



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

**RESERVA DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS DE LA
CUENCA JAVITA EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Juan Jhonatan Guaranda Barzola.

LA LIBERTAD, JUNIO 2025



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

**RESERVA DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS DE LA
CUENCA JAVITA EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Juan Jhonatan Guaranda Barzola.

Tutor: Ing. Daniel Antonio Ponce de León Lima. PhD

LA LIBERTAD, 2025

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **JUAN JHONATAN GUARANDA BARZOLA** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 7 / Julio / 2025 (Día, mes, año)

Ing. Zoot. Verónica Cristina Andrade
Yucailla, PhD.
DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. R.D. Carlos Eloy Balmaseda
Espinosa. PhD
PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Agrop. Daniel Antonio Ponce De
León Lima. PhD
PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Agr. Nadia Rosaura Quevedo
Pinos. PhD
PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Com. Washington Perero Vera.
Mgtr
ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios de una manera muy especial por permitirme culminar con éxitos y mucha felicidad de alcanzar un objetivo más en mi vida, a mi familia por ser el pilar fundamental y ejemplo de vida por la paciencia, perseverancia, por los sacrificios que hemos pasamos. Agradecer por el apoyo incondicional que me han brindado en cada etapa de mis estudios, también a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias Agrarias por haberme hecho parte de ella, el poder crecer y ejercer mi carrera con diferentes profesionales que nos brindaron grandes experiencias y conocimientos.

A mi tutor de tesis Ing. Daniel Ponce de León Lima. PhD, con sus grandes aportes en conocimiento y experiencia laboral y por el tiempo necesario que me brindo para culminar este proyecto, el cual me ayudará a ejercer la carrera con sabiduría y amor. Para finalizar, agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en gran medida en mi carrera profesional.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios, quien me guio en el buen camino para la construcción de mi vida profesional donde sentó en mis las bases de responsabilidad y deseo de superación para seguir adelante y no renunciar ante ninguna situación o problema.

A mi familia por el apoyo moral, económico y los sabios consejos que me brindan para ser una buena persona llena de valores, principios, carácter, empeño y coraje para conseguir mis objetivos.

RESUMEN

En la presente investigación se enfoca en la evaluación de las reservas de carbono orgánico en los suelos de la Cuenca Javita, situada en la provincia de Santa Elena, Ecuador. Este análisis es crucial para entender la sostenibilidad ambiental de la región, así como para orientar las prácticas de manejo del suelo y conservación. La degradación del suelo en Ecuador ha sido acelerada por factores como la erosión, el crecimiento demográfico y transformaciones en el uso del suelo, lo que ha resultado en una disminución significativa de los niveles de carbono en suelos agrícolas. Mediante un diseño experimental que incluye la caracterización del área, se requiere la presencia y distribución de las reservas de carbono orgánico a una profundidad de 30, 50, máxima profundidad del perfil en sitios representativos de la cuenca. Los resultados revelan que la distribución del carbono no es homogénea y presenta variaciones significativas según la localidad y el uso. Se registró una mayor concentración de carbono en la finca “EL CHAPARRAL” en comparación con “PIDAASSE”, lo que sugiere una influencia directa de las condiciones edafoclimáticas y las prácticas de uso del suelo. Además, se identifican áreas con alta potencial para la conservación y el secuestro de carbono, lo que subraya la importancia de implementar prácticas agroecológicas y proyectos de restauración. Mediante técnicas geoestadísticas como IDW y Kriging, se elaboran mapas temáticos que permiten visualizar la distribución espacial del carbono, estos instrumentos son clave para la toma de decisiones en gestión ambiental y mitigación del cambio climático.

Palabras Claves: Carbono Orgánico, distribución espacial.

ABSTRACT

The present research focuses on the evaluation of organic carbon stocks in the soils of the Javita watershed, located in the province of Santa Elena, Ecuador. This analysis is crucial to understand the environmental sustainability of the region, as well as to guide soil management and conservation practices. Soil degradation in Ecuador has been accelerated by factors such as erosion, population growth and land use transformations, resulting in a significant decrease in carbon levels in agricultural soils. Through an experimental design that includes the characterization of the area, the presence and distribution of organic carbon stocks at a depth of 30, 50, maximum depth of the profile in representative sites of the basin is required. The results reveal that carbon distribution is not homogeneous and presents significant variations according to locality and use. A higher concentration of carbon was recorded in the “EL CHAPARRAL” farm compared to “PIDAASSE”, suggesting a direct influence of soil and climatic conditions and land use practices. In addition, areas with high potential for conservation and carbon sequestration are identified, which underlines the importance of implementing agroecological practices and restoration projects. Geostatistical techniques such as IDW and Kriging are used to produce thematic maps that allow visualizing the spatial distribution of the areas of the region.

Keywords: Organic carbon, spatial distribution.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Titulación “**RESERVA DE CARBONO ORGANICO EN SUELOS DE LA CUENCA JAVITA EN LA PROVINCIA DE SAN ELENA**” y elaborado por **Juan Jhonatan Guaranda Barzola**, 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
CAPITULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Tipos de suelo en la provincia de Santa Elena.....	3
1.2 Ciclo del Carbono	3
1.3 Formas de carbonos en el suelo	3
1.3.1 Carbono Inorgánico.....	4
1.3.2 Carbono Orgánico	4
1.4 Componentes de la materia orgánica del suelo.....	5
1.5 Importancia de la materia orgánica en el suelo.....	5
1.5.1 Propiedades físicas	5
1.5.2 Propiedades químicas.....	5
1.5.3 Propiedades biológicas.....	6
1.6 Método de determinación de carbono del suelo	6
1.6.1 Método Walkley- Black	6
1.6.2 Método de Lilliefors.....	6
1.6.3 Método de Shapiro-Francia.....	7
1.6.2 Perdida de carbono	7
1.7 Características de la cuenca Javita	7
1.7.1 Localización geográfica	7
1.7.2 Hidrografía	7
1.7.3 Flora y Fauna.....	8

1.7.4 Geología	8
1.7.5 Características climáticas de la cuenca Javita	8
CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
2.1 Caracterización del área	9
2.1.1 Variable de reserva de carbono orgánico del suelo (RCOS) por profundidades	9
2.1.2 Características climáticas	9
2.2 Diseño experimental	10
2.3 Manejo del experimento	10
2.3.1 Selección del sitio.....	10
2.4 Determinación de Carbono y Reserva de Carbono.....	11
2.4.1 Selección de método de interpolación.....	11
2.5 Análisis estadístico de los resultados	12
2.5.1 Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.....	12
2.5.2 Prueba Post-Hoc Bonferroni	12
2.5.2 Prueba Estadística Friedman	12
2.5.3 Análisis de Distribución Espacial	12
2.5.4 Prueba de Lilliefors	12
2.5.5 Prueba de Shapiro-Francia	13
2.6 Elaboración de mapas temáticos.....	13
2.6.1 Selección del método de interpolación.....	13
2.6.2 Posthoc Bonferroni.....	13
2.6.3 Predicción kriging	13
2.6.4 Varianza kriging.....	14
2.7 Software utilizados.....	14
2.7.1 RSTUDIO.....	14
CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15

3.1 Características del área de estudio y su efecto en el almacenamiento de Carbono en el suelo de la Cuenca Javita	15
3.2 Cuadro estadígrafo descriptivo de la localidad	16
3.2.1 Análisis estadístico del Carbono en la Localidad a través del Diagrama de Caja y Bigote.....	17
3.2.2 Análisis estadístico de la Reserva de Carbono Orgánico en el Uso a través del Diagrama de Caja y Bigote	18
3.2.3 Análisis estadísticos del Carbono en Subgrupos Taxonómicos a través del Diagrama de Caja y Bigote	19
3.3 Análisis estadístico de la reserva de Carbono Orgánico de diferentes perfiles	20
3.4. Análisis de variograma de la reserva de carbono orgánica.....	21
3.4.1 Análisis de variograma experimentales de la Reserva de Carbono Orgánico en el suelo de la Finca” El Chaparral” en la cuenca Javita	21
3.4.2 Análisis de variograma experimentales de la Reserva de Carbono Orgánico en el suelo de la Finca "Pidaasse" en la Cuenca Javita	22
3.5. Mapa Temático de Predicción Kriging y Varianza Kriging	23
3.5.1. Mapa producto de la interpolación de valores de reserva de carbono orgánico de la Finca "El Chaparral" en la Cuenca Javita.....	23
3.5.2. Mapa producto de la interpolación de valores de reserva de carbono orgánico de la Finca "Pidaasse" en la Cuenca Javita	24
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	25
Conclusiones.....	25
Recomendaciones	25
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	26
ANEXOS.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Muestra el estadígrafo descriptivo de los carbonos (c) y la reserva de carbonos (RCOS) para diferentes profundidades (30,50 Máxima Profundidad del Perfil	16
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clima.....	10
Figura 2 Análisis de la Reserva de Carbono Orgánico en el suelo a través del Diagrama de caja y bigote para C, RCOS30, RCOS,50, RCOSMaxP en la Localidad.....	17
Figura 3 Análisis estadístico de la Reserva de Carbono Orgánico en el suelo aplicando el diagrama de caja y bigote, RCOS30, RCOS,50, RCOSMaxP	18
Figura 4 Análisis estadísticos de Reserva de Carbono Orgánico en el suelo del Diagrama de Caja y Bigote para C, RCOS30, RCOS,50, RCOSMaxP de profundidad del subgrupo taxonómico (SGT).....	19
Figura 5 Análisis comparativo de la Reserva de Carbono Orgánico (RCOS Mg/ha) en la Finca: Histograma, Curvas de densidad y Diagrama de Caja para C, RCOS30, RCOS,50, RCOSMaxP.	20
Figura 6 Variograma experimental de carbono orgánico de la Finca "El Chaparral" en la cuenca Javita.....	21
Figura 7 Variograma experimentales de la reserva de carbono orgánico de la Finca "Pidaasse" en la cuenca javita.....	22
Figura 8 Predicción Kriging y Varianza Kriging mapa producto de la interpolación de valores de reserva de carbono orgánico de la Finca "El Chaparral" en la Cuenca Javita	23
Figura 9 Predicción Kriging y Varianza Kriging mapa producto de la interpolación de valores de reserva de carbono orgánico de la Finca "Pidaasse" en la Cuenca Javita	24

Anexos

Tabla A 1 Datos estadísticos del uso de Suelo	29
Tabla A 2 Análisis estadístico de carbono del subgrupo taxonómico (SGT).....	30

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, uno de los problemas ambientales de mayor impacto en el país es la degradación del suelo. En lo cuál ha sido acelerada debido a la erosión, el aumento de la población y los cambios en la utilización del suelo para el cultivo. Entre los principales factores de degradación se encuentra la erosión, la compactación, la salinización y la pérdida de materia orgánico (Sánchez and Enríquez, 2021).

La cuenca de Javita en la provincia de Santa Elena en una zona ecológica y agrícola de gran importancia dentro de la misma también como la evaluación de las reservas de carbono orgánico en los suelos de esta cuenca es esencial para comprender su salud y sostenibilidad ambiental, así como para guiar las prácticas de manejo del suelo y conservación. El arado destructivo puede disminuir los niveles de carbono, reduciendo hasta en un 80% el contenido de carbono en suelos sometidos a una alta producción agrícola (FAO, 2023).

El contenido de carbono orgánico en el suelo depende de diversos factores relacionados con su formulación, pero puede modificarse debido al uso y manejo del suelo. Los factores climáticos y las características del perfil de suelo ayudan explicar el almacenamiento de carbono durante periodos prolongados. Además, el incremento de la materia orgánica aumenta el número de grupos principales que componen la macrofauna edáfica la cuál es responsable de la estructura y porosidad del suelo, permitiendo la distribución de la materia orgánica incluso a profundidades superiores a un metro (Docampo, 2025).

La presente investigación busca determinar la dinámica del carbono en los suelos es esencial para evaluar la capacidad de los ecosistemas terrestres para funcionar como sumidores de carbono y mitigar los efectos del cambio climático. En este contexto, el análisis de variables como el C y la RCOS, proporcionando una perspectiva más precisa sobre la distribución y el almacenamiento de carbono orgánico de suelo en diferencia ambientales y condiciones de manejo en el sitio (Florín et al., 2025).

Problema Científico

¿Cuál es la reserva y distribución de carbono de los suelos de la cuenca Javita, Provincia de Santa Elena?

Objetivos

Objetivo General:

- Evaluar la reserva de carbono orgánico del suelo y su distribución en sitios representativos de la cuenca Javita provincia de Santa Elena.

Objetivos Específicos

- Determinar la distribución del carbono orgánico en sitios representativos de la cuenca Javita en la Provincia de Santa Elena.
- Valorar la influencia del uso de la tierra en la reserva de carbono orgánico.
- Proponer sitios promisorios para la conservación y el secuestro de carbono orgánico en la cuenca Javita.

Hipótesis

Las reservas de carbono orgánico en los suelos de la cuenca Javita responden a las condiciones edafoclimáticas y los cambios en el uso de la tierra.

CAPITULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Tipos de suelo en la provincia de Santa Elena

Los carbonos que se encuentran en el suelo son restos del material progenitor o el resultado de la neoformación. Con el tiempo, se depositan continuamente a través del agua y se mueven por el espacio poroso. La estructura del suelo es muy levada la reserva de carbono orgánico para concentración de la materia orgánico.

1.2 Ciclo del Carbono

Según Dianelys Ondarse , (2025), en las plantas, desempeñan una función crucial en el ciclo global del carbono, particularmente a través del proceso de fotosíntesis, en el cual capturan dióxido de carbono (CO₂) de la atmosfera y lo convierte en biomasa vegetal. Este proceso es esencial no solo para el mantenimiento de la vida en el planeta, sino que también tiene un impacto directo en el clima global y en la regulación de los gases de efecto invernadero.

El autor menciona que cuando las plantas u otros restos orgánicos son enterrados o quemados, con el tiempo estos materiales pueden formar rocas sedimentarias, o rocas carbonizadas, que se presentan como huesos y conchas. Estas rocas también pueden producir fósiles como carbón y petróleo combustible, que puede preservarse. Sin embargo, la presencia a largo plazo en el suelo hace que el carbono atrapado se transfiera a la atmosfera debido a los incendios forestales o la quema deliberada de combustibles fósiles para generar energía. Esto provoca un exceso de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero que contaminan el aire.

1.3 Formas de carbonos en el suelo

El carbono en el suelo se puede presentar en dos formas: carbonos inorgánicos (CIS) y carbono orgánico (COS). El ultimo ha ganado popularidad en los últimos años debido a los esfuerzos agrícolas para mejorar la productividad del suelo, donde los desechos orgánicos del COS se encuentran en el humus y en otras técnicas de descomposición donde se busca condensar la estructura próxima al carbono elemental en vegetales, animales.

De acuerdo en Martínez H et al., (2025) , el carbono orgánico tiene un impacto en la agregación de partículas del suelo y, por lo tanto, en las características de su estructura. También afecta la capacidad de retención de agua con los nutrientes, la actividad de micorriza, la humedad, la porosidad, el ciclo del carbono, la densidad del volumen, la estabilidad de los nutrientes u orgánicos. Sin embargo, en los suelos reformados de bosques para cultivos, se pierde una gran cantidad de este elemento. Es importante destacar que las partículas de arcilla conservan mejor la materia orgánica que la arena y el limo.

1.3.1 Carbono Inorgánico

El Cis se encuentra en áreas áridas y semiáridas en forma de carbonos secundarios causadas por la meteorización de rocas o minerales como calcitas, dolomita, siderita y aragonita. Estos carbonos se originan en climas desérticos y se pueden encontrar en disolución como reserva de carbono o caliza activa.

Sin embargo, la reserva de carbono se produce cuando la materia orgánica se mueve desde un perfil de suelo a otro por el movimiento del agua, Debido a que el dióxido de carbono se encuentra en la atmósfera o se produce biológicamente en el suelo, estos carbonos que son la materia orgánica como complot (FAO, 2025).

1.3.2 Carbono Orgánico

Los suelos arenosos y desérticos tienen un contenido de carbono orgánico del 1% al 2.5% En la capa superficial, mientras que los suelos desérticos tienen menos del 0.5%. por lo tanto, se explica que la cantidad de carbono orgánico vería dependiendo del tipo de suelo. En tierra jóvenes o altas, el contenido de carbono orgánico es más alto en la capa superficial, con un 0.5 a 3% (Julca-Otiniano et al., 2021).

Cabe recalcar que el carbono orgánico es un componente de la materia orgánica en el suelo y está ligado a los sistemas agrícolas (Martínez H et al., 2025), porque está comprendida de materia descompuesta como: plantas, hongos, animales, entre otro elementos, que son empleadas diariamente en la actividad agropecuaria (Carvajal et al., 2024).

1.4 Componentes de la materia orgánica del suelo

La materia orgánica (residuos de plantas y materiales animales) está hecha de compuestos tales como los carbohidratos, ligninas y proteínas. Los microorganismos descomponen la materia orgánica en dióxido de carbono y los residuos más resistentes en humus. Durante el proceso de descomposición los microbios pueden atrapar nitrógeno del suelo (Patricia López, 2020).

La mayor parte de la materia orgánica del suelo se origina en el tejido vegetal, los residuos vegetales contienen entre un 60% y un 90% de humedad. La materia seca restante está compuesta por carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H) y pequeñas cantidades de azufre (S), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). A pesar de estar presentes en cantidades reducidas, estos nutrientes son fundamentales para la gestión de la fertilidad del suelo (Martínez H et al., 2025).

1.5 Importancia de la materia orgánica en el suelo

Docampo, (2025) menciona que la materia orgánica del suelo es un componente crucial que impacta de manera significativa en la fertilidad, la estructura y el equilibrio ecológico del suelo. Se compone de residuos, vegetales y animales en descomposición, microorganismos y sustancias húmicas que mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Su presencia favorece la retención de agua, la estabilidad estructural, la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana, lo que afecta directamente la productividad agrícola y la sostenibilidad de los ecosistemas. Además, actúa como un sumidero de carbono contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

1.5.1 Propiedades físicas

Aumenta la permeabilidad y la aireación del suelo, mejora la comparación de los suelos arenosos mientras que en los arcillosos los hace más esponjosos. Se forman agregados más estables, gracias a su naturaleza coloidal lo que disminuye el riesgo de erosión. Se mejora significativamente la retención de agua durante la temporada húmeda y se reducen las pérdidas en la estación seca. Además, permite una mayor capacidad para captar radiación solar lo que resulta en un mayor calentamiento del suelo (FAO, 2025).

1.5.2 Propiedades químicas

Las propiedades químicas de los suelos varían en varios aspectos, incluyendo la materia inorgánica, la materia orgánica, las propiedades coloidales de la partícula, así como las reacciones y la capacidad de amortiguación en suelos ácidos y básicos (María Inés, 2005).

Además, índice en el aspecto químico del suelo es fundamental y se centra en el equilibrio adecuado de los nutrientes disponibles. Este equilibrio se determina en gran medida por el contenido de materia orgánica y el porcentaje, de humus que actúa como el almacén de nutrientes en cualquier explotación agrícola, el suelo solo puede producir nutrientes si se preserva este equilibrio, las propiedades químicas y físicas del suelo también afectan sus propiedades biológicas. Unas propiedades químicas y físicas óptimas se traducirán en un funcionamiento biológico eficiente del suelo lo que incluye el ciclo de nutrientes y agua.

1.5.3 Propiedades biológicas

Y en cuanto en las propiedades biológicas son un elemento esencial de los ciclos de nutrientes regulando la dinámica de la materia orgánica del suelo, la captación del carbono y las emisiones de los gases de efecto invernadero modificando la estructura física del suelo y los regímenes hídricos, aumentando el volumen y eficiencia de la absorción de nutrientes por la vegetación (FAO, 2025).

1.6 Método de determinación de carbono del suelo

Para la determinación del carbono en el suelo es crucial para comprender su fertilidad ya que este elemento, que se encuentra principalmente en la materia orgánica influye diversas propiedades del suelo y proporciona nutrientes esenciales para las plantas. Un suelo con un alto contenido de carbono es biológicamente activo lo que a su vez promueve una mayor disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, potasio y azufre (Vasylyshyn, 2023).

1.6.1 Método Walkley- Black

De acuerdo con María Inés, (2005) El método Walkley-Black es una técnica ampliamente empleada para estimar el contenido de carbono orgánico en los suelos. Este procedimiento se basa en la oxidación del carbono orgánico utilizando una mezcla de dicromato de potasio en un medio de ácido sulfúrico seguida de la valoración del exceso de dicromato con sulfato ferroso amoniacal.

1.6.2 Método de Lilliefors

Es una prueba estadística de normalidad que se utiliza cuando se desconoce la media y la desviación estándar de la distribución normal. En contraste de Lilliefors es una variante de la prueba de Kolmogórov-Smirnov diseñada específicamente para comprobar la normalidad. Se evalúan así los datos y se proceden de una distribución normal

comparando la función de distribución empírica de los datos con la función de distribución acumulativa normal esperada (Sarah L., 2023).

1.6.3 Método de Shapiro-Francia

Según Ayala, (2025), Es un procedimiento estadístico empleado para determinar si un conjunto de datos se ajusta a una distribución normal. Se presenta como una alternativa a la prueba de Shapiro-Wilk, siendo especialmente ventajosa en el análisis de muestras más grande, dado que su cálculo resulta más eficiente.

1.6.2 Perdida de carbono

Según Viviana Barahona, (2020), menciona que la pérdida de carbono se ha registrado una pérdida significativa de la cubierta forestal, con una tasa de deforestación anual del -1.26%. Esta reducción ha conducido a un aumento en las áreas antropizadas del 3.64% y en las tierras agropecuarias del 3.51%. la deforestación en esta región está estrechamente vinculada al crecimiento de la actividad agrícola. Esta pérdida, puede deberse a diversos factores como la erosión hídrica y eólica, la deforestación, prácticas agrícolas inadecuadas y el sobrepastoreo, resultados en suelos menos fértiles que contiene una menor capacidad de retención de humedad.

1.7 Características de la cuenca Javita

1.7.1 Localización geográfica

La cuenca Javita, se encuentra en la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena y tiene una longitud de aproximadamente 801km. La cuenca limita al norte con la provincia de Manabí, al sur con la cuenca del río Zapotal, al este con la provincia del Guayas y oeste con el océano Pacífico.

1.7.2 Hidrografía

La Cuenca Javita que tiene un régimen intermitente, proviene de Chongón-Colonche, que fluye desde el este hacia el oeste. En este lugar, la calidad del agua subterránea presenta altas concentraciones de sal debido a la evapotranspiración, el calentamiento global y el cambio climático (Ayala, 2021), la escorrentía de esta cuenca no es uniforme, porque en el noroeste se tiene registro de una lámina 150mm, mientras que en el suroeste se tiene una lámina de 1000mm.

La cuenca Javita cuenta con acuíferos que se carecen del recurso hídrico necesario para satisfacer las necesidades de la población, por lo que se proporcionan este suministro a varias comunas como Valdivia, Atahualpa, Guangala. El consuelo y río seco, sin embargo, en situaciones en las que el cuenca javita no puede ser suministrado, los acuíferos que ayudan con el suministro son las comunas de las Balsas, Guangala entre otros (Andrade and Ortiz, 2020).

1.7.3 Flora y Fauna

En el valle del Cuenca Javita se han identificado dos tipos de bosques: seco y de garúa, reservas que han prevalecido en el tiempo con una vegetación semi desértica rocosa y montañosa a causa de una escasa precipitación. Debido a las condiciones ambientales de la zona, existen especies vegetales usadas para la obtención de carbón. Entre las especies predominantes tenemos al Bambú (*Bambusa vulgaris*), Cascol (*Phitecellobium saman*), Cactus (*Acanthocalycium* spp), Barbasco (*Lochocarpus nicou* L.), Palo Santo (*Bulnesia Sarmientoí*), Algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.), Bejuco (*Aristolochia Grandiflora*), Muyuyo (*Cordia lutea*), entre otros (Zhofre Aguirre, 2020).

1.7.4 Geología

En la Cuenca Javita se encuentra a una altitud de 300m sobre el nivel del mar, donde los suelos son considerados frágiles debido a las bajas precipitaciones, los desechos marinos, el mal uso del agua en el sistema de riego, el aumento de la sedimentación, la salinización y la erosión. El suelo está formado por arenas y areniscas con alto contenido salino. El relieve es ondulado con pendientes inferiores al 5% moderadamente rocoso (Christian Tamayo Ortiz, 2020).

1.7.5 Características climáticas de la cuenca Javita

En la parroquia colonche al ubicarse en una zona tropical presenta dos temporadas muy marcadas, seca y lluviosa, esto debido a la influencia que ejerce la corriente de Humboldt sobre las costas ecuatorianas, pues al tratarse de aguas frías existe menos índice de evaporación, lo cual representa una sequedad; a esto se suma el relieve que presenta el sistema alrededor de los 26°C, con pocas precipitaciones siendo una de las parroquias más secas de la provincia de Santa Elena. (Alcívar, 2022)

CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

La investigación se desarrolló en la cuenca Javita ubicada en la Parroquia Colonche, Península de Santa Elena. El acceso el área de estudio se lo realizo por vía terrestre, por carreteras que conducen a parroquias y comunas ubicadas en los sitios de estudios de la Finca “El Chaparral” y Finca “Pidaasse” (Ayala, 2025).



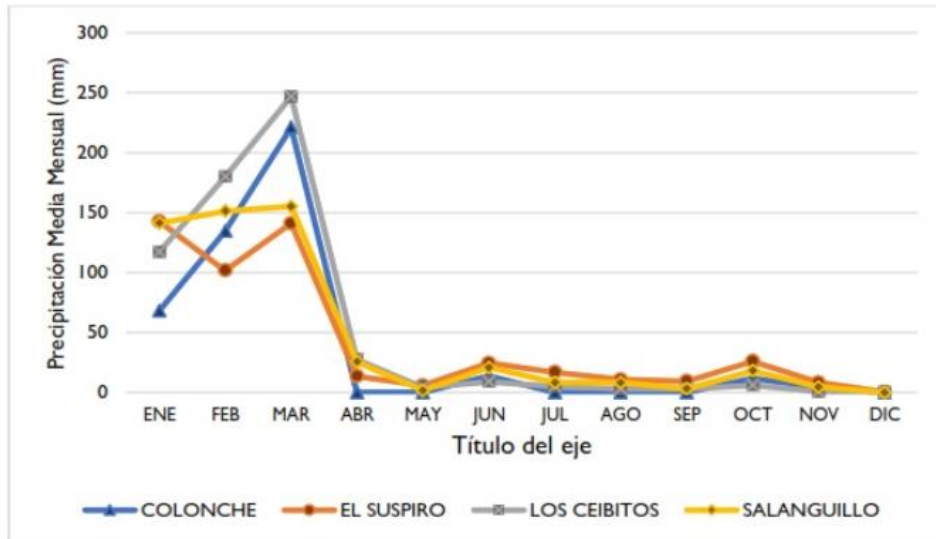
Figura 1 Ubicación geográfica de la Cuenca Javita.

2.1.1 Variable de reserva de carbono orgánico del suelo (RCOS) por profundidades

- RCOS 30
- RCOS 50
- RCOS Máxima profundidad del perfil

2.1.2 Características climáticas

La cuenca javita se caracteriza por ser una zona tropical ubicada dentro de la Parroquia Colonche representando dos temporadas anuales muy marcadas. La estación seca y lluviosa, tiene una temperatura de 20 Y 26°C y una humedad de 80% promedio anual.



Fuente: Anuario Meteorológico No. 53-2013 / INAMHI, 2017
 Elaborado por: Equipo Técnico Consul&Project S.A.

Figura 1 Clima

2.1.2. Características de los suelos

Se destaca como un sector estratégico para cultivos de ciclo corto, perennes, forestales y climáticos tiene influencia de riego por la cuenca Javita. Además, sus características variables como general frágiles como suelos Grumoso les y Litosoles así como también el menor húmicos bajos.(FAO, 2023).

2.2 Diseño experimental

La investigación se desarrolló un análisis estadístico exploratorio con tablas, así como estadísticas de posición y dispersión para los datos totales de diferentes profundidades C y la RCOS, se usó el método de muestreo ya que se puede ser aleatoria ya también se muestra y garantiza la precisión de los resultados.

2.3 Manejo del experimento

La selección de los puntos aleatorios de muestreo se llevó a cabo con el propósito de asegurar una representación objetiva y estadísticamente válida para el estudio de RCOS del suelo en la cuenca Javita.

2.3.1 Selección del sitio

Para la selección de los sitios de muestreo y el procesamiento de información geográfica se utiliza el programa R-Studio.

En el área de estudio se realizó en las Fincas. denominadas “El Chaparral” y” Pidaasse”, que queda ubicada entre las localidades de La Balsas, Javita y San Marcos.

2.4 Determinación de Carbono y Reserva de Carbono

Se determinó la MOS a partir del COS extraído por métodos analíticos de combustión húmeda (Tiurin y Walkley-Black), según la estimación $\%COS = \%MO/1.724$. 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:

Dónde:

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

- 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.
- d_s (i) – es la densidad del suelo en el horizonte i, expresada 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, d_s e i.

Para el análisis estadístico exploratorio, se emplearon tablas e histogramas, así como estadísticos de posición y dispersión, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar las medianas entre grupos validada por el cumplimiento de los supuestos iniciales del análisis. Además, se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman, para comparar los contenidos de RCOS en la Cuenca Javita a diferentes profundidades.

2.4.1 Selección de método de interpolación

Para la elaboración de mapas temáticos, el método de interpolación es apropiado para facilitar la comprensión del comportamiento espacial y vertical de la Reserva de Carbono Orgánico en los suelos en la cuenca de Javita (Colonche), ya que se creó un

semivariograma ayuda a determinar si hay estructuras especiales (Ruy Edeymar Vargas Diaz, 2023).

La elaboración del mapa se llevará a cabo utilizando el software para la elaboración de los mapas de las áreas estudiadas en la cuenca Javita fue R-Studio, en fin, de estudiar la presencia y distribución de carbono de forma espacial para los perfiles C, RCOS30, RCOS50 y RCOSMáxima profundidad del perfil.

2.5 Análisis estadígrafo de los resultados

2.5.1 Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis

Se utilizó para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en la existencia de RCOS en el suelo en relación con los diferentes usos del suelo estudiados: Conservación forestal y agrícola. También se puede discutir si muchas muestras independientes provienen de una misma población comparando sus medias.

2.5.2 Prueba Post-Hoc Bonferroni

La prueba Posthoc Bonferroni se usó el método estadístico usado de comparar múltiples grupos tras detectar diferencia significativa con el análisis de varianza. Ajustar el alfa dividiendo entre el número de comparaciones reduciendo en la probabilidad error 1.

2.5.2 Prueba Estadística Friedman

La prueba de Friedman es un análisis no paramétrico empleado para comparar tres o más grupos relacionados o medidas repetidas, el contenido de RCOS a profundidades de C y la RCOS.

2.5.3 Análisis de Distribución Espacial

Los mapas de reserva de carbono orgánicos en el suelo (RCOS) a una profundidad de 30, 50 y máxima en cuenca Javita de la península de sante elena se calcularon experimentalmente con el fin de evaluar la existencia de autocorrelación espacial de los puntos de muestra medidos.

2.5.4 Prueba de Lilliefors

Es una adaptación de test de Kolmogórov-Smirnov utilizada para evaluar si un conjunto de datos sigue una distribución normal cuando los parámetros de la distribución (media y desviación estándar) se estiman a partir de los propios datos. Esta prueba es

particularmente útil en situaciones prácticas donde no se conocen de antemano la media ni la variación de la población.

2.5.5 Prueba de Shapiro-Francia

En este estudio, se aplicó la prueba de Lilliefors junto con la prueba Shapiro-Francia para evaluar la normalidad de las variables relacionadas con el contenido de carbono orgánico (C) y su resistencia al comparar (RCOS). Los resultados mostraron p-valores iguales a cero, lo que indica de manera clara la no normalidad de todas las variables analizadas.

2.6 Elaboración de mapas temáticos

2.6.1 Selección del método de interpolación

La selección del método de interpolación fundamentado en el variograma experimental es un enfoque geoestadístico como nos permite determinar las técnicas más idóneas para la generación de mapas temáticos a partir de datos puntuales como el contenido de carbono orgánico del suelo, humedad, Ph, teniendo en cuenta las características espaciales reales del fenómeno analizado.

Este proceso se basa en el análisis de la autocorrelación espacial, es un método para estimar un valor entre puntos de un conjunto de datos utilizando frecuentemente en campos como la estadística como el interés en función de la distancia entre los puntos. Para ellos se emplea la disponibilidad de software y la complejidad de implementación el variograma experimental, que se representa gráficamente la semivarianza.

2.6.2 Posthoc Bonferroni

En la prueba post hoc de Bonferroni es un método estadístico empleado para realizar comparaciones múltiples entre grupos una vez que se ha detectado una diferencia significativa mediante el análisis de varianza. Esta técnica consiste en ajustar el nivel alfa dividiéndolo por el número de comparaciones realizadas con el fin de reducir las probabilidades de cometer un error tipo I el cual incrementa al realizar multiplex pruebas estadísticas.

2.6.3 Predicción kriging

En la predicción kriging es un método de inferencia espacial que permite estimar los valores de una variable en ubicaciones no muestreadas, utilizando la información

proporcionada por las muestras. Este método está diseñado para ofrecer el mejor estimador lineal sin sesgado, con una variación mínima.

2.6.4 Varianza kriging

Conocida también como variación de estimación de Kriging, evalúa la precisión de la estimación de los valores en ubicaciones no muestradas mediante el método de Kriging. Esta varianza se calcula como parte del proceso de Kriging y esta influenciada por la estructura espacial de los datos y la ubicación de los de muestreo.

2.7 Software utilizados

2.7.1 RSTUDIO

Se utilizo en la elaboración del cálculo de semivariograma, análisis de varianza, interpolación por R-Studio (RStudio Team, 2020).

CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Características del área de estudio y su efecto en el almacenamiento de Carbono en el suelo de la Cuenca Javita

La zona de investigación se enfoca en un área específica de la Cuenca Javita, concretamente en una zona predominante agrícola que presenta similitudes en cuanto a los tipos de suelo y el uso del territorio. Es importante la agricultura ya que esta actividad importante en la Cuenca Javita.

La cuenca Javita presenta un incremento la calidad del suelo, también tiene una función proyectiva al fijar los contaminantes ya sean orgánicos como los pesticidas o minerales que influyen en la acumulación de carbono en el suelo y la retención de materia orgánica (FAO, 2025).

Ayala, (2021), Menciona que la presencia de vegetación densa incluye bosques y cultivos agroforestales que a su vez contribuye a la acumulación de carbono en el suelo. La cobertura vegetal actúa como protector del suelo contra la erosión y promueve la incorporación de materia orgánica.

En las áreas forestales tropicales, la acumulación de carbono se ve favorecida por la abundancia de residuos orgánicos, la humedad constante y temperaturas relativamente bajas. La materia orgánica del suelo y sus dinámicas están estrechamente relacionados con la fauna edáfica, la cual desempeña un papel clave en el ciclo bioquímico del carbono como en las propiedades físicas del suelo (Labaz et al., 2024).

Cabe recalcar que la Universidad Estatal Península de Santa Elena ha llevado a cabo estudios sobre la reserva de carbono en los suelos de la Cuenca Javita, aportaron información valiosa sobre la dinámica del carbono

3.2 Cuadro estadígrafo descriptivo de la localidad

A continuación, la tabla 1 presentan el estadígrafo descriptivo correspondiente al resumen de manera general del contenido de carbono (c) y la reserva de carbonos (RCOS) para las dos localidades: Chaparral y Pidaasse, considerando diferentes profundidades (30,50 Máxima Profundidad del Perfil). La finca Chaparral obtuvo un valor medio de 1.96 en el contenido de carbono, superando significativamente el valor de 0.93 observado en Pidaasse, así como los valores que alcanzan valores media 29, 37 y 50 mientras que Pidaasse presenta valores de 20, 29 y 40. Los valores media representan la situación general de los sitios que representan presumiblemente a las condiciones de manejo y tipos de suelos presentes.

Localidad	Variable	N	Media	Mediana	Ds	DIQ	Mínimo	Máximo	Q25.25%	Q75.75%
Cha	C	50	1.9678	1.701	1.1210501	0.756	0.738	5.116	1.20675	1.96275
Cha	RCOS30	50	29.0344	33.94	8.0274725	12.6475	12.89	35.53	22.8825	35.53
Cha	RCOS50	50	37.333	42.35	8.9339285	14.4175	19.78	44.24	29.8225	44.24
Cha	RCOSMaxP	50	49.7112	55.42	9.205567	13.3725	29.27	56.56	43.1875	56.56
Pid	C	99	0.9333131	0.88	0.2919557	0.4405	0.42	1.844	0.7085	1.149
Pid	RCOS30	99	20.558687	22.3	3.4359574	4.11	11.08	29.49	18.19	22.3
Pid	RCOS50	99	29.599596	32.81	4.8652881	6.665	15.68	38.41	26.145	32.81
Pid	RCOSMaxP	99	40.613535	45.13	7.6713926	9.675	18.25	48.35	36.435	46.11

Tabla 1 Muestra el estadígrafo descriptivo de los carbonos (c) y la reserva de carbonos (RCOS) para diferentes profundidades (30,50 Máxima Profundidad del Perfil)

3.2.1 Análisis estadístico del Carbono en la Localidad a través del Diagrama de Caja y Bigote

En el siguiente diagrama en la **Figura 2**, se puede observar, que hay mayor concentración de carbono (C) en El Chaparral, en términos generales, nos indica que las variables con la reserva de carbono (RCOS) manifiestan figuras notablemente elevadas con una mayor acumulación de carbono en el suelo de la localidad de Chaparral en comparación con Pidaasse, en todos los perfiles analizados. Esta diferencia es más evidente en aquellas zonas donde se mantienen una cobertura vegetal densa, con presencia de cultivos agroforestales y árboles.

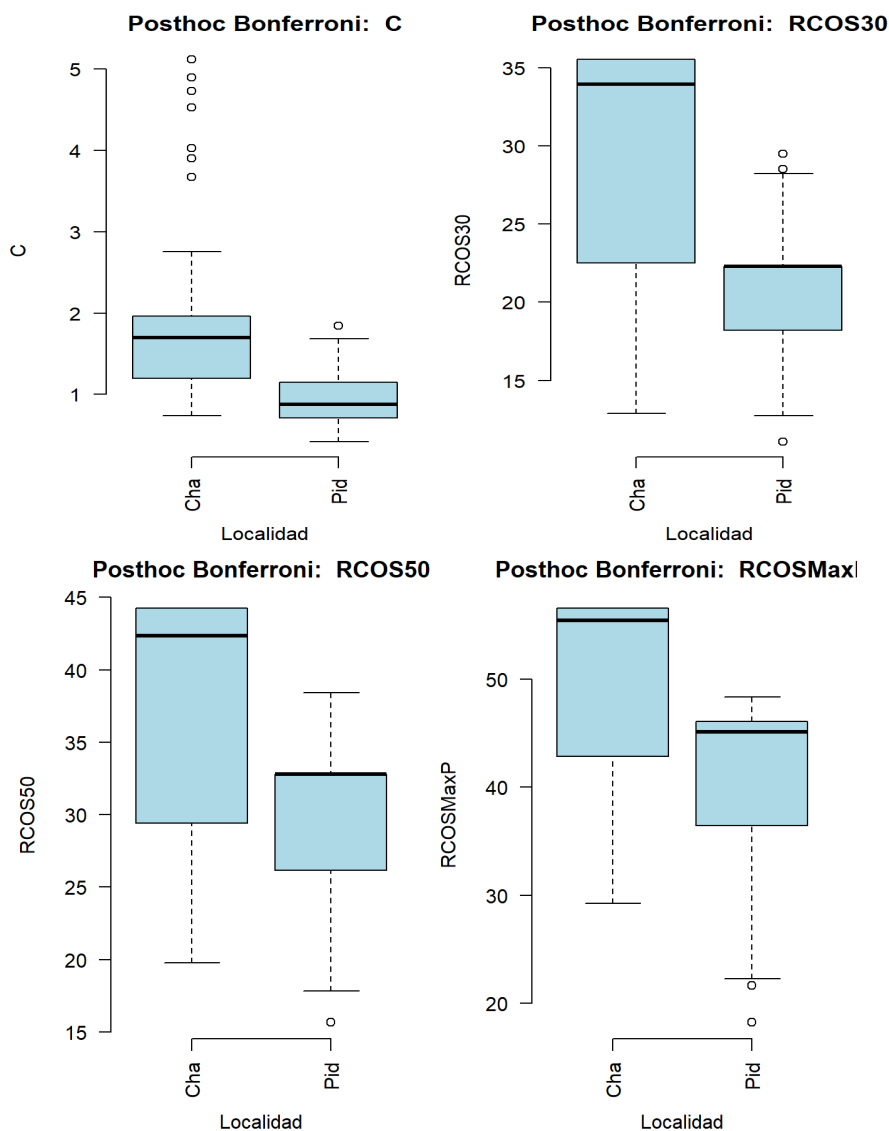


Figura 2 Análisis de la Reserva de Carbono Orgánico en el suelo a través del Diagrama de caja y bigote para C, RCOS30, RCOS,50, RCOSMaxP en la Localidad

3.2.2 Análisis estadístico de la Reserva de Carbono Orgánico en el Uso a través del Diagrama de Caja y Bigote

En la **Tabla A2** se muestra los resultados estadísticos de la reserva de carbono orgánico para los diferentes usos de suelo, se identificó en relación del grupo Sp donde presentan la mediana más baja (0.92) y en el grupo Po exhibe la mediana más alta (26.80) lo que refleja un nivel significativamente mayor en comparación con lo adema grupos.

En el diagrama de caja y bigote del análisis estadístico de carbono en el uso del suelo de la **figura 2** se puede observar que Po son los que presentan una mayor capacidad de alcanceamiento de carbono(C), pero en (RCOS30 RCOS50 Y RCOS Máxima profundidad del perfil). Pero se puede distinguir que Bosque (Bs) posee el carbono más estable según la métrica RCOS, los que sugiere una mayor permanencia en el sustrato. SP, Cc y Po tienden a mostrar una menor capacidad de almacenamiento y una variabilidad, ¿posiblemente como resultado de prácticas agrícolas o forestales intensivas.

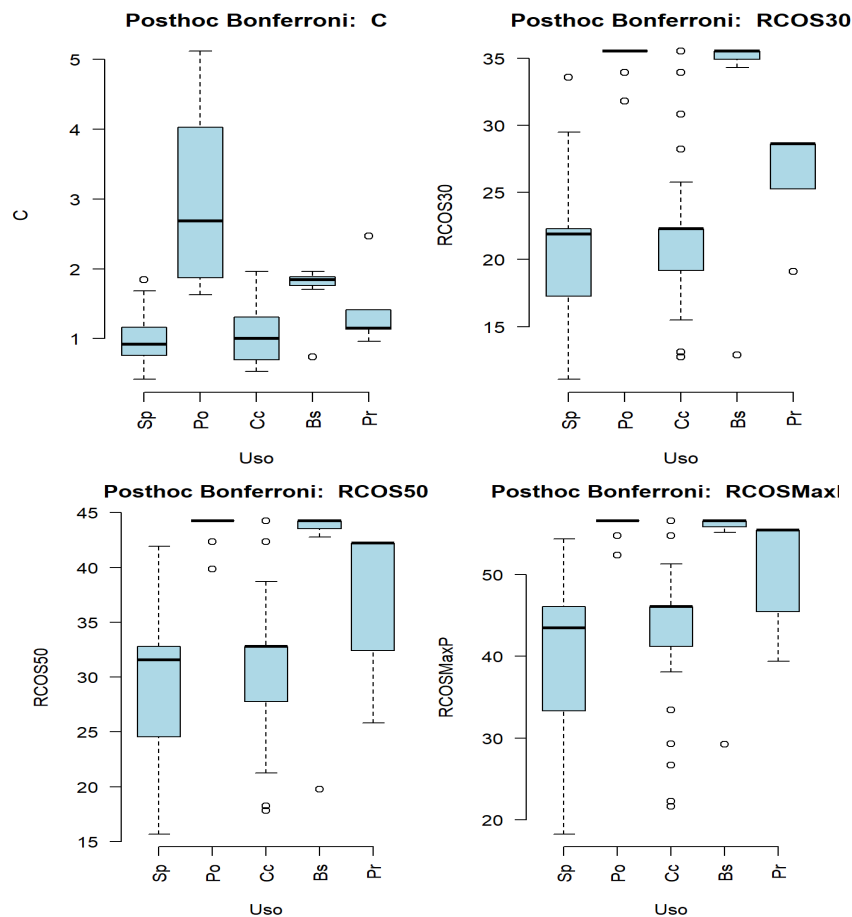


Figura 3 Análisis estadístico de la Reserva de Carbono Orgánico en el Uso aplicando el diagrama de caja y bigote, RCOS30, RCOS,50, RCOSMaxP

3.2.3 Análisis estadísticos del Carbono en Subgrupos Taxonómicos a través del Diagrama de Caja y Bigote

En la **Tabla A3** se muestran los resultados estadísticos de la reserva de carbono orgánico para los subgrupos Taxonómico, donde KEDO tiene la mayor presencia de carbono en todos los perfiles (C, RCOS30, RCOS50 y RCOS Máxima profundidad del perfil) presentan los valores mediana 1.70, 34.31, 42.79 y 55.17, particularmente en los grupos GGDU, FEEP y LDDG, se distingue por su homogeneidad.

En el diagrama de caja de bigote que se observa en la **figura 3** que el subgrupo taxonómico desempeña un papel fundamental en la relación con el contenido de carbono. En contraste KEDO se identifica como la categoría con la mayor susceptibilidad del carbono (C, RCOS30, RCOS50 y RCOS Máxima profundidad del perfil) mientras que FEEP Y OQDU muestran una menor susceptibilidad y LDDG presenta una menor concentración de carbono que podría estar asociado a entornos en los que la descomposición es más acelerada o la acumulación de carbono puede ser restringida.

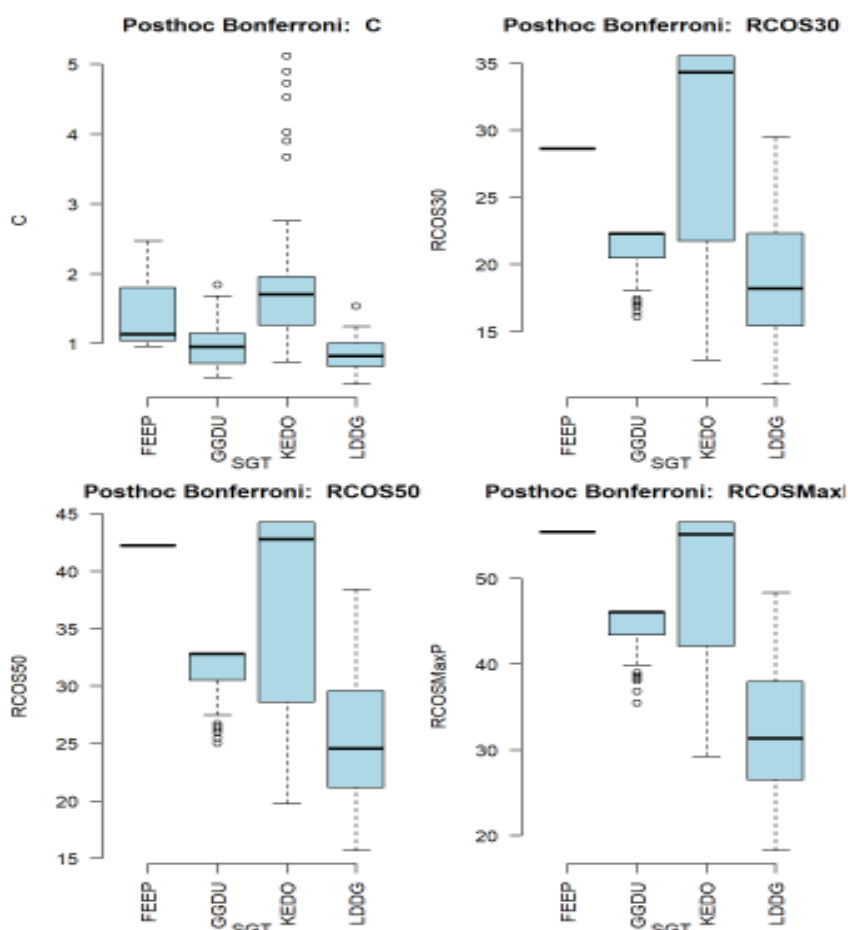


Figura 4 Análisis estadísticos de Reserva de Carbono Orgánico en el suelo del Diagrama de Caja y Bigote para C, RCOS30, RCOS,50, RCOSMaxP de profundidad del subgrupo taxonómico (SGT)

3.3 Análisis estadístico de la reserva de Carbono Orgánico de diferentes perfiles

La distribución espacial de la reserva de las reservas de carbono orgánico en el suelo, su variabilidad y las características edáficas son influenciadas principalmente por las condiciones ambientales, la cobertura vegetal y el uso del suelo. Estos factores determinan la dinámica de la materia orgánica en el suelo, lo que a su vez afecta la disponibilidad de nutrientes, la estructura del suelo, la retención de humedad y la capacidad de secuestro de carbono (Jiménez Peña, 2022).

(Dianelys, 2025) nos indica que ciertas componentes, posiblemente relacionados con el ciclo del carbono, influyen en la velocidad a la que se desarrolla y transforma el carbono. Este proceso es crucial para regulación de las concentraciones de gases en la atmósfera, ya que determina si el carbono se absorbe o se libera.

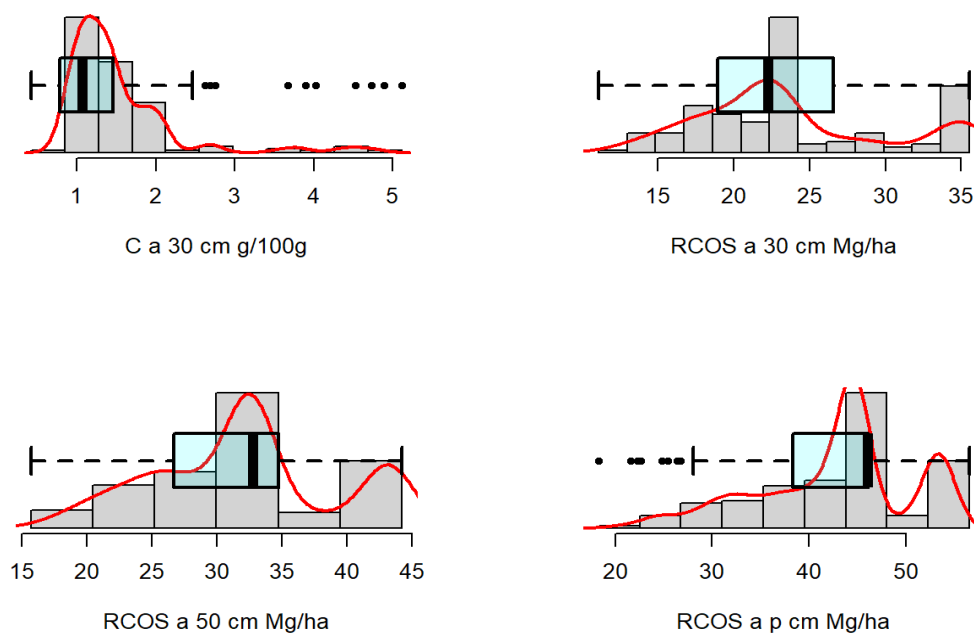


Figura 5 Análisis comparativo de la Reserva de Carbono Orgánico (RCOS Mg/ha) en la Finca: Histograma, Curvas de densidad y Diagrama de Caja para C, RCOS30, RCOS,50, RCOSMaxP.

3.4. Análisis de variograma de la reserva de carbono orgánica

3.4.1 Análisis de variograma experimentales de la Reserva de Carbono Orgánico en el suelo de la Finca "El Chaparral" en la cuenca Javita

Los variogramas experimentales de (C, RCOS30, RCOS50 Y RCOS Máxima profundidad del perfil) se puede apreciar en la **Figura 5**, se muestra que el carbono orgánico (C) exhibe una estructura espacial más estable, mientras RCOS30, RCOS50 Y RCOS Máxima profundidad del perfil manifiestan una notable heterogeneidad espacial.

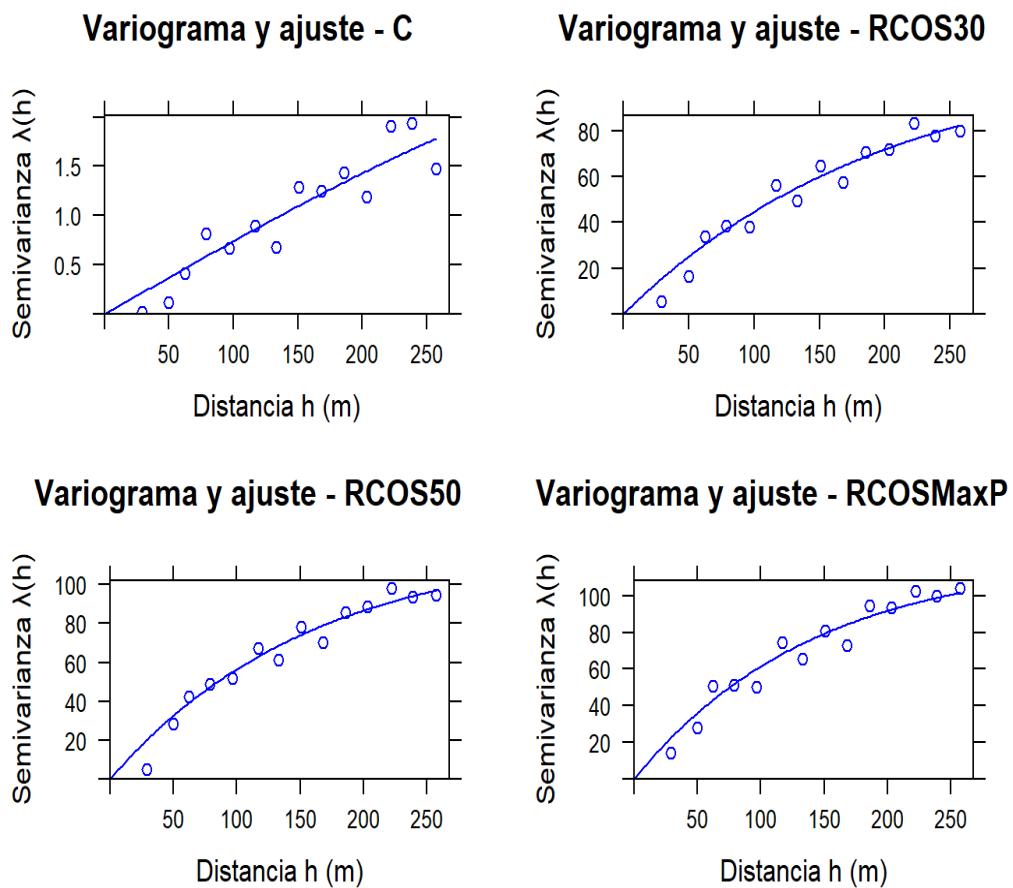


Figura 6 Variograma experimental de carbono orgánico de la Finca "El Chaparral" en la cuenca Javita

3.4.2 Análisis de variograma experimentales de la Reserva de Carbono Orgánico en el suelo de la Finca "Pidaasse" en la Cuenca Javita

En el variograma experimental de la Finca "Pidaasse" de carbono se puede apreciar en la **figura 6**, se presenta en una escala variabilidad y alta continuidad espacial se puede relacionar con un menor uso del suelo o una menor alteración y en los demás perfiles de (RCOS), los que indica una mayor heterogeneidad. En el variograma experimental se puede exhibir las características de variables con autocorrelación espacial, lo que permite la utilización de técnicas geoestadísticas, como el Kriging, para llevar a cabo una interpolación espacial precisa.

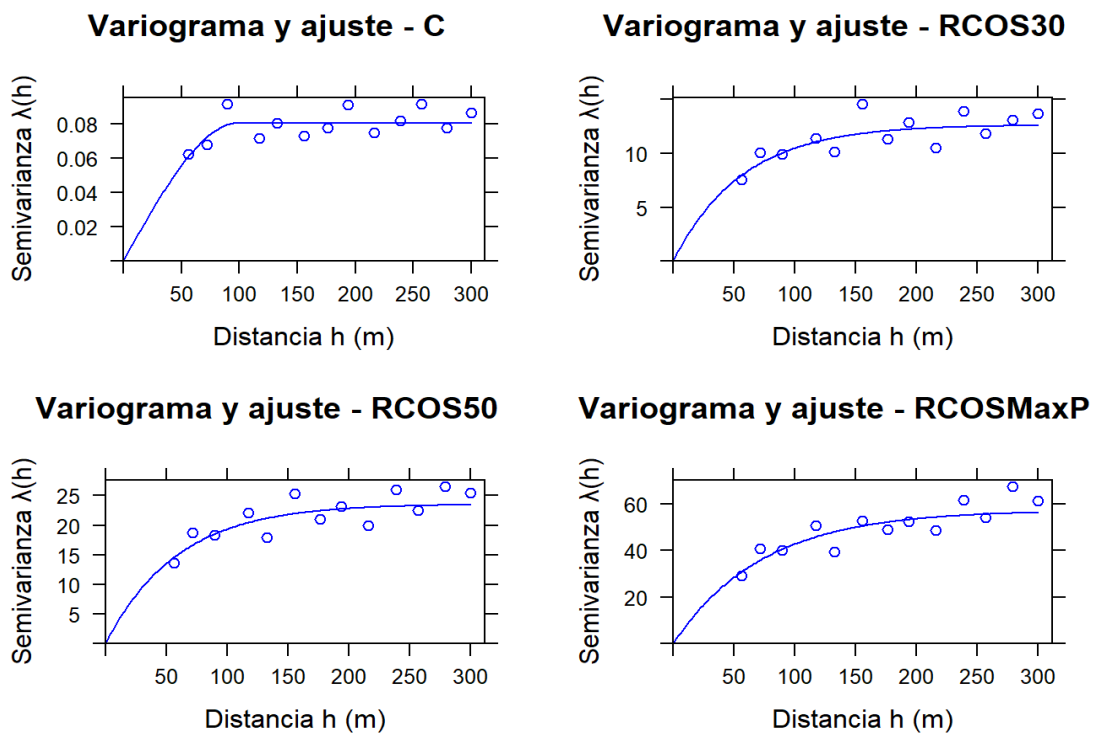


Figura 7 Variograma experimentales de la reserva de carbono orgánico de la Finca "Pidaasse" en la cuenca javita

3.5. Mapa Temático de Predicción Kriging y Varianza Kriging

3.5.1. Mapa producto de la interpolación de valores de reserva de carbono orgánico de la Finca "El Chaparral" en la Cuenca Javita

En el mapa de predicción y varianza Kriging de la reserva de carbono orgánico que se puede observar en la **Figura 7** se muestra que los variables C, (RCOS) se muestran con mayores áreas de concentración de carbono (verde) y en las áreas más degradadas (rosado/blanco) Ya que se corrobora el hecho de que el carbono no homogéneamente distribuido ya que es congruente con las características del uso el suelo y manejo. En el análisis geoestadísticas del carbono orgánico en el suelo mediante variograma y Kriging se demuestra que hay patrones espaciales en zonas altas y baja reserva

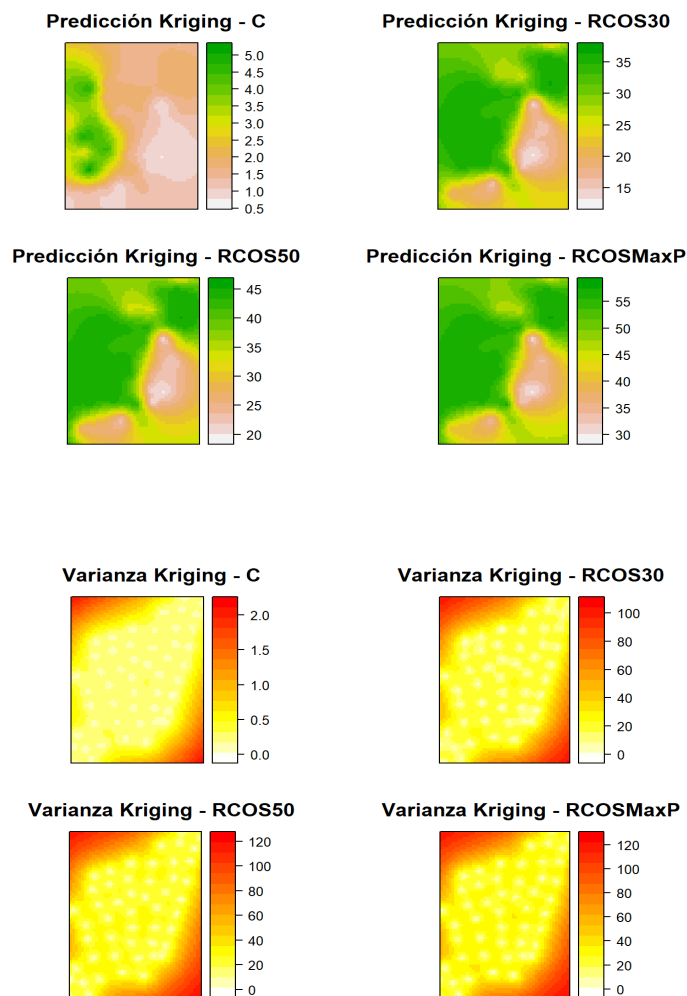


Figura 8 Predicción Kriging y Varianza Kriging mapa producto de la interpolación de valores de reserva de carbono orgánico de la Finca "El Chaparral" en la Cuenca Javita

3.5.2. Mapa producto de la interpolación de valores de reserva de carbono orgánico de la Finca "Pidaasse" en la Cuenca Javita

En el mapa de la predicación y varianza Kriging de la Reserva de carbono orgánico se puede apreciar en la **Figura 8** se puede observar en el C, se observan valores bajos de carbono, con un rango que oscila entre 0.4 y 1.8. Predicción Kriging, (RCOS). Las versiones de RCOS muestran un rango de valores considerablemente más alto los suelo mapa producto de la interpolación de valores de reserva de carbono orgánico, por otro lado, Varianza Kriging C y RCOS: La incertidumbre (varianza) es menor en la región central, donde se encuentran los puntos de muestreo. El modelo Kriging C es más conservador al predecir el carbono, pero presenta una varianza más. Los modelos RCOS logran captar concentraciones más altas de carbono

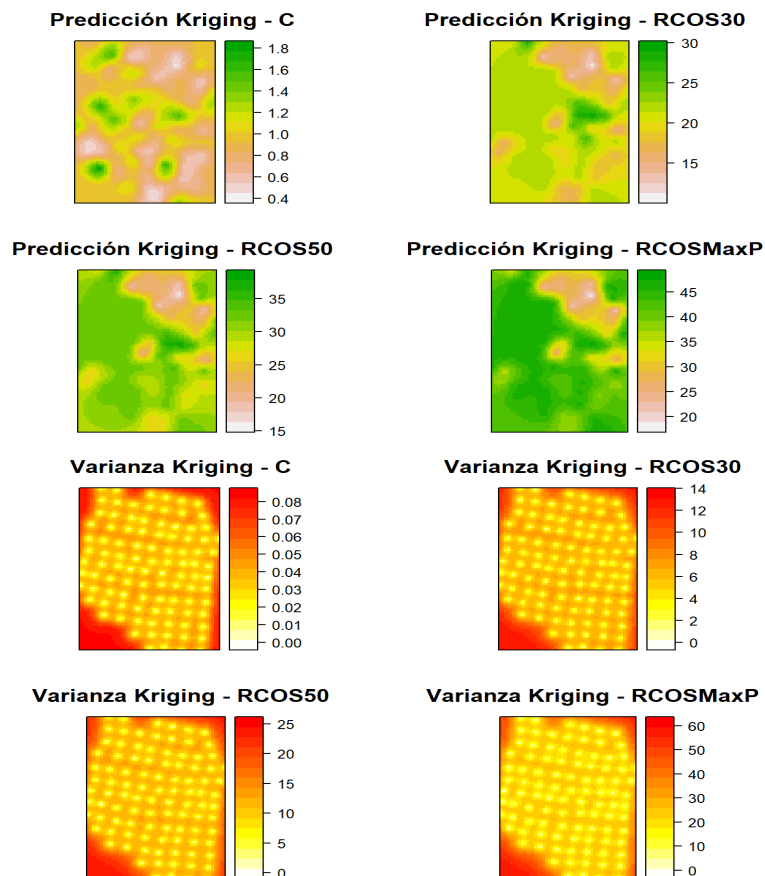


Figura 9 Predicción Kriging y Varianza Kriging mapa producto de la interpolación de valores de reserva de carbono orgánico de la Finca "Pidaasse" en la Cuenca Javita

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Los análisis desarrollados de la cuenca Javita no son homogéneos y varía significativamente según la localidad y el uso del suelo. Se observó una mayor concentración y reserva de carbono orgánico en la finca “El Chaparral” en comparación con “Pidaasse”, lo que indica una influencia directa de las condiciones edafoclimáticas y prácticas de uso de la tierra.
- La caracterización del contenido de carbono orgánico a diversas profundidades permitió obtener información relevante sobre los suelos, así como sobre el aprovechamiento forestal y agrícola en las condiciones de análisis establecidas, esta información nos facilita la formulación de propuestas de optimización en la fase inicial o de exploración: por ejemplo, en caso de detectar niveles de bajos de materia orgánica para cualquiera de las dos Finca, se recomienda su incremento.
- Mediante el análisis espacial e interpolación de datos se identificaron zonas dentro de la cuenca Javita, especialmente en la finca “El Chaparral”, como áreas con alto potencial para la conservación y el secuestro de carbono. Estos sitios deben considerarse estratégicos para implementar prácticas agroecológicas o proyectos de restauración que fortalezcan el balance de carbono del suelo.

Recomendaciones

- Promover prácticas de manejo sostenible del suelo en áreas agrícolas, como la incorporación de abonos orgánicos, rotación de cultivos, cobertura vegetal permanente y sistemas agroforestales, para de esa manera poder evitar la pérdida de carbono y aumentar la materia orgánica del suelo en la Finca “Pidaasse”.
- Es recomendable sensibilizar a la población establecer sobre las pérdidas en calidad y salud ambiental asociadas a los procesos de cambio de suelo, especialmente en zonas agrícolas de alta intervención.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcívar, G.E.P., 2022. Requisito parcial para la obtención del título de:
- Andrade, P.R.V., Ortiz, C.T., 2020. Agua en territorios comunales: gestión del riego en el valle del río Javita, provincia de Santa Elena. *Siembra* 7, 027–042.
<https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1865>
- Ayala, C.M.R., 2025. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS JAVITA Y ZAPOTAL DE LA PENINSULA DE SANTA ELENA”.
- Ayala, C.M.R., 2021. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y AMBIENTAL CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA.
- Carvajal, A.F., Feijoo, A., Quintero, H., Rondón, M.A., 2024. CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN DIFERENTES USOS DEL TERRENO DE PAISAJES ANDINOS COLOMBIANOS. *Rev. Cienc. Suelo Nutr. Veg.* 9, 222–235.
<https://doi.org/10.4067/S0718-27912009000300005>
- Christian Tamayo Ortiz, 2020. Vista de Agua en territorios comunales: gestión del riego en el valle del río Javita, provincia de Santa Elena | *Siembra* [WWW Document]. URL <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/1865/2308> (accessed 4.12.25).
- Dianelys, 2025. Ciclo del carbono - Qué es, sus etapas e importancia. <https://concepto.de/>. URL <https://concepto.de/ciclo-del-carbono/> (accessed 6.4.25).
- Docampo, R., 2025. LA IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO Y SU MANEJO EN PRODUCCIÓN FRUTÍCOLA.
- FAO, 2025a. CAPÍTULO 1. TENDENCIA GENERAL DE LA CAPTURA DE CARBONO EN EL SUELO [WWW Document]. URL <https://www.fao.org/4/y2779s/y2779s05.htm> (accessed 4.12.25).
- FAO, 2025b. Propiedades Físicas | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [WWW Document]. URL <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/> (accessed 6.28.25).
- FAO, 2025c. CAPÍTULO 1. TENDENCIA GENERAL DE LA CAPTURA DE CARBONO EN EL SUELO [WWW Document]. URL <https://www.fao.org/4/y2779s/y2779s05.htm> (accessed 6.28.25).
- FAO, 2025d. CAPÍTULO 5. PRINCIPALES CONSECUENCIAS E IMPACTO DE LA CAPTURA DE CARBONO [WWW Document]. URL <https://www.fao.org/4/y2779s/y2779s09.htm> (accessed 4.9.25).
- FAO, 2023. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: La FAO publica su primera evaluación mundial del carbono en el suelo de los pastizales | FAO en Ecuador | Food and Agriculture Organization of the United Nations [WWW Document]. URL <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/en/c/1630893/> (accessed 4.11.25).
- Florin, A.D.L., Álvarez, P.N.C., Luna, D.A.P., Cabrera, K.V.R., Pucha, B.L.G., Morales, R.A.Z., 2025. Almacenamiento y distribución de carbono orgánico en suelos de bosque natural y sistemas agrícolas de cacao en Palenque, Pasaje - Ecuador. *Cienc. Tecnol.* 18, 71–81. <https://doi.org/10.18779/cyt.v18i1.838>

- Jimenez Peña, E.C., 2022. Distribución espacial del carbono orgánico del suelo en el sector Huacapamba, parroquia Jimbilla, cantón Loja.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., Bello-Amez, S., 2021. LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA. *Idesia Arica* 24, 49–61. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Labaz, B., Hartemink, A.E., Zhang, Y., Stevenson, A., Kabała, C., 2024. Organic carbon in Mollisols of the world – A review. *Geoderma* 447, 116937. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116937>
- Maria Inés, 2005. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS. *Rev. Colomb. Quím.*
- Martínez H, E., Fuentes E, J.P., Acevedo H, E., 2025. CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. *Rev. Cienc. Suelo Nutr. Veg.* 8, 68–96. <https://doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Ondarse Álvarez, D., 2025. Ciclo del carbono - Qué es, sus etapas e importancia [WWW Document]. URL <https://concepto.de/ciclo-del-carbono/> (accessed 4.9.25).
- Patricia López, 2020. Indagan la composición de la materia orgánica del suelo. URL <https://www.gaceta.unam.mx/indagan-la-composicion-de-la-materia-organica-del-suelo/> (accessed 6.28.25).
- QGIS, 2025a. Spatial without Compromise · QGIS Web Site [WWW Document]. URL <https://qgis.org/> (accessed 6.9.25).
- QGIS [WWW Document], 2025b. . QGISorg Blog. URL <https://blog.qgis.org/> (accessed 6.28.25).
- RStudio Team, 2020. RStudio Team. Posit. URL <https://www.posit.co/> (accessed 6.4.25).
- Ruy Edeymar Vargas Diaz, 2023. Vista de Metodologías de interpolación y predicción espacial para el análisis de las propiedades físicas del suelo en la hoya del río Suárez (Colombia) | Siembra [WWW Document]. URL <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/4118/5329> (accessed 4.12.25).
- Sánchez, C.I.M., Enriquez, M.D.E., 2021. Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. *Siembra* 8, e1735–e1735. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i1.1735>
- Sarah L., 2023. Explicación de la prueba de Lilliefors: 7 datos estadísticos clave para 2023 [WWW Document]. URL https://www.numberanalytics.com/blog/lilliefors-test-7-statistical-insights-2023#google_vignette (accessed 6.30.25).
- Statgraphics, T., 2025. STATGRAPHICS | Data Analysis Solutions [WWW Document]. URL <https://www.statgraphics.com> (accessed 6.4.25).
- Vasyl, CH, 2023. Secuestro De Carbono En El Suelo Y Su Efecto Medioambiental [WWW Document]. URL <https://eos.com/es/blog/secuestro-de-carbono-en-suelo/> (accessed 6.28.25).
- Viviana Barahona, 2020. El secuestro de carbono en los suelos. *Redagrícola*. URL <https://redagricola.com/el-secuestro-de-carbono-en-los-suelos/> (accessed 6.28.25).
- Zhofre Aguirre, 2020. (PDF) Bosques secos en Ecuador y su diversidad [WWW Document]. URL

https://www.researchgate.net/publication/228362343_Bosques_secos_en_Ecuador_y_su_diversidad (accessed 4.12.25).

ANEXOS

Uso	Variable	N	Media	Mediana	Ds	DIQ	Mínimo	Máximo	Q25.25%	Q75.75%
Sp	C	78	0.97	0.92	0.30	0.40	0.42	1.84	0.76	1.16
Sp	RCOS30	78	20.48	21.90	4.14	4.90	11.08	33.58	17.40	22.30
Sp	RCOS50	78	29.04	31.58	5.45	8.25	15.68	41.92	24.56	32.81
Sp	RCOSMaxP	78	39.89	43.49	7.87	12.71	18.25	54.34	33.40	46.11
Po	C	17	3.05	2.69	1.26	2.16	1.63	5.12	1.87	4.03
Po	RCOS30	17	35.22	35.53	0.95	0	31.83	35.53	35.53	35.53
Po	RCOS50	17	43.87	44.24	1.13	0	39.87	44.24	44.24	44.24
Po	RCOSMaxP	17	56.21	56.56	1.08	0	52.39	56.56	56.56	56.56
Cc	C	42	1.05	1.01	0.40	0.58	0.53	1.96	0.70	1.29
Cc	RCOS30	42	22.28	22.30	5.42	3.05	12.75	35.53	19.26	22.30
Cc	RCOS50	42	31.37	32.81	5.95	4.85	17.84	44.24	27.97	32.81
Cc	RCOSMaxP	42	43.35	46.11	7.78	4.86	21.63	56.56	41.26	46.11
Bs	C	7	1.69	1.84	0.43	0.13	0.74	1.96	1.76	1.89
Bs	RCOS30	7	32.12	35.53	8.49	0.61	12.89	35.53	34.92	35.53
Bs	RCOS50	7	40.54	44.24	9.17	0.73	19.78	44.24	43.52	44.24
Bs	RCOSMaxP	7	52.46	56.56	10.24	0.70	29.27	56.56	55.87	56.56
Pr	C	5	1.42	1.15	0.61	0.28	0.96	2.47	1.14	1.41
Pr	RCOS30	5	26.05	28.63	4.15	3.38	19.10	28.63	25.25	28.63
Pr	RCOS50	5	36.99	42.23	7.55	9.82	25.83	42.23	32.41	42.23
Pr	RCOSMaxP	5	50.23	55.42	7.43	9.93	39.38	55.42	45.49	55.42

Tabla A 1 Muestra el estadígrafo descriptivo del uso

SGT	Variable	N	Media	Mediana	Ds	DIQ	Mínimo	Máximo	Q25.25%	Q75.75%
FEEP	C	3	1.52	1.14	0.83	0.76	0.96	2.47	1.05	1.80
FEEP	RCOS30	3	28.63	28.63	0	0	28.63	28.63	28.63	28.63
FEEP	RCOS50	3	42.23	42.23	0	0	42.23	42.23	42.23	42.23
FEEP	RCOSMaxP	3	55.42	55.42	0	0	55.42	55.42	55.42	55.42
GGDU	C	67	0.97	0.95	0.30	0.43	0.51	1.84	0.72	1.15
GGDU	RCOS30	67	21.21	22.30	1.89	1.81	16.10	22.30	20.50	22.30
GGDU	RCOS50	67	31.43	32.81	2.38	2.31	25.00	32.81	30.51	32.81
GGDU	RCOSMaxP	67	44.46	46.11	2.90	2.66	35.46	46.11	43.45	46.11
KEDO	C	47	2.00	1.71	1.14	0.69	0.74	5.12	1.27	1.96
KEDO	RCOS30	47	29.06	34.31	8.28	13.80	12.89	35.53	21.74	35.53
KEDO	RCOS50	47	37.02	42.79	9.13	15.65	19.78	44.24	28.60	44.24
KEDO	RCOSMaxP	47	49.35	55.17	9.38	14.45	29.27	56.56	42.12	56.56
LDDG	C	32	0.86	0.82	0.26	0.30	0.42	1.54	0.68	0.98
LDDG	RCOS30	32	19.20	18.19	5.19	6.22	11.08	29.49	15.46	21.67
LDDG	RCOS50	32	25.78	24.56	6.36	7.57	15.68	38.41	21.21	28.79
LDDG	RCOSMaxP	32	32.57	31.34	8.33	10.38	18.25	48.35	26.62	37.00

Tabla A 2 Muestra el estadígrafo descriptivo de carbono del subgrupo taxonómico (SGT)