

**Estimación del contenido de carbono en  
suelos con diferentes usos en la Escuela  
Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Melisa Carolina Herrera Mosquera**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO  
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

# **Estimación del contenido de carbono en suelos con diferentes usos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Ambiente y Desarrollo en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Melisa Carolina Herrera Mosquera**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2017

## **Estimación del contenido de carbono en suelos con diferentes usos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Melisa Carolina Herrera Mosquera**

**Resumen.** El cambio climático es uno de los temas que ha tomado auge en los últimos años, las actividades antropogénicas son consideradas las principales prácticas de generación de gases de efecto invernadero (GEI). La mitigación es una acción que disminuye las emisiones de GEI, y el mismo ambiente puede servir como secuestrador de GEI. El suelo es el mayor banco de carbono en el planeta, el carbono orgánico cumple un papel fundamental en el ciclo del carbono en el suelo, además está relacionado con las diferentes propiedades químicas y biológicas del mismo. Los objetivos de este estudio son estimar el contenido de carbono orgánico total en suelos representativos de Zamorano, comparar los diferentes usos de suelos como reservorios de carbono y generar un mapa del contenido de carbono en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se recopiló toda la información disponible sobre análisis de suelos en el Laboratorio de Suelos de Zamorano, se estimó el contenido de carbono a partir de la materia orgánica y se estimó el contenido de carbono en el suelo en t/ha. Se obtuvo como resultado que el 62.6 % de total el áreas estudiada contiene un nivel medio de COS, el 27.3 % contienen un nivel bajo COS y el 10.1% contiene un nivel alto de COS. Los suelos de zamorano presentaron un promedio de COS de 95 (t/ha) para suelos con usos agrícolas y de 145 (t/ha) para suelos con usos ganaderos, esto condicionado por el manejo y tipo de suelo.

**Palabras clave:** Carbono, materia orgánica, suelo, uso de suelo.

**Abstract.** Climate change is one of the issues that has been booming in recent years, anthropogenic activities are considered the main practices of greenhouse gas generation. Mitigation is an action that decreases greenhouse gas emissions and the same environment can serve as a greenhouse gas hijacker. The soil is the largest carbon bank on the planet, organic carbon plays a fundamental role in the carbon cycle in the soil, and is related to the different chemical and biological properties of the same. The objectives of this study are to estimate the total organic carbon content in Zamorano's representative soils, compare the different uses of soils as carbon reservoirs and generate a map of the carbon content in Zamorano. All available information on soil analysis was collected from the Zamorano soil Laboratory. The carbon content was estimated from organic matter and the soil carbon content was estimated in tonnes per hectare. It was obtained as a result that 62.6% of total the studied areas contains an average level of SOC, 27.3% contain a low SOC level and 10.1% contain a high level of SOC. Zamorano soils presented an average SOC of 95 tonnes per hectare for soils with agricultural uses and of 145 tonnes per hectare for soils with livestock uses, this conditioned by the management and type of soil.

**Key words:** Carbon, organic matter, soil, soil use.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos .....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>4</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>28</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>29</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>34</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Clasificación de suelos por familia textural de acuerdo a la profundidad.....	7
2. Estimación del contenido de materia orgánica basado en el color del suelo de la tabla Munsel .....	9
3. Contenido de Carbono Orgánico del Suelo (COS) en los perfiles estudiados a 60cm de profundidad .....	12
4. Carbono orgánico del suelo expresado en t/ha para las fincas estudiadas .....	26
Figuras	Página
1. Mapa de la ubicación del área de estudio.....	4
2. Mapa de la ubicación de calicatas .....	6
3. Relación del punto medido con puntos cercanos .....	11
4. Mapa del contenido de carbono orgánico en el suelo de Zamorano-Honduras	22
5. Mapa de los diferentes usos de suelo en Zamorano .....	25
Anexos	Página
1. Distribución del carbono orgánico (CO) en los suelos de América Latina y el Caribe.....	34
2. Almacenamiento de carbono orgánico en los suelos de Latino América y el Caribe en los primeros 30 cm de profundidad.....	35
3. Relación del contenido de carbono orgánico en el suelo (t/ha) con respecto a la temperatura (°C) .....	36
4. Relación del contenido de carbono orgánico en el suelo (t/ha) con respecto a la altitud (msnm).....	36
5. Relación del contenido de carbono orgánico en el suelo (t/ha) con respecto a la precipitación.....	37
6. Lotes con uso agrícola.....	37
7. Lotes con usos ganaderos.....	38
8. Lotes con barbecho.....	38
9. Almacenamiento de carbono orgánico en los suelos de Latino América y el Caribe (0 - 30 cm).....	39

# 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los temas que ha tomado auge en la actualidad (Alfonso et al., 2016). Según el Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (2007) “la mayor parte del calentamiento global observado durante el siglo XX se debe muy probablemente (90% de confianza) al aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero causado por las sociedades humanas”.

Las actividades antropogénicas están siendo consideradas como las principales prácticas que causan la mayor parte de generación de los gases de efecto invernadero (GEI) (Rodríguez y Mance, 2007), estos al acumularse en la atmósfera pueden producir alteraciones en el planeta (Organización Internacional para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2015). Diferentes estudios acerca del tema pretenden ayudar a la población que se encuentra en lugares altamente vulnerables, esto mediante ideas o acciones que se pueden realizar de manera fácil y rápida a adaptarse o mitigar dichos cambios que se generan por los efectos del cambio climático (Álvarez y Zorrilla, 2007).

La mitigación es una acción que por medio de diferentes actividades pretende disminuir las emisiones de GEI que se generan hacia el ambiente (IPCC, 2015). Esto se puede lograr con actividades como: reforestaciones en zonas con alta tasa de deforestación; conservación, cuidado y manejo sostenible de bosques y selvas; conservación, cuidado y manejo sostenible de los humedales; conservación, cuidado y manejo sostenible de los suelos y otras actividades que están enfocadas en disminuir las emisiones de los GEI hacia el medio ambiente (Sociedad de Conservación de Fauna Silvestre [WCS], 2016).

Estas actividades son un proceso de cambios que las personas deben estar dispuestas a adquirir para ayudar al planeta. Las actividades antropogénicas tradicionales se pueden sustituir a lo largo del tiempo por actividades sostenibles y amigables con el ambiente (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2010), que tengan como principal objetivo la disminución de GEI (Dawidowski, 2014), en varios estudios se ha llegado a la conclusión de que es el mismo ambiente el que puede servir como sumidero o secuestrador de algunos de los GEI más importantes como el dióxido de carbono. Este GEI puede ser secuestrado en el suelo (Grupo del Banco Mundial [WBG], 2012).

El suelo es una capa fina formada a través de la desintegración del material parental por diversos cambios en la temperatura y por acciones del viento y agua (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2015). Esta capa fina está conformada por minerales, materia orgánica, organismos, aire y agua que permiten mantener un equilibrio entre sí. Todo esto con el fin de crear condiciones apropiadas para la flora y fauna que se encuentran presentes en esta capa (FAO, 2009).

El suelo es considerado el mayor banco de carbono en el planeta según Rosa (2008) en el cual se almacena de diferentes formas ya sea como biomasa de raíces, compuestos geoquímicos o en formas estables (Ibrahim et al., 2007). Este es un ente de vital importancia en el ciclo del carbono, el cual permite capturar carbono de la atmósfera y almacenarla en plantas y en el suelo reduciendo las emisiones de GEI (FAO, 2015).

Se han realizado estudios sobre estimaciones del contenido de carbono presente en el suelo, con el fin de conocer la cantidad de carbono que se dejaría de producir al mantenerlos almacenados (Ginzo, 2015). Además, se trata sobre el carbono presente en el suelo y la relación con los usos que este tiene (Pérez et al., 2013). Entre los usos más estudiados tenemos los usos agronómicos, usos forestales o incluso suelos con cobertura natural (Benjamín y Masera, 2001). En relación a la cantidad de carbono almacenado pueden diferir dependiendo el tipo de estudio (Hontoria y Rodríguez, 2004), aún si se realiza en el mismo lugar, ya que el contenido de carbono depende del material de origen, condiciones ambientales del lugar, uso y manejo del suelo (FAO, 2002).

El carbono orgánico está relacionado con las diferentes propiedades químicas y biológicas del suelo, el cual aporta beneficios al mismo (Jimenez et al., 2015), este está presente en la materia orgánica como su mayor integrante (Villegas, 2014). Es por esto que para estimar el contenido de carbono en el suelo en primer instancia debemos conocer el contenido de materia orgánica (Vásquez et al., 2011).

La materia orgánica en el suelo es en sí todo el material orgánico descompuesto que puede encontrarse en diferentes estados dependiendo el tiempo de descomposición (Julca et al., 2006), esta juega un papel importante en propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo permitiendo aporta valiosas propiedades que influyen en su salud y calidad (Carvajal et al., 2009). La materia orgánica tiene un rol importante en la fertilidad del suelo ya que provee de nutrientes y energía para plantas y microorganismos que conforman este elemento (Sales, 2006). Además tiene efecto en la estabilidad, estructura y ayuda a reducir los niveles de erosión que presenta por las diferentes actividades que en el se realizan (Gartzia, 2009).

La relación que existe entre la materia orgánica y los cultivos agrícolas se da por las propiedades químicas que el suelo contiene dependiendo de la cantidad de materia orgánica existente (FAO, 2014). Los cultivos agrícolas dependen de diferentes proporciones de minerales para suplir sus necesidades energéticas (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas [INCA], 2012), la materia orgánica puede generar aumento o disminución en el rendimiento del cultivo, esto debido a que esta ligada a varios factores que influyen en las propiedades del suelo (FAO, 2013).

Con el fin de conocer las relaciones entre materia orgánica y el contenido de carbono en suelos con actividad agrícola, ganadera y barbecho, dependiendo de las propiedades que se puedan encontrar en los análisis realizados a lo largo de los últimos años en los en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, la investigación contó con los siguientes objetivos:

- Estimar el contenido de carbono orgánico total en suelos representativos de Zamorano.
- Comparar los diferentes usos de suelos como reservorios de carbono.
- Generar un mapa del contenido de carbono en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

## 2. METODOLOGÍA

### **Ubicación.**

Este estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. La cual se ubicada en el kilómetro 30 carretera a Danlí a 800 msnm, cuenta con una precipitación anual promedio de 1,200 mm y una temperatura promedio anual de 24°C (Contreras, 2016). Se recopiló toda la información disponible sobre análisis de suelos en el Laboratorio de Suelos de Zamorano (LSZ) que se han hecho desde el año 2008 hasta el año 2016. Este estudio se efectuó durante los meses de mayo a septiembre de 2017. Se tomaron en cuenta las siguientes fincas: Colindres, El Ciruelo, El Espinal, Ficensa, Florencia, La Pista, Los Míngos, Llano de Ocotál, Monte Redondo, Potreros de vaquillas, Rodeo, San Nicolás, La Vega, Zona 1, Zona 2, Zona 3, y Zorrales. Estas fincas se dividen en dos zonas: la zona de producción agrícola y la de producción ganadera. Estas zonas se dividen en lotes que son manejados por diferentes unidades de producción. En estos lotes son los responsables de las unidades los encargados de definir las actividades que se van a realizar durante cada año.

# MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Departamento de  
Ambiente y Desarrollo

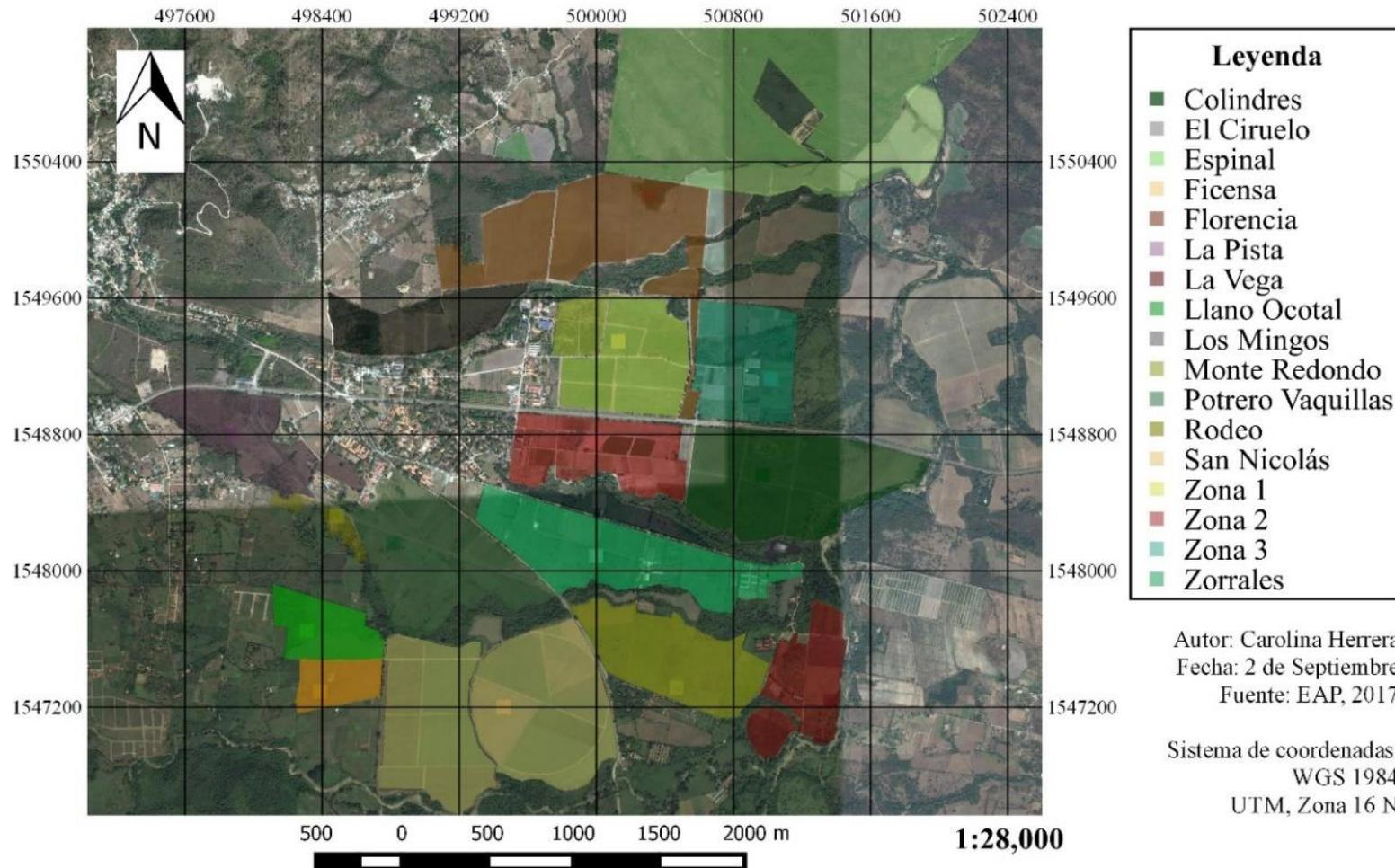


Figura 1. Mapa de la ubicación del área de estudio.

### **Actualización del compendio de los análisis históricos de los suelos agrícolas de Zamorano (2008 – 2016).**

Para realizar las bases de datos que se usaron en este estudio se recopiló toda la información de los proyectos de la clase de nutrición y manejo de suelos de los estudiantes de la carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria desde el año 2008 hasta el año 2016. Estos proyectos contienen información sobre las características físicas y químicas de los suelos productivos más representativos de Zamorano. Se extrajeron datos de 304 calicatas descritas en estos años, dichos datos fueron sobre nomenclatura del horizonte, profundidad, textura, familia textural, color, pendiente, pedregosidad, materia orgánica, densidad aparente y resistencia a la penetración.

### **Clasificación de suelos por usos.**

Las clasificaciones de suelos según sus usos se realizaron mediante consulta en la base de datos de Gerencia de Tierras de la carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, además se realizaron visitas a campo para comprobar si el uso que se le da a los lotes es el mismo que en la base de datos.

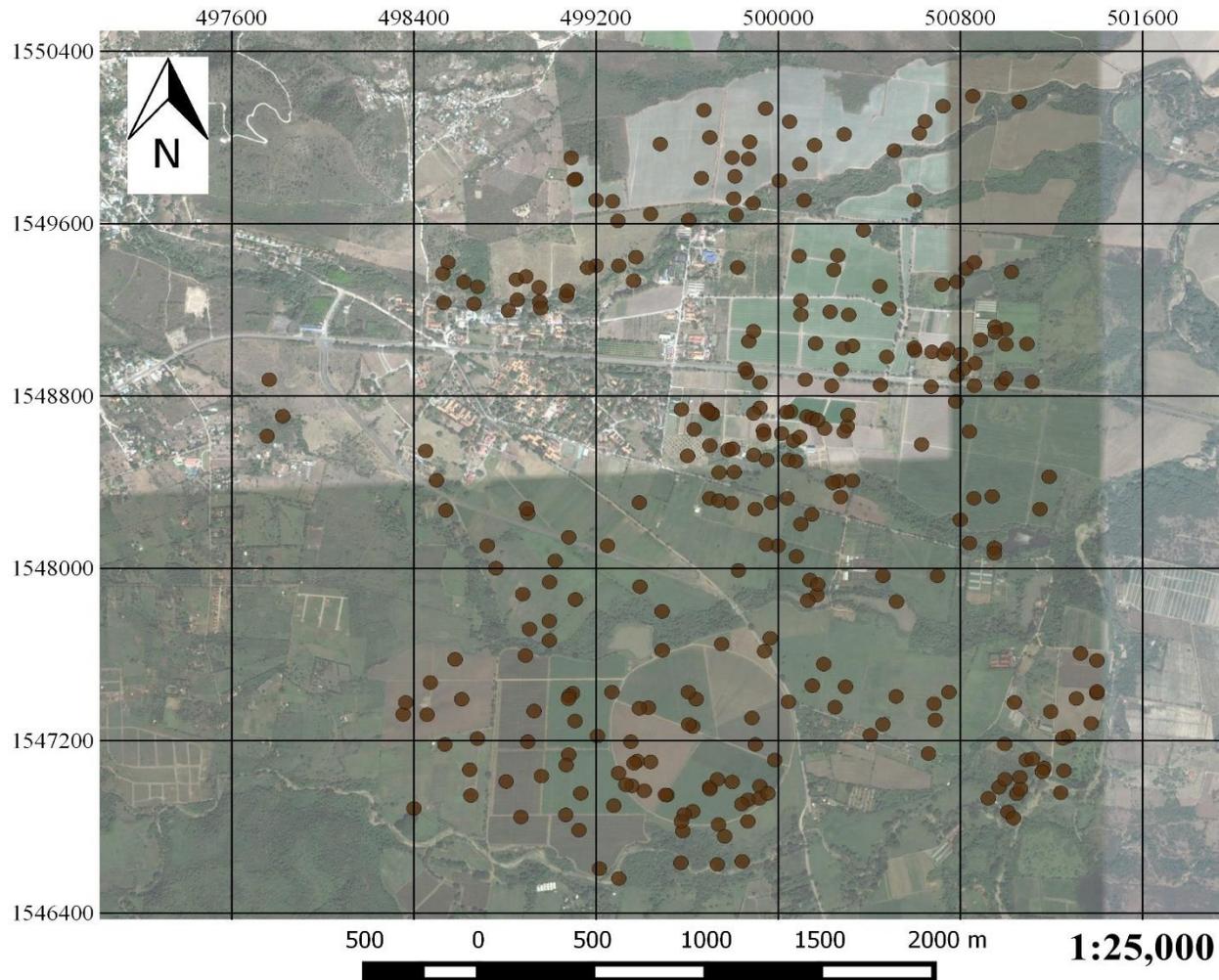
### **Ubicación de calicatas en el programa Google Earth Pro.**

Para conocer la distribución de las calicatas estas fueron ubicadas en el programa Google Earth Pro, el cual permite ubicar lugares en cualquier parte del mundo usando tecnología con imágenes en 3D (Carut y Zappettini, 2009). En este programa se creó un archivo para cada año es decir que en total fueron ocho carpetas las cuales contenían sus respectivas calicatas. Para ubicarlas se revisaron todos los mapas de cada proyecto y se extrajeron las coordenadas con ayuda de la cuadrícula de coordenadas de cada mapa. Cabe recalcar que se omitieron los mapas que no contenían información de coordenadas y los trabajos sin análisis de suelos.

# MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Departamento de  
Ambiente y Desarrollo



**Leyenda**

- Calicatas

Autor: Carolina Herrera  
Fecha: 2 de Septiembre  
Fuente: EAP, 2017

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984  
UTM, Zona 16 N

Figura 2. Mapa de la ubicación de calicatas

### Clasificación de suelos por familia textural.

Después de crear la base de datos de las calicatas con la información de los proyectos, se creó un nuevo archivo en el programa Excel con información sobre los perfiles de suelos clasificados por familia textural. Debido al alto número de clasificaciones existentes se volvieron a reclasificar los perfiles tomando en cuenta la profundidad de cada uno. Para lo cual se utilizó las categorías de profundidad y la nomenclatura para familia textural publicadas en el Manual de laboratorio de Ciencia de Suelos (Arévalo y Gauggel, 2015). Obteniendo un total de 29 clases de familias texturales.

Cuadro 1. Clasificación de suelos por familia textural de acuerdo a la profundidad.

Categoría	Profundidad (cm)	Familia textural
Suelos muy superficiales	0 - 30	(g/G)/G
	0 - 30	(M/G)/G
	0 - 30	[(F- ó F+)/G]/G
Suelos superficiales	0 - 60	(g/G)/G
	0 - 60	M/G
	0 - 60	(F- ó F+)/G
	0 - 60	[(g ó M)/(F- ó F+)/G]
	0 - 60	[(F- ó F+)/(g ó M)]/G
	0 - 60	(M/g)/G
Suelos moderadamente profundos	0 - 90	g/(g/G)
	0 - 90	M/(M/G)
	0 - 90	(F- ó F+)/[(F- ó F+)/G]
	0 - 90	[(g ó M)/(F- ó F+)/[(F- ó F+)/G]
	0 - 90	(g ó M)/[(F- ó F+)/G]
	0 - 90	[(F- ó F+)/(g ó M)]/ [(g ó M)/G]
	0 - 90	(F- ó F+)/[(g ó M)/G]
Suelos profundos	0 - 120	g
	0 - 120	M
	0 - 120	F- ó F+
	0 - 120	[(g ó M)/(F- ó F+)/](F- ó F+)
	0 - 120	(g ó M)/(F- ó F+)
	0 - 120	(g ó M)/[(g ó M)/(F- ó F+)]
	0 - 120	[(F- ó F+)/(g ó M)]/ (g ó M)
	0 - 120	(F- ó F+)/(g ó M)
	0 - 120	[(F- ó F+)/](F- ó F+)/](g ó M)
	0 - 120	g/(g ó M)
	0 - 120	[(F- ó F+)/](M ó g)]/ (F- ó F+)
	0 - 120	M/g
	0 - 120	(M/g)/(M ó g)

Nota: M (Texturas francas), F- (Texturas con arcillas livianas), F+ (Texturas con arcillas pesadas), G (Piedra y grava) y g (Arena y arena gruesa).

**Base de datos materia orgánica.**

Se extrajeron los resultados de los análisis de laboratorio de las calicatas para conocer el porcentaje de materia orgánica presente en cada una de estas. Todos los análisis de suelos que se encontraron en los proyectos fueron realizados en el Laboratorio de Suelos de Zamorano. Hay que tomar en cuenta que el resultado de los análisis solo cubre los primeros 20 cm del perfil. Estos datos de materia orgánica fueron ordenados en un archivo de Excel para estimar el contenido de carbono orgánico presente en el primer horizonte de cada calicata.

**Estimación del contenido de materia orgánica por medio de textura y color.**

Los análisis de suelos solo comprenden los primeros 20 cm, es decir solo el primer horizonte. Las calicatas de este estudio tienen un promedio de cuatro o cinco horizontes descritos, 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. Dicha estimación de materia orgánica está relacionada con la textura y el color haciendo énfasis en que el color va a derivar de la combinación de materias orgánicas que presentan colores oscuros y de materiales minerales que presentan colores más claros (FAO, 2009). Esta estimación se la realizó para todos los horizontes. En el caso del primer horizonte del cual ya se conocía el dato de materia orgánica se comparó los resultados para conocer si se acercaban al estimado por la tabla.

Cuadro 2. Estimación del contenido de materia orgánica basado en el color del suelo de la tabla Munsell.

Color	Valor Munsell	Suelos húmedos			Suelos secos		
		A	AF, FA, F	FL, L, FYL, FY, FYA, YL, Y	A	AF, FA, F	FL, L, FYL, FY, FYA, YA, YL, Y
(%)							
Gris claro	7				< 0,3	< 0,5	< 0,6
					0,3 - 0,6	0,5 - 0,8	0,6 - 1,2
Gris claro	6,5				0,6 - 1	0,8 - 1,2	1,2 - 2
Gris	6				1 - 1,5	1,2 - 2	2 - 3
Gris	5,5			< 0,3	1,5 - 2	2 - 4	3 - 4
Gris	5	< 0,3	< 0,4	0,3 - 0,6	2 - 3	4 - 6	4 - 6
Gris oscuro	4,5	0,3 - 0,6	0,4 - 0,6	0,6 - 0,9	3 - 5	6 - 9	6 - 9
Gris oscuro	4	0,6 - 0,9	0,6 - 1	0,9 - 1,5	5 - 8	9 - 15	9 - 15
Gris negro	3,5	0,9 - 1,5	1 - 2	1,5 - 3	8 - 12	> 15	> 15
Gris negro	3	1,5 - 3	2 - 4	3 - 5	> 12		
Negro	2,5	3 - 6	> 4	> 5			
Negro	2	> 6					

Nota: Si el croma está entre 3,5 - 6, adicionar 0,5 al valor; si el croma es > 6, adicionar 1.0 al valor. A (arenoso), AF (arena franca), FA (franco arenoso), F (franco), FL (franco limoso), L (limoso), FYL (franco arcillo limoso), FY (franco arcilloso), FYA (franco arcillo arenoso), YL (arcillo limoso), Y (arcilloso).

Fuente: Adatado de Schichting, Blume y Stahr (1995).

### Estimación del contenido de carbono derivado de materia orgánica.

Para la estimación de carbono se utilizó el archivo con los datos de materia orgánica. Esta estimación se realizó mediante la división entre la materia orgánica y el factor empírico propuesto por Benmelen que equivale a 1.724, esto debido a que se relaciona la materia orgánica con el carbono, ya que él %MO es igual a 1.724 %C, y se considera que en promedio el 58% del total de materia orgánica es carbono. (Martínez, Fuentes y Acevedo, 2008). Estos datos de carbono orgánico se adjuntaron al archivo de Excel para calcular el valor de carbono presente en los horizontes.

### Estimación de carbono orgánico en toneladas por hectárea (t/ha).

Para la estimación de carbono orgánico del suelo (COS) expresado en toneladas por hectárea se utilizó la base de datos de calicatas la cual contenía la información de todos los horizontes estudiados. Para conocer el valor de carbono se utilizó la ecuación 1, la cual fue extraída del Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Esta fórmula ha sido utilizada en estudios de estimación de COS por la FAO y por la Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR) para calcular la cantidad de carbono en el suelo (Centro Común de Investigación [JRC], 2014).

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

En donde:

1. COS = Carbono orgánico del suelo (t/m<sup>2</sup>).
2. CO: es el contenido de carbono estimado a partir de materia orgánica para cada horizonte (%).
3. PRO: es el valor de la capa o profundidad del suelo extraído (m).
4. DA: es la densidad aparente del suelo (t/m<sup>3</sup>).
5. PED: es la estimación de la frecuencia de pedregosidad de cada horizonte (%).

Los datos obtenidos están expresados en toneladas por metro cuadrado (t/m<sup>2</sup>). Se creó un archivo Excel con los datos de COS de los 1,209 horizontes, para una mejor interpretación de los resultados se estandarizaron todos los horizontes hasta 60 cm. Posterior a esto se sumaron todos los datos de cada perfil hasta esta profundidad, obteniendo un dato de COS en (t/m<sup>2</sup>) para los 304 perfiles. Al final se pasaron los datos de (t/m<sup>2</sup>) a (t/ha). Además de los datos de COS de los perfiles se adjuntaron las coordenadas para la elaboración de los mapas.

#### **Estimación de carbono orgánico por zonas.**

Con los datos de COS de todos los perfiles se agruparon por zonas, después de esto se promediaron los datos de COS en toneladas por hectárea para cada zona. Se agregó el área de cada zona estudiada y se multiplicó el COS en toneladas por hectárea por el total de hectáreas de cada zona. Al final se creó un archivo con los datos de COS presente en cada zona y COS presente en Zamorano.

#### **Creación de mapas.**

Para la representación de los resultados en el mapa se establecieron 11 rangos de contenido de carbono: <24.9, 25 - 49.9, 50 - 74.9, 75 - 99.9, 100 - 124.9, 125 - 149.9, 150 - 174.9, 175 - 199.9, 200 - 224.9, 225 - 249.9, y >250, todos expresados en (t/ha). Se establecieron tres niveles de contenido de carbono que fueron: alto (>200 t/ha), medio (100 – 200 t/ha) y bajo (<100 t/ha). Para establecer estos niveles se hizo énfasis en el uso que se le está dando al suelo, en este caso se establece que los suelos con usos agrícolas y ganaderos pueden contener de 1 al 10% de materia orgánica es decir que en carbono orgánico el rango va de 0.01 hasta 0.17% (Fassbender y Bornimisza, 1987).

Para expresar los resultados obtenidos en las clasificaciones de usos de suelos y sobre el contenido de carbono se crearon mapas mediante programas de sistemas de información geográfica (SIG). Los SIG permiten una relación entre datos geográficos y estadística espacial o geoestadística (Fortis et al., 2010), con el fin de representar gráficamente datos espaciales (Dávila, 2016). Este trabajo fue realizado en el laboratorio de SIG ubicado en la carrera de Ambiente y Desarrollo. El programa que se utilizó fue ArcGIS 10.4 y QGIS 2.10.1.

Para la elaboración de los mapas de familias texturales y de carbono orgánico se utilizó métodos geoestadísticos para interpolar los datos de las calicatas, estos métodos permiten estimar datos desconocidos a partir de un punto cercano conocido. Con ayuda de la herramienta kriging se interpolaron los valores desconocidos, esta es una de las herramientas de interpolación más confiables de geoestadística (Zavaleta, 2010). A continuación se muestra un ejemplo de cómo funciona el método de geoestadística utilizado, este método toma en cuenta los puntos cercanos y relaciona la información de cada uno de estos, ponderando la información de los datos conocidos a los datos no conocidos con un alto nivel de confianza (Figura 3) (Gallardo, 2006).

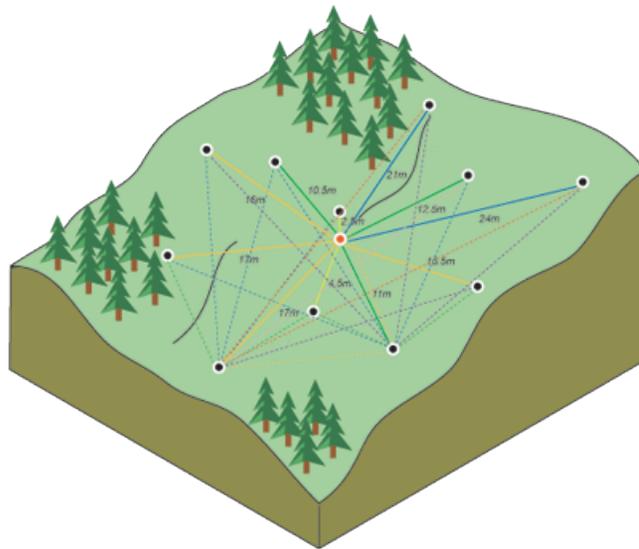


Figura 3. Relación del punto medido con puntos cercanos.  
Fuente: Gallardo (2006).

Para elaborar el mapa de usos de suelo se utilizó el programa QGIS en el cual con ayuda de la herramienta de georreferenciación la cual nos permite asociar la información de la imagen de Google Earth Pro y el programa QGIS (Cabrera y Morales, 2014). Con esta herramienta se agregó la imagen del campo de Zamorano estudiado y además se agregó el archivo de los lotes, que pasó de archivo tipo kml a archivo tipo shapefile para poder elaborar el mapa. Se propinó colores diferentes a los lotes en el caso de uso agrícola el color fue verde y en el caso de uso en ganadería el color fue café.

#### **Análisis estadístico.**

Se utilizó estadística descriptiva para calcular promedios y sumatoria.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **Rangos de contenido de carbono orgánico en los suelos de Zamorano.**

El área total de muestreo fue de 836 ha, divididas en las 12 zonas con sus respectivos lotes. En el estudio se recopiló información de 304 calicatas, de las cuales se extrajo un promedio de tres a cuatro horizontes con sus respectivas descripciones, obteniendo como resultado el estudio de 1,209 horizontes. El contenido de carbono orgánico del suelo (COS) a 60 cm de profundidad osciló entre 6.07 y 450 toneladas de COS/ha (cuadro 3). Cabe anotar que la cantidad total de COS en cada suelo depende de la profundidad efectiva del suelo en sí y la variabilidad textural (cuadro 1).

Cuadro 3. Contenido de COS en los perfiles estudiados a 60 cm de profundidad

N° Perfil	Zona	Profundidad (cm)	CO (t/ha)	Coordenadas	
				X	Y
1	Colindres	60	204.70	1548370	501150
2	Colindres	60	106.36	1548190	500950
3	Colindres	60	180.10	1548320	500800
4	Colindres	60	98.45	1548670	500630
5	Colindres	60	66.81	1548730	500840
6	Colindres	60	152.49	1548520	501190
7	El Ciruelo	60	92.88	1548420	500860
8	El Ciruelo	60	149.83	1548429	500940
9	El Ciruelo	60	140.50	1548165	500950
10	El Ciruelo	60	139.35	1548212	500840
11	El Ciruelo	60	130.30	1549500	499200
12	El Ciruelo	60	86.34	1549360	499070
13	El Ciruelo	60	180.58	1549540	499375
14	El Ciruelo	60	147.17	1549430	499365
15	El Ciruelo	60	150.89	1549436	498850
16	El Ciruelo	60	119.06	1549333	498953
17	El Ciruelo	60	156.74	1549292	498815
18	El Ciruelo	60	52.99	1549303	498957
19	El Ciruelo	60	106.99	1549342	498854
20	El Ciruelo	60	135.61	1549400	498950
21	El Ciruelo	60	73.48	1549450	498892
22	El Ciruelo	60	188.46	1549464	498527
23	El Ciruelo	60	180.58	1549402	498680
24	El Ciruelo	60	117.10	1549323	498664

N° Perfil	Zona	Profundidad (cm)	CO (t/ha)	Coordenadas	
				X	Y
25	El Ciruelo	60	128.74	1549500	499300
26	El Ciruelo	60	165.95	1549384	499074
27	El Ciruelo	60	110.31	1549490	499163
28	El Ciruelo	60	78.71	1549515	498550
29	El Ciruelo	60	119.70	1549424	498620
30	El Ciruelo	60	23.05	1549328	498532
31	El Espinal	60	105.89	1547304	498679
32	El Espinal	60	116.85	1547417	498353
33	El Espinal	60	114.77	1547672	498581
34	El Espinal	60	111.59	1547160	498645
35	El Espinal	60	30.79	1547040	498650
36	El Espinal	60	48.48	1546980	498400
37	El Espinal	60	77.40	1547487	498610
38	El Espinal	60	93.86	1547472	498364
39	El Espinal	60	7.76	1547564	498472
40	Ficensa	60	133.86	1547277	498536
41	Ficensa	60	183.40	1547415	498458
42	Florencia	60	280.74	1549790	499890
43	Florencia	60	202.13	1549996	499870
44	Florencia	60	153.19	1550230	499945
45	Florencia	60	132.60	1550002	499798
46	Florencia	60	197.14	1549915	499810
47	Florencia	60	159.50	1549812	499805
48	Florencia	60	171.19	1550115	500620
49	Florencia	60	194.30	1549805	500597
50	Florencia	60	179.62	1549665	500375
51	Florencia	60	156.56	1549903	499111
52	Florencia	60	150.97	1549799	499273
53	Florencia	60	96.03	1550222	499674
54	Florencia	60	106.02	1549735	499815
55	Florencia	60	116.52	1550075	499875
56	Florencia	60	107.43	1550060	500160
57	Florencia	60	166.87	1549895	500005
58	Florencia	60	95.10	1550110	500290
59	Florencia	60	153.40	1550035	500510
60	Florencia	60	171.30	1550170	500645
61	Florencia	60	87.10	1549708	499296
62	Florencia	60	227.78	1549740	499440
63	Florencia	60	84.03	1549803	500114
64	Florencia	60	125.38	1549972	500096
65	Florencia	60	104.77	1550169	500050
66	Florencia	60	93.93	1549804	499200
67	Florencia	60	147.90	1549899	499104
68	Florencia	60	82.36	1550001	499091

N° Perfil	Zona	Profundidad (cm)	CO (t/ha)	Coordenadas	
				X	Y
69	Florencia	60	135.24	1549712	499607
70	Florencia	60	96.28	1549907	499663
71	Florencia	60	96.94	1550096	499700
72	Florencia	60	100.35	1550065	499482
73	La Pista	60	99.60	1548971	497764
74	La Pista	60	84.61	1548801	497824
75	La Pista	60	115.29	1548709	497755
76	La Vega	60	152.90	1547280	500995
77	La Vega	60	241.56	1547167	501168
78	La Vega	60	35.63	1547155	501255
79	La Vega	60	14.66	1547053	501241
80	La Vega	60	145.79	1547125	501062
81	La Vega	60	190.08	1547078	500970
82	La Vega	60	104.36	1547027	500923
83	La Vega	60	92.27	1546963	501009
84	La Vega	60	223.07	1547150	501160
85	La Vega	60	120.46	1547205	501090
86	La Vega	60	156.86	1547700	501328
87	La Vega	60	176.15	1547667	501400
88	La Vega	60	116.27	1547515	501400
89	La Vega	60	68.05	1547490	501310
90	La Vega	60	199.43	1547315	501275
91	La Vega	60	240.68	1547472	501038
92	La Vega	60	88.58	1547429	501197
93	La Vega	60	228.20	1547210	501117
94	La Vega	60	240.81	1547305	501250
95	La Vega	60	194.99	1547375	501375
96	La Vega	60	156.38	1547523	501400
97	La Vega	60	93.51	1549137	501093
98	La Vega	60	147.47	1547048	501048
99	La Vega	60	93.13	1547070	501064
100	La Vega	60	187.34	1546935	501034
101	La Vega	60	99.03	1547115	500996
102	Llano de Ocotal	60	68.45	1550241	500724
103	Llano de Ocotal	60	95.11	1550288	500855
104	Llano de Ocotal	60	46.61	1550261	501059
105	Los Mingos	60	34.04	1548400	499970
106	Los Mingos	60	14.66	1548345	500148
107	Los Mingos	60	203.91	1548420	499700
108	Los Mingos	60	118.94	1548409	499740
109	Los Mingos	60	200.67	1548398	499795
110	Los Mingos	60	168.64	1548370	499900
111	Los Mingos	60	94.87	1548540	499740

N° Perfil	Zona	Profundidad (cm)	CO (t/ha)	Coordenadas	
				X	Y
112	Los Mingos	60	141.37	1548420	500040
113	Los Mingos	60	67.33	1548300	500100
114	Monte Redondo	60	170.66	1547370	500460
115	Monte Redondo	60	138.57	1547466	500685
116	Monte Redondo	60	199.86	1547500	500518
117	Monte Redondo	60	131.64	1547390	500690
118	Monte Redondo	60	204.65	1547710	499940
119	Monte Redondo	60	187.01	1547650	500200
120	Monte Redondo	60	194.39	1547550	500150
121	Monte Redondo	60	200.27	1547450	500250
122	Monte Redondo	60	224.74	1547520	500750
123	Monte Redondo	60	186.57	1547235	500660
124	Monte Redondo	60	145.02	1547320	500405
125	Monte Redondo	60	206.19	1547770	499965
126	Monte Redondo	60	244.83	1547475	500045
127	Monte Redondo	60	205.44	1547545	500296
128	Monte Redondo	60	112.20	1551872	500580
129	Monte Redondo	60	77.99	1551520	500590
130	Monte Redondo	60	103.40	1551720	500452
131	Potreros de Vaquillas	60	99.66	1548640	498451
132	Potreros de Vaquillas	60	84.82	1548504	498499
133	Potreros de Vaquillas	60	96.07	1548364	498540
134	Potreros de Vaquillas	60	113.87	1547690	498890
135	Potreros de Vaquillas	60	120.55	1547850	498995
136	Potreros de Vaquillas	60	197.96	1548095	498760
137	Rodeo	60	120.00	1548350	498900
138	Rodeo	60	105.17	1548130	499020
139	Rodeo	60	149.65	1548010	499393
140	Rodeo	60	42.90	1548200	498722
141	Rodeo	60	136.24	1547975	498878
142	Rodeo	60	263.48	1547760	498995
143	Rodeo	60	75.09	1548200	499250
144	Rodeo	60	157.66	1547950	499109
145	Rodeo	60	177.09	1547895	499490
146	Rodeo	60	200.20	1548373	498895
147	Rodeo	60	118.57	1548239	499080
148	Rodeo	60	200.83	1548031	498996
149	Rodeo	60	101.14	1547813	498908
150	San Nicolás	60	84.79	1547515	499097
151	San Nicolás	60	190.96	1547230	499080
152	San Nicolás	60	207.40	1547290	498900
153	San Nicolás	60	158.55	1547130	498960
154	San Nicolás	60	174.85	1546655	499300

N° Perfil	Zona	Profundidad (cm)	CO (t/ha)	Coordenadas	
				X	Y
155	San Nicolás	60	177.38	1547386	499108
156	San Nicolás	60	167.18	1547432	498928
157	San Nicolás	60	133.60	1546700	499215
158	San Nicolás	60	191.86	1546940	498870
159	San Nicolás	60	194.44	1547105	498805
160	San Nicolás	60	111.99	1547503	499082
161	San Nicolás	60	105.26	1547520	499270
162	San Nicolás	60	104.77	1546993	499278
163	San Nicolás	60	109.91	1546950	499067
164	San Nicolás	60	86.35	1546879	499125
165	San Nicolás	60	122.85	1547050	499133
166	San Nicolás	60	77.60	1547489	499079
167	San Nicolás	60	158.83	1547316	499206
168	San Nicolás	60	135.50	1547181	499069
169	SN Casa Blanca	60	87.61	1546727	499573
170	SN Casa Blanca	60	125.37	1546720	499733
171	SN Casa Blanca	60	124.24	1546734	499842
172	SN Chorrera	60	94.22	1547714	499491
173	SN Chorrera	60	450.55	1547743	499752
174	SN Pivote Caoba	60	169.61	1547020	499868
175	SN Pivote Caoba	60	117.40	1547078	499699
176	SN Pivote Caoba	60	181.52	1546967	499625
177	SN Pivote Caoba	60	286.79	1546875	499581
178	SN Pivote Caoba	60	179.29	1547083	499920
179	SN Pivote Caoba	60	117.40	1546920	499867
180	SN Pivote Caoba	60	181.52	1546905	499738
181	SN Pivote Caoba	60	280.00	1547115	499733
182	SN Pivote Caoba	60	132.35	1547103	499798
183	SN Pivote Caoba	60	65.12	1546952	499587
184	SN Pivote Caoba	60	111.35	1547027	499918
185	SN Pivote Caoba	60	45.00	1547050	499955
186	SN Pivote Caoba	60	114.49	1547070	499700
187	SN Pivote Caoba	60	81.42	1547000	499840
188	SN Pivote Caoba	60	193.90	1546920	499575
189	SN Pivote Caoba	60	172.71	1546850	499765
190	SN Pivote Laguna	60	221.58	1547487	499640
191	SN Pivote Laguna	60	176.50	1547360	499625
192	SN Pivote Laguna	60	212.55	1547448	499430
193	SN Pivote Laguna	60	164.16	1547520	499605
194	SN Pivote Laguna	60	255.28	1547370	499607
195	SN Pivote Laguna	60	228.88	1547445	499390
196	SN Pivote Portón	60	119.28	1547400	499885
197	SN Pivote Portón	60	196.01	1547277	499900

N° Perfil	Zona	Profundidad (cm)	CO (t/ha)	Coordenadas	
				X	Y
198	SN Pivote Portón	60	174.53	1547205	499985
199	SN Pivote Tobiata	60	181.43	1547144	499299
200	SN Pivote Tobiata	60	105.57	1547196	499440
201	SN Pivote Tobiata	60	169.73	1547042	499512
202	SN Pivote Tobiata	60	213.52	1547062	499412
203	SN Pivote Tobiata	60	163.84	1547290	499353
204	SN Pivote Tobiata	60	200.65	1547085	499357
205	SN Pivote Tobiata	60	236.54	1547043	499505
206	SN Pivote Tobiata	60	197.60	1547200	499380
207	SN Pivote Tobiata	60	184.90	1547090	499331
208	SN Pivote Tobiata	60	186.14	1546035	499435
209	SN Pivote Tobiata	60	120.28	1547190	499367
210	Zona 1	60	162.39	1549149	499871
211	Zona 1	60	141.54	1549117	500285
212	Zona 1	60	71.10	1549077	500477
213	Zona 1	60	146.40	1549003	499864
214	Zona 1	60	186.66	1548971	500119
215	Zona 1	60	84.85	1549019	500276
216	Zona 1	60	98.53	1548946	500449
217	Zona 1	60	139.91	1549492	499822
218	Zona 1	60	6.07	1549480	500245
219	Zona 1	60	228.17	1549272	500100
220	Zona 1	60	146.40	1549272	500310
221	Zona 1	60	150.63	1549545	500092
222	Zona 1	60	146.69	1549022	499855
223	Zona 1	60	142.99	1548958	499920
224	Zona 1	60	165.78	1548942	500235
225	Zona 1	60	160.55	1549547	500262
226	Zona 1	60	170.23	1549405	500447
227	Zona 1	60	213.11	1549338	500100
228	Zona 1	60	167.09	1549286	500228
229	Zona 1	60	213.48	1549300	500487
230	Zona 1	60	183.51	1549196	499892
231	Zona 1	60	159.41	1549139	500164
232	Zona 1	60	233.64	1549128	500327
233	Zona 2	60	139.97	1548754	500304
234	Zona 2	60	104.29	1548800	500126
235	Zona 2	60	223.57	1548744	500204
236	Zona 2	60	166.13	1548812	499712
237	Zona 2	60	132.87	1548840	499920
238	Zona 2	60	164.15	1548791	500150
239	Zona 2	60	38.17	1548687	500068
240	Zona 2	60	152.11	1548598	499950
241	Zona 2	60	160.55	1548665	499700

N° Perfil	Zona	Profundidad (cm)	CO (t/ha)	Coordenadas	
				X	Y
242	Zona 2	60	200.12	1548721	500015
243	Zona 2	60	162.45	1548645	499780
244	Zona 2	60	169.56	1548598	500046
245	Zona 2	60	178.54	1548834	499687
246	Zona 2	60	155.42	1548823	500055
247	Zona 2	60	181.88	1548807	500307
248	Zona 2	60	174.86	1548735	499935
249	Zona 2	60	43.68	1548705	500095
250	Zona 2	60	175.89	1548730	500290
251	Zona 2	60	154.24	1548833	499575
252	Zona 2	60	219.97	1548814	499706
253	Zona 2	60	104.94	1548814	499893
254	Zona 2	60	135.44	1548783	500173
255	Zona 2	60	102.41	1548650	499800
256	Zona 2	60	222.03	1548592	500078
257	Zona 2	60	212.99	1548500	500265
258	Zona 2	60	69.04	1548820	500037
259	Zona 2	60	117.41	1548426	500275
260	Zona 2	60	39.31	1548717	499937
261	Zona 2	60	55.44	1548621	499893
262	Zona 2	60	68.78	1548542	499807
263	Zona 2	60	49.22	1548825	499690
264	Zona 2	60	105.56	1548740	499631
265	Zona 2	60	60.91	1548617	499602
266	Zona 2	60	64.66	1548492	500240
267	Zona 2	60	51.41	1548502	500326
268	Zona 3	60	226.08	1549090	500800
269	Zona 3	60	115.45	1548938	500672
270	Zona 3	60	173.85	1549106	500600
271	Zona 3	60	86.23	1549090	500726
272	Zona 3	60	190.88	1548870	500780
273	Zona 3	60	85.98	1548990	500785
274	Zona 3	60	172.09	1549100	500675
275	Zona 3	60	129.38	1548943	500862
276	Zona 3	60	82.82	1548952	500981
277	Zona 3	60	181.04	1549047	500865
278	Zona 3	60	140.29	1549471	501025
279	Zona 3	60	213.78	1549412	500720
280	Zona 3	60	92.38	1549486	500826
281	Zona 3	60	51.40	1549217	500952
282	Zona 3	60	120.91	1549516	500862
283	Zona 3	60	204.59	1549425	500785
284	Zona 3	60	54.05	1549135	501000
285	Zona 3	60	169.00	1549205	501000

N° Perfil	Zona	Profundidad (cm)	CO (t/ha)	Coordenadas	
				X	Y
286	Zona 3	60	175.45	1548977	501000
287	Zona 3	60	140.51	1548960	501115
288	Zona 3	60	183.51	1549190	500954
289	Zona 3	60	163.92	1549156	500889
290	Zona 3	60	56.45	1549022	500815
291	Zona 3	60	61.96	1549114	500744
292	Zona 3	60	116.59	1549119	500597
293	Zorrales	60	118.56	1548400	499390
294	Zorrales	60	127.47	1548200	500000
295	Zorrales	60	123.81	1547970	500170
296	Zorrales	60	177.38	1547945	500130
297	Zorrales	60	136.72	1548205	499947
298	Zorrales	60	225.87	1548085	499825
299	Zorrales	60	96.10	1547940	500520
300	Zorrales	60	106.91	1548060	500460
301	Zorrales	60	128.76	1548060	500700
302	Zorrales	60	163.64	1548150	500080
303	Zorrales	60	154.63	1548040	500140
304	Zorrales	60	189.75	1548020	500174

En Zamorano, según la clasificación de ordenes en la taxonomía de suelos de los Estados Unidos, predominan los siguientes ordenes: Inceptisoles y Alfisoles. Y según la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) estos entran en los grandes grupos de Cambisoles, Fluvisoles y Nitisoles (Unión Internacional de Ciencias del Suelo [IUSS] y WRB, 2007).

Para Fluvisoles en los lotes estudiados se encontraron niveles de COS entre 75 a 150 t/ha en los 60 cm de profundidad. Los niveles encontrados de COS para este grupo de suelos oscilan entre 50 a 75 t/ha en los 30 cm de profundidad relacionándolo con el factor pH en un rango de 6 a 6.5 (Stewart, 1985), en este caso los suelos de este grupo presentan rangos similares de pH que va de 5.90 hasta 6.45. Se estima que el almacenamiento de COS para este tipo de suelos en Latino América y el Caribe es de 55 t/ha a una profundidad de 30 cm. En muchos suelos de Zamorano coinciden con esta referencia (Gardi et al., 2014). Sin embargo se debe considerar que la estimación de COS abarca los 60 cm de profundidad, y se asevera que los niveles de carbono orgánico presente en el suelo después de los 30 cm disminuyen (Durán, 1998).

En el caso del grupo Cambisoles se encuentran niveles de COS entre 100 a 200 t/ha en los 60 cm de profundidad. En suelos similares se encuentran niveles de COS para este grupo de suelos que van desde 75 t/ha en los 30 cm de profundidad y 180 t/ha en los 60 cm de profundidad (Galicia et al., 2015). Para este grupo de suelos a una profundidad de 30 cm el COS es de 100 t/ha y a una profundidad de 30 a 60 cm el COS es de 60 t/ha (Vivanco,

2010). En Latino América los suelos almacenan COS a una profundidad de 30 cm un promedio de 75 t/ha similar a lo encontrado en Zamorano (Gardi et al., 2014).

Los niveles de COS encontrados en los Nitisoles en este estudio están entre 75 y 150 t/ha a los 60 cm de profundidad. Otros estudios reflejan que el nivel de COS es de 100 t/ha en los 30 cm de profundidad en estos suelos (Sánchez, 1981). Y en el estudio sobre la estimación del almacenamiento para este tipo de suelos en Latinoamérica y el Caribe el COS a una profundidad de 30 cm es de 80t t/ha, estos rangos de COS coinciden con los datos obtenidos en el presente estudio, considerando que se estimó el COS de los 60 cm.

**Áreas con contenido alto de COS (>200 t/ha).**

Se obtuvo como resultado que el total de áreas con alto COS es de 85 ha que representa el 10.1% del total de COS, estas áreas se encuentran concentradas en algunos de los lotes de las fincas: San Nicolás, Monte Redondo, Potrero de Vaquillas y Zorrales (Figura 5).

**Áreas con contenido medio de COS (100 – 200 t/ha).**

Se obtuvo como resultado que el total de áreas con COS medio es de 523.45 ha que representa el 62.6% del total de COS, siendo la categoría con más área de COS encontrada en los suelos de Zamorano. Estas áreas se encuentran distribuidas en lotes de las fincas: Colindres, El Ciruelo, Espinal, Ficensa, Florencia, La Vega, Monte Redondo, Potreros de Vaquillas, Rodeo, San Nicolás, Zona 1, Zona 2, Zona 3 y Zorrales (Figura 5).

**Áreas con contenido bajo de COS (< 100 t/ha).**

Se obtuvo como resultado que el total de áreas con COS bajo es de 227.81 ha que representa el 27.3 % del total de COS. Estas áreas están distribuidas en algunos de los lotes de las fincas: Llano Ocotol, La Pista, Los Míngos, Ficensa, Espinal, San Nicolás, Zona 2, El Ciruelo (Figura 5).

## MAPA DEL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO ZAMORANO - HONDURAS

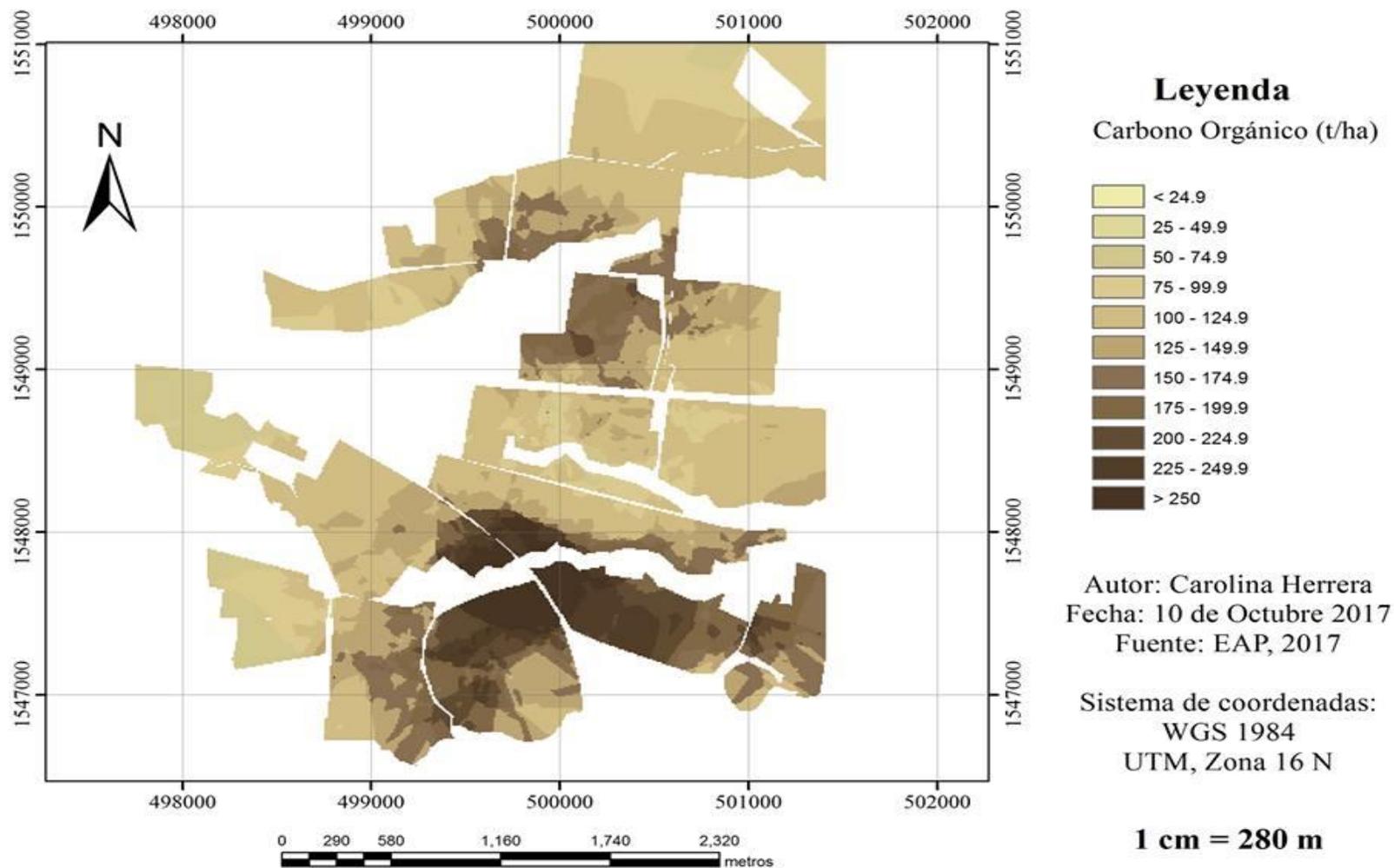


Figura 5. Mapa del contenido de carbono orgánico en el suelo de Zamorano a 60 cm.

### **Carbono orgánico en el suelo y su relación la temperatura y altitud.**

La temperatura promedio en Zamorano es de 24°C, cuenta con una altitud de 800 msnm y una precipitación promedio de 1,200 mm. Para estos factores del lugar de estudio los valores de COS expresado en t/ha en promedio fueron de 120 a 130 t/ha. Estos resultados son similares a estudios en los cuales se establece que cuando la temperatura es alta el contenido de materia orgánica es bajo (Fassbender, 1975), y se obtiene como resultado que el COS a temperatura similar supera los 110 t/ha.

Para la altitud se ha encontrado que cuando hay mayores niveles altitudinales mayor será el contenido de materia orgánica, en estos estudios se encuentran niveles similares de COS a que superan los 120 t/ha. Y con respecto a la precipitación esta puede relacionarse con el contenido de materia orgánica en el suelo, ya que tiene influencia en el crecimiento vegetal y por ende los residuos de materia orgánica serán mayores en lugares en donde la precipitación es alta (Fassebender y Bornemisza, 1994). El carbono orgánico en el suelo encontrado en estudios similares reportan niveles que van desde 110 t/ha con 400 mm al año (Mogollón et al., 2015).

### **Carbono orgánico en el suelo y su relación con la textura.**

Los perfiles estudiados presentan familias texturales finas (F-) y muy finas (F+) es decir texturas arcillosas y francas, las cuales están distribuidas en la mayor parte de los lotes de las fincas estudiadas. Por otra parte, los lotes que presentas familias texturales medias (M) y gruesas (g) es decir texturas arenosas y franco arenosas son los lotes de las fincas: San Nicolás, Monte Redondo, Potrero de Vaquillas y Zorrales en los cuales se encuentra la mayor parte de carbono orgánico en el suelo.

La relación que existe entre el COS y la textura según literatura es que el carbono en suelos arenosos se asocia siete veces más en las partículas de limo y arcilla en comparación a suelos con textura arcillosa (Christensen, 1992), ya que estas partículas permiten que el carbono se halle más libre y que en suelos arcillosos estas partículas hacen que al asociarse se creen agregados más compactos y por ende el carbono en suelos arenosos conserva niveles superiores a comparación de los suelos arcillosos (Hassink, 1997).

Sin embargo, en un estudio realizado en el año 2000 solo se pudo comprobar parcialmente esta hipótesis y se concluye que la relación de carbono y textura es que en ambientes en los cuales los desechos orgánicos son similares podría existir mayor concentración de carbono en suelos arenosos, además de que la tasa de mineralización tiene influencia en el contenido de carbono (Matus y Maire, 2000).

En el caso de este estudio se puede corroborar al igual que en los estudios realizados anteriormente que la probabilidad de que en suelos con textura arenosa y franca arenosa la acumulación de contenido de carbono orgánico en el suelo sea mas alta en comparación con los suelos con texturas arcillosas y franco arcillosas.

### **Carbono orgánico en los tipos de uso del suelo: agricultura, barbecho y ganadería.**

Las fincas destinadas al uso agrícola son: Colindres, Espinal, Ficensa, Florencia, La Vega, San Nicolás, Zona 1, Zona 2 y Zona 3. El área total de suelos en este uso es de 432 ha (Figura 9). Los suelos con usos agrícolas presentaron niveles de carbono medio a bajo según

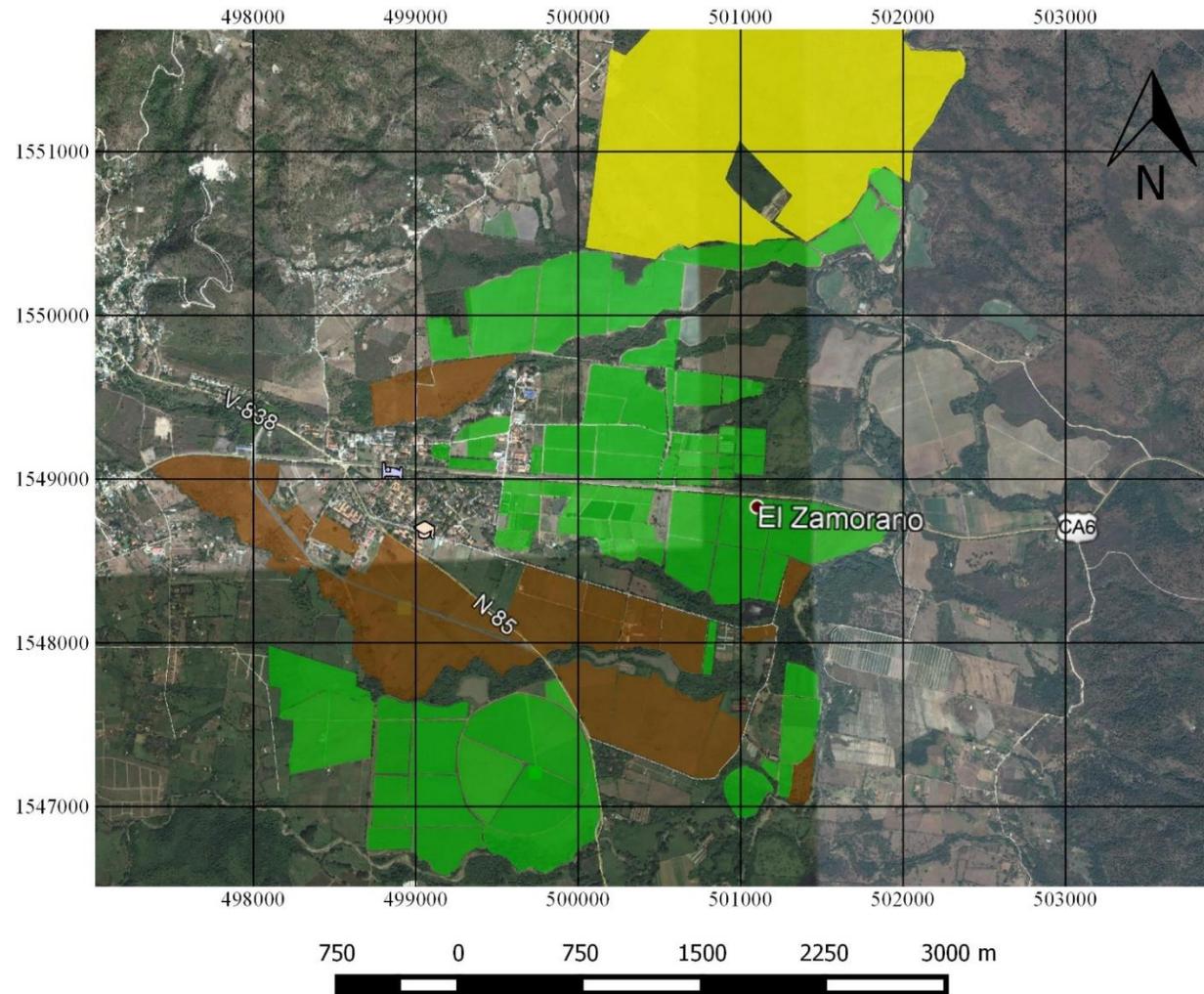
los rangos establecidos anteriormente a excepción de la finca San Nicolás que presenta niveles altos de COS. Para ganadería las fincas destinadas a este uso son: El Ciruelo, La Pista, Los Mingos, Monte Redondo Potero de Vaquillas, Rodeo, Zorrales, y Colindres (lote 4). El área total de suelos en este uso es de 208.67 ha (Figura 9). Los suelos con uso en ganadería presentaron niveles medios y altos según nuestros rangos establecidos en (t/ha). Se encontró que la finca del Llano de Ocotál el uso de suelo era barbecho con un área total de 329 ha.

En estudios realizados para la estimación del COS según usos de suelo, la cobertura bajo pastizales presenta mayor COS en comparación a cobertura de cultivos (Castillo, Bojórquez, Hernández y García, 2016). Esto se debe a que el suelo permanece con cobertura vegetal, reduciendo la mineralización de la materia orgánica y por ende reduciendo las pérdidas de carbono (Carvajal, Feijoo, Quinteros y Rondón, 2009). En los suelos con usos agrícolas los niveles de COS son mas bajos debido a que el suelo está expuesto mas a la mineralización de la materia orgánica, perdida de fertilidad por falta de cobertura vegetal, erosión y prácticas convencionales para los cultivos (Fassbender y Bornimisza, 1987).

# MAPA DE USOS DE SUELO EN ZAMORANO



Departamento de  
Ambiente y Desarrollo



**Leyenda**

- Barbecho
- Usos agrícolas
- Usos ganaderos

Autor: Carolina Herrea  
Fecha: 10 de Octubre de 2017  
Fuente: Google Earth 2017  
Sistema de coordenadas:  
GWS 1984  
UTM Zona 16 N

**1:33,000**

Figura 6. Mapa de los diferentes usos de suelos en Zamorano.

### Capacidad del suelo de Zamorano para almacenar y retener carbono orgánico.

En los suelos estudiados a 60 cm de profundidad el promedio de almacenamiento de COS es de 112 t/ha para barbecho, de 95 t/ha para suelos con usos agrícolas y de 145 t/ha para suelos con usos ganaderos (Cuadro 4), la capacidad de almacenaje de carbono de estos suelos va de niveles medios a alto. Se puede considerarlo como secuestrador de carbono orgánico el cual es almacenado y retenido (Jimenez, Reyes y Silveira, 2015). Para que este conserve sus propiedades físicas y químicas se debe establecer diferentes técnicas para disminuir la erosión y la mineralización de la materia orgánica y por ende permitan retener el carbono en el suelo (FAO, 2002). Se estimó el COS en (t/ha) de cada una de las fincas estudiadas y con su área (ha) se calculó el COS (zona). Y se obtuvo como resultado que Zamorano cuenta con 10,5682.3 toneladas de COS en los suelos, con un rango de profundidad de 0 – 60 cm.

Cuadro 4. Carbono orgánico del suelo expresado en t/ha para las fincas estudiadas.

Uso	Zona	COS (t/zona)	COS (t/usos)
Agrícola	Colindres	8,992	
Agrícola	El Espinal	1,509	
Agrícola	Ficensa	2,030	
Agrícola	Florencia	10,494	
Agrícola	La Vega	4,422	
Agrícola	Los Mingos	1,264	
Agrícola	San Nicolás	17,907	
Agrícola	Zona 1	7,420	
Agrícola	Zona 2	4,959	
Agrícola	Zona 3	5,218	
			<b>64,220</b>
Barbecho	Llano Ocotál	11,241	
			<b>11,241</b>
Ganadero	El Ciruelo	3,719	
Ganadero	La Pista	3,444	
Ganadero	Rodeo	726	
Ganadero	Monte redondo	7,488	
Ganadero	Potrero Vaquillas	6,962	
Ganadero	Zorrales	7,878	
			<b>30,220</b>
<b>COS total en toneladas</b>			<b>105,682</b>

#### **4. CONCLUSIONES**

- Los suelos con vocación agrícola de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano presentaron un promedio de COS a 60 cm de profundidad de 110 t/ha para suelos con barbecho, 95 t/ha para suelos con uso agrícola y de 145 t/ha para suelos con uso ganadero, esto condicionado por el manejo y tipo de suelo.
- Los lotes con uso agrícola que ocupan una mayor área son los que presentan los valores más bajos de carbono orgánico del suelo en comparación con los lotes bajo uso en ganadería y barbecho.
- El mapa generado presenta los rangos de carbono orgánico del suelo a 60 cm de profundidad, los cuales oscilan en tres niveles alto, medio y bajo.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Zamorano cumple su función como un banco de carbono, es recomendable mantener y aumentar los niveles de COS para contribuir a las medidas de mitigación.
- Para los lotes agrícolas se recomienda realizar prácticas de retención de materia orgánica para reducir su mineralización y erosión.
- Concientizar a la comunidad zamorano sobre el rol importante que juega el suelo en el secuestro de carbono y como esto influye en el cambio climático.
- Actualizar la base de datos de los perfiles estudiados en cada periodo académico con el fin de tener un control sobre el contenido de carbono orgánico en el suelo en cada año de estudio.
- Realizar estudios sobre la estimación del contenido de carbono orgánico en el suelo para los lotes no estudiados, con el fin de que se pueda estimar el contenido de carbono orgánico del suelo total en Zamorano.

## 6. LITERATURA CITADA

- Alfonso, C., Avellaner, J., Estévez, R., Lobo, J., Lozano, B., Monasor, M., Santamarta, J. (2016). El Cambio climático evidencias, emisiones y las políticas CC 16. Madrid, España: Observatorio de la sostenibilidad. Recuperado de: <http://www.observatoriosostenibilidad.com>
- Álvarez, C. C., & Zorrilla, S. S. (2007). Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 23, pp. 8-15.
- Arévalo, G., & Gauggel, C. (2015). *Manual de laboratorio de Ciencia de Suelos*, Tegucigalpa, Honduras: Lithocom.
- Benjamín, J. A., & Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1), 3-12.
- Cabrera, M., & Morales, H. (2014). Verificación y densificación de la red de catastro de la provincia de Córdoba (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, España.
- Carut, C., & Zappettini, M. (2009). Google Earth una herramienta para la enseñanza. Buenos Aires, Argentina: *Centro de Investigaciones Geográficas y del Departamento de Geografía*. Recuperado de: [http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab\\_eventos/ev.837/ev.837.pdf](http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.837/ev.837.pdf)
- Carvajal, A., Feijoo, A., Quinteros, H., & Rondón, M. (2009). Carbono orgánico del suelo en diferentes usos del terreno de paisajes andinos colombianos. *Revista Ciencia del suelos y Nutrición Vegetal*, 9(3), pp. 222-235.
- Castillo, L., Bojórquez, J., Hernández, A., & García, D. (2016). Contenido de carbono orgánico en suelos bajo diferentes coberturas vegetales y de cultivo. *Cultivos Tropicales*, 37(3), pp. 72-78.
- Centro Común de Investigación. (2014). Suelos y cambio climático en Latino América y el Caribe. Bruselas, Bélgica: *Centro Común de Investigación de la Comisión Europea*. Recuperado de: [http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/Library/Maps/LatinAmerica\\_Atlas/Download/140.pdf](http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/Library/Maps/LatinAmerica_Atlas/Download/140.pdf)
- Christensen, B. (1992). *Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. Advances in soil science*. New York, Estados Unidos: Springer Verlag.

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2010). Objetivos de desarrollo del milenio. Santiago de Chile, Chile: *Organización de las Naciones Unidas*. Recuperado de: <https://www.cepal.org/rio20/tpl/docs/3.ODM-7.ESP.pdf>
- Contreras Gamero, D. (2016). Mineralización de carbono y nutrientes de la materia orgánica en suelos de cuatro ecosistemas agrícolas en Zamorano (Tesis de pregrado). Escuela Agrícola Panamericana, Valle del Yegua, Honduras.
- Dávila, F. (2016). Introducción a los sistemas de información geográfica. Ringwood, Australia: *Servicio de documentación geográfica y biblioteca IGN*. Recuperado de: <https://sge.org/ibercarto/wp-content/uploads/sites/4/2016/01/sig2.pdf>
- Dawidowski, L. (2014). *Reducción de los gases de efecto invernadero GEI y adaptación al cambio climático*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- Durán, A. (1998). *Contenido y distribución geográfica de carbono en suelos del Uruguay*. Montevideo, Uruguay: Agrociencia.
- Fassbender, H. (1975). *Química de suelos, contenido e importancia de la materia orgánica en los suelos*. Turialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.
- Fassebender, H., & Bornemisza, E. (1994). *Químicas de suelos con énfasis en suelos de América Latina, componentes orgánicos y organominerales de la fase sólida del suelo*. San José, Costa Rica : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA.
- Fortis, M., Huerta, A., Segura, M., García, J., Leos, J., García, A., & Valdez, R. (2010). Validación de cuatro modelos de interpolación para cartografiar nitrato y amonio en suelo. *Terra Latinoamericana*, 28(4), pp. 371-379.
- Galicia, L., Gamboa, A., Cram, S., Chávez, B., Peña, V., Saynez, V., & Siebe, C. (2015). Almacén y dinámica del carbono orgánico del suelo en bosques templados de México. *Terra Latinoamerica*, 34, pp. 1-29.
- Gallardo, A. (2006). Geoestadística. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 15(3), pp. 48-58.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., & Cruz, C. (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Luxemburgo, Luxemburgo: Unión Europea.
- Gartzia, N. (2009). *Estructura y dinámica de la materia orgánica del suelo en ecosistemas forestales templados de los particular a lo general*. Vitoria, País Vasco: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno de Vasco.
- Ginzo, H. (2015). *Emisiones de gases de efecto invernadero y mitigación en el sector de uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura. Economía del cambio climático en la Argentina*. Santiago de Chile, Chile: Organización de las Naciones Unidas.

- Grupo del Banco Mundial (2012). *Medición del carbono de los suelos de la tierra. Estimación de costos de oportunidad REDD*. Washington D. C., Estados Unidos: Grupo del Banco Mundial.
- Hassink, J. (1997). The capacity of soil to preserve organic C and N by their association with clay and silt articles. *Plant and Soil*, 19(1), pp. 77-87.
- Hontoria, C., & Rodríguez, A. (2004). Contenido de carbono orgánico en el suelo y factores de control en la España peninsular. *Edafología*, 11(2), pp. 149-157.
- Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., Rojas, J. (2007). *Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua*. Cali, Colombia: Agroforestería en Américas.
- Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (2012). El suelo y la producción agropecuaria. Ciudad de México, México: *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. Recuperado de: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/El%20suelo%20y%20la%20produccion%20agropecuaria.pdf>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2015). El suelo. Montevideo, Uruguay: *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria*. Recuperado de: <http://www.inia.uy/Documentos/P%3B%20B%20licos/INIA%20Tacuaremb%3B%202015/El%20Suelo%202020de%20mayo.pdf>
- Panel Intergubernamental sobre el cambio climático. (2015). Cambio Climático, mitigación del cambio climático. Ginebra, Suiza: *Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático*. Recuperado de: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/wg3/WG3AR5\\_SPM\\_brochure\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/wg3/WG3AR5_SPM_brochure_es.pdf)
- Unión Internacional de Ciencias del suelo y Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. (2007). *Base referencial mundial del recurso suelo, marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional*. Roma, Italia: Unión Internacional de Ciencias del suelo.
- Jimenez, A., Reyes, J., & Silveira, M. (2015). *Secuestro y distribución de carbono orgánico del suelo bajo diferentes sistemas de manejo de pasturas*. Gainesville, Florida, Estados Unidos: Universidad de Florida.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia*, 2(1), pp. 49-61.
- Martínez, E., Fuentes, J., & Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8(1), pp. 68-96.
- Matus, F., & Maire, C. (Abril de 2000). Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasa de mineralización de carbono y nitrógeno. *Agricultura Técnica*, 60(2), pp. 112-126.

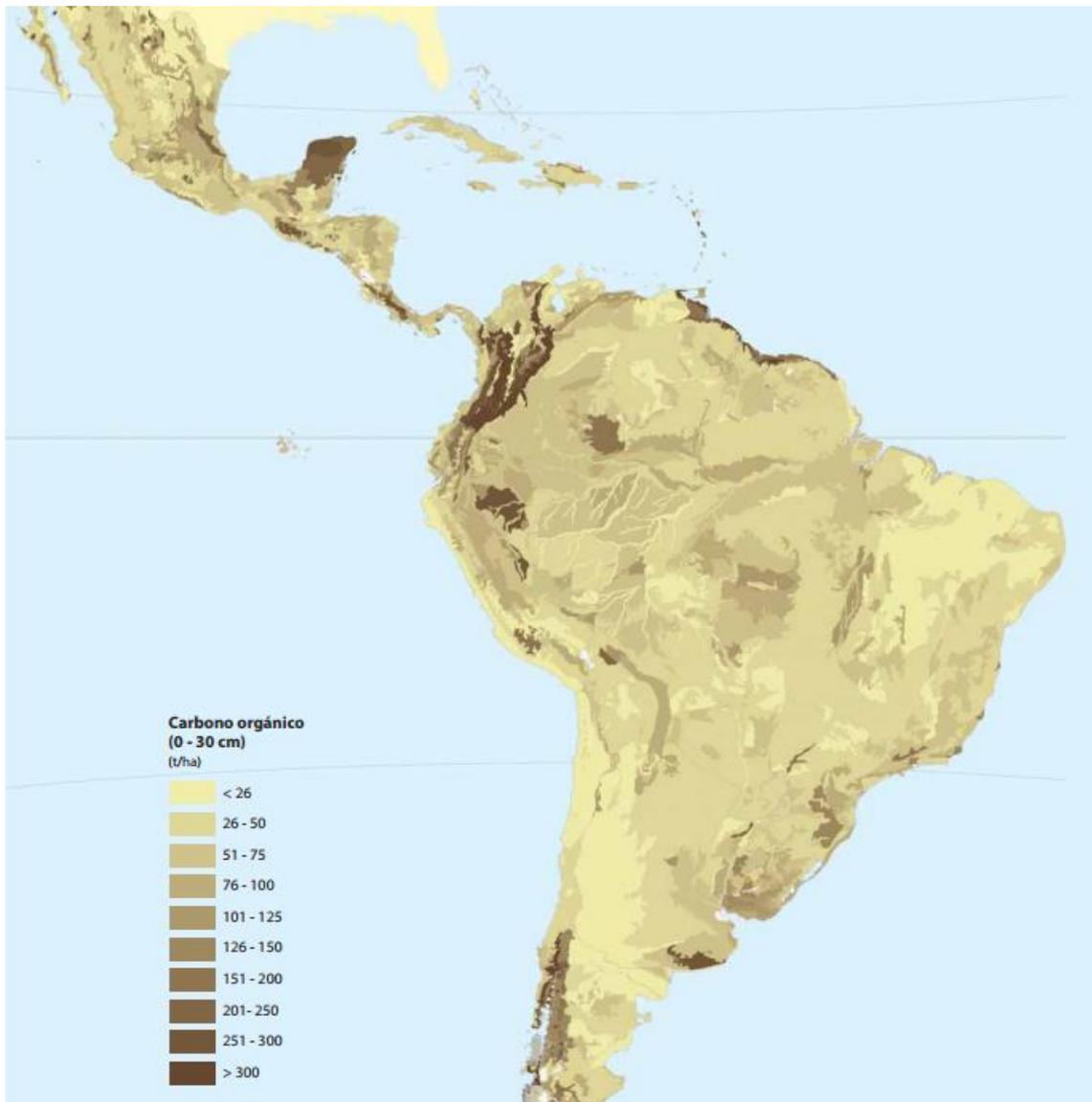
- Mogollón, J., Rivas, W., Martínez, A., Campos, Y., & Márquez, E. (2015). Carbono orgánico del suelo en una gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, Venezuela. *Multiciencias*, 15(3), pp. 271-280.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009). Ecología y enseñanza rural, nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. Santiago de Chile, Chile: *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/006/W1309S/w1309s00.htm#TopOfPage>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2014). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2015). Suelos sanos para una vida sana, ¿Cuánto sabes sobre los suelos? Roma, Italia: *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Recuperado de: <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/317398/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2015). Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo. Roma, Italia: *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i4260s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2013). El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. Roma, Italia: *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Recuperado de: <http://www.mag.gov.py/dgp/Publicaciones%20recomendadas%20sector%20agrario/Manejo%20de%20suelo%20para%20hortalizas%20py%202013.pdf>
- Pérez, S., Ramírez, S., Jaramillo, P., & Bautista, F. (2013). Contenido de carbono orgánico en el suelo bajo diferentes condiciones forestales en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(1), pp. 157-173.
- Rodríguez, M., & Mance, H. (2007). Cambio climático: lo que está en juego. Bogotá, Colombia: *Foro Nacional Ambiental*. Recuperado de: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/07216.pdf>

- Rosa, D. I. (2008). *Evaluación agro-ecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible*. Madrid, España: Mundi Prensa.
- Sales, B. (2006). Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, departamento de Ucayali, e influencia de su uso y manejo en el secuestro del carbono (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Sánchez, P. (1981). *Suelos del trópico: características y manejo*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Stewart. (1985). *Estudio comparativo de las tasas de descomposición de la materia orgánica en regiones templadas y tropicales*. New York, Estados Unidos: Springer Verlag.
- Sociedad de Conservación de Fauna Silvestre, (2016). *Mitigación del Cambio Climático*. Bonn, Alemania: Sociedad de Conservación de Fauna Silvestre.
- Vásquez, J., Macías, F., & Menjivar, J. (2011). Formas de carbono orgánico en suelos con diferentes usos en el departamento del Magdalena (Colombia). *Acta Agronómica*, 60(4), pp. 369-379.
- Villegas, V. (2014). Variación del carbono orgánico en suelos del antiplan potosino oeste (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.
- Vivanco, J. C. (2010). Características de los principales suelos de la cuenca del río Mololoa, Tepic, Nayarit, México. *Cultivos Tropicales*, 31(1), pp. 32-40.
- Zavaleta, J. (2010). Kriging: un método de interpolación sobre datos dispersos (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México.

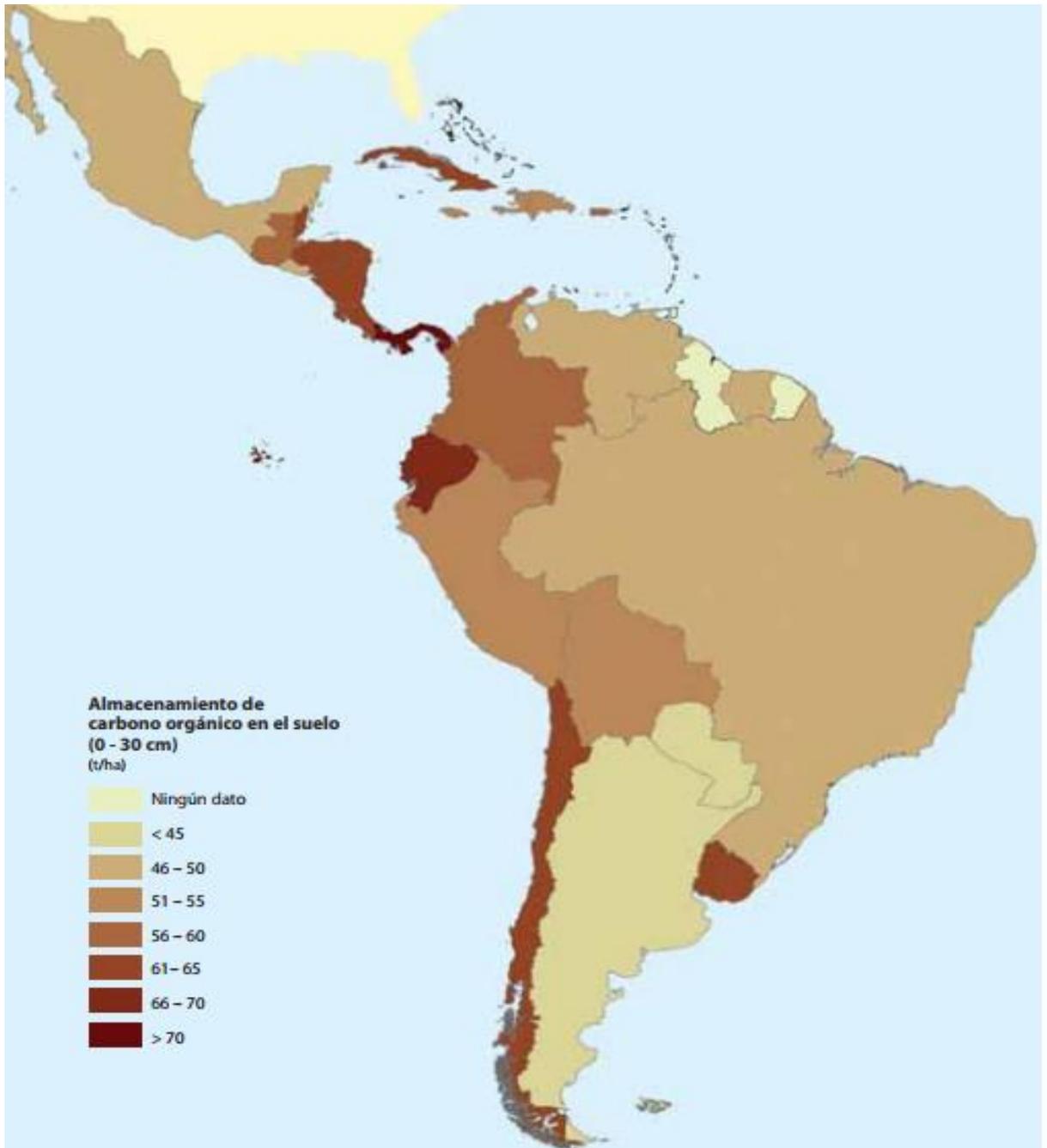
## 7. ANEXOS

**Anexo 1.** Distribución del carbono orgánico (CO) en los suelos de América Latina y el Caribe.

Fuente: Gardi, Angelini, Barceló, Comerma y Cruz (2014).



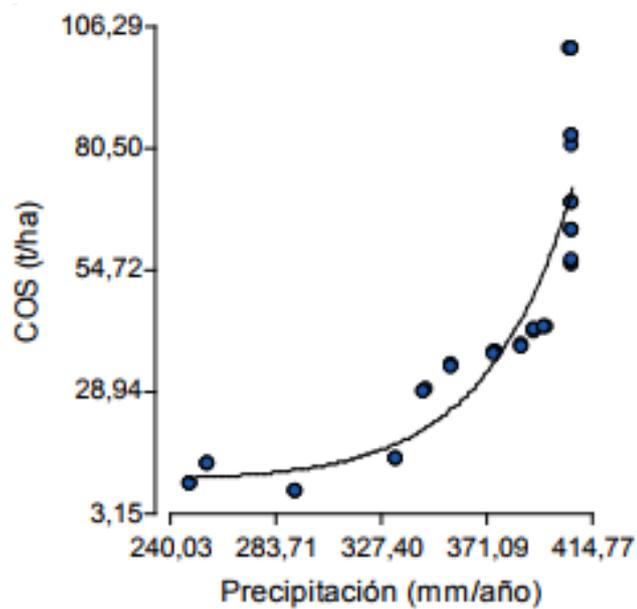
**Anexo 2.** Almacenamiento de carbono orgánico en los suelos de Latino América y el Caribe en los primeros 30 cm de profundidad.  
Fuente: Gardi, Angelini, Barceló, Comerma y Cruz (2014).





**Anexo 5.** Relación del contenido de carbono orgánico del suelo (t/ha) con respecto a la precipitación.

Fuente: Mogollón, Rivas, Martínez, Campos y Márquez (2015).



**Anexo 6.** Lotes con usos agrícolas.



**Anexo 7.** Lotes con usos ganaderos.



**Anexo 8.** Lotes con barbecho.



**Anexo 9.** Almacenamiento de carbono orgánico en los suelos de Latino América y el Caribe (0 – 30 cm).

Fuente: Gardi, Angelini, Barceló, Comerma y Cruz (2014).

