



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**RESERVA DE CARBONO DE LOS SUELOS EN LA
CUENCA MANGLARALTO, PENÍNSULA DE SANTA
ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Erick Danilo Orellana Valdivia.

LA LIBERTAD, 2022



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**RESERVA DE CARBONO DE LOS SUELOS EN LA
CUENCA MANGLARALTO, PENÍNSULA DE SANTA
ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

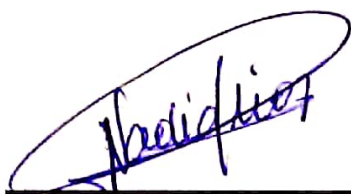
Autor: Erick Danilo Orellana Valdivia.

Tutor: Ing. Daniel Ponce de León, Ph.D.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **ERICK DANILO ORELLANA VALDIVIA** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **DEFENSA** el: 8/02/2022.



Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D.

**DIRECTOR/A DE CARRERA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Carlos Balmaseda Espinosa,
Ph.D.

**PROFESOR/A ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Daniel Ponce de León, Ph.D.

**PROFESOR/A TUTOR/A
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. David Vega González.

SECRETARIO/A

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por mostrar su amor y misericordia, por esa fuerza incondicional, permitiéndome terminar esta fase de mi vida.

A mis padres y mis hermanos, por todo su apoyo incondicional este logro va dedicado a ellos. A mi estimado tutor de la Facultad de Ciencias Agraria, que más que un profesor es un amigo incondicional, Ing. Daniel Ponce de León.

A todos los docentes que han hecho de mi un profesional.

A mi novia y su familia que han estado pendiente de mi en todo momento ayudándome en momentos difíciles, aconsejándome y dando ánimos para seguir adelante.

A mis compañeros que día a día luchamos en conjunto por este bien común, ser un profesional.

Erick Orellana Valdivia.

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial, por brindarme diariamente un espíritu de fortaleza y gratitud, para alcanzar mis objetivos.

A mis padres por su afecto sincero, amor y apoyo para que culmine mis estudios.

A mi novia que me ha apoyado en todo momento de este logro.

A mis amigas y compañeros con quienes he compartido mi felicidad, inquietudes y metas.

Erick Orellana Valdivia

RESUMEN

Se evaluó la presencia, distribución y reservas de carbono orgánico de los suelos en sitios seleccionados de la cuenca del Río Manglaralto, al nivel de una finca representativa del área de estudio. Así mismo, se estimó la reserva de carbono del suelo para la totalidad de la cuenca a partir de la información del mapa geopedológico y curvas patrones de distribución de las reservas de carbono de subgrupos de suelos representativos. Con este propósito, se realizaron dos tipos de muestreo, i- cincuenta puntos de 0 a 30 cm de profundidad para estudiar la distribución espacial y su relación con los usos y tipos de suelo y ii- un muestro por capas (0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-100 cm) en las zonas mejor conservadas, para investigar la variación vertical del carbono y establecer curvas patrones de su distribución. Las reservas de carbono del suelo muestran valores entre 16,61 y de 34,59 Mg/ha y presentan diferencias significativas entre el uso forestal y el uso pecuario y agrícola; de acuerdo con una prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis ($p=0,0005$). En cuanto a la distribución vertical de las reservas de carbono, también se encontraron diferencias significativas según una prueba no paramétrica de Friedman ($p=0.001$). Se cuantificó el total de las reservas de carbono del suelo a 30 cm de profundidad a partir de los mapas temáticos obtenidos con este propósito al nivel de finca y de la cuenca, con valores de 655.47 Mg y 293069 Mg respectivamente. Se concluye, que el desarrollo de la agricultura en condiciones subhúmedas significa una oportunidad de aumento de las reservas de carbono a través de la producción e incorporación de mayores volúmenes de biomasa, así mismo, se constata la degradación de las áreas del antiguo bosque seco tropical.

Palabras claves: reservas de carbono del suelo, uso de la tierra, Inceptisoles, Mollisoles

ABSTRACT

The presence, distribution, and soil organic carbon stocks in soils were evaluated in selected sites of the Manglaralto River basin, at the level of a representative farm in the study area. Likewise, the soil carbon stock was estimated for the entire basin based on information from the geopedological map and pattern distribution curves of the carbon stocks of representative soil subgroups. With this purpose, two types of sampling were carried out, i- fifty points from 0 to 30 cm deep to study the spatial distribution and its relationship with the uses and types of soil and ii- a sampling by layers (0-10, 10 -20, 20-40, 40-60, 60-100 cm) in the best-preserved areas, to investigate the vertical variation of carbon and establish standard curves of its distribution. Soil carbon stocks show values between 16.61 and 34.59 Mg/ha and show, according to a non-parametric Kruskal-Wallis test ($p=0.0005$), significant differences between forest use and livestock and agricultural use. Regarding the vertical distribution of carbon stocks, significant differences were also found according to a non-parametric Friedman test ($p=0.001$). Total soil carbon stocks at 30 cm depth were quantified from the thematic maps obtained for this purpose at the farm and basin level, with 655.47 Mg and 293069 Mg values, respectively. It is concluded that the development of agriculture in sub-humid conditions means an opportunity to increase carbon reserves through the production and incorporation of greater volumes of biomass, likewise, the degradation of the areas of the old tropical dry forest is confirmed.

Keywords: soil carbon stocks, land use, Inceptisols, Mollisols

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**RESERVA DE CARBONO DE LOS SUELOS EN LA CUENCA MANGLARALTO, PENÍNSULA DE SANTA ELENA**” y elaborado por **Erick Danilo Orellana Valdivia**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
Problema Científico:.....	2
Objetivos.....	2
Objetivo General:.....	2
Objetivos Específicos:.....	2
Hipótesis:.....	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1. Suelo.....	3
1.2. Tipos de suelos en el Ecuador.....	3
1.2.1. Tipos de suelo en la provincia de Santa Elena.....	3
1.3. Ciclo del Carbono.....	4
1.4. Formas del Carbono en el suelo.....	4
1.4.1. Carbono Inorgánico.....	4
1.4.2. Carbono Orgánico.....	5
1.5. Componentes de la materia orgánica del suelo.....	5
1.6. Importancia de la materia orgánica en el suelo.....	6
1.6.1. Propiedades físicas.....	7
1.6.2. Propiedades químicas.....	7
1.6.3. Propiedades biológicas.....	7
1.7. Factores que influyen en la acumulación de CO en el suelo.....	8
1.8. Método de determinación de carbono del suelo.....	8
1.8.1. Método de Walkley– Black.....	8
1.8.2. Determinación de carbono lábil.....	8
1.8.3. Técnica volumétrica.....	9
1.9. Estimación de reserva de carbono.....	9
1.9.1. Estimación de la reserva de carbono de la biomasa aérea.....	9
1.9.2. Estimación de la reserva de carbono del suelo.....	10
1.10. Características de la cuenca del Río Manglaralto.....	10
1.10.1. Clima.....	10
1.10.2. Hidrología.....	10
1.10.3. Localización Geográfica.....	11

1.10.4. Hidrografía.....	11
1.10.5. Flora y fauna	11
1.10.6. Geología.....	11
1.11. Usos de los suelos en la Provincia de Santa Elena	11
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	13
2.1 ubicación y Descripción del sitio.....	13
2.2 Características climáticas	14
2.3 Características de los suelos	15
2.4 Manejo del estudio	15
2.5 Esquema de muestreo	15
2.5.1 Muestreo 0 - 30 cm.....	16
2.5.2 Muestreo vertical	17
2.6 Determinación del Carbono y Reserva de Carbono	18
2.7 Bosque Forestal	18
2.8 Análisis Estadístico	19
2.8.1 Prueba no paramétrica de rango de Kruskall-Wallis	19
2.8.2 Prueba de rangos de Friedman.....	19
2.9 Elaboración de mapas temáticos.....	19
2.9.1 Selección del método de interpolación	19
2.9.2 Softwares utilizados.....	20
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
3.1. Características del área de estudio en relación con el contenido de Carbono en el suelo de la Cuenca Manglaralto	21
3.2. Análisis de la estructura espacial y estadística de carbono orgánico a una profundidad de 30 cm.....	21
3.3. Análisis estadístico descriptivo de la RCOS a 30 cm con relación al subgrupo de suelo	23
3.3.1. Fluventic Haplustepts	23
3.3.2. Fluventic Eutrudepts.....	25
3.4. Análisis Estadístico Descriptivo de Carbono con relación al uso del suelo.....	26
3.4.1. Uso del suelo: Conservación Forestal	26
3.4.2. Uso del suelo: Agrícola	28
3.4.3. Uso del suelo: Pecuario	29

3.5.	Prueba de contraste para los órdenes y usos del suelo	31
3.6.	Mapa temático de carbono a 30 cm de profundidad.....	34
3.7.	Análisis de distribución Vertical y Estadística de la Reserva de carbono en diferentes profundidades.	36
3.8.	Curvas patrones para cada tipo de suelo.....	36
3.9.	Propuestas de sitios promisorios para la conservación y secuestro del carbono.	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		40
	Conclusiones.....	40
	Recomendaciones	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		42
ANEXOS		52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie en hectáreas de los usos de los suelos de la Provincia de Santa Elena.	12
Tabla 2. Características climáticas de la zona.	14
Tabla 3. Características químicas del suelo en el Centro de Apoyo Manglaralto.	15
Tabla 4. Resumen general en relación al Subgrupo y uso de la tierra.	23
Tabla 5. Distribución de frecuencia de RCOS del subgrupo de suelo Fluventic Haplustepts.	24
Tabla 6. Distribución de frecuencia de RCOS del subgrupo de suelo Fluventic Eutrudepts.	25
Tabla 7. Distribución de frecuencia de carbono en la zona de Conservación Forestal.	27
Tabla 8. Distribución de frecuencia de carbono en el uso agrícola.	28
Tabla 9. Distribución de frecuencia de carbono en el uso pecuario.	30
Tabla 10. Prueba de Kruskal-Wallis para datos de carbono a una profundidad de 0 a 30 cm, agrupados por subgrupo de suelo.	32
Tabla 11. Prueba de Kruskal-Wallis para los usos del suelo en una profundidad de 0 a 30 cm.	33
Tabla 12. - Prueba de Friedman para el análisis de carbono a diferentes profundidades...	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Términos relacionados con la materia orgánica y sustancias húmicas (Sadeghian, 2010).....	6
Figura 2. Localización del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.	13
Figura 3. Distribución de los puntos de muestro de 0- 30 cm de profundidad.....	16
Figura 4. Distribución de los puntos de muestro por profundidades para el establecimiento de funciones patrones de distribución de carbono y reserva de carbono del suelo.	17
Figura 5. Histograma, curva y Boxplot de RCOS a 30 cm.	21
Figura 6. (A y D) Distribución espacial de carbono orgánico, (B) distribución de carbono en el eje Y, (C) distribución de carbono en el eje X.....	22
Figura 7. histograma de frecuencia de RCOS del subgrupo de suelo Fluventic Haplustepts.	25
Figura 8. Histograma de frecuencia de RCOS del subgrupo de suelo Fluventic Eutrudepts.	26
Figura 9. Histograma de frecuencia de carbono en la zona de Conservación Forestal.	28
Figura 10. Histograma de frecuencia de carbono en el uso agrícola.....	29
Figura 11. Histograma de frecuencia de carbono en el uso pecuario.....	31
Figura 12. Diagrama de caja y bigote del análisis estadístico de carbono en los Subgrupos de suelo.	32
Figura 13. Diagrama de caja y bigote del análisis estadístico de carbono en los usos de suelo.....	33
Figura 14. Semivariograma experimental de carbono orgánico en el Centro de Apoyo Manglaralto.....	34
Figura 15. Mapa temático de la reserva de carbono a 30 cm de profundidad.	35
Figura 16. Representación del mapa de reservas de carbono del suelo (RCOS; kg/m ²) de la Cuenca Río Manglaralto (áreas de interés agropecuario).....	35
Figura 17. Función Patrón Carbono	37
Figura 18. Curva Patrón de Reserva de Carbono	37
Figura 19. Curva Patrón de Reserva de Carbono	37
Figura 20. Función Patrón Carbono	37
Figura 21. Mapa de capacidad de uso de tierras del Centro de Apoyo Manglaralto.....	38

Figura 22. Mapa de zonas de distribución de criterios de ordenamiento y franjas hidroreguladoras 39

ÍNDICE DE ANEXOS

Tabla 1A. Análisis de carbono orgánico del muestreo espacial (0-30 cm).

Tabla 2A. Análisis de carbono orgánico del muestreo vertical del Orden Inceptisol.

Tabla 3A. Análisis de carbono orgánico del muestreo vertical del orden Molisol.

Figura 1 A. Toma de muestras espacial y vertical.

Figura 2 A. Toma de datos climáticos del lugar de muestreo.

Figura 3 A. Muestra colocada en su respectiva funda e identificación.

Figura 4 A. Preparación de reactivos

INTRODUCCIÓN

El carbono de los suelos puede presentarse en dos formas inorgánica y orgánica las cuales son factibles de determinar por una variedad de métodos. El carbono orgánico del suelo se encuentra formando residuos poco alterados de plantas, animales y fauna edáfica en forma de carbono elemental o humus además este resulta del balance de la materia orgánica incorporada y la salida del carbono en forma de CO₂ a la atmósfera (Martínez H et al., 2008).

El contenido de carbono del suelo depende de factores relacionados con su formación, pero puede modificarse por cambios en su uso y manejo. Los factores climáticos y factores del suelo ayudan a explicar el almacenamiento de carbono durante períodos prolongados, mientras que los cambios en el uso de la tierra y la vegetación se consideran durante períodos más cortos. El incremento de materia orgánica aumenta el número de grupos principales que componen la macrofauna, responsables de la estructura y porosidad del suelo, asegurando la distribución de materia orgánica incluso a más de un metro de profundidad en el suelo. (Carvajal *et al.*, 2009).

La cuenca del Rio Manglaralto se encuentra en la provincia de Santa Elena, con una superficie aproximada de 56 km² (5.600 ha). En zonas con pendientes sobresalientes principalmente de la Cordillera Chongón – Colonche se distribuye una bien representada vegetación nativa herbácea y arbustiva en las zonas bajas predomina el bosque tropical seco donde se encuentra una mayor incidencia de la agricultura (Rodríguez, 2020).

Manglaralto se caracteriza por presentar dos épocas climáticas diferentes en el Año, época seca de junio a noviembre y época húmeda (lluviosa) de diciembre hasta mayo. Predominan los suelos de estructura franco y franco arcillosa de acidez moderada (Muñoz, 2015).

El propósito de esta investigación es evaluar la reserva y distribución del carbono orgánico en la cuenca Manglaralto, provincia de Santa Elena en cuanto a cambios en el uso del suelo, tomando como un sitio representativo de la zona, las características edafoclimáticas de la parte baja de la cuenca, serán de útil información y serán tomadas en cuenta en la toma de decisiones para la implementación de nuevas investigaciones en la zona de estudio

Problema Científico:

¿Cuál es la reserva y distribución de carbono orgánico en la cuenca Manglaralto, Península de Santa Elena?

Objetivos***Objetivo General:***

- Evaluar la reserva y distribución del carbono orgánico en la cuenca Manglaralto, provincia de Santa Elena.

Objetivos Específicos:

1. Determinar la presencia y distribución del carbono orgánico en un sitio representativo de la cuenca Manglaralto de la Provincia de Santa Elena.
2. Valorar la influencia del uso de la tierra en la distribución de la reserva de carbono orgánico.
3. Proponer sitios promisorios para la conservación y el secuestro de carbono orgánico en la cuenca Manglaralto.

Hipótesis:

La reserva y distribución del carbono orgánico en la cuenca Manglaralto responde a las características edafoclimáticas de la cuenca y los cambios de uso de la tierra.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Suelo

Burbano (2016) considera al suelo como un recurso natural finito y no renovable, usado por los seres vivos para obtener alimento y dar vigencia a la vida.

El suelo está formado por minerales de la roca madre, los cuales, se mezclan con materiales orgánicos, agua, aire y microorganismos (Jaramillo, 2002). En cambio, Konijnenburg, (2006) cita a varios autores, que conceptualizan al suelo como un cuerpo material heterogéneo, generado por la alteración, reestructuración y organización de capas, donde la composición varía de un área a otra, haciendo de estas particularidades entre unidades dependiente de los factores formadores de suelo (clima, vegetación y tiempo), así como la intervención del hombre al desarrollar múltiples actividades de interés agrario y pecuario (Fao, 2016).

Por otro lado, (Schjøning, Elmholt and Christensen, 2004; Burbano, 2016), explican que el suelo es el mayor sumidero de carbono de la naturaleza, pues, con la intermediación de las plantas y la participación de los organismos en el suelo, el carbono se transforma en materia orgánica que se acumula en el suelo por amplios periodos de tiempo. Este carbono almacenado en el planeta en el primer metro de tierra será una vez y media mayor que la cantidad de carbono acumulado en la vegetación (Altamirano, 2019).

1.2. Tipos de suelos en el Ecuador

En resumen, Ecuador presenta 10 órdenes de suelos, los cuales se distinguen por particularidades en el origen edafogenéticos y los tipos de horizontes que tienen, entre ellos están: Inceptisoles, Entisoles, Alfisoles, Andisoles, Molisoles, Vertisoles, Aridisoles, Ultisoles, Histosoles y Oxisoles (Sig Tierra, 2017).

1.2.1. Tipos de suelo en la provincia de Santa Elena

La península de Santa Elena comprende seis órdenes de suelo, de los cuales predominan más, los suelos Inceptisoles, seguido de los Aridisoles, Entisoles, Vertisoles, Alfisoles y Molisoles (Koupermann, 2014).

1.3. *Ciclo del Carbono*

Según Ordóñez & Masera (2016), el carbono es una pieza importante en la existencia de los seres vivos, de hecho, es el componente básico de la vida. Sin fuentes de carbono no habría equilibrio en nuestro planeta, entonces, el ciclo global de carbono se describe como el que participa en los intercambios que ocurre entre la atmósfera y la biosfera continental, así como las modificaciones producidas por las actividades humanas: deposiciones nitrogenadas, aumento del CO₂ atmosférico y el calentamiento climático inducido (Orellana et al., 2012), ya que, estos cambios globales afectan el incremento de la producción vegetal y conduce al almacenamiento de carbono en la biomasa de los árboles y en la materia orgánica del suelo (Saugier and Pontailier, 2006).

1.4. *Formas del Carbono en el suelo*

El COS es importante para el ciclo global del C, ya que ocupa el 69,8 % del C orgánico de la biosfera, no obstante, los suelos almacenan más carbono del que puede existir en la atmósfera y la vegetación (Álvarez, 2005). Al respecto, Ayala (2018) estima al suelo como un sumidero, que captura y almacena carbono, el cual, puede hallarse de manera orgánica e inorgánica (Martínez H, Fuentes E y Acevedo H, 2008).

El carbono es un compuesto de naturaleza orgánica que circula en la atmosfera, océano, suelo y subsuelo, hasta llegar a formar depósitos (Ibáñez, 2006; Burbano Orjuela, 2018).

1.4.1. *Carbono Inorgánico*

Por cierto, Torn et al. (1997) indica que el carbono inorgánico se obtiene de la lenta degradación de la mayor parte de carbono orgánico del suelo, la forma más común de localizar el CIS es en carbonatos (Hodgson, 1987) presentes en zonas áridas y semiáridas (Ayala, Maya Delgado and Troyo Diéguez, 2018), cuyo origen se da por la desintegración de minerales originarios que pasan por un proceso complejo (Ingraham, 1998). Los minerales más comunes son los carbonatos de calcio y magnesio y óxidos de manganes, entre otros (Manahan, 2006; Ibáñez, 2013).

1.4.2. Carbono Orgánico

La FAO (2019) afirma que la COS es el principal componente de la MOS, la cual se compone de todo elemento descompuesto (animales, plantas, materia bacteriana, etc.) (Scharlemann *et al.*, 2014).

Burbano (2018) muestra que el carbono del suelo está relacionado con el proceso de descomposición que se produce de la biomasa por acción de la materia microbiana, donde, una parte vuelve a la atmósfera, por la mineralización que sufre el carbono orgánico (FAO, 2017).

Es más, (Robert, 2001; Ayala, Maya Delgado and Troyo Diéguez, 2018) explican que la accionar del COS en los ambientes naturales contribuye en el equilibrio dinámico, este carbono orgánico del suelo puede variar entre 1 a 2,5 % en suelos arenosos y desérticos en los primeros metros del suelo, lo cual, influye en las propiedades físico químicas y biológicas del suelo (Martínez *et al.*, 2008).

1.5. Componentes de la materia orgánica del suelo

Auria (2021) menciona a otros autores, quienes alegan que la materia orgánica en el suelo se encuentra compuesta por componentes orgánicos de la biomasa (plantas, animales), también, los residuos de raíces muertas descompuestas por microorganismos y las sustancias orgánica coloidal y amorfa, conocida como húmicas.

La sustancia orgánica (humus) se obtiene a partir de la descomposición de material vegetal (Ochoa, 2017), la cual es fundamental para los suelos especializados para actividades agrícolas. De esta forma, aporta al suelo 5% de nitrógeno (Julca *et al.*, 2006).

El humus es el resultado de procesos completamente pedogenéticos que ocurren en el suelo y están relacionados con varios factores tales como: el material parental, organismo, clima, suelo y tiempo. Sin embargo, la materia orgánica del suelo contiene entre 52% a 58 % de carbono, 34% a 39 % de oxígeno, 3,3% a 4,4 % de hidrogeno y 3,7% a 4,1% de nitrógeno; otros componentes destacados son el azufre y el fósforo (Sadeghian, 2010).

Término	Definición
Residuos orgánicos	Tejidos de plantas y animales sin descomponer, y sus productos de descomposición parcial.
Biomasa del suelo	Materia orgánica presente como tejido microbial.
Materia orgánica del suelo (MO) o humus	El total de los compuestos orgánicos en el suelo con excepción de los tejidos vegetales y animales sin descomponer, sus productos de "descomposición parcial", y la biomasa del suelo.
Sustancias húmicas	Serie de sustancias de relativo alto peso molecular, de color pardo a negro, formadas por reacciones secundarias de síntesis. El término humus se usa como un nombre genérico para describir el material coloreado o su fracción, obtenida con base en características de solubilidad. Estos materiales son distintivos al suelo (o sedimento), medio en el que éstas se distinguen de los microorganismos y de las plantas superiores (incluyendo la lignina).
Substancias no-húmicas	Compuestos pertenecientes a clases bioquímicamente conocidas, tales como aminoácidos, carbohidratos, grasas, ceras, resinas y ácidos orgánicos. El humus probablemente contiene la mayoría, si no todos, los compuestos bioquímicos sintetizados por los organismos vivientes.
Humina	La fracción de la materia orgánica o humus insoluble en álcali.
Ácido húmico	Material orgánico de color oscuro, que se puede extraer del suelo por varios reactivos, y el cual es insoluble en ácidos diluidos.
Ácido fúlvico	Material coloreado, el cual se mantiene en solución después de remover el ácido húmico por acidificación.
Ácido himatomelánico	Porción de ácido húmico soluble en alcohol.

Figura 1. Términos relacionados con la materia orgánica y sustancias húmicas (Sadeghian, 2010).

1.6. Importancia de la materia orgánica en el suelo

Betancourt et al. (1999) mencionaron que la cobertura vegetativa aporta materia orgánica al suelo, porque, una vez incorporado, confiere diferentes nutrientes a las plantas, las cuales son aprovechados cuando las condiciones son favorables.

Incluso, Labrador (2012), muestra que la materia orgánica es un componente que regula la capacidad del suelo para mantener su fertilidad así como optimizar su conservación.

A todo esto, Alemán and Guido (2016), han demostrado que los nutrientes disponibles en el suelo permiten que las plantas crezcan bien, además, el suelo fértil tiene el contenido de materia orgánica necesario, 2% en suelo arenoso y hasta 6% en suelos arcillosos.

Por ejemplo, las lombrices de tierra son consideradas la mayor biomasa animal en la mayoría de los ecosistemas (Domínguez, Aira and Gómez, 2009), de hecho son muy importantes, porque varían la estructura del suelo y afectan los aspectos físicos, químicos y biológicos, acelerando la descomposición de la MO y el reciclaje de nutrientes (Gallardo *et al.*, 2009).

Por consiguiente, se muestran los principales efectos que produce la materia orgánica sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo.

1.6.1. Propiedades físicas

Los niveles adecuados de materia orgánica en el suelo, mejora la estructura, formando agregados estables (Ramírez, 1997; Ibañez, 2006).

La calidad del suelo se ve afectada cuando aumenta la densidad aparente del suelo, la compactación y las condiciones de retención de humedad, limitan el crecimiento de las raíces. Entonces, al aumentar la materia orgánica y el espacio poroso, disminuye la DA y viceversa (Salamanca and Sadeghian, 2005; Calderón, Bautista and Rojas, 2018).

Al aumentar la porosidad del suelo, los nutrientes, aire, gases y agua pueden circular (Matus and Maire G., 2000; Novillo *et al.*, 2018). Así mismo, disminuye las pérdidas de suelo por erosión, pues, gracias a su capacidad de cohesionar las arcillas (Murray *et al.*, 2014; Alemán and Guido, 2016).

Además, tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, forma agregados y le ofrece estabilidad estructural, promueve la infiltración y retención de agua, reduce la erosión y contribuye al intercambio gaseoso (Álvarez, 2001).

1.6.2. Propiedades químicas

La materia orgánica en el suelo también facilita los mecanismos de absorción de sustancias peligrosas como los plaguicidas (Julca *et al.*, 2006). Además, incide en las propiedades químicas del suelo, los autores refieren que aumenta la capacidad de cambio del suelo, la reserva de nutrientes para la vida vegetal y la capacidad tampón del suelo, favorece la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas.

1.6.3. Propiedades biológicas

Y en cuanto a su efecto sobre las propiedades biológicas, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado. Estos efectos de la materia orgánica también han sido sugeridos por otros autores (Crespo, 2011).

1.7. Factores que influyen en la acumulación de CO en el suelo

La materia orgánica en el suelo es un componente clave (en la reserva y ciclo del carbono). En condiciones naturales el carbono se incorpora al suelo a través del aporte continuo de material orgánico; sin embargo, existen prácticas de uso de la tierra que generan una disminución del carbono orgánico en el tiempo, a la vez hay prácticas de uso sostenible que favorecen su captura y acumulación (Ginebra Aguilar *et al.*, 2015).

Los resultados de Ginebra Aguilar *et al.* (2015) indican que la mayor parte del COS se halla en formas recalcitrantes o húmicas, añaden que, este componente es influenciado por varios factores tales como: el tipo de suelo, el clima, la composición de especies, el relieve, entre otros (Galicia *et al.*, 2016; Salazar *et al.*, 2020).

1.8. Método de determinación de carbono del suelo

La determinación del carbono permite comprender la importancia del suelo para la fertilidad, ya que este compuesto afecta diversas propiedades del suelo y proporciona a los cultivos los nutrientes como N, P y S (García, 2012). Pues bien, existen diversos métodos para la determinación de carbono, pero la espectrofotetría y la volumetría, son las dos técnicas más usadas (Felipe, 2021).

1.8.1. Método de Walkley– Black

El método de Walkley Black, el modo de obtención de este método consiste en oxidar el carbón orgánico del suelo y por disgregación de dicromato de potasio, el calor que se genera es producto de la reacción al combinarse con ácido sulfúrico concentrado (Castillo *et al.*, 2016).

García and Ballesteros (2005), por eso que mediante la oxidación del suelo y una solución de dicromato de potasio estandarizada y expuesta al calor con la disgregación de ácido sulfúrico concentrado; después, con una fórmula de sulfato ferroso se valora la regresión de la cantidad de dicromato que no suprimido por la MO y así determinar el contenido de carbono.

1.8.2. Determinación de carbono lábil

Para la determinación de COS_L se toma como referencia la metodología colorimétrica de oxidación con permanganato de potasio, donde se necesita, 5 g de las muestras de suelo

tamizadas por 1 mm y conservados a temperatura ambiente. Se le añade una solución de KMnO_4 a una concentración de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$, con pH 7,2. Luego, se agita en una zaranda orbital por 15 minutos a 200 rpm y se centrifuga por cinco minutos a 3000 rpm. Posteriormente, se filtra el líquido en papel de filtro semirrápido, después, en una alícuota de 0,5 mL y se diluye en 25 mL de agua destilada. Las determinaciones se realizaron en un espectrofotómetro ultravioleta-visible (T-160) a una longitud de onda de 565 nm (Ginebra Aguilar *et al.*, 2015).

1.8.3. Técnica volumétrica

En un Erlenmeyer de 250 mL, se vierte 0,30 g de muestra de suelo tamizada, luego se coloca 10 mL de solución de dicromato de potasio 0,17 M y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, se procede por un minuto agitar la muestra. Media hora después, se diluye con agua destilada (hasta completar un volumen de 100 mL) y se adiciona 5 mL de ácido fosfórico concentrado. Otra vez, se deja reposar por 10 minutos, se agrega difenilamina al 0,5% (de 20 a 30 gotas) y se valora el exceso de dicromato con una solución de sulfato ferroso 1 M, se tiene en cuenta el cambio de color púrpura oscuro a un verde brillante, llevando un blanco para cada serie de muestras (García and Ballesteros, 2005; Eyherabide *et al.*, 2014).

1.9. Estimación de reserva de carbono

La reserva de carbono total en los ecosistemas terrestres está compuesta por la biomasa aérea y la edáfica (Orjuela, 2018).

1.9.1. Estimación de la reserva de carbono de la biomasa aérea

Según Yepes *et al.* (2011), para una estimación de la biomasa aérea de bosque naturales, es necesario ejecutar tres fases: 1) Identificación de métodos para la estimación de carbono, 2) Establecer el procedimiento necesario para la aplicación de los métodos y por último 3) Selección de ecuación alométrica para la estimación de biomasa aérea en bosques naturales según el método indirecto, (Fernández, 2017) cuya ecuación es la siguiente:

$$\ln[BA] = a + b \ln [D] + c [\ln [D]]^2 + d [\ln[D]]^3 + B1 \ln [\rho] (1)$$

$$\ln[BA] = a + B1 \ln[D] (2)$$

$$\ln[BA] = a + B1 \ln[D^2 H \rho] (3)$$

El método para estimar la RCOS en bosques naturales templados, comprende tres etapas: recopilación de datos y pruebas de tipos de muestreo, inventario sobre los sitios y modelización de datos (Locatelli and Sylvain, 2001).

1.9.2. Estimación de la reserva de carbono del suelo

El seguimiento de la reserva de COS se realiza mediante métodos rentables y eficaces que cubren una amplia variedad de suelos. En la actualidad, se usa otros mecanismos para obtener mejores resultados en la predicción del contenido de COS de forma más rentable y eficiente como lo es el método de infrarrojo medio y la espectroscopia de infrarrojo cercano (FAO, 2017; Auria, 2021).

1.10. Características de la cuenca del Río Manglaralto

1.10.1. Clima

A partir del mes de diciembre hasta mayo se comprende la época lluviosa y desde junio hasta noviembre la época seca, cuyo valor es 0 mm/mes. Por otra parte, cuando se presenta el fenómeno El Niño la época húmeda las fluctuaciones alcanza hasta 2800 mm/año, en cambio, sin el fenómeno El Niño, las precipitaciones varían entre 90 mm/mes a 150 mm/mes (Catuto, 2020; Ramírez, 2020).

En la cuenca hidrográfica de Manglaralto la temperatura media anual es de 24,3°C (Max. 26,6°C y Min. 21,4°C) (Valencia, 2017).

1.10.2. Hidrología

Según Valencia (2017), la cuenca de Manglaralto tiene depósitos aluviales que se constituyen de grava y arena, las buenas condiciones de porosidad y permeabilidad le permite acumular agua subterránea, después de todo, solo el 32,3% de volumen contenido en la cuenca es la capacidad ideal. En contraste, la cuenca de Manglaralto se ubican en suelos llanos, pero está rodeado por elevaciones que pueden superar los 100 metros.

1.10.3. Localización Geográfica

Berrezueta et al. (2013) indica que la cuenca del Río Manglaralto tiene una extensión de 56 km², una población aproximada de 8000 habitantes y se encuentra conformada por las comunas: Manglaralto, Poma Rosa, San Antonio, Cadeate y Dos Mangas. El río nace de la cordillera Chongón Colonche, con una longitud de 18 km y termina en el Océano Pacífico.

1.10.4. Hidrografía

Los acuíferos de la cuenca del Río Manglaralto presentan una formación geológica contenida de agua dulce, pero circunvalada por una masa extensa de agua salada. El nivel freático es superficial (entre 3 a 11 metros) y un espesor de 20 m (Franco, 2015).

El río Manglaralto tiene un régimen estacionario permanente, es más, se encuentran ríos afluentes que desembocan (río Culebra y el río Pajisa) los cuales nacen en la cordillera Chongón Colonche a 700 m.s.n.m. Por ende, la cuenca se divide en dos partes: la parte alta; que alcanza una cota de 180 m.s.n. y proporciona la mayor cantidad de agua al sistema fluvial, ya que posee un alto contenido de humedad a causa de la gran vegetación que presenta, y en la parte baja se depósitos aluviales compuestos por gravas, arenas y limos, a nivel del mar (Valencia, 2017).

1.10.5. Flora y fauna

La vegetación de la cuenca del Río Manglaralto es bosque seco tropical, donde existen dos sitios, el lugar alto presenta especies autóctonas (guayacán, paja toquilla, laurel, mamey, fruta de pan) y el lugar bajo está cubierto de especies frutales introducidas (café, limones, ciruela, toronja, naranjas, etc.) (Berrezueta *et al.*, 2013).

1.10.6. Geología

Según Berrezueta et al. (2013); Carrión et al.(2019) indican que la cuenca del río Manglaralto se formó a partir de rocas cretácica, tiene depósitos aluviales (arena, arcilla y limo) que constituyen las formaciones geológicas a lo largo del río, además, presenta diferentes relieves (abruptos, intermedias y llanas).

1.11. Usos de los suelos en la provincia de Santa Elena

En la Tabla 1 detalla el uso de los suelos y superficie que se utiliza para el desarrollo de múltiples actividades en la provincia de Santa Elena, pues, Koupermann (2014), indica que

el Estado ha impulsado a la población que reside en las comunas con proyectos que contribuyen a una mejor producción en agricultura y otros se dedican a la implementación de silvopastoril, reforestación y conservación de bosques (Tigrero, 2015).

Tabla 1. Superficie en hectáreas de los usos de los suelos de la provincia de Santa Elena.

USO DEL SUELO	SUPERFICIE (has)	%
Agrícola	23.157,40	6,28%
Agropecuario mixto	1.492,60	0,40 %
Pecuario	2.215,60	0,60%
Actividad camaronera	3.443,70	0,93%
Extracción de sal	1.530,30	0,41%
Áreas Urbanas	3.443,70	1,30%
Centros Poblados	1.530,30	0,41%
Antrópico	76.115,00	20,63%
Conservación y protección o pecuario	32.239,00	8,74%
Conservación y protección	222.501,50	60,30%
TOTAL	369.000	100 %

Nota: Información obtenida de GADPSE(2015).

Según Valencia (2017); Catuto (2020) manifiestan que el uso del suelo en la cuenca de Manglaralto se da por causa de la pérdida de vegetación natural (bosques y matorrales), existiendo un incremento de pastos, cultivos, pero una clara, disminución del manglar, del área playera debido a los negocios de la zona de estudio, también, un aumento de la vegetación natural y poblacional.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación y Descripción del sitio

La investigación se desarrolló en el Centro de Apoyo Manglaralto, por ser una zona representativa dentro de la cuenca, perteneciente a la UPSE, ubicada en la parroquia Manglaralto del cantón Santa Elena, en la vía a Dos Mangas, con las coordenadas geográficas 01°50'32" latitud Sur, 80°44'22" longitud Oeste, a una altura de 12 msnm y el relieve con pendientes menores al 1%. por ser una zona subhúmeda que tiene varias clases de usos de la tierra. En la Figura 2 se aprecia la ubicación del lugar de estudio.

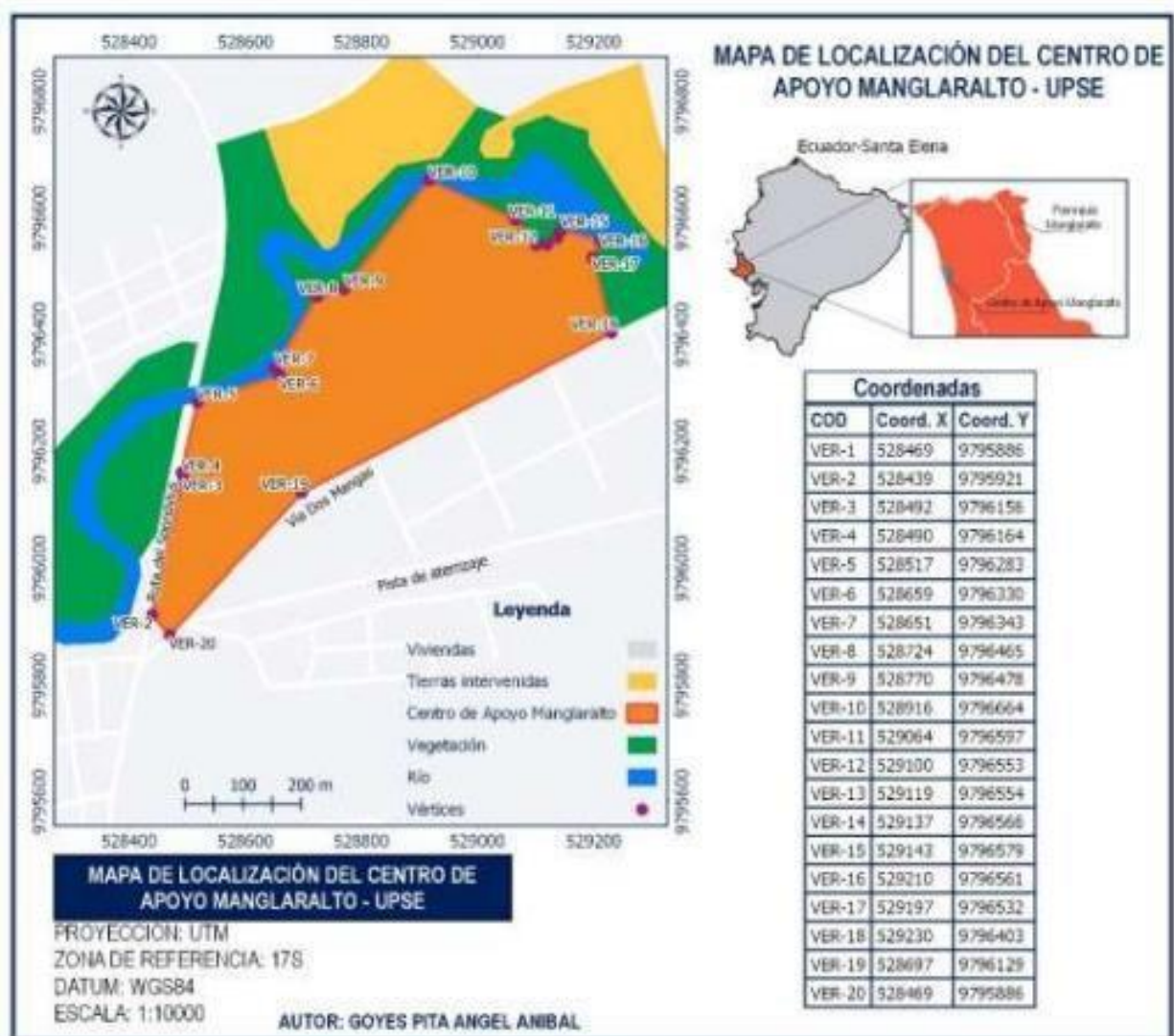


Figura 2. Localización del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.

El Centro de Apoyo Manglaralto UPSE cuenta con un área de 22.6 ha, las cuales se encuentran ocupadas en usos conservación forestal, zonas pecuarias y donde se ejerce la agricultura ya sea en cultivos de ciclo corto o perenne (Rodríguez, 2020).

Goyes Pita (2021) manifiesta que Manglaralto presenta un suelo de mayor predominancia Fluventic Eutrudepts y tierras misceláneas las cuales no son consideradas como unidad de suelo mientras que los suelos Fluventic Eutrudepts presentan buen drenaje, pH ligeramente alcalino y su fertilidad es alta además de ser suelos francos y francos arcillosos.

2.2 Características climáticas

La zona de estudio se caracteriza por presentar dos épocas una seca que va de junio hasta noviembre y una época húmeda que va de diciembre hasta mayo En la Tabla 2 se muestran los valores promedios de las variables climáticas De la zona del muestreo correspondiente al periodo 1900 – 2019. En los años en que se presenta el fenómeno El Niño en la época lluviosa, las precipitaciones acumuladas pueden llegar hasta 2800 mm/año, por el contrario, en años sin fenómeno El Niño, las precipitaciones son escasas y varían entre de 90 mm/mes a 150 mm/mes. En los meses de junio a noviembre que corresponde la época seca.

Tabla 2. Características climáticas de la zona.

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura media (°C)	Evaporación (mm)	Heliofanía (horas)
Enero	48.3	26.1	149.3	110.6
Febrero	98.3	26.2	141.2	146.5
Marzo	73.6	26.5	146.2	161.7
Abril	29.3	25.7	145.7	198.1
Mayo	12.4	24.2	141.6	120.3
Junio	13.9	22.2	89.1	46.6
Julio	23.0	21.1	73.3	34.7
Agosto	18.9	21.1	98.0	82.0
Septiembre	10.4	21.6	113.2	96.8
Octubre	25.6	21.4	100.2	56.3
Noviembre	11.3	21.9	102.0	65.9
Diciembre	4.9	23.1	159.4	236.3
	$\Sigma = 370.2$	Media = 23.4	$\Sigma = 1459.2$	Media = 112.9

Nombre de la estación: Manglaralto.

Código: M0619.

Periodo: 1900 - 2019. Serie: 1989 - 2018. Latitud: 1G51'10" S. Longitud: 80G44'55" W.

Elevación: 6.00.

Fuente: (INAMHI, 2006).

2.3 Características de los suelos

El Centro de Apoyo Manglaralto UPSE predominan los suelos de textura franco arcillo limoso, con un pH ligeramente alcalino de 7.6 y 6.8, C.I.C de 48 a 46 meq/100 g respectivamente para tipo de suelo, con CE de 0.91 mS/cm, características de un suelo no salino. En la Tabla 3 se detallan características químicas generales del suelo del lugar de estudio.

Tabla 3. Características químicas del suelo en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Elementos	Tipo de suelo	
	Fluventic Eutrudepts (KFEP)	Fluventic Haplustepts (KDEO)
pH	6.8	7.6
C.I.C	48 meq/100 g	46 meq/100 g
MO	2.40 %	3.00 %
Mg	581 ug/ml	820 ug/ml
Ca	4403 ug/ml	5035 ug/ml
Clase textural	Franco - Arcilloso	Franco

Fuente: Datos del proyecto.

2.4 Manejo del estudio

Se empleó el esquema de muestreo aleatorio estratificado, los criterios de estratificación en la selección del sitio fueron:

- Delimitación de la cuenca, subcuenca y microcuenca hidrográfica. (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2019)
- Subgrupo de suelo. Mapa Geopedológico. Proyecto de Generación de Geoinformación para la gestión del Territorio Nacional a escala 1:25 000.
- El uso de la tierra y vegetación a partir del mapa geo pedológico (Visor geográfico – Catastro, 2020)

2.5 Esquema de muestreo

El esquema de muestreo da solución a los objetivos del proyecto al que rinde la presente investigación, orientada a la estimación de las reservas de carbono orgánico. Para ello, y de

acuerdo a los objetivos, interesa la asignación espacial del carbono en la rizosfera (muestreo superficial) y su distribución en profundidad (muestreo vertical).

2.5.1 Muestreo 0 - 30 cm

Se tomaron muestras aleatorias de suelo empleando una barrena edafológica de 0 – 30 cm a una separación entre puntos de 50 a 100 m de rango en zonas con mayor intensidad de uso, las cuales fueron colocadas en fundas plásticas con su identificación correspondiente.

Se registraron coordenadas GPS, las características generales y usos del suelo. En la Figura 3 se muestra la ubicación de los puntos del muestreo superficial (0 - 30 cm).



Figura 3. Distribución de los puntos de muestro de 0- 30 cm de profundidad.

2.5.2 Muestreo vertical

Se seleccionó el lugar con vegetación autóctona mejor conservada, se muestrearon diez puntos con espaciamientos de 50 m entre puntos a cinco profundidades, de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm, 60 a 100 cm. Se utilizó la barrena edafológica y cilindros para muestras inalteradas con capacidad de 100 cm³, la muestra extraída se colocó en fundas plásticas con su etiqueta correspondiente, se pesó y se utilizó el GPS para registrar las coordenadas del punto. La ubicación de los puntos del muestreo se puede observar en la figura 4.

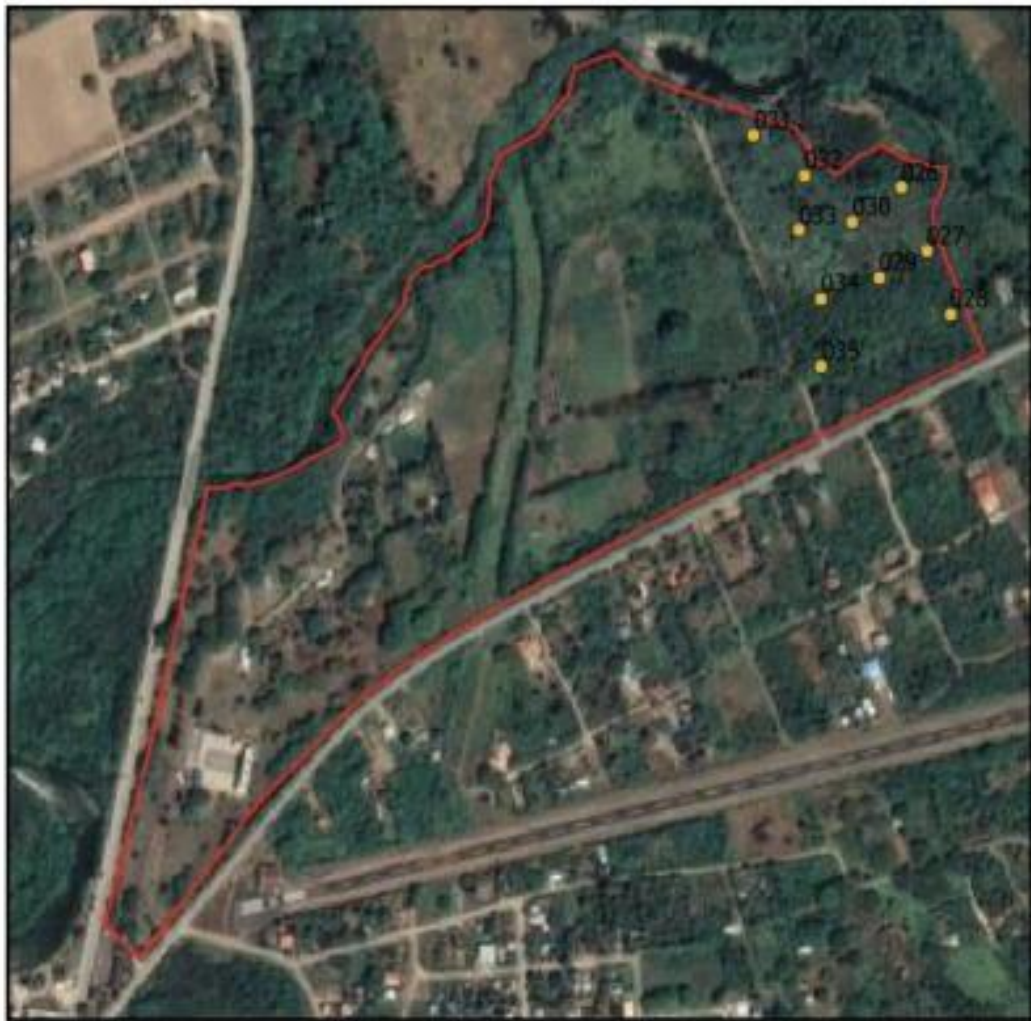


Figura 4. Distribución de los puntos de muestro por profundidades para el establecimiento de funciones patrones de distribución de carbono y reserva de carbono del suelo.

2.6 Determinación del Carbono y Reserva de Carbono

Se determina la MOS a partir del COS extraído por métodos analíticos de combustión húmeda (Walkley – Black). No se tuvo en cuenta la capa de hojarasca, solamente el tipo mull o moder.

Para los perfiles (muestreo en profundidad) la RCOS se determinó según:

$$RCOS = \sum_{i=1}^{i=n} COS(i) * d_s(i) * h(i) * (1 - I(i))$$

Dónde:

- RCOS - Reserva de Carbono Orgánico del Suelo (t.ha-1).
- COS (i) - es el contenido de carbono orgánico de cada capa u horizonte de suelo considerada, expresada en porcentaje del peso seco al aire.
- dS (i)- es la densidad del suelo en el horizonte i, expresado en Mg.m-3.
- h(i) - es la potencia del horizonte i, expresado en cm.
- I(i) - es el contenido de inclusiones, expresado en partes de la unidad.
-

La RCOS estimada a partir de los datos de COS superficial se obtiene por extrapolación de curvas patrones de reserva, construidas a partir de ajustes de funciones polinómicas (*spline* cúbicos) a las variables de interés en la profundidad h: COS, ds e i. La RCOS para un perfil de suelo, será entonces el área bajo la curva patrón de la función ajustada resultante del producto de la evaluación de las funciones anteriores, para incrementos de espesores (5 cm, 10 cm, etc.).

La extrapolación se consigue al desplazar los límites de integración en la curva patrón sobre el eje de las abscisas (h). De esta manera la estimación toma en cuenta las pérdidas relativas en el contenido de carbono del suelo actual, por efecto de la degradación, con respecto al predicho por la función teórica de distribución del carbono con la profundidad, para una especie de suelo específica.

2.7 Bosque Forestal

Se llamará bosque forestal a la composición de vegetación natural, zonas de bosque seco forestal y matorral seco.

2.8 Análisis Estadístico

Se ejecuto un análisis estadístico exploratorio donde se establecieron estadígrafos de posición y dispersión al total de los datos y a los grupos formados además de tablas e histogramas de alta frecuencia cuyo análisis de varianza no cumplía con los presupuestos de partida se seleccionaron pruebas no paramétricas las cuales no requieren una distribución normal de los datos y otras premisas Los métodos y pruebas aplicadas son:

2.8.1 Prueba no paramétrica de rango de Kruskal-Wallis

Donde se determinó si un grupo de datos pertenecen a la misma población donde se corroboró si hay o no una diferencia entre las poblaciones. En los análisis se eliminaron los *outlayer* o puntos fuera de los valores extremo de la distancia intercuartil los cuales corresponden a dos beses la distancia intercuartil y para el análisis de varianza por uso y por suelo se incluyeron profundidades de 0-30 cm del muestro vertical.

2.8.2 Prueba de rangos de Friedman

Se usó para comprobar diferencias de las reservas de carbono a diferentes profundidades. Se inicia con el presupuesto de la acumulación de C en el mismo perfil está relacionada a los procesos de acumulación y formación por esta razón se los consideran dependientes. Esta prueba se puede aplicar en dos sentidos, si se consideran las reservas calculadas acumulativas (0-30, 0-50, 0-100 cm) no deben encontrarse diferencias significativas para las condiciones de formación de los suelos estudiados, por otra parte, si deben encontrarse diferencias en comparaciones capa a capa, con la excepción de la presencia de horizontes enterrados.

2.9 Elaboración de mapas temáticos

2.9.1 Selección del método de interpolación

Se determinó el semivariograma experimental a los conjuntos de datos y estimaciones de reserva del muestreo en superficie, para corroborar la existencia de una estructura espacial, es decir, si están o no correlacionadas especialmente a la escala establecida. No existe una correlación espacial estructural de los datos de RCOS a 30 cm de profundidad, se eligió el método de interpolación IDW (distancia inversa ponderada) para la estimación de los valores de RCOS en puntos no medidos para una resolución espacial de 1 m.

A partir del mapa temático obtenido se calcula la cantidad total de reservas de carbono del área a 30 cm de profundidad expresada en Mg. Toda la información espacial se procesó en QGIS versión LTR 3.4.0 Madeira.

2.9.2 Softwares utilizados

2.9.2.1 InfoStat-Statistical Software

Se utilizó en la elaboración de gráficos, estadística descriptiva y prueba de **Friedman** (*Infostat - Software estadístico*, 2020)

2.9.2.2 Statgraphics Versión 6.1

Se utilizó en la elaboración de diagramas de alta frecuencia, histogramas y gráficos de caja y bigotes. (Statgraphics Technologies, 2021)

2.9.2.3 RStudio Versión 1.2.5033

Se utilizó en la elaboración del cálculo de semivariograma, análisis de varianza, interpolación por QGIS (RStudio Team, 2019)

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Características del área de estudio en relación con el contenido de Carbono en el suelo de la Cuenca Manglaralto

La zona de estudio se considera como un área específica pero representativa de la cuenca del Río Manglaralto, fundamentalmente en la porción Oeste de la cuenca, de mayor vocación agrícola, con características comunes con las descritas para las áreas de influencia de río, en cuando a los tipos de suelo y al uso de la tierra.

Martínez *et al.* (2011) manifiestan que el uso y manejo del suelo interviene directamente con la presencia y formación del humus, siendo el suelo el principal reservorio en ecosistemas terrestres, a su vez este se ve influenciado con zonas de cultivos donde por las prácticas agrícolas se nota una disminución del carbono total y de las fracciones más recalcitrantes hacia las más lábiles, en comparación con las zonas forestales donde el aporte de residuos, la humedad y una menor temperatura en regiones tropicales favorece la acumulación de carbono en los suelos.

Por otra parte, Carvajal *et al.* (2009) indican que la materia orgánica del suelo y su actividad se encuentran estrechamente relacionadas con la fauna edáfica, debido a que esta participa en el ciclo biogeoquímico del carbono y tiene gran influencia en las propiedades biológicas y físicas del suelo.

Lo antes mencionado puede influir en la variabilidad espacial en respuesta a los cambios de uso, con menor incidencia en la distribución vertical del carbono orgánico, que responde más a la evolución del suelo en su formación.

3.2. Análisis de la estructura espacial y estadística de carbono orgánico a una profundidad de 30 cm

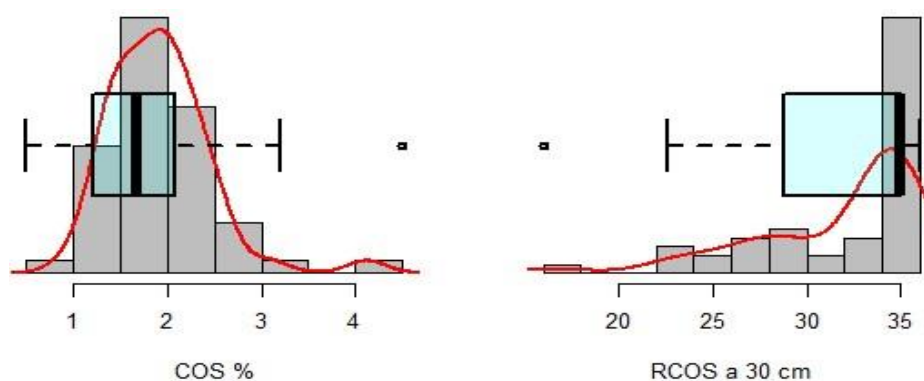


Figura 5. Histograma, curva y Boxplot de RCOS a 30 cm.

En la Figura 6 se observan los gráficos del análisis exploratorio referente a la distribución espacial de la RCOS en los primeros 30 cm del suelo, donde, los valores mayores para el eje X y Y (B-C) de CO se localiza en toda la cuenca de Río Manglaralto.

Por lo tanto, las ganancias y/o pérdidas de carbono orgánico en el suelo dependerán mucho del manejo del suelo, en los sectores pecuarios, agrícolas y forestal de la zona (Zamora *et al.*, 2018).

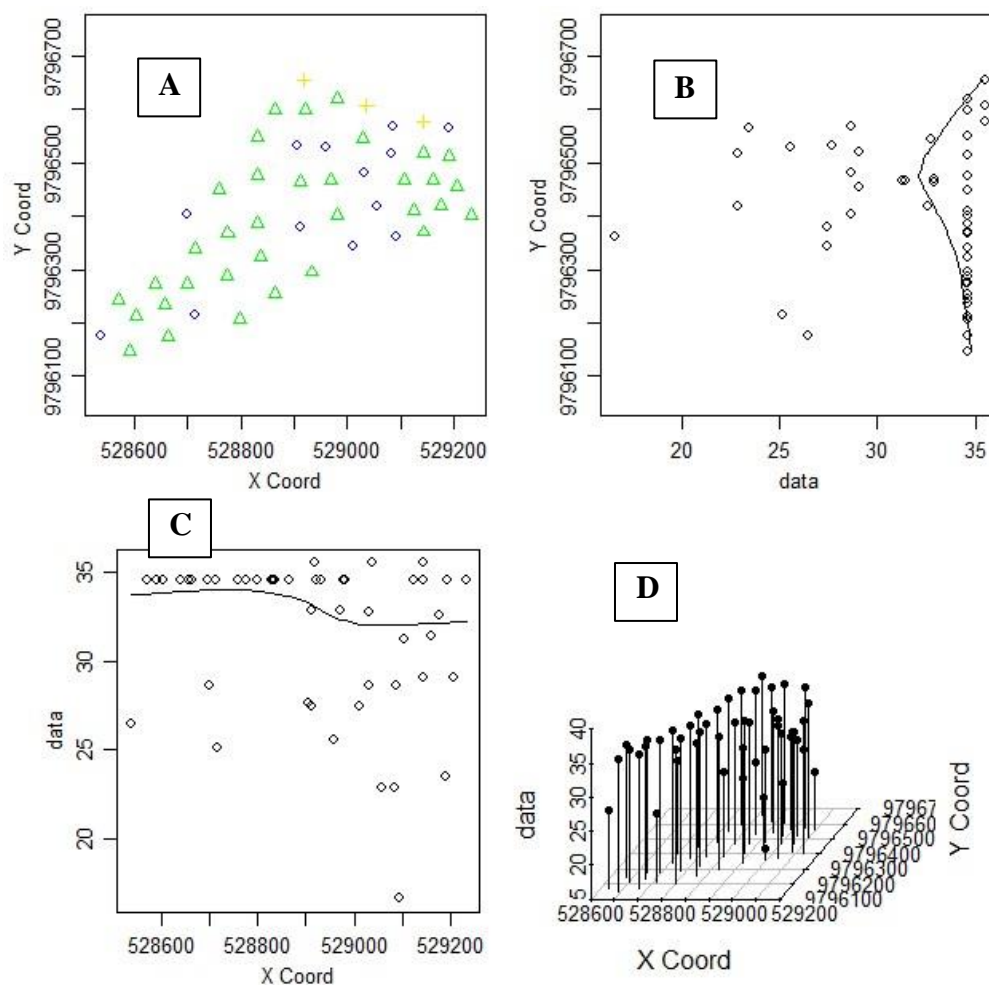


Figura 6. (A y D) Distribución espacial de carbono orgánico, (B) distribución de carbono en el eje Y, (C) distribución de carbono en el eje X.

Resumen general de resultados estadísticos de RCOS, a una profundidad de 30 cm los cuales fueron hallados dentro de la zona del estudio, clasificados mediante usos y ordenes de suelo.

Tabla 4. Resumen general en relación al Subgrupo y uso de la tierra.

	Uso del suelo				Subgrupo de suelo	
	General	Agrícola	Pecuario	Forestal	Fluventic Haplustepts	Fluventic Eutrudepts
N	50	14	9	27	6	44
Media	31,7852	33,3293	33,1589	30,5267	31,2217	31,862
Mediana	34,59	34,59	34,59	32,58	32,08	34,59
Moda	34,59	34,59	34,59	34,59	0	34,59
Varianza	18,7772	6,52695	8,12191	26,0435	25,8104	18,3458
Desviación Estándar	4,33327	2,55479	2,8499	5,10329	5,0804	4,28319
Mínimo	16,61	27,47	27,67	16,61	23,48	16,61
Máximo	35,53	34,59	34,59	35,53	35,53	34,59

En los análisis obtenidos (Tabla 4), se identificó que hay una reserva de carbono en toda el área de estudio, siendo el clima semiárido, donde hay dos épocas una seca y otra húmeda. Según Berrezueta et al. (2013) mencionan que el clima en Manglaralto es tropical y llueve torrencialmente durante tres meses al año, además posee nueve meses de estación seca lo cual ayuda a la formación de humus.

En la región semiárida la reserva de carbono está determinada por residuos orgánicos que no han sido alterados o poco alterados y tienen relación con las condiciones medio ambientales debido a que la humedad, temperatura y microorganismos que ayudan a la descomposición de la materia orgánica. (Ayala Niño *et al.*, 2018).

3.3. *Análisis estadístico descriptivo de la RCOS a 30 cm con relación al subgrupo de suelo*

Los resultados de Loayza *et al*(2020) determinaron que el almacenamiento de carbono orgánico en los suelos del Ecuador de los primeros 30 cm, fue de $1.63 \text{ Pg} \pm 0.38 \text{ Pg}$, en efecto, estos valores permiten establecer que algunos suelos (incluido la provincia de Santa Elena) se encuentra en el nivel bajo con un 41% de COS, lo cual, equivale entre 0-40 Mg/hay otros se ubicaron en rangos medios de 40-80 Mg/ha (43%).

3.3.1. *Fluventic Haplustepts*

Los resultados obtenidos se detallan en la (Tabla 5), el 16.67% de los valores van de 22 a 23.875 Mg/ ha de suelo, de la misma forma el 33.33 % de los valores van de 27.625 a 29.5 Mg/ha y el 50% de los valores van de 35.125 a 36.0625 Mg/ha.

Tabla 5. Distribución de frecuencia de RCOS del subgrupo de suelo Fluventic Haplustepts.

Cl	Infinito	Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada
1	22	23,875	22,937 5	1	0,1667	1	0,1667
2	23,875	25,75	24,812 5	0	0	1	0,1667
3	25,75	27,625	26,687 5	0	0	1	0,1667
4	27,625	29,5	28,562 5	2	0,3333	3	0,5
5	29,5	31,375	30,437 5	0,00	0	3	0,5
6	31,375	33,25	32,312 5	0	0	3	0,5
7	33,25	35,125	34,18,7 5	0	0	3	0,5
8	35,125	37	36,062 5	3	0,5	6	1

En la Figura 7 detalla que los valores intermedios de carbono con más incidencia se encuentran por encima de 28 hasta 37 Mg/ha de suelo tienen una variabilidad alta, debido a que existen varias áreas forestales o zonas de conservación donde hay mayor actividad de la fauna edáfica que provoca la descomposición de la materia y acumulación de carbono en el suelo.

Sanmartin y Unda (2018) manifiestan que los suelos Fluventic Haplustepts, son los segundos en el planeta en cuanto al contenido de carbono en el suelo y están relacionado con la profundidad de cada horizonte.

Mesías-Gallo et al. (2018) expresan que los suelos de tipo Fluventic Haplustepts tienen un elevado contenido de materia orgánica, aunque con una baja descomposición, pero en climas cálidos como los de Manglaralto la materia orgánica es mayor debido a la interacción del clima, temperatura y suelo.

El contenido y reserva de carbono están en concordancia con los usos y tipo de suelo el cual con las condiciones de manejo y climáticas adecuadas se puede lograr una acumulación de carbono orgánico significativa en el mismo.

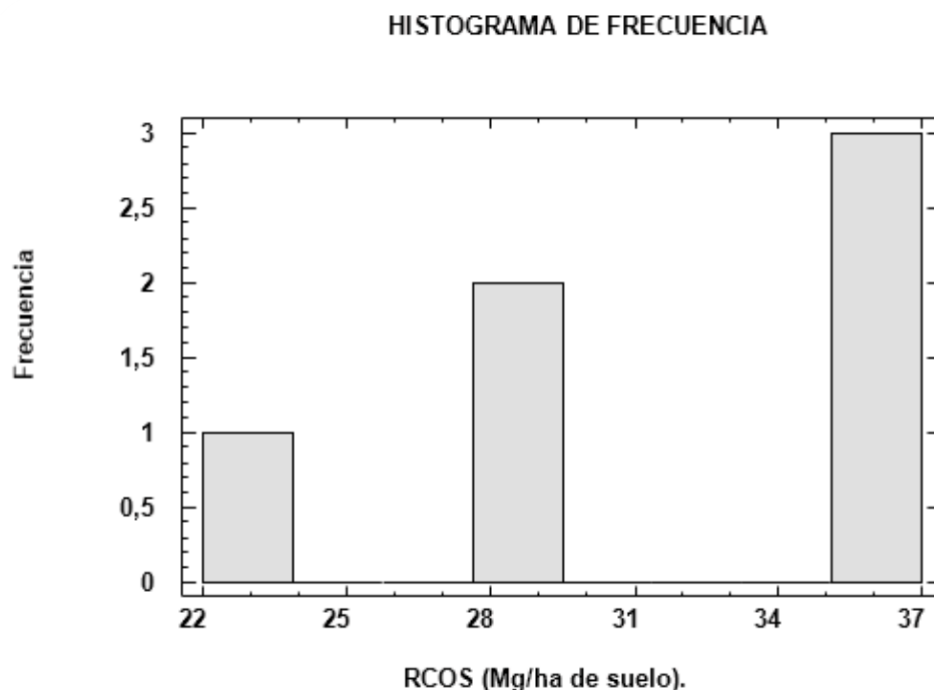


Figura 7. histograma de frecuencia de RCOS del subgrupo de suelo Fluventic Haplustepts.

3.3.2. *Fluventic Eutrudepts*

Las cantidades respectivas al 11.36 % van de 15 a 24 Mg/ha de suelo, en cambio el 40.91 % va de 24 a 30 Mg/ha de suelo y el 40.91% de 30 en adelante, donde los contenidos de carbono orgánico son mayores en las zonas conservadas que en los lugares de uso pecuario y agrícola.

Tabla 6. Distribución de frecuencia de RCOS del subgrupo de suelo Fluventic Eutrudepts.

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada
1	15	18	16,5	1	0,0227	1	0,0227
2	18	21	19,5	0	0	1	0,0227
3	21	24	22,5	2	0,0455	3	0,0682
4	24	27	25,5	3	0,0682	6	0,1364
5	27	30	28,5	6	0,1364	12	0,2727
6	30	33	31,5	6	0,1364	18	0,4091
7	33	36	34,5	26	0,5909	44	1
8	36	39	37,5	0	0	44	1

La Figura 8 indica que las cantidades medias de carbono con mayor frecuencia se encuentran por encima de 20 Mg/ha de suelo, el cual está en relación con la zona de conservación forestal del área de estudio. Según Rodríguez (2020) los suelos de subgrupo Fluventic Eutrudepts son ricos en materia orgánica de color oscuro y poseen horizontes superficiales gruesos, además que la humificación en estos suelos es pasiva lo cual provoca que se acumule el carbono orgánico del suelo.

Jorge Eloy Giménez et al. (2010), expresan que los suelos de tipo Fluventic Eutrudepts tienen mayores presencias en climas semiáridos y en zonas húmedas, existe una mayor acumulación del carbono orgánico, mientras que en áreas donde se ejerce agricultura y ganadería se ve en disminución debido a la falta de aplicación de técnicas conservacionistas del suelo.

Según Rodríguez (2020), indica que los tipos de suelo Fluventic Eutrudepts son suelos desarrollados y no muestran alteraciones en sus perfiles lo que indica que el contenido de carbono orgánico y por lo tanto la reserva del mismo va en aumento.

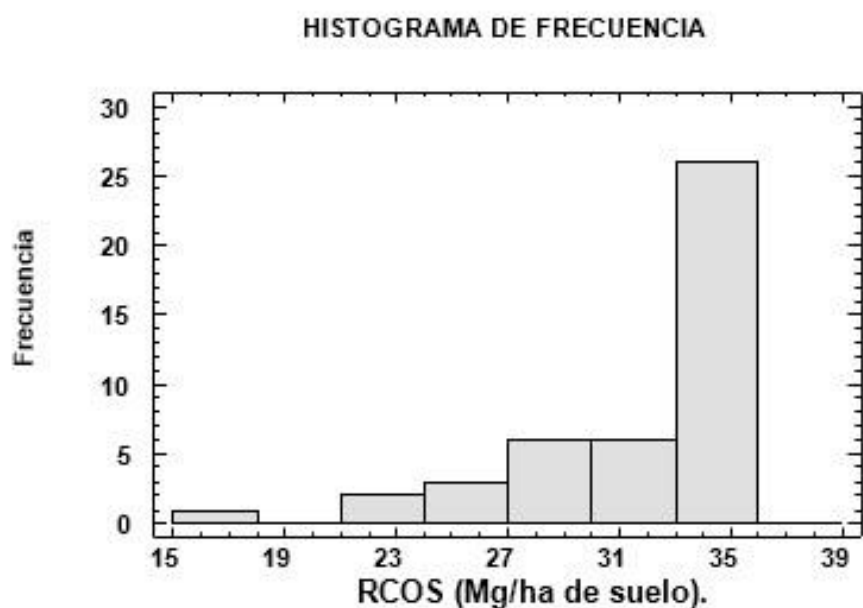


Figura 8. Histograma de frecuencia de RCOS del subgrupo de suelo Fluventic Eutrudepts.

3.4. *Análisis Estadístico Descriptivo de Carbono con relación al uso del suelo*

3.4.1. *Uso del suelo: Conservación Forestal*

La Tabla 7, expresa que los valores con mayor frecuencia se encuentran entre 21 a 36 Mg/ha de suelo con el 97% y los datos de menor frecuencia están entre 15 y 21 Mg/ha de suelo representando un 3% del total de muestras.

Tabla 7. Distribución de frecuencia de carbono en la zona de Conservación Forestal.

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada
1	15	18	16,5	1	0,037	1	0,037
2	18	21	19,5	0	0	1	0,037
3	21	24	22,5	3	0,1111	4	0,1481
4	24	27	25,5	3	0,1111	7	0,2593
5	27	30	28,5	4	0,1481	11	0,4074
6	30	33	31,5	4	0,1481	15	0,5556
7	33	36	34,5	12	0,4444	27	1
8	36	39	37,5	0	0	27	1

En la Figura 9 el histograma de frecuencia muestra que los valores de carbono en el área de conservación forestal se sitúan por encima del punto medio 16.5 y están en mayor proporción a los 30 cm de profundidad, lo que concuerda con (Lefèvre *et al.*, 2018), que el carbono orgánico, se encuentra en los primeros horizontes de suelo, donde este se acumula debido a la interacción entre la descomposición de la materia orgánica (residuos vegetales) y la acción de la fauna edáfica sobre la misma en condiciones forestales. Además, que a mayor tiempo la acumulación del carbono se ve relacionada con la profundidad puesto a los procesos de transporte continuo, a la inmovilización temporal y a los procesos microbianos.

Lorenz (1995), menciona que en zonas semiáridas hay variaciones climáticas que promueven los procesos húmicos y la acumulación de materia orgánica de tal manera hay una presencia notoria de carbono en esta profundidad.

El bosque seco tropical tiene un 32% de almacenamiento de carbono este se encuentra relacionado con la acumulación de biomasa y mencionan que la parte de vegetación en el suelo juega un rol importante en la captura y acumulación del carbono (Leopoldo Galicia *et al.*, 2016).

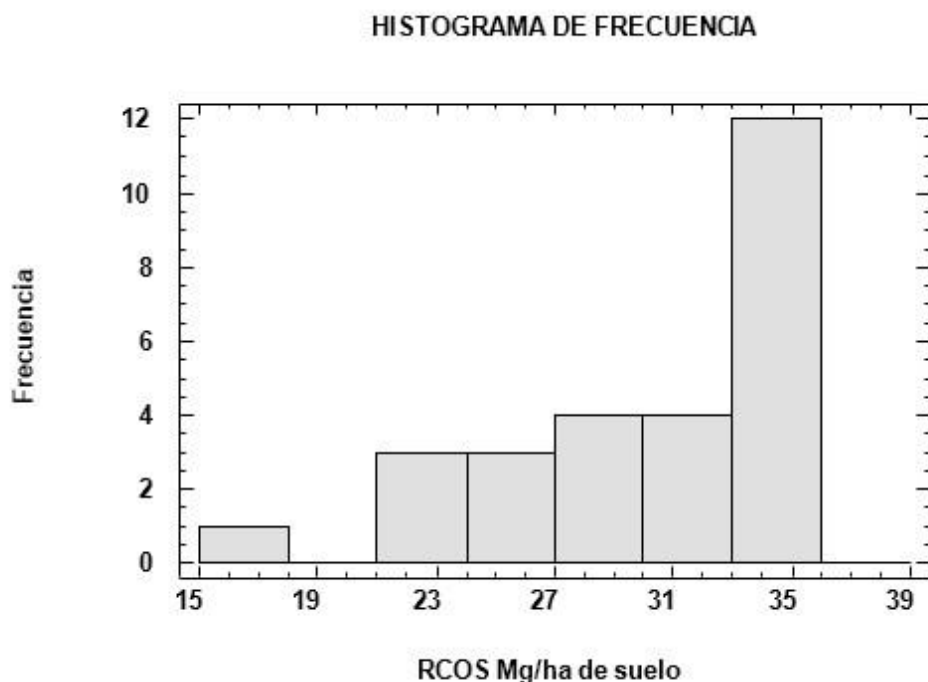


Figura 9. Histograma de frecuencia de carbono en la zona de Conservación Forestal.

3.4.2. *Uso del suelo: Agrícola*

Los valores obtenidos en la Tabla 8 muestran la distribución de frecuencia de carbono en el uso agrícola, donde el 28.58 % del total de los datos están en 27 a 33 Mg/ha de suelo y el 71.43% de los valores van de 33 a 35 Mg/ha de suelo.

Tabla 8. Distribución de frecuencia de carbono en el uso agrícola.

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada
1	27	28	27,5	2	0,1429	2	0,1429
2	28	29	28,5	0	0	2	0,1429
3	29	30	29,5	0	0	2	0,1429
4	30	31	30,5	0	0	2	0,1429
5	31	32	31,5	0	0	2	0,1429
6	32	33	32,5	2	0,1429	4	0,2857
7	33	34	33,5	0	0	4	0,2857
8	34	35	34,5	10	0,7143	14	1

El histograma de frecuencia pertenece al uso agrícola (Figura 10), cuyos valores se encuentran distribuidos en dos grupos uno de mayor frecuencia que está en el punto medio 34.5 Mg/ha de suelo y el de menor frecuencia con valores de 27.5 a 32.5 Mg/ha de suelo

estas cantidades están relacionadas por el manejo que se aplica en los cultivos perennes y de ciclo corto predominantes en el área de estudio.

Robert (2002) menciona que el manejo del suelo y del cultivo tienen un favorable funcionamiento biológico con la elevación del número de microflora y fauna, además de prácticas de conservación y labranza mínima o cero que tienen como resultado una menor índice de erosión, mejor contenido de materia orgánica y carbono.

El carbono puede almacenarse en áreas donde presiden cultivos perennes como frutales que secuestran una gran cantidad de carbono, donde se aplica prácticas como cultivos de cobertura, asociación y rotación de cultivos, además en cultivos de café y cacao de sombra que presentan una gran capacidad de captura de carbono (Eric Toensmeier, 2015).

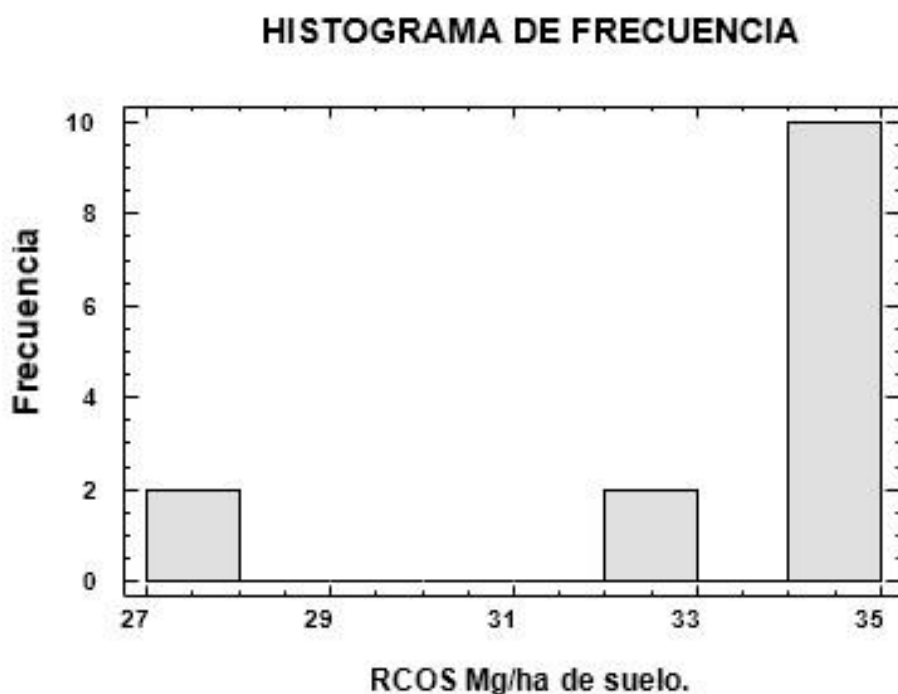


Figura 10. Histograma de frecuencia de carbono en el uso agrícola.

Una gran parte de las tierras de uso agrícola está degradadas lo que ha provocado que el carbono ha desaparecido, el cual causa una reducción del rendimiento de los cultivos, es por esto que las prácticas agronómicas conservacionistas ayudan a mejorar las tierras recuperando su productividad (Eric Toensmeier, 2015).

3.4.3. Uso del suelo: Pecuario

De la Tabla 9 se deduce que el 22.22% total de los datos están entre 27 y 28 Mg/ha de suelo y el 77.78% los valores van de 34 a 35 Mg/ha de suelo.

Tabla 9. Distribución de frecuencia de carbono en el uso pecuario.

Clase	Límite inferior	Límite superior	Punto medio	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada
1	27	28	27,5	1	0,1111	1	0,1111
2	28	29	28,5	1	0,1111	2	0,2222
3	29	30	29,5	0	0	2	0,2222
4	30	31	30,5	0	0	2	0,2222
5	31	32	31,5	0	0	2	0,2222
6	32	33	32,5	0	0	2	0,2222
7	33	34	33,5	0	0	2	0,2222
8	34	35	34,5	7	0,7778	9	1

Se observó que el uso pecuario influye sobre la presencia y distribución de carbono, ya que los valores obtenidos se ubican por encima de un punto medio de 34.5 Mg/ha de suelo. (Figura 11).

El carbono en zonas pecuarias está en relación con la cantidad de materia orgánica, microorganismos que degradan la MO y no a la cantidad de biomasa aérea, aunque esta tiene una gran influencia en el contenido y formación del carbono en el suelo (Torres-Rivera y Espinoza-Domínguez, 2011), en el área de estudio se determinó que las zonas de potreros están asociadas con vegetación arbustiva, lo cual influye de manera positiva en el contenido de carbono y su acumulación.

Los restos de heces bovinas son fuentes de materia orgánica para grupos detritívoros y descomponedores de la fauna edáfica y transformados sus productos por los microorganismos, esto provoca que en el suelo se propicie una mayor acumulación de carbono orgánico con efectos positivos sobre el pH y disponibilidad de nutrientes (Jiménez, Larreal and Noguera, 2004) en dependencia de la carga animal y la presencia o no de procesos de degradación asociados con estas prácticas.

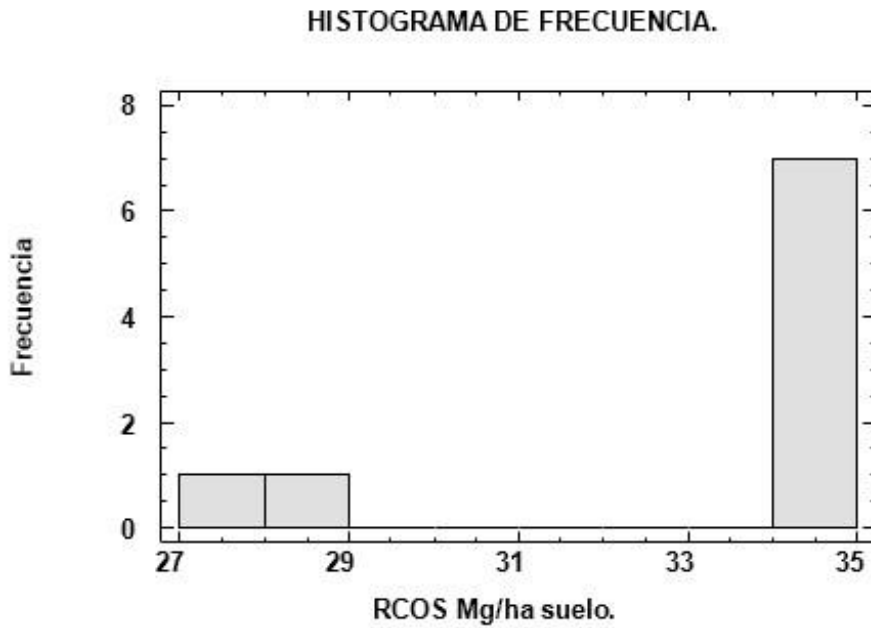


Figura 11. Histograma de frecuencia de carbono en el uso pecuario.

El mismo autor indica que los contenidos de carbono en el suelo aumentan según el uso y el manejo del potrero y mejora con la implementación de la renovación con pastos adecuados y pastoreos rotativos, prácticas que pueden ser promisorias si se tiene en cuenta al clima subhúmedo de Manglaralto (Cárdenas *et al.*, 2012), en relación con las condiciones imperantes en la mayor parte de la península.

Con lo mencionado anteriormente es posible deducir que el contenido de carbono en potreros se ve influenciado en como estos son manejados con medidas que favorezcas el cuidado de los suelos.

3.5. Prueba de contraste para los subgrupos y usos del suelo

De acuerdo con la Tabla 10 los datos obtenidos en la prueba de rango Kruskal-Wallis donde se estima que si hay diferencias significativas entre los órdenes de suelo Molisol e Inceptisol respectivamente con un 95% de confianza.

Tabla 10. Prueba de Kruskal-Wallis para datos de carbono a una profundidad de 0 a 30 cm, agrupados por subgrupo de suelo.

SUB GR. SUELO	N	Media	Mediana	Moda	Desviación Estándar	P valor
Fluventic Eutrudepts	43	32,2167	34,59	34,59	3,62147	0,0005
Fluventic Haplustepts	16	21,4862	18,3	35,53	8,69244	
Total	59	29,3068	32,9	34,59	7,22412	

Los resultados indican que, si hay diferencias significativas para una probabilidad de 95%, lo que se refleja en la Figura 12 los resultados pueden atribuirse a múltiples causas entre las que se encuentran la representatividad de las observaciones del suelo molisol, su grado de conservación, y el tiempo de explotación.

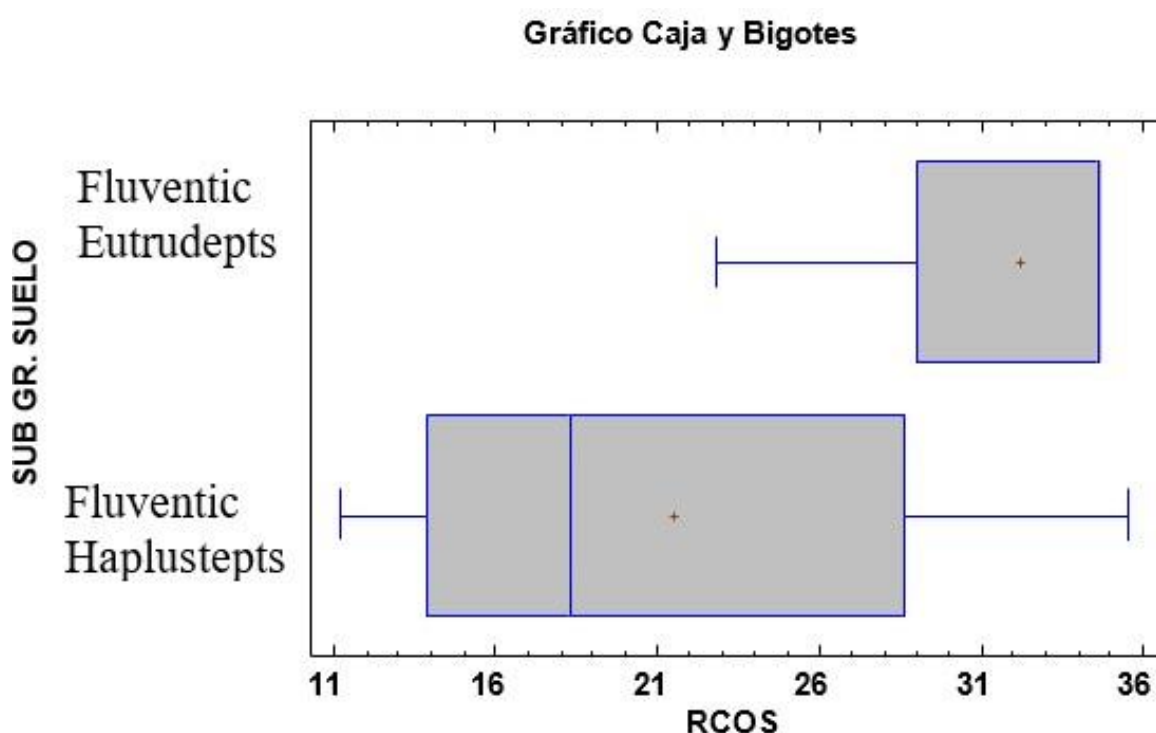


Figura 12. Diagrama de caja y bigote del análisis estadístico de carbono en los Subgrupos de suelo.

De tal manera en la prueba de Kruskal-Wallis para los usos de suelo se logró determinar que hay una diferencia significativa con una probabilidad de ($p = 0.0022$) (Tabla 11).

En el diagrama de caja y bigote el uso de suelo conservación forestal, donde se consideraron áreas de donde hay mayor incidencia de malezas y árboles, zonas que no han sido alteradas muestran que hay una mayor acumulación de carbono.

Tabla 11. Prueba de Kruskal-Wallis para los usos del suelo en una profundidad de 0 a 30 cm.

USO	N	Media	Mediana	Moda	Desviación Estándar	P valor
Agrícola	12	34,3058	34,59	34,59	0,65672	0,0022
Forestal	36	26,7794	28,865	34,59	8,08358	
Pecuario	7	34,59	34,59	34,59	0	
Total	55	29,4156	34,59	34,59	7,47386	

Gráfico Caja y Bigotes

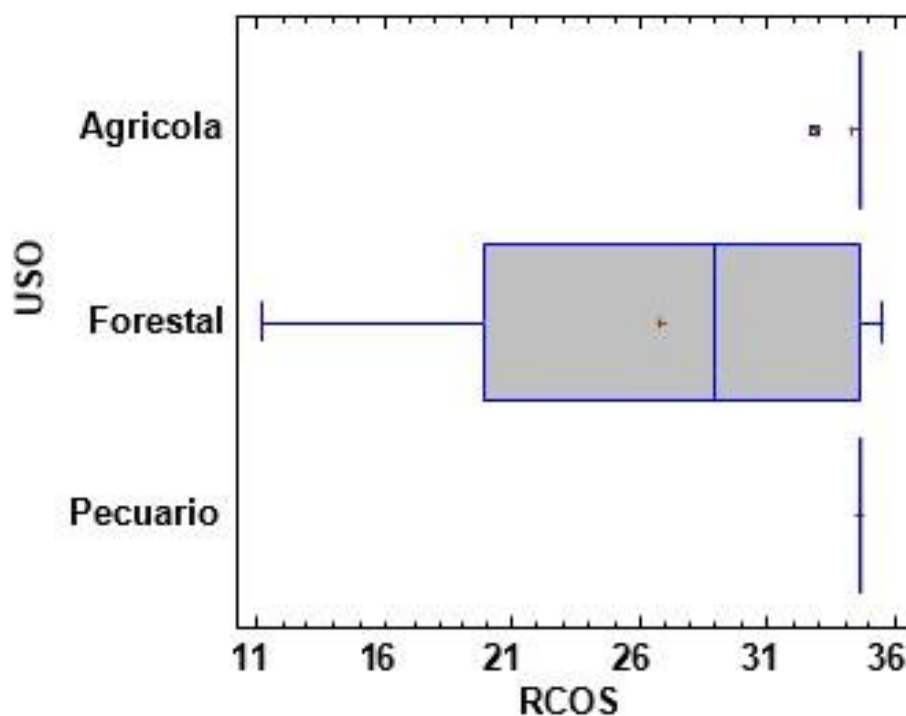


Figura 13. Diagrama de caja y bigote del análisis estadístico de carbono en los usos de suelo.

En los suelos cuyos usos han sido intervenidos por el hombre se puede notar que hay una acumulación de carbono que responde a la intensidad del manejo de los sistemas pecuarios y ganaderos, en cuanto al uso forestal hay un mayor índice acumulativo de carbono debido a que este uso no ha sido alterado por el hombre, por lo tanto, hay más procesos en conjunto con las condiciones medio ambientales de formación y acumulación de carbono en el suelo (Cortéz, 2021).

La acumulación de carbono influye en la disponibilidad de elementos, además que proporcionar nutrientes a las plantas (Montañas y Heras, 1970).

3.6. Mapa temático de carbono a 30 cm de profundidad

El semivariograma experimental de carbono (Figura 14) muestra que no hay estructura espacial, por lo cual, se usó el método de interpolación (IDW) para la generación del mapa de reservas a una resolución espacial de 1 m. Este método se enfoca en las observaciones y la media como mejor estimador para este estudio (Cabrera *et al.*, 2015).

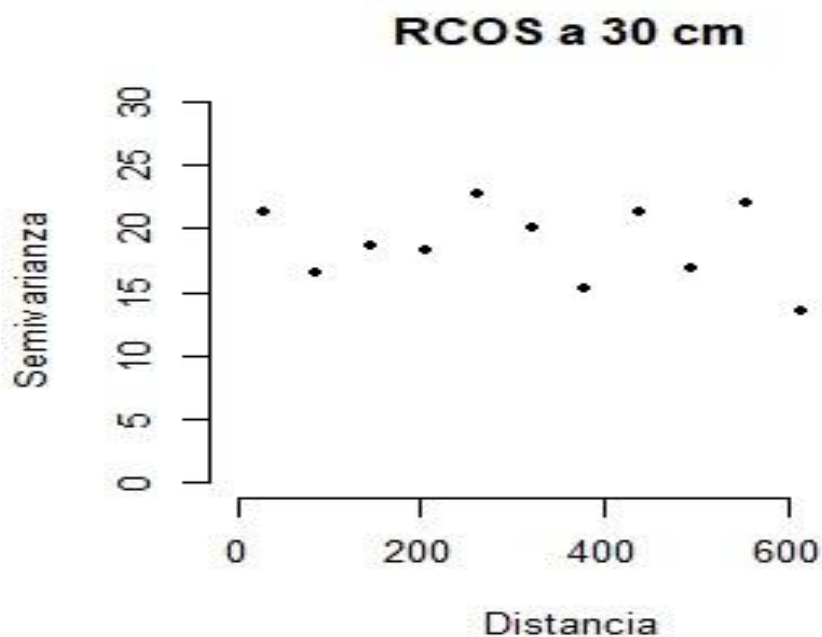


Figura 14. Semivariograma experimental de carbono orgánico en el Centro de Apoyo Manglaralto.

El mapa temático del Centro de Apoyo de Manglaralto de la reserva de carbono en Mg/ha, muestra una presencia y distribución de carbono orgánico en los primeros 30 cm de suelo (Figura 15). Según Yescas-Coronado *et al.* (2018), el contenido de materia orgánica estará influenciado por las condiciones ambientales, el uso del suelo y la cobertura vegetal de la zona, por consiguiente, Zamora-Morales *et al.* (2018), afirman que la materia orgánica del suelo favorece la disponibilidad de nutrientes, infiltración, almacenamiento de agua, la actividad microbiana y contribuye a mejorar los rendimientos de los cultivos con 655,47 Mg C a 30 cm en el área de la finca y 293069 Mg de reserva en la cuenca manglaralto.

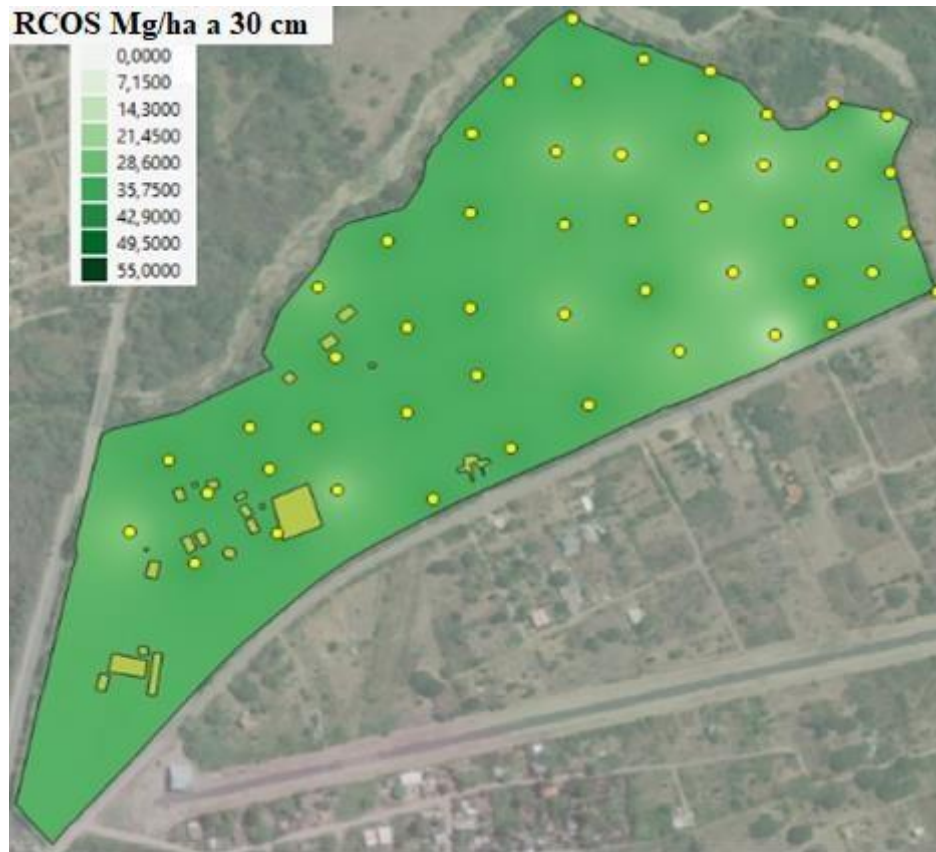


Figura 15. Mapa temático de la reserva de carbono a 30 cm de profundidad.

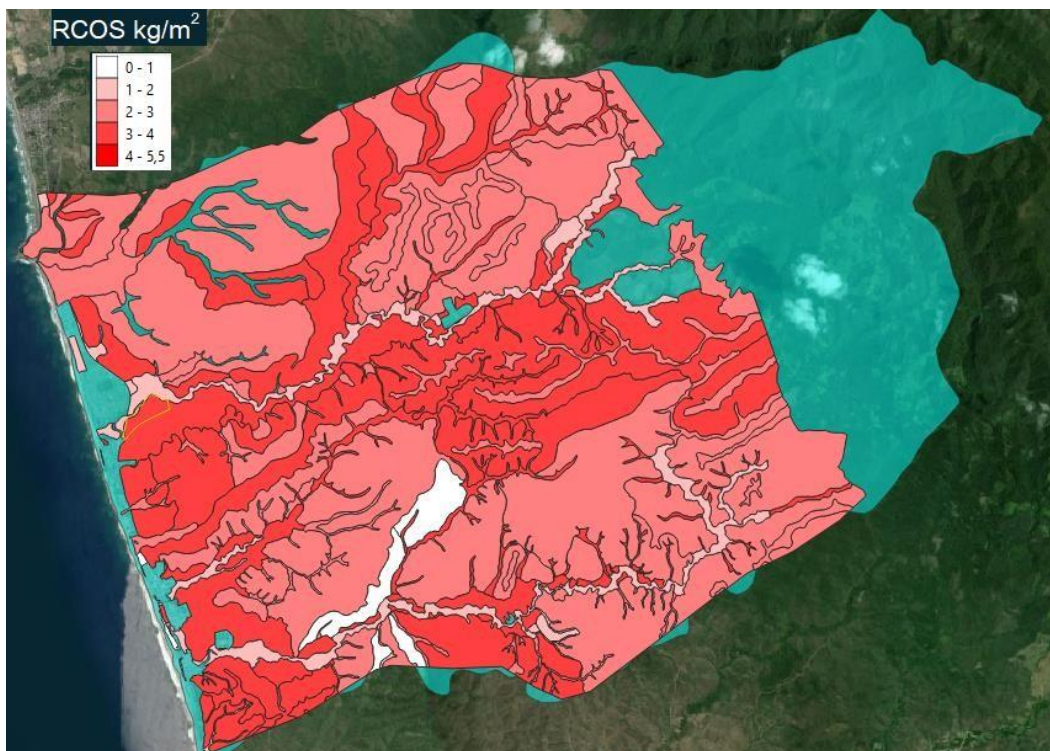


Figura 16. Representación del mapa de reservas de carbono del suelo (RCOS; kg/m²) de la Cuenca Río Manglaralto (áreas de interés agropecuario).

3.7. *Análisis de distribución Vertical y Estadística de la Reserva de carbono en diferentes profundidades*

En la Tabla 12 se aprecia que mediante la prueba de Friedman se obtuvo un P valor < 0.001 lo que indica que, si hay diferencia significativa en la distribución de carbono a diferentes profundidades que se corresponden con un perfil forestal (diferencias en los primeros 10 cm), al parecer evolucionado a partir de condiciones de acumulación isohúmicas (similitud de 10 a 40 cm) propias de los molisoles. Además, se puede observar la influencia de la dinámica sedimentológica propia de la influencia aluvial con un incremento en profundidad.

Tabla 12. - Prueba de Friedman para el análisis de carbono a diferentes profundidades.

Profundidad	Suma	Media	N			
0 – 10 cm	90.00	4.50	20			E
10 – 20 cm	60.00	3.00	20	B	C	
20 – 40 cm	63.00	3.15	20	B	C	D
40 – 60 cm	28.50	1.43	20	A		
60 – 100 cm	58.50	2.93	20	B		

Se puede apreciar que en los 10 cm de suelo existe una mayor acumulación de carbono por el contenido de materia orgánica, residuos vegetales, humedad y microorganismos que son fundamentales para la formación y acumulación del carbono en el suelo.

Sin embargo, a mayor profundidad el contenido de carbono va disminuyendo, pero estas cantidades son altas en consideración a otras zonas de la Península de Santa Elena, lo que concuerda con Eionet, (2021), indica que las elevadas temperaturas provocan que el carbono aumente pero a su vez también puede incrementar la descomposición y mineralización de la MO disminuyendo el contenido de C en el suelo. De tal manera en Manglaralto hay una mayor reserva debido a la cobertura del suelo (vegetación) y arboles nativos de la zona.

3.8. *Curvas patrones para cada tipo de suelo*

Aplicativo que permite el ajuste de curvas patrones a partir de datos de perfiles de suelo. Con el valor de carbono orgánico del suelo (COS) del primer horizonte, se estima la reserva

de carbono orgánico (RCOS) utilizando para ello las funciones patrones. Contiene, además, un conjunto de funcionalidades necesarias para la comprensión y análisis de los datos ingresados y los resultantes. (RStudio Team, 2019).

KGDF – Fluentic Eutrudepts.

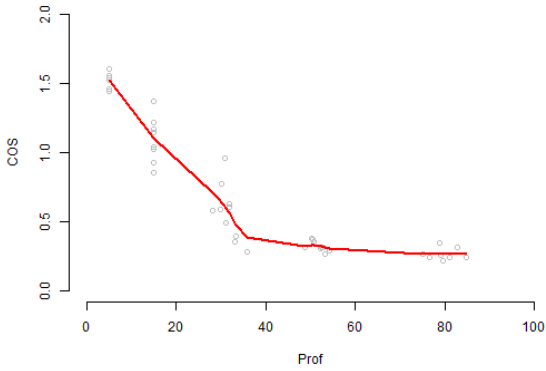


Figura 17. Función Patrón Carbono

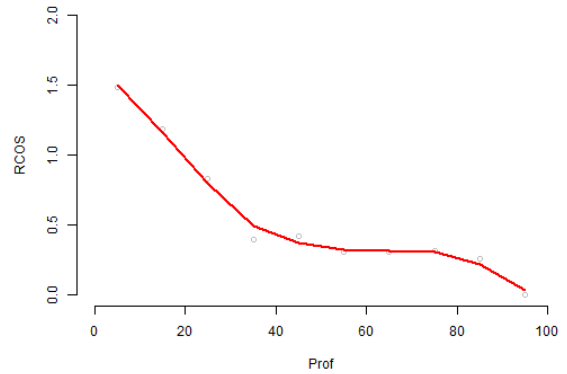


Figura 18. Curva Patrón de Reserva de Carbono

KEDO - Fluentic Haplustepts.

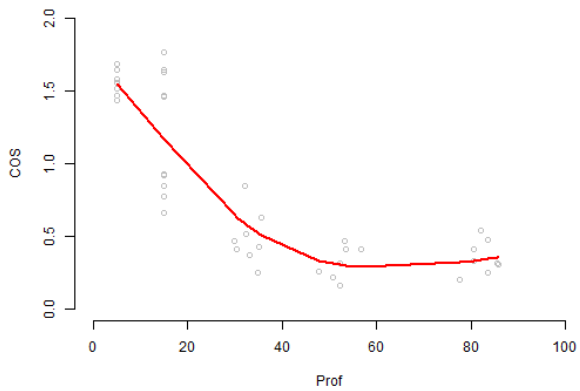


Figura 20. Función Patrón Carbono

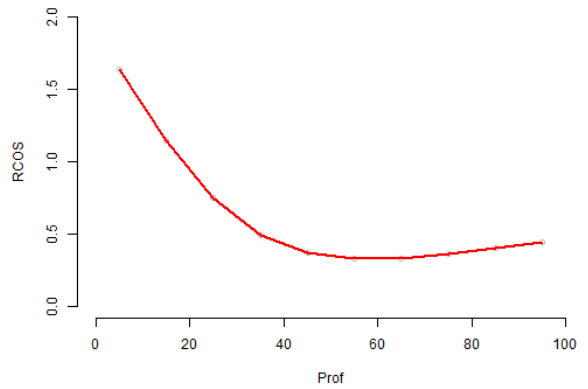


Figura 19. Curva Patrón de Reserva de Carbono

3.9. Propuestas de sitios promisorios para la conservación y secuestro del carbono.

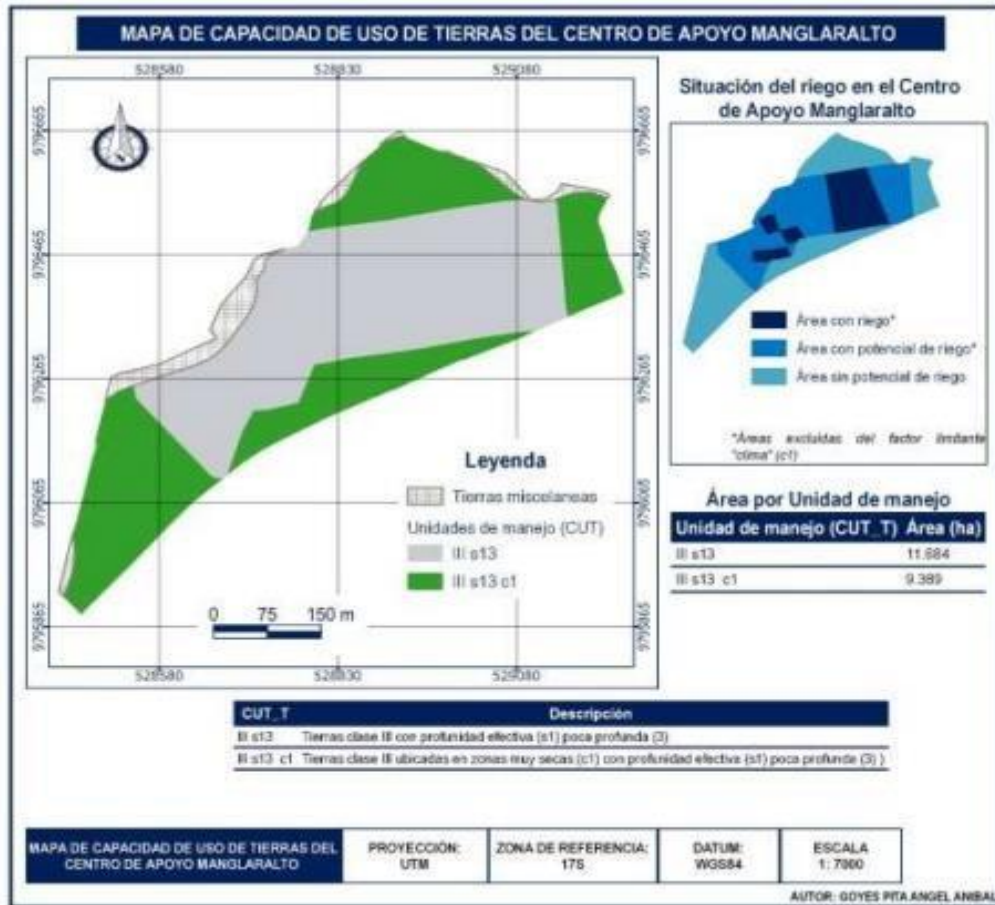


Figura 21. Mapa de capacidad de uso de tierras del Centro de Apoyo Manglaralto.

En la figura 21 y 22 se puede observar el mapa de uso de la tierra y lugares con función hidrorreguladora los cuales que a nivel de finca se encuentran las zonas restrictivas son correspondiente al bosque forestal como un área de áreas de conservación, y a nivel de cuenca los sitios con franjas hidrorreguladoras que corresponden a los causes de las franjas las cuales pueden ser reforestadas, estos sitios son de fundamental importancia para el estudio, debido a las acumulaciones del carbono. Lo que concuerda con Goyes (2021) que indica que las hay una zona con una franja hidrorreguladora y una zona de restricción la cual pertenece a la clase agroecológica III, las cuales generan un ambiente preventivo contra la erosión del suelo y son de fundamental importancia en relación a la acumulación del carbono.

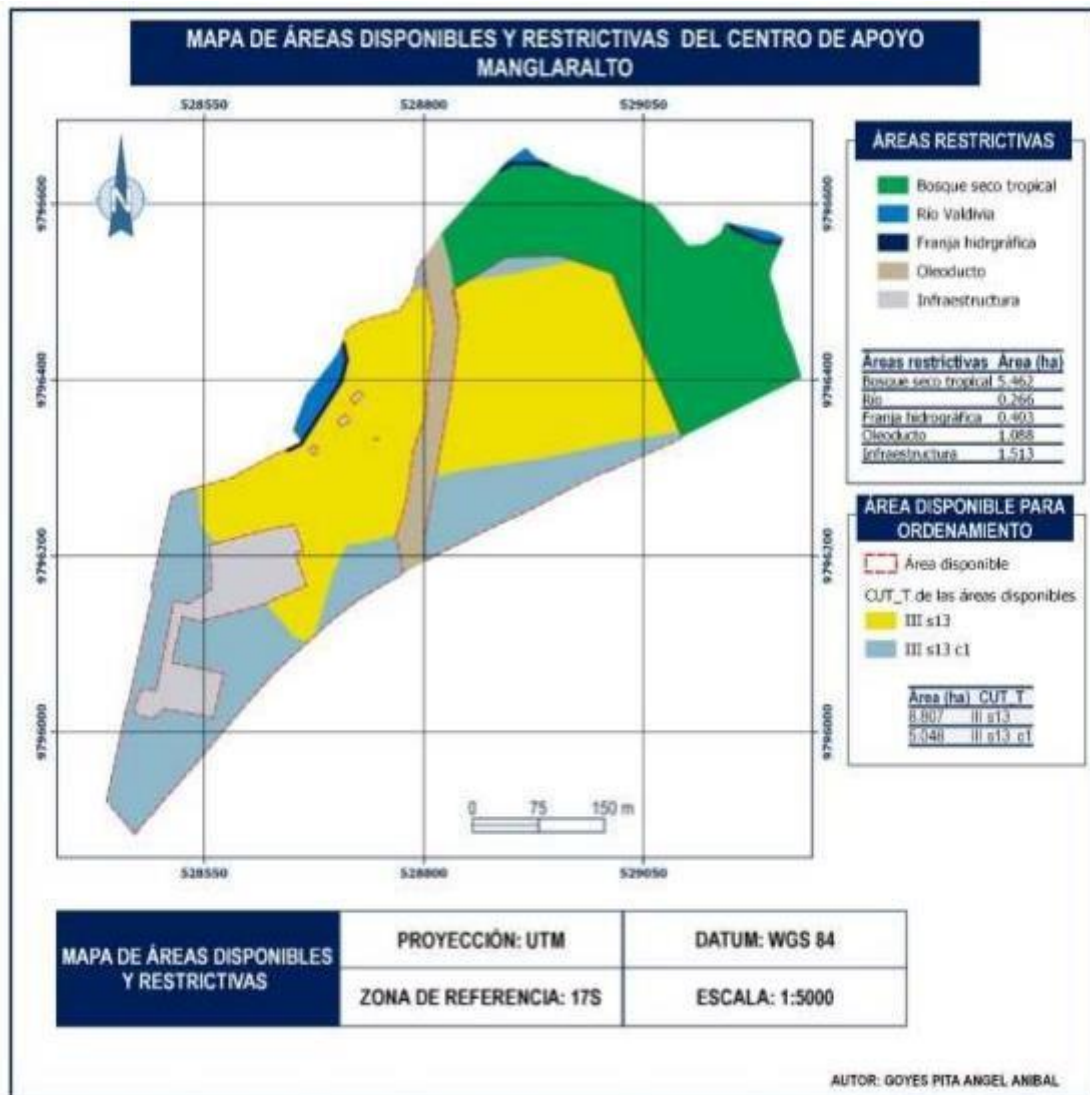


Figura 22. Mapa de zonas de distribución de criterios de ordenamiento y franjas hidrorreguladoras.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La reserva de carbono orgánico del suelo a 30 cm de profundidad para la finca Manglaralto se estima en 655,47 Mg, mientras que para la cuenca que representa alcanza un valor de 293069 Mg. Las mayores reservas en la cuenca se encuentran asociadas a las quebradas y zonas subordinadas del paisaje. Los valores reportados pueden utilizarse como línea base para valoraciones de impactos futuro.

El análisis de la distribución vertical reporta una mayor acumulación en los horizontes superiores con un típico perfil forestal, con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a una prueba de Friedman ($p=0,001$). Se encontró una ligera acumulación de carbono resultado de la dinámica aluvial en la profundidad de 60 – 100 cm.

- Existen diferencias significativas entre los subgrupos de suelo Fluventic Haplustepts y Fluventic Eutrudepts ($p = 0.0005$), para la reserva de carbono en los primeros 30 cm de suelo, de acuerdo a la prueba analítica de Kruskal-Wallis con 95% de confianza, lo que se atribuye a que el subgrupo de suelo, Fluventic Eutrudepts coinciden con los usos de suelo agrícola y pecuario.
- El uso forestal (bosque seco tropical conservado, vegetación natural y matorral seco) difiere significativamente ($p = 0.0022$) de los usos agrícola y pecuario, lo que se atribuye a dos razones fundamentales, la inclusión en las muestras de la categoría forestal de zonas degradadas, lo que se refleja en una mayor variabilidad, y por otra parte, que el desarrollo de prácticas agrícolas y pecuarias en condiciones subhúmedas y secas pueden significar una oportunidad de aumento de las reservas de carbono, a través de la producción e incorporación de mayores volúmenes de biomasa.
- Como sitios promisorios para la cuenca y finca Manglaralto se propone las zonas de bosque en conservación y zonas aledañas degradadas que con el desarrollo de prácticas agrícolas y pecuarias ecológicas se logrará aumentar el secuestro de carbono.

Recomendaciones

- Incentivar a los estudiantes a realizar investigaciones referentes de este tema con la finalidad de generar y obtener información que contribuirán al conocimiento y desarrollo de la provincia de Santa Elena.

- Realizar estudios sobre la composición de las sustancias húmicas y grado de condensación, relaciones ác. húmico/ác. fúlvico, tasas de mineralización, fraccionamiento físico y otros que contribuyan a un conocimiento de la calidad del humus en la zona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia de Regulación y Control del Agua (2019). Available at: http://www.geoarca.gob.ec/geoportal_arca/ (Accessed: 20 January 2022).

Alemán, I. and Guido, J. (2016) Comparación de dos técnicas para la determinación de carbono orgánico del suelo, en el lafqa departamento de química, Unanmanagua, septiembre-diciembre, 2015. Available at: <https://repositorio.unan.edu.ni/2722/1/71958.pdf>.

Altamirano, E. (2019) Parámetros físicos y químicos para la determinación de la calidad de los suelos en la microcuenca Jun-Jun. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. Available at: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30131/1/Tesis-238%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20641.pdf>.

Álvarez, J. (2001) 'Descomposición y ciclo de nutrientes en ecosistemas terrestres de México', ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (N.S.), pp. 11–27. doi:10.21829/azm.2001.8401843.

Álvarez, S. (2005) 'La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano.', Ecosistemas, 14(2). Available at: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/151> (Accessed: 21 December 2021).

Auria, L. (2021) Variación de la reserva de carbono en las zonas secas y subhúmedas de la península de Santa Elena. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6396/1/UPSE-TIA-2021-0100.pdf>.

Ayala, F. (2018) Flujos y almacenes de carbono edáficos en un ecosistema árido del noroeste de México: un enfoque multiescalar. CiB. Available at: http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/1727/ayala_f.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Ayala, F., Maya Delgado, Y. and Troyo Diéguez, E. (2018) 'Almacenamiento y flujo de carbono en suelos áridos como servicio ambiental: Un ejemplo en el noroeste de México', Terra Latinoamericana, 36(2), pp. 93–104. doi:10.28940/terra.v36i2.334.

Ayala Niño, F. et al. (2018) 'Almacenamiento y flujo de carbono en suelos áridos como servicio ambiental: Un ejemplo en el noroeste de México', *Terra Latinoamericana*, 36(2), pp. 93–104. doi:10.28940/terra.v36i2.334.

Berrezueta, E. et al. (2013) 'Valoración de la gestión de recursos naturales mediante la medida de la Huella Ecológica (HE)', *Cuenca de Manglaralto, Ecuador. Técnicas aplicadas a la caracterización y aprovechamiento de recursos geológico-mineros*, 4(13), pp. 13–24.

Berrezueta, Edgar et al. (2013) 'Valoración de la gestión de recursos naturales mediante la medida de la Huella Ecológica (HE). Cuenca de Manglaralto, Ecuador', in, pp. 13–24.

Betancourt, P. et al. (1999) 'Materia orgánica y caracterización de suelos en proceso de recuperación con coberturas vegetativas en zonas templadas de México', 2, 17, pp. 139–148.

Burbano, H. (2016) 'El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria', 33(2), pp. 117–124. doi:http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58.

Burbano Orjuela, H. (2018) 'El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático', *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), p. 82. doi:10.22267/rcia.183501.85.

Cabrera Alfonso, J.R. et al. (2015) 'Distribución espacial de la calidad de las aguas subterráneas utilizadas para el riego', *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), pp. 13–21.

Calderón, C.L., Bautista, G.P. and Rojas, S. (2018) 'Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta', *ORINOQUIA*, 22(2), pp. 141–157. doi:10.22579/20112629.524.

Cárdenas, E. et al. (2012) 'Productividad en materia seca y captura de carbono en un sistema silvopastoril y un sistema tradicional en cinco fincas ganaderas de piedemonte en el departamento de Casanare', *Revista de Medicina Veterinaria*, (24), p. 51. doi:10.19052/mv.1339.

Carrión, P., Campoverde, J. and Fajardo, I. (2019) *Contribución de la Geología Aplicada para la mejora en el diseño de un dique en la subcuenca del Rio Manglaralto, Provincia de Santa Elena. Tesis de Grado - Ingeniero en Geología. ESPOL.*

Carvajal, A.F. et al. (2009) ‘Carbono orgánico del suelo en diferentes usos del terreno de paisajes andinos colombianos’, *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 9(3), pp. 222–235. doi:10.4067/S0718-27912009000300005.

Castillo, L. et al. (2016) ‘Contenidos de carbono orgánico en suelos bajo diferentes coberturas vegetales y de cultivo’, *Cultivos Tropicales*, 37(3), pp. 72–78. doi:10.13140/RG.2.1.2035.4805.

Catuto, M. (2020) Modelación hidrológica del Río Manglaralto para la generación de mapas de inundación de la parroquia Manglaralto provincia de Santa Elena. UPSE. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5265/1/UPSE-TIC-2020-0001.pdf>.

Cortéz, E. (2021) Evaluación de la influencia del uso de la tierra en la presencia y distribución de carbonatos edáficos en la cuenca del Río Javita, provincia de Santa Elena. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5733/1/UPSE-TIA-2021-0018.pdf>.

Crespo, G. (2011) ‘Comportamiento de la materia orgánica del suelo en pastizales’, 4, p. 6.

Domínguez, J., Aira, M. and Gómez, M. (2009) ‘El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes’, *Ecosistemas*, 18(2). Available at: <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/61> (Accessed: 21 December 2021).

Eionet (2021) ‘El suelo y el cambio climático — Agencia Europea de Medio Ambiente’. Available at: <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2015/articulos/el-suelo-y-el-cambio-climatico> (Accessed: 14 December 2021).

Eric Toensmeier (2015) Prácticas agrícolas que secuestran carbono: fortaleciendo los suelos y estabilizando el clima, ECHOcommunity. Available at: <https://www.echocommunity.org/resources/b16275bf-693c-44d6-b0d1-f0dabb2c8fa9> (Accessed: 10 December 2021).

Eyherabide, M. et al. (2014) ‘Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo’, *Ciencia del suelo*, 32(1), pp. 13–19.

Fao (2016) Estado Mundial del Recurso Suelo. Roma: FAO. Available at: www.fao.org/3/a-i5126s.pdf.

FAO (2017) Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. Primera. Roma: FOOD & AGRICULTURE ORG. Available at: <http://www.fao.org/3/i6937s/i6937s.pdf>.

FAO (2019) 'Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems.' Available at: <http://www.fao.org/3/CA2934EN/ca2934en.pdf>.

Felipe, J. (2021) Prácticas con técnicas instrumentales de análisis físico-químico en laboratorios industriales. Universidad Politécnica de Madrid. Available at: https://oa.upm.es/42341/1/Pr%C3%A1cticas_con_%20t%C3%A9cnicas_%20instrumentales_de_an%C3%A1lisis.pdf.

Fernández, M. (2017) Revisión de métodos para la estimación de captura de carbono almacenadas en bosques naturales. Available at: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/16394/Fen%C3%A1ndezLosadaMagdaYolima2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Franco Herrera, G.A. (2015) Estudio para un Modelo de Gestión de un Acuífero Costero, mediante Metodologías Participativas y Análisis Geoestadístico en el marco del Desarrollo Local. Manglaralto, Ecuador. PhD Thesis. Universidad Politécnica de Madrid.

GADPSE (2015) Resumen ejecutivo plan de desarrollo y ordenamiento territorial provincial 2015 – 2019. Santa Elena: Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena., p. 102. Available at: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0968580510001_Resumen%20Ejecutivo_PDOT%20SANTA%20ELENA%202015_14-08-2015_16-15-57.pdf.

Galicia, L. et al. (2016) 'Almacén y dinámica del carbono orgánico del suelo en bosques templados de México', 34(1), p. 30.

Gallardo, A. et al. (2009) 'Ciclos de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: especificidades del caso mediterráneo y sus implicaciones para las relaciones suelo-planta', Ecosistemas, 18(2). Available at: <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/60> (Accessed: 21 December 2021).

García, J. and Ballesteros, M. (2005) 'Evaluación de parámetros de calidad para la determinación de carbono orgánico en suelos', *Revista Colombiana de Química*, 34(2), pp. 201–209.

García, Y. (2012) 'Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso Soil quality indicators: A new way to evaluate this resource', 35(2), p. 14.

Ginebra Aguilar, M. et al. (2015) 'Carbono lábil como un indicador de cambios en dos suelos bajo diferentes usos', *Cultivos Tropicales*, 36(3), pp. 64–70.

Goyes, A. (2021) Propuesta de ordenamiento agroecológico Del centro de apoyo Manglaralto de la Universidad estatal Península de Santa Elena. Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena. Available at: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/UPSE-TCA-2021-0125%20\(1\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/UPSE-TCA-2021-0125%20(1)%20(1).pdf).

Hodgson, J. (1987) Muestreo y descripción de suelos. Barcelona: Reverté, S.A. Available at: <https://books.google.com.ec/books?id=Gge-HNCUwXYC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>.

Ibáñez (2006) 'Los Suelos y el Ciclo del Carbono'. Available at: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/09/28/43795>.

Ibáñez, J. (2006) 'Influencia de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo | Un Universo invisible bajo nuestros pies'. Available at: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/04/04/17409> (Accessed: 21 January 2022).

Ibáñez, J.J. (2013) 'Aragonito y calcita en las rocas, suelos y horizontes endurecidos | Un Universo invisible bajo nuestros pies', *madrid blog*, 27 August. Available at: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2013/08/27/143247> (Accessed: 16 June 2019).

INAMHI (2006) 'Climas del Ecuador'. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Available at: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/gisweb/TIPO_DE_CLIMAS/PDF/CLIMAS%20DEL%20ECUADOR%202016.pdf (Accessed: 12 February 2021).

Infostat - Software estadístico (2020). Available at: <https://www.infostat.com.ar/> (Accessed: 20 January 2022).

Ingraham, J.L. and Ingraham, C.A. (1998) *Introducción a la microbiología*. II. Reverte.

Jaramillo, D. (2002) *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad nacional de Colombia facultad de ciencias Medellín. Available at: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Jiménez, Larreal and Noguera (2004) 'Efectos del estiércol bovino sobre algunas propiedades químicas de un Ultisol degradado en el área de la Machiques Colón, estado Zulia', *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(4), pp. 311–321.

Jorge Eloy Gimenez, Perla A. Imbellone, and José L. Panigatti (2010) *Suelos de la Región Pampeana*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Available at: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_suelos_de_la_regin_pampeana.pdf.

Julca, A. et al. (2006) 'La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura', *Idesia (Arica)*, 24(1), pp. 49–61. doi:10.4067/S0718-34292006000100009.

Konijnenburg, A. (2006) 'Agricultura orgánica el suelo: sus componentes físicos', (1). Available at: [https://www.ciaorganico.net/documypublic/498_script-tmp-inta_material_didactico_nro_01_\(1\).pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/498_script-tmp-inta_material_didactico_nro_01_(1).pdf).

Koupermann, J.I. (2014) *Determinación y mapeo de las áreas potencialmente incorporables al desarrollo sustentable, a partir de la implementación del plan hidráulico en la provincia de Santa Elena*. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. Available at: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/10918>.

Labrador, J. (2012) 'Avances en el conocimiento de la dinámica de la materia orgánica dentro de un contexto agroecológico', 7, pp. 91–108.

Lefèvre et al. (2018) *Carbono orgánico del suelo: El potencial oculto*. Roma: Food & Agriculture Org. Available at: https://books.google.com.ec/books?id=d6peDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gs_bse_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true.

Leopoldo Galicia et al. (2016) Almacén y dinámica del carbono orgánico del suelo en bosques templados de México. Available at: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000100001 (Accessed: 10 December 2021).

Loayza, V. et al. (2020) 'Mapeo digital de carbono orgánico en suelos de Ecuador'. Available at: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1852-Texto%20del%20art%C3%ADculo-8162-1-10-20200719.pdf>.

Locatelli, B. and Sylvain, L. (2001) 'Un método para medir el carbono almacenado en los bosques de Malleco (Chile)', 267, 1. Available at: https://agritrop.cirad.fr/478866/1/document_478866.pdf.

Lorenz, G. (1995) 'Caracterización ecológica de un suelo Eutric Regosol bajo bosque en el Chaco Semiárido, Argentina', Quebracho, 3, pp. 13–23.

Manahan, S.E. (2006) Introducción a la química ambiental. Reverte.

Martínez, B.C. et al. (2011) 'Aplicación de modelos de simulación en el estudio y planificación de la agricultura, una revisión', p. 13.

Martínez H, E., Fuentes E, J.P. and Acevedo H, E. (2008a) 'CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO', Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, 8(1), pp. 68–96. doi:10.4067/S0718-27912008000100006.

Martínez H, E., Fuentes E, J.P. and Acevedo H, E. (2008b) 'Carbono orgánico y propiedades del suelo', Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, 8(1), pp. 68–96. doi:10.4067/S0718-27912008000100006.

Matus, F.J. and Maire G., C.R. (2000) 'Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno', Agricultura Técnica, 60(2), pp. 112–126. doi:10.4067/S0365-28072000000200003.

Mesías-Gallo, F.W. et al. (2018) 'Reservas de carbono orgánico en suelos de la llanura fluvial Calceta-Tosagua, Manabí, Ecuador', Cultivos Tropicales, 39(4), pp. 27–33.

Montañes, L. and Heras, L. (1970) 'Influencia del contenido de carbonato cálcico sobre la fijación de hierro', 4 November, p. 9.

- Muñoz, J.U.S. (2015) 'Ingeniero agropecuario', p. 104.
- Murray, M. et al. (2014) 'Organic matter restores the physical properties of soil transported to level agricultural area', 4(5), p. 8.
- Novillo, I. et al. (2018) 'Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador', 23(2), pp. 177–187.
- Ochoa, R. (2017) 'Consecuencias de la deposición de nitrógeno sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas terrestres: Una aproximación general desde la ecología de ecosistemas', *Ecosistemas*, 26(1), pp. 25–36. doi:10.7818/ECOS.2017.26-1.05.
- Ordóñez, J.A.B. and Masera, O. (2016) 'Captura de carbono ante el cambio climático', *Madera y Bosques*, 7(1), p. 3. doi:10.21829/myb.2001.711314.
- Orellana-Rivadeneira, G. et al. (2012) 'Descripción de la dinámica de carbono en suelos forestales mediante un modelo de reservorios', *Avances en ciencias e ingeniería*, 3, p. 14.
- Orjuela, H.B. (2018) 'El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático', *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), pp. 82–96.
- Ramírez, E. (2020) 'Evaluación de la presencia y distribución de carbonatos edáficos y su relación con los cambios de usos de la tierra en el centro de apoyo Manglaralto UPSE'. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5398> (Accessed: 25 November 2020).
- Ramírez, R. (1997) *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos*. Colombia. Available at: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>.
- Robert, M. (2001) *Soil carbon sequestration for improved land management*. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations (World soil resources reports, 96).
- Robert, M. (2002) *Captura de carbono en suelos para un mejor manejo de la tierra*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Rodríguez, E.S.R. (2020) 'Ingeniero agropecuario', p. 73.
- RStudio Team (2019) *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Boston, MA: RStudio, Inc. Available at: <http://www.rstudio.com/>.

Sadeghian, K. (2010) La materia orgánica: Componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros. Available at: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1113/3/libroMO.pdf>.

Salamanca, J. and Sadeghian, K. (2005) 'La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana', 56(4), p. 17.

Salazar, M.P. et al. (2020) 'Soil organic carbon', Revista de la Facultad de Agronomía, 119(2), pp. 053–053. doi:10.24215/16699513e053.

Sanmartin, S. and Unda, S.B. (2018) 'Secuestro de Carbono en suelos cultivados con cacao nacional en la parroquia Progreso', Conference Proceedings UTMACH, 2(1). Available at: <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/335> (Accessed: 7 December 2021).

Saugier, B. and Pontailier, J.Y. (2006) 'Carbon global cycle and its consequences on photosynthesis in the Bolivian Altiplano', Ecología en Bolivia, Vol. 41(3), pp. 71–85.

Scharlemann, J.P. et al. (2014) 'Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool', Carbon Management, 5(1), pp. 81–91. doi:10.4155/cmt.13.77.

Schjønnig, P., Elmholt, S. and Christensen, B.T. (2004) 'Soil quality management - concepts and terms.', in Schjønnig, P., Elmholt, S., and Christensen, B.T. (eds) Managing soil quality: challenges in modern agriculture. Wallingford: CABI, pp. 1–15. doi:10.1079/9780851996714.0001.

SIGTIERRAS (2017) Mapa Digital, Órdenes de Suelos del Ecuador. Escala 1:4 300.000. Quito, Ecuador., Ministerio de Agricultura y Ganadería. Available at: <https://www.agricultura.gob.ec/sigtierras/> (Accessed: 31 May 2020).

Statgraphics Technologies (2021) FAQs | Statistical Modeling Software | Statgraphics. Available at: <https://www.statgraphics.com/faqs> (Accessed: 20 January 2022).

Tigrero, J. (2015) 'CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EN COMUNAS DE LA PARROQUIA COLONCHE, PROVINCIA DE SANTA ELENA', p. 102.

Torn, M.S. et al. (1997) 'Mineral control of soil organic carbon storage and turnover', *Nature*, 389(6647), pp. 170–173. doi:10.1038/38260.

Torres, J. and Espinoza, W. (2011) 'Secuestro de carbono en potreros arbolados, potreros sin árboles y bosque caducifolio de Huatusco, Veracruz', p. 8.

Valencia, J. (2017) 'Análisis Hidrogeológico De La Cuenca Del Río Manglaralto Para La Caracterización De Sus Sistemas Acuíferos'. Available at: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/43891> (Accessed: 21 January 2022).

Visor geográfico – Catastro (2020). Available at: <http://geoportal.agricultura.gob.ec/index.php/visor-geo> (Accessed: 20 January 2022).

Yepes, A. et al. (2011) 'Estimación de las reservas y pérdidas de carbono por deforestación en los bosques del departamento de Antioquia, Colombia', *Actualidades Biológicas*, 33(95), pp. 193–208.

Yescas-Coronado, P. et al. (2018) 'Variabilidad Espacial del Carbono Orgánico e Inorgánico del Suelo en la Comarca Lagunera, México', *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, p. 591 – 610.

Zamora, B.P. et al. (2018) 'El manejo del suelo en la conservación de carbono orgánico', *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(8), pp. 1787–1799. doi:10.29312/remexca.v9i8.1723.

ANEXOS

Tabla 1A. Análisis de carbono orgánico del muestreo espacial (0-30 cm).

Etiqueta	ClaveT2006	Prof	RCOS	SUB GR. SUELO	USO
RCSE-MA-001	KGDP	30	34,59	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-002	KGDP	30	29,06	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-003	KGDP	30	34,59	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-004	KEDO	30	23,48	Fluventic Haplustepts	Forestal
RCSE-MA-005	KEDO	30	35,53	Fluventic Haplustepts	Forestal
RCSE-MA-006	KGDP	30	29,06	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-007	KGDP	30	31,42	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-008	KGDP	30	32,58	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-009	KGDP	30	34,59	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-010	KGDP	30	34,59	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-011	KGDP	30	31,24	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-012	KGDP	30	22,85	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-013	KEDO	30	28,63	Fluventic Haplustepts	Forestal
RCSE-MA-014	KEDO	30	35,53	Fluventic Haplustepts	Forestal
RCSE-MA-015	KGDP	30	34,59	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-016	KGDP	30	32,74	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-017	KGDP	30	28,67	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-018	KGDP	30	22,85	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-019	KGDP	30	16,61	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-020	KGDP	30	27,47	Fluventic Eutrudepts	Agrícola
RCSE-MA-021	KGDP	30	34,59	Fluventic Eutrudepts	Agrícola
RCSE-MA-022	KGDP	30	32,9	Fluventic Eutrudepts	Agrícola
RCSE-MA-023	KGDP	30	25,57	Fluventic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-024	KEDO	30	35,53	Fluventic Haplustepts	Forestal
RCSE-MA-025	KGDP	30	34,59	Fluventic Eutrudepts	Pecuario
RCSE-MA-026	KGDP	30	34,59	Fluventic Eutrudepts	Pecuario
RCSE-MA-027	KGDP	30	27,67	Fluventic Eutrudepts	Pecuario
RCSE-MA-028	KGDP	30	34,59	Fluventic Eutrudepts	Pecuario
RCSE-MA-029	KGDP	30	32,9	Fluventic Eutrudepts	Agrícola
RCSE-MA-030	KGDP	30	27,47	Fluventic Eutrudepts	Agrícola

RCSE-MA-031	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Pecuario
RCSE-MA-032	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Agrícola
RCSE-MA-033	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Pecuario
RCSE-MA-034	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Pecuario
RCSE-MA-035	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Agrícola
RCSE-MA-036	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Pecuario
RCSE-MA-037	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Agrícola
RCSE-MA-038	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Agrícola
RCSE-MA-039	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Agrícola
RCSE-MA-040	KEDO	30	28,63	Fluentic Haplustepts	Pecuario
RCSE-MA-041	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Agrícola
RCSE-MA-042	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Agrícola
RCSE-MA-043	KGDP	30	25,13	Fluentic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-044	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-045	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Agrícola
RCSE-MA-046	KGDP	30	34,56	Fluentic Eutrudepts	Agrícola
RCSE-MA-047	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-048	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-049	KGDP	30	34,59	Fluentic Eutrudepts	Forestal
RCSE-MA-050	KGDP	30	26,43	Fluentic Eutrudepts	Forestal

Tabla 2A. Análisis de carbono orgánico del muestreo vertical del Orden Inceptisol.

Etiqueta	Prof_Plot	Da	Prof	RCOS
RCEc_KFEP_1_1	5	1,12	10	17,37
RCEc_KFEP_1_2	15	1,21	10	10,41
RCEc_KFEP_1_3	31,83	1,31	20	16,56
RCEc_KFEP_1_4	50,5	1,31	20	9,67
RCEc_KFEP_1_5	80,5	1,21	40	21,08
RCEc_KFEP_2_1	5	1,28	10	13,00
RCEc_KFEP_2_2	15	1,15	10	10,74
RCEc_KFEP_2_3	35,83	1,28	20	7,09
RCEc_KFEP_2_4	54,17	1,12	20	6,41
RCEc_KFEP_2_5	81	1,17	40	11,30

RCEc_KFEP_3_1	5	1,21	10	17,61
RCEc_KFEP_3_2	15	1,18	10	6,95
RCEc_KFEP_3_3	31,83	1,22	20	14,83
RCEc_KFEP_3_4	48,17	1,25	20	12,44
RCEc_KFEP_4_1	5	1,30	10	16,10
RCEc_KFEP_4_2	15	1,24	10	12,89
RCEc_KFEP_4_3	28,17	1,36	20	15,86
RCEc_KFEP_4_4	48,83	1,35	20	8,51
RCEc_KFEP_4_5	75,17	1,24	40	13,46
RCEc_KFEP_5_1	5	1,28	10	19,56
RCEc_KFEP_5_2	15	1,19	10	13,95
RCEc_KFEP_5_3	30,17	1,35	20	20,95
RCEc_KFEP_5_4	50,83	1,26	20	9,09
RCEc_KFEP_5_5	78,83	1,27	40	17,78
RCEc_KFEP_6_1	5	1,04	10	16,00
RCEc_KFEP_6_2	15	1,11	10	15,20
RCEc_KFEP_6_3	31,17	1,27	20	12,36
RCEc_KFEP_6_4	52,17	1,24	20	7,58
RCEc_KFEP_6_5	84,83	1,16	40	11,30
RCEc_KFEP_7_1	5	1,23	10	17,73
RCEc_KFEP_7_2	15	1,17	10	14,28
RCEc_KFEP_7_3	30,83	1,25	20	23,81
RCEc_KFEP_7_4	52,5	1,23	20	7,77
RCEc_KFEP_7_5	79,5	1,19	40	10,67
RCEc_KFEP_8_1	5	1,15	10	11,43
RCEc_KFEP_8_2	15	1,19	10	13,73
RCEc_KFEP_8_3	33,17	1,27	20	9,08
RCEc_KFEP_8_4	53,17	1,17	20	6,30
RCEc_KFEP_8_5	82,83	1,16	40	14,81
RCEc_KFEP_9_1	5	1,10	10	16,86
RCEc_KFEP_9_2	15	1,18	10	13,80
RCEc_KFEP_9_3	33,5	1,26	20	9,94
RCEc_KFEP_9_4	52,83	1,09	20	6,92

RCEc_KFEP_9_5	76,5	1,18	40	11,24
RCEc_KFEP_10_1	5	1,08	10	17,40
RCEc_KFEP_10_2	15	1,23	10	12,70
RCEc_KFEP_10_3	29,83	1,22	20	14,40
RCEc_KFEP_10_4	50,17	1,24	20	9,56
RCEc_KFEP_10_5	79,17	1,14	40	11,86

Tabla 3A. Análisis de carbono orgánico del muestreo vertical del orden Molisol.

Etiqueta	Prof_Plot	Da	Prof	RCOS
RCEc_KDEO_1_1	5	1,24	10	14,45
RCEc_KDEO_1_2	15	1,15	10	10,77
RCEc_KDEO_1_3	33,17	1,13	20	8,37
RCEc_KDEO_1_4	52,17	1,14	20	7,28
RCEc_KDEO_1_5	83,5	1,16	40	22,35
RCEc_KDEO_2_1	5	1,20	10	19,01
RCEc_KDEO_2_2	15	1,08	10	17,87
RCEc_KDEO_2_3	29,17	1,01	20	27,42
RCEc_KDEO_3_1	5	1,19	10	19,74
RCEc_KDEO_3_2	15	1,25	10	18,30
RCEc_KDEO_3_3	34,83	1,15	20	5,79
RCEc_KDEO_3_4	52,17	1,20	20	3,75
RCEc_KDEO_4_1	5	1,20	10	20,18
RCEc_KDEO_4_2	15	1,22	10	21,60
RCEc_KDEO_4_3	35,5	1,06	20	13,29
RCEc_KDEO_4_4	52,17	1,15	20	7,24
RCEc_KDEO_4_5	80,5	1,05	40	13,78
RCEc_KDEO_5_1	5	1,31	10	19,79
RCEc_KDEO_5_2	15	1,08	10	17,57
RCEc_KDEO_5_3	35,17	1,10	20	9,50
RCEc_KDEO_5_4	50,83	1,15	20	4,97
RCEc_KDEO_5_5	85,5	1,10	40	14,02
RCEc_KDEO_6_1	5	1,21	10	18,91
RCEc_KDEO_6_2	15	1,20	10	17,57

RCEc_KDEO_6_3	32,17	1,07	20	18,23
RCEc_KDEO_6_4	56,83	1,07	20	8,83
RCEc_KDEO_6_5	85,83	1,06	40	12,89
RCEc_KDEO_7_1	5	1,21	10	17,86
RCEc_KDEO_7_2	15	1,20	10	11,04
RCEc_KDEO_7_3	32,5	1,02	20	10,66
RCEc_KDEO_7_4	53,17	1,12	20	10,57
RCEc_KDEO_7_5	83,5	1,09	40	10,86
RCEc_KDEO_8_1	5	1,27	10	18,31
RCEc_KDEO_8_2	15	1,19	10	9,33
RCEc_KDEO_8_3	29,83	1,15	20	10,87
RCEc_KDEO_8_4	47,83	1,09	20	5,67
RCEc_KDEO_8_5	77,5	1,10	40	8,84
RCEc_KDEO_9_1	5	1,30	10	16,30
RCEc_KDEO_9_2	15	1,14	10	7,58
RCEc_KDEO_9_3	32,17	1,05	20	29,95
RCEc_KDEO_9_4	51,17	1,03	20	13,97
RCEc_KDEO_9_5	80,5	1,05	40	17,27
RCEc_KDEO_10_1	5	1,29	10	20,16
RCEc_KDEO_10_2	15	1,10	10	9,43
RCEc_KDEO_10_3	30,5	1,15	20	9,48
RCEc_KDEO_10_4	53,5	1,05	20	8,57
RCEc_KDEO_10_5	82,17	1,11	40	24,05



Figura 1 A. Toma de muestras espacial y vertical.



Figura 2 A. Toma de datos climáticos del lugar de muestreo.



Figura 3 A. Muestra colocada en su respectiva funda e identificación.



Figura 4 A. Preparación de reactivos.