

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ambiente y Desarrollo
Ingeniería en Ambiente y Desarrollo



Proyecto Especial de Graduación

**Efecto de sistemas de labranza y profundidad en el suelo en la
acumulación de carbono orgánico (COS) y propiedades físicas del suelo,
Zamorano, Honduras**

Estudiante

Guadalupe Andrea González Delgado

Asesores

Gloria E. Arévalo, Dra.

Carlos A. Gauggel, Ph.D.

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER

Vicepresidenta y Decana Académica

ERIKA TENORIO MONCADA

Directora Departamento de Ambiente y Desarrollo

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Figuras	5
Índice de Anexos.....	6
Resumen	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Metodología.....	14
Ubicación del Estudio.....	14
Diseño Experimental	15
Área de Estudio.....	15
Metodología de Campo	17
Análisis de Laboratorio	19
Análisis Estadístico	21
Resultados y Discusión.....	23
Contenido de Carbono Orgánico del Suelo.....	23
Carbono Orgánico del Suelo y Propiedades Físicas del Suelo.....	24
Carbono Orgánico del suelo y Texturas	31
Conclusiones	34
Recomendaciones.....	35
Referencias.....	36
Anexo	41

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Tipos de sistemas de labranzas en los lotes estudiados	16
Cuadro 2 Criterios para la asignación de clases de estabilidad de agregados del suelo	20
Cuadro 3 Contenido acumulado de carbono orgánico del suelo (COS) en lotes con diferentes sistemas de labranza a dos profundidades en el suelo, EAP Zamorano, Honduras	23
Cuadro 4 Carbono Orgánico del Suelo (COS) (t/ha) acumulado en los 40 cm de profundidad en suelos con diferentes sistemas de labranza, EAP Zamorano, Honduras.....	24
Cuadro 5 Significancia del efecto de los tipos de sistema de labranza a dos profundidades, sobre el contenido acumulado de carbono orgánico del suelo (COS), la densidad aparente (DAP), la estabilidad de los agregados (EA) y la resistencia a la penetración (RP), EAP Zamorano, Honduras	25
Cuadro 6 Efecto de los sistemas de labranza sobre el contenido acumulado de carbono orgánico del suelo (COS), EAP, Zamorano.....	26
Cuadro 7 Efecto de los tipos de sistema de labranza sobre la densidad aparente (DAP), la estabilidad de los agregados (EA) y la resistencia a la penetración (RP), EAP Zamorano, Honduras.....	27
Cuadro 8 Efecto de la profundidad en el suelo sobre el contenido acumulado de carbono orgánico del suelo (COS) y la resistencia a la penetración (RP), EAP Zamorano, Honduras.....	30

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación de las áreas de estudio para determinar el efecto de sistemas de labranza el contenido acumulado de carbono orgánico del suelo (COS) y su relación con propiedades físicas del suelo en la EAP Zamorano, Honduras	14
Figura 2 Ubicación de las calicatas en los lotes evaluados bajo diferentes sistemas de labranza a dos profundidades en el suelo, EAP, Zamorano	18
Figura 3 Efecto del tipo de sistema de labranza a dos profundidades en el suelo sobre el contenido acumulado de carbono orgánico del suelo (COS), EAP Zamorano, Honduras.....	31
Figura 4 Relación entre el contenido de arena y arcilla sobre el contenido de Carbono Orgánico del Suelo (COS) a dos profundidades. a) Relación Arena y COS de 0-20 cm, b) relación de Arcilla y COS de 0-20 cm, c) Relación Arena y COS de 20-40 cm y d) Relación Arcilla y COS de 20-40 cm	32

Índice de Anexos

Anexo A Localización de las calicatas realizadas para los muestreos en los lotes evaluados	41
Anexo B Textura del suelo en lotes muestreados a dos profundidades: 0-20 cm y 20-40 cm	42
Anexo C Descripción de calicata 1 realizada en el suelo bajo sistema sin labranza agrícola, Lote de Colección de Mangos frente a hípico, Colección de Mangos. Zamorano, Honduras	43
Anexo D Descripción de calicata 2 realizada en el suelo bajo sistema sin labranza agrícola, Lote de Colección de Mangos frente a hípico, Colección de Mangos. Zamorano, Honduras	44
Anexo E Descripción de calicata 3 realizada en el suelo bajo sistema sin labranza agrícola, Lote de Colección de Mangos frente a hípico, Colección de Mangos. Zamorano, Honduras	45
Anexo F Descripción de calicata 1 realizada en el suelo bajo sistema sin labranza pecuario, Los Mingos. Zamorano, Honduras.....	46
Anexo G Descripción de calicata 2 realizada en el suelo bajo sistema sin labranza pecuario, Los Mingos. Zamorano, Honduras.....	47
Anexo H Descripción de calicata 3 realizada en el suelo bajo sistema sin labranza pecuario, Los Mingos. Zamorano, Honduras.....	48
Anexo I Descripción de calicata 1 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de subsoleo hace 12 años, Lote Zorrales 6, Zorrales. Zamorano, Honduras	49
Anexo J Descripción de calicata 2 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de subsoleo hace 12 años, Lote Zorrales 6, Zorrales. Zamorano, Honduras	50
Anexo K Descripción de calicata 3 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de subsoleo hace 12 años, Lote Zorrales 6, Zorrales. Zamorano, Honduras	51
Anexo L Descripción de calicata 1 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de arado de cincel y pase de rastra pesada con subsoleo realizado en el 2016, Lote Caoba, Pivote Central. Zamorano, Honduras.....	52

Anexo M Descripción de calicata 2 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de arado de cincel y pase de rastra pesada con subsoleo realizado en el 2016, Lote Caoba, Pivote Central. Zamorano, Honduras.....	53
Anexo N Descripción de calicata 3 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de arado de cincel y pase de rastra pesada con subsoleo realizado en el 2016, Lote Caoba, Pivote Central. Zamorano, Honduras.....	54
Anexo O Descripción de calicata 1 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel sin subsoleo, Lote Laguna, Pivote Central. Zamorano, Honduras	55
Anexo P Descripción de calicata 2 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel sin subsoleo, Lote Laguna, Pivote Central. Zamorano, Honduras	56
Anexo Q Descripción de calicata 3 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel sin subsoleo, Lote Laguna, Pivote Central. Zamorano, Honduras	57
Anexo R Descripción de calicata 1 en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel con subsoleo realizado en el 2016, Lote Portón, Pivote Central. Zamorano, Honduras	58
Anexo S Descripción de calicata 2 en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel con subsoleo realizado en el 2016, Lote Portón, Pivote Central. Zamorano, Honduras	59
Anexo T Descripción de calicata 3 en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel con subsoleo realizado en el 2016, Lote Portón, Pivote Central. Zamorano, Honduras	60

Anexo U Descripción de calicata 1 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel con subsoleo realizado en el 2016, Lote Tobiatá, Pivote Central. Zamorano, Honduras.....	61
Anexo V Descripción de calicata 2 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel con subsoleo realizado en el 2016, Lote Tobiatá, Pivote Central. Zamorano, Honduras.....	62
Anexo W Descripción de calicata 3 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel con subsoleo realizado en el 2016, Lote Tobiatá, Pivote Central. Zamorano, Honduras.....	63
Anexo X Determinación de la estabilidad estructural a través de la prueba “slake” para la determinación del efecto de los sistemas de labranza en la estabilidad de los agregados del suelo. Zamorano, Honduras.....	64
Anexo Y Determinación de la textura mediante el método de Bouyoucos en el Laboratorio de Suelos de Zamorano de los lotes evaluados a dos profundidades. Zamorano, Honduras.....	65

Resumen

El suelo es uno de los mayores sumideros de carbono en el mundo. No obstante, las reservas de carbono presentes en el suelo conocida como carbono orgánico del suelo (COS) pueden verse alteradas por la implementación de prácticas agrícolas como la aplicación de métodos de labranza. La incorporación de COS puede tener efectos positivos o negativos de acuerdo con el sistema implementado. El objetivo fue determinar el efecto de diferentes sistemas de labranza a dos profundidades en el contenido almacenado de COS y de las propiedades físicas del suelo. Se evaluaron 5 sistemas de labranza que se implementaron seis meses y 12 años atrás y 2 controles sin labranza. Consistieron en pase de rastra fina, rastra pesada, arado de cincel y subsoleo. Se evaluaron densidad aparente, resistencia a la penetración, estabilidad de los agregados, textura y COS a dos profundidades: 0-20 cm y 20-40 cm. En suelos sin labranza se presentaron los contenidos más altos de COS (> 100 t/ha), siendo estadísticamente diferentes a los demás sistemas de labranza los cuales tuvieron la misma cantidad de COS almacenado entre rangos de 18 a 25 t/ha. Se encontró la mayor acumulación de COS en los primeros 20 cm del suelo. Los suelos con labranza presentaron la mayor resistencia a la penetración y la menor estabilidad de los agregados. No existe una correlación entre la textura y el COS ($P > 0.05$). Esto sugiere que la intervención con labranza puede disminuir las cantidades de COS significativamente y su contenido no es influenciado por la textura del suelo.

Palabras claves: Calidad del suelo, carbono orgánico del suelo, labranza, profundidad.

Abstract

The soil is one of the largest carbon sinks in the world. However, the carbon stocks present in the soil as soil organic carbon (SOC) may be disrupted using different agricultural practices such as tillage systems. The incorporation of SOC can present positive or negative effects according to the implementation of a tillage system. The main objective of this research was to determine the effect of different tillage systems at two depths on the stored of SOC and physical properties of the soil. Five tillage systems which were implemented six months and 12 years before and two no tillage soils were evaluated for the study. The tillage systems were consisted of light harrow, heavy harrow, chisel plow and subsoiling. The bulk density, penetration resistance, aggregate stability, texture, and SOC were evaluated at two depths: 0-20 and 20-40 cm. In soils without tillage systems, the highest contents of SOC were presented (>100 t/ha), being statistically different from other systems which had the same amount of SOC stored between ranges of 18 to 25 SOC t/ha. The highest accumulation of SOC was found in the first 20 cm of the soil. Soils with tillage present the highest penetration resistance and the lowest aggregate stability. There is no correlation between soil texture and SOC. This suggests that tillage intervention can significantly reduce the amounts of SOC and it is not influenced by the texture of the soil.

Key words: Depth, soil quality, soil organic carbon, tillage.

Introducción

El suelo es considerado uno de los mayores sumideros de carbono en el mundo, debido a la cantidad de carbono (C) que puede almacenar (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación [FAO], 2015). Se estima que el primer metro del suelo puede almacenar aproximadamente 1,500 PgC en las reservas de carbono orgánico del suelo (COS) a nivel mundial (Lefevre et al., 2017). Por consiguiente, el suelo puede hacer frente al cambio climático al ser una fuente de captura y almacenamiento de carbono el cual puede reducir ciertos gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO_2). Además, este componente es un parámetro de gran importancia para mantener la calidad física, química y biológica de los suelos, resultando así una condición para mejorar la salud del suelo y un indicador de la calidad del suelo (Lal, 2014).

El carbono presente en el suelo se encuentra compuesto por carbono inorgánico y carbono orgánico. Este último es un componente de la materia orgánica del suelo (MOS), siendo esta la fracción orgánica de este recurso. La MOS se encuentra constituida aproximadamente por 58% de carbono orgánico, siendo el componente con mayor presencia en la MOS (Rutherford et al., 1992). Además, es una mezcla heterogénea que incluye carbohidratos, azúcares simples, residuos orgánicos de origen vegetal entre otros. El COS es altamente reactivo, por lo cual es objeto de cambios por los diferentes usos de suelos, manejos y factores ambientales (Fantappiè et al., 2010; Lal, 2016). Por esta razón, es un componente de importancia en el ciclo global del carbono.

Tener una cantidad moderada de COS beneficia la estructura del suelo y tiene una influencia positiva en la estabilidad de los agregados (Chellappa et al., 2021; Gwenzi et al., 2009). Relacionada a la estructura también se encuentran la porosidad total, la cual tiene una correlación positiva con respecto al contenido COS. Por lo tanto, al tener altos valores de COS se tiene mayor porosidad en el suelo (Fukumasu et al., 2022). En este contexto, se ha determinado que el aumento de carbono orgánico en suelos con bajo contenido de carbono es proporcional a la retención de agua en el suelo. No obstante, la retención de agua y el contenido de carbono orgánico se ven afectados por las proporciones de arena, limo y arcilla (Rawls et al., 2003). A su vez la densidad aparente de igual manera

presenta un efecto positivo, al presentarse cantidades altas de COS la densidad aparente disminuye (Ruehlmann y Körschens, 2009). Por lo tanto, la conservación e incremento de COS proporciona beneficios en los atributos físicos del suelo.

Los sistemas de labranza tienen la capacidad de alterar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Se define como labranza el método de trabajar (arar) el suelo que será utilizado posteriormente para siembra de cultivos (Singh y Ray, 2013). De igual manera, en conjunto a otras prácticas de manejo el uso excesivo de labranza conlleva a un incremento en los niveles de CO₂. Así, la mineralización de carbono orgánico llega a ser mayor en el uso de labranza convencional en comparación a labranza cero (Balesdent et al., 1990). Además, el uso constante de labranza implica una reducción de alrededor del 20-50% de pérdida en el sumidero de carbono (Ogle et al., 2005). Por consiguiente, el cambio en los tipos de manejos que se implementan en el suelo pueden conducir a un cambio en el contenido de COS que se encuentra presente en el recurso edáfico (Gregory et al., 2016).

Existen diferentes sistemas de labranza, los cuales difieren en cuanto su impacto en el suelo. En la labranza cero el suelo se deja intacto desde la cosecha hasta la próxima siembra, alcanzando un secuestro de carbono de 0.14 a 0.57 t C ha⁻¹ año⁻¹ (West y Post, 2002). El término de labranza mínima o reducida hace referencia a la perturbación mínima en el suelo. La implementación de labranza mínima puede aumentar el COS aproximadamente 25% en la capa superficial (10-20 cm) (Krauss et al., 2020; Xue et al., 2015). Lo opuesto ocurre en los sistemas de labranza convencional, donde el suelo está sometido a altas intensidades de dicha práctica. Por lo que la calidad del recurso edáfico es objeto de divergencia en cuanto propiedades como la estructura y la materia orgánica (Aziz et al., 2013). De acuerdo con diversos factores como la intensidad de labranza, los niveles de entradas de biomasa son así como los suelos pueden ser fuentes o sumideros de carbono.

El suelo es capaz de almacenar carbono, lo que se refiere al incremento en el contenido de COS en el tiempo. No obstante, el proceso de almacenamiento está ligado al secuestro de carbono, el cual hace referencia a la captura de CO₂ atmosférico a través de las plantas o de residuos orgánicos

(Lal, 2004; Lal et al., 2015). La interacción entre los dos procesos es posible a través de tres procesos: 1) la captura del CO₂ atmosférico a la planta por el proceso de fotosíntesis; 2) transferencia del carbono presente en el CO₂ a la biomasa y 3) transferencia del carbono de la planta al suelo, que posteriormente es almacenado en su forma lábil (FAO, 2017).

El sector agrícola tiene la capacidad de impactar directamente el ciclo de carbono global a gran escala. Es por ello el interés de conocer el efecto de las prácticas empleadas para la producción agropecuaria de los suelos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano con respecto al almacenamiento de carbono orgánico del suelo (COS). Además, el aumento del COS brinda resultados positivos al suelo, tales como la mejora en la estructura, aireación, drenaje y retención de agua (Corning et al., 2016).

Los resultados obtenidos brindarán información detallada del efecto de los sistemas de labranza implementados en la institución con respecto al contenido de carbono orgánico del suelo (COS) y propiedades físicas del medio edáfico con respecto a dos profundidades. Los objetivos específicos del estudio fueron:

Estimar el contenido de COS almacenado en suelos con diferentes sistemas de labranza en dos profundidades en el suelo.

Determinar el efecto de sistemas de labranza y la profundidad en la cantidad de COS almacenado y las propiedades físicas del suelo.

Evaluar la relación de la textura del suelo con el contenido de COS en suelos con diferentes sistemas de labranza.

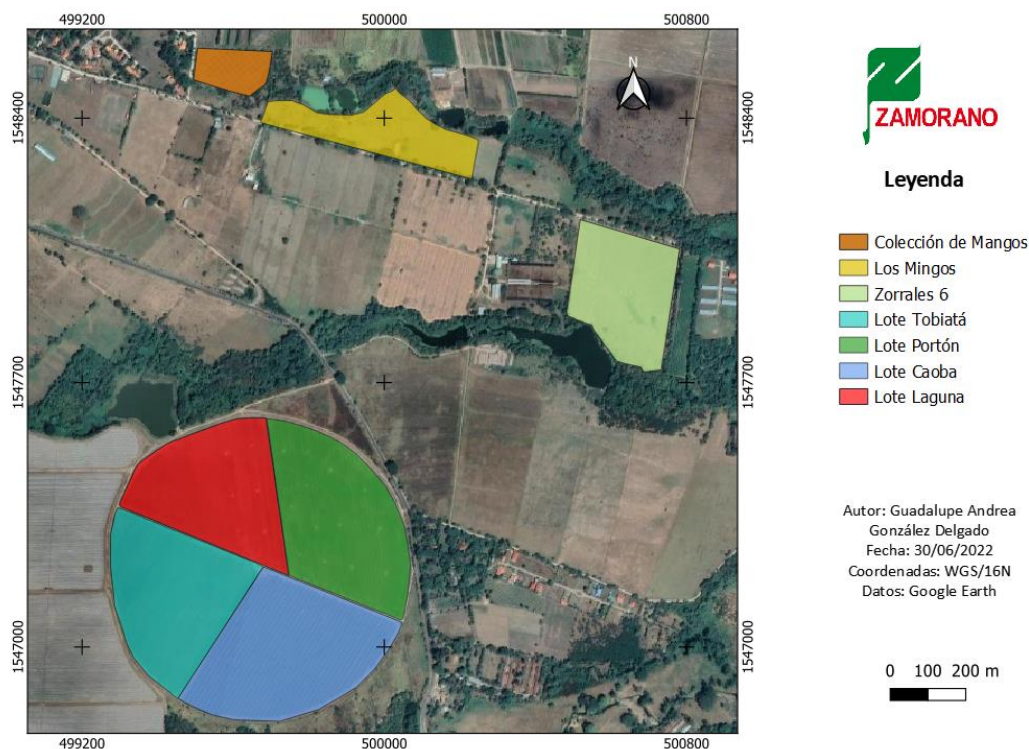
Metodología

Ubicación del Estudio

El estudio de campo se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. La cual se encuentra ubicada en el departamento de Francisco Morazán, Valle del Yeguaré a 30 km de Tegucigalpa, Honduras. El sitio de estudio cuenta con una precipitación anual promedio de 1,200 mm y se ubica a 800 msnm, además, su temperatura promedio anual es de 24°C (Contreras Gamero, 2016). El estudio se realizó de febrero hasta junio del 2022. Se tomaron en consideración lotes ubicados en las fincas: Los Mingos, Zorrales 6 (antes conocido como Zorrales 7), San Nicolás Pivote central y la Colección de Mango de Zamorano (Figura 1).

Figura 1

Ubicación de las áreas de estudio para determinar el efecto de sistemas de labranza el contenido acumulado de carbono orgánico del suelo (COS) y su relación con propiedades físicas del suelo en la EAP Zamorano, Honduras



Diseño Experimental

El diseño experimental implementado en este estudio fue un diseño de parcelas divididas con un arreglo factorial 7x2. Se evaluaron dos factores: sistema de labranza implementado en los lotes (7 niveles) y profundidad en el suelo (2 niveles). Los niveles propuestos para cada factor fueron los siguientes:

1. Sistema de labranza:

Sin labranza en lotes de producción Agrícola (Sin labranza Agrícola)

Sin labranza en lotes de producción Pecuario (Sin labranza Pecuario)

Labranza con rastra pesada, rastra liviana y arado de cincel sin subsoleo

Labranza con rastra pesada, rastra liviana y arado de cincel con subsoleo (2015)

Labranza con rastra pesada, rastra liviana y arado de cincel con subsoleo (2016)

Labranza con arado de cincel y un pase de rastra pesada con subsoleo (2016)

Subsoleo (2010)

2. Profundidad:

0-20 cm

20-40 cm

Se realizaron tres repeticiones por cada lote, teniendo un total de 21 unidades muestrales, siendo cada calicata una repetición. Fue un estudio observacional de tipo transversal donde se evaluaron variables cuantitativas. El muestreo se realizó en lotes disponibles donde se habían implementado diferentes tipos de labranza para su manejo y adecuación. Las profundidades mencionadas serán las profundidades de muestreo en el presente estudio, siendo estas de 0-20 cm y 20-40 cm.

Área de Estudio

Para la escogencia de los lotes (área de estudio) se realizó una revisión de literatura para conocer aquellos lotes que han pasado por un proceso de labranza en años posteriores (Barzola et al., 2015; Elvir Coello, 2016; Guerra y Mendieta, 2011). De esta manera las muestras de suelo fueron

extraídas de lotes destinados a la producción agropecuaria a los cuales se les realiza un proceso de labranza profunda con subsoleo y/u otro tipo de labranza de acuerdo con el cultivo establecido y su área (Cuadro 1). Los métodos de labranza descritos fueron los tipos de labranza implementados recientemente en los suelos antes de llevar a cabo el muestreo.

Cuadro 1

Tipos de sistemas de labranzas en los lotes estudiados

Sistema de labranza	Abreviatura	Lote	Cultivo	Área (ha)
Sin labranza agrícola	SLA	Colección de mango	Mango	4.1
Sin labranza pecuario	SLP	Los Mingos	Pastura	5.8
2 pases de subsoleo (12 años)	LS	Zorrales 6	Pastura	8.5
1 pase de rastra pesada + 1 pase de arado de cincel + 1 pase de rastra liviana y subsoleo (7 años) [¥]	LRC1	Tobiatá	Granos básicos	11.2
1 pase de rastra + 1 pase de cincel + 1 pase de rastra liviana y subsoleo (6 años) [¥]	LRC2	Portón	Granos básicos	10.1
1 pase de rastra pesada + 1 pase de arado de cincel y subsoleo (6 años) [¥]	LRC3	Caoba	Granos básicos	13.6
1 pase de rastra + 1 pase de arado de cincel + 1 pase de rastra liviana sin subsoleo	LRC4	Laguna	Granos básicos	12.3

Nota. [¥]Cantidad de años transcurridos desde el último subsoleo implementado en el lote.

En cuanto a la frecuencia de labranza de cada lote, cabe mencionar que dicha práctica depende del tipo de cultivo existente. Debido a ello, los tiempos de mecanización se realizan cada semestre en el caso de los lotes Tobiatá, Portón, Caoba y Laguna de la finca San Nicolás Pivote, ya que estos están destinados a sembrar granos como sorgo, maíz y frijol. Con respecto al lote Zorrales 6, dedicado a la producción de pastura para ganado de leche, la última adecuación realizada fue en el 2010 donde se implementaron dos pases con subsolador profundo: el primero a 1.1 m de profundidad y el segundo a 45° del primer pase a 0.8 m de profundidad (Guerra y Mendieta, 2011). Esta acción fue realizada como una actividad de adecuación debido a la compactación que se identificó en ese momento como limitante del crecimiento y producción de la pastura. Por otra parte, se contrastaron los lotes anteriores contra áreas no mecanizadas en los que se encuentra el lote de la colección de

mangos el cual fue laboreado hace más de 50 años¹. Por último, no se tiene registro de labranza implementada en el lote de Los Mingos, dedicado a la producción de pastura para ganado de carne.

El lote de la colección de mangos cuenta con 72 árboles de mango, los cuales fueron sembrados en tres bolillos, contando con una distancia de aproximadamente 6 m entre árbol. Cabe detallar que este lote fue implementado para ser una colección demostrativa de diferentes variedades de mango, no para ser un lote destinado a producción de dicha fruta. Por otro lado, los lotes evaluados dedicados a la producción de pasturas para ganado lechero, Zorrales 6, se introduce una carga animal alrededor de 100 a 110 cabezas de ganado en el lote. En cuanto al lote dedicado a pasturas para ganado de carne, Los Mingos, este cuenta con una carga animal de 40 a 60 animales. En este lote se implementa un sistema rotacional de potreros donde el ganado permanece un día en el potrero para pastorear y luego se mueve a otro potrero teniendo así un periodo de 25 días de descanso de cada potrero utilizado.

Metodología de Campo

Caracterización del Suelo

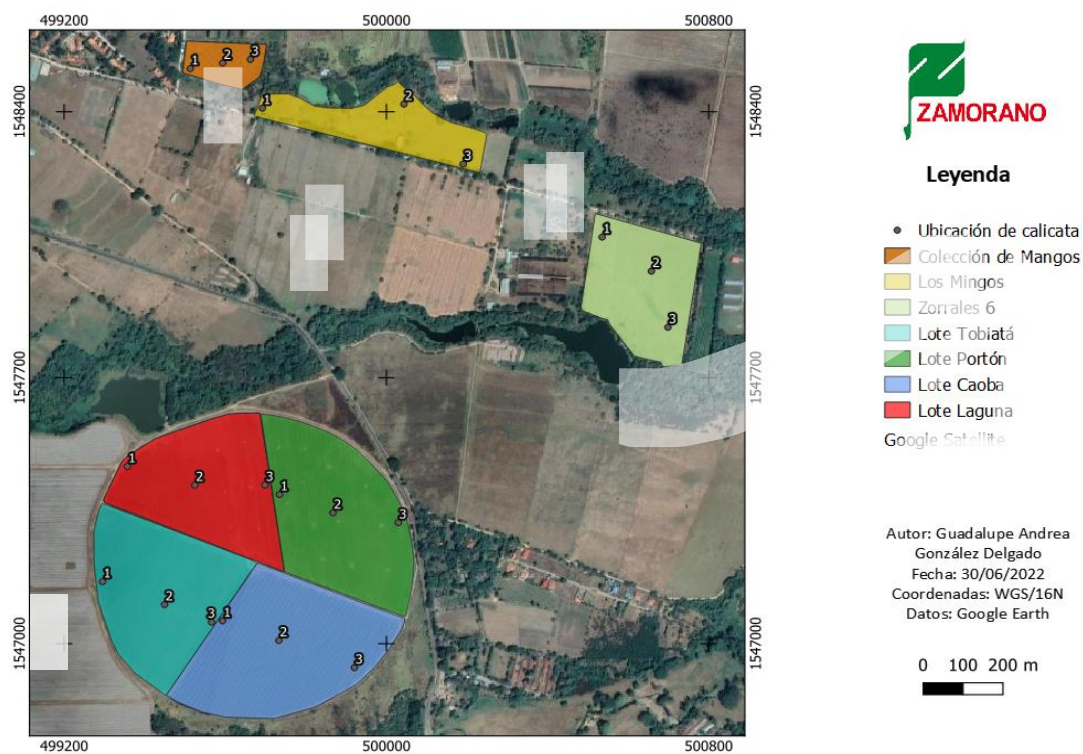
El suelo se caracterizó mediante calicatas de 1 x 1 x 0.7 m de profundidad. La ubicación del sitio para realizar las calicatas fue al azar en los lotes antes mencionados (Figura 2). Se realizó la caracterización de los horizontes y la descripción en campo de los siguientes parámetros físicos: textura, color, estructura, pedregosidad, porosidad, raíces y resistencia a la penetración. Para la descripción de los parámetros se utilizó el protocolo de la FAO para la descripción de suelos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2009). En total se realizaron 18 calicatas, los datos de 3 de las 21 calicatas muestreadas se obtuvieron

¹ Duarte O. Jefe técnico de la unidad de producción de cultivos frutales y profesor en Zamorano de 1989 al 2009. Comunicación personal, E-mail: odiloduarte@yahoo.com

de la información recaudada para otro PEG² (2022), las cuales fueron realizadas en Los Mingos. Para la selección de las tres calicatas a utilizar en este estudio se escogieron las calicatas que cumplieran con la profundidad de muestreo del estudio (0-20 cm y 20-40 cm). Siendo las calicatas 1, 7 y 10 de dicho estudio las seleccionadas para la presente investigación. Las calicatas escogidas fueron muestreadas en el mes de noviembre del 2021.

Figura 2

Ubicación de las calicatas en los lotes evaluados bajo diferentes sistemas de labranza a dos profundidades en el suelo, EAP, Zamorano



² Zelaya M y Peralta G. 2022. Establecimiento de la línea base de carbono orgánico en el suelo y estimación de la huella de carbono para un sistema de pastoreo racional en Zamorano.

Las muestras de suelo fueron obtenidas de cada calicata para que fuesen estadísticamente independientes. Se tomaron muestras de suelo a dos profundidades: 0-20 cm y 20-40 cm. Las muestras fueron colectadas al azar a la profundidad respectiva en cada calicata. Se realizaron dos submuestras indisturbadas de aproximadamente 500 g para luego mezclarlas y tomar una libra para hacer una muestra compuesta y llevarla al laboratorio de suelos donde se analizaron.

Resistencia a la Penetración

Se hizo uso de un penetrómetro de bolsillo para conocer la resistencia a la penetración en las dos profundidades evaluadas (00-20 cm y 20-40 cm). La variable se midió a los 10 cm y 30 cm en g/cm^2 .

Análisis de Laboratorio

Las muestras fueron secadas al aire por tres días en el laboratorio de suelos de Zamorano (LSZ). Una vez secadas, fueron molidas y tamizadas con un tamiz #10 de 2 mm; luego fueron colocadas en bolsas plásticas para su manipulación.

Densidad Aparente

Se determinó la densidad aparente del suelo mediante el método de la probeta. Este método consiste en pesar un volumen conocido del suelo seco de la muestra en una probeta de 50 mL (Arévalo y Gauggel, 2020). Para determinar esta se utilizaron las muestras previamente tamizadas.

Se determinó la densidad aparente por medio de la Ecuación 1:

$$DA = \frac{m}{V} \quad [1]$$

Donde:

DA: Densidad aparente (g/cm^3)

m: masa del suelo (g)

V: Volumen final de la probeta (cm^3)

Estabilidad de los Agregados

Se efectuó a través de la prueba de “slake”, que fue realizado con el equipo de estabilidad de los agregados. La prueba de “slake” consistió en seleccionar un agregado de cada muestra no disturbada que tuviese un diámetro de 6-8 mm. Cada agregado fue pesado en seco para luego ser colocado en un tamiz del equipo. Posteriormente, el kit con todas las muestras se llenó con agua hasta una altura de 2 cm. Las muestras fueron sumergidas por cinco minutos, durante los cuales fueron clasificadas de acuerdo con los criterios de clasificación, de cero a tres, donde cero significa que no tienen estabilidad hasta llegar a 3 cuando el 50% del agregado permanecía de manera visible en el tamiz. Después de los cinco minutos cada muestra fue sumergida cinco veces en intervalos de dos segundos. Seguidamente todas las muestras fueron colocadas en un horno de secado a 60°C por 24 horas para secar el agregado que permaneció en el tamiz. Una vez secadas las muestras cada una de ellas fue pesada y se realizó la diferencia de los pesos de los agregados. De esta manera se calculó la estabilidad de los agregados mediante el porcentaje en peso del fragmento original del agregado (Cuadro 2) (Herrick et al., 2001).

Cuadro 2

Criterios para la asignación de clases de estabilidad de agregados del suelo

Clase de estabilidad	Criterio de clasificación de clase de estabilidad (para estandarizar clasificación)
0	Muestra de suelo muy inestable (pasa a través del tamiz)
1	50% de la integridad estructural se pierde en 5 segundos de inmersión en agua
2	50% de la integridad estructural se pierde en 5-30 segundos de inmersión en agua
3	50% de la integridad estructural se pierde en 30-300 segundos de inmersión en agua, ó <10% del suelo permanece en el tamiz después de 5 ciclos de inmersiones
4	10-25% del suelo permanece en el tamiz después de 5 ciclos de inmersiones
5	25-75% del suelo permanece en el tamiz después de 5 ciclos de inmersiones
6	75-100% del suelo permanece en el tamiz después de 5 ciclos de inmersiones

Nota. Criterios establecidos por Herrick et al. (2001).

Textura

Se determinó la textura de las muestras colectadas en cada sitio a las profundidades de 00-20 cm y 20-40 cm. Se utilizó el método de Bouyoucos el cual consiste en medir la densidad del medio con

respecto a la cantidad de partículas en suspensión (Arévalo y Gauggel, 2020; Bouyoucos, 1927). Se obtuvieron los resultados expresados en % de arcilla, % de arena y % de limo.

Carbono Orgánico del Suelo (COS)

En el caso de la cuantificación de carbono orgánico se hizo un segundo tamizado a las muestras correspondientes con un tamiz #60 de 0.25 mm. Se determinó el contenido de carbono orgánico por el método de oxidación húmeda Walkley & Black (Walkley y Black, 1934). Este método consiste en oxidación del carbono orgánico mediante una solución de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) (FAO, 2019). Seguidamente para calcular la cantidad de carbono orgánico del suelo se utilizó la Ecuación 2, establecida por Gardi et al. (2014).

$$COS = (CO \times DA \times T) \times (1 - FG) \quad [2]$$

Donde:

COS: Carbono orgánico del suelo (t/ha)

CO: Carbono orgánico (%)

DA: Densidad Aparente (g/cm^3)

T: Espesor de la capa de muestreo (cm)

FG: Contenido de fragmentos gruesos en el suelo (% en peso seco)

Análisis Estadístico

Se determinó la estadística descriptiva de la variable de carbono orgánico del suelo, la cual se implementó Excel versión 2010 para calcular los valores mínimos, máximos y desviaciones estándar. Para corroborar la normalidad de los datos se corrió el análisis de Shapiro-Wilk. Se implementó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar diferencias entre las medias ($P \leq 0.05$). Se utilizó la prueba Duncan para determinar la separación de medias de los factores. En el caso de existir interacción entre los factores se realizó una prueba LSD Fisher para la separación de medias de las interacciones. Por último, se realizó una correlación de Pearson entre el contenido de carbono

orgánico del suelo y el contenido de arena y arcilla. El análisis inferencial de los datos se realizó mediante el lenguaje R llevado a cabo en el software RStudio versión 4.2.0.

Resultados y Discusión

Contenido de Carbono Orgánico del Suelo

De manera general se obtuvieron valores en la primera profundidad que van desde 2 t/ha hasta 128 t/ha de COS, teniendo un rango de 126 t/ha bajo diferentes sistemas de labranza en la profundidad de 00-20 cm. Conforme se va aumentado la profundidad se observa una disminución en los contenidos de COS. Los valores de 20-40 cm oscilan de 4 a 47 t/ha de COS (Cuadro 3). El valor más alto de COS reportado ocurre en el suelo bajo la colección de mangos. Esto puede atribuirse a que no ha sido intervenido por más de 50 años, además de tener la entrada constante de materia orgánica por hojarasca, microorganismos y/o actividad radicular (Naik et al., 2017).

Cuadro 3

Contenido acumulado de carbono orgánico del suelo (COS) en lotes con diferentes sistemas de labranza a dos profundidades en el suelo, EAP Zamorano, Honduras

Sistema de Labranza	Símbolo	Localidad	Profundidad del suelo (cm)	Carbono Orgánico del Suelo (COS) (t/ha)			
				Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Sin Labranza Agrícola	SLA	Colección de mangos	0-20	98	78	128	26.2
			20-40	42	38	47	4.2
Sin Labranza Pecuaria	SLP	Los Mingos	0-20	88	57	114	16.7
			20-40	29	22	44	13.0
Subsoleo Pecuaria	LS	Zorrales 6	0-20	30	24	33	5.3
			20-40	15	14	17	1.5
Rastra pesada+cincel+rastra liviana+susbsoleo 2015	LRC1	Pivote-Tobiatá	0-20	23	15	28	7.4
			20-40	14	6	22	7.8
Rastra pesada+cincel+rastra liviana+susbsoleo 2016	LRC2	Pivote-Portón	0-20	25	23	28	2.7
			20-40	11	10	12	1.1
Rastra pesada+cincel+subsoleo 2016	LRC3	Pivote-Caoba	0-20	25	2	45	21.9
			20-40	12	4	18	7.3
Rastra pesada+cincel+rastra liviana sin subsoleo	LRC4	Pivote-Laguna	0-20	24	20	26	2.8
			20-40	14	6	24	8.8

En el estudio los suelos con diferentes sistemas de la labranza presentaron contenidos entre 36 a 45 t/ha para aquellos en los que se les implementa algún tipo de labranza para su manejo. Luego están los suelos sin labranza los cuales presentaron contenidos altos mayores a 100 t/ha de COS con

un rango de profundidad de 0-40 cm (Cuadro 4). De esta manera se observa que los suelos con incorporación de sistemas de labranza presentan valores menores al 50% del contenido de carbono orgánico del suelo almacenado en suelos sin labranza. Es por ello por lo que para su conservación se implementan prácticas que disminuyan las actividades que repercutan el contenido del carbono orgánico en el suelo (Wiese et al., 2021).

Cuadro 4

Carbono Orgánico del Suelo (COS) (t/ha) acumulado en los 40 cm de profundidad en suelos con diferentes sistemas de labranza, EAP Zamorano, Honduras

Sistema de Labranza	Símbolo	Localidad	Carbono Orgánico del Suelo (COS) (t/ha)
			Total (0-40 cm)
Sin Labranza Agrícola	SLA	Colección de mangos	140
Sin Labranza Pecuario (2010)	SLP	Los Mingos	118
Subsoleo Pecuario	LS	Zorrales 6	45
Rastra pesada+cincel+rastra liviana+subsoleo (2015)	LRC1	Pivote- Tobiata	37
Rastra pesada+cincel+rastra liviana+subsoleo (2016)	LRC2	Pivote- Portón	36
Rastra pesada+cincel+subsoleo (2016)	LRC3	Pivote- Caoba	37
Rastra pesada+cincel+rastra liviana sin subsoleo	LRC4	Pivote- Laguna	38

Carbono Orgánico del Suelo y Propiedades Físicas del Suelo

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) para las variables carbono orgánico del suelo, densidad aparente, estabilidad de los agregados y resistencia a la penetración (Cuadro 5). La primera variable demostró diferencias en cuanto al sistema de labranza (Cuadro 6), profundidad en el suelo (Cuadro 8) y la interacción del sistema con la profundidad (Figura 3). Por otro lado, la densidad aparente, la estabilidad de los agregados y la resistencia a la penetración presentaron diferencias significativas en cuanto al sistema de labranza que se implementa (Cuadro 7). La variable resistencia

a la penetración también presentó diferencia significativa de acuerdo con la profundidad en el suelo (Cuadro 8). No se presentaron diferencias estadísticamente significativas en las variables densidad aparente y estabilidad de los agregados en las dos profundidades en el suelo evaluadas.

Cuadro 5

Significancia del efecto de los tipos de sistema de labranza a dos profundidades, sobre el contenido acumulado de carbono orgánico del suelo (COS), la densidad aparente (DAP), la estabilidad de los agregados (EA) y la resistencia a la penetración (RP), EAP Zamorano, Honduras

Factores	COS	DAP	EA	RP
Sistema de Labranza	***	***	**	**
Profundidad	***	NS	NS	*
Sistema de Labranza × Profundidad	**	NS	NS	NS

Nota. *** Altamente significativo (P<0.0001), ** Muy significativo (P<0.001), * Significativo (P<0.05), NS No Significativo (P>0.05).

El mayor contenido de carbono orgánico del suelo (COS) almacenado se encontró en el sistema sin labranza agrícola (70 t/ha), estadísticamente igual al sistema sin labranza pecuario (Cuadro 6). Los menores contenidos de COS se observaron en el resto de los sistemas de labranza siendo estadísticamente iguales entre ellos, con contenidos entre 18 a 23 t/ha. Los resultados obtenidos se asemejan a los de Szostek et al. (2022) que presentaron mayor contenido de COS almacenado en suelos sin labranza, alcanzando un contenido mayor al 30% que en suelos con labranza convencional. En los sistemas donde no se incorpora labranza los residuos permanecen en la superficie del suelo y tienden a tener una descomposición más lenta de los residuos. Es por ello por lo que en estos tipos de sistemas se tiende a tener una mayor acumulación de COS en las capas superiores del suelo (Álvaro-Fuentes et al., 2008).

Cuadro 6

Efecto de los sistemas de labranza sobre el contenido acumulado de carbono orgánico del suelo

(COS), EAP, Zamorano

Sistema de Labranza	Abreviatura	Localidad	COS (t/Ha)
Sin Labranza Agrícola	SLA	Colección de mangos	70 a ^α
Sin Labranza Pecuario	SLP	Los Mingos	58 a
Subsoleo Pecuario (2010)	LS	Zorrales 6	23 b
Rastra pesada+arado de cincel+rastra liviana+susbsoleo (2015)	LRC1	Pivote- Tobiata	19 b
Rastra pesada+arado de cincel+rastra liviana+susbsoleo (2016)	LRC2	Pivote- Portón	18 b
Rastra pesada+arado de cincel+subsoleo (2016)	LRC3	Pivote- Caoba	18 b
Rastra pesada+arado de cincel+rastra liviana sin subsoleo	LRC4	Pivote- Laguna	19 b
R ²			85.40
CV (%)			41.37
p-valor			<0.0001***

Nota. ^αValores con letras diferentes en la misma columna representa una diferencia significativa (P ≤0.05); CV: coeficiente de variación.

El suelo sin labranza dedicado al pastoreo (SLP) mostró el valor más alto de densidad aparente con 1.31 g/cm³, mientras los suelos con menor densidad aparente fueron aquellos sin labranza en el lote agrícola (SLA) y con subsoleo realizado hace 12 años en un lote pecuario solo implementado subsoleo (LS) (Cuadro 7). Los resultados obtenidos para esta variable son similares a los obtenidos por Camacho et al. (2015), quienes reportan una diferencia significativa (P≤0.05), siendo la densidad aparente menor en el tratamiento que se aplicó subsoleo en suelos con pastura que en el testigo, suelos con pastura sin intervención de algún tipo de labranza a los 40 días. De igual manera, Drewry et al. (2000) obtuvieron como resultado que el tratamiento con subsoleo en el primer año de haberse realizado obtuvo una densidad aparente menor con respecto al control, no implementando subsoleo. Sin embargo, en el tratamiento de subsoleo convencional a los 19 meses después no se reportan diferencias en cuanto a los tratamientos de tipos de subsoleo y el control en los primeros 18 cm con respecto a la densidad aparente registrada.

Cuadro 7

Efecto de los tipos de sistema de labranza sobre la densidad aparente (DAP), la estabilidad de los agregados (EA) y la resistencia a la penetración (RP), EAP Zamorano, Honduras

Sistema de Labranza	Abreviatura	Localidad	DAP (g/cm ³)	EA	RP (kg/cm ²)
Sin Labranza Agrícola	SLA	Colección de mangos	1.09 a ^α	5.16 abc	2.75 a
Sin Labranza Pecuario	SLP	Los Mingos	1.31 d	6.00 a	3.78 b
Subsoleo Pecuario (2010)	LS	Zorrales 6	1.04 a	5.50 ab	4.08 b
Rastra pesada+cincel+rastra liviana+subssoleo (2015)	LRC1	Pivote-Tobiatá	1.26 bd	4.66 bc	3.71 b
Rastra pesada+cincel+rastra liviana+subssoleo (2016)	LRC2	Pivote-Portón	1.24 bcd	4.50 c	3.90 b
Rastra pesada+cincel+subssoleo (2016)	LRC3	Pivote-Caoba	1.13 ac	4.50 c	3.79 b
Rastra pesada+cincel+rastra liviana sin subssoleo	LRC4	Pivote-Laguna	1.17 abc	4.33 c	3.54 b
R ²			57.66	58.70	56.68
CV (%)			8.29	14.27	12.92
p-valor			0.0003**	0.002**	0.001**

Nota. ^αValores con letras diferentes en la misma columna representa una diferencia significativa (P ≤ 0.05). *** Altamente

significativo (P < 0.0001), ** Muy significativo (P < 0.001), * Significativo (P < 0.05), NS No Significativo (P > 0.05).

En el estudio de Raper et al. (2005) al evaluar la implementación de subssoleo anual, bianual y trianual con respecto a un control sin subssoleo se observa la reducción de la densidad aparente en el subssoleo anual en comparación al resto de los tratamientos. Barzola et al. (2015) evaluaron el efecto del subssoleo en el tiempo del lote Zorrales 6, encontrando que a los 5 años había aumentado la densidad aparente. Es así como el subssoleo implementado en el lote con la menor densidad (Zorrales 6) pueda que ya se encuentre sin el efecto del subssoleo realizado en el 2010. No obstante, también se puede deber a la compactación superficial por pisoteo sucesivo de ganado, ya que este lote está destinado a la producción de pasturas y pastoreo del ganado de leche en Zamorano.

Por lo tanto, una densidad aparente baja en ese lote se le puede atribuir también a la textura del suelo, el cual presenta una textura franca y franca-arcillosa en comparación con la textura franco-

arenosa encontrada en el lote con la mayor densidad aparente (Los Mingos). De acuerdo con Arvidsson (1998) y Chaudari et al. (2013), suelos con texturas arenosas presentan mayor densidad aparente y suelos con texturas arcillosas tienden a tener una densidad aparente baja. En los resultados de los estudios se observa una correlación positiva en cuanto a la cantidad de arena y una correlación negativa significativa para la cantidad de arcilla con respecto a la densidad aparente.

Se presentó una mayor estabilidad de los agregados en el suelo sin labranza dedicado al pastoreo (SLP) siendo significativamente diferente a los obtenidos para suelos con subsoleo y sin subsoleo implementando pase de rastra y cincel a los que correspondieron los valores menores (Cuadro 7). El tipo de sistema de labranza o manejo que se implemente al suelo puede tener un efecto en la estructura y en la estabilidad de los agregados (Behrends et al., 2021; Zheng et al., 2018). Los resultados del presente estudio fueron similares a los obtenidos por Ernst y Siri-Prieto (2009), encontraron que al implementar pasturas sin labranza se obtenía una mejor estabilidad de los agregados en comparación a sistemas con cultivos de granos con sistema de labranza con pase de cincel y de rastra. La labranza frecuente puede deteriorar la estructura del suelo, haciendo que los agregados reduzcan su capacidad de mantener su forma y conservar los espacios porosos entre ellos.

El sistema sin labranza agrícola presentó diferencia significativa con respecto a los demás sistemas en la resistencia a la penetración; teniendo el valor más bajo con 2.75 kg/cm². Los demás sistemas evaluados no presentaron diferencia significativa, siendo estadísticamente iguales (Cuadro 7). El valor obtenido para el sistema sin labranza agrícola puede atribuirse a la casi nula perturbación que sufre ese suelo. Esto debido a que el lote pertenece a la colección de mangos de la universidad, el cual su mantenimiento se hace de forma manual. Resultados opuestos fueron encontrados por Cortez et al. (2014) donde la resistencia a la penetración encontrada en suelos con cultivo de mango fueron mayores de 2.0 MPa después de los 10 cm de profundidad debido al uso de maquinaria en la aplicación de fungicida y fertilizantes, además del uso de tracción animal para la cosecha. En cuanto al resto de sistemas de labranza los suelos sin labranza pecuario y aquellos con arado de cincel, rastra,

subsolados o no subsolados al ser estadísticamente iguales se deduce que se encuentran compactados. Lo que indica que aquellos sistemas llevados a cabo semestralmente (LRC1, LRC2, LRC3 y LRC4) solo logran tener un efecto de descompactación superficialmente en los suelos durante el periodo del cultivo nada más.

El mayor contenido de carbono orgánico del suelo se encontró almacenado en la capa superficial del suelo. Siendo la profundidad de 00-20 cm la que contiene mayor cantidad de COS con una media de 44.78 t/ha (Cuadro 8). Lo cual implica que las profundidades más cercanas a la superficie son las más susceptibles a cambios en cuanto a su contenido de COS por factores como uso, manejo y adecuación. Resultados similares fueron obtenidos por Puget y Lal (2005) y Nath y Lal (2017) donde reportaron el mayor contenido de COS en suelos con diferentes sistemas de labranza en los primeros 10 cm del suelo.

Los valores de resistencia a la penetración variaron a diferentes profundidades, donde se encontró que la mayor resistencia ocurre en la primera profundidad, 0-20 cm (Cuadro 8). Este resultado puede ser asociado con la existencia de pie de arado en dicha profundidad. En la profundidad de 20-40 cm la resistencia a la penetración disminuye a 3.48 kg/cm². La implementación de labranza ocasional puede no tener un efecto en disminuir la compactación de la capa superficial del suelo (<20 cm). En cuanto en los suelos sin labranza se tiende a desarrollar una compactación cerca de la superficie (Blanco-Canqui y Wortmann, 2020; Kuhwald et al., 2020).

Cuadro 8

Efecto de la profundidad en el suelo sobre el contenido acumulado de carbono orgánico del suelo

(COS) y la resistencia a la penetración (RP), EAP Zamorano, Honduras

Profundidad	COS (t/ha)	RP (kg/cm ²)
0-20	44.78 a ^α	3.81 b ^α
20-40	19.62 b	3.48 a
R ²	85.40	56.68
CV (%)	41.38	12.92
p-valor	<0.0001***	0.032*

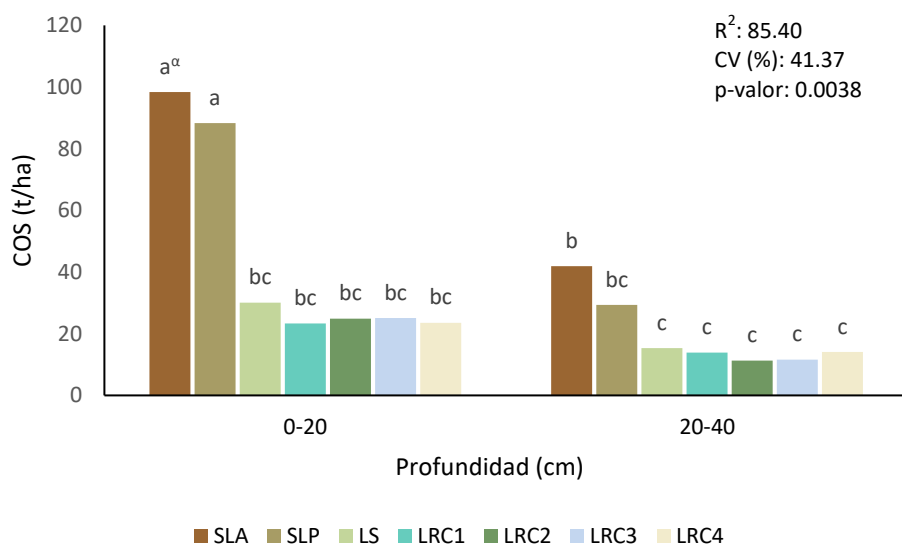
Nota. ^αValores con letras diferentes en la misma columna representa una diferencia significativa (P ≤0.05). *** Altamente

significativo (P<0.0001), ** Muy significativo (P<0.001), * Significativo (P<0.05), NS No Significativo (P>0.05).

El contenido de carbono orgánico del suelo en los lotes sin labranza agrícola y sin labranza pecuario, la colección de mangos y Los Mingos correspondientemente, contienen la mayor cantidad de carbono orgánico del suelo de 0-20 cm (Figura 3). El resto de los sistemas de labranza son estadísticamente iguales en dicha profundidad. Existe una disminución de contenido de COS en la profundidad de 20-40 cm, el lote sin labranza agrícola, obtuvo el contenido de COS más alto a dicha profundidad, seguido del lote sin labranza pecuario y el resto de los sistemas de labranza presentan los valores menores siendo estadísticamente iguales. El sistema de labranza con mayor contenido de COS puede deberse a que la cantidad de carbono orgánico total tiende a registrarse en profundidades cerca de la superficie. Debido a la adición de raíces y biomasa vegetal además de los nutrientes en dicha capa (Ingram y Fernandes, 2001).

Figura 3

Efecto del tipo de sistema de labranza a dos profundidades en el suelo sobre el contenido acumulado de carbono orgánico del suelo (COS), EAP Zamorano, Honduras



Nota.^aValores con letras diferentes representa una diferencia significativa ($P < 0.05$); SLA: sin labranza agrícola, SLP: sin labranza pecuario, LS: subsoleo pecuario (2010), LRC1: rastra pesada+cincel+rastra liviana+subsoleo (2015), LRC2: rastra pesada+cincel+rastra liviana+subsoleo (2016), LRC3: rastra pesada+cincel+subsoleo(2016), LRC4: rastra pesada+cincel sin subsoleo.

Carbono Orgánico del suelo y Texturas

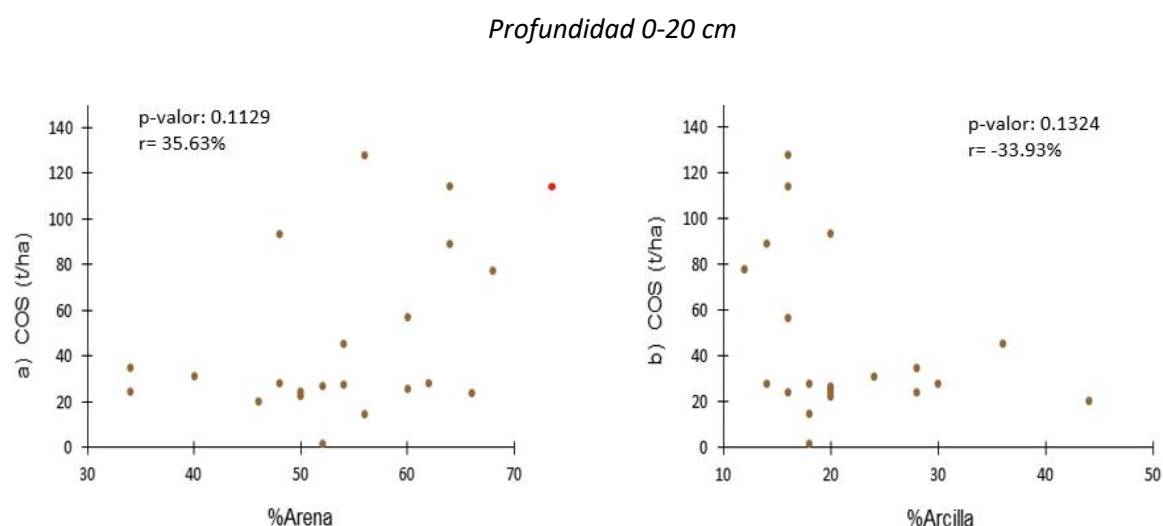
En la profundidad de 00-20 cm predominaron las texturas francas, franco arenosas y arcillo arenosas. Mientras que a la profundidad de 20-40 cm mayormente se encontraron texturas franco arcillo arenosas, seguidas de texturas franco-arenosas y francas (Anexo B). Propiedades físicas de los suelos pueden cambiar con el aumento de la profundidad, esto puede evidenciarse en la textura ya que incrementa los niveles de arcilla de acuerdo aumenta la profundidad (Ahmad et al., 2011).

No se encontró ninguna relación entre las variables de textura (arena y arcilla) con respecto al contenido de COS en las dos profundidades (Figura 4). Presentó una correlación no significativa siendo mayor al nivel de significancia ($p > 0.05$), esto indica que el contenido de arena y de arcilla no tienen influencia con la cantidad de COS presente en el medio edáfico. Es por ello por lo que no se puede realizar una regresión lineal la cual proyecte una fórmula matemática para estimar el contenido de COS conociendo el contenido de arena y/o de arcilla (Lock et al., 2013).

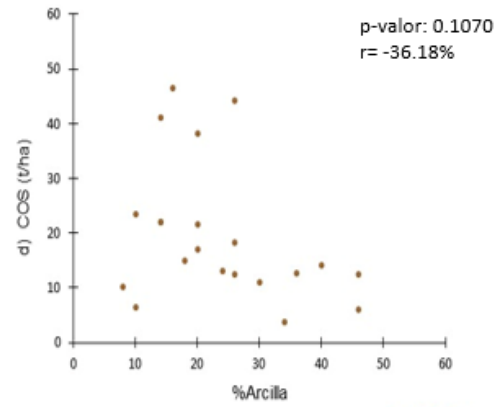
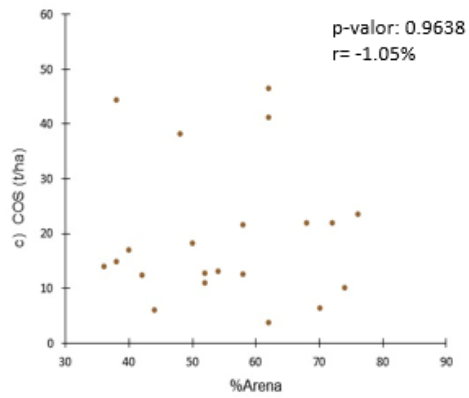
Los resultados encontrados en este estudio se compararon a los obtenidos por Zinn et al. (2005) donde no se presentó una correlación significativa entre el contenido de arcilla y el COS en las profundidades evaluadas. Se pueden encontrar mayores contenidos de carbono orgánico en suelos con altos contenidos de arcilla. Schapel et al. (2018) presentaron en su estudio una correlación positiva con un $R^2 = 46\%$ con respecto al carbono orgánico en el suelo y la cantidad de arcilla. Además, observaron en su estudio un aumento del almacenamiento de carbono orgánico al aumentar la cantidad de arcilla en suelos arenosos. Por lo contrario, Wang Mei-Yan et al. (2013) reportaron diferencias en el efecto de la textura en el COS de acuerdo con el clima de las regiones evaluadas, el contenido de tuvo influencia en el COS arena en clima frío y la arcilla presentó influencia en el COS en el clima cálido.

Figura 4

Relación entre el contenido de arena y arcilla sobre el contenido de Carbono Orgánico del Suelo (COS) a dos profundidades. a) Relación Arena y COS de 0-20 cm, b) relación de Arcilla y COS de 0-20 cm, c) Relación Arena y COS de 20-40 cm y d) Relación Arcilla y COS de 20-40 cm



Profundidad 20-40 cm



Nota. r= coeficiente de correlación de Pearson. El valor del coeficiente se interpreta que es r=0 debido a la no significancia obtenida ($p > 0.05$) por lo que se acepta la hipótesis nula.

Conclusiones

Los contenidos más altos de carbono orgánico del suelo (COS) se encontraron en los sistemas sin labranza y sin intervención por más de 50 años, en el lote de la colección de mango de Zamorano y el lote dedicado a producción pecuaria en ganado de carne sin labranza, Los Mingos. Mientras que los sistemas de labranza que implementan pases de rastra liviana, rastra pesada, cincel y/o subsoleo presentaron los valores más bajos de COS, lo que implica que estos tipos de labranzas generan pérdida o disminución del contenido de COS por exceso de aireación.

Los sistemas de labranza superficial que se implementan en la institución para preparación de los suelos en actividades de producción agrícola tienen un efecto en la disminución de la cantidad de carbono orgánico almacenado en los suelos, lo cual es un indicador para integrar prácticas que conserven el Carbono Orgánico en los Suelos.

Los suelos con sistemas de labranza superficial presentaron los valores de densidad aparente más altos, menor estabilidad de los agregados y mayor resistencia a la penetración lo que indica que estas prácticas generan una compactación superficial.

La adecuación de suelo mediante subsoleo bajo actividad ganadera no mostró un efecto perdurable después de cinco años de haberse realizado en el lote Zorrales 6 y se observó una disminución de carbono orgánico en el suelo debido a factores que afectan este parámetro como textura, pisoteo de los animales y condiciones adversas de drenaje.

En los sitios evaluados, no se encontró una correlación entre el contenido de carbono orgánico del suelo y la cantidad de arena o arcilla presente en el suelo.

Recomendaciones

Implementar prácticas de adecuación de suelos como labranza mínima, cultivos de cobertura y labranza en franjas en los lotes dedicados a la producción agrícola que no perturben y reduzcan la mineralización de la materia orgánica del suelo.

Ampliar el estudio a otros lotes que implementen sistemas de labranza no evaluados en la presente investigación para tener un registro del efecto que causan los diversos sistemas implementados en la universidad.

En futuras investigaciones evaluar el efecto que tienen los sistemas de labranza en las comunidades microbiológicas del suelo.

Realizar un estudio que cuantifique la cantidad de carbono presente en la biomasa y las raíces para tener una estimación precisa del contenido total de carbono orgánico en un lote agropecuario.

Ampliar el estudio a lotes con otros usos que no fueron evaluados en esta investigación, como sistemas silvopastoriles, bosque, plantaciones forestales o el eco sendero.

Referencias

- Ahmad, R., Muhammad, D. y Shah, Z. (2011). Physical properties of soil under sub-surface drainage system. Pakistán. Khyber Pakhtunkwha agricultural science. https://www.researchgate.net/publication/266507245_PHYSICAL_PROPERTIES_OF_SOILS_UNDER_SUB-SURFACE_DRAINAGE_SYSTEM
- Álvaro-Fuentes, J., López, M. V., Cantero-Martínez, C. y Arrúe, J. L. (2008). Tillage Effects on Soil Organic Carbon Fractions in Mediterranean Dryland Agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, 72(2), 541–547. <https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0164>
- Arévalo, G. y Gauggel, C. (2020). Manual de laboratorio manejo de suelos y aguas (5ª ed.). Litocom.
- Arvidsson, J. (1998). Influence of soil texture and organic matter content on bulk density, air content, compression index and crop yield in field and laboratory compression experiments. *Soil and Tillage Research*, 49(1-2), 159–170. [https://doi.org/10.1016/s0167-1987\(98\)00164-0](https://doi.org/10.1016/s0167-1987(98)00164-0)
- Aziz, I., Mahmood, T. y Islam, K. R. (2013). Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. *Soil and Tillage Research*, 131, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.03.002>
- Balesdent, J., Mariotti, A. y Boisgontier, D. (1990). Effect of tillage on soil organic carbon mineralization estimated from ^{13}C abundance in maize fields. *Journal of Soil Science*, 41(4), 587–596. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1990.tb00228.x>
- Barzola, D., Quijía, R. y La Rosa, J. de. (2015). Actualización de los índices de calidad de los suelos de uso agrícola y pecuario, plan de manejo y efecto del subsoleo en el tiempo, Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4544/1/CPA-2015-010.pdf>
- Behrends, F., Morrás, H., Fernández, P., Duval, M., Galantini, J. y Garibaldi, L. (2021). Influence of edaphic and management factors on soils aggregates stability under no-tillage in Mollisols and Vertisols of the Pampa Region, Argentina. *Soil and Tillage Research*, 209. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104901>
- Blanco-Canqui, H. y Wortmann, C. S. (2020). Does occasional tillage undo the ecosystem services gained with no-till? A review. *Soil and Tillage Research*, 198. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104534>
- Bouyoucos, G. (1927). The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soils. *Soil Science*, 23(5), 343–354. <https://doi.org/10.1097/00010694-192705000-00002>
- Camacho, M., Mata, R. y Forsythe, W. (2015). Labranza mecanizada de pasturas mediante tres implementos en un ultisol y sus implicaciones físicas e hidropedológicas. *Agronomía Costarricense*, 39(3), 101–115. <https://doi.org/10.15517/RAC.V39I3.21812>
- Chaudari, P., Ahire, D., Ahire, V., Chkravarty, M. y Maity, S. (2013). Soil bulk density as related to soil texture, matter content and available total nutrient coimbatore soil. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(2), 1–8.
- Chellappa, J., Sagar, K. L., Sekaran, U., Kumar, S. y Sharma, P. (2021). Soil organic carbon, aggregate stability and biochemical activity under tilled and no-tilled agroecosystems. *Journal of*

- Agriculture and Food Research, 4, Artículo 100139, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100139>
- Contreras Gamero, D. (2016). Mineralización de carbono y nutrientes de la materia orgánica en suelos de cuatro sistemas agrícolas en Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5900/1/CPA-2016-T027.pdf>
- Corning, E., Sadeghpour, A., Ketterings, Q. y Czymmerk, K. (2016). The Carbon Cycle and Soil Organic Carbon. Agronomy Fact Sheet Series (Agronomy Fact Sheet Series núm. 91). Estados Unidos. Cornell University Cooperative Extension. <http://nmsp.cals.cornell.edu/publications/factsheets/factsheet91.pdf>
- Cortez, J. W., Lopes, H. L., Coelho, D. S. y Arcoverde, S. N. S. (2014). Spatial variability of mechanical resistance to penetration evaluated with mobile unit on haplic vertisol cultivated with mango. *Engenharia Agrícola*, 34(2), 244–253. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000200006>
- Drewry, J., Lowe, J. y Paton, R. (2000). Effect of subsoiling on soil physical properties and pasture production on a Pallic Soil in Southland, New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 43(2), 269–277. <https://doi.org/10.1080/00288233.2000.9513427>
- Elvir Coello, J. (2016). Diagnóstico de la compactación de los suelos para determinar subsoleo y registro de su adecuación en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5913/1/CPA-2016-T037.pdf>
- Ernst, O. y Siri-Prieto, G. (2009). Impact of perennial pasture and tillage systems on carbon input and soil quality indicators. *Soil and Tillage Research*, 105(2), 260–268. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.08.001>
- Fantappiè, G., L'Abate, G. y Costantini, E. (Eds.). (2010). Land Degradation and Desertification: Assessment, Mitigation and Remediation: Factors Influencing Soil Organic Carbon Stock Variations in Italy During the Last Three Decades. Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8657-0_34
- Fukumasu, J., Jarvis, N., Koestel, J., Kätterer, T. y Larsbo, M. (2022). Relations between soil organic carbon content and the pore size distribution for an arable topsoil with large variations in soil properties. *European Journal of Soil Science*, 73(1). <https://doi.org/10.1111/ejss.13212>
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz, C., Encina, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendoca, M., Montanarella, L., Muñiz, O., Schad, P., Vara, M. y Vargas, R. (Eds.). (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Gregory, A., Dungait, J., Watts, C., Bol, R., Dixon, E., White, R. y Whitmore, A. (2016). Long-term management changes topsoil and subsoil organic carbon and nitrogen dynamics in a temperate agricultural system. *European Journal of Soil Science*, 67(4), 421–430. <https://doi.org/10.1111/ejss.12359>
- Guerra, A. y Mendieta, J. (2011). Subsoleo en suels arcillosos masivos y fertilización con magnesio en el cultivo de pasto Tobiata (Panicum maximum) [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/734/1/Copia%20de%20T3188.pdf>

- Gwenzi, W., Gotosa, J., Chakanetsa, S. y Mutema, Z. (2009). Effects of tillage systems on soil organic carbon dynamics, structural stability and crop yields in irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.)–cotton (*Gossypium hirsutum* L.) rotation in semi-arid Zimbabwe. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 83(3), 211–221. <https://doi.org/10.1007/s10705-008-9211-1>
- Herrick, J., Whitford, W., Soyza, A. de, van Zee, J., Havstad, K., Seybold, C. y Walton, M. (2001). Field soil aggregate stability kit for soil quality and rangeland health evaluations. *Catena*, 44(1), 27–35. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(00\)00173-9](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(00)00173-9)
- Ingram, J. y Fernandes, E. (2001). Managing carbon sequestration in soils: concepts and terminology. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 87(1), 111–117. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00145-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00145-1)
- Krauss, M., Berner, A., Perrochet, F., Frei, R., Niggli, U. y Mäder, P. (2020). Enhanced soil quality with reduced tillage and solid manures in organic farming - a synthesis of 15 years. *Scientific Reports*, 10(1), 4403. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61320-8>
- Kuhwald, M., Hamer, W., Brunotte, J. y Duttmann, R. (2020). Soil Penetration Resistance after One-Time Inversion Tillage: A Spatio-Temporal Analysis at the Field Scale. *Land*, 9(12), 1–21. <https://doi.org/10.3390/land9120482>
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623–1627. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>
- Lal, R. (2014). Societal value of soil carbon. *Journal of Soil and Water Conservation*, 69(6), 186A–192A. <https://doi.org/10.2489/jswc.69.6.186A>
- Lal, R. (2016). Soil health and carbon management. *Food and Energy Security*, 5(4), 212–222. <https://doi.org/10.1002/fes3.96>
- Lal, R., Negassa, W. y Lorenz, K. (2015). Carbon sequestration in soil. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 15, 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.09.002>
- Lefevre, C., Rekik, F., Alcantara, V. y Wiese, L. (2017). Carbono orgánico del suelo: el potencial oculto. FAO. <http://www.fao.org/3/i6937Es/i6937es.pdf>
- Lock, R., Frazer, P., Lock, K., Lock, E. y Lock, D. (2013). *Statistics Unlocking the Power of Data* (1ª ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Naik, S. K., Maurya, S. y Bhatt, B. P. (2017). Soil organic carbon stocks and fractions in different orchards of eastern plateau and hill region of India. *Agroforestry Systems*, 91(3), 541–552. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-9957-4>
- Nath, A. y Lal, R. (2017). Effects of Tillage Practices and Land Use Management on Soil Aggregates and Soil Organic Carbon in the North Appalachian Region, USA. *Pedosphere*, 27(1), 172–176. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60301-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60301-1)
- Ogle, S. M., Breidt, F. J. y Paustian, K. (2005). Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. *Biogeochemistry*, 72(1), 87–121. <https://doi.org/10.1007/s10533-004-0360-2>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. (2015). Los suelos ayudan a combatir y adaptarse al cambio climático: Los suelos juegan un papel clave en el ciclo del carbono. Roma, Italia. FAO. <http://www.fao.org/3/i4737s/i4737s.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. (2017). *Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto*. Roma, Italia. FAO. <https://www.fao.org/3/i6937s/i6937s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. (2019). *Procedimiento operativo estándar para el análisis de carbono orgánico del suelo: Walkley-Black, métodos de titulación y colorimétrico (núm. 2)*. Roma, Italia. FAO. <https://www.fao.org/3/ca7471es/ca7471es.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma, Italia. FAO. <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Puget, P. y Lal, R. (2005). Soil organic carbon and nitrogen in a Mollisol in central Ohio as affected by tillage and land use. *Soil and Tillage Research*, 80(1-2), 201–213. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.03.018>
- Raper, R. L., Schwab, E. B., Balkcom, K. S., Burmester, C. H. y Reeves, D. W. (2005). Effect of annual biennial and triennial in-row subsoiling on soil compaction and cotton yield in Southeastern U.S. silt loam soils. *Applied Engineering in Agriculture*, 21(3), 337–343. <https://doi.org/10.13031/2013.18449>
- Rawls, W. J., Pachepsky, Y. A., Ritchie, J. C., Sobecki, T. M. y Bloodworth, H. (2003). Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116(1), 61–76. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00094-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00094-6)
- Ruehlmann, J. y Körschens, M. (2009). Calculating the Effect of Soil Organic Matter Concentration on Soil Bulk Density. *Soil Science Society of America Journal*, 73(3), 876–885. <https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0149>
- Rutherford, D. W., Chiou, C. T. y Kile, D. E. (1992). Influence of soil organic matter composition on the partition of organic compounds. *Environmental Science & Technology*, 26(2), 336–340. <https://doi.org/10.1021/es00026a014>
- Schapel, A., Marschner, P. y Churchman, J. (2018). Clay amount and distribution influence organic carbon content in sand with subsoil clay addition. *Soil and Tillage Research*, 184, 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.08.001>
- Singh, L. y Ray, D. C. (2013). Effect of no-tillage and tillage on the ecology of mite, Acarina (Oribatida) in two different farming systems of paddy field in Cachar district of Assam, 36, 319–333. http://www.jeb.co.in/journal_issues/201501_jan15/paper_20.pdf
- Szostek, M., Szpunar-Krok, E., Pawlak, R., Stanek-Tarkowska, J. y Ilek, A. (2022). Effect of Different Tillage Systems on Soil Organic Carbon and Enzymatic Activity. *Agronomy*, 12(1), 3–4. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010208>
- Walkley, A. y Black, I. A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29–38. <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- Wang Mei-Yan, SHI, X.-Z., YU, D.-S., XU, S.-X., TAN, M.-Z., SUN, W.-X. y ZHAO, Y.-C. (2013). Regional Differences in the Effect of Climate and Soil Texture on Soil Organic Carbon. *Pedosphere*, 23(6), 799–807. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(13\)60071-5](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60071-5)
- West, T. O. y Post, W. M. (2002). Soil Organic Carbon Sequestration Rates by Tillage and Crop Rotation. *Soil Science Society of America Journal*, 66(6), 1930–1946. <https://doi.org/10.2136/sssaj2002.1930>

- Wiese, L., Wollenberg, E., Alcántara-Shivapatham, V., Richards, M., Shelton, S., Hönle, S. E., Heidecke, C., Madari, B. E. y Chenu, C. (2021). Countries' commitments to soil organic carbon in Nationally Determined Contributions. *Climate Policy*, 21(8), 1005–1019. <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1969883>
- Xue, J.-F., Pu, C., Liu, S.-L., Chen, Z.-D., Chen, F., Xiao, X.-P., Lal, R. y Zhang, H.-L. (2015). Effects of tillage systems on soil organic carbon and total nitrogen in a double paddy cropping system in Southern China. *Soil and Tillage Research*, 153, 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.06.008>
- Zheng, H., Liu, W., Zheng, J., Luo, Y., Li, R., Wang, H. y Qi, H. (2018). Effect of long-term tillage on soil aggregates and aggregate-associated carbon in black soil of Northeast China. *PloS One*, 13(6), 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199523>
- Zinn, Y., Lal, R. y Resck, D. (2005). Texture and organic carbon relations described by a profile pedotransfer function for Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, 127(1-2), 168–173. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.02.010>

Anexo

Anexo A

Localización de las calicatas realizadas para los muestreos en los lotes evaluados

Ubicación	N° de calicata	Coordenadas	
		X	Y
Colección de mangos	1	499514.1	1548513.5
	2	499594.5	1548528.1
	3	499663.3	1548537.7
Los Mingos	1	499692.8	1548409.5
	2	500044.1	1548420
	3	500191.1	1548262.4
Zorrales 6	1	500535.6	1548070.3
	2	500657.8	1547980.6
	3	500698.9	1547833.0
Caoba	1	499594.1	1547061.0
	2	499733.8	1547009.3
	3	499921.2	1546937.8
Laguna	1	499358.0	1547467.1
	2	499525.6	1547418.1
	3	499699.4	1547418.3
Portón	1	500029.9	1547319.4
	2	499867.9	1547345.2
	3	499735.4	1547393.4
Tobiatá	1	499566.9	1547057.5
	2	499450.3	1547103.8
	3	499296.4	1547164.2

Anexo B

Textura del suelo en lotes muestreados a dos profundidades: 0-20 cm y 20-40 cm

Lote	N° de calicata	Profundidad	Textura	%		
				Arena	Limo	Arcilla
Colección de Mangos	1	0-20	FA	56	28	16
		20-40	F	48	32	20
	2	0-20	FA	68	20	12
		20-40	FA	62	22	14
Los Mingos	3	0-20	FA	64	22	14
		20-40	FA	62	24	14
	1	0-20	FA	62	20	16
		20-40	FA	58	22	20
Zorrales 6	2	0-20	FA	60	24	16
		20-40	FA	72	14	14
	3	0-20	F	48	32	20
		20-40	F	38	36	26
Caoba	1	0-20	F	40	36	24
		20-40	F	38	44	18
	2	0-20	FAr	34	38	28
		20-40	F	40	40	20
	3	0-20	FAr	34	38	28
		20-40	FAr	36	24	40
Laguna	1	0-20	F	52	30	18
		20-40	FArA	62	4	34
	2	0-20	ArA	54	10	36
		20-40	ArA	52	12	36
	3	0-20	FArA	48	22	30
		20-40	FArA	50	24	26
Portón	1	0-20	FA	66	18	16
		20-40	FA	76	14	10
	2	0-20	FA	60	20	20
		20-40	FArA	58	16	26
	3	0-20	ArA	46	10	44
		20-40	A	44	10	46
Tobiatá	1	0-20	F	50	30	20
		20-40	Ar	42	12	46
	2	0-20	F	50	30	20
		20-40	FArA	52	18	30
	3	0-20	FA	54	28	18
		20-40	FA	74	18	8
Tobiatá	1	0-20	FA	56	26	18
		20-40	FArA	54	22	24
	2	0-20	FA	62	24	14
		20-40	FA	68	18	14
3	0-20	F	52	28	20	
	20-40	FA	70	20	10	

Nota. Ar: arcilloso, ArA: arcillo arenoso, F: Franco, FA: franco arenoso, FAr: franco arcilloso, FArA: franco arcillo arenoso.

Anexo C

Descripción de calicata 1 realizada en el suelo bajo sistema sin labranza agrícola, Lote de Colección de Mangos frente a hípico, Colección de Mangos.

Zamorano, Honduras

Calicata: 1 Ubicación: Lote de colección de mangos frente a hípico, Zamorano Fecha de descripción: 03/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-2% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: árboles de mango
--	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-42	Pardo (7.5YR 5/4); franco arenoso; bloques subangulares fino débil; blando; raíces medianas pocas; poros finos tubulares y vesiculares abundantes; R.P. 3.0 Kg/cm ² .
2	42-80	Pardo amarillento claro (10YR 6/4); franco; bloques subangulares fino moderado; ligeramente duro; raíces finas pocas; poros de todos los tamaños vesiculares frecuentes; R.P. 3.50 Kg/cm ² .

Anexo D

Descripción de calicata 2 realizada en el suelo bajo sistema sin labranza agrícola, Lote de Colección de Mangos frente a hípico, Colección de Mangos.

Zamorano, Honduras

Calicata: 2 Ubicación: Lote de colección de mangos de Zamorano, frente a hípico. Fecha de descripción: 04/06/2022 Describió: Guadalupe González	Uso: Pendiente: 0-2% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: árboles de mango
--	---



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-38	Pardo (7.5YR 4/4); franco arenoso; granular mediano débil; blando; raíces gruesas frecuentes; poros finos tubulares abundantes; R.P. 2.80 Kg/cm ² .
2	38-70	Pardo amarillento (10YR 5/8); franco arenoso; granular grueso moderado; suelto; raíces medianas pocas; poros de todos los tamaños vesiculares frecuentes; R.P. 3.00 Kg/cm ² .

Anexo E

Descripción de calicata 3 realizada en el suelo bajo sistema sin labranza agrícola, Lote de Colección de Mangos frente a hípico, Colección de Mangos.

Zamorano, Honduras

Calicata: 3 Ubicación: Lote de colección de mangos frente a hípico, Zamorano Fecha de descripción: 04/06/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-2% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: árboles de mango
--	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-22	Pardo fuerte (7.5YR 4/6); franco; bloques subangulares fino débil; blando; raíces finas pocas; poros finos tubulares y vesiculares abundantes; R.P. 2.70 Kg/cm ² .
2	22-38	Pardo amarillento (10 YR 5/6); franco arenoso; granular mediano moderado; blando; raíces ausentes; poros de todos los tamaños vesiculares frecuentes; R.P. 3.00 Kg/cm ² .
3	38-65x	Pardo amarillento (10YR 6/8); franco arenoso; bloques subangulares medianos moderados; blando; raíces ausentes; poros medianos tubulares frecuentes; R.P. 3.5 Kg/cm ²

Anexo F

Descripción de calicata 1 realizada en el suelo bajo sistema sin labranza pecuario, Los Mingos, Zamorano, Honduras³

Calicata: 1 Ubicación: Circuito de pastoreo Los Mingos, EAP Zamorano Fecha de descripción: 03/11/2021 Describió: Dra. Gloria Arévalo, Milton Zelaya y Gerzon Peralta	Pendiente: 0-2% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: pastura para ganado de carne
---	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
Ap	0-22	Pardo oscuro (10YR 3/2); franco; bloques subangulares muy finos moderados; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todos tamaños; friable; limite claro. R.P. 2.5 kg/cm ² .
C	22-28	Pardo (10YR 4/3); roca > 50 %
E	28-42	(10YR 3/4) Marrón amarillento Oscuro; Franco; bloques angulares muy finos moderado; raíces muy finas abundantes raíces finas pocas; poros tubulares abundantes todos tamaños; friable; limite plano y claro. R.P. 3.5 kg/cm ² .
Bt	42-58	Pardo oscuro (10YR 3/3); franco; bloques subangulares muy finos moderados; raíces muy finas abundantes raíces gruesas pocas; poros tubulares abundantes todos tamaños; muy friable; limite claro. R.P. 2.7 kg/cm ² .
Ct	58 – 70x	Pardo amarillento (10YR 5/4); franco; bloques angulares y subangulares muy finos medio débiles; raíces muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todos tamaños; muy friable; limite plano claro. R.P. 3.5 kg/cm ²

³ Nota. imagen provista por Gerson Peralta y Milton Zelaya. Corresponde a 1 de las calicatas realizadas para su investigación de pregrado. La imagen pertenece a la calicata #1 de su estudio.

Anexo G

Descripción de calicata 2 realizada en el suelo bajo sistema sin labranza pecuario, Los Mingos, Zamorano, Honduras⁴

Calicata: 2 Ubicación: Circuito de pastoreo Los Mingos, EAP Zamorano Fecha de descripción: 03/11/2021 Describió: Dra. Gloria Arévalo, Milton Zelaya y Gerzon Peralta	Pendiente: 0-2% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: Pastura para ganado de carne
---	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
Ap	0-16	Gris muy oscuro (10YR 3/1); franco; bloques angulares y subangulares medianos moderados; raíces finas y abundantes; poros tubulares abundantes de todos los tamaños; R.P. >4.5 Kg/cm ² .
E	16-30	Pardo oscuro (10YR 3/2); franco; bloques subangulares medianos moderados; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todos los tamaños; R.P. 4.00 Kg/cm ² .
Bt	30-42	Pardo amarillento (10YR 5/6); franco arcilloso; bloques angulares y subangulares medianos moderados; raíces muy finas frecuentes; poros tubulares abundantes todos los tamaños. R.P. >4.50 Kg/cm ² .
Ct	42-70x	Pardo amarillento oscuro (10YR 4/6); franco arcilloso; bloques angulares frecuentes grandes; raíces muy finas pocas; poros finos tubulares frecuentes. R.P. >4.50 Kg/cm ² .

⁴ Nota. imagen provista por Gerson Peralta y Milton Zelaya. Corresponde a 1 de las calicatas realizadas para su investigación de pregrado. La imagen pertenece a la calicata #7 de su estudio.

Anexo H

Descripción de calicata 3 realizada en el suelo bajo sistema sin labranza pecuario, Los Mingos, Zamorano, Honduras⁵.

Calicata: 3 Ubicación: Circuito de pastoreo Los Mingos, EAP Zamorano Fecha de descripción: 03/11/2021 Describió: Dra. Gloria Arévalo, Milton Zelaya y Gerzon Peralta	Pendiente: 0-2% Drenaje externo: Bien drenado Drenaje interno: Bien drenado Uso: Pastura para ganado de carne
---	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
Ap	0-25	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); franco; bloques subangulares medianos moderados; friable; raíces finas y muy finas abundantes; poros finos tubulares abundantes todos los tamaños; R.P. >4.5 Kg/cm ² .
Bt	25-45	Pardo oscuro (10YR 3/3); franco; bloques angulares y subangulares medianos moderados; friable; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares todos los tamaños abundantes; R.P. 3.70 Kg/cm ² .
Ct	45-70x	Pardo pálido (10YR 6/2); franco; bloques subangulares; ; raíces finas y muy finas pocas; poros tubulares abundantes de todos los tamaños; R.P. 4.00 Kg/cm ² .

⁵ Nota. imagen provista por Gerson Peralta y Milton Zelaya. Corresponde a 1 de las calicatas realizadas para su investigación de pregrado. La imagen pertenece a la calicata #10 de su estudio.

Anexo I

Descripción de calicata 1 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de subsoleo hace 12 años, Lote Zorrales 6, Zorrales. Zamorano, Honduras

Calicata: 1 Ubicación: Lote Zorrales 6, pasturas de ganado lechero Fecha de descripción: 03/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-2% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: mal drenado Uso: pastura para ganado lechero
--	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-13	Pardo oscuro (7.5YR 3/3); arcillo limoso; bloques angulares mediano fuerte; blando; raíces pocas finas y muy finas; poros finos vesiculares frecuentes; R.P. 3.75 Kg/cm ² .
2	13-24	Pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2); franco arenoso; bloques angulares y subangulares grueso moderado; ligeramente duro; raíces finas pocas; poros de todos los tamaños vesiculares y tubulares abundantes; R.P. 4.00 Kg/cm ² .
3	24-40	Pardo amarillento claro (2.5YR 6/3); arcillo franca; bloques angulares y subangulares mediano moderado; ligeramente duro; raíces muy finas y pocas; poros vesiculares y tubulares abundantes; R.P. >4.50 Kg/cm ²
4	40-59	Pardo gris claro (10YR 6/2); franco arcillo limoso; bloques angulares grueso moderado; duro; raíces muy finas y pocas; poros tubulares y vesiculares frecuentes abundantes; R.P. >4.50 Kg/cm ²
5	59-80x	Pardo pálido (10YR 6/4); franco arcillo arenoso; prismas angulares gruesos moderado; duro; raíces ausentes; poros vesiculares finos pocos; R.P. >4.50 Kg/cm ²

Anexo J

Descripción de calicata 2 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de subsoleo hace 12 años, Lote Zorrales 6, Zorrales. Zamorano, Honduras

Calicata: 2 Ubicación: Lote Zorrales 6 Fecha de descripción: 04/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-2% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: mal drenado Uso: pastura para ganado lechero
--	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-15	Pardo oscuro (10YR 3/3); franco arcilloso; bloques angulares y subangulares fino débil; blando; raíces de todos los tamaños y frecuentes; poros vesiculares y tubulares frecuentes y de todos los grosores; R.P. 4.00 Kg/cm ² .
2	15-32	Pardo pálido (10YR 6/3); franco arcilloso; bloques angulares y subangulares finos moderados; ligeramente duro; raíces frecuentes y de todos los grosores; poros de todos los tamaños vesiculares y tubulares frecuentes; R.P. 4.25 Kg/cm ² .
3	32-50	Pardo amarillento oscuro (10YR 3/6); franco; bloques angulares y subangulares medianos moderados; ligeramente duro; raíces de todos los grosores frecuentes; poros vesiculares y tubulares frecuentes de todos los tamaños; R.P. >4.50 Kg/cm ²
4	50-70x	Pardo (10YR 4/3); franco; bloques angulares medianos moderados; duro; raíces muy finas frecuentes; poros vesiculares pocos finos; R.P. >4.50 Kg/cm ²

Anexo K

Descripción de calicata 3 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de subsoleo hace 12 años, Lote Zorrales 6, Zorrales. Zamorano, Honduras

Calicata: 3 Ubicación: Lote Zorrales 6 Fecha de descripción: 05/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 2-3% Drenaje externo: mal drenado Drenaje interno: mal drenado Uso: pastura para ganado lechero
--	---



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-23	Gris (10YR 6/1); franco arcilloso; bloques angulares y subangulares grueso moderado; duro; raíces frecuentes de todos los grosores; poros finos planares y tubulares pocos; R.P. 4.00 Kg/cm ² .
2	23-40	Gris (10YR 5/1); franco arcilloso; bloques angulares y subangulares medianos gruesos; duro; raíces frecuentes finas y muy finas pocas; poros finos planares y tubulares pocos; R.P. >4.50 Kg/cm ² .
3	40-60x	Pardo grisáceo claro (10YR 6/2); franco arcilloso; bloques y prismas angulares medianos gruesos; duro; raíces ausentes; poros tubulares pocos; R.P. >4.50 Kg/cm ² .

Anexo L

Descripción de calicata 1 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de arado de cincel y pase de rastra pesada con subsoleo realizado en el 2016, Lote Caoba, Pivote Central. Zamorano, Honduras

Calicata: 1 Ubicación: San Nicolás Pivote Central, lote Caoba, Zamorano Fecha de descripción: 07/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-1% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: granos básicos como frijol, sorgo y maíz
---	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-15	Pardo pálido (10YR 7/3); franco; bloques subangulares mediano débil; blando; raíces ausentes; poros de todos los tamaños tubulares frecuentes; R.P. 3.75 Kg/cm ² .
2	15-43	Pardo pálido (10YR 7/4); franco arcilloso arenoso; bloques subangulares; ligeramente duro; raíces ausentes; poros medianos vesiculares y planares pocos; R.P. 4.00 Kg/cm ² .
3	45-85x	Pardo amarillento pálido (10YR 6/4); arcillo arenoso; prismática mediano moderada; duro; raíces ausentes; poros finos vesiculares pocos; R.P. >4.00 Kg/cm ² .

Anexo M

Descripción de calicata 2 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de arado de cincel y pase de rastra pesada con subsoleo realizado en el 2016, Lote Caoba, Pivote Central. Zamorano, Honduras

Calicata: 2 Ubicación: San Nicolás Pivote Central, lote Caoba, Zamorano Fecha de descripción: 07/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-1% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: granos básicos como frijol, sorgo y maíz
---	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-35	Pardo muy pálido (10YR 7/4); arcillo arenoso; bloques subangulares medianos débiles; blando; raíces ausentes; poros finos tubulares frecuentes; R.P. 3.50 Kg/cm ² .
2	35-71x	Pardo amarillento pálido (10YR 6/4); arcillo arenoso; bloques angulares grueso moderado; ligeramente duro; raíces ausentes; poros finos vesiculares pocos; R.P. 4.00 Kg/cm ² .

Anexo N

Descripción de calicata 3 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de arado de cincel y pase de rastra pesada con subsoleo realizado en el 2016, Lote Caoba, Pivote Central. Zamorano, Honduras

Calicata: 3 Ubicación: San Nicolás Pivote Central, lote Caoba, Zamorano Fecha de descripción: 07/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-1% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: granos básicos como frijol, sorgo y maíz
---	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-28	Pardo muy pálido (10YR 7/3); franco arcillo arenoso; bloques subangulares medianos moderados; ligeramente duro; raíces finas pocas; poros medianos tubulares frecuentes; R.P. 3.50 Kg/cm ² .
2	28-55	Pardo amarillento pálido (10YR 6/4); franco arcillo arenoso; bloques subangulares grueso moderado; duro; raíces ausentes; poros finos tubulares frecuentes; R.P. 4.00 Kg/cm ² .
3	55-73x	Pardo pálido (10YR 6/3); arcillo arenoso; bloques subangulares grueso moderado; duro; raíces ausentes; poros finos vesiculares y planares frecuentes; R.P. >4.00 Kg/cm ² .

Anexo O

Descripción de calicata 1 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel sin subsoleo, Lote Laguna, Pivote

Central. Zamorano, Honduras

Calicata: 1 Ubicación: San Nicolás Pivote Central, lote Laguna, Zamorano Fecha de descripción: 07/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-1% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: granos básicos como frijol, sorgo y maíz
--	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-18	Pardo muy pálido (10YR 7/3); franco arenoso; bloques subangulares medianos débiles; blando; raíces ausentes; poros medianos tubulares frecuentes; R.P. 3.00 Kg/cm ² .
2	18-45	Pardo (7.5YR 5/4); franco arenoso; bloques subangulares medianos moderados; blando; raíces ausentes; poros medianos vesiculares y tubulares pocos; R.P. 3.50 Kg/cm ² .
3	45-69x	Pardo oscuro (7.5YR 4/6); areno franca; bloques subangulares finos débiles; duro; raíces ausentes; poros de todos los tamaños tubulares frecuentes; R.P. >4.00 Kg/cm ² .

Anexo P

Descripción de calicata 2 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel sin subsoleo, Lote Laguna, Pivote

Central. Zamorano, Honduras

Calicata: 2 Ubicación: San Nicolás Pivote Central, lote Laguna, Zamorano Fecha de descripción: 07/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-1% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: granos básicos como frijol, sorgo y maíz
--	--



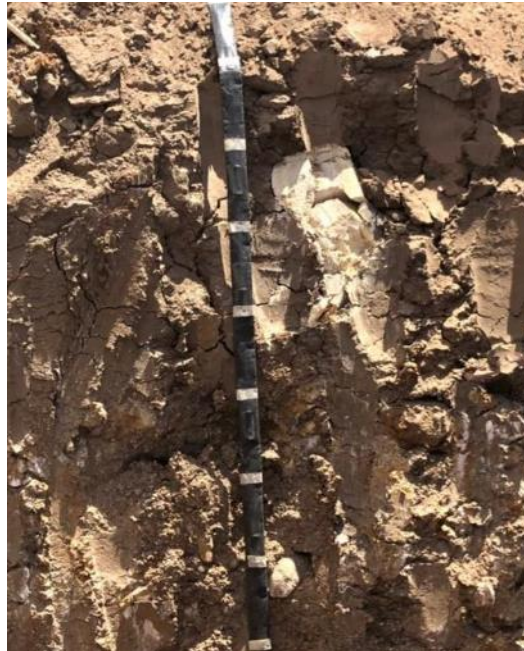
Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-23	Pardo pálido (7.5YR 6/4); franco arenoso; bloques angulares mediano moderado; blando; raíces ausentes; poros medianos tubulares y vesiculares abundantes; R.P. 3.75 Kg/cm ² .
2	23-42	Pardo oscuro (10YR 6/4); franco arcillo arenoso; bloques subangulares y prismáticos medianos moderados; ligeramente duro; poros finos tubulares pocos; R.P. 4.00 Kg/cm ² .
3	42-79x	Pardo amarillento (10YR 5/4); franco arenoso; prismática gruesa fuerte; duro; poros ausentes; R.P. >4.00 Kg/cm ² .

Anexo Q

Descripción de calicata 3 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel sin subsoleo, Lote Laguna, Pivote

Central. Zamorano, Honduras

Calicata: 3 Ubicación: San Nicolás Pivote Central, lote Laguna, Zamorano Fecha de descripción: 07/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-1% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: granos básicos como frijol, sorgo y maíz
--	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-27	Pardo pálido (7.5 6/4); arcillo arenoso; bloques subangulares mediano débil; blando; poros finos vesiculares y planares; R.P. 3.20 Kg/cm ² .
2	27-55	Pardo pálido (7.5YR 6/3); arcillosa; prismático grueso moderada; ligeramente duro; poros finos tubulares frecuentes; R.P. 3.80 Kg/cm ² .
3	55-72x	Pardo amarillento pálido (10YR 6/4); franco arcilloso; bloques subangulares mediano moderado; ligeramente duro; poros medianos vesiculares y tubulares pocos; R.P. 4.00 Kg/cm ² .

Anexo R

Descripción de calicata 1 en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel con subsoleo realizado en el 2016, Lote

Portón, Pivote Central. Zamorano, Honduras

Calicata: 1 Ubicación: San Nicolás Pivote Central, lote Portón, Zamorano Fecha de descripción: 08/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-1% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: granos básicos como frijol, sorgo y maíz
--	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-37	Pardo pálido (7.5YR 6/3); franco; bloques subangulares fino mediano débil; ligeramente duro; poros medianos tubulares frecuentes; R.P. >4.00 Kg/cm ² .
2	37-62	Pardo (7.5YR 5/4); arcilloso; prismático grueso fuerte; duro; poros finos vesiculares pocos; R.P. >4.00 Kg/cm ² .
3	62-71x	Pardo (7.5 5/3); arcilloso arenoso; prismática mediana moderada; ligeramente duro; poros finos tubulares frecuentes; R.P. 4.00 Kg/cm ² .

Anexo S

Descripción de calicata 2 en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel con subsoleo realizado en el 2016, Lote

Portón, Pivote Central. Zamorano, Honduras

Calicata: 2 Ubicación: San Nicolás Pivote Central, lote Portón, Zamorano Fecha de descripción: 08/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-1% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: granos básicos como frijol, sorgo y maíz
--	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-23	Pardo pálido (7.5YR 6/3); franco; bloques angulares medianos moderados; blando; poros medianos tubulares abundantes; R.P. 3.50 Kg/cm ² .
2	23-45	Pardo pálido (7.5YR 6/4); franco arcilloso arenoso, prismática mediano moderado; ligeramente duro; raíces pocas; poros finos vesiculares frecuentes; R.P. >4.00 Kg/cm ² .
3	45-67x	Pardo pálido (10YR 6/3); franco arenoso; prismática gruesa moderada; duro; raíces ausentes; poros finos planares frecuentes. R.P. >4.00 Kg/cm ² .

Anexo T

Descripción de calicata 3 en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel con subsoleo realizado en el 2016, Lote

Portón, Pivote Central. Zamorano, Honduras

Calicata: 3 Ubicación: San Nicolás Pivote Central, lote Portón, Zamorano Fecha de descripción: 08/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-1% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: granos básicos como frijol, sorgo y maíz
--	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-23	Pardo pálido (7.5YR 6/3); franco arenoso; bloques subangulares medianos débiles; blando; raíces finas pocas; poros de todos los tamaños tubulares abundantes; R.P. 3.00 Kg/cm ² .
2	23-58	Pardo pálido (7.5YR 6/4); franco arenoso; bloques subangulares medianos moderados; ligeramente; raíces ausentes; poros medianos vesiculares y tubulares finos; R.P. 3.50 Kg/cm ² .
3	58-70x	Pardo (7.5YR 5/4); areno franca; prismático grueso moderado; duro; raíces ausentes; poros finos vesiculares y planares pocos; R.P. >4.00 Kg/cm ² .

Anexo U

Descripción de calicata 1 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel con subsoleo realizado en el 2016,

Lote Tobiata, Pivote Central. Zamorano, Honduras

Calicata: 1 Ubicación: San Nicolás Pivote Central, lote Tobiata, Zamorano Fecha de descripción: 11/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-1% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: granos básicos como frijol, sorgo y maíz
---	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-19	Pardo amarillento (10YR 6/6); franco arenoso; bloques subangulares fino débil; blando; raíces finas pocas; poros medianos tubulares frecuentes; R.P. 3.60 Kg/cm ² .
2	19-50	Pardo amarillento claro (10YR 6/4); franco arcillo arenoso; bloques subangulares y prismas medianos moderados; ligeramente duro; raíces ausentes; poros finos tubulares pocos; R.P. 4.00 Kg/cm ² .
3	50-72x	Pardo amarillento (10YR 5/4); franco arcillo arenoso; prismas gruesos fuertes; duro; raíces ausentes; poros finos vesiculares pocos; R.P. >4.50 Kg/cm ² .

Anexo V

Descripción de calicata 2 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel con subsoleo realizado en el 2016,

Lote Tobiata, Pivote Central. Zamorano, Honduras

Calicata: 2 Ubicación: San Nicolás Pivote Central, lote Tobiata, Zamorano Fecha de descripción: 11/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-1% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: granos básicos como frijol, sorgo y maíz
---	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-22	Pardo amarillento (10YR 5/6); franco arenoso; bloques subangulares fino débil; blando; raíces medianas abundantes; poros de todos los tamaños tubulares y vesiculares frecuentes; R.P. 3.20 Kg/cm ² .
2	22-59	Pardo amarillento (10YR 6/8); franco arenoso; bloques subangulares fino moderado; blando; raíces ausentes; poros medianos tubulares frecuentes; R.P. 3.75 Kg/cm ² .
3	59-70x	Pardo amarillento (10YR 6/6); areno franca; bloques subangulares mediano moderado; duro; raíces ausentes; poros finos pocos; R.P. >4.50 Kg/cm ² .

Anexo W

Descripción de calicata 3 realizada en el suelo bajo sistema de labranza de pase de rastra pesada y fina y arado de cincel con subsoleo realizado en el 2016,

Lote Tobiata, Pivote Central. Zamorano, Honduras

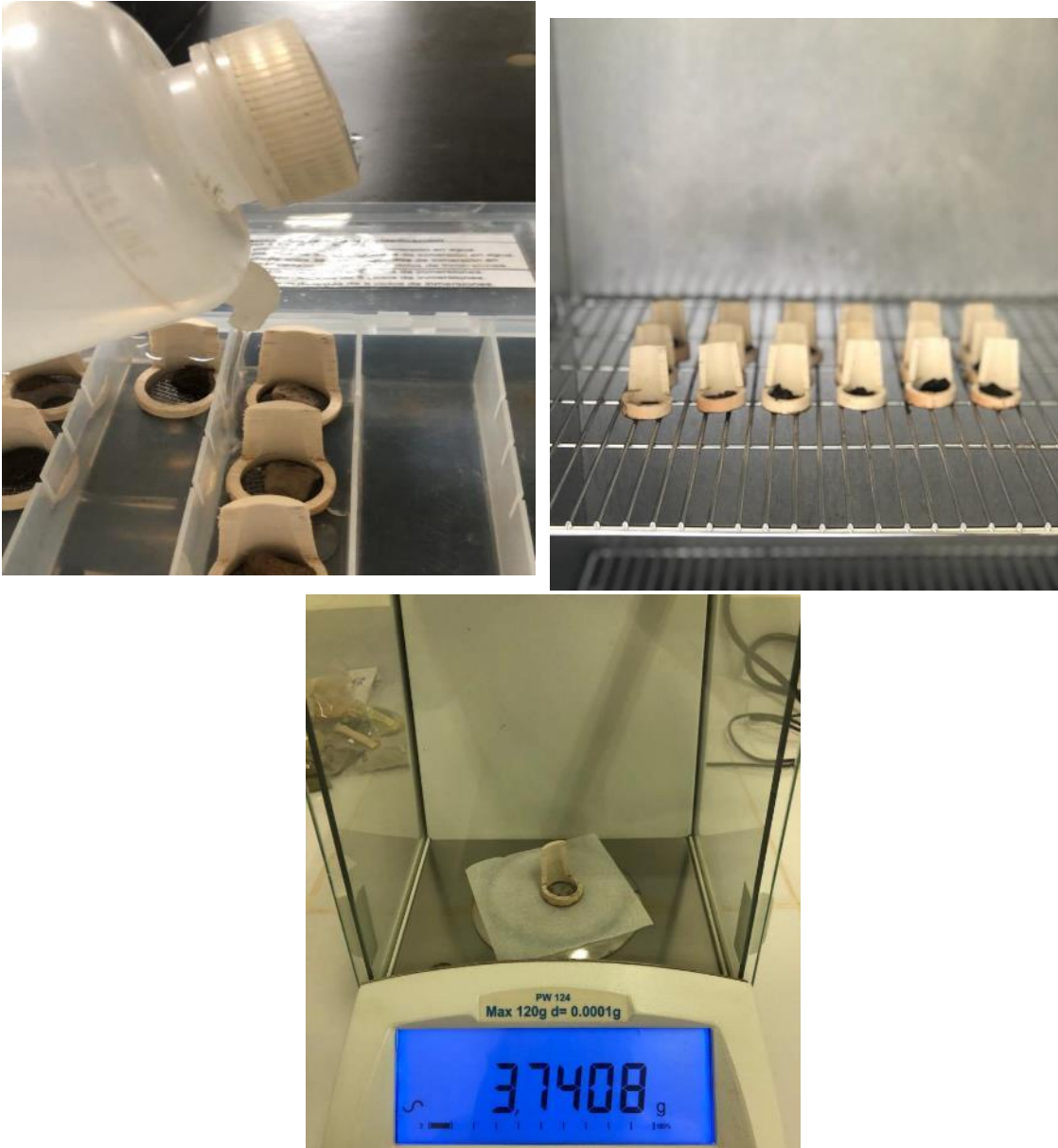
Calicata: 3 Ubicación: San Nicolás Pivote Central, lote Tobiata, Zamorano Fecha de descripción: 11/03/2022 Describió: Guadalupe González	Pendiente: 0-1% Drenaje externo: bien drenado Drenaje interno: bien drenado Uso: granos básicos como frijol, sorgo y maíz
---	--



Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
1	0-23	Pardo (7.5YR 5/4); franco; bloques subangulares medianos débiles; blando; raíces finas pocas; poros medianos tubulares frecuentes; R.P. 3.75 Kg/cm ² .
2	23-48	Pardo claro (7.5YR 6/4); franco arenoso; bloques subangulares medianos débiles; blando; raíces ausentes; poros medianos tubulares y vesiculares abundantes; R.P. 4.00 Kg/cm ² .
3	48-69x	Pardo claro (7.5YR 6/3); franco arenoso; prismático grueso fuerte; ligeramente duro; raíces ausentes; poros finos y pocos; R.P. >4.00 Kg/cm ² .

Anexo X

Determinación de la estabilidad estructural a través de la prueba "slake" para la determinación del efecto de los sistemas de labranza en la estabilidad de los agregados del suelo. Zamorano, Honduras



Anexo Y

Determinación de la textura mediante el método de Bouyoucos en el Laboratorio de Suelos de Zamorano de los lotes evaluados a dos profundidades. Zamorano, Honduras

