

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



**Proyecto Especial de Graduación**  
**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**

**Estudiante**

**Gerzon Oniel Peralta Azmitia**

**Milton Reniel Zelaya Aguilar**

**Asesores**

**Isidro Matamoros, Ph.D.**

**Gloria Arévalo de Gauggel, D.Sc.**

**Celia Odila Trejo, Ph.D.**

**Honduras, agosto 2022**

**Autoridades**

**TANYA MÜLLER GARCÍA**

Rectora

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**CELIA ODILA TREJO RAMOS**

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

## Contenido

|   |    |
|---|----|
| Índice de Cuadros.....  | 4  |
| Índice de Figuras .....   | 5  |
| Índice de Anexos .....  | 6  |
| Resumen .....   | 7  |
| Introducción.....   | 9  |
| Materiales y Métodos .....  | 12 |
| Ubicación .....   | 12 |
| Estimación de la Línea Base de Carbono en el Suelo .....  | 13 |
| Estimación de la Materia Orgánica .....   | 14 |
| Estimación de Carbono Orgánico en Toneladas por Hectárea (t/ha) .....   | 14 |
| Evaluación de Imágenes RGB .....  | 15 |
| Estimación del Carbono Fijado en la Biomasa de la Pastura Utilizando el Software TaurusWebs.....                                  | 15 |
| Diseño Experimental y Análisis Estadístico .....  | 15 |
| Estimación de la Huella de Carbono del Circuito de Pastoreo los Mingos .....  | 16 |
| Resultados y Discusión.....   | 18 |
| Evaluación de CO <sub>2</sub> en la biomasa aérea de las pasturas a diferentes alturas utilizando el software<br>TaurusWebs ..... | 20 |
| Correlación entre COS en el Suelo y CO <sub>2</sub> en la Biomasa Aérea de las Pasturas.....                                      | 20 |
| Estimación de la Huella de Carbono del Área de los Mingos.....  | 22 |
| Conclusiones .....  | 23 |
| Recomendaciones.....  | 24 |
| Referencias.....  | 25 |
| Anexos.....   | 27 |

## Índice de Cuadros

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1 Carbono orgánico en el suelo acumulado a diferentes profundidades en los suelos del circuito de pastoreo de Los Mingos para el establecimiento de la línea base de carbono orgánico en el suelo en la EAP Zamorano, Honduras.....               | 18 |
| Cuadro 2 Comparación del carbono orgánico del suelo (COS) 2017 y 2022 en los suelos del circuito de pastoreo de Los Mingos para el establecimiento de la línea base de carbono orgánico en el suelo en la EAP Zamorano, Honduras.....                    | 19 |
| Cuadro 3 Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) acumulado en la biomasa del pasto calculado por el programa TaurusWebs a partir de las fotografías tomadas a diferentes alturas, en el circuito de pastoreo Los Mingos en la EAP Zamorano, Honduras. .... | 20 |
| Cuadro 4 Correlación entre los datos obtenidos en las estimaciones de CO <sub>2</sub> en la biomasa con el software TaurusWebs y el COS en el suelo en el circuito de pastoreo Los Mingos en la EAP Zamorano, Honduras.....                              | 21 |

### Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 División de circuito de pastoreo Los Mingos para el establecimiento de la línea base de carbono orgánico en el suelo y estimación de la huella de carbono para un sistema de pastoreo racional, EAP Zamorano, Honduras. ....                  | 12 |
| Figura 2 Ubicación de calicatas en el circuito de pastoreo Los Mingos para el establecimiento de la línea base de carbono orgánico en el suelo y estimación de la huella de carbono para un sistema de pastoreo racional, EAP Zamorano, Honduras. .... | 13 |

## Índice de Anexos

|  |    |
|--|----|
| Anexo A Estimación de la huella de carbono en el software TaurusWebs.....                                  | 27 |
| Anexo B Estimación del CO <sub>2</sub> fijado en la biomasa de la pastura con el software TaurusWebs. .... | 28 |
| Anexo C Resultados obtenidos de la aplicación de la prueba Tukey para rangos estudiados (HSD). ..          | 29 |
| Anexo D Resultados del laboratorio de suelos. ....   | 30 |
| Anexo E Imágenes de las calicatas de suelo. ....   | 32 |
| Anexo F Imágenes muestreos con TaurusWebs. ....  | 33 |
| Anexo G Descripción de los perfiles de suelos.....   | 34 |
| Anexo H Densidad aparente del suelo.....   | 44 |

## Resumen

El cambio climático es uno de los mayores problemas que se enfrenta a nivel mundial, la aceleración de los impactos sociales y medioambientales han puesto a la ganadería como una de las principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) , sin embargo, esta demostrado que con un manejo apropiado de cultivos regenerativos y pastoreo, los rumiantes aumentan el secuestro de carbono por pasturas y árboles y reducen el daño ambiental. El objetivo fue establecer la línea base de carbono orgánico en el suelo y estimar la huella de carbono para un sistema de pastoreo racional en el circuito de pastoreo Los Mingos, Zamorano. Se utilizó el software TaurusWebs para estimar la fijación de  $\text{CO}_2/\text{m}^2$  en la biomasa aérea de las pasturas y la huella de carbono mediante la toma de imágenes RGB con dron. Se realizaron calicatas para la descripción y muestreo de suelo. Se obtuvo la línea base de fijación de  $\text{CO}_2$  en la biomasa aérea de las pasturas de  $3.62 \text{ t CO}_2/\text{ha}$  y para carbono orgánico en el suelo (COS) a 30 cm y 70 cm de profundidad de  $107 \text{ t/ha}$  y  $139 \text{ t/ha}$ , respectivamente. La huella de carbono estimada fue  $227,378 \text{ kg CO}_2/\text{año}$  con una fijación de  $211,770 \text{ kg CO}_2/\text{año}$ , reflejando una emisión de  $14.04 \text{ kg de CO}_2$  por  $\text{kg}$  de carne producido al año.

*Palabras claves:* Efecto Invernadero, fijación, TaurusWebs.

### Abstract

Climate change is one of the major issues being faced globally, the accelerating social and environmental impacts have made livestock one of the main sources of greenhouse gas (GHG) emissions. However, it has been demonstrated that with proper regenerative management of crops and grazing, ruminants not only reduce GHG emissions, but also provide essential ecosystem services. Such as, the increase in carbon sequestration by pastures and trees, subsequently, reducing the environmental damage. This research aimed to establish the baseline of the soil organic carbon and estimate the carbon footprint for a rational grazing system in Zamorano. Carbon fixation in the aerial biomass of pastures was estimated, the baseline soil carbon was established, and the carbon footprint was calculated for the Los Mingos grazing circuit. TaurusWebs software was used as a tool to estimate the CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> fixation in the aerial biomass of pastures and the carbon footprint of livestock units through taking RGB images with a drone. In addition, a soil pit was dug to aid with the soil description and sampling. With the implementation of these methodologies, it was found that the baseline for CO<sub>2</sub> fixation in the aerial biomass of pastures of Zamorano is 3.62 T CO<sub>2</sub>/ha and for soil organic carbon (SOC) at 30 cm and 70 cm depth being 107 T/ha and 139 T/ha, respectively. Also, the carbon footprint in the Los Mingos grazing circuit was estimated to be 227,378 kg CO<sub>2</sub>/year with a fixation of 21,170 kg CO<sub>2</sub>/year, which reflects an emission of 14.04 kg CO<sub>2</sub> per kg of meat produced per year. It is essential to establish the carbon baseline to evaluate the effect of good management practices such as rational grazing for the carbon fixation process and mitigate the effect of greenhouse gases.

*Keywords:* Climate change, fixation, sequestration, TaurusWebs.

## Introducción

El crecimiento poblacional va en aumento, en 2019 la población mundial era 7.7 billones de personas, para el 2030 y 2050, se proyecta un aumento de 8.5 y 9.7 billones, respectivamente (United Nations 2019). El cambio climático es uno de los temas con mayor importancia a nivel mundial, según Naciones Unidas (1992), se define como el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. Se estima que las actividades humanas han causado un calentamiento global de aproximadamente 1.0 °C y es probable que el calentamiento global llegue a 1.5 °C entre 2030 y 2050 (Massin et al. 2019).

La aceleración de los impactos sociales y medioambientales del cambio climático han colocado a la ganadería como una de las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero a nivel mundial (Muñoz Rico 2020). El aumento de la población, junto con la necesidad de satisfacer las demandas alimenticias, reflejarían un incremento en la producción de carne bovina a nivel mundial, y esto a su vez, se podría percibir como una amenaza por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, la ganadería no sólo es fuente de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), sino que gracias a su actividad contribuye a que los pastos capturen y almacenen carbono (Muñoz Rico 2020).

Según Teague et al. (2016) los rumiantes no solo reducen las emisiones totales de GEI, sino que también facilitan y proveen servicios ecosistémicos esenciales, aumentan el secuestro de carbono del suelo y reducen el daño ambiental. Además, la ganadería impulsa importantes cambios económicos, sociales y ambientales en los sistemas alimentarios globales, que representa alrededor del 40% del valor agregado en la agricultura mundial. En términos de valor, cinco de los diez principales productos agrícolas son productos de origen animal, además, alrededor de 770 millones de personas que sobreviven con menos de USD 1.90 por día, la mitad depende directamente de la ganadería para su sustento (FAO 2018).

Acorde a la evaluación realizada por Teague et al. (2016), las emisiones de GEI de los rumiantes domésticos a nivel mundial representan el 11.6% del total de emisiones antropogénicas, mientras que los cultivos y las emisiones asociadas al suelo contribuyen con un 13.7%. La fuente principal de las emisiones de GEI asociadas al suelo en la producción agrícola es la erosión del suelo, que solo en los Estados Unidos se estima en 1.72 Gigatonnes (Gt) de suelo erosionado. El suelo es una importante reserva de carbono, conteniendo más carbono que la atmósfera y la vegetación terrestre en conjunto.

El carbono orgánico es esencial para la actividad biológica del suelo. Provee recursos energéticos a los organismos del suelo, mayormente heterótrofos, en forma de carbono lábil. Estos organismos descomponen los residuos orgánicos participando activamente en los ciclos de muchos elementos utilizados por las plantas. Además, participan en la formación y estabilización de la estructura y porosidad del suelo según (Martínez et al. 2008).

El carbono orgánico del suelo (COS) es dinámico, no obstante, los impactos antropogénicos sobre el suelo pueden convertirlo en un sumidero o fuente neta de gases de efecto invernadero (Lefevre et al. 2017) Una vez el carbono entra en el suelo en forma de material orgánico, por acción de los microorganismos, puede persistir en el suelo durante décadas, siglos o incluso milenios. Eventualmente, el COS puede perderse en forma de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) o metano ( $\text{CH}_4$ ) emitido de nuevo a la atmósfera, como material erosionado o como carbono orgánico disuelto que desemboca en ríos y océanos. La dinámica de estos procesos resalta la importancia de cuantificar los flujos globales de carbono para garantizar los máximos beneficios del COS para el bienestar humano, la producción de alimentos y la regulación climática (Lefevre et al. 2017).

El sector ganadero está innovando con la aplicación de nuevas tecnologías que permiten la mejora y el control de las actividades pecuarias, esto es conocido actualmente como Ganadería Inteligente o Ganadería 4.0. En vista de los cambios digitales del nuevo siglo, en esta investigación se utilizó el software TaurusWebs; una herramienta que permite a través de algoritmos estimar la huella de carbono, analizar imágenes RGB de la biomasa aérea de las pasturas y proporciona la cantidad de

dióxido de carbono fijado por las pasturas metro cuadrado. El software ha sido creado por la empresa colombiana Servicios de Análisis de Explotaciones Pecuarias (SADEP) Ltda, cuenta con 93% de precisión en las estimaciones. La herramienta tiene la función de administrar las producciones de leche y carne bovina, originalmente diseñada para alcanzar ganaderías más eficientes en producción, resilientes y amigables con el medio ambiente. El objetivo de este estudio fue establecer la línea base de carbono orgánico en el suelo y estimación de la huella de carbono para un circuito de pastoreo pecuario racional en la EAP Zamorano.

## Materiales y Métodos

### Ubicación

La investigación se realizó en la unidad aprendizaje y producción de ganado de carne de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano que cuenta con temperaturas y precipitaciones medias anuales de media 24.5 °C y 1100 mm, respectivamente; se ubica a una altitud de 800 msnm. El área donde se llevó a cabo el estudio corresponde al circuito de pastoreo nombrado como Los Mingos, el cual cuenta con un área de 5.85 hectáreas, divididas en 26 parcelas de 2,200 m<sup>2</sup> cada una, (Figura 1). El circuito de pastoreo está establecido con pasto Tobiata (*Medathyrus maximus Jacq*), pertenecientes a la familia de las Poáceas, manejado bajo el sistema de pastoreo racional Voisin con un día de ocupación y 25 días de recuperación.

### Figura 1

*División de circuito de pastoreo Los Mingos para el establecimiento de la línea base de carbono orgánico en el suelo y estimación de la huella de carbono para un sistema de pastoreo racional, EAP Zamorano, Honduras.*

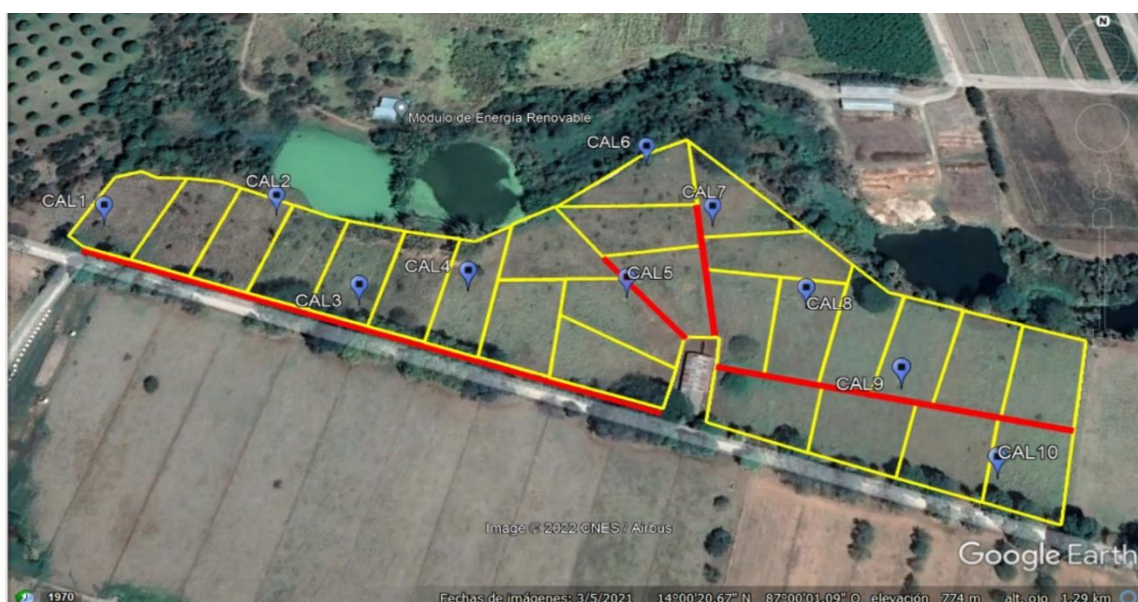


## Estimación de la Línea Base de Carbono en el Suelo

Para evaluar la cantidad de carbono secuestrado en el suelo por parte de los pastos, se procedió a realizar 10 calicatas. Las cuales, fueron ubicadas en el lote (5.85 ha) a una distancia aproximada de entre 50 a 80 m en forma de zigzag y una parcela de por medio, obteniendo una representación de 0.5 ha por calicata, lo cual corresponde a un estudio ultra detallado (Figura 2).

### Figura 2

*Ubicación de calicatas en el circuito de pastoreo Los Mingos para el establecimiento de la línea base de carbono orgánico en el suelo y estimación de la huella de carbono para un sistema de pastoreo racional, EAP Zamorano, Honduras.*



Después de identificar los sitios para las calicatas, se procedió a abrir las mismas con dimensiones de 1 m de ancho por 1 m de largo y una profundidad de 0.7 m, se realizó una descripción completa del perfil, para conocer las condiciones edafológicas del suelo, tales como; identificación de los horizontes (cuchillo edafológico), profundidad de cada horizonte, color (tabla Munsell), descripción de la textura por el método organoléptico, estructura, consistencia, porosidad, presencia de raíces, resistencia a la penetración y porcentaje de rocas (FAO 2009). Estos factores indicaron la calidad y condición en las que se encuentra el suelo. Los 10 perfiles de suelos cuentan con un promedio

de tres a cuatro horizontes, para un total de 39 horizontes descritos, en cada horizonte se tomaron dos muestras de suelo: una muestra indisturbada con densímetro, para determinar la densidad aparente y otra disturbada para ser analizadas en el laboratorio de suelos de Zamorano para conocer la textura, pH y el contenido de carbón orgánico presente en cada horizonte. La densidad aparente del suelo se tomó con la ayuda de un muestreador tipo cilindro metálico con un volumen de 86.75 cm<sup>3</sup>.

### **Estimación de la Materia Orgánica**

La cantidad de carbono orgánico (CO) y la cantidad de materia orgánica (MO) presente en cada horizonte está relacionada entre sí. El carbono orgánico multiplicado por el factor empírico propuesto por Bemmelen (geólogo holandés) que es 1.724, se obtiene el dato de MO. Esto debido a que el porcentaje de MO es igual a 1.724% de C, y se considera que en promedio el 58% del total de materia orgánica es carbono (Martínez et al. 2008)

### **Estimación de Carbono Orgánico en Toneladas por Hectárea (t/ha)**

Para la estimación del carbono orgánico del suelo (COS) expresado en toneladas por hectáreas (ecuación 1) (Gardi et al. 2014). Esta fórmula ha sido utilizada en estudios de estimación de COS por la FAO y por la Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR).

$$\text{COS} = (\text{CO} \times \text{PRO} \times \text{DA}) \times (1 - \text{PED}) \quad [1]$$

Donde:

COS: Carbono orgánico del suelo (t/m<sup>2</sup>).

CO: Contenido de carbono para cada horizonte (%).

PRO: Valor de la capa o profundidad del suelo extraído (m).

DA: Densidad aparente del suelo (t/m<sup>3</sup>).

PED: es la estimación de la frecuencia de pedregosidad de cada horizonte (%).

### **Evaluación de Imágenes RGB**

Se evaluaron 15 parcelas mediante imágenes tomadas con dron (DJI Mavic Mini 2) dotado con cámara RGB, a diferentes alturas (75 m, 100 m, 125 m y 150 m). Las imágenes fueron analizadas con el software TaurusWebs, que permite analizar las imágenes de la finca y sus potreros, capturadas por un dron con cámara RGB, el aplicativo en cuestión consiste en un algoritmo que analiza las longitudes de onda de la imagen digital, generando una imagen algorítmica, en la cual se representa con escalas de color azul los distintos niveles de captación de CO<sub>2</sub>, en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, que tiene la pradera (Ospina 2021) por lo cual, se tomaron tres submuestras de la imagen procesada en cada potrero analizado en el software para obtener datos más precisos (un total de 120 datos) y se calculó un promedio en la lectura de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> que proporciona el software.

### **Estimación del Carbono Fijado en la Biomasa de la Pastura Utilizando el Software TaurusWebs**

Se muestrearon 10 parcelas del circuito de pastoreo racional, las cuales son las mismas muestreadas para los perfiles de suelos. Se tomaron las imágenes a 100 m de altura, que es la altura recomendada por SADEP que es la empresa desarrolladora del Software. Posteriormente fueron analizadas en el software, donde es necesario procesar las imágenes y a través de ellas estimar los kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Haciendo uso del panel de captación de CO<sub>2</sub> el programa realiza la estimación. Es necesario establecer un punto post pastoreo para indicar el remanente que queda del pastoreo y la altura mínima de defoliación que han dejado los animales, con esto mediante algoritmo el programa estima la biomasa producida en cada ciclo y consecuentemente la cantidad de CO<sub>2</sub>. Luego se toma la muestra del pasto que aún no ha sido consumido por los animales y automáticamente el software da la cantidad de kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> fijado por la biomasa aérea, que luego se extrapola a t/ha (Ospina 2021).

### **Diseño Experimental y Análisis Estadístico**

Con los datos de COS de los 10 perfiles a 70 cm de profundidad, se obtuvo un promedio del total del área en toneladas por hectárea y posteriormente se calcularon los datos a 30 cm de

profundidad para establecer la línea base, también se calculó el contenido de COS a 60 cm de profundidad para poder comparar los datos con las calicatas reportadas por Herrera Mosquera (2017). Se aplicó una prueba T con el programa Statistical Analysis System (SAS) para establecer los estadígrafos para las muestras de los diferentes grupos. Además, define las varianzas homogéneas y no homogéneas y por último, establece la prueba de homogeneidad de las varianzas intergrupales.

Mediante el programa SAS se aplicó una prueba de ANDEVA en conjunto con una prueba Tukey (HSD) para analizar la varianza y los rangos estudiados y descubrir si los resultados muestran diferencias significativas en rangos estudiados Tukey (HSD) para encontrar la diferencia estadística entre las diferentes alturas evaluadas.

### **Estimación de la Huella de Carbono del Circuito de Pastoreo Los Mingos**

Comúnmente la huella de carbono se define como la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios de los seres humanos (Schneider y Samaniego 2010). Los gases de efecto invernadero más importantes son el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el monóxido de carbono (CO), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y los óxidos nitrosos y causan en la tierra el mismo efecto que las paredes de cristal producen en un invernadero que impiden la salida del calor provocando el aumento de temperatura en el interior. Conocer la huella de carbono permite tomar medidas para que a través de una ganadería regenerativa se alcancen emisiones neutras de  $\text{CO}_2$ . TaurusWebs calcula la huella de carbono mediante un árbol de análisis de huella de carbono donde muestra los kg de  $\text{CO}_2$  emitidos por el manejo de la finca y los kg de  $\text{CO}_2$  secuestrados por las pasturas y los árboles. Para efectos de esta investigación se utilizó el módulo de ambiente, huella de carbono y específicamente ganaderías de carne. Los datos solicitados por el software son: días en pastoreo (un día), días de recuperación de las pasturas (25), días del año en que las pasturas se pueden desarrollar (260), kg de  $\text{CO}_2$  capturado por  $\text{m}^2$  de pastura (0.362), kg de  $\text{CO}_2$  capturado por árboles por año (780.9 kg capturados por 152 árboles en el lote). Este se estimó según la investigación de Camero Rey (2019), quien indica que el carbono fijado por la biomasa de 160

árboles es de  $822 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , área de pasturas (5.85 Ha), porcentaje de suplementación (1%), porcentaje de proteína cruda (10%), peso promedio de las vacas (268.13 kg), ganancia diaria de peso (0.980 kg). Los datos mencionados se recopilaron de la investigación realizada en la unidad de ganado de carne de Zamorano por Padilla Herrera y Estrada Botero (2021).

## Resultados y Discusión

La línea base de carbono en el suelo a la profundidad de 70 cm es de 139 toneladas de carbono por hectárea en promedio (Cuadro 1). A 30 cm de profundidad es de 107 t/ha. Estos datos concuerdan con los reportados por Madrigal y Zamora (2012) quienes indican que, pasturas mejoradas de alta densidad con árboles acumularon 107.1 toneladas de carbono por hectárea en el suelo. El dato de carbono a esta profundidad es importante de establecer, ya que, según Cerri et al. (2021), los primeros 30 cm del perfil del suelo constituyen la capa más afectada por las prácticas de manejo y el uso de la tierra, esto debido a que es la principal zona de crecimiento radicular y actividad biológica. Por consiguiente, se espera que en esta capa superficial ocurran los mayores cambios de carbono en suelo. Esto justifica que en promedio el 77% del carbono se encuentra en los primeros 30 cm del suelo. Cerri et al. (2021) reportan que la media para los suelos de Centro América a 30 cm de profundidad es de 63.30 t/ha, lo que significa que los resultados de esta investigación están por encima de la media antes mencionada. Esto se debería principalmente al manejo eficiente que se les ha brindado a las pasturas, ya que, en Centro América la mayoría de las pasturas no son mejoradas ni manejadas bajo un sistema de pastoreo racional.

En la comparación de los resultados entre los perfiles de suelos reportados por Herrera Mosquera (2017; 2022), aplicando una prueba T, se encontró que, no existe diferencia ( $P > 0.6168$ ), entre la cantidad de carbono en el suelo reportada en los diferentes años (Cuadro 2).

**Cuadro 1**

*Carbono orgánico en el suelo acumulado a diferentes profundidades en los suelos del circuito de pastoreo de Los Mingos para el establecimiento de la línea base de carbono orgánico en el suelo en la EAP Zamorano, Honduras.*

| N° Perfil | Coordenadas   |               | COS (t/ha) a profundidad de |       |      | COS (%) a profundidad de |      |
|-----------|---------------|---------------|-----------------------------|-------|------|--------------------------|------|
|           | Latitud       | Longitud      | 30 cm                       | 60 cm | 70cm | 30 cm                    | 70cm |
| 1         | 14° 0'22.24"N | 87° 0'10.24"O | 120                         | 158   | 162  | 74                       | 98   |
| 2         | 14° 0'22.56"N | 87° 0'6.98"O  | 115                         | 161   | 167  | 69                       | 97   |
| 3         | 14° 0'20.62"N | 87° 0'5.18"O  | 121                         | 159   | 167  | 72                       | 96   |
| 4         | 14° 0'20.98"N | 87° 0'3.17"O  | 140                         | 162   | 163  | 86                       | 99   |
| 5         | 14° 0'20.93"N | 87° 0'0.19"O  | 85                          | 92    | 94   | 90                       | 98   |
| 6         | 14° 0'23.98"N | 86°59'59.81"O | 112                         | 144   | 154  | 73                       | 93   |
| 7         | 14° 0'22.58"N | 86°59'58.53"O | 79                          | 97    | 103  | 77                       | 94   |
| 8         | 14° 0'20.80"N | 86°59'56.81"O | 102                         | 117   | 126  | 81                       | 93   |
| 9         | 14° 0'19.17"N | 86°59'55.17"O | 89                          | 107   | 109  | 81                       | 98   |
| 10        | 14° 0'17.45"N | 86°59'53.63"O | 104                         | 132   | 147  | 71                       | 90   |
| Promedio  |               |               | 107                         | 133   | 139  | 77                       | 96   |

**Cuadro 2**

*Comparación del del COS (carbono orgánico del suelo) 2017 y 2022 en los suelos del circuito de pastoreo de Los Mingos para el establecimiento de la línea base de carbono orgánico en el suelo en la EAP Zamorano, Honduras.*

| Año   | Profundidad (m) | COS (t/ha) | DS   | CV    | Mínima | Máxima |
|-------|-----------------|------------|------|-------|--------|--------|
| 2017  | 0.6             | 118.7      | 73.3 | 61.76 | 14.66  | 203.9  |
| 2022  | 0.6             | 132.9      | 27.8 | 20.31 | 92     | 162    |
|       |                 | - 14.2     | 52.8 |       |        |        |
| P > F | 0.6168          |            |      |       |        |        |

*Nota.* Profundidad (m); Medias (t/ha); DS= desviación estándar (t/ha); CV= coeficiente de variación (%); Min y Max (t/ha).

No obstante, en los análisis de suelos reportados por Herrera Mosquera (2017) solo comprenden los primeros 20 cm, es decir, solo el primer horizonte, por ende, para conocer el contenido de carbono de los demás horizontes se utilizó la clasificación por medio del color del perfil que establece la FAO en su guía para la descripción de suelo. La presente investigación se diferencia,

puesto que, cuenta con análisis de suelos para cada horizonte. Por lo tanto, puede existir una variación al usar metodologías diferentes, pero con valores cercanos.

### **Evaluación de CO<sub>2</sub> en la Biomasa Aérea de las Pasturas a Diferentes Alturas Utilizando el Software TaurusWebs**

El análisis de imágenes a diferentes alturas no mostró diferencias ( $P > 0.05$ ) para la variable carbono acumulado en la biomasa del pasto (Cuadro 3), indicando que los resultados no difieren cuando se realiza la toma entre alturas de 75 y 150 m.

#### **Cuadro 3**

*Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) acumulado en la biomasa del pasto calculado por el programa TaurusWebs a partir de las fotografías tomadas a diferentes alturas, en el circuito de pastoreo Los Mingos en la EAP Zamorano, Honduras.*

| Altura (m) | CO <sub>2</sub> t/ha |        |        |
|------------|----------------------|--------|--------|
|            | (Media ± D.S)        | Mínima | Máxima |
| 75         | 4.55 ± 0.083         | 3.38   | 6.80   |
| 100        | 4.34 ± 0.080         | 3.30   | 6.34   |
| 125        | 4.15 ± 0.093         | 2.52   | 6.47   |
| 150        | 3.98 ± 0.093         | 2.37   | 6.18   |
| C.V        | 20.67                |        |        |
| P          | 0.08 <sup>n.s</sup>  |        |        |

*Nota.* n.s: no existe diferencia significativa; C.V: coeficiente de varianza (%); P: probabilidad; D.S: desviación estándar (t/ha).

Esto confirma la recomendación de Ospina (2021) que es el gerente general de SADEP la empresa desarrolladora de este programa, que indican que la fotografía se debe tomar a una altura de 100 m. Por lo que, para establecer la línea base de carbono en la biomasa aérea de las pasturas se tomaron las imágenes a dicha altura.

### **Correlación entre COS en el Suelo y CO<sub>2</sub> en la Biomasa Aérea de las Pasturas**

Se aplicó una prueba de correlación entre el COS en el suelo y el carbono fijado en la biomasa y se encontró que no existe correlación ( $P > 0.873$ ) entre ambos factores (Cuadro 4). Esto se debe principalmente a que el carbono en el suelo es el producto de años de acumulación, mientras que el

carbono fijado en la biomasa es una estimación de un ciclo de pastoreo. La pastura analizada con TaurusWebs (un solo ciclo de pastoreo) indica que es capaz de fijar aproximadamente 3.62 toneladas de CO<sub>2</sub>/ha por cada ciclo de pastoreo.

#### **Cuadro 4**

*Correlación entre los datos obtenidos en las estimaciones de CO<sub>2</sub> en la biomasa con el software TaurusWebs y el COS en el suelo en el circuito de pastoreo Los Mingos en la EAP Zamorano, Honduras.*

| Parcelas | CO <sub>2</sub> (t/ha) | COS (t/ha) |
|----------|------------------------|------------|
| 1        | 2.31                   | 162        |
| 3        | 3.50                   | 167        |
| 5        | 4.39                   | 167        |
| 7        | 4.55                   | 163        |
| 10       | 4.31                   | 94         |
| 14       | 3.27                   | 154        |
| 15       | 3.25                   | 103        |
| 19       | 3.85                   | 126        |
| 22       | 3.52                   | 109        |
| 26       | 3.27                   | 147        |
| Promedio | 3.62                   | 139        |

La pregunta para contestar en el futuro es cuánto del carbono fijado por la biomasa se vuelve carbono recalcitrante, con relación con el crecimiento de las pasturas. La fisiología explica que el crecimiento o biomasa aérea es equivalente en la masa radicular. Hernández et al. (2018) mencionan que la producción de biomasa aérea y subterránea de los pastos es similar. Sin embargo, la demanda de reservas para proporcionar el rebrote hace que esas reservas (fijación de carbono) salga o sea usado por la planta. Estos datos también concuerdan con los reportados por Yaranga y Custodio (2013) los que reportan que la fijación de carbono para pastos de especies altoandinas se encontró en cantidades similares en la biomasa aérea y radicular (30.14% a 31.17% y 29.84% a 30.09%),

respectivamente. Se estima que la planta puede ocupar entre 30-70% dependiendo de su manejo y de la altura de la pastura residual y su capacidad de intersección lumínica<sup>1</sup>.

Asumiendo que un 30% -70% de 3.62 toneladas CO<sub>2</sub>/ha (por un ciclo de pastoreo) queda secuestrado en el suelo por 10 ciclos de pastoreo al año, podrían ser hasta 36.2 toneladas de CO<sub>2</sub> fijadas por año/ha, lo cual significa entre 10.86 y 25.34 toneladas de CO<sub>2</sub> secuestrado en el suelo al año o 2.96 -6.91 toneladas de carbono.

### **Estimación de la Huella de Carbono del Área de Los Mingos**

Se encontró que en el circuito de pastoreo Los Mingos hay 152 arboles distribuidos en el área los cuales fijan una cantidad de 780.9 kg de CO<sub>2</sub> eq/año. Este estimó según la investigación de Camero (2020), donde indica que el carbono fijado por la biomasa de los componentes arbóreo es de 822 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

El software TaurusWebs estima que la huella de carbono para el área de Los Mingos (5.85 ha) es de 227,378 kg CO<sub>2</sub>eq/año y la fijación de carbono por parte de la biomasa aérea de las pasturas es de 211,770 kg CO<sub>2</sub>/año. Esto se traduce en una producción de 14.04 kg de CO<sub>2</sub>eq/ kg de carne producido, o 56 kg de CO<sub>2</sub>eq/ kg de proteína de la carne. Estos datos son menores a los reportados por Gerber et al. (2013) quienes indican que la media de emisiones de CO<sub>2</sub>eq/ kg de proteína tanto para carne como leche a nivel mundial es de 295 y 87, respectivamente.

---

<sup>1</sup> Ospina O. 2022. Gerente General de SADEP (Empresa desarrolladora del programa TaurusWebs) oscar.ospina@tauruswebs.com, Secuestro de Carbono. Entrevista personal. 15 de jun. de 2022.

### **Conclusiones**

Se estableció la línea base de carbono en suelo del circuito de pastoreo Los Mingos para correlacionar el carbono fijado en la biomasa aérea de las pasturas y el secuestro de carbono en suelo.

Se estimó la huella de carbono para el circuito de pastoreo Los Mingos, utilizando nuevas tecnologías como el software TaurusWebs, que permite tecnificar los métodos de muestreos y análisis.

Es imprescindible establecer la línea base de carbono para evaluar el efecto de las buenas prácticas de manejo como lo es el pastoreo racional para el proceso de fijación de carbono y mitigar el efecto de las emisiones de GEI.

### **Recomendaciones**

Medir el carbono orgánico presente en el suelo cada año, para establecer una correlación entre el carbono fijado en la biomasa y el carbono secuestrado en el suelo, con imágenes tomadas a la altura de 100 m recomendada por SADEP.

Realizar este estudio en las demás áreas de la unidad de ganado de carne y otras unidades con el fin de establecer la huella de carbono según la actividad que se desarrolle.

Basado en las evidencias que indican que el pastoreo racional aumenta el secuestro de carbono en el suelo, se recomienda realizar el Pastoreo Racional Voisin en las demás áreas de la unidad de ganado de carne y cumplir con las cuatro leyes que son: ley de reposo, ley de la ocupación, ley de rendimientos máximos y ley de requerimientos regulares.

## Referencias

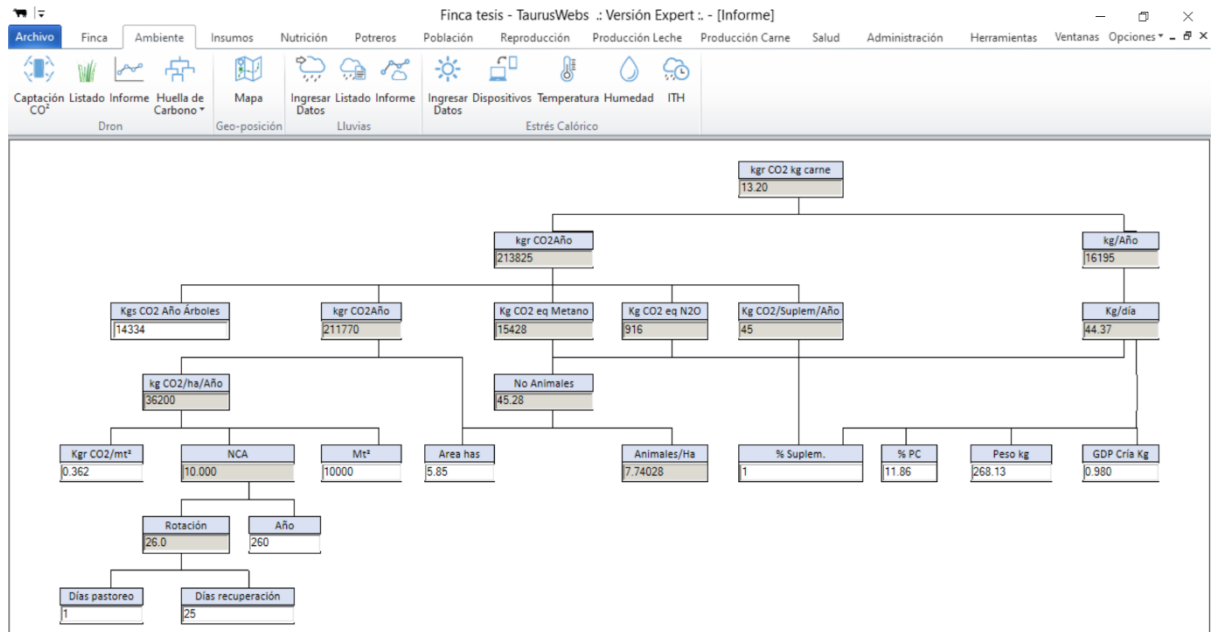
- Camero Rey LA. 2019. Fijación de carbono en un sistema silvopastoril (*Erythrina berteroana* Urban y *Brachiaria brizantha* CV Toledo) de una explotación lechera en la Región Huetar Norte de Costa Rica. *Revista AgroInnovación en el Trópico Húmedo*; [consultado el 11 de jul. de 2022]. 2(2):19–26. es. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/agroinn/article/view/5194>. doi:10.18860/rath.v2i2.5194.
- Cerri C, Cherubin M, Damian J, Mello F, Villareal F. 2021. Secuestro de carbono en el suelo mediante la adopción de prácticas de manejo sostenible: potencial y oportunidad para los países de Las Américas. San José, Costa Rica: IICA. 65 p. ISBN: 978-92-9248-966-3; [consultado el 16 de jun. de 2022]. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/19315/BVE21128138e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2009. Guía para la descripción de suelos. Roma: [sin editorial]; [consultado el 11 de jul. de 2022]. 111 p. <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018. Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe: Gestión del riesgo de desastres en el sector agrícola. Santiago: [sin editorial]; [consultado el 16 de jun. de 2022]. 46 p. <https://www.fao.org/3/i8014ES/i8014es.pdf>.
- Gardi C, Angelini M, Barcelo S, Brefin S, Comerma J, Gaistardo C, (Sin especificar), Jones a, Krasilnikov P, Mendonca M, et al. 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. 176 p. ISBN: 978-92-79-25599-1.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., et al. 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; [consultado el 11 de jul. de 2022]. 153 p. <https://www.fao.org/3/i3437s/i3437s.pdf>.
- Hernández MA, Pando M, Mata R, González H, Chacón J, Gutiérrez M. 2018. Predicción de biomasa radicular en especies de pastizales semiáridos en el sur del Desierto Chihuahuense. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*; [consultado 26/06/22]. 9(50). doi:10.29298/rmcf.v9i50.226.
- Herrera Mosquera MC. 2017. Estimación del contenido de carbono en suelos con diferentes usos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 45 p; [consultado el 17 de jun. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6041/1/IAD-2017-017.pdf>.
- Lefevre C, Rekik F, Alcantara V, Vargas R. 2017. Carbono orgánico del suelo el potencial oculto. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 90 p. ISBN: 978-92-5-309681-7; [consultado el 16 de jun. de 2022].
- Madrigal M, Zamora L. 2012. Fijación de Carbono en Producción Animal. Engormix; [consultado el 20 de jun. de 2022]. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/fijacion-carbono-produccion-animal-t29761.htm>.
- Martínez H E, Fuentes E JP, Acevedo H E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*. 8(1):68–96. doi:10.4067/S0718-27912008000100006.

- Massin V, Otto H, Skea J, Zhai P, Debra R, Shukla P, Pirani A, Pidcock R, Lonnoy E, Maycock T, et al. 2019. Calentamiento global de 1,5 °C. [sin lugar]: Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 32 p. ISBN: 978-92-9169-351-1; [consultado el 16 de jun. de 2022].
- Muñoz Rico A. 2020. La ganadería y su contribución al cambio climático. [sin lugar]: Amigos de la tierra. 36 p. ; [consultado el 11 de jul. de 2022]. <https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2020/09/Informe-Ganaderia-Cambio-climatico-Amigos-de-la-Tierra.pdf>.
- Naciones Unidas. 1992. Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 16 de jun. de 2022]. 27 p. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.
- Ospina N. 2021. TaurusWebs. Colombia: SADEP. 20 p; [consultado el 11 de jul. de 2022]. [https://connectamericas.com/sites/default/files/company\\_files/TAURUSWEBS%20SADEP.pdf](https://connectamericas.com/sites/default/files/company_files/TAURUSWEBS%20SADEP.pdf).
- Padilla Herrera GA, Estrada Botero A. 2021. Evaluación comparativa del desarrollo de toretes en dos grupos raciales mediante un sistema semi-estabulado. Francisco Morazan, Honduras.: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 28 p; [consultado el 11 de jul. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/1f212868-4467-41fd-a0fd-93f5cd8587e4/content>.
- Schneider H, Samaniego J. 2010. La huella de carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Santiago de Chile: Naciones Unidas; [consultado el 11 de jul. de 2022]. 46 p. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf).
- Teague, Apfelbaum S, Lal R, Kreuter UP, Rowntree J, Davies CA, Conser R, Rasmussen M, Hatfield J, Wang T, et al. 2016. The role of ruminants in reducing agriculture's carbon footprint in North America. *Journal of Soil and Water Conservation*; [consultado el 16 de jun. de 2022]. 71(2):156–164. doi:10.2489/jswc.71.2.156.
- United Nations. 2019. World population prospects. New York: United Nations. 39 p. ISBN: 978-92-1-148316-1.
- Yaranga RM, Custodio M. 2013. Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos. *Scientia agropecuaria*; [consultado el 29 de jun. de 2022]. (4):313–319. doi:10.17268/sci.agropecu.2013.04.05.

## Anexos

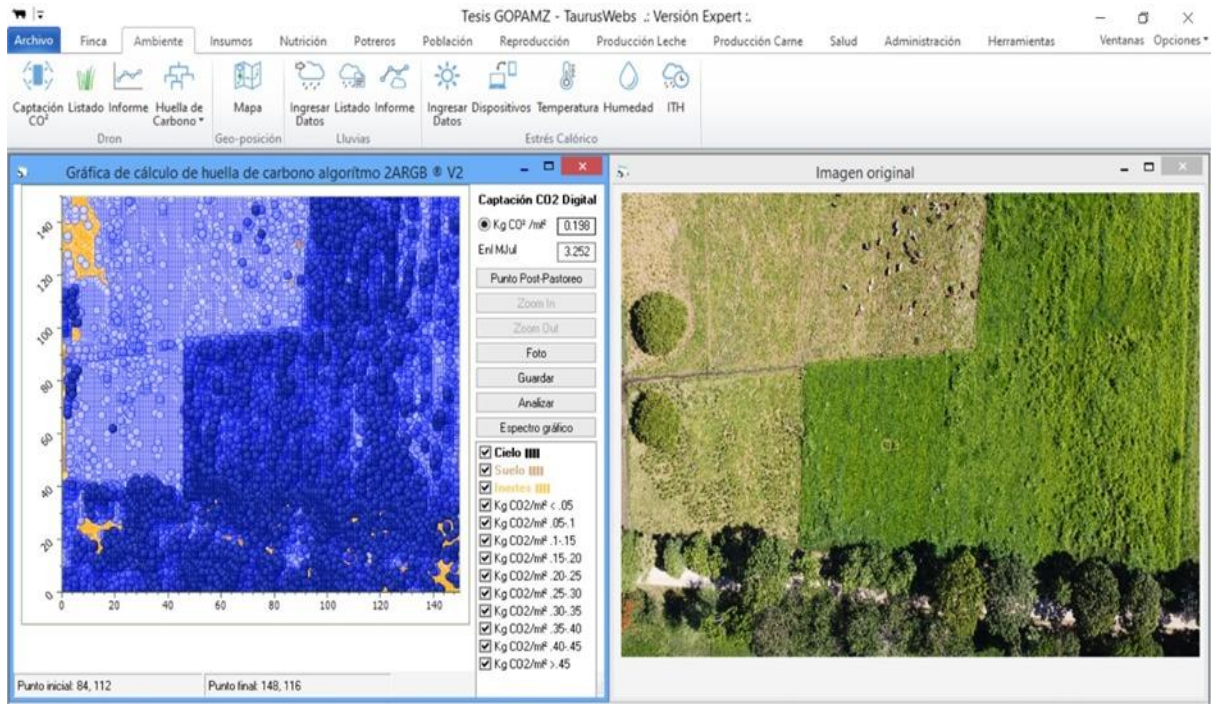
### Anexo A

Estimación de la huella de carbono en el software TaurusWebs.



## Anexo B

*Estimación del CO<sub>2</sub> fijado en la biomasa de la pastura con el software TaurusWebs.*



**Anexo C**

*Resultados obtenidos de la aplicación de la prueba Tukey para rangos estudiados (HSD).*

| <b>Agrupación Tukey</b> | <b>Media (g Cab/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Altura</b> |
|-------------------------|------------------------------------|---------------|
| A                       | 455 ± 83.50                        | 75            |
| A                       | 434 ± 80.36                        | 100           |
| A                       | 415 ± 93.83                        | 125           |
| A                       | 399 ± 93.37                        | 150           |

## Anexo D

## Resultados del laboratorio de suelos.


**LABORATORIO DE SUELOS ZAMORANO**  
**INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

LSZ-F10708-1

Versión V02

Sistema de Gestión de Calidad ISO 17025

| Solicitante           | Fecha Ingreso Muestra | Fecha Envío Informe | Procedencia de la muestra   | Página              |     |   |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|-----|---|
| Tesis Milton Zelaya   | 2021-11-09            | 2022-03-18          | Los Mingos (lote de cabras) | 1 de 2              |     |   |
| Dirección del cliente | N° Lote de Análisis   | Cultivo             | Informe N°                  | Anexo Recomendación |     |   |
| EAP, Zamorano         | 2021-20               | -----               | 2021-300                    | Sí:                 | No: | x |

|        |
|--------|
| Alto   |
| Normal |
| Bajo   |

| Código Interno Lab. | Muestra                        | Textura                | g/100g |      |         | pH*<br>(H <sub>2</sub> O) | g/100g |      |                    |
|---------------------|--------------------------------|------------------------|--------|------|---------|---------------------------|--------|------|--------------------|
|                     |                                |                        | Arena  | Limo | Arcilla |                           | C.O.   | M.O. | N <sub>total</sub> |
| 21-S-2826           | Calicata/Perfil 1, Horizonte 1 | Franco Arenoso         | 64     | 20   | 16      | 6.03                      | 4.05   | 6.99 | 0.35               |
| 21-S-2827           | Calicata/Perfil 1, Horizonte 3 | Franco Arenoso         | 58     | 22   | 20      | 5.93                      | 1.07   | 1.84 | 0.09               |
| 21-S-2828           | Calicata/Perfil 1, Horizonte 4 | Franco                 | 50     | 30   | 20      | 6.13                      | 0.80   | 1.38 | 0.07               |
| 21-S-2829           | Calicata/Perfil 1, Horizonte 5 | Franco                 | 48     | 34   | 18      | 6.35                      | 0.30   | 0.51 | 0.03               |
| 21-S-2830           | Calicata/Perfil 2, Horizonte 1 | Franco                 | 50     | 28   | 22      | 5.30                      | 3.77   | 6.49 | 0.32               |
| 21-S-2831           | Calicata/Perfil 2, Horizonte 2 | Franco Arcillo Arenoso | 52     | 24   | 24      | 5.29                      | 2.47   | 4.26 | 0.21               |
| 21-S-2832           | Calicata/Perfil 2, Horizonte 3 | Franco Arcillo Arenoso | 56     | 22   | 22      | 6.01                      | 1.61   | 2.78 | 0.14               |
| 21-S-2833           | Calicata/Perfil 2, Horizonte 4 | Franco Arcillo Arenoso | 52     | 26   | 22      | 6.04                      | 1.30   | 2.24 | 0.11               |
| 21-S-2834           | Calicata/Perfil 2, Horizonte 5 | Franco Arenoso         | 54     | 30   | 16      | 6.25                      | 0.49   | 0.85 | 0.04               |
| 21-S-2835           | Calicata/Perfil 3, Horizonte 1 | Franco                 | 52     | 28   | 20      | 6.32                      | 3.61   | 6.23 | 0.31               |
| 21-S-2836           | Calicata/Perfil 3, Horizonte 2 | Franco Arcillo Arenoso | 52     | 26   | 22      | 6.01                      | 1.81   | 3.12 | 0.16               |
| 21-S-2837           | Calicata/Perfil 3, Horizonte 3 | Franco                 | 44     | 34   | 22      | 6.09                      | 1.46   | 2.51 | 0.13               |
| 21-S-2838           | Calicata/Perfil 3, Horizonte 4 | Franco Arenoso         | 58     | 24   | 18      | 6.23                      | 0.49   | 0.85 | 0.04               |
| 21-S-2839           | Calicata/Perfil 4, Horizonte 1 | Franco Arenoso         | 56     | 24   | 20      | 5.95                      | 3.85   | 6.63 | 0.33               |
| 21-S-2840           | Calicata/Perfil 4, Horizonte 2 | Franco Arenoso         | 54     | 26   | 20      | 6.08                      | 1.18   | 2.04 | 0.10               |
| 21-S-2841           | Calicata/Perfil 4, Horizonte 3 | Franco Arenoso         | 66     | 20   | 14      | 6.13                      | 0.26   | 0.45 | 0.02               |
| 21-S-2842           | Calicata/Perfil 4, Horizonte 4 | Franco Arenoso         | 70     | 16   | 14      | 6.26                      | 0.07   | 0.12 | 0.01               |
| 21-S-2843           | Calicata/Perfil 5, Horizonte 1 | Franco Arenoso         | 60     | 24   | 16      | 6.13                      | 2.87   | 4.94 | 0.25               |
| 21-S-2844           | Calicata/Perfil 5, Horizonte 2 | Franco Arenoso         | 72     | 14   | 14      | 6.64                      | 0.26   | 0.45 | 0.02               |
| 21-S-2845           | Calicata/Perfil 6, Horizonte 1 | Franco Arenoso         | 58     | 26   | 16      | 6.26                      | 3.30   | 5.69 | 0.28               |
| 21-S-2846           | Calicata/Perfil 6, Horizonte 2 | Franco Arenoso         | 74     | 12   | 14      | 5.98                      | 1.00   | 1.72 | 0.09               |
| 21-S-2847           | Calicata/Perfil 6, Horizonte 4 | Franco                 | 38     | 40   | 22      | 5.74                      | 0.80   | 1.38 | 0.07               |
| 21-S-2848           | Calicata/Perfil 7, Horizonte 1 | Franco Arenoso         | 56     | 26   | 18      | 5.96                      | 2.68   | 4.62 | 0.23               |
| 21-S-2849           | Calicata/Perfil 7, Horizonte 2 | Franco Arenoso         | 54     | 26   | 20      | 6.09                      | 1.15   | 1.97 | 0.10               |
| 21-S-2850           | Calicata/Perfil 7, Horizonte 3 | Franco Arenoso         | 64     | 18   | 18      | 6.43                      | 0.41   | 0.71 | 0.04               |

|                    |      |      |
|--------------------|------|------|
| <b>Rango Medio</b> | 2.00 | 0.20 |
|                    | 4.00 | 0.50 |



**LABORATORIO DE SUELOS ZAMORANO**  
**INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

LSZ-F10708-1  
Versión V02

Sistema de Gestión de Calidad ISO 17025

| Solicitante           | Fecha Ingreso Muestra | Fecha Envío Informe | Procedencia de la muestra   | Página   |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|
| Tesis Milton Zelaya   | 2021-11-09            | 2022-03-18          | Los Mingos (lote de cabras) | 2 de 2   |
| Dirección del cliente | N° Lote de Análisis   | Cultivo             | Informe N°                  | Anexo Recomendación  |
| EAP, Zamorano         | 2021-20               | -----               | 2021-300                    | Sí: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/> |

|  |        |
|--|--------|
|  | Alto   |
|  | Normal |
|  | Bajo   |

| Código Interno Lab. | Muestra                         | Textura        | g/100g |      |         | pH*         | g/100g             |      |      |
|---------------------|---------------------------------|----------------|--------|------|---------|-------------|--------------------|------|------|
|                     |                                 |                | Arena  | Limo | Arcilla |             | (H <sub>2</sub> O) | C.O. | M.O. |
| 21-S-2851           | Calicata/Perfil 7, Horizonte 4  | Franco Arenoso | 64     | 16   | 20      | <b>6.48</b> | 0.38               | 0.65 | 0.03 |
| 21-S-2852           | Calicata/Perfil 8, Horizonte 1  | Franco Arenoso | 60     | 22   | 18      | <b>5.85</b> | 2.77               | 4.78 | 0.24 |
| 21-S-2853           | Calicata/Perfil 8, Horizonte 2  | Franco Arenoso | 66     | 18   | 16      | <b>6.01</b> | 0.53               | 0.92 | 0.05 |
| 21-S-2854           | Calicata/Perfil 9, Horizonte 1  | Franco Arenoso | 56     | 26   | 18      | <b>5.46</b> | 2.22               | 3.83 | 0.19 |
| 21-S-2855           | Calicata/Perfil 9, Horizonte 2  | Franco Arenoso | 62     | 22   | 16      | <b>5.63</b> | 0.53               | 0.91 | 0.05 |
| 21-S-2856           | Calicata/Perfil 9, Horizonte 3  | Franco Arenoso | 68     | 18   | 14      | <b>5.67</b> | 0.30               | 0.52 | 0.03 |
| 21-S-2857           | Calicata/Perfil 10, Horizonte 1 | Franco         | 48     | 32   | 20      | <b>5.54</b> | 3.04               | 5.25 | 0.26 |
| 21-S-2858           | Calicata/Perfil 10, Horizonte 2 | Franco         | 38     | 36   | 26      | <b>5.70</b> | 1.80               | 3.11 | 0.16 |
| 21-S-2859           | Calicata/Perfil 10, Horizonte 3 | Franco Arenoso | 60     | 26   | 14      | <b>6.41</b> | 0.26               | 0.45 | 0.02 |
| 21-S-2860           | Calicata/Perfil 6, Horizonte 3  | -----          | ----   | ---- | ----    | <b>5.71</b> | 0.88               | 1.51 | 0.08 |

|                    |      |      |
|--------------------|------|------|
| <b>Rango Medio</b> | 2.00 | 0.20 |
|                    | 4.00 | 0.50 |

**Métodos:** % Carbono Orgánico : Metodo de Walkley & Black para suelos minerales no salinos. % N total: 5% de M.O. pH: 1:1 en agua: AOAC 994.16 rango de 4,00-10,00. Textura: Metodo de Bouyoucus.

\*Valores de pH en negrita y cursiva se encuentran dentro del Ensayo Acreditado: Ver alcance N° ENS-004 en [oha.hondurascalidad.org](http://oha.hondurascalidad.org)



El laboratorio no se hace responsable por el estado de la muestra al ingresar a nuestras instalaciones. Los resultados se relacionan solo con las muestras recibidas. El laboratorio se exonera de responsabilidad por reproducción parcial o total del informe, o el uso que pueda dársele. El lote de análisis remite la fecha de ejecución de análisis

Responsable del análisis: *E. Aguilar*  
Ing. Eulalia Aguilera Núñez

Vs. Bto.: *RCA*  
Dra. Gloria Arreola de Engel  
Directora Unidad de Suelos



Anexo E

*Imágenes de la descripción de calicatas de suelo.*



**Anexo F**

*Imágenes aéreas del trabajo de muestreo de campo para proceso con el programa TaurusWebs.*



## Anexo G

### Descripción de los perfiles de suelos

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Perfil No:                    | 1   |
| Fecha de descripción:         | 03/11/21  |
| Ubicación:                    | Circuito de pastoreo Los Mingos, EAP Zamorano, Honduras |
| Descrita por:                 | Dr. Gloria de Gauggel, Milton Zelaya y Gerzon Peralta   |
| Posición Geomorfológica:      |   |
| Pendiente:                    | 0 – 2 %, plano  |
| Precipitación anual:          | 1100 mm   |
| Temperatura media anual:      | 24.5 °C   |
| Uso de tierra:                | Ganadería pastoreo                                      |
| Edad del cultivo:             |   |
| Drenaje natural:              | Buen drenaje  |
| Erosión:                      | No  |
| Humedad del suelo:            | Capacidad de campo                                      |
| Características diagnosticas: |   |
| Epipedón:                     | Mólico  |
| Endopedón:                    | Albico/Argílico   |
| Régimen de humedad:           | Ústico  |
| Régimen de temperatura:       | Isohipertermico   |
| Clasificación taxonómica:     | Typic Argiustolls, Franco                               |



| Horizonte | Profundidad | Caracterización   |
|-----------|-------------|---|
| Ap        | 0 – 22      | 10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy Oscuro, Franco; bloques subangulares muy finos moderados; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite claro. R.P 2.5 kg/cm <sup>2</sup>               |
| Cr        | 22 – 28     | 10 YR 4/3 Pardo, roca > 50 %  |
| E         | 28 – 42     | 10 YR 3/4 Pardo amarillento Oscuro, Franco; bloques angulares muy finos moderado; raíces muy finas abundantes raíces finas pocas; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 3.5 kg/cm <sup>2</sup> |
| Bt        | 45 – 58     | 10 YR 3/3 Pardo Oscuro, Franco; bloques subangulares muy finos moderados; raíces muy finas abundantes raíces gruesas pocas; poros tubulares abundantes todo tamaño; muy friable; limite claro. R.P 2.7 kg/cm <sup>2</sup>           |
| Ct        | 58 – 70x    | 10 YR 5/4 Pardo amarillento, Franco; bloques angulares y subangulares muy finos medio débiles; raíces muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; muy friable; limite plano claro. R.P 3.5 kg/cm <sup>2</sup>     |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Perfil No:                    | 2   |
| Fecha de descripción:         | 04/11/21  |
| Ubicación:                    | Circuito de pastoreo Los Mingos, EAP Zamorano, Honduras |
| Descrita por:                 | Milton Zelaya y Gerzon Peralta                          |
| Posición Geomorfológica:      |   |
| Pendiente:                    | 0 – 2 %, plano  |
| Precipitación anual:          | 1100 mm   |
| Temperatura media anual:      | 24.5 °C   |
| Uso de tierra:                | Ganadería pastoreo                                      |
| Edad del cultivo:             |   |
| Drenaje natural:              | Buen drenaje  |
| Erosión:                      | No  |
| Humedad del suelo:            | Capacidad de campo                                      |
| Características diagnósticas: |   |
| Epipedón:                     | Ócrico  |
| Endopedón:                    | Argílico  |
| Régimen de humedad:           | Ústico  |
| Régimen de temperatura:       | Isohipertermico   |
| Clasificación taxonómica:     | Inceptic Haplustalfs, franco                            |



| Horizonte       | Profundidad | Caracterización   |
|-----------------|-------------|---|
| Ap              | 0 – 12      | 10 YR 5/2 Pardo grisáceo, Franco; bloques subangulares medios moderados; raíces finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P > 4.5 kg/cm <sup>2</sup>   |
| E               | 12 – 23     | 10 YR 4/3 Pardo, Franco; bloques angulares a subangulares medios moderados; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano. R.P > 4.5 kg/cm <sup>2</sup>  |
| Bt              | 23 – 38     | 10 YR 2/2 Pardo muy Oscuro, Franco; bloques subangulares a granular medios moderado; raíces finas pocas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; rocas pocas menores 5 cm; friable; limite plano y claro. R.P 4 kg/cm <sup>2</sup> |
| Bt <sub>2</sub> | 38 – 50     | 10 YR 2/2 Pardo muy Oscuro, Franco; bloques angulares a subangulares medios moderados; raíces muy finas abundantes raíces finas pocas; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 3 kg/cm <sup>2</sup>                    |
| C               | 50 – 70x    | 10 YR 5/4 Pardo amarillento, Franco; bloques angulares de diferentes tamaños, moderados, todo tamaño; raíces muy finas abundantes raíces gruesas pocas; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano claro. R.P 2.5 kg/cm <sup>2</sup>   |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Perfil No:                    | 3   |
| Fecha de descripción:         | 04/11/21  |
| Ubicación:                    | Circuito de pastoreo Los Mingos, EAP Zamorano, Honduras |
| Descrita por:                 | Milton Zelaya y Gerzon Peralta                          |
| Posición Geomorfológica:      |   |
| Pendiente:                    | 0 – 2 %, plano  |
| Precipitación anual:          | 1100 mm   |
| Temperatura media anual:      | 24.5 °C   |
| Uso de tierra:                | Ganadería pastoreo                                      |
| Edad del cultivo:             |   |
| Drenaje natural:              | Buen drenaje  |
| Erosión:                      | No  |
| Humedad del suelo:            | Capacidad de campo                                      |
| Características diagnósticas: |   |
| Epipedón:                     | Molico  |
| Endopedón:                    | Argilico  |
| Régimen de humedad:           | Ústico  |
| Régimen de temperatura:       | Isohipertermico   |
| Clasificación taxonómica:     | Inceptic Haplustalfs, franco                            |



| Horizonte | Profundidad | Caracterización  |
|-----------|-------------|--|
| Ap        | 0 – 20      | 10 YR 3/1 Gris muy Oscuro, Franco; bloques subangulares a granular moderados medianos; raíces finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 4 kg/cm <sup>2</sup>  |
| Bt1       | 20 – 33     | 10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro, Franco; bloques angulares moderados medianos; raíces finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano. R.P 4 kg/cm <sup>2</sup>  |
| Bt2       | 33 – 45     | 10 YR 4/1 Gris Oscuro, Franco; bloques angulares a subangulares moderados medianos; raíces finas frecuentes muy finas abundantes gruesas pocas; poros tubulares abundantes y vesiculares frecuentes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 3 kg/cm <sup>2</sup> |
| C         | 45 – 70x    | 10 YR 5/3 Pardo, Franco; bloques subangulares a granulares débil medianos; raíces gruesas y finas frecuentes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite claro. R.P 4 kg/cm <sup>2</sup>  |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Perfil No:                    | 4   |
| Fecha de descripción:         | 05/11/21  |
| Ubicación:                    | Circuito de pastoreo Los Mingos, EAP Zamorano, Honduras |
| Descrita por:                 | Milton Zelaya y Gerzon Peralta                          |
| Posición Geomorfológica:      |   |
| Pendiente:                    | 0 – 2 %, plano  |
| Precipitación anual:          | 1100 mm   |
| Temperatura media anual:      | 24.5 °C   |
| Uso de tierra:                | Ganadería pastoreo                                      |
| Edad del cultivo:             |   |
| Drenaje natural:              | Buen drenaje  |
| Erosión:                      | No  |
| Humedad del suelo:            | Capacidad de campo                                      |
| Características diagnósticas: |   |
| Epipedón:                     | Mólico  |
| Endopedón:                    | Argílico  |
| Régimen de humedad:           | Ustico  |
| Régimen de temperatura:       | Isohipertermico   |
| Clasificación taxonómica:     | Typic Argiustolls, Franco                               |



| Horizonte       | Profundidad | Caracterización  |
|-----------------|-------------|--|
| Ap              | 0 – 28      | 10 YR 2/1 Negro, Franco; bloques subangulares a granulares moderados medianos; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 4 kg/cm <sup>2</sup>                              |
| Bt1             | 28 – 40     | 10 YR 3/3 Pardo oscuro, Franco; bloques angulares a subangulares moderados medianos; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 3 kg/cm <sup>2</sup>                        |
| Bt <sub>2</sub> | 40 – 55     | 10 YR 3/4 Pardo amarillento Oscuro, Franco arenoso; bloques subangulares a granulares débil medianos; raíces muy finas abundantes finas pocas; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 2.5 kg/cm <sup>2</sup> |
| C               | 55 – 70x    | 10 YR 4/6 Pardo amarillento oscuro, Franco arenoso; bloques subangulares a granulares débil medianos; raíces muy finas pocas; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite claro. R.P 3.5 kg/cm <sup>2</sup>                          |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Perfil No:                    | 5   |
| Fecha de descripción:         | 05/11/21  |
| Ubicación:                    | Circuito de pastoreo Los Mingos, EAP Zamorano, Honduras |
| Descrita por:                 | Milton Zelaya y Gerzon Peralta                          |
| Posición Geomorfológica:      |   |
| Pendiente:                    | 0 – 2 %, plano  |
| Precipitación anual:          | 1100 mm   |
| Temperatura media anual:      | 24.5 °C   |
| Uso de tierra:                | Ganadería pastoreo                                      |
| Edad del cultivo:             |   |
| Drenaje natural:              | Buen drenaje  |
| Erosión:                      | No  |
| Humedad del suelo:            | Capacidad de campo                                      |
| Características diagnósticas: |   |
| Epipedón:                     | Ócrico  |
| Endopedón:                    | Cámbico   |
| Régimen de humedad:           | Ústico  |
| Régimen de temperatura:       | Isohipertermico   |
| Clasificación taxonómica:     | Typic Haplustep, Franco/franco grueso                   |



| Horizonte | Profundidad | Caracterización  |
|-----------|-------------|--|
| AP        | 0 – 20      | 10 YR 3/3 Pardo oscuro, Franco; bloques subangulares a granulares moderados medianos; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 3.5 kg/cm <sup>2</sup> |
| Bt        | 20 – 43     | 10 YR 5/4 Pardo amarillento, Franco arenoso; bloques subangulares a granulares moderados medianos; raíces muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano. R.P 2.5 kg/cm <sup>2</sup>    |
| Cr        | 43 – 70x    | Rocas  |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Perfil No:                    | 6   |
| Fecha de descripción:         | 06/11/21  |
| Ubicación:                    | Circuito de pastoreo Los Mingos, EAP Zamorano, Honduras |
| Descrita por:                 | Milton Zelaya y Gerzon Peralta                          |
| Posición Geomorfológica:      |   |
| Pendiente:                    | 0 – 2 %, plano  |
| Precipitación anual:          | 1100 mm   |
| Temperatura media anual:      | 24.5 °C   |
| Uso de tierra:                | Ganadería pastoreo                                      |
| Edad del cultivo:             |   |
| Drenaje natural:              | Buen drenaje  |
| Erosión:                      | No  |
| Humedad del suelo:            | Capacidad de campo                                      |
| Características diagnósticas: |   |
| Epipedón:                     | Molico  |
| Endopedón:                    | Argilico  |
| Régimen de humedad:           | Ustico  |
| Régimen de temperatura:       | Isohipertermico   |
| Clasificación taxonómica:     | Typic Argiustolls, Franco grueso                        |



| Horizonte | Profundidad | Caracterización   |
|-----------|-------------|---|
| Ap        | 0 – 28      | 10 YR 2/1 Negro, Franco; bloques angulares a subangulares moderados medianos; raíces medianas frecuentes y finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 4.5 kg/cm <sup>2</sup>        |
| Bt1       | 28 – 40     | 10 YR 2/2 Pardo muy oscuro, Franco arenoso; bloques subangulares a granulares moderados finos; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 4.5 kg/cm <sup>2</sup> |
| Bt2       | 40 – 53     | 10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro, Franco arenoso; granular débil fino; raíces medianas pocas y abundantes finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 4.5 kg/cm <sup>2</sup>      |
| C         | 53 – 70x    | 10 YR 5/4 Pardo amarillento, Franco; bloques angulares a subangulares moderados medianos; raíces finas y muy abundantes y gruesa pocas; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite claro. R.P 3.5 kg/cm <sup>2</sup>     |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Perfil No:                    | 7   |
| Fecha de descripción:         | 06/11/21  |
| Ubicación:                    | Circuito de pastoreo Los Mingos, EAP Zamorano, Honduras |
| Descrita por:                 | Milton Zelaya y Gerzon Peralta                          |
| Posición Geomorfológica:      |   |
| Pendiente:                    | 0 – 2 %, plano  |
| Precipitación anual:          | 1100 mm   |
| Temperatura media anual:      | 24.5 °C   |
| Uso de tierra:                | Ganadería pastoreo                                      |
| Edad del cultivo:             |   |
| Drenaje natural:              | Buen drenaje  |
| Erosión:                      | No  |
| Humedad del suelo:            | Capacidad de campo                                      |
| Características diagnósticas: |   |
| Epipedón:                     | Ócrico  |
| Endopedón:                    | Argílico  |
| Régimen de humedad:           | Ústico  |
| Régimen de temperatura:       | Isohipertérmico   |
| Clasificación taxonómica:     | Inceptic Haplustalfs, Franco/esqueletal.                |



| Horizonte | Profundidad | Caracterización   |
|-----------|-------------|---|
| Ap        | 0 – 16      | 10 YR 3/1 Gris muy Oscuro, Franco; bloques angulares a subangulares moderados medianos; raíces finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 4.5 kg/cm <sup>2</sup>                        |
| Bt1       | 16 – 30     | 10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro, Franco; bloques subangulares a granulares moderados medianos; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 4.5 kg/cm <sup>2</sup> |
| Bt2       | 30 – 42     | 10 YR 5/6 Pardo amarillento, Franco arenoso; bloques angulares a subangulares moderados medianos; raíces muy finas frecuentes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 4.5 kg/cm <sup>2</sup>          |
| C         | 42 – 70x    | 10 YR 4/6 Pardo amarillento oscuro, Franco arenoso; bloques angulares fuertes gruesos; raíces muy finas pocas; poros tubulares frecuentes todo tamaño; friable; limite claro. R.P 3.5 kg/cm <sup>2</sup>                                  |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Perfil No:                    | 8   |
| Fecha de descripción:         | 06/11/21  |
| Ubicación:                    | Circuito de pastoreo Los Mingos, EAP Zamorano, Honduras |
| Descrita por:                 | Milton Zelaya y Gerzon Peralta                          |
| Posición Geomorfológica:      |   |
| Pendiente:                    | 0 – 2 %, plano  |
| Precipitación anual:          | 1100 mm   |
| Temperatura media anual:      | 24.5 °C   |
| Uso de tierra:                | Ganadería pastoreo                                      |
| Edad del cultivo:             |   |
| Drenaje natural:              | Buen drenaje  |
| Erosión:                      | No  |
| Humedad del suelo:            | Capacidad de campo                                      |
| Características diagnósticas: |   |
| Epipedón:                     | Molico  |
| Endopedón:                    | Cámbico   |
| Régimen de humedad:           | Ústico  |
| Régimen de temperatura:       | Isohipertermico   |
| Clasificación taxonómica:     | Typic Dystrustep, Franco/esqueletal                     |



| Horizonte | Profundidad | Caracterización   |
|-----------|-------------|---|
| Ap        | 0 – 28      | 10 YR 3/4 Pardo amarillento Oscuro, Franco; bloques angulares a subangulares moderados medianos; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 4.5 kg/cm <sup>2</sup> |
| Bt        | 28 – 52     | 10 YR 5/6 Pardo amarillento, Franco; bloques subangulares a granulares moderados medianos; raíces finas pocas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano. R.P 4.5 kg/cm <sup>2</sup>         |
| Cr        | 52 – 70x    | Rocas   |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Perfil No:                    | 9   |
| Fecha de descripción:         | 06/11/21  |
| Ubicación:                    | Circuito de pastoreo Los Mingos, EAP Zamorano, Honduras |
| Descrita por:                 | Milton Zelaya y Gerzon Peralta                          |
| Posición Geomorfológica:      |   |
| Pendiente:                    | 0 – 2 %, plano  |
| Precipitación anual:          | 1100 mm   |
| Temperatura media anual:      | 24.5 °C   |
| Uso de tierra:                | Ganadería pastoreo                                      |
| Edad del cultivo:             |   |
| Drenaje natural:              | Buen drenaje  |
| Erosión:                      | No  |
| Humedad del suelo:            | Capacidad de campo                                      |
| Características diagnósticas: |   |
| Epipedón:                     | Molico  |
| Endopedón:                    | Argílico  |
| Régimen de humedad:           | Ustico  |
| Régimen de temperatura:       | Isohipertermico   |
| Clasificación taxonómica:     | Typic Argialbolls, Franco/ esqueletal.                  |



| Horizonte | Profundidad | Caracterización   |
|-----------|-------------|---|
| Ap        | 0 – 30      | 10 YR 4/3 Pardo, Franco; bloques subangulares a granulares moderados medianos; raíces finas y medianas abundantes; poros tubulares ausentes y vesiculares pocos medianos; friable; limite plano y claro. R.P 4.5 kg/cm <sup>2</sup> |
| Bt1       | 30 – 45     | 10 YR 5/3 Pardo, Franco; bloques subangulares débil medianos; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 3 kg/cm <sup>2</sup>                                  |
| Bt2       | 45 – 60     | 10 YR 6/4 Pardo amarillento claro, Franco arenoso; bloques subangulares débil medianos; raíces finas abundantes; poros vesiculares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 4.5 kg/cm <sup>2</sup>                |
| Cr        | 60 – 70x    | Rocas   |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Perfil No:                    | 10   |
| Fecha de descripción:         | 07/11/21   |
| Ubicación:                    | Circuito de pastoreo Los Mingos, EAP Zamorano, Honduras. |
| Descrita por:                 | Milton Zelaya y Gerzon Peralta                           |
| Posición Geomorfológica:      |  |
| Pendiente:                    | 0 – 2 %, plano   |
| Precipitación anual:          | 1100 mm  |
| Temperatura media anual:      | 24.5 °C  |
| Uso de tierra:                | Ganadería pastoreo                                       |
| Edad del cultivo:             |  |
| Drenaje natural:              | Buen drenaje   |
| Erosión:                      | No   |
| Humedad del suelo:            | Capacidad de campo                                       |
| Características diagnósticas: |  |
| Epipedón:                     | Ócrico   |
| Endopedón:                    | Cámbico  |
| Régimen de humedad:           | Ustico   |
| Régimen de temperatura:       | Isohipertermico  |
| Clasificación taxonómica:     | Typic Dystrustepts, Franco/ Franco grueso.               |



| Horizonte | Profundidad | Caracterización   |
|-----------|-------------|---|
| Ap        | 0 – 25      | 10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro, Franco; bloques subangulares a granulares moderados medianos; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 4.5 kg/cm <sup>2</sup> |
| Bt        | 25 – 45     | 10 YR 3/3 Pardo oscuro, Franco; bloques subangulares a granulares moderados medianos; raíces finas y muy finas abundantes; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 3.7 kg/cm <sup>2</sup>              |
| C         | 45 – 70     | 10 YR 6/2 Gris amarillento claro, Franco arenoso; bloques subangulares débil finos; raíces finas y muy finas pocas; poros tubulares abundantes todo tamaño; friable; limite plano y claro. R.P 4 kg/cm <sup>2</sup>                       |

## Anexo H

*Densidad aparente del suelo*

| Perfil    | Horizonte      | Peso suelo seco | Volumen aparente del suelo | Densidad aparente del suelo |
|-----------|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------|
|           |                | (g)             | (Cm <sup>3</sup> )         | (g/cm <sup>3</sup> )        |
| Perfil 1  | 1              | 110.82          | 86.75                      | 1.28                        |
| Perfil 1  | Mayor 50% roca |                 |                            |                             |
| Perfil 1  | 3              | 126.20          | 86.75                      | 1.45                        |
| Perfil 1  | 4              | 123.02          | 86.75                      | 1.42                        |
| Perfil 1  | 5              | 114.24          | 86.75                      | 1.32                        |
| Perfil 2  | 1              | 114.92          | 86.75                      | 1.32                        |
| Perfil 2  | 2              | 123.79          | 86.75                      | 1.43                        |
| Perfil 2  | 3              | 128.01          | 86.75                      | 1.48                        |
| Perfil 2  | 4              | 118.41          | 86.75                      | 1.36                        |
| Perfil 2  | 5              | 102.26          | 86.75                      | 1.18                        |
| Perfil 3  | 1              | 115.24          | 86.75                      | 1.33                        |
| Perfil 3  | 2              | 118.29          | 86.75                      | 1.36                        |
| Perfil 3  | 3              | 103.07          | 86.75                      | 1.19                        |
| Perfil 3  | 4              | 126.05          | 86.75                      | 1.45                        |
| Perfil 4  | 1              | 109.77          | 86.75                      | 1.27                        |
| Perfil 4  | 2              | 117.00          | 86.75                      | 1.35                        |
| Perfil 4  | 3              | 131.43          | 86.75                      | 1.52                        |
| Perfil 4  | 4              | 138.16          | 86.75                      | 1.59                        |
| Perfil 5  | 1              | 121.98          | 86.75                      | 1.41                        |
| Perfil 5  | 2              | 127.03          | 86.75                      | 1.46                        |
| Perfil 5  | Mayor 50% roca |                 |                            |                             |
| Perfil 6  | 1              | 103.46          | 86.75                      | 1.19                        |
| Perfil 6  | 2              | 96.52           | 86.75                      | 1.11                        |
| Perfil 6  | 3              | 97.05           | 86.75                      | 1.12                        |
| Perfil 6  | 4              | 111.42          | 86.75                      | 1.28                        |
| Perfil 7  | 1              | 115.38          | 86.75                      | 1.33                        |
| Perfil 7  | 2              | 118.76          | 86.75                      | 1.37                        |
| Perfil 7  | 3              | 130.94          | 86.75                      | 1.51                        |
| Perfil 7  | 4              | 131.65          | 86.75                      | 1.52                        |
| Perfil 8  | 1              | 112.27          | 86.75                      | 1.29                        |
| Perfil 8  | 2              | 134.31          | 86.75                      | 1.55                        |
| Perfil 8  | Mayor 50% roca |                 |                            |                             |
| Perfil 9  | 1              | 116.46          | 86.75                      | 1.34                        |
| Perfil 9  | 2              | 124.71          | 86.75                      | 1.44                        |
| Perfil 9  | 3              | 127.85          | 86.75                      | 1.47                        |
| Perfil 9  | Mayor 50% roca |                 |                            |                             |
| Perfil 10 | 1              | 106.37          | 86.75                      | 1.23                        |
| Perfil 10 | 2              | 106.27          | 86.75                      | 1.23                        |
| Perfil 10 | 3              | 123.71          | 86.75                      | 1.43                        |

Nota. Densidad aparente del suelo= peso de suelo seco/ volumen aparente del suelo.