de siembra.

Profundidad y Número de Raíces en Maíz

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en el número de raíces ni en la profundidad de raíces (cm), tanto a evaluar individualmente los factores labranza y cobertura, como al evaluar su interacción (Cuadro 6). Esto puede explicarse a partir de los resultados obtenidos en experimento realizado de forma conjunta, bajo las mismas unidades experimentales, por Chan

(2025) quien determinó que los tratamientos LCO-con, LCO-sin, LCE-con, LCE-sin, no modificaron de manera significativa variables clave como la densidad aparente, porosidad total y resistencia a la penetración. Los suelos presentaron altos niveles de compactación en el perfil de 0 a 30 cm, lo cual representa una limitación fuerte para el crecimiento radicular del cultivo.

De igual manera, la ausencia de diferencias significativas en la densidad aparente (1.46) y la porosidad total sugiere que las condiciones edáficas no fueron suficientemente distintas entre tratamientos como para evidenciar una diferenciación en el desarrollo de raíces. Lo cual concuerda con lo observado por Rasche Alvarez et al., (2020) los cuales señalaron que en suelos arcillosos sometidos a distintos grados de compactación, densidades mayores a 1.39 g cm^{-3} reducen significativamente el peso seco y el área radicular, especialmente en el cultivo de maíz. Por lo que, la falta de diferencias significativas en el número y profundidad de raíces puede atribuirse a una condición física homogénea en el perfil del suelo, la cual limitó el desarrollo radicular independientemente del tratamiento aplicado.

Cuadro 9

Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre el número y profundidad de raíces de maíz, en

Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Número de raíces	Profundidad de raíces (cm)
LCO-Con	23.33	21.00
LCO-Sin	24.00	26.67
LCE-Con	23.33	24.90
LCE-Sin	15.33	25.33
Valor P	0.086 ns	0.83 ns
Labranza		
Convencional	26.83	23.67
Cero	25.12	19.33
Valor P	0.086 ns	0.35 ns
Cobertura		
Con	25.95	23.33
Sin	25.83	19.67
Valor P	0.13 ns	0.97 ns
Labranza x Cobertura		
Valor P	0.086 ns	0.83 ns
CV	17.03	11.54

Nota. Tratamientos: LCE-Con: Labranza cero con cobertura, LCE-Sin: Labranza cero sin cobertura, LCO-con: Labranza convencional con cobertura, LCO-sin: Labranza cero sin cobertura. Valores en la misma columna con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba LSMEANS ($P \leq 0.05$). ns No significativo ($P > 0.05$), ** Muy significativo ($P < 0.01$), *Significativo ($P 0.05-0.1$), CV: Coeficiente de variación DDS: Días después de siembra.

Rendimiento

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en el efecto Labranza x Cobertura, pero, si se evidenciaron diferencias en el efecto de la labranza, donde se observó un mayor rendimiento con labranza convencional, llegando a valores de 3.98 t ha^{-1} . Lo que puede indicar que, la labranza influyó sobre la productividad del maíz. Este resultado puede explicarse porque en los tratamientos con labranza convencional se observó una mayor disponibilidad de nitrógeno (N) y magnesio (Mg), nutrientes esenciales en los procesos metabólicos de la planta. El N es determinante en la síntesis de proteínas y en la acumulación de biomasa, mientras que el Mg forma parte central

de la molécula de clorofila y participa en la fotosíntesis y en la translocación de fotoasimilados, contribuyendo de manera directa al llenado de grano (Marschner y Marschner, 2012)

Por otro lado, no se observaron diferencias estadísticamente atribuibles al efecto de la cobertura, lo cual podría deberse a que, *Mucuna pruriens* fue incorporada al suelo 7 meses antes del ciclo agrícola del maíz, por lo que, es probable que la biomasa generada se haya descompuesto por completo antes de que el cultivo expresara sus mayores requerimientos nutricionales. La falta de sincronía entre el momento en que se liberan los nutrientes y las fases críticas de crecimiento del maíz reduce notablemente la eficacia de la cobertura vegetal (Bith ., 2000).

Cuadro 10

Efecto del sistema de labranza y cobertura sobre e rendimiento del cultivo de maíz, en Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Rendimiento (ton/ha)
LCO-Con	3.98
LCO-Sin	3.98
LCE-Con	2.53
LCE-Sin	2.48
Valor P	0.92 ns
Labranza	
Convencional	3.98 a
Cero	2.51 b
Valor P	0.001 *
Cobertura	
Con	3.26
Sin	3.23
ValorP	0.92 ns
Labranza x Cobertura	
Valor P	0.92 ns
CV	14.64

Nota. Tratamientos: LCE-Con: Labranza cero con cobertura, LCE-Sin: Labranza cero sin cobertura, LCO-con: Labranza convencional con cobertura, LCO-sin: Labranza cero sin cobertura. Valores en la misma columna con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba LSMEANS ($P \leq 0.05$). ns No significativo ($P > 0.05$), **Muy significativo ($P < 0.01$), *Significativo ($P 0.05-0.1$), CV: Coeficiente de variación.

Conclusiones

La labranza convencional incrementó la presencia de *Cyperus rotundus*, la altura de las plantas y el rendimiento, mientras que la labranza cero favoreció una mayor diversidad de malezas, aunque con menores resultados productivos

La incorporación de cobertura vegetal favoreció la conservación y disponibilidad de nutrientes, mientras que los sistemas de labranza conservacionista ayudaron a mantener la estabilidad química del suelo, promoviendo un manejo más sostenible

La cobertura con *Mucuna pruriens* no redujo la biomasa de malezas, pero sí mejoró el pH y los niveles de K, Ca y P del suelo, contribuyendo a la mejora de la fertilidad

La labranza convencional aumentó la disponibilidad de N y Mg, generando ventajas productivas a corto plazo, mientras que la labranza cero y la cobertura aportan beneficios ecológicos y de fertilidad del suelo

Recomendaciones

Se recomienda continuar y ampliar la duración de futuros estudios para evaluar los efectos acumulativos de los sistemas de labranza sobre la fertilidad del suelo, la dinámica de malezas y el crecimiento del cultivo, ya que los resultados obtenidos reflejan solo impactos a corto plazo.

El uso de *Mucuna pruriens* como cobertura debe evaluarse con diferentes momentos de incorporación, de manera que su descomposición coincida mejor con las etapas críticas de crecimiento del maíz y contribuya de manera más efectiva a la nutrición del cultivo y al control de malezas.

Es necesario explorar el efecto de otras especies de cobertura, especialmente leguminosas con mayor capacidad alelopática o de descomposición más lenta, que puedan ofrecer mejores resultados en la supresión de malezas y en la mejora de la fertilidad del suelo.

Referencias

- Acevedo, E. y Silva, P. (2003). *Agronomía_cero_labranza(10)*. [Tesis, Universidad de Chile, Chile.] <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/169992>
- Barrios, E. y Durón, L. (2021). *Efecto de Crotalaria juncea L. como cultivo de cobertura y dos sistemas de labranza sobre el control de malezas, mejoramiento del suelo y desarrollo del cultivo de maíz (Zea mays)* [Proyecto especial de graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Blanchart, E., Villenave, C., Viallatoux, A., Barthès, B., Girardin, C., Azontonde, A. y Feller, C. (2006). Long-term effect of a legume cover crop (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) on the communities of soil macrofauna and nematofauna under maize cultivation, in southern Benin. *European Journal of Soil Biology*, 42.
- Chan, J. (2025). *Efecto de la labranza cero y Mucuna pruriens como cultivo de cobertura sobre las características físicas del suelo y el rendimiento del maíz*.
- Chavarría Montenegro, José Rodolfo, Belloza Urbina y William Mauricio. (2022). *Efecto de la Crotalaria juncea L. como cultivo de cobertura y dos sistemas de labranza sobre el manejo de malezas, mejoramiento del suelo y desarrollo del cultivo maíz en el segundo año experimental* [Proyecto especial de graduación], Honduras.
- Claude, S. y Warren, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*.
- Flores, A. y Huanca, F. (2023). *Efecto de Crotalaria juncea L. como cultivo de cobertura y dos sistemas de labranza sobre el control de malezas, mejoramiento del suelo y desarrollo del cultivo de maíz (Zea mays L.)*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023, 16 de diciembre). *El maíz en la nutrición humana - Introducción*. <https://www.fao.org/4/t0395s/T0395S02.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025, 6 de octubre). *FAO study reveals alarming agricultural land degradation in the Arab region*. <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-study-reveals-alarming-agricultural-land-degradation-in-the-arab-region/en>
- Hauser, B. B. y O.E. B. (2008). Short- and Long-term Maize Yield Response to *Mucuna pruriens* and *Pueraria phaseoloides* Relay Fallow and Biomass Burning Versus Mulching in the Forest Zone of Southern Cameroon.
- Hizrel, J. (2002). *Rol de la materia orgánica en el suelo*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/b77ca437-c66b-4f7a-8a44-e2fd0646ce14/content
- Leisa (2004). Adopción de abonos verdes y cultivos de cobertura, 19(4).
- Liu, S., Gao, Y., Lang, H., Liu, Y. y Zhang, H. (2022). Effects of Conventional Tillage and No-Tillage Systems on Maize (*Zea mays* L.) Growth and Yield, Soil Structure, and Water in Loess Plateau of China: Field Experiment and Modeling Studies. *Land*, 11(11), 1881. <https://doi.org/10.3390/land11111881>
- Matos, G., Archoa, E., López, M., Garma, P., González, N. y Echavarría, E. (2022). Efecto de abonos verdes inoculados en las propiedades químicas de un luvisol férrico de Campeche, México.

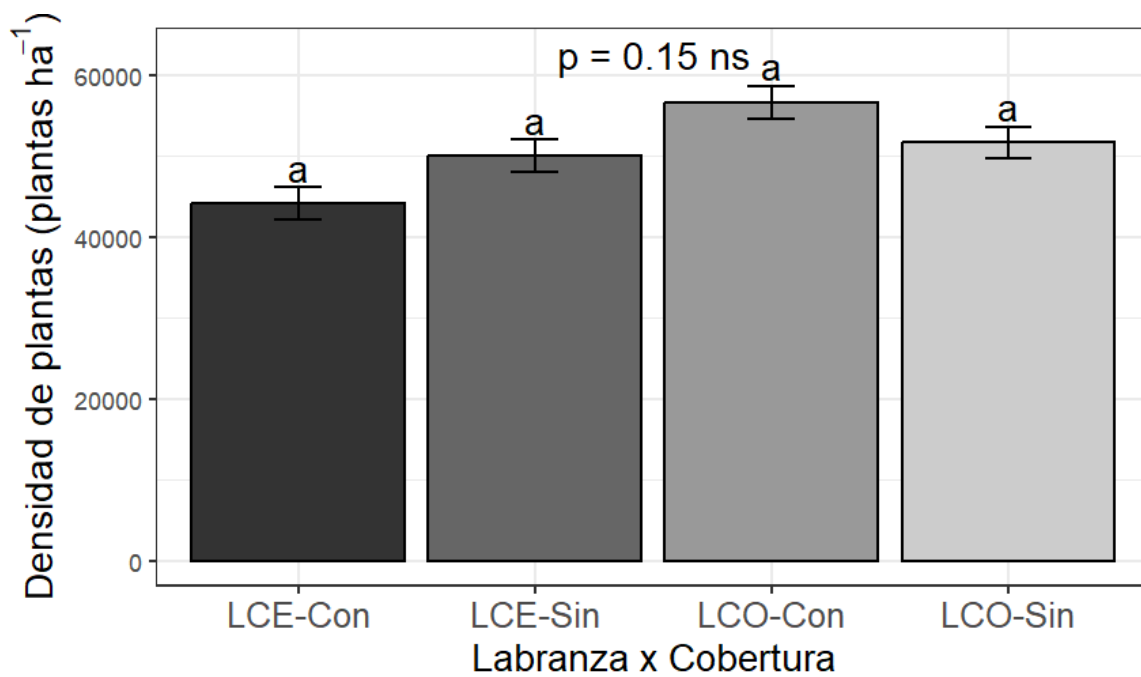
Terra Latinoam, 40. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792022000100127#t3

- Monroy, J. A., Pitty, A. y Muñoz, R. (1990). El sistema de labranza cambia la flora de malezas en maíz y frijol en relevo. *Ceiba*, 34(1).
- Osorio, M., Sis, J., Monroy, D., Colocho, M. y Batzin, E. (2020). Validación del aprovechamiento de nitrógeno proveniente de Mucuna.
- Rahman, A., Khan, N., Ali, K., Ullah, R., Khan, M. E. H., Jones, D. A. y Rahman, I. U. (2021). Plant Species Classification and Diversity of the Understory Vegetation in Oak Forests of Swat, Pakistan. *Applied Sciences*, 11(23), 11372. <https://doi.org/10.3390/app112311372>
- Ramos, M., Hidalgo Moreno, Claudia, Isabel, Fuentes Ponce, M., Delgadillo-Martínez, J. y Etchevers, J. D. (2023). Potencial de especies de leguminosas mejoradoras de la fertilidad del suelo en regiones tropicales. *Rev. Mex. Vlenc. Agric*, 14(4). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342023000400531#B21
- Rinehart, L. (2025). Overview of Cover Crops and Green Manures.
- Samaniego, R. y Pitty, A. (1999). Efecto de dos sistemas de labranza sobre la dinámica de las poblaciones de malezas en El Zamorano, Honduras. *Ceiba*, 40(1).
- Shah, A. R., M. S, M., A. Q, M., M, T. y and N, L. (2016). Groeth, yield and root development of maize as influenced by tillage and tractor traffic. *Pakistan Journal of Agricultural Engineering and Veterinary Siences*, 32(1), 53–65.
- Shannon (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423, 623-656.
- Teasdale, J. (2004). *Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de malezas*. <https://www.fao.org/4/y5031s/y5031s0d.htm>
- Vidal, I., Etchevers, J. y Fischer, A. (2002). Dinámica del nitrógeno bajo diferentes rotaciones, sistemas de labranza y manejo de residuos en el cultivo de trigo. *Agric. Tec.*, 62(1). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072002000100012
- Villarreal, M. (2014). Biomasa y captura de nitrógeno de cultivares de *Mucuna pruriens* (L.) DC. y su descomposición en el suelo. *Informacion Tecnica Economica Agraria*, 110(1). <https://doi.org/10.12706/itea.2014.002>
- Wanmao, L., Ming, B., Xie, R., Liu, G., Wang, K., Yang, Y., Guo, X., Hou, P. y Li, S. (2020). Change in Maize Final Leaf Numbers and Its Effects on Biomass and Grain Yield across China. *Agriculture*, 10(9), 411. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090411>

Anexos

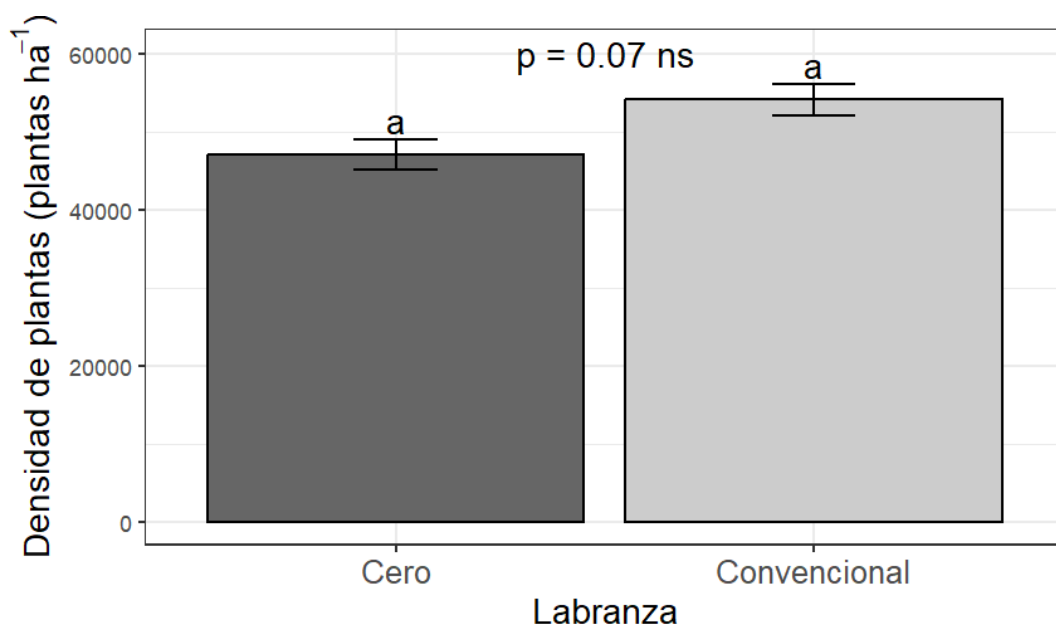
Anexo A

Gráfico sobre el efecto de Labranza x cobertura sobre la densidad de siembra (plantas/ha).



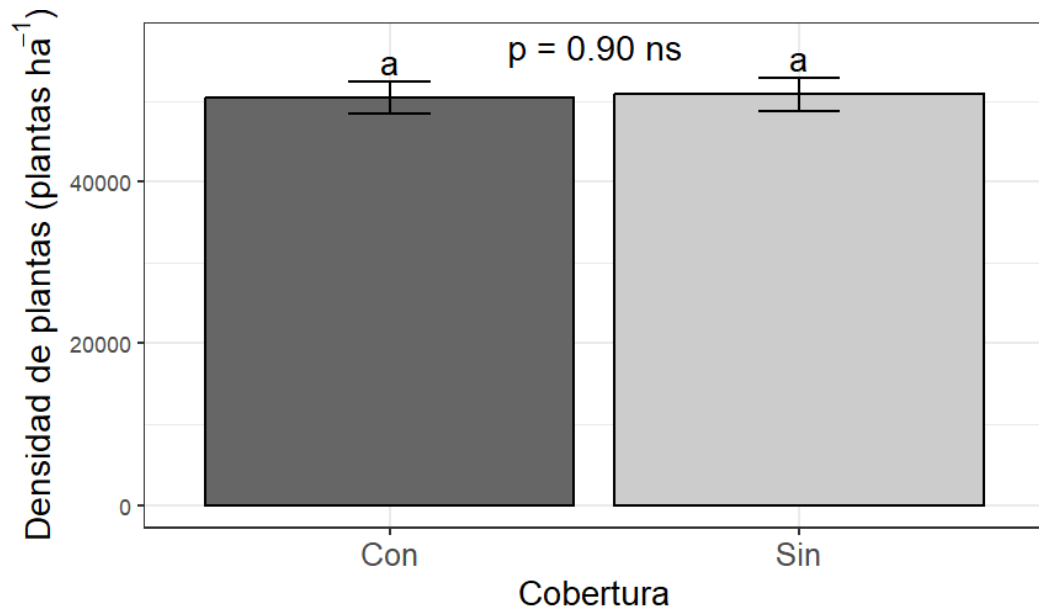
Anexo B

Gráfica del efecto de Labranza sobre la densidad de siembra (plantas/ha).



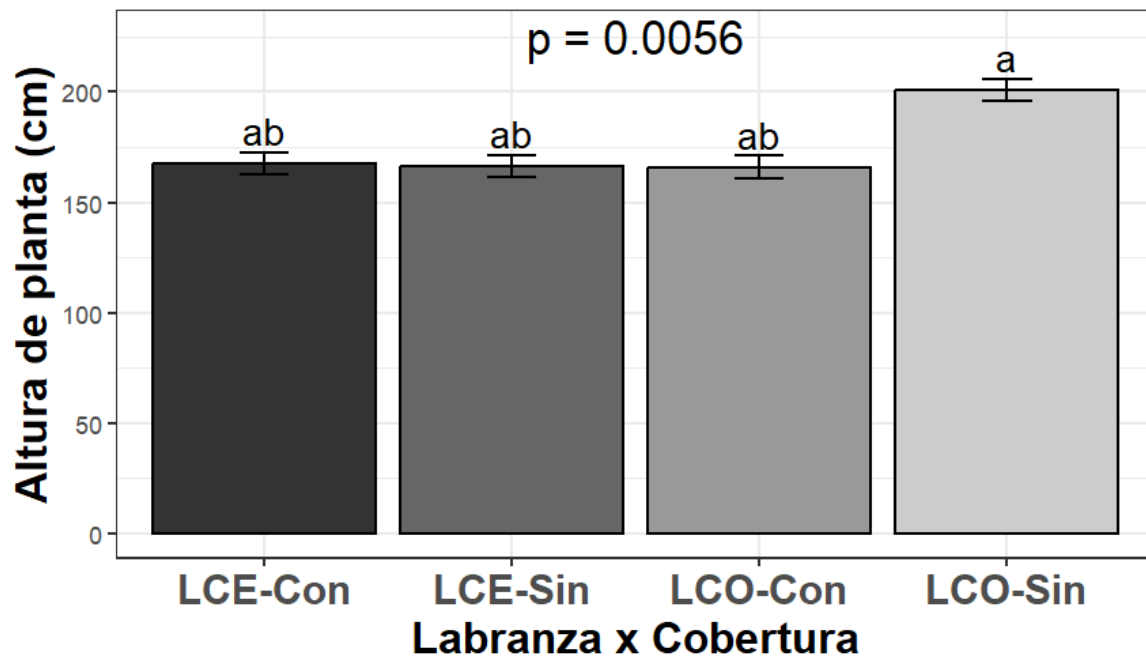
Anexo C

Gráfica del efecto de la cobertura sobre la densidad de siembra (plantas/ha).



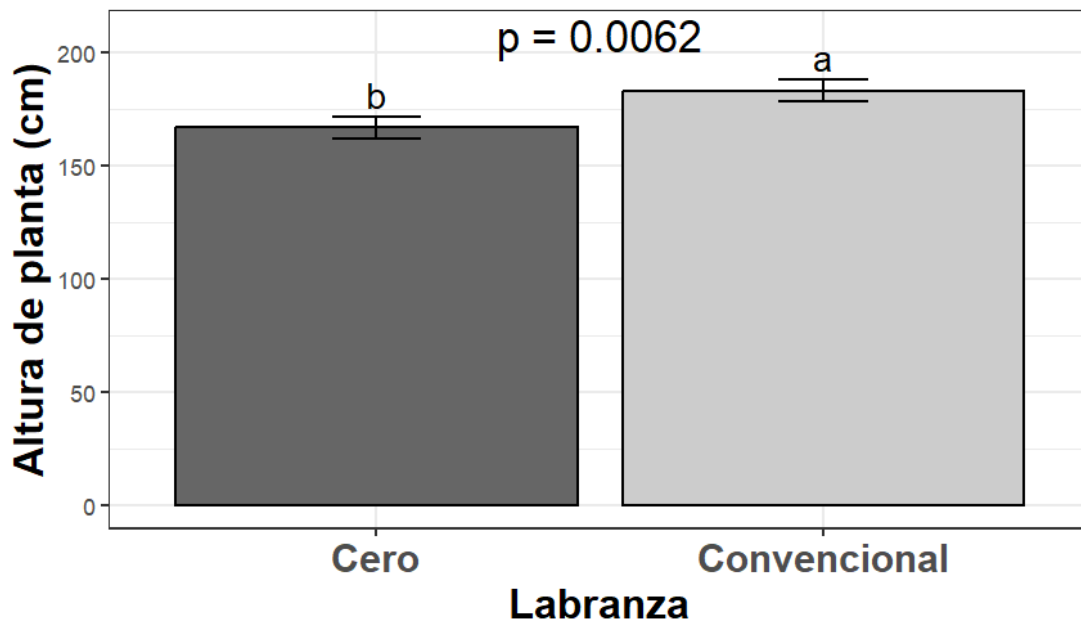
Anexo D

Gráfica del efecto de Labranza x cobertura sobre la altura de la planta (cm) a los 60 DDS.



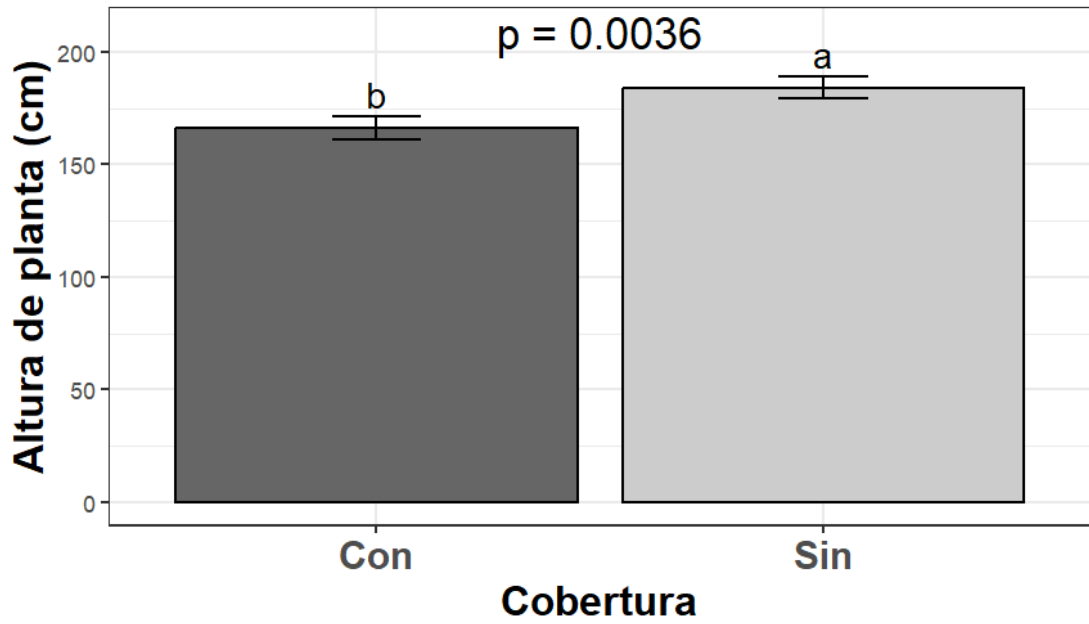
Anexo A

Gráfica del efecto de Labranza sobre la altura de la planta (cm) a los 60 DDS.



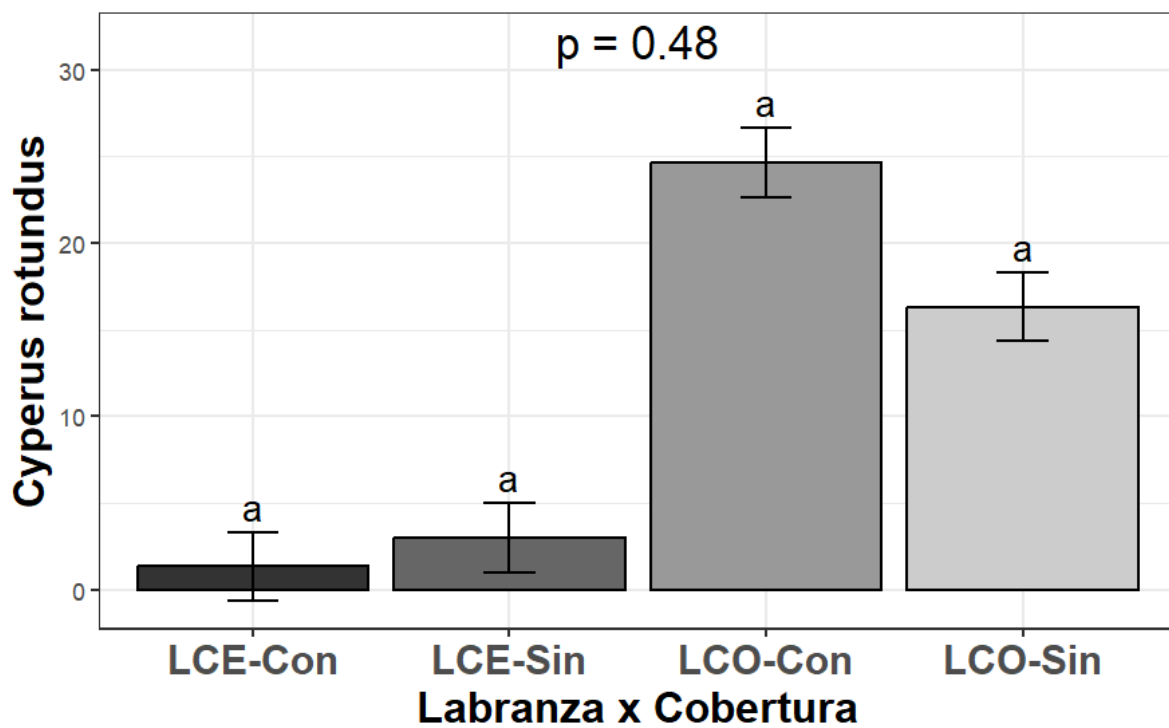
Anexo B

Gráfica del efecto de la cobertura sobre la altura de la planta (cm) a los 60 DDS.



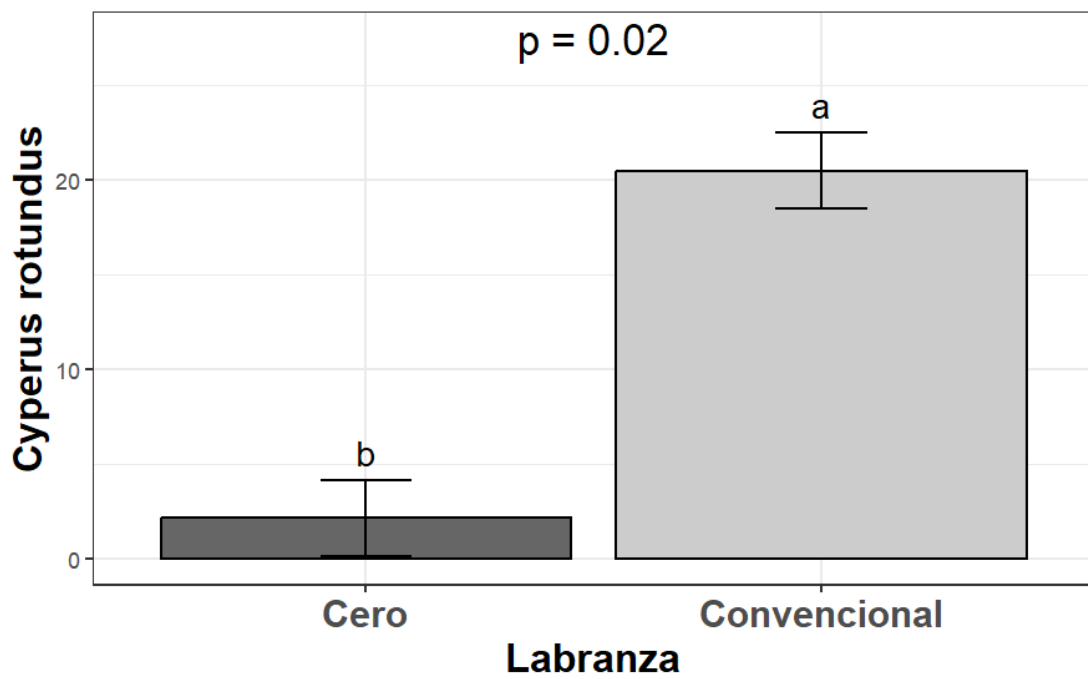
Anexo C

Gráfica del efecto de Labranza x cobertura sobre la población de *Cyperus rotundus*, a los 60 DDS.



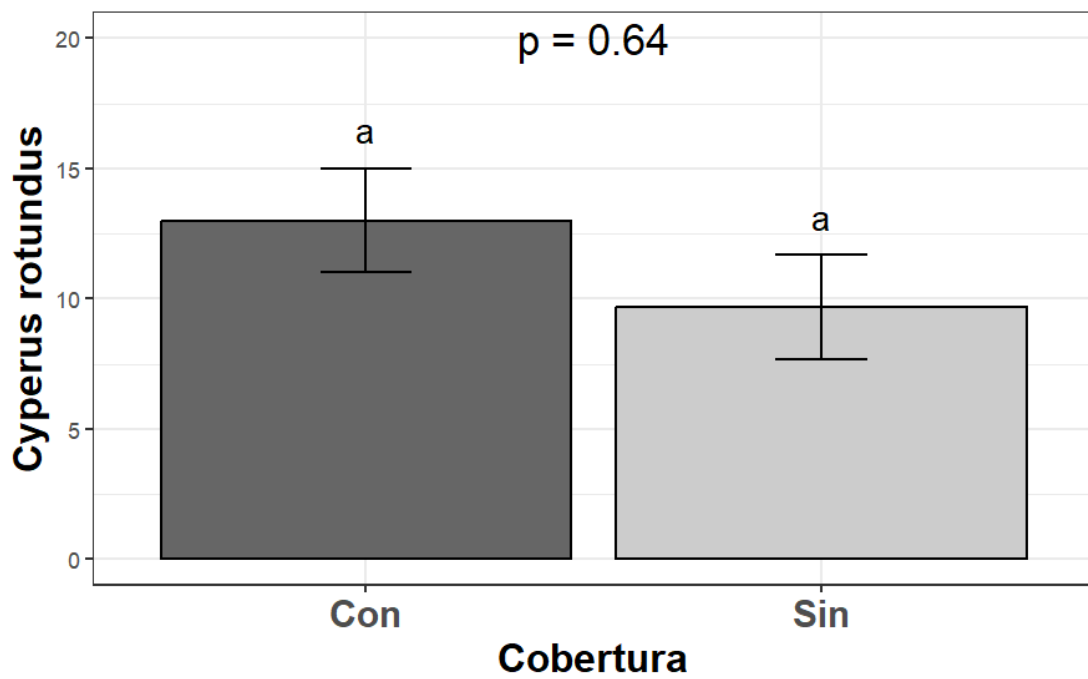
Anexo D

Gráfica del efecto de Labranza sobre la población de *Cyperus rotundus*, a los 60 DDS.



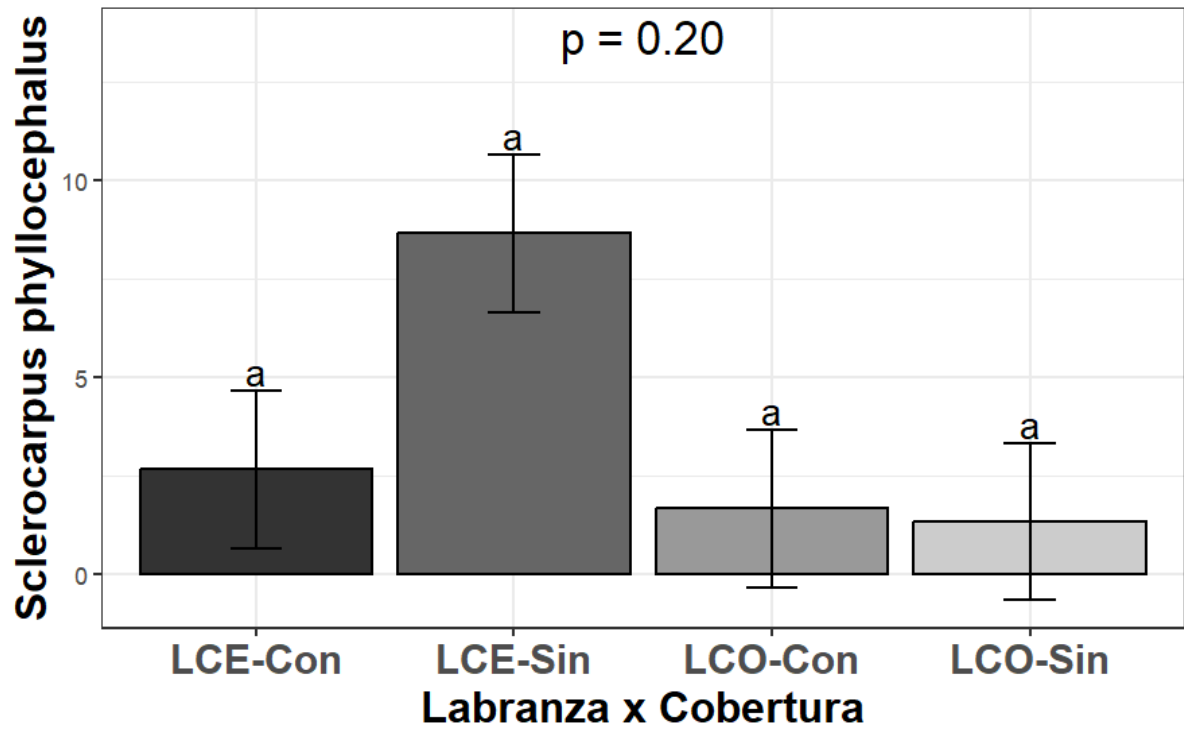
Anexo E

Gráfica del efecto de la cobertura sobre la población de *Cyperus rotundus*, a los 60 DDS.



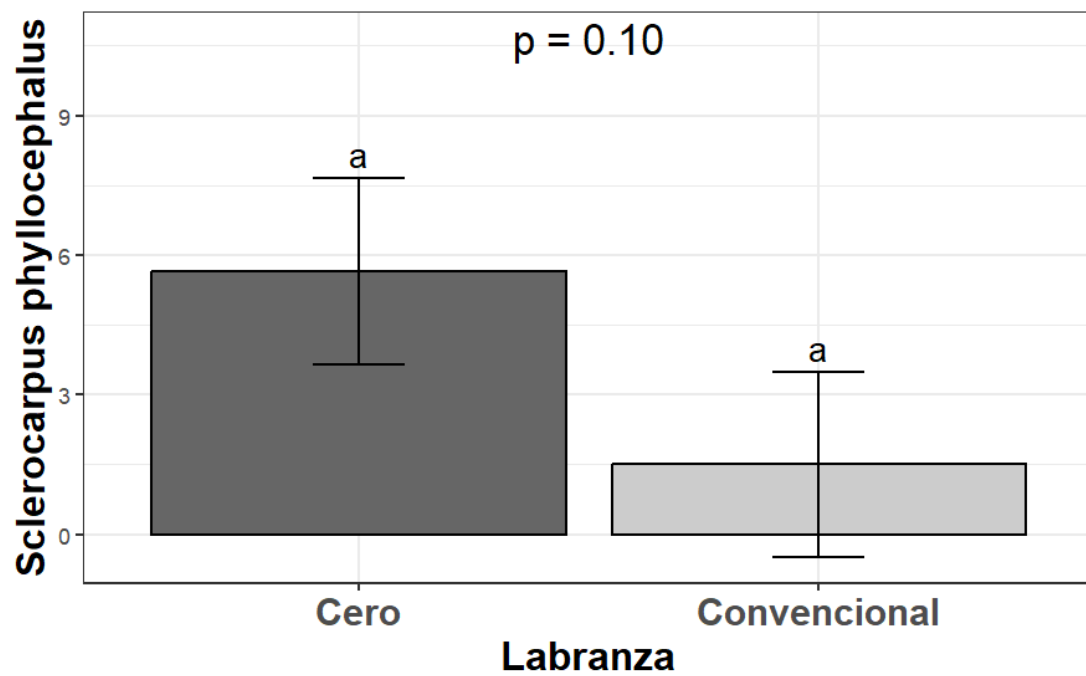
Anexo F

Gráfica del efecto de Labranza x cobertura sobre la población de *Sclerocarpus phyllocephalus*, a los 60 DDS.



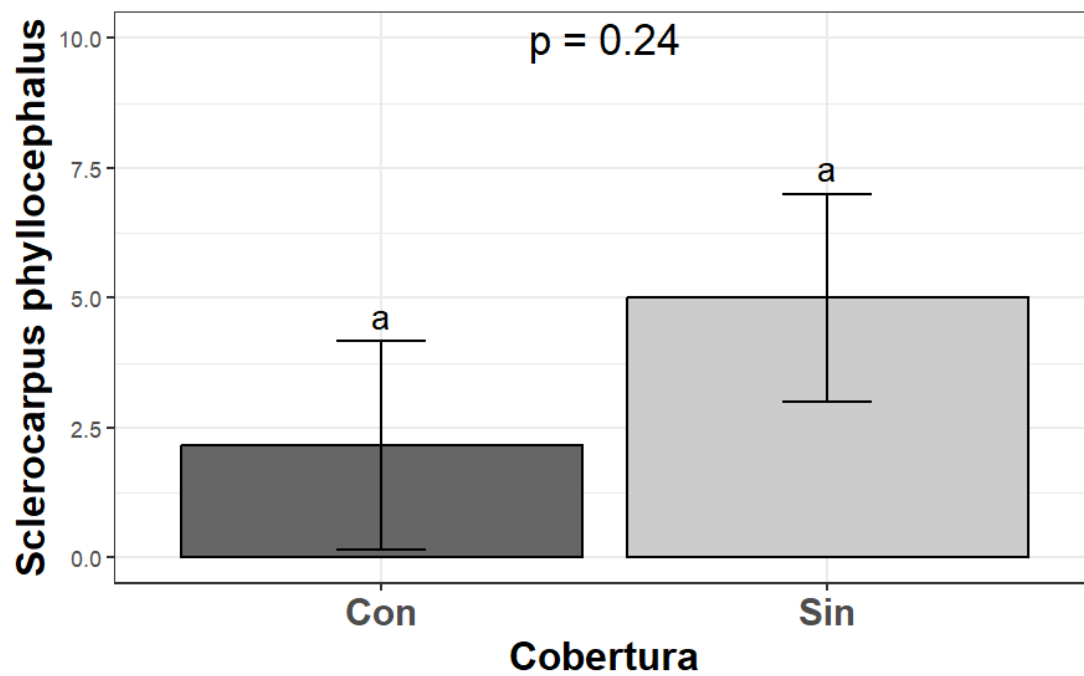
Anexo G

Gráfica del efecto de Labranza sobre la población de *Sclerocarpus phyllocephalus*, a los 60 DDS.



Anexo H

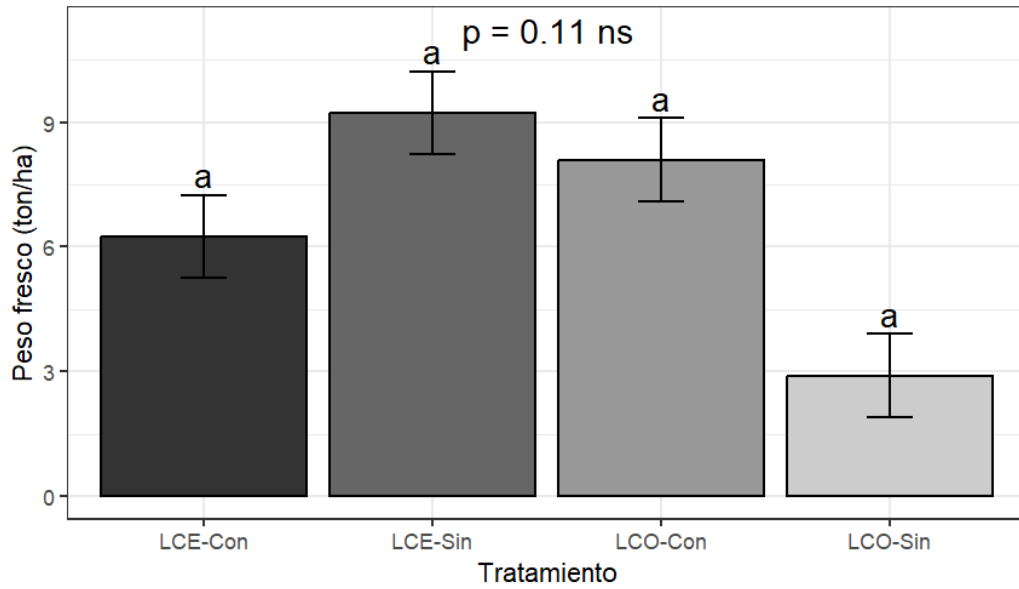
Gráfica del efecto de cobertura sobre la población de *Sclerocarpus phyllocephalus*, a los 60 DDS.



Anexo I

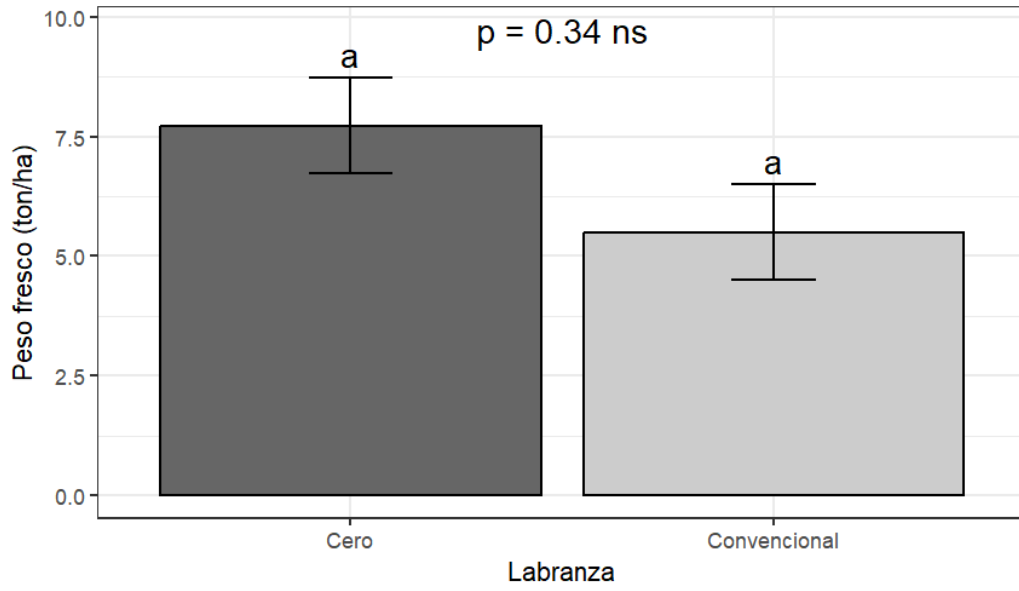
Gráfica del efecto de Labranza x cobertura sobre la biomasa de malezas, peso fresco (ton/ha), a los 60

DDS.



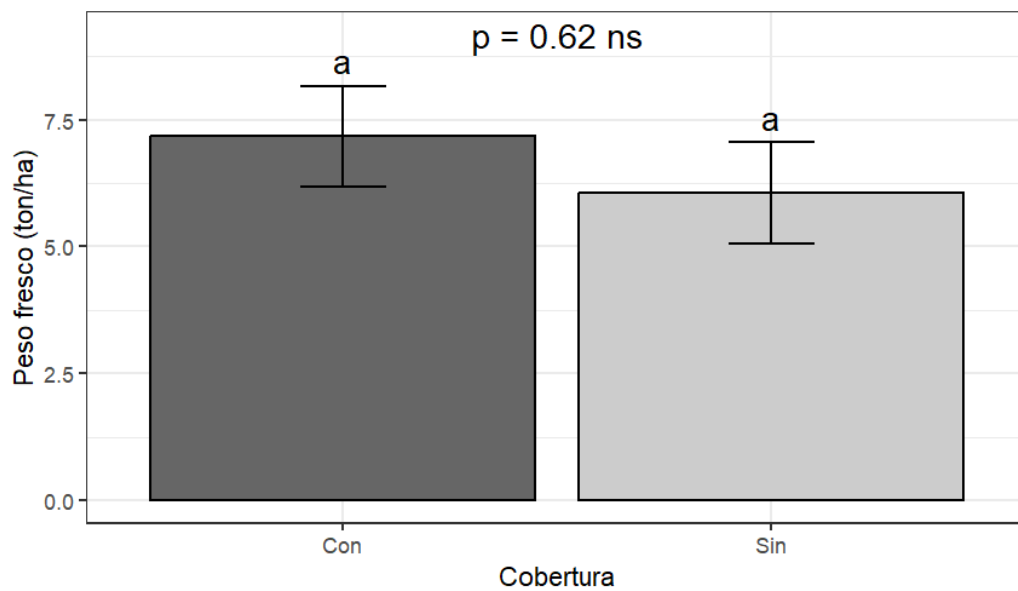
Anexo J

Gráfico del efecto de Labranza sobre la biomasa de malezas, peso fresco (ton/ha), a los 60 DDS.



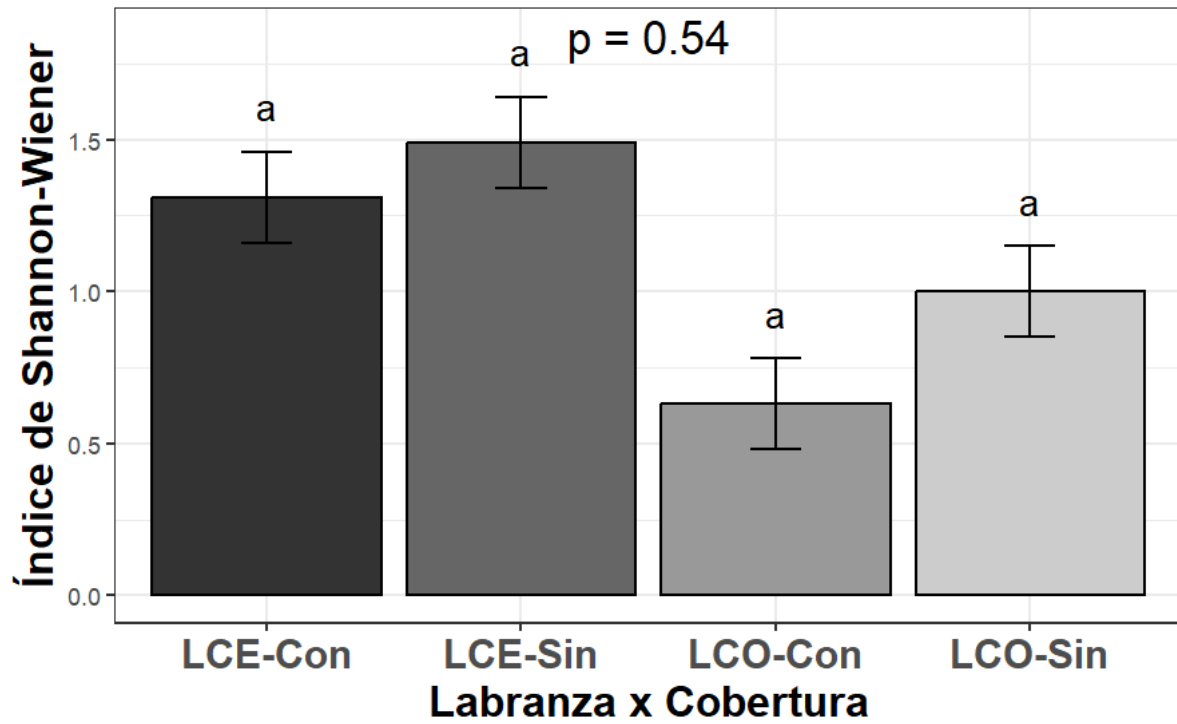
Anexo K

Gráfico del efecto de la cobertura sobre la biomasa de malezas, peso fresco (ton/ha), a los 60 DDS.



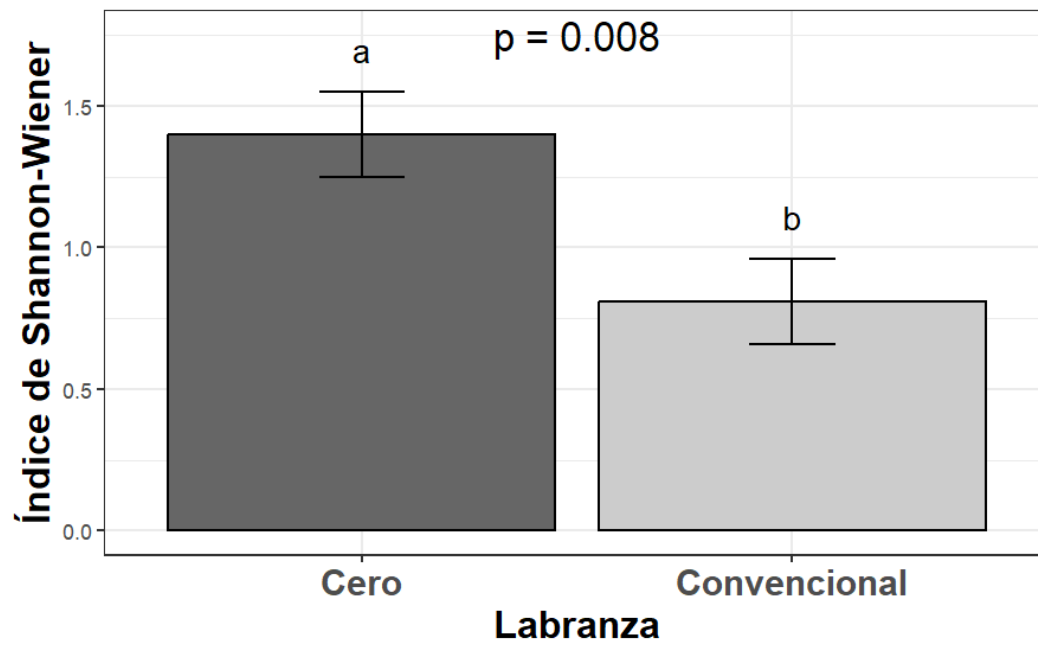
Anexo L

Gráfico del efecto del sistema de labranza x cobertura sobre la diversidad de malezas, expresado por el índice de Shannon-Wiener.



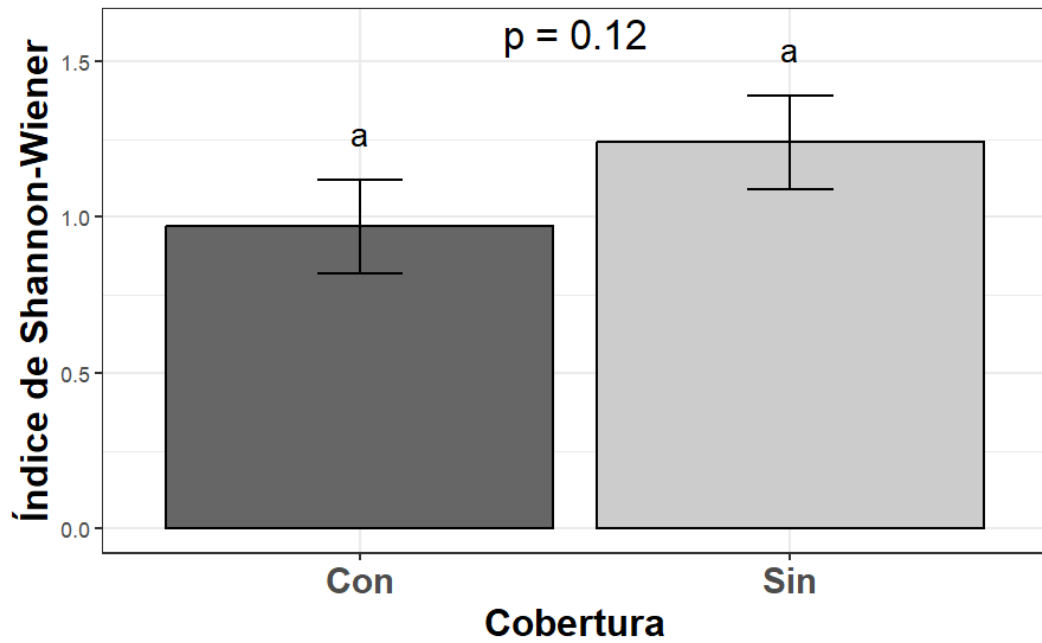
Anexo M

Gráfico del efecto del sistema de labranza sobre la diversidad de malezas, expresado por el índice de Shannon-Wiener.



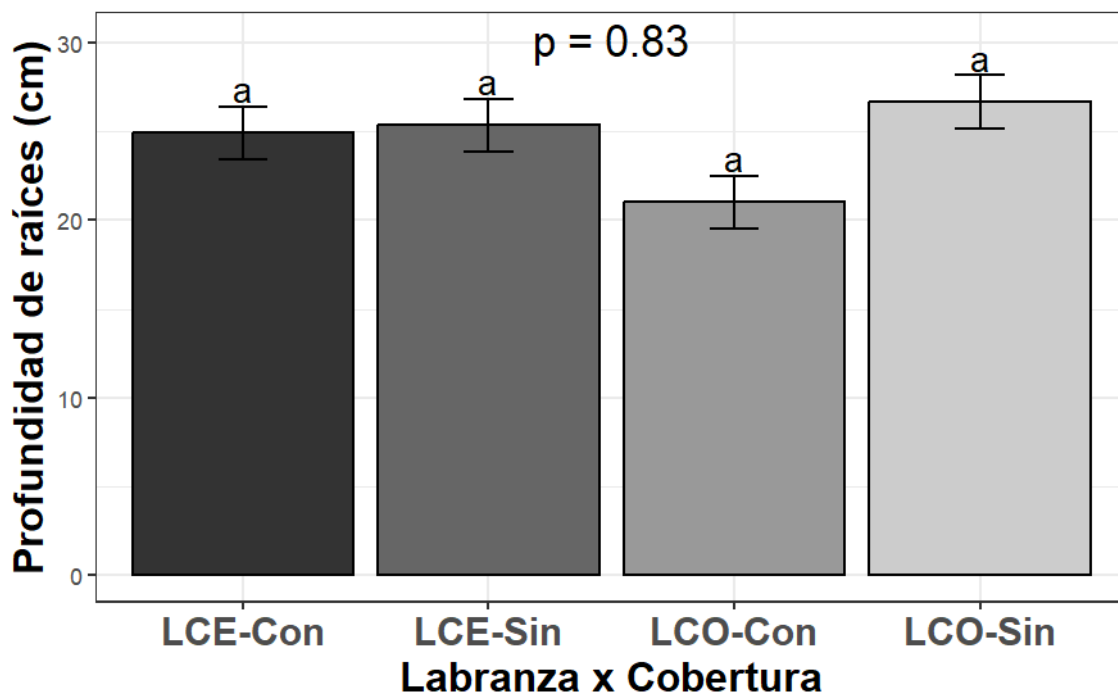
Anexo N

Gráfico del efecto del sistema de cobertura sobre la diversidad de malezas, expresado por el índice de Shannon-Wiener.



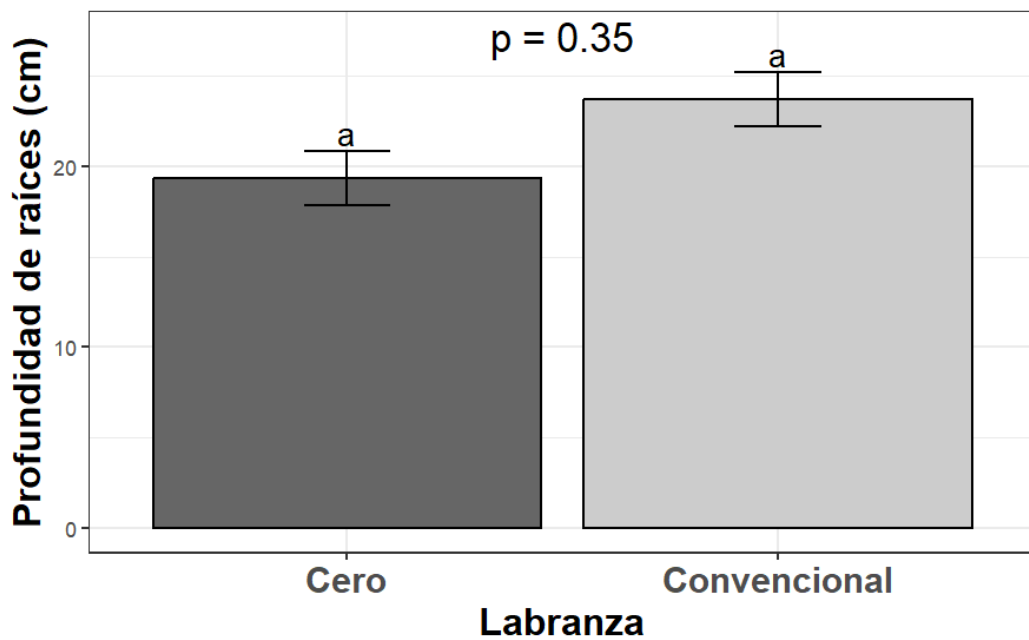
Anexo O

Gráfico del efecto del sistema de labranza x cobertura sobre la profundidad de raíces de maíz.



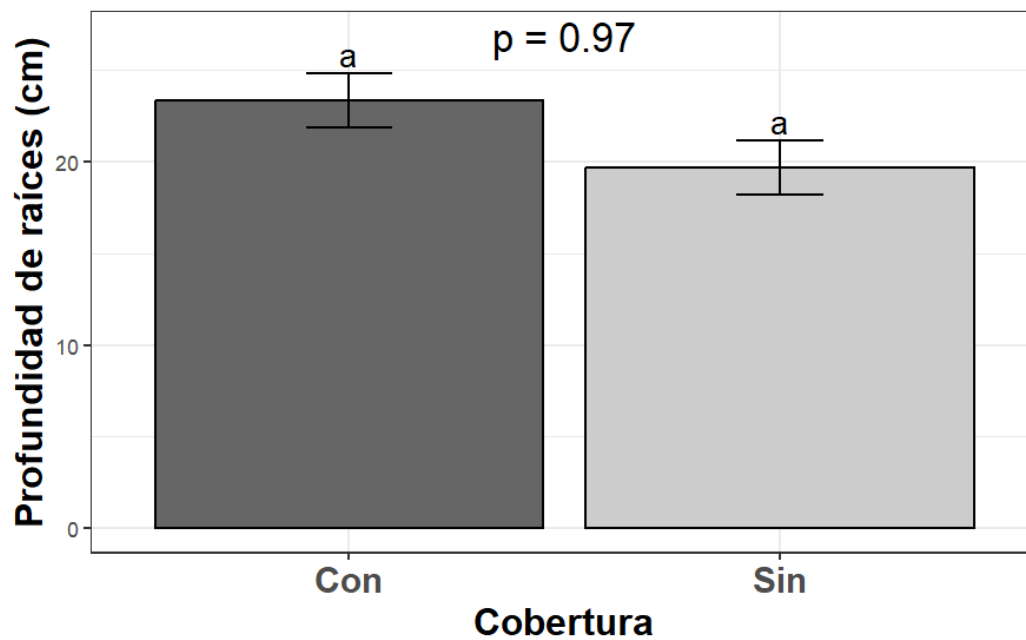
Anexo P

Gráfico del efecto del sistema de labranza sobre la profundidad de raíces de maíz.



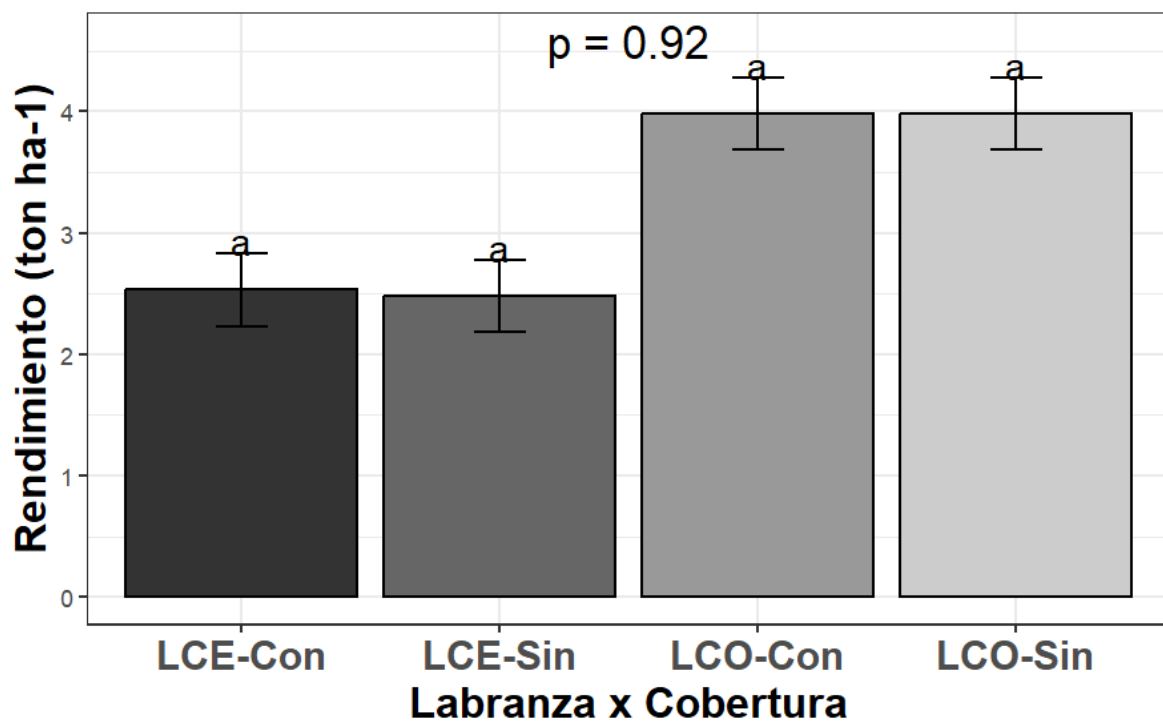
Anexo Q

Gráfico del efecto del sistema de cobertura sobre la profundidad de raíces de maíz.



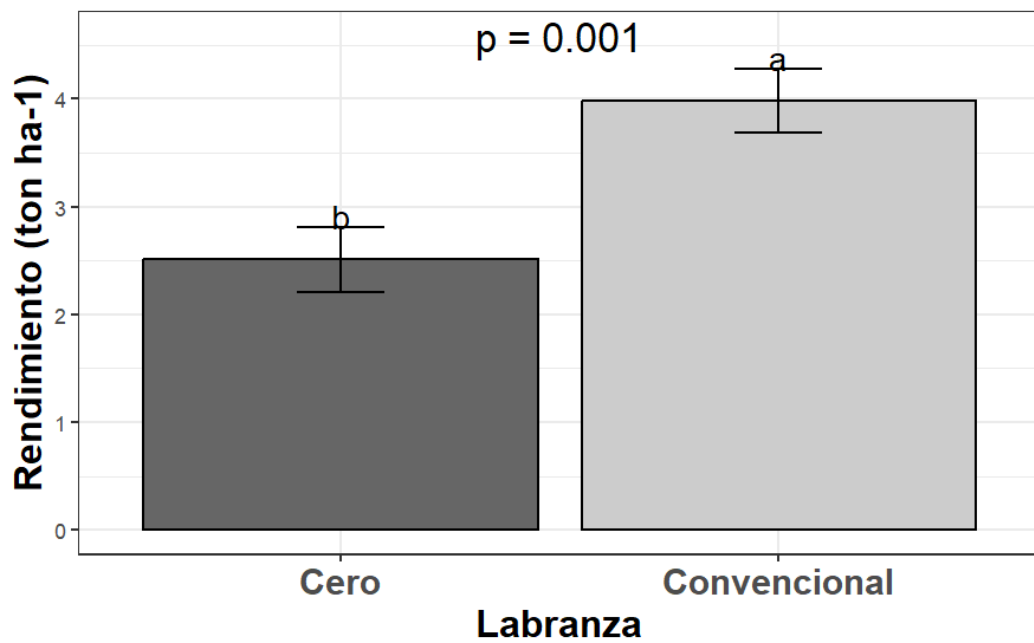
Anexo R

Gráfico del efecto del sistema de labranza x cobertura sobre el rendimiento (ton/ha), de maíz.



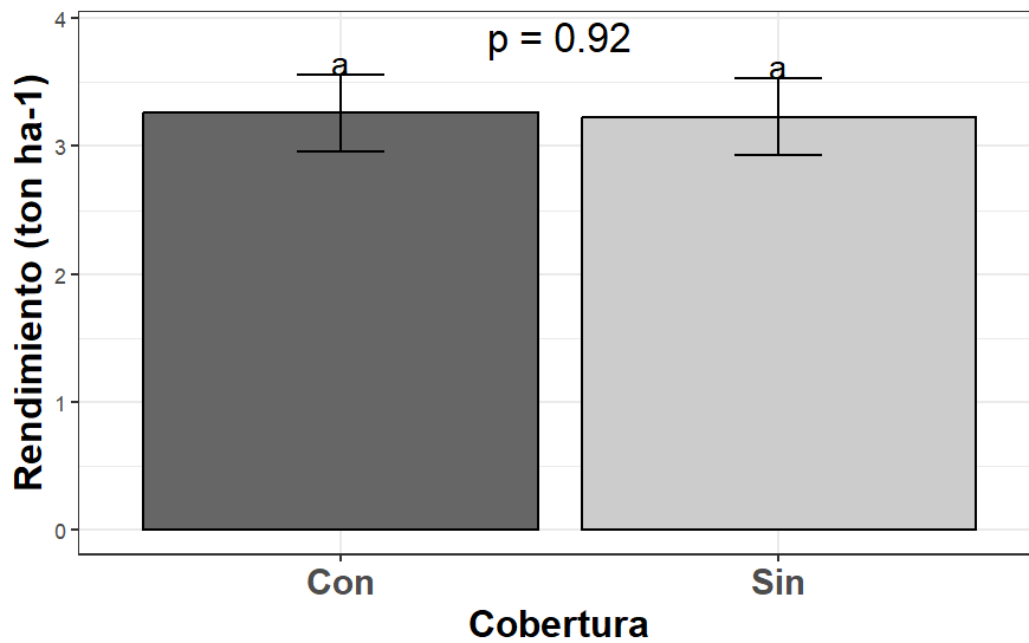
Anexo S

Gráfico del efecto del sistema de labranza sobre el rendimiento (ton/ha), de maíz.



Anexo T

Gráfico del efecto del sistema de cobertura sobre el rendimiento (ton/ha), de maíz.



Anexo V

Análisis de suelo a los 90 días después de la siembra para determinar el efecto de dos sistemas de labranza y *Mucuna pruriens* sobre el manejo de **malezas**,



ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA LABORATORIO DE SUELOS ZAMORANO			
LSZ-MC-F31 INFORME DE RESULTADOS	ANÁLISIS DE SUELOS	Versión	3

Sistema de Gestión de Calidad ISO/IEC 17025

Solicitante	Fecha Ingreso Muestra	Fecha Envío Informe	Procedencia de la muestra	Página	
Tesis Ariel	2024-12-11	2025-05-02	EAP Zamorano	1 de 2	
Dirección del cliente	Nº Lote de Análisis	Cultivo	Informe Nº	Anexo Recomendación	
EAP Zamorano	2025-01	-	2025-03	Sí:	No: x

	Alto
	Medio
	Bajo

Código Interno Lab.	Identificación de la muestra	pH* (H ₂ O)	%			Complejo de cambio (cmol _c kg ⁻¹)						Saturación de bases (%)				Relaciones iónicas				mg.kg ⁻¹
			C.O.*	M.O.	N _{total}	Ca	Mg	K	Na	Ai (Al ³⁺ +H ⁺)	CICE	Ca	Mg	K	Na	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	Ca+Mg/K	
25-S-0091	LCE-CON-1	5.95	1.28	2.21	0.11	9.29	1.34	1.60	0.06	0.1	12.38	75.02	10.79	12.93	0.46	7.0	0.8	5.8	6.6	27
25-S-0092	LCE-CON-2	6.16	1.52	2.63	0.13	10.67	1.52	2.05	0.09	ND	14.33	74.49	10.61	14.29	0.61	7.0	0.7	5.2	6.0	33
25-S-0093	LCE-CON-3	6.24	1.58	2.72	0.14	11.67	1.45	1.81	0.04	ND	14.97	77.96	9.67	12.10	0.27	8.1	0.8	6.4	7.2	41
25-S-0094	LC1-SIN-2	6.03	1.35	2.33	0.12	9.60	1.43	1.62	0.25	ND	12.90	74.43	11.12	12.52	1.94	6.7	0.9	5.9	6.8	19
25-S-0095	LC1-SIN-3	6.23	1.23	2.11	0.11	9.72	1.40	1.53	0.05	ND	12.68	76.60	11.00	12.04	0.36	7.0	0.9	6.4	7.3	19
25-S-0096	LC1-SIN-1	6.04	0.84	1.45	0.07	9.39	1.41	1.53	0.03	ND	12.36	75.96	11.40	12.36	0.28	6.7	0.9	6.1	7.1	19
25-S-0097	LCO-SIN- 1	6.01	0.58	1.00	0.05	8.94	1.28	1.52	0.02	ND	11.76	76.04	10.88	12.93	0.15	7.0	0.8	5.9	6.7	14
25-S-0098	LCO-SIN- 2	6.29	1.29	2.22	0.11	10.62	1.21	1.61	0.01	ND	13.45	78.99	8.98	11.97	0.05	8.8	0.8	6.6	7.3	30
25-S-0099	LCO-SIN- 3	6.40	1.23	2.13	0.11	11.30	1.32	1.74	0.02	ND	14.39	78.52	9.19	12.12	0.16	8.5	0.8	6.5	7.2	44
25-S-0100	LCO-COM-1	5.84	1.08	1.87	0.09	8.60	1.23	1.48	ND	0.1	11.41	75.37	10.77	12.98	ND	7.0	0.8	5.8	6.6	19
25-S-0101	LCO-COM-2	5.81	1.10	1.90	0.10	8.54	1.17	1.47	0.04	0.1	11.33	75.38	10.37	13.01	0.36	7.3	0.8	5.8	6.6	16
25-S-0102	LCO-COM-3	5.71	0.95	1.64	0.08	8.23	1.12	1.28	ND	0.1	10.73	76.68	10.48	11.91	ND	7.3	0.9	6.4	7.3	20

ND: NO DETECTADO

Rango Medio	1.2 2.3	2 4	0.1 0.2	5.0 12.5	1.48 2.06	0.38 0.72	< 1	< 1	10 20	55 70	15 20	3 5	< 5	3 6	8 10	15 30	20 40	13 30
-------------	------------	--------	------------	-------------	--------------	--------------	-----	-----	----------	----------	----------	--------	-----	--------	---------	----------	----------	----------

Métodos: K, Ca, Mg, Na: Solución extractora Mehlich 3, determinados por espectrofotometría de absorción atómica. P: Solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría. % Carbono Orgánico: Metodo de Walkley & Black para suelos minerales no salinos. % N total: 5% de M.O. pH: 1:1 en agua: AOAC 994.16 rango de 4,00-10,00. Ai (Acidez intercambiable): estimación a partir del pH.

*Ensayo Acreditado: Consultar alcance de acreditación en

<https://sde.gob.hn/oha/>

